



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
DOSIFICACIÓN Y PALETIZADO
PARA LA EMPRESA RAMÓN
MOLINA & CÍA C.A.**

Autor(es):

Adrián Alexander Chiquito Núñez.

Sthephania Audelina Villalonga Yusti.

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



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y PALETIZADO PARA LA EMPRESA
RAMÓN MOLINA & CÍA C.A.**

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

Autor(es):

Adrián Alexander Chiquito Núñez.

C.I.: 28.211.358.

Sthephania Audelina Villalonga Yusti.

C.I.: 28.623.000

Tutor(a):

Giovvanni Pizzella Pierro

San Diego, marzo de 2024.



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA TRABAJO DE GRADO

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

DISEÑO DE UN SISTEMA DE JUSTIFICACIÓN Y PATENTADO PARA LA EMPRESA RAMON & MEDINA CIA C.A

Realizado por el (la) Br. STEPHANIA VILLALONGA YUSTI

C.I. N° 28623000 cursante de la carrera de INGENIERÍA MECÁNICA

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

APROBADO NO APROBADO

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: GIOVANNI PIZZELLA P
C.I.: 4455889

El Jurado [Signature]
Jurado
Nombre: Donato Romanello
C.I.: 13187

[Signature]
Jurado
Nombre: Andra Rodriguez
C.I.: 11547002

Fecha: 08/09/2024



[Signature]



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

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

Diseño de un sistema de obstrucción y paletizado para la empresa Ramón Molina & Cia. C.A.

Realizado por el (la) Br. Adrian Chiquito Muñoz

C.I. N° 20.211.350 cursante de la carrera de Ingeniería Mecánica

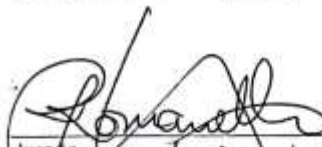
hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:


APROBADO

NO APROBADO


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Giovanni Pizzella
C.I.: 4.955.059

El Jurado


Jurado
Nombre: Donato Romanello
C.I.: 4131077


Jurado
Nombre: Yndira Rodríguez
C.I.: 11.547.002

Fecha: 08 / 04 / 2024





UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI-N-003-2023-2CR-TG

San Diego, 01 de diciembre de 2023

Ciudadano(s):

CHIQUITO NÚÑEZ, ADRIÁN ALEXANDER

C.I.: 28211358

VILLALONGA YUSTI, STHEPHANIA AUDELINA

C.I.: 28.623.000

Presente. -

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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y PALETIZADO PARA
LA EMPRESA RAMÓN MOLINA & CÍA., C.A.**

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

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto al profesor Pizzella Pierro, Giovanni, titular de la cédula de identidad V-4455859.



Atentamente,

Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia

Decana de la Facultad de Ingeniería

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

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado, está dedicado a mis padres Alexander y Carmen, por motivarme a cumplir este sueño, brindándome todo ese apoyo incondicional en todo momento y buenos consejos para hacer de mí una mejor persona; a mi novia Oriana por sus palabras, amor y motivación, también por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente; a mis pequeñas hermanas, espero este logro sea fuente de motivación para ustedes; demás familiares, amigos y compañeros que han contribuido de alguna u otra manera para lograr este objetivo, a todos ellos, hoy soy lo que soy. A todos ustedes les dedico este logro y los que están por venir. ¡Mucha Gracias!

Con gratitud, Adrián Chiquito.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, a mi madre María Eugenia Yusti y mis padrinos, Mariluz Yusti De Mueller y Rodolfo Mueller, por su apoyo incondicional, ser mi guía y sostén en momentos clave de mi vida, por los sacrificios invaluable a lo largo de mi educación. A mi enamorado Andrés Teixeira, cuyo amor y paciencia han sido mi refugio durante mi formación académica, por llenar mis días de risas y hacer los días más bonitos con su apoyo incondicional.

A mis amigos y hermanos, por su compañía, comprensión, paciencia y motivación en los momentos más desafiantes. Mi amigo desde la infancia, Sergio Carrero, por su amistad sincera, risas compartidas y por ser mi roca en los momentos difíciles, tu amistad es un tesoro invaluable. Este logro es también de ustedes, cada paso dado ha sido enriquecido por su apoyo incondicional, su influencia ha dejado una huella imborrable en mi vida.

Por último, a mi papá, Richard Villalonga por haberme impulsado a estudiar esta carrera. Tu sabio consejo ha sido fundamental para demostrarme que, a pesar de las adversidades, siempre se puede alcanzar la meta.

A cada uno de ustedes les dedico este logro alcanzado y los triunfos futuros. Su apoyo y presencia han sido invaluable. ¡Gracias por formar parte de este camino de éxitos!

Con gratitud, Sthephania Villalonga.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente gracias a Dios, sin el nada sería posible, el mantenernos sanos y con la capacidad para llegar hasta este punto es una verdadera bendición, gracias por darme la fuerza, inteligencia, sabiduría, fe y esperanza para lograr todos y cada uno de mis propósitos y por hacer de mí una persona de bien.

Agradezco a mis padres Alexander y Carmen, sin ustedes tampoco habría sido posible gracias por motivarme a seguir adelante en los momentos más difíciles de la carrera, fueron una fuente fundamental de motivación a lo largo de este proceso. Agradezco a mis dos abuelas, por formar parte de ese apoyo y hablar conmigo en los momentos más necesarios.

Gracias a mi novia Oriana, me diste exactamente los momentos de felicidad y distracción necesarios para seguir adelante, gracias por acompañarme desde tantos años en este proceso y siempre creer en mí.

Agradezco a mis primos Víctor, Daniel y Danielys, fueron fuente de conocimiento, reto e ingeniería al apoyarnos a realizar el trabajo en Ramón Molina & Cía C.A y ofrecernos ese apoyo tan necesario para culminar esta etapa.

Muchas gracias para todos los profesores y compañeros de clase que fueron fuente de conocimiento y parte de esta etapa como estudiante de ingeniería, gracias a ustedes la amplitud, manera de relacionarme y de ver el mundo es totalmente diferente respecto al inicio, y también gracias para esos profesores difíciles que me hicieron dudar de si lo lograría, Giovanni, Irahis, gracias por enseñarme que puedo, aunque al principio sea difícil.

Por último y no menos importante, gracias colega Sthephania, gracias por una amistad tan original y compartir conmigo momentos de alegría, pero sobre todo de estrés, noches de poco sueño y motivarme a dar más siempre.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profunda gratitud a todas las personas que han contribuido de manera significativa a lo largo de esta travesía,

Agradezco profundamente a mi familia por su inquebrantable apoyo, comprensión y motivación a lo largo de esta ardua travesía académica. Sus palabras de aliento, su amor incondicional y su constante apoyo económico y emocional han sido fundamentales en cada paso que he dado. Gracias por ser mi pilar inquebrantable.

A mis respetados profesores, en especial a nuestro tutor Giovanni Pizzella, padrinos de promoción Yndira Rodríguez y Fredy Barragán; cuya sabiduría, orientación y dedicación han sido fundamentales para mi formación y crecimiento como profesional, sus enseñanzas perdurarán en mi vida.

A Víctor y Daniel, de Ramón Molina & Cía., por abrirnos las puertas de su empresa y brindarnos la oportunidad de llevar a cabo nuestra investigación, su colaboración ha enriquecido significativamente la calidad y relevancia de este trabajo

A mi querido Andrés Teixeira, quien ha sido mi compañero incondicional desde el inicio, por su amor, comprensión y apoyo incondicional durante cada paso dado.

A mi compañero de tesis, Adrián Chiquito, por su compromiso, colaboración, esfuerzo conjunto siendo un pilar fundamental en la realización de esta investigación, gracias por ser mi compañero fiel desde resistencia de materiales a pesar de las dificultades.

A Daniela Ortega mi amiga desde el día uno, Isabella Triviño, Jan D'Agostini, José Lara, Sabrina Álvarez, Gustavo García, Carlos Gubaira y Daniel Bolívar, su presencia ha marcado de alegría y memorias imborrables esta etapa de mi vida, son los amigos que todos desean tener en su vida, soy afortunada de tenerlos en la mía.

A cada uno de ustedes, mis más sinceros agradecimientos por haber sido parte de este camino y por haber hecho de esta experiencia algo memorable y significativo en mi vida. ¡Gracias por ser parte de este logro!

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance.....	8

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	9
2.2. Teoría Central de la investigación.....	12
2.3 Bases Teóricas.....	14
2.3.1. Sistema.....	14
2.3.2. Dosificadores.....	14
2.3.3. Dosificadores volumétricos.....	15
2.3.4. Dosificador de tornillo sin fin.....	16
2.3.5. Dosificador a de cangilones.....	16
2.3.6. Dosificador a pistón.....	17
2.3.7. Dosificador por gravedad.....	18
2.3.8. Dosificador gravimétrico.....	18
2.3.9. Paletización.....	19
2.3.10. Automatización.....	20
2.3.11. Controladores Lógicos Programables (PLC's).....	20
2.3.12 Sistemas de control.....	21
2.3.13. Metodología de Nelson Vílchez.....	22
2.4 Bases Legales.....	23
2.4.1. Art. 83 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	24
2.4.2. Art. 87 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	24
2.4.3. ISO 13849-1.....	24

2.4.4. ISO 12100.....	25
2.4.5. ISO 11226.....	25
2.4.6. ISO 22000.....	25
2.4.7. Art. Lopcymat.....	26
2.5 Definición de Términos.....	26

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Paradigma de la investigación.....	27
3.2 Tipo de Investigación.....	27
3.3 Diseño de la Investigación.....	27
3.4 Nivel de la Investigación.....	28
3.5. Población y Muestra.....	29
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	30
3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos.....	30
3.6.2. Observación Directa.....	30
3.6.3. La entrevista.....	30
3.6.4. Registro Fotográfico.....	31
3.6.5. Revisión bibliográfica	31
3.6.6. Instrumentos de Recolección de Datos.....	31
3.6.7 Guion de la Entrevista Estructurada.....	31
3.6.8 Cuaderno de Notas.....	31
3.7. Técnicas de análisis de los Datos.....	32

3.7.1 Matriz Foda.....	32
3.7.2 Diagrama de Ishikawa.....	32
3.8. Confiabilidad y/o Validez de los instrumentos.....	33
3.9. Fases Metodológicas.....	33
3.10. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	36

IV RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de las necesidades y capacidades actuales del proceso de, dosificación y paletización, identificando los puntos críticos donde se requiere intervención.....	37
4.1.1 Descripción del proceso de empaqueo de azúcar refinada.....	38
4.1.2 Entrevista estructurada.....	47
4.2 Determinación de las variables que intervienen en los procesos de dosificación y paletización que permitan llevar a cabo un diseño optimo.....	51
4.2.1. Posibles alternativas de solución para un diseño optimo.....	56
4.3 Selección de la mejor alternativa de solución para llevar a cabo el diseño óptimo del proceso de dosificación y paletización.....	65
4.3.1 Propuesta de alternativa para el área de llenado en el sistema de dosificación.....	65
4.3.2 Criterios de evaluación y elección de la propuesta del área de llenado de dosificación.....	66
4.3.3 Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor solución	67
4.3.4 Propuesta de alternativa para el área de paletizado.....	71
4.3.5 Criterios de evaluación y elección de la propuesta del área de llenado	72

de dosificación.....	
4.3.6 Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor solución.	72
4.3.7 Criterios de evaluación y elección de la propuesta del Controlador Lógico Programable.....	74
4.3.8 Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor solución.....	76
4.4 Diseñar la alternativa seleccionada tal que permita llevar a cabo dosificar y paletizar el azúcar en la empresa Ramón Molina & Cía C.A de manera eficiente y segura, minimizando la intervención manual de los operadores.....	80
4.4.1 Solución alternativa seleccionada para el área de llenado del sistema de dosificación.....	80
4.4.2 Cálculos de los momentos y reacciones de la viga.....	83
4.4.3 Dosificador volumétrico para el empaquetado de azúcar refinada.....	86
4.4.4 Diseño de la cinta transportadora para la mesa de paletizado.	88
4.4.5 Solución alternativa seleccionada para el área de paletizado.....	108
4.4.6 Programación del PLC Allen Bradley.....	113
4.4.7 Paso a paso del proceso de empaquetado de azúcar.....	115
4.4.8 Diagramas de flujo para la programación de los sistemas por el PLC...	116
4.4.9. Lenguaje <i>ladder</i> del PLC para el proceso de empaquetado de azúcar...	118
4.5 Evaluar la viabilidad económica, técnica, operativa y ambiental de la implementación de las soluciones automatizadas diseñadas.....	123
4.5.1 Viabilidad económica.....	124
4.5.2 Viabilidad técnica.....	125
4.5.3 Viabilidad operativa.....	126

4.5.4 Viabilidad ambiental.....	126
CONCLUSIONES.....	127
RECOMENDACIONES.....	129
REFERENCIAS.....	131
APENDICES.....	136
ANEXOS.....	212

LISTA DE CUADROS

DESCRIPCIÓN

CUADRO		pp.
1	Cuadro de Operacionalización de variables	36
2	Respuesta N.º 1 de los expertos en el área.	47
3	Respuesta N.º 2 de los expertos en el área.	47
4	Respuesta N.º 3 de los expertos en el área.	48
5	Respuesta N.º 4 de los expertos en el área.	49
6	Respuesta N.º 5 de los expertos en el área.	49
7	Matriz FODA como herramienta de análisis de los datos obtenidos.	55
8	Alternativas para la selección para el sistema de dosificación.	66
9	Restricciones y Criterios para el sistema de dosificación.	67
10	Aplicación de las restricciones a las alternativas para el sistema de dosificación.	69
11	Aplicación de los criterios a las alternativas para el sistema de dosificación.	69
12	Parámetros de puntuación para el sistema de dosificación.	70
13	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el sistema de dosificación.	70
14	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el sistema de dosificación.	70
15	Alternativas para la selección del sistema de paletizado.	71
16	Restricciones y Criterios del sistema de paletizado.	72

17	Aplicación de las restricciones a las alternativas del sistema de paletizado.	73
18	Aplicación de los criterios a las alternativas del sistema de paletizado.	73
19	Parámetros de puntuación del sistema de paletizado.	73
20	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección del sistema de paletizado.	74
21	Evaluación de soluciones del sistema de paletizado.	74
22	Restricciones y Criterios para el PLC	74
23	Aplicación de las restricciones a las alternativas para el PLC	76
24	Aplicación de los criterios a las alternativas para el PLC	77
25	Parámetros de puntuación para el PLC	77
26	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el PLC	78
27	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el PLC.	78
28	Características de operación del equipo	87
29	Características del fardo	88
30	Características de la producción actual.	88
31	Características de la posible producción.	88
32	Cotización para la propuesta de la investigación.	124

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Elementos de un dosificador	15
2	Dosificador volumétrico	15
3	Dosificador de tornillo sin fin	16
4	Dosificador de cangilones	17
5	Dosificador a pistón	17
6	Dosificador por gravedad	18
7	Dosificador gravimétrico	19
8	Sistema de control de lazo abierto	21
9	Sistema de control de lazo cerrado	22
10	Área de empaclado de azúcar refinada	39
11	Sacos de azúcar de 50kg.	40
12	Área de descarta de la azúcar refinada	40
13	Dosificador volumétrico	41
14	Dosificador volumétrico	42
15	Programador del dosificador	42
16	Empaques de azúcar dosificados	43
17	Bandas transportadoras de los dosificadores	44
18	Enfardado manual	44
19	Enfardadora automática	45
20	Pallets de azúcar	46
21	Diagrama de Ishikawa	53
22	Succionador de sacos	57
23	Elevadora de sacos con ganchos	57
24	Plataforma elevadora hidráulica	58
25	Dosificador de tornillo sin fin	59

26	Dosificador de cangilones	59
27	Banda transportadora elevable	60
28	Mesa elevadora y giratoria de pallets	61
29	Robot de paletizado	61
30	PLC Siemens.	62
31	PLC Allen Bradley	63
32	PLC Omron	64
33	Tubo Elevador por vacío Jumbo Sprint.	79
34	Mesa elevadora y giratoria de pallets.	79
35	PLC Allen Bradley	79
36	Tubo Elevador por vacío Jumbo Sprint.	81
37	Coefficiente de Temperatura Positivo (PTC)	82
38	Relé térmico.	82
39	Viga o brazo de aluminio.	84
40	Esfuerzos en la viga del Jumbo Sprint.	84
41	Resultados del cálculo de esfuerzos en la viga del Jumbo Sprint	85
42	Estudio estático de la viga del elevador por vacío	86
43	Diseño digitalizado del elevador por vacío.	86
44	Dosificador volumétrico CG.	87
45	Tabla de velocidades máximas aconsejables.	89
46	Tabla del factor de inclinación K.	90
47	Tabla de capacidades de transporte volumétricas.	91
48	Tabla de paso máximo aconsejable de las estaciones.	92
49	Tabla del diámetro de los rodillos aconsejados.	92
50	Rodillos Rumelca de la banda transportadora.	93
51	Tabla del peso del núcleo e la banda qbn	93
52	Tabla de factor de servicio Fs.	94
53	Tabla de factor de ambiental Fm.	94
54	Tabla de factor de choque Fd	94

55	Tabla de factor de participación del rodillo sometido a mayor tensión.	95
56	Tabla de factor de velocidad Fv.	96
57	Tabla de factor de participación.	96
58	Catálogo de Rodillos de Rumelca.	97
59	Rodillo 89 mm de diámetro PSV2	97
60	Rodillo 89 mm de diámetro PSV1.	98
61	Tabla de coeficiente de rozamiento f del material y elementos giratorios	98
62	Tabla de coeficiente de las resistencias fijas.	99
63	Tabla de peso de las partes giratorias de los rodillos de las estaciones	99
64	Tabla de coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura.	100
65	Catálogo de motores de WEG.	102
66	Dimensiones del motor seleccionado.	102
67	Tabla de factor de abrazamiento Cw.	103
68	Tabla de diámetros mínimos recomendados de los tambores	104
69	Tabla de valores de esfuerzo admisible.	106
70	Banda transportadora con refuerzos textiles (EP).	108
71	Diseño digitalizado de la mesa elevadora.	109
72	Motor rotativo de la mesa elevadora.	109
73	Catalogo del motor rotativo	111
74	Vida nominal en horas de funcionamiento L10h, según tipo de máquina.	112
75	Catálogo de rodamientos rígidos de una hilera de bolas SKF	113
76	Micro PLC 820.	114
77	Diagrama de flujo para la cinta de la mesa paletizadora.	117
78	Diagrama de flujo para la mesa paletizadora	118
79	Programación de la automatización de la cinta por ladder.	119
80	Representación gráfica de la programación del inicio de la mesa.	120
81	Programación del movimiento vertical de la mesa.	121
82	Programación del movimiento rotativo de la mesa por ladder.	122
83	Diagrama de distribución de los equipos en planta.	123

84	Viga del puente grúa	169
85	Ventosa de succión	169
86	Tubo de vacío	170
87	Tubo de bomba de vacío	170
88	Tapa de sujeción de la viga	171
89	Tapa de arriba del Jumbo sprint	171
90	Soporte de la bomba de vacío	172
91	Placa de cierre	172
92	Placa base de empotramiento de la grúa.	173
93	Columna del elevador por vacío	173
94	Marco obturador	174
95	Jumbo Sprint	174
96	Horquilla de sujeción	175
97	Esparrago de nivelación	175
98	Cubre bomba de vacío	176
99	Carro de transporte de las mangueras de aire.	176
100	Cojinete basculante	177
101	Carro de cables	177
102	Carril de viga	178
103	Bomba de vacío del elevador por succión de vacío.	178
104	Barra de refuerzo superior en la viga.	179
105	Asa de control de la ventosa	179
106	Apoyo de barra de refuerzo superior en la viga de la grúa	180
107	Aleta de refuerzo del empotramiento de la grúa.	180
108	Ajuste de bomba de la base de bomba de vacío.	181
109	Ensamble del elevador por vacío Jumbo Sprint	181
110	Banda transportadora	186
111	Estructura de la banda	186
112	Base de la mesa elevadora	204

113	Botones pulsadores de accionamiento de la mesa elevadora	204
114	Brazo elevador de la mesa elevadora.	205
115	Cilindro renderizado de la mesa elevadora.	205
116	Eje de brazos de la mesa elevadora.	206
117	Estructura base superior de la mesa elevadora.	206
118	Mesa rotativa de la mesa elevadora	207
119	Pasador de ruedas	207
120	Pistón	208
121	Rueda	208
122	Sistema motriz de la mesa elevadora	209
123	Soporte de cilindro	209
124	Soporte de rueda de la mesa	210
125	Tapa guarda eje de la mesa.	210
126	Renderizado del ensamble de la mesa.	211



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y PALETIZADO PARA LA EMPRESA
RAMÓN MOLINA & CÍA C.A**

Autor(es): Adrián Chiquito Nuñez.
Stephania Villalonga Yusti.
Tutor (a): Ingeniero Giovanni Pizzella
Pierro.
Fecha: junio 2023

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como intención principal Diseñar un Sistema de Dosificación y Paletizado para la Empresa RAMÓN MOLINA & CÍA C.A, el cual está vinculado en la Línea de Investigación de Ciencias Cognitivas y Aplicadas. De igual forma se considera de tipo Proyecto Factible y está relacionado con la investigación documental y de campo, debido a que se analizaron de manera sistemática el problema directamente en el área objeto de estudio. Cabe destacar, que, el nivel de investigación se considera descriptivo hacia lo diagnóstico, y está sustentado en una base teórica y legal, que sirvió de fundamento para apoyar y reforzar el trabajo en referencia, donde los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos como la observación directa registrándose en un diario de campo, y como segunda técnica se utilizó la entrevista estructurada, utilizando una guía de preguntas validadas. De igual forma se realizó una revisión documental a manuales y documentación de la empresa con el fin de conocer todo el proceso dosificar, empaquetar y paletizar las bolsas de azúcar de manera óptima y sin riesgos. Se concluye que la investigación proporciona un ahorro de tiempo y costes, menor riesgo de errores y daños en las cargas debido a la distribución de cargas en los equipos implementados.

Descriptor: Dosificación, Paletizado, Diseño, Bolsas de azúcar.



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

**"DESIGN OF A DOSING AND PALLETIZING SYSTEM FOR THE COMPANY
RAMÓN MOLINA & CÍA C.A"**

Authors: Adrián Chiquito Nuñez.
Stephania Villalonga Yusti.
Tutor: Engineer Giovanni Pizzella
Pierro.
Date: June 2023

ABSTRACT

The present research work aims to Design a Dosing and Palletizing System for the company RAMÓN MOLINA & CÍA C.A, which is linked to the Research Line of Cognitive and Applied Sciences. Similarly, it is considered a Feasibility Project and is related to documentary and field research, as the problem was systematically analyzed directly in the area under study. It is noteworthy that the research level is considered descriptive towards diagnostic, and is supported by a theoretical and legal framework, which served as the basis for supporting and reinforcing the work in question, where the results were obtained through the application of data collection techniques such as direct observation recorded in a field diary. As a second technique, structured interviews were used, with a guide of validated questions. Likewise, a documentary review of manuals and company documentation was carried out in order to understand the entire process of dosing, packaging, and palletizing sugar bags optimally and safely. It is concluded that the research provides time and cost savings, lower risk of errors and damage to loads due to the distribution of loads in the implemented equipment.

Keywords: Dosing, Palletizing, Design, Sugar Bags.

INTRODUCCIÓN

La azúcar refinada es uno de los productos alimenticios más consumidos a nivel mundial, desde el área de dulces y golosinas como en el área de alimentos nutricionales y variedad de recetas para distintas dietas, es por ello que la automatización de los procesos productivos en la industria alimenticia ha llevado a un aumento significativo en la eficiencia y la productividad respecto a los márgenes de producción de generaciones anteriores. En particular, en la industria de la azúcar refinada, el diseño y automatización del área de dosificado y paletizado se ha convertido en un aspecto crítico para mejorar tanto la calidad del producto final como la eficiencia operativa.

En este contexto, el presente trabajo centrará su atención en el diseño y automatización del área de dosificado y paletizado de una empresa dedicada a la producción de azúcar refinada. Este estudio propone un diagnóstico constructivo en una línea de producción, detallando los factores que intervienen en el proceso operativo, donde los procesos de dosificación y paletizado juegan un papel relevante en el alcance final del producto.

La dosificación es el proceso donde se determina la cantidad exacta de azúcar que debe ser incluida en cada paquete, mientras que el paletizado es el procedimiento donde estos paquetes son organizados y preparados para su transporte y almacenamiento. Ambos procesos son fundamentales para garantizar que el producto final que llega al consumidor cumple con los estándares de calidad y cantidad adecuados.

Uno de los principales desafíos en la automatización de estas áreas es asegurar que la maquinaria utilizada sea capaz de realizar sus tareas con precisión y consistencia, sin sacrificar la eficiencia. Esto implica, por un lado, el diseño de mecanismos de dosificación capaces de trabajar con las características físicas particulares de la azúcar refinada, manteniendo al mismo tiempo una alta velocidad de producción. Por otro lado, el área de paletizado también presenta importantes retos, como la necesidad de manejar, organizar y preparar para el envío una gran cantidad de paquetes de manera ordenada y eficiente.

En este sentido se plantea realizar un análisis detallado de los elementos que deben tenerse en cuenta para el diseño y la automatización de estas áreas, incluyendo tanto los aspectos técnicos como los organizativos. Además, se presentan algunas soluciones propuestas y estudios que mejorarán la funcionalidad y eficiencia de estas áreas. A través de un análisis exhaustivo y la propuesta de soluciones prácticas y viables, este estudio aspira a contribuir al mejoramiento del

área de dosificado y paletizado en la industria de la azúcar refinada, con el fin de mejorar los procesos productivos, incrementar la eficiencia y garantizar un producto final de alta calidad.

Los autores creen firmemente que la mejora continua y el compromiso con la excelencia en todas las áreas de producción son esenciales para el éxito en el competitivo mercado de la industria alimentaria, y por lo tanto deben ser una prioridad para cualquier empresa del sector. Es nuestra esperanza que este trabajo sirva como una herramienta para alcanzar ese objetivo. La transición de la metodología manual tradicional a un sistema automatizado tendrá un impacto transformador, no solo en términos de eficiencia productiva, sino también en términos de la calidad del producto final, la seguridad de los trabajadores y el respeto por el medio ambiente. Este es el propósito y la intención de este trabajo de investigación.

El presente trabajo de investigación se dividió en varios capítulos, los cuales son importantes para la solución del problema planteado, a saber: **capítulo I** que confiere el problema a estudiar, el **capítulo II** el cual contiene las bases teóricas y legales que fundamentan la investigación, el **capítulo III** el cual permite conocer la metodología bajo la cual se desarrolla la investigación y, por último, el **capítulo IV** en el cual se dejan establecidos los resultados obtenidos por los investigadores una vez que se llevó a cabo la minuciosa tarea de investigación en el mencionado trabajo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.

Una central azucarera es una empresa dedicada a la producción de azúcar a partir de la caña de azúcar o de la remolacha. Estas empresas generalmente se encargan de realizar los procesos de extracción, refinamiento y procesamiento del azúcar, con el objetivo de obtener un producto final de calidad que pueda ser utilizado en la industria alimentaria y en otros sectores. Las azucareras pueden ser tanto grandes industrias dedicadas exclusivamente a la producción de azúcar, como pequeñas empresas que se dedican a la producción local o artesanal de este producto, además de ello existen otras empresas que se encargan no de la producción de azúcar sino de su compra al mayor y empaquetado al por menor en presentaciones más pequeñas orientadas a un público general.

Las empresas que se dedican a trabajar con productos para alimentación humana son de las principales que deben garantizar un sitio de trabajo limpio, libre de gérmenes, bacterias, virus y distintos animales que puedan afectar de manera negativa sus diferentes procesos de producción, empaquetado y posterior almacenamiento es por ello que en este sentido destacan las empresas encargadas del procesamiento, empaquetado y distribución de azúcar como lo es Ramón Molina & Cía C.A.

Por otra parte, otro de los factores de gran importancia además de la limpieza y salubridad es cuando abarcamos temas como la seguridad industrial, siendo este un pilar fundamental para cumplir con estándares de calidad tanto nacionales como internacionales, gracias a sus grandes repercusiones en el área de limpieza y eliminación de productos extraños dentro de los empaques que puedan ser dejados por personal o diversas herramientas que sean utilizadas al momento de la realización de los trabajos, la seguridad industrial abarca gran cantidad de temas en general, pero en el área alimenticia toma opciones como la no utilización de accesorios, la utilización de zapatos de seguridad, uniformes, herramientas adecuadas y en ocasiones hasta tapar ciertas partes del cuerpo con tapa bocas, gorros o guantes.

Gracias a que las características antes mencionadas son de gran importancia para este tipo de empresas destacamos que la empresa de empaque y distribución de azúcar Ramón Molina & Cía C.A, se encarga de las compras de volúmenes de azúcar en grandes cantidades normalmente sacos y de empaquetar estas grandes cantidades en presentaciones más pequeñas para así

distribuirla de manera eficiente y llegar al consumidor final, la empresa Ramón Molina & Cía C.A para cumplir con su labor empresarial de empaquetado y distribución de azúcar realiza varios procesos de manera manual.

Actualmente, en el área de dosificación el operador encargado de realizar este trabajo, lo realiza de manera manual y rudimentaria, cargando un saco de azúcar sin ayuda de herramientas o maquinaria externa con un peso entre 50 y 60 kg por esto mismo dicho operador se ve expuesto al riesgo de sufrir lesiones ocupacionales, debido a la carga excesiva de peso durante largas horas de trabajo continuo.

En cuanto a la parte de paletizado de los fardos de azúcar ya empaquetada en presentaciones más pequeñas, el operador encargado de esta área realiza la tarea de manera manual, soportando en la mayoría de los casos cargas con pesos de entre 20 y 24 kg con descanso intermedios de entre 1 y 1,5 minutos por fardo empaquetado lo que implica un proceso lento y agotador.

En la actualidad, estos trabajos se mantienen realizando de la manera antes mencionada gracias a una variedad de factores que son de gran importancia para la empresa, uno de ellos es la practicidad y economía temporal de que los trabajos sean realizados por los trabajadores de manera manual, esto gracias a que no se necesita un personal altamente capacitado para la realización de estas tareas y basta con una breve explicación para poder realizar la actividad.

Otro de los factores a tomar en cuenta es el económico actualmente en el país los créditos en su mayoría están suspendidos o a unas tasas de interés bastante elevadas es por ello que Ramón Molina & Cía C.A no se ha dado la tarea exhaustiva de buscar diferencias en la manera de sus procesos de dosificación y empaquetado gracias a que representan una inversión de capital que, aunque se suponga pueda traer beneficios a largo plazo requieren una inversión de capital extra de sus costos de producción y mantenimiento por parte de la empresa.

La falta de personal capacitado para el uso de maquinaria innovadora o tecnológica es uno de los factores bastante importantes debido a la simplicidad actual de cómo se realiza el trabajo, optimizarlo de una manera muy avanzada implicaría una inversión de tiempo y dinero relevante para la empresa en capacitación y aprendizaje tanto de personal obrero como superiores a ellos causando incertidumbre entre los encargados de la planificación estratégica por parte de la empresa. Deficiencia de espacios para almacenamiento, la empresa Ramón Molina & Cía C.A se encuentra realizando producciones de empaquetado de azúcar por lotes debido en gran parte a las

velocidades de ventas y la necesidad de espacio para almacenar producto terminado, es por ello que no se han enfocado en la tarea de optimizar el proceso para así poder obtener mayores y mejores resultados en tiempos más cortos.

Por lo tanto, se desea buscar una solución que permita modificar la forma en que se dosifica y paletiza el azúcar. El objetivo principal es reducir el riesgo de lesiones para el operador del área de llenado para la dosificación y mejorar la eficiencia del proceso de paletizado, otro de los factores que se toman en cuenta es la higiene del proceso puesto que, al ser tan manual no siempre es un proceso completamente pulcro y estéril, posibles características que también se pueden mejorar considerablemente al ser implementado un sistema automatizado en el proceso.

Por otra parte, este tipo de actividades manuales y rudimentarias no solo traen problemas para los trabajadores, sino para la propia empresa, la cual al verse alguno de sus empleados afectados en materia de salud sería la primera responsable de cualquier dolencia que pueda tener alguna de las personas que realizan este trabajo. Cabe destacar que, al verse envuelta la empresa en cualquiera de las posibles situaciones negativas que se han mencionado, todo esto incurriría en un gran gasto para la empresa y podría terminar en la reubicación temporal o total del trabajador de su puesto de trabajo.

Gracias a que Ramón Molina & Cía C.A es una empresa que se dedica al área de los alimentos, debe cumplir con grandes estándares gubernamentales tanto en calidad de producto como en salubridad, siendo esta última la más afectada gracias a el proceso actual que maneja la empresa, específicamente en el llenado para la dosificación de los productos, la cual se realiza de manera manual y con herramientas afiladas como cuchillos, navajas o tijeras pudiendo además este tipo de herramientas representar una problemática en salud del trabajador, pérdidas económicas para la empresa y contaminación de la materia prima.

Es por tales motivos que para evitar todo lo antes mencionado, optimizar el proceso de trabajo y mejorar la calidad o estándares de producción. Es en este punto donde entra en juego la presente investigación con intención de dar solución a una variedad de problemas mencionados anteriormente con mayor enfoque en la forma de realización de las actividades manuales de manera rudimentaria, con la intención de que la propuesta que se va a plantear brinde de una solución factible para la empresa Ramón Molina & Cía C.A.

1.2 Formulación del Problema.

Considerando lo expuesto anteriormente, surge la siguiente interrogante: ¿De qué manera se puede mejorar el proceso actual de dosificación y paletización que lleva una empresa empaquetadora de azúcar?

1.3 Objetivos de la Investigación.

1.3.1 Objetivo General.

Proponer un diseño de un sistema de dosificación y paletizado para la empresa Ramón Molina & Cía C.A.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Diagnosticar las necesidades y capacidades actuales del proceso de dosificación y paletización en la empresa Ramón Molina & Cía C.A para identificar los puntos críticos donde se requiere intervención.
- Determinar las variables que intervienen en los procesos de dosificación y paletización de la empresa Ramón Molina & Cía C.A que permitan llevar a cabo un diseño óptimo.
- Seleccionar la mejor alternativa de solución para llevar a cabo el diseño óptimo de dosificación y paletización en la empresa Ramón Molina & Cía C.A.
- Diseñar la alternativa seleccionada tal que permita llevar a cabo dosificar y paletizar el azúcar en la empresa Ramón Molina & Cía C.A de manera eficiente y segura, minimizando la intervención manual de los operadores.
- Evaluar la viabilidad económica, técnica, operativa y ambiental de la implementación de las soluciones automatizadas diseñadas.

1.4 Justificación.

Implementar una solución automatizada en el proceso de dosificación y paletización de azúcar en la empresa Ramón Molina & Cía C.A, tendría beneficios sociales significativos. En primer lugar, se reduce el riesgo de lesiones ocupacionales del operador encargado del área de llenado para la posterior dosificación, lo que contribuye a garantizar la salud y bienestar en el entorno laboral, también eliminando la carga física y las actividades manuales de alto riesgo, se crea un ambiente de trabajo más seguro y se promueve una cultura de trabajo más seguro y se promovería una cultura de seguridad tanto para la empresa, como para sus trabajadores. Además, al reemplazar el proceso manual de paletización, se reduciría la fatiga del operador y se mejoran

las condiciones laborales, lo que podría aumentar la satisfacción y el compromiso de los empleados.

A nivel más amplio, la implementación de una solución automatizada en el proceso desde el área de dosificación y paletización de azúcar, ayudaría a promover mejores prácticas en el sector de la industria alimentaria. Al adoptar tecnologías más avanzadas y eficientes, Ramón Molina & Cía C.A puede convertirse en un referente para otras empresas del sector, fomentando la adopción de soluciones más seguras y modernas en toda la industria. Esto contribuiría a elevar los estándares de seguridad y bienestar en el lugar de trabajo no solo en la empresa, sino también en el sector en general.

Desde el punto de vista técnico, una solución automatizada en el proceso, permitiría optimizar el proceso aumentando la eficiencia y productividad, puesto que se podrá realizar el proceso de dosificación y paletizado de una manera más rápida, precisa y uniforme en comparación con el proceso manual actual, lo que implicaría una reducción de tiempo de producción y una mayor capacidad de procesamiento, llevando todo esto a un aumento en la producción y mejora de eficiencia general de la empresa. Además de garantizar la consistencia en la dosificación y paletizado, eliminando los errores humanos y reduciendo las variaciones en el proceso, resultando de un producto final de mayor calidad y estandarizados, lo que ayudaría a cumplir con los estándares de calidad exigidos tanto por la empresa, como por las regulaciones gubernamentales.

Asimismo, esta iniciativa estimula la investigación y el desarrollo de soluciones tecnológicas más avanzadas dentro del campo de la automatización industrial. Puesto que, para el diseño y desarrollo se requiere de conocimientos especializados en ingeniería, tecnología de control, robótica y gestión de procesos. Esta investigación involucra la colaboración con instituciones académicas y centros de investigación, lo que permitiría la transferencia de conocimientos y la participación de expertos en el desarrollo de la solución.

Además, la empresa puede proporcionar una oportunidad de aprendizaje y capacitación para estudiantes y profesionales en formación en áreas relacionadas, brindándoles una experiencia práctica y relevante en el campo de la automatización industrial. Finalmente, desde la perspectiva económica, la elaboración de un nuevo diseño en la empresa Ramón Molina & Cía C.A, tiene el potencial de generar beneficios económicos significativos, como el aumento en la eficiencia y la productividad del proceso resultante de la automatización, lo cual lleva a una reducción en los costos de producción.

1.5 Alcance.

En el presente trabajo de investigación, se plantea observar y dejar en evidencia todas las características que componen los procesos de dosificación y paletizado de azúcar en la empresa Ramón Molina & Cía C.A todo esto, con la finalidad de optimizar la manera actual de cómo se realizan estas actividades, es por ello que, posterior a visualizar las acciones, herramientas y maneras de cómo se lleva a cabo el proceso, se tiene como finalidad, en este estudio, definir las opciones de mejora más factibles y seguras en los dos procesos antes mencionados, tomando en consideración el diseño de una variedad de mecanismos y sistemas para realizar estas actividades, destacando uno de ellos en base a sus características en seguridad, ergonomía, economía y medio ambiente.

Los diseños a tomar en cuenta serán sometidos a simulación digital gracias a la ayuda de un software de diseño y simulación en ingeniería donde se plantea estudiar y analizar los movimientos del sistema una vez puesto en movimiento, en base a las diferentes configuraciones que puedan tener; además, del uso del método *ladder* o también conocido como método de la escalera, puesto que se tiene en cuenta la implementación de un Controlador Lógico Programable (PLC). Finalmente, el trabajo de investigación como trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad José Antonio Páez.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Arias (2012) señala que el marco teórico se define como, “el producto de la revisión documental-bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven a base de la investigación a realizar” (p. 106). Por lo tanto, el marco teórico es una parte fundamental de la investigación, donde se recopilan las fuentes que van a proporcionar una base teórica sólida sobre la cual se desarrollará el estudio, dando sentido a la investigación con los temas que estén relacionados a profundidad.

2.1 Antecedentes

Hace referencia al conocimiento e información documentada en investigaciones que se han elaborado anteriormente y posee una relación con el tema de estudio planteado en la investigación que se llevará a cabo, pueden ser trabajos de pre grado, como también artículos científicos y otros trabajos que muestren el resumen de la investigación, con la finalidad de orientar al investigador hasta donde ha llegado el trabajo de investigación y los vacíos que se han dejado. Desde el punto de vista de Arias (2012) nos señala que, “reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (p. 106).

Como antecedente se hace mención al trabajo de grado elaborado por Anzoátegui y Márquez (2023), titulado **“Diseño de un sistema de transporte y dosificación automática (ensilado) de pasto de engorde de animales vacunos para la empresa Rollers Conveyors S.A.”**, presentado en la Universidad José Antonio Páez, como requisito para optar por el título de ingeniero mecánico. Se tuvo como objetivo general diseñar un sistema de transporte y dosificación automática de pasto de engorde de animales vacunos para la empresa Rollers Conveyors, S.A. Su propósito es estudiar el proceso y máquina de ensilaje utilizado en las granjas, para luego formar el empaquetamiento para el almacenaje del pasto para los alimentos.

Apoyados en una investigación de tipo proyecto factible, documental y de campo, puesto que se basa en la revisión, análisis e interpretación de fuentes de información diferentes fuentes existentes o investigaciones de diferentes autores. Por otra parte, de campo, puesto que se recopilaron datos directos del lugar de estudio. Presentaron la propuesta de diseño con el fin de mejorar la dosificación y el transporte del pasto para su almacenamiento, por medio de empaquetamiento al vacío del pasto para su durabilidad y mantenimiento de nutrientes.

Este trabajo presenta un buen aporte a la presente investigación en cuanto a conocimiento en parte a la dosificación y tipos de dosificadores que se pueden encontrar en el mercado, además de embalaje, transporte y la manera en que se puede implementar la metodología de Nelson Vílchez para la selección del diseño adecuado, que se debe implementar como la mejor solución del problema presentado en este caso de estudio.

Ayala (2022) realizó una investigación titulada, “**Diseño y construcción de una máquina automática dosificadora, empacadora y selladora de granos**”, presentado en la Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador, como requisito previo para optar al título de ingeniero mecánico. Su objetivo general fue diseñar y simular una máquina automática, que dosifique granos entre 2 y 20 mm de diámetro, forme el empaque y selle el mismo en función de los requerimientos establecidos. El diseño del sistema está basado en la metodología de diseño y desarrollo de productos propuesta por Ulrich y Eppinger, además del uso del software CAE como instrumento de validación de los cálculos.

El uso de esta máquina es propuesto hace la parte de la comunidad agrícola del Ecuador minorista, específicamente en productos granulados, donde en función de las simulaciones que se realizaron se determinó que la máquina diseñada de ser construida, será capaz de dosificar, empaquetar y sellar productos granulados en el rango de los diámetros previamente establecidos, tomando en cuenta los requerimientos establecidos.

De esta manera, este trabajo aporta a la investigación el conocimiento de los posibles elementos de sellado como distintos tipos de polímeros; además de la manera en que se pueden implementar los sistemas de control con la finalidad de tener un sistema automatizado para realizar este proceso de una manera más rápida y segura. Por otra parte, se tiene un aporte de diferentes metodologías que pueden ser aplicadas, en primer lugar, se tiene “diseño y desarrollo de productos”, de los autores Ulrich y Eppinger (2012) y desarrollo del concepto presentado por los autores mencionados anteriormente, que envuelve el análisis de los resultados de un estudio de viabilidad del proyecto.

Igualmente, se obtuvo información sobre el trabajo desarrollado por Cárdenas, y Lara (2021) titulado “**Diseño de un sistema de transporte y paletización automática para listones de balsa**”, expuesto como trabajo especial de grado para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, presentado en la Escuela Superior Politécnica Litoral de Guayaquil, Ecuador. Como objetivo general se tuvo diseñar un sistema de transporte y apilamiento automático para listones

de madera verde en balsa. Ahora bien, su trabajo consistió en el desarrollo de un método de transporte basado en rodillos y un sistema de elevación de centrado en el uso de cadena, así como de un proceso de paletización usando un elevador hidráulico, sensores, accionado por cilindros neumáticos y con PLC como principales componentes del diseño. Su metodología para realizar el diseño fue por medio de la metodología de criterios ordinales corregido con criterios ponderados, para analizar cada propuesta de solución.

En cuanto a este trabajo de grado, aporta el conocimiento de uno de los métodos que utilizaron para tener resultados favorables, conocido como diagrama de estados, siendo este una representación gráfica utilizada para modelar el comportamiento dinámico de un sistema o una entidad, con el fin de facilitar el análisis y la comprensión del comportamiento del sistema bajo diferentes situaciones, probar el sistema que se va a plantear en esta investigación y sea propicio.

Asimismo, el trabajo de grado de Gualan (2020) titulado “**Diseño y construcción de un sistema de dosificación controlado por plc**”, el cual se presentó en el Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, en Quito, Ecuador; para optar al título de Tecnólogo en Electromecánica. Como objetivo general, se planteó construir un sistema de control mediante un PLC 230RC, para la dosificación de productos en pequeñas industrias, basados en una metodología experimental, puesto que realizaron distintas pruebas con el fin de observar los efectos de estas variables para obtener los resultados. Se concluye que los sistemas de automatización electro neumáticos presentan mejores respuestas de accionamiento en conjunto con la neumática y el control industrial, además de ser accesible económicamente; también recomiendan hacer las pruebas necesarias por medio del software del PLC antes de transferir y conectar para verificar que el funcionamiento sea el correcto en función de las condiciones planteadas para el proceso.

El aporte que brinda a la presente investigación es enfocado en la implementación de un Controlador Lógico Programable (PLC) para automatizar y controlar el sistema de dosificación, siendo un sistema apropiado respecto al hecho de obtener reacciones rápidas y la facilidad de hacer correcciones o modificaciones del programa, también la manera en que se pueden realizar estudios de pruebas con programas de simulación como *fluidSIM* y por otra parte, el lenguaje escalera o *ladder*, con la finalidad de verificar que el proceso se realice de la manera correcta y así obtener resultados favorables.

Del mismo modo, Chacón (2019) en su trabajo de grado titulado “**Rediseño del sistema de desplazamiento en la máquina dosificadora radial en la empresa Mann+Hummel**”

Filtration Technology Venezuela, C.A.”, cuyo objetivo general fue rediseñar la dosificadora radial inoperativa para aumentar la producción y equilibrar la carga de mantenimiento en la planta, mediante el ensamblaje de un nuevo sistema de desplazamiento, donde se realizó el diseño, respectivos cálculos y selección de los diversos elementos que componen a la dosificadora. La metodología implementada se basó en un tipo de proyecto factible, donde se lleva a cabo un modelo viable que da solución al problema planteado.

Además de ser apoyado en un diseño documental y de campo, puesto que es basado, observación el proceso directamente en el lugar de estudio con el fin de comprender el proceso de dosificación anteriormente empleado en la empresa, donde se tomaron materiales y componentes presentes en la empresa y por último se recomienda aumentar el sistema de automatización.

Como aporte a la investigación, brinda de la información cómo se puede hacer provecho de los recursos materiales y componentes con los que cuenta la empresa, con el objetivo de que se puedan reducir costos de fabricación, también del conocimiento de cómo trabaja una línea de producción con un dosificador y tomar en cuenta que se puede complementar el sistema con más dispositivos automáticos a fin de continuar con un proceso de mejora continua y aumentar la eficiencia del proceso.

2.2 Teoría Central de la Investigación

2.2.1 Teoría de Distorsión Máxima de Von Mises

También conocida como criterio de von Mises o criterio de cedencia, es una teoría de resistencia de materiales utilizada en el diseño y análisis de materiales dúctiles, como metales, para determinar su capacidad de soportar cargas sin que ocurra una falla plástica. En el capítulo 6 del Texto del Dr. Danilo Tassoni (2007), se determinó que el método más preciso para prever fallas en materiales dúctiles debido a una tensión constante por esfuerzo de corte, es la teoría de la distorsión de la energía o distorsión Máxima de Von Mises. Empleando las palabras del libro de Mecánica de materiales de Beer, Ferdinand (2017),

un componente estructural dado es seguro siempre que el valor máximo de la energía de distorsión por unidad de volumen en ese material permanezca más pequeño que la energía de distorsión por unidad de volumen requerida para hacer fluir una probeta del mismo material sometida a tensión (p. 452).

La teoría se basa en la premisa de que el material fallará cuando la energía de deformación elástica acumulada alcance un valor crítico. Para esto, se utiliza una medida de distorsión basada en los esfuerzos tangenciales en el material, puesto que estos esfuerzos contribuyen de manera

significativa a la deformación plástica. En 1.904, en Polonia, M. T. Hueber escribió por primera vez sobre la energía de la máxima distorsión; pero, fueron R. von Mises (Alemania y USA) en 1.913 y H. Hencky (Alemania y USA) en 1.925 quienes más contribuyeron a ella. Recientemente, S. Timoshenko, en su *History of Strength of Materials* McGraw-Hill, Nueva York, 1.953, ha atribuido esta teoría a J. C. Maxwell de Inglaterra, que la plantea en 1.856.

Esta teoría sostiene que cualquier pieza esforzada en forma elástica sufre un (ligero) cambio en forma, volumen o en ambos, pero no en tamaño. La energía necesaria para producir este cambio se almacena en forma de energía elástica. Por lo tanto, un determinado material tiene una capacidad limitada y definida de energía de distorsión o de corte, y por lo tanto cualquier intento por someter al material a cantidades mayores de energía de distorsión, provocaría la falla del elemento, La forma más corrientemente utilizada para expresar la teoría de la energía de distorsión, es,

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2S_y^2 \quad (\text{Ec. 1})$$

Para un estado bidimensional de tensiones, condición para la cual $\sigma_3 = 0$, la expresión se convierte en,

$$2S_y^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1^2 + \sigma_2^2 = 2\sigma_1^2 + 2\sigma_2^2 - 2\sigma_1\sigma_2$$

$$S_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2 \quad (\text{Ec.2})$$

2.2.2 Teoría de Control Moderna

Es un enfoque matemático utilizado para analizar y diseñar sistemas de control en ingeniería. Se basa en conceptos y técnicas de la teoría de sistemas dinámicos, álgebra lineal y análisis de señales. Esta teoría se desarrolló a partir de mediados del siglo XX como una evolución de la teoría de control clásica. A diferencia de la teoría clásica, que se enfoca en sistemas lineales y técnicas de diseño intuitivas, la teoría de control moderna se centra en sistemas más complejos y no lineales.

Presentado en el libro de Ingeniería de control moderna, Ogata, Katsuhiko (2010) sostiene que, “la teoría de control moderna es esencialmente una aproximación en el dominio temporal, mientras que la teoría de control convencional es una aproximación en el dominio de la frecuencia compleja” (P. 29). Utiliza herramientas matemáticas avanzadas, como la transformada de Laplace, la teoría de matrices, el análisis de estabilidad y la optimalidad, entre otras, para modelar, analizar

y diseñar sistemas de control. Uno de los aspectos fundamentales de la teoría de control moderna es el concepto de espacio de estados. Donde Ogata, Katsuhiko (2010) menciona que, “El concepto de estado por sí mismo no es nuevo, puesto que ha existido durante bastante tiempo en el campo de la dinámica clásica y en otros campos” (P. 29), por lo que, en este enfoque, un sistema de control se describe mediante ecuaciones de estado que representan su comportamiento dinámico en forma matemática. Esto permite analizar y diseñar sistemas de control en términos de su comportamiento interno y su respuesta ante diferentes entradas y perturbaciones.

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Sistema

Empleando las palabras del libro “teoría general de los sistemas”, Bertalanffy, Karl (1989) define el sistema como "conjunto de elementos que se relacionan entre ellos y con el medio" (p.56), entonces el conocido trabajo de Karl Ludwing von Bertalanffy, promovió la idea de que los sistemas no pueden entenderse únicamente a través de la suma de sus partes, sino que también deben considerarse en términos de sus interacciones y relaciones internas. En otras palabras, un sistema hace referencia a un conjunto de componentes interrelacionados que trabajan juntos para lograr un objetivo común. Estos componentes pueden ser personas, objetos, procesos, ideas, u otros. No está limitado necesariamente a sistemas físicos, pueden ser físicos, como una computadora, o abstractos y dinámicos como un proceso empresarial.

2.3.2 Dosificadores

Desde el punto de vista de Llena, Josep (2014) un dosificador es, “un equipo de funcionamiento hidráulico, eléctrico o neumático que permite añadir y/o mezclar un producto en otro, ya sea de forma constante, volumétrica, en *batch*, por sonda, etc.” (p. 1). El dosificador es una herramienta primordial para una empresa o proceso productivo, su función primordial consiste en llenar o proveer de producto en una cantidad determinada, durante un ciclo de tiempo. Los dosificadores en general están constituidos de 3 partes: la tolva de almacenamiento, sistema dosificador y la boquilla o tubo de descarga, como se muestra en la figura 1.

Dependiendo de las características del proceso a realizar, el dosificador deberá adaptarse al producto y a su capacidad de flujo, para obtener la medida del producto se puede clasificar en dosificadores volumétricos o gravimétricos; esto principalmente viene dado por características propias del producto y por el requerimiento de la aplicación, hacen que sea más sencillo utilizar

uno de estos métodos para obtener dosificaciones precisas, reduciendo costos y tiempos en la dosificación.

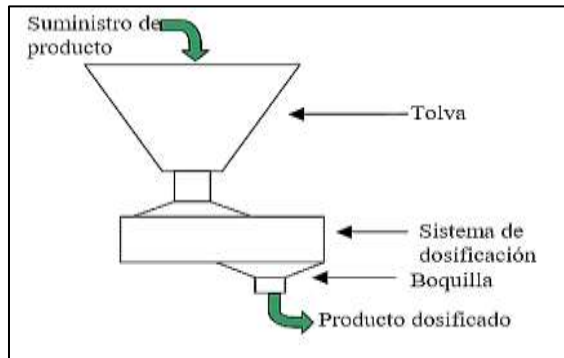


Figura 1: Elementos de un dosificador
Fuente: Trabajo de grado de Pinto, C., Durán H.

2.3.3 Dosificadores Volumétricos

En una entrevista al director de la empresa de Lubosa, Vega, Rafael (2023) menciona que, “los dosificadores volumétricos permiten medir de forma precisa el volumen de un producto y descargarlo, por ejemplo, en una tolva” (p. 2) (ver figura 2). En este caso la tolva se puede alimentar por medio de una persona o por un elevador manejado de manera automática; su especialidad en cuanto a tecnología permite la medición de volúmenes específicos de un producto sólido para dosificar rangos ajustables y variables. Son utilizados principalmente para dosificar productos homogéneos en sus características físicas, forma, tamaño y peso, como líquidos viscosos, polvos, azúcar, sal, algunos cereales y granos, los más comunes en la industria se dividen en 3 categorías: dosificador de tornillo sin fin, de cangilones, a pistón o por gravedad.



Figura 2: Dosificador Volumétrico
Fuente: Alfapack.cl (s.f).

2.3.4 Dosificador de tornillo sin fin

Apto para productos pulverulentos de difícil deslizamiento, conformado por una tolva al igual que el dosificador volumétrico de manera manual o automatizada. Chiguano y Lescano (2012) mencionan, “dentro de la tolva se encuentra un tornillo sin fin que es controlado por la envasadora. Dependiendo del tipo de producto a dosificar y el gramaje del envase se ajusta a la cantidad de vueltas que el tornillo girará” (p. 16). Este tipo de dosificador generalmente se utiliza para productos como colorantes, polvos con pimienta, pimentón, orégano u otros, el mecanismo que se encarga de accionar el tornillo por lo general es un motor reductor y el removedor o agitador del dosificador es el encargado de facilitar el trabajo del tornillo evitando taponamiento dentro de la tolva, además que puede requerir de más de un tornillo dependiendo de la cantidad de envases o el ancho de este (ver figura 3).



Figura 3: Dosificador de tornillo sin fin.

Fuente: JCPMirpack (s.f).

2.3.5 Dosificador de cangilones

Un dosificador volumétrico de cangilones es un equipo utilizado para la dosificación de materiales a granel, como gránulos, polvos o materiales granulados. Consiste en una serie de cangilones o recipientes individuales colocados en una cinta transportadora o cadena. Estos cangilones se mueven a lo largo de un recorrido circular o lineal y se llenan con el material a dosificar en un punto de carga. A medida que los cangilones se desplazan, descargan su contenido en el punto de descarga, que puede ser un transportador o un receptáculo específico. En palabras de Consuegra y González (2004) se menciona que, “está conformado por dos platos con movimiento de rotación y 4 vasos telescópicos para el ajuste de la dosis” (p. 9). El dosificador volumétrico de cangilones es útil en aplicaciones donde se requiere dosificar cantidades precisas de material a granel de manera continua y consistente; por ejemplo, en la industria alimentaria.



Figura 4: Dosificador de cangilones.
Fuente: Mf Tecno (s.f).

2.3.6 Dosificador a pistón

Teniendo en cuenta el trabajo de Díaz, Alicia y Lescano, Enrique (2012), postulan que el dosificador a pistón,

Consiste en uno o más recipientes herméticos donde se ubica el líquido y mediante uno o más pistones el producto es desalojado del recipiente y llevado hacia un pico que se ubica en el interior de la bolsa ya confeccionada por le envasadora (p.16).

Se utilizan, en particular, para una dosificación bicomponente, como las mezclas de resinas y endurecedor, adecuados para líquidos viscosos y masas como yogurt, grasa, shampoo, jaleas, tomate triturado, jugos o vinos. No funcionan en continuo al ser necesaria una fase de llenado por medio de succión, luego pasa por una fase de descarga que dosifica el producto proporcional a la carrera del pistón, ello se puede lograr con un simple pistón de dos válvulas (ver figura 5).



Figura 5: Dosificador a pistón.
Fuente: Tecno embalaje (s.f).

2.3.7 Dosificador por gravedad

Como su nombre lo indica, funciona usando la fuerza de la gravedad para permitir que el material fluya de manera controlada desde un depósito o tolva hacia un punto de descarga. Empleando las palabras de Chiguano y Lescano (2012), “consiste en un tanque donde se ubicará el líquido que normalmente es alimentado por un tanque principal mediante un flotador que tiene en el interior, se habilita o deshabilita la alimentación del mismo” (p. 17), (ver figura 6). En la parte inferior tiene una llave que permite el paso del líquido, en el momento previamente establecido, el cual es controlador por medio de una envasadora. Generalmente se utiliza para la dosificación de líquidos como vino, jugos, gaseosa, leche o agua, también puede ser utilizado para lo producción de químicos.



Figura 6: Dosificador por gravedad.

Fuente: Mf Tecno (s.f).

2.3.8 Dosificador gravimétrico

También llamado dosificador ponderal, está compuesto por un conjunto de transportadores por vibración electromagnética y varias tolvas de pesaje. En palabras de Vega, Rafael (2023) “Los dosificadores gravimétricos ayudan a dosificar de manera exacta los diferentes componentes del producto final” (p. 2). El sistema de pesaje puede estar compuesto por una o más celdas de carga o balanzas que miden continuamente el peso del material en la tolva, la dosificación se efectúa por peso, cargando sobre la balanza a alta velocidad y ajustando el peso a baja velocidad; este tipo de dosificador es apto para productos no homogéneos (Ver figura 7).

Existen dos tipos, dosificadores gravimétricos por pérdida de peso, cuando el pesaje se realiza antes y después de la dosificación, en la entrada la tolva está llena con una cantidad de material conocido, por lo que a medida que se dosifica, el peso de la tolva disminuye. Por otro lado, el segundo tipo es un dosificador por ganancia de peso, cuando se realiza a la salida la medida de la cantidad de peso en la tolva, al inicio la tolva está en vacío y a medida que se dosifica, aumenta su peso y se registra.



Figura 7: Dosificador gravimétrico.

Fuente: Interempresas (s.f).

2.3.9 Paletización

Dicho con palabras de Pinzón, Jairo (2016) este método consiste en, “agrupar sobre una superficie (pallet, tarima) una cierta cantidad de materia que en forma individual resulta poco manejables, pesados o voluminosos; o bien objetos fáciles de desplazar, pero numerosos; cuya manipulación y transporte requerirían de mucho tiempo y trabajo” (p. 33). La carga de un pallet puede ser realizada manualmente, pero no es el método más comúnmente utilizado. En varios países, existe un peso máximo establecido para los paquetes que pueden manipularse manualmente, siendo de aproximadamente 25 kg, aunque cada vez más se está limitando a 15 kg, con una adaptación respecto a las limitaciones físicas de las mujeres y prevenir posibles lesiones en la espalda y otros malestares que pueden ocasionar pausas en el trabajo. Por lo que, además de la paletización manual se han implementado los sistemas de paletización semiautomáticos, automáticos y la paletización robotizada.

En la actualidad, existen diversos fabricantes que construyen almacenes con paletización automática. La compañía Mecalux es uno de los que podemos encontrar en el mercado, dedica al montaje de estanterías para el almacenamiento de *pallets*, y entre sus estructuras, destacan los transelevadores para *pallets*. Por otro lado, existen otras máquinas similares como son los robots cartesianos o robots de tres ejes. Cada producto genera un tipo de paletizado propio y distinto a los demás, éste depende de las medidas, el peso y la forma de las cajas o empaque plástico, el diseño del *pallet* final de productos debe considerar el peso total, el volumen, la estabilidad y sus dimensiones.

2.3.10 Automatización

Tal como se plantea en el libro “automatización de procesos industriales”, García, Emilio (2001), sostiene que “el concepto de la automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de diversas tareas, industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas” (p. 9). La finalidad de aplicar la automatización industrial es mejorar la eficiencia, calidad, precisión y seguridad de los procesos de producción, además puede ayudar a mejorar las condiciones laborales al reducir la exposición de los operadores a entornos peligrosos tareas físicamente extenuantes, exigentes o peligrosas, contribuyendo a la mejora de la seguridad laboral y la reducción de accidentes.

La automatización implica el uso de sistemas, máquinas y equipos diseñados para realizar tareas específicas de manera automatizada. Estos pueden incluir robots industriales, sistemas de control numérico, sensores, actuadores y otros dispositivos especializados. A menudo requiere el desarrollo y la implementación de software y algoritmos que permitan la programación y el control de los sistemas automatizados. Este software puede abarcar desde sistemas de control de procesos hasta algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático.

2.3.11 Controladores Lógicos Programables (PLC's)

Un PLC, o Controlador Lógico Programable, es un dispositivo electrónico utilizado en entornos industriales para automatizar procesos electromecánicos, como líneas de montaje en fábricas, maquinaria en plantas industriales, o sistemas de distribución de energía. El PLC puede realizar una variedad de tareas de control, como el encendido y apagado de dispositivos, la regulación de la velocidad de motores, el conteo de piezas, entre otros. Está compuesto por una unidad central de procesamiento (CPU), módulos de entrada para recibir señales del mundo exterior, módulos de salida para enviar señales a dispositivos externos, y una interfaz de

programación que permite a los ingenieros crear y cargar programas para controlar el comportamiento del PLC.

2.3.12 Sistemas de control

El propósito de un sistema de control es dirigir la respuesta de un dispositivo sin que el operador intervenga directamente en sus componentes de salida. El operador solo maneja los valores de referencia o las magnitudes de consigna, y el sistema de control asume el control de la salida a través de los actuadores. Esta idea implica que el sistema de control opera con señales de baja potencia, también conocido como las señales, gobernando unos actuadores que modulan la potencia entregada a la planta, como se representa en la Figura 8.

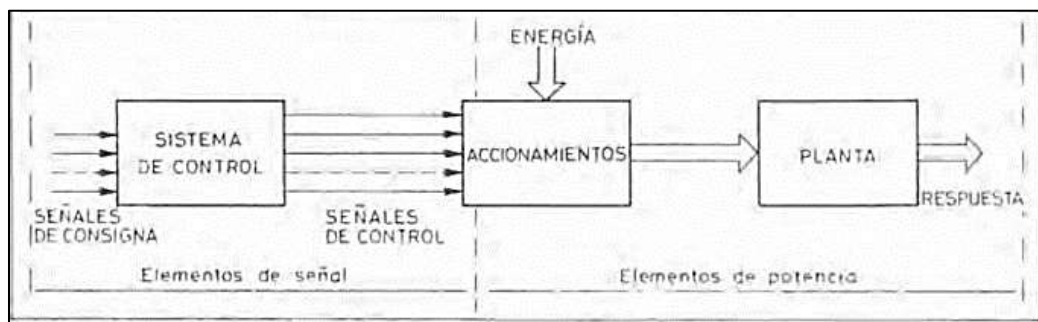


Figura 8: Sistema de control de lazo abierto

Fuente: Autómatas Programables, Balcells y Romeral (1998).

En palabras de los autores del libro de autómatas programables, basados en la definición previa, Balcells y Romeral (1998), “el conjunto de sistema de control y accionamientos se limitaría a ser un convertidor amplificador de potencia que ejecuta las órdenes dadas a través de las magnitudes de consigna” (p. 4). Este tipo de sistema se le conoce como un sistema de control de lazo abierto, puesto que no recibe retroalimentación del comportamiento del sistema. Por otra parte, más adelante Balcells y Romeral (1998) postulan, “lo habitual, sin embargo, es que el sistema de control se encargue de la toma de ciertas decisiones ante determinados comportamientos de la planta, hablándose entonces de sistemas automáticos de control” (p. 4).

Para lograrlo es necesario contar con unos sensores que se encargan de registrar el comportamiento de esa planta y con interfaces para ajustar las señales de los sensores a las entradas del sistema de control. El esquema de bloques será, en esta situación, el de la Figura 9. Este tipo de sistemas se conocen como de bucle cerrado, puesto que su esquema muestra de forma evidente una estructura con una cadena directa y un retorno o realimentación, creando un bucle de control.

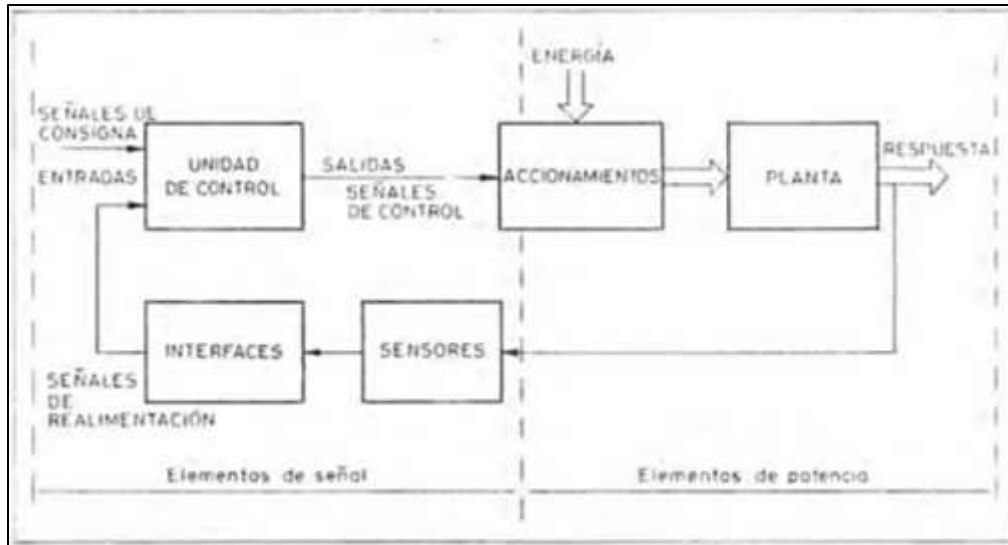


Figura 9: Sistema de control de lazo cerrado.
Fuente: *Autómatas Programables*, Balcells y Romeral (1998).

Entonces, en el escenario más común, podemos clasificar el sistema de control en los siguientes componentes: Centro de control, accionamientos, sensores e interfaces. Es importante señalar aquí, que la función del autómatas programable en el sistema de control es actuar como centro de control, y suele también incluir, en su totalidad o parcialmente, las interfaces con las señales de proceso. De acuerdo con Balcells y Romeral (1998) “Al conjunto de señales de consigna y de realimentación que entran a la unidad de control se les denomina genéricamente entradas y al conjunto de señales de control obtenidas salidas” (p. 4).

2.3.13 Metodología de Nelson Vélchez

Esta metodología para el diseño, tiene como objetivo presentar de manera general la solución a un problema específico, lo que requiere la generación de opciones que cumplan con esa descripción. Para esto, se aplican restricciones de manera principal. Un procedimiento para identificar restricciones ficticias consiste en generar varias alternativas de solución (sistemas de referencia), buscar características comunes a todas ellas, generar otras alternativas que no posean esas características comunes y repetir estos pasos utilizando diferentes características comunes en cada iteración. En este proceso, se utilizan varios sistemas de referencia, excepto cuando se recurre a la inversión, momento en el cual se emplea un solo sistema de referencia. Para tomar decisiones informadas, es necesario haber definido previamente las especificaciones de diseño y contar con varias posibles soluciones para el problema.

Cumpliendo con estos requisitos previos, se estará en posición de determinar cuál de las soluciones se ajusta mejor a las exigencias preestablecidas para el sistema a diseñar. En el cual se ven implicados los métodos de restricciones y criterios para evaluar las alternativas propuestas, se puede resumir este método en tres etapas fundamentales:

1. Estudio de las probables soluciones: Se analizan todas las posibles soluciones generadas durante la fase de búsqueda. El diseñador realiza un análisis exhaustivo con el fin de comprenderlas y obtener una visión integral del resultado de la búsqueda de soluciones, lo que le permite seleccionar el curso de acción más adecuado.

2. Aplicación de restricciones a las probables soluciones: Se aplican las restricciones a todas las posibles soluciones, con la premisa de que las restricciones permiten eliminar opciones sin necesidad de compararlas entre sí. Es necesario que una posible solución cumpla con todas las restricciones del problema para convertirse en la solución final.

3. Aplicación de criterios a las soluciones: Esta etapa consta de tres pasos: la ponderación de criterios, la ponderación de soluciones de acuerdo a cada uno de los criterios y la ponderación final de las soluciones y finalmente la mejor solución será aquella que se obtenga de la ponderación final más alta de las soluciones.

2.4 Bases Legales

Las bases legales de un trabajo de investigación se refieren a las leyes, reglamentos y normativas que rigen la realización de investigaciones en determinados campos o ámbitos. Estas bases legales varían según el país o la institución, diseñadas para garantizar una conducta ética y legal en la investigación, proteger los derechos y el bienestar de los participantes y preservar la integridad científica de los estudios. Palella y Martins, (2006) postulan que las bases legales, "son las normativas jurídicas que sustenta el estudio desde la carta magna, las leyes orgánicas, las resoluciones decretos entre otros" (p. 55).

La presente investigación enfocara su atención en el área de diseño de maquinaria y herramientas que permitan mejorar la forma en la que se están realizando las actividades de dosificación y paletizado de azúcar, es por ello que es de vital importancia apearse a las normas y reglamentos que permitan una buena realización del trabajo y de manera segura, tomando en cuenta desde la perspectiva del trabajador usuario de la máquina, como la parte directa de diseño y calidad del mismo.

2.4.1 Art. 83 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

“La salud es un derecho social fundamental, obligación del Estado, que lo garantizará como parte del derecho a la vida. El Estado promoverá y desarrollará políticas orientadas a elevar la calidad de vida, el bienestar colectivo y el acceso a los servicios. Todas las personas tienen derecho a la protección de la salud, así como el deber de participar activamente en su promoción y defensa, y el de cumplir con las medidas sanitarias y de saneamiento que establezca la ley, de conformidad con los tratados y convenios internacionales suscritos y ratificados por la República”

Este artículo hace referencia a la salud de las personas como derecho fundamental para todos y cada uno de los venezolanos, donde el estado plantea promover y desarrollar políticas que permitan elevar la calidad de vida, el bienestar colectivo y el acceso a los servicios. Así mismo, las empresas a cualquier nivel deben apoyar este artículo establecido en la constitución para brindar un ambiente que permita mantener el bienestar de todos en su jornada laboral.

2.4.2 Art. 87 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

“Toda persona tiene derecho al trabajo y el deber de trabajar. El Estado garantizará la adopción de las medidas necesarias a los fines de que toda persona puede obtener ocupación productiva, que le proporcione una existencia digna y decorosa y le garantice el pleno ejercicio de este derecho. Es fin del Estado fomentar el empleo. La ley adoptará medidas tendentes a garantizar el ejercicio de los derechos laborales de los trabajadores y trabajadoras no dependientes. La libertad de trabajo no será sometida a otras restricciones que las que la ley establezca. Todo patrono o patrona garantizará a sus trabajadores y trabajadoras condiciones de seguridad, higiene y ambiente de trabajo adecuados. El Estado adoptará medidas y creará instituciones que permitan el control y la promoción de estas condiciones.”

Establece que el derecho al trabajo es para todos y cada uno de los venezolanos y se debe garantizar de manera digna y segura para todos los trabajadores quedando de parte del patrono todos los estándares y regimientos de higiene, ambiente y seguridad que deben cumplir las empresas para la realización de los trabajos, siendo de gran importancia en empresas del ramo alimenticio como la que destaca en este trabajo.

2.4.3 ISO 13849-1

La presente norma se encarga de catalogar un estándar a nivel internacional donde proporciona requisitos de seguridad y orientación para los diferentes diseños e integración de partes para herramientas o maquinarias de seguridad, donde a su vez se incluyen estándares para

el diseño del soporte lógico del elemento o pieza a diseñar, dichos estándares son tanto a nivel mecánico como electrónico en áreas de informática.

2.4.4 ISO 12100

Esta norma internacional especifica los principios de evaluación del riesgo y reducción del riesgo para ayudar a los diseñadores a alcanzar este objetivo, donde se toman en cuenta metodología, terminología básica, con la finalidad de ayudar un poco respecto a la seguridad y utilización de la maquinaria, tomando en cuenta factores que pueden ampliar la visión del diseñador al momento de visualizar problemas que puedan formar parte de algún riesgo en mayor o menor medida.

2.4.5 ISO 11226

Esta norma establece los principios ergonómicos para las tareas laborales que implican manipulación manual y movimientos corporales tales como levantar, portar, empujar, tirar, realizar tareas manuales, entre otras. Se enfoca en reducir el riesgo de lesiones a largo plazo en el cuerpo, como trastornos musculo esqueléticos, al proporcionar recomendaciones sobre la postura corporal y los límites de los movimientos del cuerpo.

2.4.6 ISO 22000

Hace referencia a los sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos donde especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión para asegurar la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria incluyendo el consumo final. La certificación de los sistemas de gestión de inocuidad de los alimentos está destinada a facilitar y regular el intercambio comercial en los mercados nacionales e internacionales

2.4.7 Art. 40 Lopcymat.

En el artículo 40 de la presente ley se pueden observar una amplia variedad de funciones que son mostradas en este artículo, aunque para el caso particular de esta investigación realizaremos nuestro enfoque sobre todo en las secciones 17 y 18 del mismo los cuales hacen referencia a mejoras referentes a los sistemas de producción a nivel industrial y mejoras en la capacidad y capacitación del personal.

2.5 Definición de Términos

Batch: en el contexto de los dosificadores, el término "*batch*" se refiere a un proceso de dosificación o mezcla que se realiza en un lote o porción específica de material.

Fardos: conjunto de objetos o mercancías atados o envueltos juntos para facilitar su transporte o almacenamiento.

Ladder: se refiere a un lenguaje de programación visual y gráfico utilizado para programar controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en inglés).

Pallet: se llama pallet o palé a la plataforma plana, generalmente formada con tablas de madera, plástico o metal, que se utiliza para el almacenamiento, manejo y el traslado de mercaderías.

Tolva: dispositivo utilizado para almacenar y dispensar materiales a granel, como polvos, granos, pellets o cualquier tipo de sólido. Estructura de forma cónica o tronco-cónica con abertura superior para cargar el material y una o varias aberturas inferiores para la salida del material.

Vibración electromagnética: método utilizado en los transportadores, para el traslado de materiales a granel, utiliza una combinación de vibraciones controladas y fuerza magnética para trasladar materiales a lo largo de una trayectoria determinada.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo el investigador expone la perspectiva metodológica que comprende el tipo de investigación, diseño de investigación, técnicas de recolección de datos, análisis e interpretación de datos y procedimientos de investigación. El marco metodológico tiene como propósito exponer la forma como se realizó la investigación, detallando cómo se llevó a cabo el estudio. En palabras de Arias (2012) “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado” (p. 93).

3.1 Paradigma de Investigación

Hace referencia a los principios, supuestos, enfoques y métodos que guían la forma en que se lleva a cabo la investigación en un campo específico, en este caso de estudio el paradigma es un enfoque tecnológico, debido a los avances y cambios significativos que introduce en la manera en que se realiza esta tarea específica. De acuerdo con Dosi (1984) el paradigma tecnológico,

se puede definir como un «esquema» de solución de determinados problemas tecno económicos basados en principios muy selectos derivados de las ciencias naturales, juntamente con reglas específicas orientadas a la adquisición de nuevos conocimientos y a salvaguardarlos, cuando sea posible, de una rápida difusión a los competidores (p. 277).

3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación en palabras de Palella y Martins, (2006) “se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios” (p. 97), en este caso de estudio es tipo proyecto factible, tomando en cuenta que el objetivo principal de la investigación es diseñar un sistema de dosificación y paletizado, ahora bien, de acuerdo al manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL (2016) define al proyecto factible como, “la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos” (p. 21).

3.3 Diseño de Investigación.

Se define como un conjunto de técnicas y métodos que un investigador elige para llevar a cabo un experimento o proyecto de investigación. Es una serie de pasos que sirven de guía al investigador que le permiten llegar a sus objetivos en la investigación. De acuerdo al libro de

Palella y Martins, (2006) “se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio” (p. 95).

Tomando en cuenta este punto de vista y los objetivos planteados, el estudio se establece de tipo documental, puesto que se basa en la recopilación detallada de información, por parte de los investigadores, o que implica un análisis y comprensión de las prácticas actuales y los factores involucrados, de manera que se tenga una base sólida del caso de estudio, respecto a los procesos y posibles resultados, por lo que, de acuerdo con Arias (2012) sostiene que,

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p. 27).

Igualmente, se trata de una investigación de campo, puesto que permite estudiar un fenómeno real en su contexto natural, lo cual es crucial para comprender la situación actual de la empresa y los problemas asociados con los procesos de dosificación y paletización de azúcar. Se podrá recolectar datos de primera mano y obtener una visión completa de las condiciones de trabajo y los desafíos que enfrenta el personal., observando directamente la realización de los procesos de dosificación y paletización, así como las condiciones de trabajo del personal involucrado, de la mano de un registro fotográfico. En palabras de Arias (2012):

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental. (p. 31).

Un diseño de investigación de campo permite recolectar datos empíricos y cuantitativos, como mediciones del peso de las cargas, tiempos de descanso, velocidades de producción, entre otros. Estos datos pueden ser fundamentales para evaluar la efectividad de las soluciones propuestas y realizar un análisis comparativo de distintas alternativas.

3.4 Nivel de Investigación

El nivel de investigación, tal como lo plantea Arias (2012) se refiere "al grado de profundidad con que se aborda un objeto fenómeno" (p. 47), en este caso particular, el estudio se determina como descriptivo, consiste según Palella y Martins, (2006) en "interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición

o procesos de los fenómenos" (p. 102), en los estudios descriptivos la recolección de los datos requiere del registro de comportamientos o de lo observado, para luego ser interpretado por el investigador.

Es una investigación a nivel descriptivo, debido a que se busca describir la situación actual y los procesos de dosificación y paletización de azúcar en la empresa Ramón Molina & Cía C.A. Se realizará una observación detallada de las actividades actuales y se identificarán los problemas y deficiencias asociados, como la carga pesada y el riesgo de lesiones ocupacionales, el proceso lento y agotador de paletización, la falta de higiene en el proceso, entre otros. Además de realizar una descripción posterior de todos los componentes que tendrá el diseño del sistema de dosificación y paletizado que se va a proponer como solución.

3.5 Población y Muestra

De acuerdo a las palabras de Palella y Martins (2006), la población se define como, “el conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas pertinentes a una investigación y que generalmente suele ser inaccesible” (p. 115).

De acuerdo a lo anterior, los dosificadores y los sistemas de paletizado se consideran la población de estudio en este caso, porque son los aspectos específicos del proceso de empaquetado y distribución de azúcar en Ramón Molina & Cía C.A que se requieren mejorar. Estos dos componentes son mencionados en el caso de estudio como áreas problemáticas y de mayor riesgo para los operadores involucrados.

Ahora bien, para llevar a cabo el estudio se toma lo que se conoce como muestra, donde Arias (2012), señala que es, “un subconjunto representativo y finito que se extrae de una población accesible” (p. 83). La muestra de la investigación se toma con base en dosificadores volumétricos. Los dosificadores volumétricos automáticos son dispositivos que miden y dosifican los materiales en función de su volumen y, por otra parte, también tenemos los sistemas de paletizado automático, de acuerdo con los objetivos de la investigación.

3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas e instrumentos de investigación son los procedimientos o formas de obtener los datos del tema en estudio, teniendo en cuenta que la técnica es específica para cada tipo de estudio de investigación, por lo que la elección de la técnica que se aplicará va a depender del problema y los objetivos de la investigación. Estas técnicas son de las que se obtiene información importante de los datos de la investigación que deben ser procesados, examinados e interpretados

posteriormente, esa información se almacena en lo que se conoce como instrumento de recolección, Arias (2012) señala que los instrumentos son, “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68).

3.6.1 Técnicas de recolección de datos

3.6.2 Observación Directa.

En este sentido de acuerdo al enfoque de la investigación se aplica la observación directa, que de acuerdo con Arias (2012) “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p. 69). Por lo que, permite obtener información en tiempo real sobre cómo se lleva a cabo el proceso de dosificación y paletizado. Esto proporciona una visión precisa de las prácticas actuales, los flujos de trabajo, los procedimientos y las interacciones entre las personas y el sistema. Esta información es valiosa para comprender tanto las fortalezas como las deficiencias del sistema actual y puede ayudar a identificar áreas de mejora y optimización.

3.6.3 La entrevista

Por otra parte, también se va a implementar el uso de la entrevista, en palabras de Palella y Martins, (2006) “es una técnica que permite obtener datos mediante un diálogo que se realiza entre dos personas cara a cara: el entrevistador "investigador" y el entrevistado; la intención es obtener información que posea este último” (p. 130). Las entrevistas pueden ser utilizadas en diferentes contextos, como en el ámbito laboral para seleccionar candidatos, en el periodismo para obtener información de fuentes, o en investigaciones para recopilar datos. Por otra parte, una entrevista estructurada ofrece una mayor seguridad tanto al lector como al investigador gracias a las respuestas otorgadas por parte de los expertos, los cuales son parte fundamental debido a su experiencia para la formación de los investigadores y para la validez de la investigación.

En cuanto a este trabajo de investigación, proporciona la oportunidad de comprender la situación actual del sistema operativo de la empresa y el contexto organizacional en el que se implementará el sistema de dosificación y paletizado automático; a través de preguntas abiertas y seguimiento de respuestas, desde la perspectiva de expertos en el diseño de sistemas de dosificación y paletizado automáticos, para poder explorar a fondo posteriormente aspectos clave para el diseño, tales como las funcionalidades requeridas, limitaciones y preferencias.

3.6.4 Registro Fotográfico.

Como instrumento para la observación directa se tiene el registro fotográfico, acto de capturar imágenes con una cámara fotográfica para documentar, conservar o transmitir información visual. Siendo un paso de suma importancia para la presente investigación dentro de los procesos que se van a ejecutar, puesto que permite tener un registro visual preciso de cómo se encuentra actualmente la operación, lo que facilita comprender mejor las características, capacidades y limitaciones del sistema actual y permite identificar posibles mejoras o modificaciones en el diseño propuesto.

3.6.5 Revisión bibliográfica.

Hart (1998) definió la revisión bibliográfica como, “la selección de los documentos disponibles sobre el tema, que contienen información, ideas, datos y evidencias por escrito sobre un punto de vista en particular para cumplir ciertos objetivos o expresar determinadas opiniones sobre la naturaleza del tema” (p. 14).

Esta técnica permite a los investigadores acceder a documentos, informes, manuales técnicos, normativas, patentes y otros recursos que contienen información relevante sobre el diseño y funcionamiento de sistemas de dosificación y paletizados automáticos, esta información es valiosa para mantenerse actualizado sobre las últimas tendencias y aplicarlas al diseño del sistema. Estos documentos ofrecen una base sólida de conocimientos y antecedentes sobre el tema, lo que ayuda a comprender los avances técnicos, las mejores prácticas y los desafíos existentes.

3.6.6 Instrumentos de recolección de datos

3.6.7 Guion de la entrevista estructurada

Es un instrumento de recolección de datos ampliamente utilizado en investigaciones cualitativas y entrevistas estructuradas. Consiste en una lista de preguntas y temas previamente diseñados que el entrevistador sigue durante la realización de la entrevista. El guion tiene como objetivo principal guiar al entrevistador y asegurar que se aborden todos los temas relevantes de manera coherente y sistemática. De acuerdo con Palella y Martins, (2006) “El investigador se sitúa frente al investigado y le formula las preguntas que ha incluido en el guion previamente elaborado. A partir de las respuestas, surgirán otros datos de interés” (p. 140). (Ver apéndice A).

3.6.8 Cuaderno de notas

El cuaderno de notas es un instrumento de recolección de datos ampliamente utilizado en diversos campos de estudio y trabajo. Consiste en un libro o libreta donde se registran

observaciones, notas, ideas y cualquier tipo de información relevante que se pretenda recopilar. No obstante, este instrumento permite al investigador o usuario documentar y organizar de manera sistemática las observaciones, pensamientos y descubrimientos realizados durante el proceso de recolección de datos. Este instrumento es especialmente útil en situaciones donde la información necesita ser capturada en tiempo real, como en entrevistas, investigaciones de campo o cualquier otra situación que amerite la toma de notas en el momento.

El cuaderno de notas permite a los investigadores registrar de manera detallada y sistemática la información relevante relacionada con el sistema de dosificación y paletizado. Esto incluye características técnicas, especificaciones, mediciones, pruebas y resultados obtenidos durante el estudio, las anotaciones pueden ser categorizadas y ordenadas de manera que sea más fácil analizar los datos y realizar comparaciones entre diferentes aspectos del sistema. Al implementar el uso de un cuaderno de notas, los investigadores pueden registrar los datos en tiempo real mientras realizan sus observaciones. Por lo que, se asegura que no se pierda ninguna información importante y se capturan detalles precisos y exactos que pueden influir en el diseño propuesto.

3.7 Técnicas de Análisis de los Datos

3.7.1 Matriz Foda

La matriz FODA permite obtener una visualización clara y objetiva de cómo se encuentra el objeto de estudio, destacando los aspectos tanto positivos como negativos es por ello que: Según Martínez y Milla, (2012), el análisis FODA es: “La disertación situacional de una sociedad, empresa, compañía e institución; alcanzando e identificando sus características internas y externas” (p.16). Gracias a esto se puede destacar que se dejan en evidencia las características internas y externas que puedan afectar lo que se esté sometiendo al estudio tanto de manera positiva como negativa tomando en cuenta variables que no dependen directamente del análisis o que no se puedan modificar para afectar el objetivo.

3.7.2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama toma la forma de un esqueleto de pez; el problema o efecto se coloca en la cabeza del pez, "mirando" a su derecha, y las posibles causas se extienden a la izquierda como espinas de pescado. Estas espinas se ramifican desde la columna vertebral para indicar las causas principales, y pueden tener sub-ramas para las causas subyacentes, organizándose en tantos niveles como sea necesario. Es común agrupar las causas en categorías principales para identificar y

clasificar estas fuentes de variación. (Coletti et al., 2010), define el diagrama de Ishikawa o espina de pescado como “una técnica usada para identificar las posibles causas de un problema central, usado también para mejorar procesos y recursos en una organización”. El diagrama de Ishikawa facilita el análisis en profundidad de los factores que causan un problema, haciendo más fácil identificar las causas raíz a eliminar o mitigar para prevenir o reducir el problema.

3.8 Validez de los Instrumentos

Empleando las palabras de Palella y Martins, (2006) “se define como la ausencia de sesgos. Representa la relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir” (p. 172). La validez de los instrumentos es de vital importancia en la investigación, puesto que afecta la calidad y confiabilidad de los datos recopilados. Si un instrumento no es válido, los datos obtenidos pueden ser incorrectos o inexactos, lo que puede conducir a conclusiones erróneas o resultados no confiables. (Ver apéndice B)

3.9 Fases Metodológicas

Fase I: Diagnóstico de las necesidades y capacidades actuales del proceso de dosificación y paletización, identificando los puntos críticos donde se requiere intervención.

En esta primera fase se realizará la recopilación de información detallada sobre el proceso de dosificación y paletización, desde la revisión de manuales de operación, entrevistas con los operarios de producción, donde también se va a llevar a cabo la observación de cómo ocurre todo el proceso actualmente y realizar un registro detallado del flujo de trabajo, los equipos utilizados, puntos de control y cualquier problema o dificultad identificada.

Por otra parte, se deben analizar los datos recopilados para identificar cuáles son los puntos críticos del sistema, evaluando el rendimiento actual del sistema, incluyendo la eficiencia de dosificación, la precisión en el llenado de los *pallets*, la velocidad de producción, los estándares de seguridad de los operadores, capacitación del personal, ergonomía y la eficiencia de los operadores encargados de realizar trabajos pesados para posteriormente, comparar los resultados obtenidos con los estándares y metas establecidos para determinar las brechas y áreas de mejora.

Fase II: Determinación de las variables que intervienen en los procesos de dosificación y paletización que permitan llevar a cabo un diseño óptimo.

Ahora bien, en esta fase se deberá identificar todas las variables que van a intervenir en el proceso de llenado, dosificación y paletizado, como puede ser el flujo del azúcar, la densidad del azúcar, la temperatura del ambiente o temperatura de trabajo, el tamaño del contenedor de

dosificación, la carga del *pallet* y otros. Una vez se tengan identificadas las variables, se clasificarán según su grado de control e importancia, para determinar cuáles son las más críticas, las cuales poseen mayor impacto en la calidad del proceso y el diseño óptimo del sistema; con la finalidad de establecer un rango y objetivo coherente para comprender cómo se afectan de forma directa o indirecta unas variables a otras y finalmente determinar de qué manera se va a ajustar cada variable.

Fase III: Selección de la mejor alternativa de solución para llevar a cabo el diseño óptimo del proceso de dosificación y paletización.

En cuanto a esta fase, se debe comenzar por investigar y analizar las posibles soluciones disponibles en el mercado o que se pueden desarrollar para las soluciones específicas del problema planteado, con el fin de obtener un diseño óptimo para el proceso de dosificación y paletizado de la azúcar refinada. Posteriormente, se debe evaluar las distintas alternativas, comparando las diferentes soluciones potenciales en función a los requisitos y objetivos planteados en el proyecto, considerando factores como la eficiencia, costos de inversión, manejo y mantenimiento.

Luego, se seleccionará la mejor alternativa de solución, teniendo en cuenta los resultados de la evaluación comparativa, considerando los beneficios y limitaciones de cada opción y evaluar cuál se ajusta de mejor manera a los requisitos, criterios de diseño y objetivos establecidos previamente evaluados por medio de una metodología de diseño, para finalmente proceder hacia la siguiente fase de implementación, diseñar.

Fase IV: Diseño de la alternativa seleccionada tal que permita dosificar y paletizar el azúcar de manera eficiente y segura, minimizando la intervención manual de los operadores.

Para esta fase, basándose en la alternativa seleccionada, se realizará un diseño conceptual detallado del sistema de dosificación y paletización automatizada, lo cual implica definir los equipos necesarios, su disposición en el espacio de producción, y cómo se integrarán con el flujo de trabajo existente. Posteriormente, por medio de programas de diseño y simulación como *Solidworks* o *Autodesk*, se comenzará a diseñar y desarrollar los elementos de automatización necesarios para realizar el diseño del sistema de dosificación y paletización de manera eficiente y segura; esto puede implicar la integración de sensores, actuadores, sistemas de control y software específico para el manejo de los equipos.

Considerando las medidas de seguridad pertinentes para proteger a los operadores y garantizar la integridad del sistema automatizado, como la inclusión de barreras de seguridad,

dispositivos de parada de emergencia u otros. Por último, se deben realizar pruebas exhaustivas del sistema automatizado simulado, para verificar su correcto funcionamiento, identificar los posibles problemas para ajustarlos y optimara los parámetros del sistema para lograr una operación eficiente y confiable.

Fase V: Evaluación de la viabilidad económica, técnica, operativa y ambiental de la implementación de las soluciones automatizadas diseñadas.

En esta última fase, se evaluará la viabilidad técnica de implementar las soluciones automatizadas, considerando factores como la compatibilidad con el equipo existente, la capacidad de integración con los sistemas existentes y la disponibilidad de mano de obra capacitada para operar y mantener el sistema. Además, se analizará el impacto operativo de la implementación de las soluciones automatizadas, evaluando cómo afectará a la productividad, la eficiencia, la calidad y la flexibilidad del proceso de llenado, dosificación y paletización, verificando los posibles riesgos y obstáculos que se puedan presentar en la implementación del sistema.

Por otra parte, es muy importante evaluar el posible impacto ambiental que puede generar esta solución automatizada, considerando el consumo energético, la generación de residuos y las emisiones al medio ambiente. Finalmente, se realizará un análisis de retorno de inversión para evaluar la rentabilidad de la implementación de la solución del sistema automatizado de dosificación y paletizado de la azúcar refinada, comparando los costos y beneficios a lo largo del tiempo, para determinar si la inversión es financieramente viable. Con base en los resultados de las evaluaciones económicas, técnicas, operativas y ambientales, se tomará una decisión informada sobre la viabilidad de implementar las soluciones automatizadas, teniendo en cuenta los resultados en conjunto y los objetivos del proyecto para determinar si es factible y beneficioso llevar a cabo la implementación.

3.10 Cuadro 1: Operacionalización de Variables

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar las necesidades y capacidades actuales del proceso de dosificación y paletización en la empresa Ramón Molina & Cía C.A para, identificar los puntos críticos donde se requiere intervención.	Características del proceso de dosificación y paletizado actual en la empresa	Descripción actual del proceso	Descripción actual	1	Entrevista Estructurada.
			Desafíos Dificultades	2	
		Limitaciones de producción	Producción	3	
	Situaciones de riesgos que limitan la capacidad de producción	Problemas de calidad	Calidad	4	
		Riesgos para operadores	Seguridad	5	

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2023).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El capítulo de resultados es fundamental para la comprensión y validación de cualquier investigación. Este apartado no solo expone los datos recolectados a través de la metodología empleada, sino que también proporciona un análisis detallado que responde a las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio. Los hallazgos presentados en este capítulo brindan una visión clara y coherente de los resultados obtenidos, lo que permite validar las conclusiones de la investigación y contribuir al avance del conocimiento en el área de estudio.

4.1 Diagnóstico de las necesidades y capacidades actuales del proceso de, dosificación y paletización, identificando los puntos críticos donde se requiere intervención.

El diagnóstico de las necesidades y capacidades actuales del proceso de dosificación y paletización en Ramón Molina & Cía, C.A, empresa empacadora de azúcar, es un paso fundamental para evaluar la eficiencia y efectividad de dichas operaciones que se realizan en todo el proceso de empaquetado, de principio a fin. Este proceso implica una evaluación integral de la cadena de suministro, la maquinaria y equipos utilizados, la calidad del producto, la eficiencia del proceso, los controles de calidad, la seguridad y el cumplimiento de las normativas.

En primer lugar, se realiza un análisis detallado de la cadena de suministro para evaluar la eficiencia en la adquisición, recepción, manejo y almacenamiento de la materia prima, es decir, el azúcar. Posteriormente, se revisa el estado operativo y la eficacia de la maquinaria y equipos utilizados en el proceso de dosificación y paletización, incluyendo los sistemas de pesaje, llenado, sellado y otros.

Además, es fundamental realizar un examen exhaustivo de la calidad del producto final, considerando la uniformidad del azúcar empacado, el cumplimiento de los estándares de calidad y la integridad del empaque. Asimismo, se evalúa la eficiencia del proceso en términos de rendimiento y productividad, analizando los tiempos de ciclo, la velocidad de empaquetado, los niveles de desperdicio y la eficiencia general de la línea de producción.

Otro aspecto crucial, es inspeccionar minuciosamente los controles de calidad implementados en el proceso de dosificación y paletización, garantizando la conformidad con las normativas y estándares de la industria alimentaria. Por último, se revisa el cumplimiento de las normativas de seguridad alimentaria y la implementación de prácticas seguras en el manejo del azúcar y la operación de la maquinaria. Es importante realizar un diagnóstico de la seguridad de

los operadores que se encargan de cargas pesadas porque su bienestar y salud física son fundamentales para la eficiencia y productividad en el entorno laboral.

El análisis de la seguridad permite identificar y mitigar los riesgos asociados con el manejo de cargas pesadas, lo que a su vez ayuda a prevenir lesiones y accidentes laborales. Además, al evaluar y mejorar las condiciones de seguridad para los operadores, se fomenta un entorno laboral que valora la salud y el bienestar de los empleados, lo que a su vez puede contribuir a incrementar la moral, la satisfacción laboral y la retención del talento en la empresa. Al realizar este análisis detallado, se puede obtener una comprensión integral de las necesidades y capacidades actuales del proceso de dosificación y paletización, identificar áreas de mejora, optimización y cumplimiento normativo, y proponer acciones correctivas o de mejora pertinentes para potenciar la eficiencia y calidad de dichas operaciones en la empresa, por lo cual iniciamos describiendo el proceso como se mencionó anteriormente, con la cadena de suministro.

En esta primera fase de la investigación se da a conocer a continuación, la variedad de registros utilizados por los investigadores para llevar a cabo todo lo que engloba la recopilación de información, comenzando por la observación realizada en el momento de las visitas a la empresa Ramón Molina & Cía, C.A., donde se pudo apreciar en que consiste la realización del proceso de empaquetado de azúcar refinada, desde la descarga de la materia prima, hasta la paletización del producto final que va directamente al mercado.

Además, es importante indicar que con el recorrido, se llevó a cabo un exhaustivo registro fotográfico con el fin de documentar visualmente las operaciones y los aspectos relevantes del entorno de trabajo, la finalidad de esta documentación fotográfica es respaldar y complementar la investigación, proporcionando un soporte visual que permitió un análisis detallado y preciso de los procedimientos y las condiciones del entorno laboral en el ámbito específico de la empacadora de azúcar refinada, esto va desde maquinarias, piezas, zonas de trabajo y herramientas que actualmente se utilizan para la realización de las actividades.

4.1.1 Descripción del proceso de empaquetado de azúcar refinada.

Área de llenado: Paso 1.

El proceso de empaquetado de azúcar refinada comienza por el llenado de las tolvas que se encuentran en la parte superior del área de trabajo donde se observa el equipo completo para el proceso, estas a su vez están conectadas a los dosificadores volumétricos con los que cuenta la empresa. Para el llenado de tolvas, el operador de montacargas eleva hasta el piso de arriba donde

están ubicadas dichas tolvas, del lado izquierdo despejado para colocar en el piso los sacos de 50 kg de azúcar refinada, con lo cual procede el operador encargado del área de dosificación a posicionar los sacos en una mesa metálica para poder alimentar cada una de las tolvas, este operador abre los sacos con un exacto para ser vaciados en las tolvas, estas se alimenten de la materia prima, en este caso el azúcar refinada y comienza el proceso de dosificación en las medidas preestablecidas en el dosificador volumétrico de acuerdo al empaque de plástico seleccionado.



Figura 10: Área de empacado de azúcar refinada.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Como se puede observar en la figura 10, en la parte de la mezzanina están ubicadas las tolvas, siendo el comienzo del proceso del empaquetado de azúcar refinada, en este caso conocido como el área de llenado, donde el operador se encarga de llenar las tolvas de manera manual, levantado los sacos de 50 kg de materia prima, por lo que, presenta un riesgo para la salud al no ser el peso adecuado, de acuerdo a la normativa.



Figura 11: Sacos de azúcar de 50 kg.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

En la figura 11, lo que se aprecia es donde se ubican generalmente los sacos de materia prima de 50 kg, que son transportados posteriormente con el montacargas hacia la mezzanina, para así luego el operador encargado del área de llenado, se encargue de vaciar los sacos dentro de las tolvas para dar comienzo al proceso de empaquetado de azúcar.



Figura 12: Área de descarga de la azúcar refinada.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Se aprecia en la figura 12, la mesa donde se posicionan los sacos de la materia prima de 50 kg, por medio del montacargas, para ser trasladado por el operador hacia las tolvas para el llenado.

Dosificación de empaques: Paso 2.

Una vez que se han alimentado las tolvas se comienza a dosificar el azúcar refinada en los empaques de azúcar de acuerdo a la cantidad previamente establecida en el PLC integrado de la máquina, en este caso la empresa cuenta con empaque de 900 g y de 1 kg, en esta programación previa del equipo una vez se define el empaque que se va a trabajar se toma en cuenta una tolerancia por encima del límite del empaque para no tener algún error de calidad en cuanto al peso en caso de tener pérdidas, estas tolerancias suelen estar en ± 5 g por kilogramo empaquetado, por encima del peso establecido del empaque que se va a utilizar.

Posteriormente, este dosificador se encarga de verter la cantidad de azúcar programada por el operador y luego de sellar el empaque, para ser trasladado por medio de la banda transportadora, para su posterior embalado en sacos de 24 kg. La empresa cuenta con un dosificador conectado a una banda transportadora que va directo a una enfardadora y otro dosificador que cuenta con una banda transportadora, pero en este caso el enfardado se realizar de manera manual.



Figura 13: Dosificador volumétrico.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

En la figura número 13, podemos observar la parte superior de uno de los dosificadores volumétricos encargado de realizar el empaquetado automático de los empaques de azúcar refinada, una vez que se ha dado paso de la materia prima que se ha vertido anteriormente en las tolvas.



Figura 14: Dosificador volumétrico.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024)

En este caso, se observa en la figura 14, la parte del dosificador volumétrico automático, donde están los empaques de plástico que son llenados por materia prima, la azúcar refinada.



Figura 15: Programador del dosificador.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

En la figura 15, se muestra la pantalla digital del PLC integrado de los dosificadores, de la marca Allen Bradley, donde se programa la cantidad de paquetes, el peso y el tiempo de paquetes por minuto que se van a llenar y transportar por medio de la cinta transportadora.



Figura 16: Empaques de azúcar dosificados.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Se puede apreciar en la figura 16, como se van llenando los empaques de plástico con la materia prima, por medio del dosificador de manera automática, específicamente esta es la parte donde son cortados y sellados por la misma máquina.

Transporte para el enfardado por medio de las bandas transportadoras: Paso 3.

Luego de tener los paquetes de azúcar llenos y sellados por los dosificadores, estos se trasladan por medio de las bandas transportadoras, para hacer el enfardado de los sacos de 24 kg de azúcar refinada. Cada dosificador cuenta con una banda transportadora, la diferencia entre cada uno de ellos es que uno se encuentra conectado directamente a una enfardadora automática, que se encarga de recibir los empaques de azúcar y apilarlos directamente y hacer el saco de azúcar de 24 kg, para su posterior paletizado manual. Por otra parte, el otro dosificador se encuentra conectado a una banda transportadora, cuyo final es un espacio para hacer el enfardado de manera manual en

sacos plásticos prefabricados, para los 24 kg de azúcar refinada, de manera manual por un operador, igualmente para ser paletizado luego de tener el saco armado.



Figura 17: Bandas transportadoras de los dosificadores.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

En la figura 17, se presenta en la imagen las bandas transportadoras que están conectadas a cada dosificador para trasladar los paquetes de azúcar, en el caso del primero se dirige hacia una bandeja donde se realiza enfardado manual y el siguiente, en el cual la cinta transportadora se dirige a una enfardadora automática.



Figura 18: Enfardado manual.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Se presenta en la figura 18, la bandeja donde caen los paquetes de azúcar desde el dosificador, para ser enfardados de manera manual posteriormente.



Figura 19: Enfardadora automática.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Se puede observar en la figura 19, la enfardadora manual que está conectada por medio de una cinta transportadora del dosificador, en la cual caen los paquetes de azúcar para ser enfardados de manera automática, donde previamente se programa la cantidad de paquetes para el fardo.

Paletización de los sacos de azúcar empaquetados: Paso 4.

Una vez listo el saco enfardado de los paquetes de azúcar, se comienza a hacer lo que sería el paletizado, este va de una manera previamente establecida, de manera que se aproveche de manera eficiente el *pallet*, en este último paso los operadores se encargan de cargar los *pallets* con cada saco de 24 kg y cuando estos están organizados, el operador de montacargas procede a trasladar el *pallet* hacia el camión encargado de trasladar el azúcar ya empaquetada, para su posterior distribución hacia los comercios y así llegar a la venta del producto final.



Figura 20: *Pallets* de azúcar.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2023).

En la figura 20, la fotografía muestra el acabo de los *pallets* armados por los operadores, de los fardos de azúcar, listos para ser trasladados al camión que se encarga de distribuirlos.

Como se mencionó anteriormente en la investigación, una de los instrumentos utilizados es el registro fotográfico, el cual se llevó a cabo al momento de hacer las visitas en la empresa, de manera que se tenga un registro fundamentado de la manera en que se realiza el proceso de empaquetado de azúcar en la actualidad, a través de este enfoque visual, se capturaron momentos clave, procedimientos, infraestructura y cualquier otro aspecto relevante que permitiera obtener una comprensión profunda y detallada de la operativa existente. El uso del registro fotográfico no solo brindó evidencia visual concreta, sino también ofreció la oportunidad de identificar áreas específicas que podrían ser objeto de mejoras o aspectos que requieran mayor atención durante el análisis posterior.

Al poder observar esta serie de fotografías, se puede evidenciar ciertos puntos de interés, mismos puntos de interés que funcionaron como impulso para la realización de la investigación, estos son puntos que se presentan como puntos críticos gracias a los impactos de mejora que pueden tener y la manera en que ciertos cambios en esas zonas podrían beneficiar tanto a la empresa como a sus trabajadores, justamente en estas zonas críticas es en donde se desea trabajar,

una vez observando la importancia que tienen durante el proceso y los principales puntos de gran importancia que se podrían mejorar.

4.1.2 Entrevista estructurada

Cuadro 2. Respuesta N.º 1 de los expertos en el área.

Pregunta N° 1: Desde su experiencia en el área de productos terminado en la empresa, ¿Describe cómo se realizan actualmente los procesos de dosificación y paletización?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
El proceso es manual, se descargan los sacos y se traslada el saco a la mesa, se abre y se llena la tolva con la azúcar refinada, varía dependiendo del lote. El paletizado es manual también y la colocación del fardo puede ser de 10 o de 12.	Se descarga el azúcar manualmente de la gandola, se sube al área de la mesanina el saco, se apoya en la mesa, abre el saco y se vacía en las tolvas. Igualmente se paletiza manualmente después de armar los fardos.	Para el llenado de tolvas se cargan los sacos hasta una mesa, se abren y se llenas las mismas de manera manual. Luego, el paletizado se realiza manual en los <i>pallets</i> y puede ser de 10 a 12 sacos posicionados adecuadamente.

Basado en los puntos de vista proporcionados, se puede concluir que, en la empresa, los procesos de dosificación y paletización para productos terminados se llevan a cabo de manera principalmente manual. Es decir, se caracterizan por ser intensivos en mano de obra y con un alto grado de intervención humana en todas las etapas. En todos los casos, se hace referencia a la descarga manual de los sacos y el traslado a las respectivas mesas. Desde allí, los sacos se abren y la azúcar refinada se vierte manualmente en las tolvas. Además, se destaca que el paletizado también se realiza de manera manual, con la colocación de los sacos en los pallets, en conjunto con la posibilidad de tener fardos de 10 o 12 sacos, dependiendo de la situación.

Cuadro 3. Respuesta N.º 2 de los expertos en el área.

Pregunta N° 2: Desde su óptica ¿Cuáles serían los principales desafíos o dificultades que enfrenta el proceso de dosificación y paletización en la empresa actualmente?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
La variación de cambios de cargas de la materia prima, tanto en la dosificación de empaque como el paletizado. Además de la humedad del producto que puede hacer una pasta, provocando una parada en el dosificador.	La humedad del producto para la dosificación, porque se compacta y se tranca el dosificador. En cuanto a paletizado, cuando se tiene un mal laminado del embobinado del empaque.	En la variación de humedad de la materia prima, puesto que la azúcar húmeda puede afectar el desempeño del dosificador y se pueden presentar paradas no planificadas. Por otra parte, en el paletizado se puede encontrar el embobinado del plástico mal laminado.

Se concluye que, los principales desafíos o dificultades que enfrenta el proceso de dosificación y paletización en la empresa actualmente se centran en la variación de la humedad de la materia prima y en los problemas relacionados con la dosificación y el paletizado. La variación en la humedad de la materia prima, específicamente en el caso de la azúcar húmeda, puede provocar paradas no planificadas y afectar el desempeño del dosificador. Esto puede resultar en interrupciones en la producción. Igualmente, se mencionan problemas derivados del embobinado del empaque, lo que puede afectar el proceso de paletizado. Por ende, se requiere de la implementación de medidas para mitigar su impacto.

Cuadro 4. Respuesta N.º 3 de los expertos en el área.

Pregunta N° 3: Desde su experiencia, ¿Indique, que situaciones pueden limitar la capacidad de producción o aumentar los costos dentro del proceso de dosificación y paletización?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
La humedad del azúcar y el tamaño de grano puede hacer que se pierda material en la dosificación, o puede afectar la velocidad. La nacional es más seca y la brasileña es más húmeda, por lo que se reduce la cantidad de paquetes en el dosificador.	Si el empaque no está bien laminado hay retrabajo en el paletizado. Un cambio de la cantidad de empaques establecidos en el dosificador, puede desconfigurar la maquinaria y dar errores.	La variación en la humedad y tamaño del grano del azúcar pueden influir de manera significativa en cuanto a la dosificación, resultando en la pérdida de material o la afectación de la velocidad del proceso. La diferente humedad entre el azúcar nacional y el procedente de Brasil puede influir en la cantidad de paquetes en el dosificador, lo que puede impactar en la precisión y eficiencia del proceso. Por otro lado, el problema relacionado con el laminado inadecuado del empaque puede generar retrabajo en el paletizado, lo que afecta negativamente la eficiencia y aumenta los costos de producción.

Se puede concluir que, la variación en la humedad y tamaño del grano del azúcar puede impactar significativamente la dosificación, resultando en la pérdida de material o afectando la velocidad del proceso. La diferencia de humedad entre el azúcar nacional y el importado de Brasil puede influir en la cantidad de paquetes en el dosificador, comprometiendo la precisión y eficiencia

del proceso. Además, el problema relacionado con el laminado inadecuado del empaque puede generar retrabajo en el paletizado, lo que afecta negativamente la eficiencia y aumenta los costos de producción. Asimismo, cualquier cambio no planificado en la cantidad de empaques establecidos en el dosificador puede desconfigurar la maquinaria y provocar errores, lo que también resultaría en mayores costos operativos.

Cuadro 5. Respuesta N.º 4 de los expertos en el área.

Pregunta N° 4: Según su experiencia, ¿Qué ejemplos nos puede mencionar donde haya sucedido algún problema de calidad o errores durante proceso de dosificación y paletización?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
En el cambio de lote puede haber pérdida de material del empaque o un mal sellado.	Si el azúcar viene húmeda se nota una variación en el peso y puede faltar azúcar en el empaque o perderse material.	Se utiliza una tolerancia de carga por encima del peso requerido en el empaque, para evitar que falte producto, esto debido a la humedad del azúcar.

En el cambio de lote, puede ocurrir la pérdida de material del empaque o un sellado deficiente, lo cual podría comprometer la calidad del producto final. Por otro lado, la presencia de azúcar húmeda puede ocasionar variaciones en el peso del producto envasado, lo que podría resultar en la falta de azúcar en algunos empaques o en la pérdida de material durante el proceso de dosificación y paletización. También, el uso de una tolerancia de carga por encima del peso requerido en el empaque, debido a la humedad del azúcar, puede generar problemas de calidad al introducir una variabilidad no deseada en el proceso, lo que a su vez impacta en la consistencia y calidad del producto final.

Cuadro 6. Respuesta N.º 5 de los expertos en el área.

Pregunta N° 5: Desde su perspectiva, ¿A qué tipo de riesgo tanto de salud y/o seguridad se exponen los operadores debido a las actividades manuales realizadas durante el proceso de dosificación y paletización?		
Experto N° 1	Experto N° 2	Experto N° 3
El polvo de la materia prima en el ambiente, los ruidos de la maquinaria y la carga en exceso en el llenado de tolva, a pesar de las instrucciones de carga de peso.	El ruido generado en el ambiente y el polvillo de la materia prima. Las cargas son excesivas a pesar de cargarlo de manera adecuada.	Riesgo de lesiones debido a la carga de los sacos que se vacían en las tolvas, ruido que se genera por las maquinarias, polvo de la materia prima, por lo que se debe mantener el uso de los equipos de protección personal.

En primer lugar, el polvo de la materia prima en el ambiente representa un riesgo para la salud respiratoria de los operadores, lo cual puede agravarse por el hecho de que las cargas en las tolvas son excesivas y pueden generar un ambiente de trabajo cargado de partículas. Al mismo tiempo, el ruido generado por la maquinaria es un riesgo para la salud auditiva de los operadores, lo que hace necesario el uso de equipos de protección personal, como protectores auditivos. Por otro lado, el riesgo de lesiones debido al manejo de cargas pesadas, como los sacos que se vacían en las tolvas, representa un riesgo para la integridad física de los operadores. La carga inadecuada, a pesar de las instrucciones de carga de peso, agrava este riesgo.

Con lo cual, otro de los elementos que ayudó con la identificación y posterior diagnóstico de puntos críticos y zonas de riesgo fue la entrevista realizada a los trabajadores en donde se pudo aprovechar de su conocimiento y experiencia en el área para obtener otra visión desde la parte interna de los procesos directamente de quienes los llevan a cabo y los supervisores que están al tanto de este tipo de actividades, esto permitió ampliar la visión de los investigadores y observar detalles que eran pasados por alto, funcionando así también como fuente de conocimiento y datos para poder realizar un mejor diagnóstico de las situaciones presentes en el proceso.

De manera que, observar cómo se realiza el proceso de producción actualmente permitió visualizar de manera certera y eficaz los puntos donde los trabajadores realizan las labores de manera manual, labores que requieren de un gran esfuerzo físico en algunos puntos de la producción de dosificado y empaquetado de azúcar lo que podría ser bastante relevante al momento de hablar temas de salud laboral.

De igual forma, en otra área, se tomaron en cuenta fotografías directamente de maquinarias para así entender un poco la mecánica y funcionamiento de las mismas además de haber obtenido demostraciones por parte de los trabajadores de cómo eran sus métodos y formas de trabajo, siendo parte fundamental para la comprensión del proceso y la manera de cómo realizan las actividades facilitando mucho la manera de trabajar y aumentando mucho la velocidad y capacidad de producción en comparación a demostraciones manuales, las fotografías antes mencionadas también sirvieron como guía de orientación para los diseños en cuanto a los sistemas de dosificación y paletizado.

Por otra parte, observando el proceso de producción se evidenciaron las maneras de trabajo, con lo que se pudo ver los procesos de eficiencia del área de dosificación y los tiempos de trabajo de los trabajadores para así observar los descansos que hay entre las actividades repetitivas,

quedando como límite de tiempo máximo al momento de realizar diseños que optimicen el trabajo, por otra parte, se evidenciaron pequeñas pérdidas en el área de dosificado al momento de abrir el saco y vaciarlo en la tolva, lo que propiciaría un estudio de productividad y eficacia en esa área, no solo con eso, se pudo observar que el área de empaquetado se encuentra muy bien calibrada con variaciones de entre $\pm 5g$ por kilogramo empaquetado.

Una vez, con toda esta información obtenida de diversas maneras se puede observar realmente donde están las necesidades en el proceso actual que realiza la empresa y cuáles son sus capacidades de manejo de productos en cuanto a la dosificación y paletización, donde también se dan a conocer los puntos críticos donde se requiere intervención y como estos guían el avance de la investigación.

Por consiguiente, se ha llevado a cabo una exhaustiva revisión de los manuales de cada maquinaria necesaria en la empresa Ramón Molina & Cía, con el fin de identificar posibles fallas, evaluar oportunidades de mejora y determinar qué medidas se pueden implementar para mitigar los riesgos dentro del proceso de producción. Esta revisión ha permitido obtener información detallada sobre el funcionamiento, mantenimiento y posibles puntos críticos de cada equipo, brindando una base sólida para identificar áreas de enfoque y potenciales soluciones.

Por otra parte, se ha realizado una revisión minuciosa de trabajos de grado y otras investigaciones relacionadas, con el objetivo de recopilar información relevante de otros investigadores que hayan abordado problemáticas similares. Este enfoque permite aprovechar el conocimiento existente, identificar soluciones exitosas previamente implementadas y aprender de las experiencias de otros en situaciones equiparables. El análisis y la integración de esta información complementaria fortalecerán el enfoque de la investigación actual, proporcionando una visión más integral y fundamentada para abordar los desafíos en el proceso productivo de la empresa Ramón Molina & Cía.

4.2 Determinación de las variables que intervienen en los procesos de dosificación y paletización que permitan llevar a cabo un diseño óptimo.

En el contexto de la actividad a la que se dedica la empresa Ramón Molina & Cía, la dosificación y paletización son procesos críticos que impactan directamente la eficiencia operativa, la calidad del producto y la satisfacción del cliente. La dosificación se refiere a la medición y dispensación precisa del azúcar refinado en los envases, mientras que la paletización involucra la

organización y disposición estratégica de los envases en *pallets* para facilitar el almacenamiento y el transporte, en este caso del azúcar refinado.

Es por esto que, para lograr un diseño óptimo en estos procesos, es fundamental comprender las variables que influyen en cada etapa. Desde el tipo de envase y el peso del producto hasta el método de apilamiento y los requisitos logísticos, una variedad de factores juega un papel crucial en la eficiencia y la calidad de la dosificación y paletización. Analizar y considerar estas variables de manera integral permite a la empresa optimizar sus operaciones, garantizar la precisión en el envasado del azúcar refinado, y facilitar su manejo y distribución.

Así, al comprender las complejidades y la importancia de estas variables, se pueden desarrollar estrategias efectivas para mejorar sus procesos de dosificación y paletización, lo que a su vez contribuye a su competitividad en el mercado y a la satisfacción de sus clientes. Además la comprensión detallada de las variables pertinentes constituye la base para un diseño eficiente y óptimo en los procesos de dosificación y paletización, en cuanto a la propuesta de un nuevo sistema que se puede implementar en la empresa, se puede diseñar un sistema de empaquetado que cumpla con las normativas y regulaciones aplicables a la industria alimentaria, garantizando la seguridad y la integridad tanto del producto, como la de los operadores que se encargan de llevar a cabo el proceso del empaquetado de azúcar.

Por lo tanto, basándose en los puntos de vista proporcionados por los expertos que han sido entrevistados, considerando los desafíos identificados en la empresa, es evidente que la humedad y tamaño del grano del azúcar son factores clave que afectan la dosificación. La variación en la humedad del azúcar, tanto nacional como importado, impacta significativamente la dosificación, lo que conlleva a la pérdida de material, variaciones en el peso del producto envasado, y problemas de calidad en el paletizado. Además, los problemas relacionados con el sellado deficiente y el laminado inadecuado del empaque generan retrabajo en el paletizado, lo que incrementa los costos de producción y afecta la eficiencia operativa.

De igual forma, la presencia de azúcar húmeda puede causar paradas no planificadas y desconfiguración de la maquinaria en el proceso de dosificación, lo que interrumpe la producción y aumenta los costos operativos. Considerando estos puntos, la determinación de las variables críticas para el proceso de dosificación y paletización se debe incluir la humedad y tamaño del grano del azúcar, la calidad del sellado y laminado del empaque, así como la capacidad de adaptación de la maquinaria a cambios no planificados en la cantidad de empaques establecidos

en el dosificador. La implementación de medidas para mitigar el impacto de estas variables es esencial para optimizar el diseño de los procesos de dosificación y paletización.

Diagrama Ishikawa

Seguidamente, se presenta el diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto. Este diagrama ha sido elaborado para permitir una observación directa de las posibles variables e interrelaciones que influyen en el proceso del sistema de dosificación y paletización del empaquetado de azúcar refinada. El objetivo de este diagrama es proporcionar una visualización clara y estructurada de las causas potenciales que contribuyen a los desafíos y dificultades identificados en el proceso mencionado. Al analizar detalladamente el diagrama de Ishikawa, se puede identificar áreas específicas de mejora y tomar decisiones informadas para implementar medidas que mitiguen el impacto de dichas variables, mejorando así la eficiencia y la calidad del proceso en cuestión.

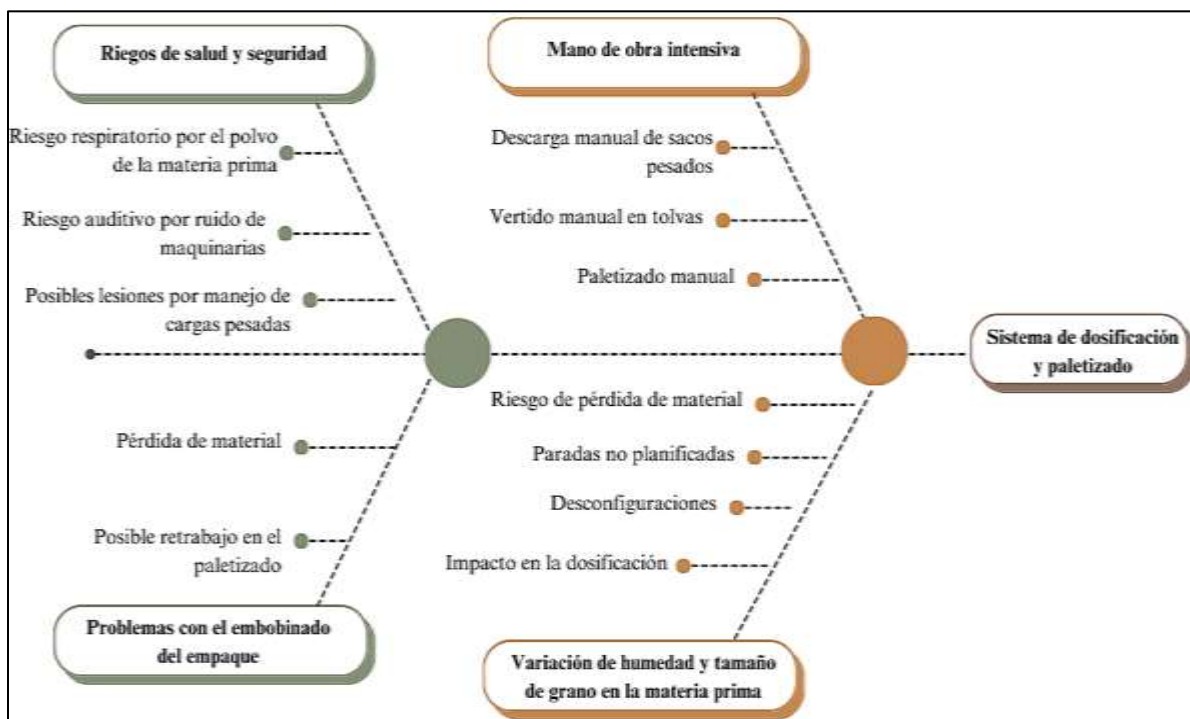


Figura 21. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Problemas Identificados

- Riesgos para la Salud y Seguridad
 - Riesgo respiratorio por el polvo durante la descarga manual de sacos de materia prima.

- Riesgo auditivo por ruido de maquinarias durante el vertido manual en tolvas y el paletizado manual.
- Posibles lesiones por el manejo de cargas pesadas y sistemas de dosificación y paletizado.
- Operacionales:
 - Riesgo de pérdida de material, desconfiguraciones y posibles retrabajos en el paletizado.
 - Pérdida de material, paradas no planificadas y problemas con el embobinado del empaque.
- Calidad del Producto.
 - Impacto en la dosificación debido a variaciones de humedad y tamaño de grano en la materia prima.

Acciones Recomendadas

- Implementar medidas de control del polvo para protección respiratoria.
- Considerar la mitigación del ruido en las áreas de trabajo.
- Mantener la capacitación del personal en el manejo seguro de cargas pesadas.
- Optimizar los procesos de dosificación y paletizado para reducir las pérdidas y desconfiguraciones.
- Supervisar de cerca la calidad de la materia prima para evitar impactos en la dosificación.

Este análisis del Diagrama de Ishikawa destaca los puntos críticos que requieren atención inmediata para mejorar la eficiencia, calidad y seguridad en el sistema de dosificación y paletizado de azúcar refinada.

Matriz FODA

Asimismo, se presentará una matriz FODA elaborada en base a los datos obtenidos en la fase 1 mediante una entrevista estructurada sobre el diagnóstico y la problemática actual de la empresa. El propósito de esta matriz es mitigar los problemas identificados y desarrollar estrategias efectivas para abordarlos. Los datos recopilados durante la fase de entrevistas proporcionarán una visión integral de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que enfrenta la empresa, lo que permitirá tomar decisiones informadas para el futuro.

Cuadro 7. Matriz FODA como herramienta de análisis de los datos obtenidos.

<h1 style="margin: 0;">FODA</h1>	<p style="text-align: center;">Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buena mano de obra calificada para la realización de los trabajos. - Maquinaria para empaquetado automatizada. - Suficiente y cómodo espacio para la realización de trabajos. 	<p style="text-align: center;">Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de llenado para dosificación manual. - Cansancio de los operadores luego de media jornada laboral - Problemas de sellado. - Fallas de empaquetado por variaciones de peso.
<p style="text-align: center;">Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mercado en expansión con productos importados. - Posibilidad de manejo de mayores volúmenes de empaquetado. - Excelente calidad de productos nacionales. 	<p style="text-align: center;">Estrategia FO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar los trabajadores capacitados para aumentar volúmenes de empaquetado con productos importados. - Administrar el espacio para almacenar materia prima y aumentar volúmenes de empaquetado. - Orientar su producción a una producción de calidad con productos nacionales y maquinaria automatizada. 	<p style="text-align: center;">Estrategia DO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminuir las fallas de empaquetado para permitir mayores cantidades de producción. - Manejar productos de calidad para evitar fallas en el empaquetado por variación de peso. - Disminuir el esfuerzo físico de trabajadores para aprovechar un mercado en expansión.
<p style="text-align: center;">Amenazas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Competidores de alto volumen con productos importados. - Humedad en el azúcar. - Variaciones de peso por cm³ de producto 	<p style="text-align: center;">Estrategia FA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El espacio y la mano de obra suficiente pueden permitirle competir contra otras empresas del mismo ramo. - La mano de obra calificada sabe manejar las variaciones de peso por cm³ disminuyendo el retrabajo, pero no eliminándolo. 	<p style="text-align: center;">Estrategia DA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - minimizar el trabajo manual para no verse tan afectados por los competidores de alto volumen. - Usar productos con misma densidad para evitar variaciones y fallas de empaque. - Evitar humedad en el producto para manejar mejores y mayores velocidades.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Al visualizar la matriz superior se muestran ciertas características que afectan de manera directa el proceso actual de trabajo para la empresa, donde resaltan algunas virtudes y también algunas

desventajas en ambos casos esto puede ser de dominio o manejo propio por parte de la empresa o puede ser por agentes externos, la finalidad de la matriz FODA es tener una visión amplia de cada uno de estos puntos subdivididos como fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas y con ello poder realizar una comparativa entre unos y otros y visualizar aspectos necesarios al momento de realizar los trabajos, tomando en cuenta cada una de las características necesarias para ofrecer un buen análisis planteando las estrategias FO DO FA DA que son las que realizan la relación específica de las virtudes y atenuantes que afecten a la empresa y su proceso de trabajo.

Gracias a las estrategias antes mencionadas se muestra una relación directa de cómo la empresa puede aprovechar el conocimiento de los trabajadores actuales que tiene a su favor para ampliar sus márgenes de producción y las ventajas que posee en infraestructura respecto a la competencia, por otra parte, los esfuerzos de los trabajadores y las características de materia prima también son resaltantes en el proceso productivo siendo uno de los mayores inconvenientes ocasionando variaciones al momento de dosificado perjudicando la eficiencia, es por ello que manejar productos de calidad, con poca variación de humedad y buscar una menor necesidad de esfuerzos musculares por parte de los operadores, beneficiaría mucho el proceso actual de trabajo, tanto en calidad como en velocidad, tal como se establece en la matriz.

4.2.1. Posibles alternativas de solución para un diseño óptimo

Propuestas de posibles soluciones para el área de llenado del sistema de dosificación

Posible solución de dosificación 1 (PSD1): Succionador de sacos.

Este equipo utiliza la fuerza de succión para adherirse al saco y levantarlo mediante el vacío creado entre el succionador y el saco. Esto permite el manejo ergonómico y seguro de sacos pesados, facilitando su movimiento y colocación en diferentes ubicaciones dentro de una instalación de producción o almacén. Los succionadores de sacos suelen estar equipados con sistemas de control que permiten ajustar la fuerza de succión y liberación de manera precisa, asegurando una manipulación delicada y segura de los sacos (ver figura 22). Es ideal para el uso en el ramo azucarero, donde el producto principal es almacenado directamente en sacos con variedad de tamaños y diversas características de sellado, pero con bastante similitud, es por ello que la máquina succionadora de saco se plantea como una posible alternativa de solución a los problemas que de momento se presentan en gran cantidad de industria, sobre todo eliminando la carga del trabajador y ayudando mucho su movimiento y traslado en pequeñas zonas.



Figura 22: Succionador de sacos.

Fuente: Tecnoco (s.f).

Posible solución 2 de dosificación (PSD2): Elevadora de sacos con ganchos

Es un mecanismo que puede funcionar tanto eléctrica, mecánica como hidráulicamente con bastante parecido con una variedad de maquinaria para otros usos, su mayor diferencia o característica es que los ganchos de agarre para este tipo de trabajo deben ser redondeados por todas sus partes para minimizar lo más posible la posibilidad de rotura de los sacos, funcionando de manera bastante sencilla con un operador que lo accionaría y un selector encargado del cierre del mismo para la toma del saco (ver figura 23). Estas elevadoras de sacos suelen estar equipadas con sistemas de elevación y soporte que garantizan la estabilidad y seguridad durante el proceso de levantamiento, lo que ayuda a prevenir daños a la carga y minimiza el riesgo de lesiones para el personal.



Figura 23: Elevadora de sacos con gancho

Fuente: Inemur (s.f).

Posible solución de dosificación 3 (PSD3): Plataforma elevadora hidráulica para paleta

Una plataforma elevadora hidráulica para paletas es un dispositivo diseñado para elevar pallets cargados con mercancías a diferentes alturas de manera segura y controlada (ver figura 24). Este equipo utiliza un sistema hidráulico para levantar el pallet y su carga a la altura deseada, lo que facilita la carga y descarga ergonómicamente adecuada de productos en una amplia variedad de entornos. La plataforma elevadora para paleta se plantea como una sencilla solución al levantamiento de cargas, disminuyendo en la mayor parte los esfuerzos realizados al momento del vertido de materia prima dentro de las tolvas, aun así, esta alternativa no elimina en su totalidad los esfuerzos realizados por parte de los operadores. Sin embargo, puede ofrecer mucha mayor comodidad, reduciendo ciertos riesgos, pero no al punto donde se puedan descartar posibles lesiones laborales.



Figura 24: Plataforma elevadora hidráulica.
Fuente: Eterlift (s.f).

Solución de dosificador de paquetes de azúcar.

Dosificador volumétrico de tornillo sin fin

Un dosificador volumétrico de tornillo sin fin es un dispositivo utilizado para medir y dispensar cantidades específicas de material en polvo, granular o de flujo libre. Consiste en un tornillo helicoidal que gira dentro de un tubo cerrado, transportando el material desde un punto de carga hasta un punto de descarga (ver figura 25). Al integrar un dosificador volumétrico en el proceso de empaque, se puede automatizar parte del llenado y agilizar las operaciones de envasado. Por otra parte, el tornillo sin fin permite un control preciso del flujo de azúcar refinada, importante

para evitar sobrecarga de los recipientes y garantizar que se llenen de manera uniforme y sin derrames.



Figura 25: Dosificador de tornillo sinfín.
Fuente: Mf Tecno (s.f).

Dosificador volumétrico de cangilones

Dispositivo utilizado para medir y dispensar cantidades específicas de materiales a granel, como granos o pequeños gránulos. Consiste en una serie de recipientes individuales, conocidos como cangilones, que se mueven a lo largo de un recorrido circular o lineal. Estos cangilones se llenan con el material a dosificar en un punto de carga y luego se desplazan hasta el punto de descarga, donde descargan su contenido de manera controlada (ver figura 26). La integración de un dosificador volumétrico de cangilones en el proceso de envasado permite la automatización parcial del sistema de dosificación, lo que puede agilizar las operaciones de envasado y reducir la dependencia de la mano de obra, lo que a su vez podría reducir los costos operativos. El funcionamiento controlado de los cangilones asegura un flujo uniforme de azúcar refinada hacia el proceso de envasado, evitando derrames y asegurando un llenado homogéneo de los envases.



Figura 26: Dosificador de cangilones.
Fuente: Mf Tecno (s.f).

Propuestas de posibles soluciones para el área de paletizado.

Posible solución de paletizado 1 (PSP1): Banda transportadora elevable

Una banda transportadora elevable es un tipo de transportador que permite el movimiento vertical de materiales a lo largo de una línea de producción o proceso. Está diseñada con una estructura que permite que la sección de la banda transportadora se eleve a diferentes alturas, lo que facilita el transporte de materiales desde un nivel inferior a uno superior y viceversa (ver figura 27). Las bandas transportadoras son pioneras y las principales partes de funcionamiento de un sinfín de líneas de producción de productos, en este particular, se presenta como una alternativa para el área de paletizado donde al poder ser elevada o descendida puede ayudar a la colocación de los fardos de producto empaquetado en su sitio, en todo momento operadas y guiadas por un trabajador.



Figura 27: Banda transportadora elevable.

Fuente: Aeroexpo (s.f).

Posible solución de paletizado 2 (PSP2): Mesa elevadora y giratoria para pallets

Este dispositivo combina las funciones de elevación y rotación para permitir el acceso eficiente a la carga sobre el pallet desde diferentes ángulos y alturas (ver figura 28). Se plantea como una idea de solución para el área de paletizado donde el saco debe caer desde una ubicación fija, pero en esta ocasión es la mesa donde se encontrará la paleta la que va a realizar los movimientos para la organización de los sacos, contará con un sistema giratorio mecánico y un sistema elevador que puede ser mediante motor eléctrico, hidráulico o neumático el cual debe soportar una carga mínima de 2000 kg.



Figura 28: Mesa elevadora y giratoria de pallets.
Fuente: And&Export (s.f).

Posible solución de paletizado 3 (PSP3): Robot de paletizado

Realiza funciones totalmente automatizadas mediante sensores encargados de captar la ubicación de los fardos de azúcar empaquetada, donde una vez se encuentren en un punto específico procederán a ser movidos de su posición con ayuda de motores eléctricos y transmisores de esfuerzos para así ir organizando la paleta, este tipo de maquinaria no requiere intervención directa de mano de obra humana. Al automatizar las tareas de paletizado, se reduce la exposición del personal a cargas pesadas y movimientos repetitivos, lo que contribuye a un entorno de trabajo más seguro. Los robots de paletizado pueden adaptarse para manejar una amplia variedad de empaques y tamaños de productos, lo que los hace ideales para empresas que manejan diferentes presentaciones de azúcar refinada, en este caso la empresa cuenta con dos presentaciones para el empaquetado de la azúcar refinada, un empaque de 900 g, otro de 1 kg (ver figura 29).



Figura 29: Robot de paletizado.
Fuente: Mago Agency (s.f)

Propuestas de posibles soluciones para el automatización.

Posible solución de automatización 1 (PSP1): PLC Siemens

Un PLC Siemens es un controlador lógico programable desarrollado por la empresa alemana Siemens. Este dispositivo se utiliza en aplicaciones industriales para automatizar procesos y maquinaria. El PLC (*Programmable Logic Controller*) de Siemens es conocido por su fiabilidad, durabilidad y capacidad para manejar entornos industriales exigentes (Ver figura 30). Este tipo de tecnología es ampliamente utilizada en sectores como la manufactura, la industria automotriz, la energía, la agricultura, entre otros, para controlar procesos, máquinas y sistemas.

Los PLC Siemens son conocidos por su variedad de modelos y capacidades que van desde equipos pequeños para aplicaciones simples hasta controladores de alto rendimiento para sistemas de automatización más complejos. Además, su versatilidad se extiende a la capacidad de integrarse con otros dispositivos y sistemas en la planta de producción. Los PLC Siemens se programan utilizando software especializado que permite a los ingenieros de control configurar y controlar el comportamiento del PLC para satisfacer las necesidades específicas de la aplicación industrial.



Figura 30: PLC Siemens.

Fuente: Siemens (s.f).

Posible solución de automatización 2 (PSP2): PLC Allen Bradley

Un PLC Allen Bradley es un controlador lógico programable desarrollado por la empresa estadounidense Rockwell Automation. Estos PLC son ampliamente utilizados en entornos industriales para automatizar procesos y maquinaria. Los PLC Allen Bradley son conocidos por su durabilidad, fiabilidad y flexibilidad, y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones industriales (Ver figura 31). Los PLC de Allen Bradley ofrecen una variedad de modelos que van

desde controladores compactos para aplicaciones sencillas hasta PLC de alto rendimiento con capacidades avanzadas de control y comunicación para sistemas industriales complejos. Estos controladores se programan utilizando software especializado que permite a los ingenieros de control configurar y supervisar el comportamiento de la maquinaria y los procesos industriales.

Además, los PLC Allen Bradley son conocidos por su robustez y capacidad para funcionar en entornos exigentes, lo que los hace ideales para su implementación en sectores como la industria automotriz, manufacturera, petroquímica, entre otros. El uso de PLC Allen Bradley a menudo se asocia con sistemas de control industrial de alta calidad y confiabilidad.



Figura 31: PLC Allen Bradley.

Fuente: Rocwell Automation (s.f).

Posible solución de automatización 3 (PSP3): PLC Omron

Los controladores lógicos programables (PLC) de la marca Omron son dispositivos utilizados en entornos industriales para automatizar procesos y maquinaria. Omron es conocido por ofrecer una amplia gama de soluciones de automatización, incluidos los PLC, que se utilizan en una variedad de aplicaciones industriales, desde la manufactura hasta la industria alimentaria, entre otras. Los PLC de Omron se distinguen por su fiabilidad, flexibilidad y capacidad de adaptación a diferentes necesidades de control en entornos industriales (Ver figura 32).

Los PLC de Omron están disponibles en diversas gamas, que van desde controladores compactos para aplicaciones sencillas hasta modelos de alto rendimiento con capacidades avanzadas de control y comunicación para sistemas industriales más complejos. Se programan

utilizando software especializado que permite a los ingenieros de control configurar y supervisar el funcionamiento de la maquinaria y los procesos industriales. Además, los PLC de Omron se caracterizan por su capacidad para funcionar en entornos industriales exigentes, su facilidad de integración con otros equipos y su enfoque en la eficiencia y la fiabilidad.



Figura 32: PLC Allen Bradley.

Fuente: Omron industrial (s.f).

Finalmente, al estudiar las posibles alternativas para abordar la problemática planteada, es evidente la importancia de realizar una selección fundamentada y bien sustentada de la mejor solución. En este sentido, el enfoque metodológico propuesto por Nelson Vílchez para el diseño mecánico ofrece un marco estructurado y sistemático para la evaluación de alternativas. Mediante la aplicación de esta metodología, se procede a considerar criterios relevantes y variables clave, tales como la factibilidad operativa, los costos asociados, el impacto en los procesos existentes y las potenciales mejoras a largo plazo.

La utilización de la metodología de Nelson Vílchez para el diseño mecánico permitirá llevar a cabo una evaluación comparativa detallada, con el objetivo de identificar la solución óptima en términos de eficiencia, viabilidad técnica y rentabilidad. Asimismo, este enfoque facilitará la toma de decisiones fundamentadas y la obtención de una alternativa de solución que se ajuste de manera óptima a los requerimientos y particularidades de cada caso presentado. En este sentido, la implementación de esta metodología es un paso significativo hacia el logro de soluciones efectivas y eficientes en el ámbito del diseño mecánico propuesto en la investigación.

4.3 Selección de la mejor alternativa de solución para llevar a cabo el diseño óptimo del proceso de dosificación y paletización.

Una vez planteadas las posibles alternativas de solución se puede empezar a realizar un análisis de funcionamiento de cada una de ellas para los casos planteados anteriormente, donde se observó una problemática, con ello verificar la viabilidad de funcionamiento y de esta manera se procede a aplicar la metodología de selección de Nelson Vílchez para diseño mecánico, con la intención de obtener la selección de la mejor alternativa de solución para cada caso presentado, es decir, en esta oportunidad de acuerdo al trabajo de investigación se va a aplicar la metodología de Nelson Vílchez para cada una de las áreas críticas que se desea mejorar.

No obstante, su aplicación comienza por el área de llenado del sistema de dosificación, donde se desea implementar un dispositivo de manera tal que elimine o reduzca la carga para el operador, con lo cual a su vez reduce el tiempo de trabajo actual por un mejor tiempo en la ejecución de esta tarea, mejorando la eficiencia operativa del área de llenado. Seguidamente, se evalúan las posibles soluciones para el área de paletizado y de esta manera, poder obtener para cada uno de los casos presentados en las áreas que se desea implementar una mejora tanto para la producción de la empresa, como para la salud laboral de cada operador encargado de las áreas previamente mencionadas, con lo cual por medio de la aplicación de esta metodología se obtiene como resultado final una selección fundamentada y bien sustentada de la mejor alternativa de solución para cada área, lo que contribuirá al desarrollo de soluciones efectivas y eficientes en el ámbito del diseño mecánico.

4.3.1 Propuesta de alternativa para el área de llenado en el sistema de dosificación.

En cuanto al área de llenado del sistema de dosificación, se proponen 3 posibles alternativas de solución a fin de identificar la mejor alternativa, por lo que se proponen a continuación dichas alternativas para esta área, en el cual se presentan sus ventajas y desventajas, con el fin de visualizar características relevantes de cada sistema y posteriormente se realiza la aplicación de la metodología de Nelson Vílchez, comenzando por la aplicación de las restricciones y los criterios.

Posibles alternativas para el área de llenado

Alternativa 1: A1: Succionador de sacos.

Alternativa 2: A2: Elevadora de sacos con gachos.

Alternativa 3: A3: Plataforma elevadora hidráulica.

Cuadro 8. Alternativas para la selección para el sistema de dosificación.

ALTERNATIVAS			
	A1	A2	A3
V E N T A J A S	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina la carga para el operador totalmente. - Mínimo mantenimiento. - Mayor higiene para industria alimentaria. - Ergonomía. - Eficiencia en el manejo de materiales. - Potencial reducción de costos laborales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina la carga para el operador totalmente. - Fácil manejo. - Ergonomía - Amplia capacidad de carga. - Precisión y control. - Reducción de costos a largo plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia capacidad de carga. Sistema de funcionamiento sencillo. - Mínimo mantenimiento. - Mayor precisión de traslado.
D E S V E N T A J A S	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión inicial. - Capacidad de carga limitada. - Posible pérdida de producto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión inicial elevada. - Capacitación especializada para el personal. - Costos de instalación y mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - No elimina completamente el manejo de cargas para el operador. - Costo de adquisición e instalación. - Mantenimiento periódico. - Posibles paradas por averías.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

4.3.2 Criterios de evaluación y elección de la propuesta del área de llenado de dosificación.

Seguidamente, se ha elaborado una lista correspondiente a los criterios y restricciones que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo la selección de la mejor alternativa, en este caso, específicamente la maquinaria que se desea implementar en el área de llenado, parte del sistema de dosificación para el empaquetado de azúcar refinada (Ver cuadro 9). Donde se identificaron las restricciones con la sigla (**R**) y los criterios, con la sigla (**C**).

Cuadro 9. Restricciones y Criterios para el sistema de dosificación.

RESTRICCIONES		CRITERIOS	
R1	Capacidad para levantar más de 50 kg.	C1	Mantenimiento preventivo
R2	Máximo 1 operador	C2	Facilidad de manejo.
R3	Practicidad de instalación.	C3	Costo accesible para la empresa.
R4	Debe proporcionar seguridad para el operador	C4	Adaptabilidad de PLC Allen Bradley
R5	Tiempo de realización de trabajo menor a 2min	C5	Facilidad de integración en la empresa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2023).

Descripción de restricciones

Capacidad para levantar más de 50 kg (R1): Hace referencia a la cantidad de fuerza necesaria para movilizar los sacos de azúcar de un punto a otro, ya sea de manera puntual o distribuida, dicha restricción toma en cuenta diseño de estructuras, materiales, accionadores neumáticos, accionadores hidráulicos, motores en general, entre otros elementos de diseño.

Máximo 1 operador (R2): Define la máxima cantidad de operadores por maquinaria, esto con la finalidad de que el implemento de nuevas alternativas no traiga consigo la necesidad de una mayor mano de obra para la buena realización de los trabajos.

Practicidad de instalación (R3): La practicidad de instalación hace referencia a la velocidad de instalación, necesidad de conocimiento y facilidad de conseguir personal capacitado para realizar la instalación de cualquiera de los mecanismos que se planteen instalar, sin la necesidad de suponer un problema para la empresa al momento de colocarlo en operación dentro de la misma.

Mecanismos de seguridad (R4): Los mecanismos de seguridad en las alternativas de diseño se refieren a las funciones y características implementadas para garantizar la protección de personas, activos, datos y operaciones. Estos mecanismos pueden variar según el tipo de diseño, pero incluyen aspectos como la resistencia, la prevención de accidentes, paradas de emergencia, la protección contra incendios en caso de ser necesario, entre otros.

Descripción de criterios

Tiempo de realización de trabajo menor a 2min (R5): Es el límite máximo de tiempo para la realización del vaciado del saco en el área de la tolva de dosificado ya que de no cumplir con este límite de tiempo puede afectar de manera negativa en momentos de máxima producción de empaquetado.

Mantenimiento preventivo (C1): el mantenimiento preventivo es el tipo de mantenimiento que se realiza de forma periódica a la maquinaria o sistema en funcionamiento, es por ello que forma parte entre los criterios de selección ya que la frecuencia de mantenimiento es un punto de vital importancia para garantizar el buen funcionamiento y buena calidad de realización del trabajo donde idealmente se toman en cuenta soluciones con necesidad de mantenimiento preventivo mayor o igual a periodos de 3 meses.

Facilidad de manejo (C2): Se refiere a la capacidad necesaria de los operadores para el uso y manejo de las alternativas planteadas, esto con referencia a los sistemas implementados en la industria para la realización de las actividades donde el ideal es que se presente un nivel de dificultad capaz de ser superado por cualquier persona al momento de realizar las actividades y con ello cumplir con las labores de uso y manejo de las maquinarias y/o mecanismos presentados en las alternativas.

Costo accesible para la empresa (C3): Es un criterio sumamente importante en el entorno actual en el que se encuentra la empresa, tomando en cuenta las capacidades económicas de la misma para el momento de la obtención de los mecanismos o maquinarias que se plantean en las alternativas de solución.

Adaptabilidad de PLC Allen Bradley (C4): Es la capacidad de las alternativas de solución a realizar las labores necesarias mediante un PLC marca Allen Bradley ya sea que lo incluyan en su funcionamiento original o que sea posible su adaptación a las alternativas de solución y permita realizar las operaciones de manera automatizada, esto gracias a las capacidades, herramientas y diversos proveedores que posee la empresa para utilizar este tipo de instrumentos y la experiencia de los trabajadores al conocer su funcionamiento y como operar los mismos.

Facilidad de integración en la empresa (C5): El presente criterio hace referencia a la comodidad, viabilidad y dificultad de integración hacia los espacios, personal y procesos actuales de producción, tomando en cuenta las opiniones del personal al momento de realizar sus labores cotidianas, los espacios disponibles para la colocación y funcionamiento de las alternativas y las características de funcionamiento y aceptación por parte de los trabajadores en general.

4.3.3 Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor solución

Ahora bien, teniendo definidas las restricciones y los criterios para la evaluación de las posibles alternativas de solución presentadas para el área de llenado que pertenece al sistema de dosificación, se procede a comparar cada una de las alternativas con las restricciones planteadas, con lo cual aquellas que no cumplan con estas restricciones serán descartadas (ver cuadro 10). Consecutivamente, las posibles soluciones alternativas que si cumplan con las restricciones descritas proceden a ser evaluadas en relación a los criterios, para así tomar la decisión de la mejor selección de manera sustentada.

Cuadro 10. Aplicación de las restricciones a las alternativas para el sistema de dosificación.

RESTRICCIONES	POSIBLES SOLUCIONES			
		A1	A2	A3
	R1	Sí	Sí	Sí
	R2	Sí	Sí	Sí
	R3	Sí	No	Sí
	R4	Sí		Sí
R5	Sí		Sí	

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Con referencia a lo que se observa en el cuadro 10. Se puede observar que la posible solución que no cumple con al menos una de las restricciones establecidas, es la A2. Por lo tanto, las alternativas A1 y A3, serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (cuadro 11). El cuadro 12 muestra los parámetros de puntuación. Posteriormente, el cuadro 13 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución. Y el cuadro 14 muestra la evaluación final de la alternativa seleccionada

Cuadro 11. Aplicación de los criterios a las alternativas para el sistema de dosificación.

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	ORDEN DE IMPORTANCIA
C1	Mantenimiento preventivo.	4
C2	Facilidad de manejo.	5
C3	Costo accesible para la empresa.	2
C4	Adaptabilidad de PLC Allen Bradley	3
C5	Facilidad de integración en la empresa.	1

Orden de importancia: En el cuadro superior se observa del lado derecho una columna con un orden de importancia establecido, dicho orden de importancia parte de las necesidades observadas y documentadas de la empresa y su proceso de dosificado, empaquetado y paletizado de azúcar, destacando como el de mayor importancia la facilidad de manejo, esto gracias a la poca

experiencia del personal actual con respecto al uso de maquinaria y herramientas de tecnología, buscando evitar los daños por mal uso y manipulación de equipos, seguido se encuentra el mantenimiento preventivo el cual tiene en consideración varios aspectos como lo es, tiempo de realización de mantenimiento, costo y repuestos tomando gran importancia gracias a su afectación en producción, calidad y costos, en cuanto al siguiente es la adaptabilidad de PLC Allen Bradley, esto gracias a la capacidad de manejo y uso de la empresa con este tipo de dispositivos.

El costo accesible al momento de la compra es un punto vital a tomar en cuenta, pero al no representar una acción recurrente baja en la lista de importancia, por último, la facilidad de integración en la empresa es una característica que puede variar en base al equipo, configuración y uso deseado pero que con el tiempo se vuelve de uso común y forma parte de la rutina y proceso de trabajo.

Cuadro 12. Parámetros de puntuación para el sistema de dosificación.

Puntuación	Parámetros
1	No cumple con el criterio a evaluar
2	No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio
3	Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Cuadro 13. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el sistema de dosificación.

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	3	3	2	3	3
A2	2	2	1	3	2
A3	3	3	3	1	3

Cuadro 14. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el sistema de dosificación.

	Evaluación de soluciones	Puntos totales
A1	$3 \times 4 + 3 \times 5 + 2 \times 2 + 3 \times 3 + 3 \times 1$	43
A2	$2 \times 4 + 2 \times 5 + 1 \times 2 + 3 \times 3 + 2 \times 1$	31
A3	$3 \times 4 + 3 \times 5 + 3 \times 2 + 1 \times 3 + 3 \times 1$	39

Con la presente ponderación de criterios y orden de prioridad otorgados se concluye que la mejor solución es el succionador de sacos, ya que es la que satisface los criterios debido a que posee el puntaje más alto. Por lo tanto, las demás alternativas quedan descartadas.

4.3.4. Propuesta de alternativa para el área de paletizado.

Ahora bien, una vez que se ha evaluado el área de llenado del sistema de dosificación, posteriormente pasamos a aplicar la metodología de Nelson Vílchez en el área siguiente que corresponde al área de paletizado a la cual se desea implementar una solución tal que permita

facilitar el paletizado de los fardos de azúcar a los operadores encargados del área, por lo que se van a evaluar 3 alternativas que se presentarán a continuación con las especificaciones de sus ventajas y desventajas, con el fin de tomar en cuenta estas características en su evaluación.

Posibles alternativas para el área de llenado

Alternativa de paletizado 1: Ap1: Banda Transportadora con pistón elevable.

Alternativa de paletizado 2: Ap2: Banda transportadora con mesa elevadora y giratoria.

Alternativa de paletizado 3: Ap3: robot de paletizado.

Cuadro 15. Alternativas para la selección del sistema de paletizado.

ALTERNATIVAS			
	AP1	AP2	AP3
V E N T A J A S	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce la distancia de traslado de la carga para el operador - Mínimo mantenimiento. - Fácil uso y mantenimiento. - Ergonomía. - Eficiencia en el manejo de materiales. - Potencial reducción de costos laborales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elimina la carga para el operador casi en su totalidad. - Fácil manejo. - Ergonomía - Amplia capacidad de carga. - Reducción de costos a largo plazo. - Mantenimiento mínimo. - Sistema robusto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia capacidad de carga. - Mínimo mantenimiento. - Mayor precisión de traslado. - Sistema totalmente automatizado e independiente. - Satisface la necesidad en un 100%.
D E S V E N T A J A S	<ul style="list-style-type: none"> - Practicidad reducida - No elimina el levantamiento de carga. - Variación en distancia del punto final por la variación de elevación 	<ul style="list-style-type: none"> - Por si sola no realiza la actividad completa. - Necesidad de un operador para maniobrarla. - No elimina en su totalidad el esfuerzo para el operador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo de adquisición e instalación elevado. - Mantenimiento periódico. - Necesidad de personal capacitado para su configuración y mantenimiento

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

4.3.5 Criterios de evaluación y elección de la propuesta del área de llenado de dosificación.

Seguidamente, se ha elaborado una lista correspondiente a los criterios y restricciones que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo la selección de la mejor alternativa, en este caso,

específicamente la maquinaria que se desea implementar en el área paletizado (Ver cuadro 16). Donde se identificaron las restricciones con la sigla (**R**) y los criterios, con la sigla (**C**).

Cuadro 16. Restricciones y Criterios del sistema de paletizado.

RESTRICCIONES		CRITERIOS	
R1	Capacidad para levantar más de 25 kg.	C1	Mantenimiento preventivo.
R2	Máximo 1 operador	C2	Facilita el armado de la paleta.
R3	Sistema robusto.	C3	Costo accesible para la empresa.
R4	Debe contar con mecanismos de seguridad.	C4	Adaptabilidad de PLC Allen Bradley
R5	Tiempo de realización de trabajo menor a 1min	C5	Facilidad de integración en la empresa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Descripción de las restricciones

Sistema Robusto (R3): Un sistema robusto es aquel capaz de soportar una variedad de cambios de manejo o tratos sin cambiar sus capacidades y calidad de trabajo aun así cuando su manejo no sea el más adecuado, por otra parte, también hace referencia a la fiabilidad, resistencia de piezas y materiales al momento de realizar trabajos repetitivos y por largas duraciones de tiempo sin necesidad de paradas, cambios o mantenimientos constantemente.

Facilita el armado de la paleta (C2): Al mencionar si facilita el armado de la paleta nos referimos directamente a en cuanto beneficia o hasta que capacidad logra realizar las labores de armado de la paleta con producto terminado ya sea, armado total, armado parcial, traslado de espacios, eliminación de cargas, menor necesidad de mano de obra, menor tiempo de trabajo, entre otras. Son estas las características a tomar en cuenta al momento de decir que facilitan el armado de las paletas con producto terminado las alternativas de solución planteadas.

4.3.6. Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor solución

Ahora bien, teniendo elaboradas las restricciones y criterios para la evaluación de las posibles alternativas de solución presentadas para el área de llenado que pertenece al sistema de dosificación, se procede a comparar cada una de las alternativas con las restricciones planteadas, con lo cual aquellas que no cumplan con estas restricciones serán descartadas (ver cuadro17). Consecutivamente, las posibles soluciones alternativas que si cumplan con las restricciones

descritas proceden a ser evaluadas en relación a los criterios, para así tomar la decisión de la mejor selección de manera sustentada.

Cuadro 17. Aplicación de las restricciones a las alternativas del sistema de paletizado.

RESTRICCIONES	POSIBLES SOLUCIONES			
		Ap1	Ap2	Ap3
	R1	Sí	Sí	Sí
	R2	Sí	Sí	Sí
	R3	Sí	Si	Sí
	R4	Sí	Sí	Sí
	R5	Sí	Sí	Sí

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Con referencia a lo que se observa en la el cuadro 17. Se puede observar que todas las soluciones cumplen con las restricciones presentadas. Por lo tanto, las alternativas Ap1, Ap2 y Ap3, serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver cuadro 18). El cuadro 19 muestra los parámetros de puntuación. Posteriormente, el cuadro 20 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución. Y el cuadro 21 muestra la evaluación final de la alternativa seleccionada.

Cuadro 18. Aplicación de los criterios a las alternativas del sistema de paletizado.

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	ORDEN DE IMPORTANCIA
C1	Mantenimiento preventivo.	4
C2	Facilita el armado de la paleta.	5
C3	Costo accesible para la empresa.	2
C4	Adaptabilidad de PLC Allen Bradley	3
C5	Facilidad de integración en la empresa.	1

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Cuadro 19. Parámetros de puntuación del sistema de paletizado.

Puntuación	Parámetros
1	No cumple con el criterio a evaluar
2	No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio
3	Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Cuadro 20. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección del sistema de paletizado.

	C1	C2	C3	C4	C5
Ap1	3	2	3	3	3
Ap2	3	3	3	3	3
Ap3	3	3	1	3	2

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).”

Cuadro 21. Evaluación de soluciones del sistema de paletizado.

	Evaluación de soluciones	Puntos totales
A1	$3 \times 4 + 2 \times 5 + 3 \times 2 + 3 \times 3 + 3 \times 1$	40
A2	$3 \times 4 + 3 \times 5 + 3 \times 2 + 3 \times 3 + 3 \times 1$	45
A3	$3 \times 4 + 3 \times 5 + 1 \times 2 + 3 \times 3 + 2 \times 1$	40

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Con la presente ponderación de criterios y orden de prioridad otorgados se concluye que la mejor solución es la banda transportadora junto a la mesa elevadora giratoria (ver figura 34), puesto que es la que satisface los criterios debido a que posee el puntaje más alto. Por lo tanto, las alternativas restantes quedan descartadas.

4.3.7 Criterios de evaluación y elección de la propuesta de Controlador Lógico Programable (PLC).

Se ha elaborado una lista correspondiente a los criterios y restricciones que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo la selección de la mejor alternativa, en este caso, el instrumento controlador de la parte de automatización del proceso tanto de dosificación como de paletización y traslado de materiales. Donde se identificaron las restricciones con la sigla (**R**) y los criterios, con la sigla (**C**).

Cuadro 22. Restricciones y Criterios para el PLC.

RESTRICCIONES		CRITERIOS	
R1	Garantía por parte de proveedores.	C1	Mantenimiento preventivo nulo
R2	Capacidad de manejo de 8 entradas y salidas	C2	Resistencia a cambios de voltaje.
R3	Practicidad de instalación.	C3	Costo accesible para la empresa.
R4	Software adecuado a los instrumentos de trabajo	C4	Posibilidad de un servicio técnico autorizado
R5	Capacidad de realizar 2 o más comandos en simultaneo	C5	Facilidad de integración en la empresa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2023).

Descripción de restricciones

Garantía por parte de proveedores (R1): Hace referencia al tiempo y capacidad de características que se encuentran cubiertos por problemas relacionados a fabricación e instalación además de la capacidad de respuesta y solución por parte de la empresa encargada de su venta, distribución e instalación para el proceso

Capacidad de manejo de 8 entradas y salidas (R2): Define la mínima capacidad necesaria por parte del PLC para la realización de trabajos necesarios en el proceso actual de dosificación y paletización que se desea implementar.

Practicidad de instalación (R3): La practicidad de instalación hace referencia a la velocidad de instalación, necesidad de conocimiento y facilidad de conseguir personal capacitado para realizar la instalación de cualquiera de los mecanismos que se planteen instalar, sin la necesidad de suponer un problema para la empresa al momento de colocarlo en operación dentro de la misma.

Software adecuado a los instrumentos de trabajo (R4): Se necesita un software de trabajo para el PLC que sea compatible con la maquinaria y ordenadores ya existentes en la empresa, sin que esto exija una variedad de cambios en equipos solo para la instalación de un nuevo software.

Capacidad de realizar dos trabajos en simultaneo (R5): Define la mínima capacidad necesaria por parte del PLC para la realización de trabajos en simultaneo necesarios en el proceso actual de dosificación y paletización que se desea implementar.

Descripción de criterios

Mantenimiento preventivo nulo (C1): Se requiere que el PLC que se desee implementar no posea necesidad de mantenimiento preventivo en ninguno de sus componentes y que cuente con altos estándares de calidad y funcionamiento.

Resistencia a cambios de voltaje (C2): Es de vital importancia que el elemento a colocar posea resistencia a cambios de voltaje eléctrico gracias a la existencia de posibilidad de ocurrencia en la zona de trabajo.

Costo accesible para la empresa (C3): Es un criterio sumamente importante en el entorno actual en el que se encuentra la empresa, tomando en cuenta las capacidades económicas de la misma para el momento de la obtención de los mecanismos o maquinarias que se plantean en las alternativas de solución.

Posibilidad de un servicio técnico autorizado (C4): Es la factibilidad por parte de los instaladores y vendedores de ofrecer un servicio técnico autorizado por la empresa fabricante del PLC para instalación, cambio y mantenimiento correctivo, garantizando así su calidad de trabajo y servicio de instalación.

Facilidad de integración en la empresa (C5): El presente criterio hace referencia a la comodidad, viabilidad y dificultad de integración hacia los espacios, personal y procesos actuales de producción, tomando en cuenta las opiniones del personal al momento de realizar sus labores cotidianas, los espacios disponibles para la colocación y funcionamiento de las alternativas y las características de funcionamiento y aceptación por parte de los trabajadores en general.

4.3.8 Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor solución

Ahora bien, teniendo definidas las restricciones y los criterios para la evaluación de las posibles alternativas de solución presentadas para el área de llenado que pertenece al sistema de dosificación, se procede a comparar cada una de las alternativas con las restricciones planteadas, con lo cual aquellas que no cumplan con estas restricciones serán descartadas (ver cuadro 23). Consecutivamente, las posibles soluciones alternativas que si cumplan con las restricciones descritas proceden a ser evaluadas en relación a los criterios, para así tomar la decisión de la mejor selección de manera sustentada.

Cuadro 23. Aplicación de las restricciones a las alternativas para el PLC.

RESTRICCIONES	POSIBLES SOLUCIONES		
	A1	A2	A3
R1	Sí	Sí	Sí
R2	Sí	Sí	Sí
R3	Sí	Sí	Sí
R4	Sí	Sí	Sí
R5	Sí	Sí	Sí

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Con referencia a lo que se observa en el cuadro 23. Se puede evidenciar que las 3 alternativas de solución cumplen con las restricciones necesarias para su implementación. Por lo tanto, las alternativas A1, A2 y A3, serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (cuadro 24). El cuadro 25 muestra los parámetros de puntuación. Posteriormente, el cuadro 26

muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución. Y el cuadro 27 muestra la evaluación final de la alternativa seleccionada

Cuadro 24. Aplicación de los criterios a las alternativas para el PLC.

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	ORDEN DE IMPORTANCIA
C1	Mantenimiento preventivo nulo	4
C2	Resistencia a cambios de voltaje.	5
C3	Costo accesible para la empresa.	2
C4	Posibilidad de un servicio técnico autorizado	1
C5	Facilidad de integración en la empresa.	3

Orden de importancia: En el cuadro superior, se observa del lado derecho una columna con un orden de importancia establecido, dicho orden de importancia parte de las necesidades observadas y documentadas de la empresa y su proceso de dosificado, empaquetado y paletizado de azúcar, destacando como el de mayor importancia la resistencia a cambios de voltaje, esto gracias a la posibilidad de que exista una variación de voltaje en el servicio eléctrico, y buscando minimizar los daños que esto pueda ocasionar en el equipo, seguido se encuentra el mantenimiento preventivo nulo el cual tiene en consideración varios aspectos como lo es, calidad, funcionamiento, tiempo de uso tomando gran importancia gracias a su afectación en producción, calidad y costos, en cuanto al siguiente es facilidad de integración a la empresa, esto gracias a la capacidad de manejo y uso de la empresa con este tipo de dispositivos.

El costo accesible al momento de la compra es un punto vital a tomar en cuenta, pero al no representar una acción recurrente baja en la lista de importancia, por último, la posibilidad de un servicio técnico autorizado es una característica que puede variar en base al equipo, pero al ser planificar necesidad de servicios tan escasos queda relegado al último puesto en importancia, además de la basta capacidad de personas en el mercado laboral capaces de manejar cualquiera de estos equipos de manera eficiente y profesional pero no cuentan con certificación por parte de las empresas fabricantes de los mismos.

Cuadro 25. Parámetros de puntuación para el PLC.

Puntuación	Parámetros
1	No cumple con el criterio a evaluar
2	No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio
3	Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Cuadro 26. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el PLC.

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	3	3	3	3	2
A2	3	3	2	3	3
A3	3	3	3	1	2

Cuadro 27. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección para el PLC.

	Evaluación de soluciones	Puntos totales
A1	$3 \times 4 + 3 \times 5 + 3 \times 2 + 3 \times 1 + 2 \times 3$	42
A2	$3 \times 4 + 3 \times 5 + 2 \times 2 + 3 \times 1 + 3 \times 3$	43
A3	$3 \times 4 + 3 \times 5 + 3 \times 2 + 1 \times 1 + 2 \times 3$	40

Con la presente ponderación de criterios y orden de prioridad otorgados se concluye que la mejor solución en cuanto a calidad de producto, servicio e instalación es la alternativa A1 del PLC Siemens, por otra parte, para el caso particular de la investigación no es el que mejor se adapta a la empresa, es por ello que la alternativa seleccionada es el PLC Allen Bradley, ya que es la alternativa que posee el puntaje más alto gracias a su adaptabilidad en la empresa. Por lo tanto, las demás alternativas quedan descartadas.

La metodología de selección de Nelson Vílchez ha demostrado su eficacia al ofrecer un enfoque integral para evaluar y seleccionar las mejores alternativas en diferentes contextos. Este enfoque se basa en criterios rigurosos, que van más allá de simplemente identificar la opción más obvia. A través de este método, se realizan análisis detallados que consideran no solo las características intrínsecas de cada alternativa, sino también su idoneidad para el contexto específico en el que se aplicarán.

Los resultados obtenidos a través de esta metodología, debido a su minuciosidad y consideración detallada de múltiples factores, se han destacado como las mejores alternativas para cada caso. La confianza en la precisión y relevancia de estos resultados es lo que respalda la decisión de proceder a plantear de manera más específica cada una de estas alternativas. Por lo tanto, queda claro que la metodología de selección de Nelson Vílchez no solo ofrece resultados solventes, sino que también proporciona un marco sólido para la toma de decisiones informadas y eficientes. Este enfoque no solo es un punto de partida sólido, sino también un indicador de calidad y excelencia en la toma de decisiones estratégicas.



Figura 33: Tubo Elevador por vacío Jumbo Sprint.
 Fuente: Catálogo de empresa Schmalz (s.f).



Figura 34: Mesa elevadora y giratoria de pallets.
 Fuente: And&Export (s.f).



Figura 35: PLC Allen Bradley.
 Fuente: Rocwell Automation (s.f).

4.4 Diseñar la alternativa seleccionada tal que permita llevar a cabo dosificar y paletizar el azúcar en la empresa Ramón Molina & Cía C.A de manera eficiente y segura, minimizando la intervención manual de los operadores.

El diseño de las alternativas de solución seleccionadas por medio de la metodología de Nelson Vílchez, que busca optimizar y automatizar el proceso se llevará a cabo por medio de los cálculos correspondientes y selección de catálogos obtenidos en la investigación. Estas propuestas no solo garantizan la precisión en la dosificación y paletización del azúcar, sino que también prioriza la seguridad de los trabajadores al reducir su intervención directa en las tareas operativas. A continuación, se detallarán los elementos clave de esta alternativa, destacando su capacidad para mejorar la eficiencia y la protección del personal en el entorno laboral de la empresa Ramón Molina & Cía, C.A.

4.4.1 Solución alternativa seleccionada para el área de llenado del sistema de dosificación.

Ahora bien, en base a los resultados obtenidos por la aplicación de la metodología de Vílchez, tenemos que la mejor alternativa de solución para el área de llenado para el sistema de dosificación, es el succionar de sacos, con la ventaja de el hecho de que la empresa cuenta con un compresor de aire en las instalaciones el cual puede ser aprovechado también para este tipo de maquinaria. Como se explicó anteriormente el manipulador utiliza el vacío para sujetar y elevar la carga. El aire es guiado a través de un filtro y una tubería de aire, para elevar el tubo de elevación con el que va equipado el manipulador. El vacío dentro del tubo de elevación se regula desde el asa de control del manipulador. A este manipulador es donde va fijado el succionador que es el que estará en contacto con el material a manipular.

Cuando el vacío parcial aumenta, el tubo de elevación se contrae y eleva la carga. Cuando el vacío parcial se reduce, el tubo de elevación se alarga y va descendiendo la carga. El succionador sostiene la carga agarrada con seguridad hasta que llega al suelo, si se presenta un caso de pérdida de potencia o un corte en el suministro, cuenta con una válvula de seguridad que opera de manera que la carga descienda de forma suave y controlada hasta el suelo. Ahora bien, para generar el vacío se realiza por medio de un motor bomba de vacío, preferiblemente de alto rendimiento y bajo consumo, para así generar el vacío, la cual se puede instalar hasta 30 metros de distancia y ser controlada para accionar la bomba sin la necesidad de abandonar el área de trabajo.

Por otra parte, esta maquinaria es seleccionada por medio de un catálogo de una empresa encargada de hacer este tipo de maquinarias para el área industrial, en esta oportunidad nos

guiamos por la empresa Schmalz, una de las mejores en el mercado y más conocidas por su fabricación de maquinarias industriales, este modelo lo podemos encontrar en su catálogo donde indica las especificaciones de este mecanismo, cuenta con varios modelos en los que varía su capacidad de elevación y el área del tubo, dentro del catálogo podemos observar varias de las medidas y la capacidad de carga de cada uno, recomendaciones para la instalación e instrucciones de uso y mantenimiento, con lo cual esta máquina se compone de los siguientes componentes presentados en la imagen. (Ver figura 36).

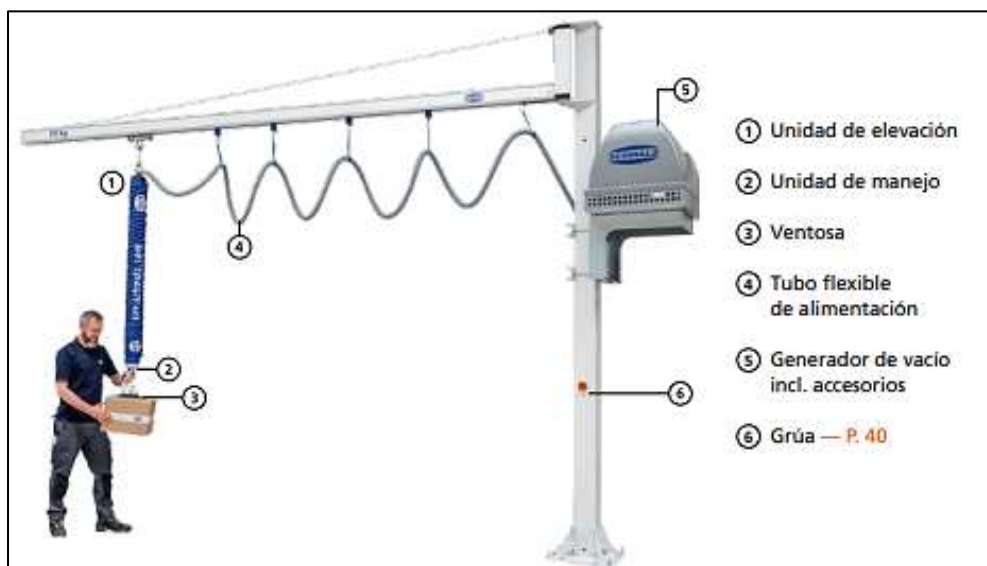


Figura 36: Tubo Elevador por vacío Jumbo Sprint.

Fuente: Catálogo de empresa Schmalz (s.f).

En base a los datos obtenidos en la entrevista y las visitas a empresa tomamos en cuenta que debido a que los sacos de materia prima tienen un peso de aproximadamente 50 kg de azúcar, elegimos el límite de carga de la maquinaria por encima, el modelo propuesto es el Jumbo Sprint, puesto que cuenta con una capacidad de carga de 85 kg, con medidas respecto a la base y el brazo por donde se desplaza el tubo de elevación de 1700/ 2100 mm respectivamente (Ver anexo A)

Para la instalación se recomienda encarecidamente el uso de un PTC (Coeficiente de Temperatura Positivo), conectado a un relé térmico (ver figura 38), siendo el PTC un dispositivo semiconductor que cuenta con la propiedad de aumentar su resistencia eléctrica a medida que aumenta la temperatura (ver figura 37). Lo que quiere decir que cuando la corriente eléctrica pasa a través de un PTC, su resistencia aumenta con el calor, con la finalidad de proporcionar protección y control de temperatura, con lo cual al estar conectado al relé térmico dando una protección para el sobrecalentamiento.

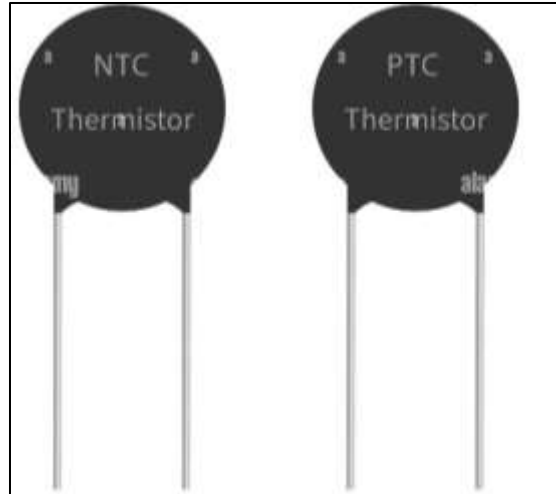


Figura 37: Coeficiente de Temperatura Positivo (PTC)
Fuente: Alamy (s.f).



Figura 38: Relé térmico.
Fuente: Elecsa (s.f).

Finalmente, cuando se lleva a cabo la instalación del elevador de vacío con las especificaciones del manual de Schmalz y antes de poner en funcionamiento el elevador de vacío, debe someterse a una prueba operativa dinámica en el lugar de instalación. La prueba operativa dinámica debe ser realizada por técnicos cualificados con una carga de 1.1 veces la carga máxima especificada por el fabricante. Esta prueba se debe llevar a cabo para cada movimiento del elevador

de vacío, probando su función completa, con comienzos y paradas repetidas en todo el rango de trabajo completo. Esta prueba se considerará exitosa si se ha demostrado que el elevador de vacío realiza todas sus funciones y si el examen posterior a la prueba no revela ningún daño a los mecanismos o componentes estructurales, y si no se ha aflojado o dañado ninguna conexión.

Por otra parte, un punto importante es que los productos de la empresa Schmalz están certificados por la *Aktion Gesunder Rücken* (AGR), siendo esta una organización con iniciativa que promueve la salud de la espalda mediante la educación, investigación y recomendaciones para prevenir y tratar problemas de espalda (ver anexo G). Identifica los productos respetuosos con la espalda como un componente importante en la prevención y el tratamiento del dolor de espalda, teniendo en cuenta que hoy en día, el dolor de espalda es la enfermedad más extendida. El sello de calidad AGR es una herramienta valiosa que identifica productos y artículos de uso diario con cualidades ergonómicas que han sido verificadas por múltiples especialistas médicos. Los productos son puestos a prueba por un cuerpo independiente de expertos en un exigente procedimiento de prueba.

Por consiguiente, se realizó el diseño de la maquinaria por medio del software de Solidworks para obtener tanto los planos (ver apéndice B), el diseño final, renderizados (ver apéndice C) y la simulación del movimiento que esta máquina ejecuta, cada una de las piezas se encuentra de manera detallada con sus medidas, aportadas por medio de los catálogos que facilita la empresa fabricante Schmalz (ver anexo C), la cual cuenta con una sucursal en Maracaibo y Valencia, por lo tanto, se puede realizar todo el proceso de compra en caso de que la empresa Ramón Molina & Cía decida realizar los cambios pertinentes dentro de su proceso de empaquetado de azúcar y brindarles de una mejor seguridad y salud a sus trabajadores en área.

4.4.2 Cálculos de los momentos y reacciones de la viga.

Tomando en cuenta el material del perfil de la viga en voladizo, Aluminio con anodización natural (EN AW 60 63 T66) se tiene que el módulo elástico del aluminio con anodización natural (EN AW 6063 T66) es una propiedad fundamental para comprender la respuesta del material a la deformación elástica. El módulo elástico, también conocido como módulo de Young, representa la rigidez del material y su capacidad para resistir la deformación cuando se aplica una tensión.

Para el aluminio EN AW 6063 T66, que es una aleación de aluminio con propiedades mecánicas optimizadas, el módulo elástico típico varía entre 68-70 GPa (10,000-10,200 ksi). Este valor se basa en pruebas y datos estándar para esta aleación en particular. Sin embargo, es

importante tener en cuenta que este valor puede variar ligeramente dependiendo de factores como el proceso de fabricación, tratamiento térmico y otras variables.



Figura 39: Viga o brazo de aluminio.
Fuente: Schmalz (s.f).

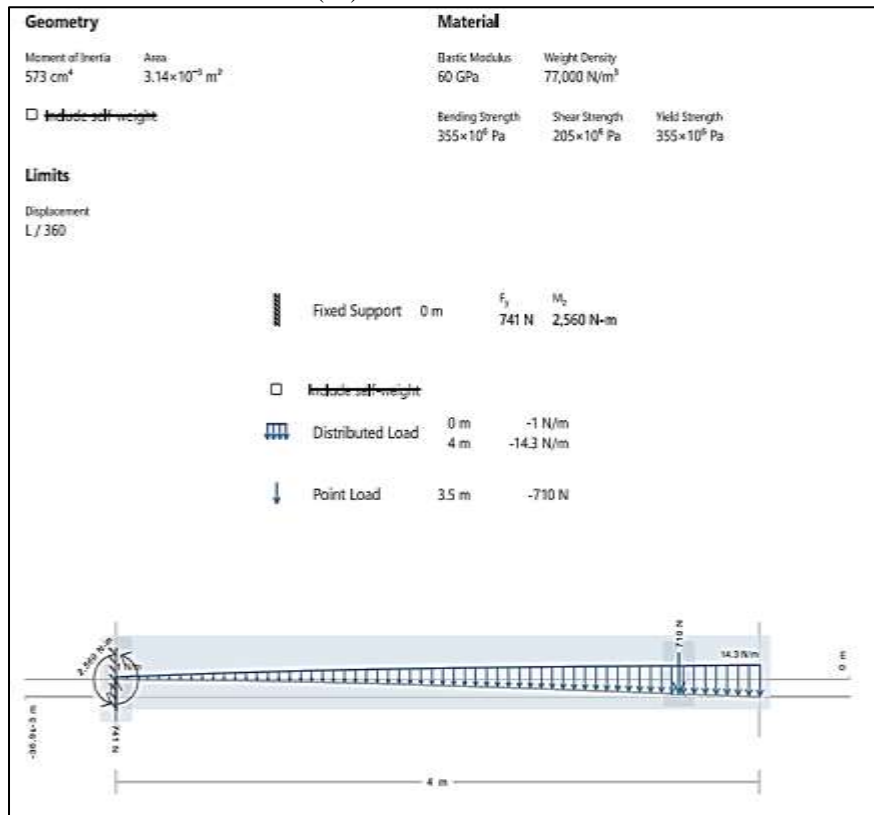


Figura 40: Esfuerzos en la viga del Jumbo Sprint.
Fuente: *Deflection Structural beam calculator* (2024).

No obstante, en la figura 40 con el uso del programa *deflection structural beam calculator* podemos observar las cargas a las que se encuentra sometida la viga del puente grúa del succionador de sacos (ver figura 43), cada una de sus medidas están especificadas en el catálogo

de la empresa Schmalz (ver anexo A), de acuerdo al peso de la viga, que se observa en voladizo, empotrada en el extremo del lado izquierdo, con una carga distribuida de 14,3 N/ m en base al peso del material de fabricación de la viga, también tomando en cuenta la carga puntual ubicada en el punto más bajo de la viga donde se va a encontrar la ventosa de succión (ver figura 81), sumándole el peso máximo de carga que puede soportar la viga de acuerdo a su diseño, en este caso siendo el resultado de esta carga los 710 N expresados en la figura 39.

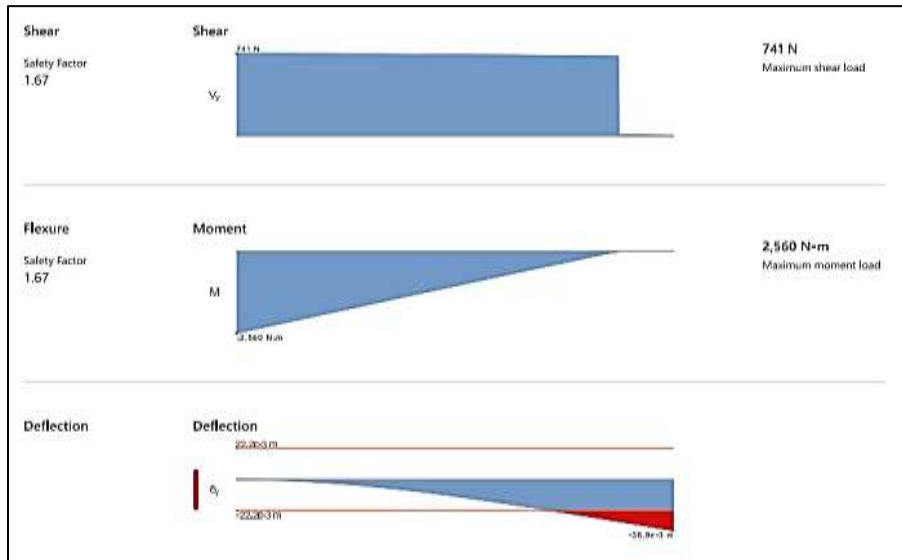


Figura 41: Resultados del cálculo de esfuerzos en la viga del Jumbo Sprint.
Fuente: *Deflection Structural beam calculator* (2024).

Respecto a la figura 41, se concluye que con el estudio aplicado con la ayuda del programa *deflection structural beam calculator* el resultado obtenido, para la viga del puente grúa del succionador de sacos por vacío de la empresa Schmalz, es un momento máximo de flexión de -2560 N-m ubicado en la parte izquierda del empotrado de la viga, debido a los momentos presentados en ese punto, además de la deflexión observada en el punto máximo de carga en la viga por el peso de la ventosa y el peso máximo que puede levantar, con un resultado de -36.9×10^3 m, además del resultado de un factor de seguridad de 1,67.

Por consiguiente, se realizó un estudio de tensiones de Von Mises por medio del software de Solidworks, utilizando un estudio de carga estática, con el fin de obtener resultados más precisos y ver la posible deformación de la pieza en caso de sobrepasar la carga máxima indicada en el catálogo de la empresa Smachlz (ver figura 42). No obstante, se muestra el diseño digitalizado del equipo con la utilización del mismo software del estudio, para apreciar cada pieza y su funcionalidad (ver figura 43).

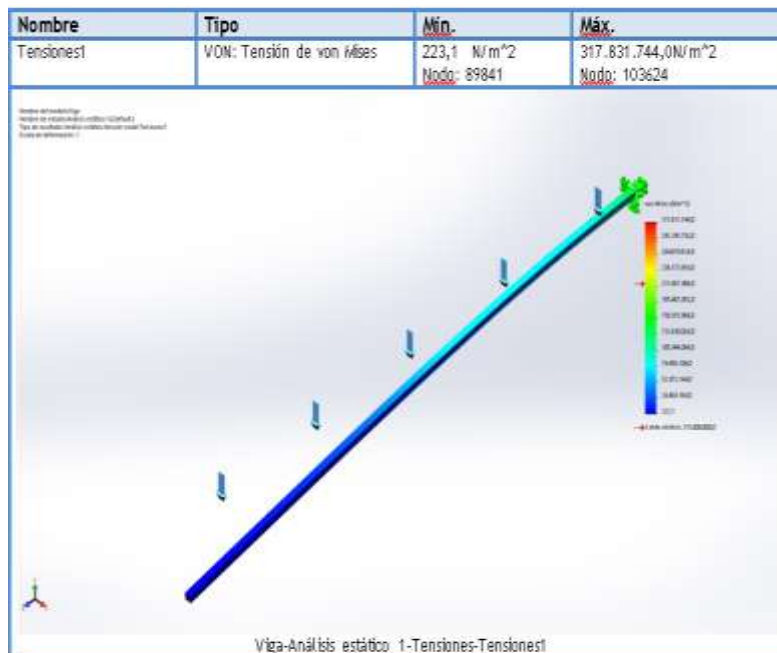


Figura 42: estudio estático de la viga del elevador por vacío.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 43: Diseño digitalizado del elevador por vacío.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

4.4.3 Dosificador volumétrico para el empaquetado de azúcar refinada.

La empresa Ramón Molina & Cía, C.A., ha realizado una inversión significativa al adquirir un dosificador volumétrico de alto rendimiento importado desde Brasil, fabricado por la reconocida empresa Indumak (Ver figura 43). Este moderno dosificador se destaca por ser un

empaquetado vertical automático que integra un sofisticado sistema de control electrónico basado en un PLC de la prestigiosa marca Allen Bradley. La accesibilidad y gestión de todas las funciones del dosificador se logran de manera intuitiva a través de una Interfaz Hombre-Máquina (IHM) de última generación. La robusta estructura sobre la cual reposa el dosificador, construida con acero al carbono y acero inoxidable en las zonas de contacto directo con el producto, garantiza una operatividad segura y duradera.

Cuadro 28. Características de operación del equipo

Características del equipo	Capacidad Productiva	70 paquetes por minuto
	Consumo neumático en el sellado	870 litros por minuto
	Consumo neumático en el estriado	700 litros por minuto
Características de operación actual	Capacidad operación de paquetes	24 paquetes por minuto
	Capacidad de producción de fardos	60 fardos por día
Características de operación mejorada	Capacidad de operación de paquetes	48 paquetes por minuto
	Capacidad de producción de fardos	120 fardos por día

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Por lo tanto, estos datos reflejan la eficacia y eficiencia operativa de este dosificador avanzado, que cumple con las exigencias de producción de la empresa sin comprometer la calidad del proceso de envasado de azúcar refinada. La decisión de mantener sin cambios el dosificador actual se fundamenta en su rendimiento excepcional y en su capacidad para satisfacer las necesidades de dosificación precisas requeridas en la producción de azúcar. Este equipo, avalado por su óptimo funcionamiento, se ha consolidado como un pilar fundamental en el proceso de empaquetado de la empresa, proporcionando confianza en la continuidad y eficacia de las operaciones. (Ver anexo B)



Figura 44: Dosificador volumétrico CG.

Fuente: Indumak.com.br (s.f)

4.4.4 Diseño de la cinta transportadora para la mesa de paletizado.

Para el diseño de la cinta transportadora que va a transportar los fardos hacia los pallets se desarrollaron los cálculos pertinentes, tomando en cuenta más allá del material que se va a transportar.

Cuadro 29. Características del fardo.

CARACTERÍSTICAS DEL FARDO DE AZÚCAR	
Peso	20-24 kg
Longitud	500 mm
Ancho	500 mm
Alto	150 mm

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Cuadro 30. Características de la producción actual.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN MEJORADA	
Capacidad de operación de paquetes	48 paquetes por minuto
Capacidad de operación de paquetes por dosificador	2280 paquetes por hora cada uno
Capacidad de operación de paquetes por turno	3450 paquetes por turno
Capacidad de operación de fardos por dosificador	120 fardos cada uno
Capacidad de operación de fardos por hora	240 fardos por hora
Capacidad de operación de fardos por turno	1440por turno

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Conociendo los siguientes datos para los cálculos necesarios (ver anexo)

Cuadro 31. Características de la posible producción.

DATOS	
Material	Azúcar granulada
Volumen de carga (Lv)	5,76 Ton/h
Peso específico	0,96 Ton/ m ³
Distribución granulométrica	0,6mm
Corrosión del material	Poco Abrasivo
Máxima Inclinación recomendada	17°
Longitud de la banda	8 m
Desnivel (H)	1,3 m
Ángulo de reposo	0° para el saco
Ángulo de sobrecarga dinámica	5° o 10°
Inclinación	9°
Tiempo de servicio	1 turno 6 h/ día

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Con los datos obtenidos podemos calcular la capacidad volumétrica que viene dada por:

$$Lm = \frac{Lv}{\rho}$$

Donde,

Lm = capacidad volumétrica

Lv = Volumen de carga

ρ = peso específico del material

Sustituyendo los datos,

$$Lm = \frac{6 \frac{Ton}{h}}{0,96 \frac{Ton}{m^3}} = 6 \frac{m^3}{h}$$

Selección de la banda.

Seleccionamos de la siguiente tabla las velocidades máximas recomendadas de acuerdo a los datos obtenidos, teniendo en cuenta las medidas del fardo que va a ser transportado por la banda, se selecciona un ancho mínimo de banda de 650mm.

Tamaño dimensiones máximas		Banda ancho mín mm	velocidad max			
uniforme hasta mm	mixto hasta mm		A m/s	B	C	D
50	100	400	2.5	2.3	2	1.65
75	150	500				
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
350	500	1200				
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
450	650	1600	5	4.5	3.5	3
500	700	1800				
550	750	2000	6	5	4.5	4
600	800	2200				

A - materiales ligeros deslizables, no abrasivos, peso específico de 0,5÷1,0 t/m ³	C - materiales medianamente abrasivos y pesados, peso específico de 1,5÷2 t/m ³
B - materiales no abrasivos de tamaño medio, peso específico de 1,0÷1,5 t/m ³	D - materiales abrasivos, pesados y cortantes > 2 t/m ³

Figura 45: Tabla de velocidades máximas aconsejables.

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Puesto que el azúcar es un material poco abrasivo, se toma como máxima velocidad recomendada la correspondiente al apartado A de la tabla en la figura mostrada anteriormente, con un valor igual a 3 m/s (Ver figura 45), pero teniendo en cuenta la velocidad de producción de la empresa Ramón Molina & Cía, C.A. vamos a tomar 1 m/s como la velocidad para el diseño y el ancho de banda de 650 mm.

Para obtener los valores del ancho de la banda requeridos, se debe calcular la capacidad de transporte volumétrica con $V=1\text{m/s}$, a partir de la siguiente fórmula:

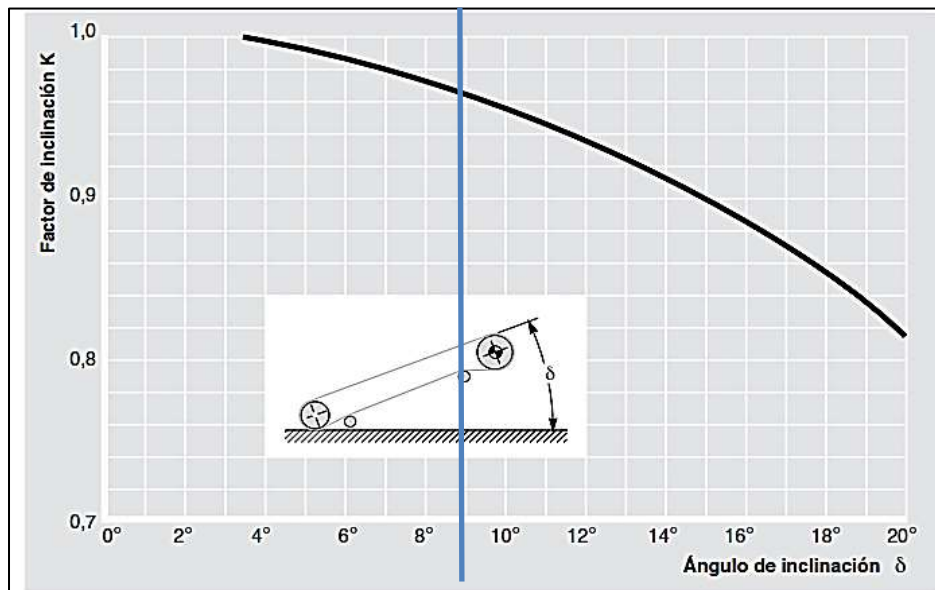
$$Lvt = \frac{Lm}{V \times K \times K1}$$

Donde, K y K1 son factores de inclinación que se seleccionan a continuación con la tabla (Ver figura 46).

Lvt = capacidad volumétrica de transporte.

Lm = capacidad volumétrica.

V = Velocidad de la banda.



- $K_1 = 1$ para alimentación regular
- $K_1 = 0.95$ para alimentación poco regular
- $K_1 = 0.90 \div 0.80$ para alimentación muy irregular

Figura 46: Tabla del factor de inclinación K.

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Donde se obtiene según el ángulo de inclinación en los datos y suponiendo una alimentación regular que:

$$K = 0,96$$

$$K1 = 1$$

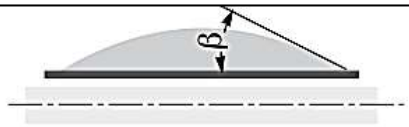
Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$Lvt = \frac{6 \frac{m^3}{h}}{1 \frac{m}{s} \times 0,96 \times 1} = 6,25 \frac{m^3}{h}$$

Ahora bien, seleccionamos el tipo de banda.

Tab. 5a - Capacidades de transporte volumétricas
con estaciones planas para $v = 1 \text{ m/s}$

Ancho banda mm	Ángulo de sobrecarga β	$lvt \text{ m}^3/h$ $\lambda = 0^\circ$
300	5°	3.6
	10°	7.5
	20°	15.4
	25°	20.1
	30°	25.2
400	5°	7.5
	10°	15.1
	20°	31.3
	25°	39.9
	30°	50.0



Ancho banda mm	Ángulo de sobrecarga β	$lvt \text{ m}^3/h$ $\lambda = 0^\circ$	Ancho banda mm	Ángulo de sobrecarga β	$lvt \text{ m}^3/h$ $\lambda = 0^\circ$
500	5°	12.6	1600	5°	152.6
	10°	25.2		10°	305.6
	20°	52.2		20°	630.7
	25°	66.6		25°	807.1
	30°	83.5		30°	1008.7
650	5°	22.3	1800	5°	194.7
	10°	45.0		10°	389.8
	20°	93.2		20°	804.9
	25°	119.5		25°	1029.9
	30°	149.4		30°	1287.0
800	5°	35.2	2000	5°	241.9
	10°	70.9		10°	484.2
	20°	146.5		20°	1000.0
	25°	187.5		25°	1279.4
	30°	198.3		30°	1599.1
1000	5°	56.8	2200	5°	295.5
	10°	114.4		10°	591.1
	20°	235.8		20°	1220.4
	25°	301.6		25°	1560.8
	30°	377.2		30°	1949.4
	5°		2400	5°	353.1
	10°			10°	706.3
	20°			20°	1458.3
	25°			25°	1865.1
	30°			30°	2329.5
	5°		2600	5°	415.9
	10°			10°	831.9
	20°			20°	1717.9
	25°			25°	2197.1
	30°			30°	2744.1

Figura 47: Tabla de capacidades de transporte volumétricas.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Se tomará una estación portante plana con ángulo de apertura de los rodillos laterales $\lambda = 0^\circ$. A partir de la tabla 5a, se deduce que se requiere una banda de 650 mm (Ver figura 47).

Paso de las estaciones

Ancho banda m	Paso de las estaciones ida peso específico del material a transportar t/m ³			retorno m
	< 1.2 m	1.2 ÷ 2.0 m	> 2.0 m	
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0

Figura 48: Tabla de paso máximo aconsejable de las estaciones.

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Entonces tenemos que el paso de las estaciones de ida debe ser de 1,65 m y el de retorno debe ser de 3,0 m (Ver figura 48) de modo que,

$$A_o = 1,65 \text{ m}$$

$$A_u = 3,0 \text{ m}$$

Elección de los rodillos.

Ancho banda mm	Para velocidad							
	$\leq 2 \text{ m/s}$ Ø rodillos mm		$2 \div 4 \text{ m/s}$ Ø rodillos mm			$\geq 4 \text{ m/s}$ Ø rodillos mm		
500	89			89				
650	89			89	108			
800	89	108		89	108	133	133	
1000	108	133		108	133		133	159
1200	108	133		108	133	159	133	159
1400	133	159		133	159		133	159
1600	133	159		133	159	194	133	159
1800	159	159	194	159	194			
2000	159	194		159	194		159	194
2200 y superior	194			194			194	

En caso de que se indicaran más diámetros, se elegirá en función del tamaño del material y de la dificultad de las condiciones de empleo.

Figura 49: Tabla del diámetro de los rodillos aconsejados.

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Tomando un ancho de banda de 650 mm y una velocidad de 1 m/s, elegimos un rodillo de 89mm de diámetro (Ver figura 49).



Figura 50: Rodillos Rumelca de la banda transportadora.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Carga de rotura de la banda N/mm	Banda reforzada con productos textiles (EP) Kg/m ²	Con elementos metálicos Steel Cord (ST) Kg/m ²
200	2.0	-
250	2.4	-
315	3.0	-
400	3.4	-
500	4.6	5.5
630	5.4	6.0
800	6.6	8.5
1000	7.6	9.5
1250	9.3	10.4
1600	-	13.5
2000	-	14.8
2500	-	18.6
3150	-	23.4

Los pesos del núcleo de la banda reforzadas con productos textiles o metálicos se dan a título indicativo en relación con la clase de resistencia.

Figura 51: Tabla del peso del núcleo e la banda qbn.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Se supondrá una banda con una carga de rotura de 250N/mm reforzado con productos textiles (EP) de 6 mm de espesor y se toma que cada mm de espesor tiene un peso de $\approx 1,15 \text{ Kg/m}^2$ (Ver figura 51).

Calculamos el peso por metro lineal de la banda qb para poder calcular las cargas de los rodillos, con la fórmula:

$$q_b = \frac{1,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{6 \text{ mm}} \times 2,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 2,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga estática en los rodillos

$$Ca = a_o \left(qb + \frac{Lv}{3,6 \times V} \right) \times 0.981$$

$$Ca = 1,65 m \left(2,65 \frac{kg}{m^2} + \frac{5,76 \frac{Ton}{h}}{3,6 \times 1 \frac{m}{s}} \right) \times 0.981$$

$$Ca = 6,88 daN$$

Carga dinámica.

Para calcularla carga dinámica de los rodillos necesitamos el factor de servicio, factor de choque y factor ambiental que obtenemos de las siguientes figuras.

Duración	Fs
Menos de 6 horas al día	0.8
De 6 a 9 horas al día	1.0
De 10 a 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

Figura 52: Tabla de factor de servicio Fs.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Condiciones	Fm
Limpio y con mantenimiento regular	0.9
Con presencia de material abrasivo o muy corrosivo	1.0
Con presencia de material muy abrasivo o corrosivo	1.1

Figura 53: Tabla de factor de ambiental Fm.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Tamaño del material	Velocidad de la banda m/s						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 + 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 + 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 + 300 mm en estrato de material fino	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150 + 300 mm sine estrato de material	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.50
300 + 450 mm	1.20	1.32	1.50	1.70	1.90	2.30	2.80

Figura 54: Tabla de factor de choque Fd.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Con lo cual se tiene que de acuerdo a los valores de servicio (ver figura 52), la condición ambiental de la empresa (ver figura 53) y el tamaño del material (ver figura 54), se concluye que los valores de los factores son los siguientes:

$$F_s = 1,0$$

$$F_d = 1,0$$

$$F_m = 0,9$$

$$Ca' = Ca \times F_d \times F_s \times F_m$$

Sustituyendo los valores en la fórmula se tiene que,

$$Ca' = 6,88 \text{ daN} \times 1,0 \times 1,0 \times 0,9$$

$$Ca' = 6,19$$

Carga estática del rodillo de retorno

Para la carga estática del rodillo de retorno necesitamos saber el factor de participación F_p a 0° por medio de la tabla figura 55.










0°	20°	20°	30°	35°	40°	45°	$30^\circ - 45^\circ$	60°
								
1.00	0.50	0.60	0.65	0.67	0.70	0.72	~ 0.55 - 0.60 Rodillo central más pequeño	0.40

Figura 55: Tabla de factor de participación del rodillo sometido a mayor tensión.

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Por lo tanto, con el valor de $F_p = 1,0$ sustituimos los valores en la fórmula

$$Cr = Au \times qb \times 0,981$$

$$Cr = 3,0 \text{ m} \times 2,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 0,981$$

$$Cr = 7,79 \text{ daN}$$

Carga dinámica en rodillos de retorno

Para calcular la carga dinámica en los rodillos de retorno necesitamos el factor de velocidad F_v que va de acuerdo a la figura 56.

Velocidad banda m/s	Diámetro de los rodillos mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0,5	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
1,0	0,92	0,87	0,85	0,83	0,82	0,80	0,80
1,5	0,99	0,99	0,92	0,89	0,88	0,85	0,82
2,0	1,05	1,00	0,96	0,95	0,94	0,90	0,86
2,5			1,01	0,98	0,97	0,93	0,91
3,0			1,05	1,03	1,01	0,98	0,92
3,5					1,04	1,00	0,96
4,0					1,07	1,03	0,99
4,5					1,14	1,05	1,02

Figura 56: Tabla de factor de velocidad F_v .

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Por lo que para una velocidad de 1 m/s y un diámetro de rodillos de 89 mm se tiene que el factor de velocidad es $F_v = 0,85$

$$Cr' = Cr \times F_s \times F_m \times F_v$$

$$Cr' = 7,79 \text{ daN} \times 1,0 \times 0,9 \times 0,85$$

$$Cr' = 5,95 \text{ daN}$$

Carga sobre rodillo de retorno

0°	20°	20°	30°	35°	40°	45°	30° - 45°	60°
1.00	0.50	0.60	0.65	0.67	0.70	0.72	- 0.55 - 0.60 Rodillo central más pequeño	0.40

Figura 57: Tabla de factor de participación.

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

$$Cr = Cr' \times F_p$$

$$Cr = 5,95 \text{ daN} \times 1,0$$

$$Cr = 5,95 \text{ daN}$$

Con los datos obtenidos se buscan los rodillos en el catálogo de Rumelca (Ver figura 58)

Choice of roller in relation to load capacity in daN, to diameter, to belt width and speed

ROLLER Ø mm	Belt Width			length C mm	PSV/1-FHD								PSV/2-FHD								PSV/3-FHD							
	Arrangements				belt speed m/s								belt speed m/s								belt speed m/s							
	300	400	500		1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
300	300	400	500	166	179	157	142	132	124																			
400	400	500	650	208	179	157	142	132	124																			
500	500	800	800	323	179	157	142	132	124																			
300	650	1000	388	179	157	142	132	124																				
400	800	1200	473	179	157	142	132	124																				
500	1400	538	179	157	142	132	124																					
89	500	1000	1600	608	179	157	142	132	124																			
1200	1200	708	173	157	142	132	124																					
650	758	161	167	142	132	124																						
1400	808	150	150	142	132	124																						
1600	908	133	133	133	132	124																						
800	958	126	126	126	126	124																						
1000	1158	104	104	104	104	104																						
1200	1408	85	85	85	85	85																						
1400	1608	75	75	75	75	75																						
1600	1808																											

Figura 58: Catalogo de Rodillos de Rumelca.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Para la ida: Rodillo 89 mm de diámetro. PSV2 con un rodamiento 6205 con una longitud de centro C = 758 mm, el cual tiene una capacidad de carga de 274 daN, lo cual cumple perfectamente con las condiciones (ver figura 59).

Para el retorno: Rodillo de 89 mm de diámetro PSV1 con un rodamiento 6024 con una longitud de centro C = 758 m, con una capacidad de carga de 161 daN, cumpliendo con las especificaciones requeridas para el diseño (ver figura 60).

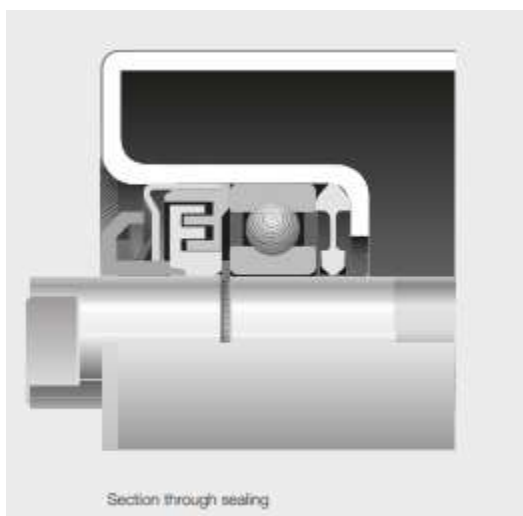


Figura 59: Rodillo 89 mm de diámetro PSV2.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

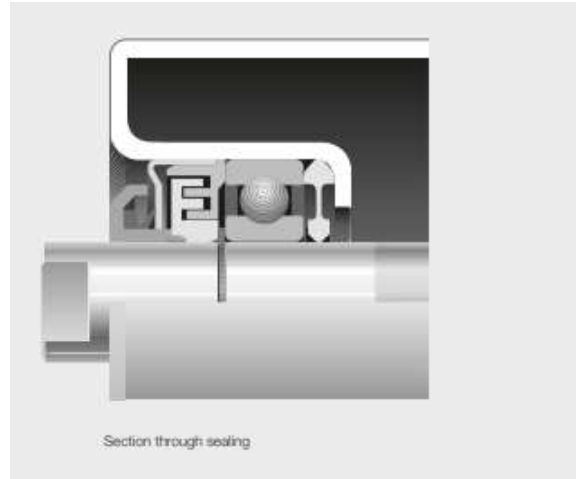


Figura 60: Rodillo 89 mm de diámetro PSV1.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Esfuerzo tangencial y potencia absorbida

Cintas transportadoras horizontales, ascendentes o ligeramente descendentes	velocidad m/s					
	1	2	3	4	5	6
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores estándares	0,0160	0,0165	0,0170	0,0180	0,0200	0,0220
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores altos en condiciones de trabajo difíciles	desde 0,023 hasta 0,027					
Elementos giratorios de cintas transportadoras descendentes con motor freno y/o generador	desde 0,012 hasta 0,016					

Figura 61: Tabla de coeficiente de rozamiento f del material y elementos giratorios.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Distancia entre ejes	
m	Cq
10	4.5
20	3.2
30	2.6
40	2.2
50	2.1
60	2.0
80	1.8
100	1.7
150	1.5
200	1.4
250	1.3
300	1.2
400	1.1

Figura 62: Tabla de coeficiente de las resistencias fijas.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Ancho banda mm	Diámetro rodillos mm									
	89		108		133		159		194	
	Pprs Kg	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	5.1	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—
650	9.1	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—
800	10.4	7.8	16.0	11.4	—	—	—	—	—	—
1000	11.7	9.1	17.8	13.3	23.5	17.5	—	—	—	—
1200	—	—	20.3	15.7	26.7	20.7	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	29.2	23.2	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	31.8	25.8	—	—	—	—
1800	—	—	—	—	—	—	47.2	38.7	70.5	55.5
2000	—	—	—	—	—	—	50.8	42.2	75.3	60.1
2200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Figura 63: Tabla de peso de las partes giratorias de los rodillos de las estaciones.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Temperatura °C	+ 20°	+ 10°	0	- 10°	- 20°	- 30°
Factor Ct	1	1,01	1,04	1,10	1,16	1,27

Figura 64: Tabla de coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Por medio del uso de las tablas de las figuras presentadas anteriormente se obtienen los siguientes datos:

$$D = 89 \text{ mm}$$

$$f = 0,0160$$

$$Cq = 4,5$$

$$qb = 2,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Ct = 1$$

Para calcular qro , qru y qrg necesarios para el cálculo de la fuerza tangencial Fu se deben utilizar las siguientes fórmulas:

$$qro = \frac{Pprs}{Ao} = \frac{\text{Peso de las partes giratorias superiores}}{\text{Paso de las estaciones de ida}}$$

$$qru = \frac{Ppri}{Au} = \frac{\text{Peso de las partes giratorias inferiores}}{\text{Paso de las estaciones de retorno}}$$

Sustituyendo los valores se tiene que,

$$qro = \frac{9,1 \text{ kg}}{1,65 \text{ m}} = 5,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$qru = \frac{6,5 \text{ kg}}{3,0 \text{ m}} = 2,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Para calcular qg se tiene la siguiente fórmula donde se van a sustituir los valores obtenidos:

$$qg = \frac{Lv}{3,6 \times V}$$

$$qg = \frac{5,76 \frac{\text{Ton}}{\text{h}}}{3,6 \times 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Entonces:

$$qro = 5,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$qru = 2,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$qg = 1,6 \frac{kg}{m}$$

El esfuerzo tangencial F_u viene dado por las sumas algebraicas de los esfuerzos tangenciales F_a y F_r correspondientes a los tramos de la banda superior e inferior respectivamente:

$$F_u = F_a + F_r$$

$$F_a = [L \times Cq \times f \times Ct (qb + qg + qro) + H (qg + qb)] 0,981$$

$$F_a = \left[8m \times 4,5 \times 0,0160 \times 1 \left(2,65 \frac{kg}{m^2} + 1,6 \frac{kg}{m} + 5,52 \frac{kg}{m} \right) + 1,3 m \left(1,6 \frac{kg}{m} + 2,65 \frac{kg}{m^2} \right) \right] 0,981$$

$$F_a = 10,94 \text{ daN}$$

$$F_r = [L \times Cq \times f \times Ct(qb + qru) - (H \times qb)] 0,981$$

$$F_r = \left[8 m \times 4,5 \times 0,0160 \times 1 \left(2,65 \frac{kg}{m^2} + 2,17 \frac{kg}{m} \right) - \left(1,3 m \times 2,65 \frac{kg}{m} \right) \right] 0,981$$

$$F_r = -0,66 \text{ daN}$$

$$\therefore F_u = 10,94 \text{ daN} + (-0,66 \text{ daN})$$

$$F_u = 10,28 \text{ daN}$$

Selección del motor reductor

Hipóticamente la eficiencia del reductor y de eventuales transmisiones es igual a $\eta = 0,86$

$$P = \frac{F_u \times V}{100 \times \eta}$$

$$P = \frac{10,28 \text{ daN} \times 1 \frac{m}{s}}{100 \times 0,86}$$

$$P = 0,12 \text{ kW}$$

Entonces,

$$P = 0,12 \text{ kW} \times 1,341 \text{ HP} = 0,16 \text{ HP}$$

IE2 - High Efficiency - 50 Hz ^{1) 2)}

Potencia		Categoría	Torque nominal Tn [kgm]	Corriente de arranque In [A]	Torque de arranque Tst [Nm]	Torque máximo Tmax [Nm]	Momento de inercia J [kgm²]	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Masa [kg]	Nivel de ruido [dB(A)]	Rotación nominal [rpm]	% de la potencia nominal						Corriente nominal In [A]
kW	HP							Rendimiento					Factor de potencia						
													50	75	100	50	75	100	
3 Polos																			
0.32	0.30	62	0.042	6.8	3.0	3.0	0.0001	37	61	6.3	62	2700	85.0	85.0	82.7	0.83	0.86	0.79	0.400
0.18	0.25	63	0.064	5.0	2.6	3.4	0.0001	16	40	6.8	52	2745	57.0	62.0	64.0	0.85	0.82	0.73	0.585
0.25	0.33	63	0.090	5.0	2.3	2.9	0.0002	15	30	7.0	52	2710	64.0	66.0	66.0	0.81	0.86	0.76	0.738
0.37	0.5	71	0.127	5.8	2.5	2.6	0.0004	12	26	8.3	56	2830	68.0	70.0	71.0	0.80	0.75	0.64	0.942
0.55	0.75	71	0.193	5.8	2.4	2.4	0.0005	9	20	11.3	56	2780	70.0	73.0	74.1	0.83	0.82	0.88	1.28
0.75	1	80	0.261	6.5	2.8	2.8	0.0008	14	31	11.2	59	2800	76.0	78.5	79.5	0.67	0.80	0.86	1.60
1.1	1.5	80	0.383	6.5	2.8	2.8	0.0009	10	22	11.9	59	2800	78.0	80.0	80.0	0.67	0.79	0.85	2.40
1.5	2	100/L	0.507	7.0	2.8	3.1	0.0021	7	16	18.2	62	2880	80.0	82.0	82.0	0.83	0.76	0.83	3.35
2.2	3	100/L	0.745	8.4	3.2	3.2	0.0035	9	11	22.8	62	2875	82.3	82.7	83.2	0.84	0.77	0.84	4.70
3	4	100/L	1.01	7.5	2.3	3	0.0067	7	15	26.3	67	2900	83.0	84.5	85.0	0.86	0.76	0.86	6.21

Figura 65: Catalogo de motores de WEG.
Fuente: Weg (2021)

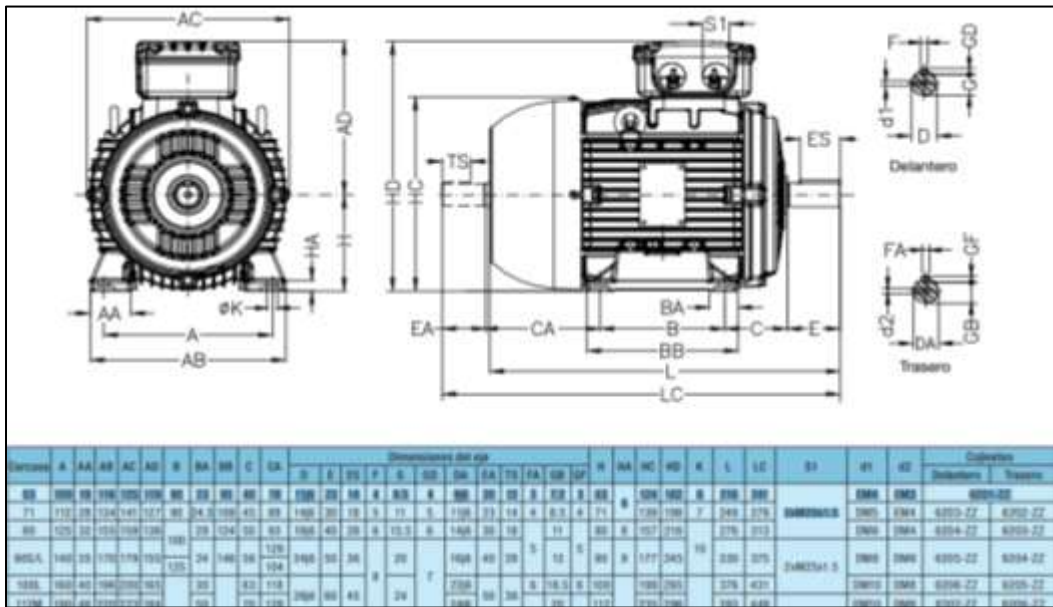


Figura 66: Dimensiones del motor seleccionado.
Fuente: Weg (2021).

Procedemos a calcular las tensiones de T1 – T2 – T3 – T0 – Tg

La tensión después del tambor motriz viene dada por:

Tensión del ramal flojo (T2)

$$T2 = Fu \times Cw$$



Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento α	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.20	0.80
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60

Figura 67: Tabla de factor de abrazamiento C_w .

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Para un ángulo de abrazamiento de 180°, con una moto tambor revestimiento de goma situado en la cabeza, $C_w = 0,50$ (ver figura 67). Sustituimos en la fórmula para el ramal flojo T2:

$$T_2 = 10,28 \text{ daN} \times 0,50$$

$$T_2 = 5,14 \text{ daN}$$

Tensión en el ramal tenso (T1)

$$T_1 = Fu + T_2$$

$$T_1 = 10,28 \text{ daN} + 5,14 \text{ daN}$$

$$T_1 = 15,42 \text{ daN}$$

Tensión después del tambor de retorno, vendrá dado por:

$$T_3 = T_2 + Fr$$

$$T_3 = 5,14 \text{ daN} - 0,66 \text{ daN}$$

$$T_3 = 4,48 \text{ daN}$$

Luego de obtener a T3, buscamos la flecha de flexión máxima entre dos estaciones, que se define por medio de:

$$T_0 = 6,25 (qb + qg)A_0 \times 0,981$$

$$T_0 = 6,25 \left(2,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 1,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) 1,65 \text{ m} \times 0,981$$

$$T_0 = 42,99 \text{ daN}$$

Debido a que la tensión T3 es menor que T0 se deberá utilizar un contrapeso dimensionado para obtener la tensión T0, por lo que se asume que $T_3 = T_0$ y por consecuencia de recalculan T1 y T2, obteniendo entonces que,

$$T_2 = 43,65 \text{ daN}$$

$$T_1 = 53,93 \text{ daN}$$

$$T3 = 42,99 \text{ daN}$$

Tensión en el contrapeso Tg

$$Tg = 2 \times T3$$

$$Tg = 2 \times 42,99 \text{ daN}$$

$$Tg = 85,98 \text{ daN}$$

Elección de la Banda

Dada la máxima tensión de trabajo del transportador T1 = 53,93 daN. La tensión unitaria de trabajo de la banda por mm de ancho viene dada por:

$$Tu \text{ máx} = \frac{Tmáx \times 10}{N}$$

$$Tu \text{ máx} = \frac{53,93 \text{ daN} \times 10}{650 \text{ mm}}$$

$$Tu \text{ máx} = 0,83 \text{ N/mm}$$

Al tratarse de una cinta con revestimiento textil, se le aplica un factor de seguridad de 10, por lo tanto:

$$Tu \text{ máx} = 0,83 \frac{N}{mm} \times 10 = 8,3 \frac{N}{mm}$$

Al seleccionar una carga de rotura de $\frac{250 N}{mm}$ la cinta cumple con las especificaciones (ver figura 51).

Selección del tambor y contra tambor

Tab. 13 - Diámetros mínimos recomendados de los tambores

Carga de rotura de la banda N/mm	Bandas reforzadas con productos textiles DIN 22102			Bandas reforzadas con elementos metálicos ST DIN 22131		
	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

Diámetros mínimos recomendados para los tambores en mm, hasta el 100% de carga de trabajo máxima recomendada FMBT ISO bis/3854

Figura 68: Tabla de diámetros mínimos recomendados de los tambores.

Fuente: Rulli Rumelca (2010).

Se selecciona de acuerdo a 650 mm de ancho de banda mínimo y 250 N/ mm de carga de rotura (ver figura 68), con lo cual se tiene que:

$$DT = 250 \text{ mm}$$

$$DCT = 200 \text{ mm}$$

Además, se usó del peso y distancia de momento flector de cada uno de los tambores:

$$qt = 220 \text{ daN}$$

$$at = 0,18 \text{ m}$$

$$qct = 170 \text{ daN}$$

$$act = 0,18 \text{ m}$$

La velocidad de giro del tambor dependerá de su diámetro correspondiente, entonces:

$$\eta = \frac{V \times 1000 \times 60}{D \times \pi}$$

$$\eta = \frac{1 \frac{m}{s} \times 1000 \times 60}{250 \text{ mm} \times \pi}$$

$$\eta = 76 \text{ rpm}$$

Se procede a determinar las cargas y momentos del tambor

Resultante Cp de las tensiones

$$Cp = \sqrt{(T_1 + T_2)^2 + q_T^2}$$

$$Cp = \sqrt{(53,93 \text{ daN} + 43,65 \text{ daN})^2 + 220 \text{ daN}^2}$$

$$Cp = 240,67 \text{ daN}$$

Momento Flector

$$Mf = \frac{Cp}{2} \times a$$

$$Mf = \frac{240,67 \text{ daN}}{2} \times 0,18 \text{ m}$$

$$Mf = 21,66 \text{ daNm}$$

Momento de torsión

$$MT = \frac{P}{\eta} \times 954,9$$

$$MT = \frac{0,12 \text{ kW}}{76 \text{ rpm}} \times 954,9$$

$$MT = 1,51 \text{ daNm}$$

Momento ideal de flexión

$$M_{if} = \sqrt{Mf^2 + 0,75 \times Mt^2}$$

$$M_{if} = \sqrt{21,66 \text{ daN}^2 + 0,75 \times 1,51 \text{ daNm}^2}$$

$$M_{if} = 21,69 \text{ daNm}$$

Tenemos como consecuencia que el módulo de resistencia W vale, supuesto σ_{adm} para el acero normalizado C40 Normalizado de la figura 69.

Tipo di acero	daN/mm ²
38 NCD	12,2
C 40 Bonificado	7,82
C 40 Normalizado	5,8
Fe 37 Normalizado	4,4

Figura 69: Tabla de valores de esfuerzo admisible.
Fuente: Rulli Rumelca (2010).

C 40 Normalizado tiene un $\sigma_{adm} = 5,8 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$

Entonces W viene definido por:

$$W = \frac{M_{if} \times 1000}{\sigma_{adm}}$$

$$W = \frac{21,69 \text{ daNm} \times 1000}{5,8 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}}$$

$$W = 3739,66 \text{ mm}^3$$

Se determina el diámetro del eje del tambor

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times W}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times 3739,66 \text{ mm}^3}{\pi}}$$

$$d = 33,64 \text{ mm} \approx 34 \text{ mm}$$

Calculamos para el eje del contra tambor

$$C_{pr} = \sqrt{(2 \times T_3)^2 + q_T^2}$$

$$C_{pr} = \sqrt{(2 \times 42,99 \text{ daN})^2 + 170 \text{ daN}^2}$$

$$C_{pr} = 190,51 \text{ daN}$$

Momento de flexión

$$Mf = \frac{Cpr}{2} \times act$$

$$Mf = \frac{190,51 \text{ daN}}{2} \times 0,18 \text{ m}$$

$$Mf = 17,15 \text{ daNm}$$

Tendremos como consecuencia que el módulo de resistencia W vale, supuesto σ_{adm} para el acero normalizado C40 Normalizado (ver figura 69). C 40 Normalizado tiene un $\sigma_{adm} = 5,8 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$.

$$W = \frac{Mif \times 1000}{\sigma_{adm}}$$

$$W = \frac{17,15 \text{ daNm} \times 1000}{5,8 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}}$$

$$W = 2956,89 \text{ mm}^3$$

Donde obtenemos que el diámetro del tambor motriz será:

$$d = \sqrt[3]{\frac{W \times 32}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{2956,89 \text{ mm}^3 \times 32}{\pi}}$$

$$d = 31,11 \text{ mm} \approx 31 \text{ mm}$$

Conclusiones

- Velocidad de transporte definida del material 1 m/s.
- La estación es plana con $\lambda = 0^\circ$.
- Estación inferior plana también.
- Ancho de banda de 650 mm con una carga de rotura de 250 N/mm.
- Paso de estaciones portantes de 1,65 m.
- Paso de estaciones de inferiores de 3,0 m.
- Rodillos portantes de ida serie PSV2 6025 de 89 mm de diámetro, $C = 758 \text{ mm}$ y capacidad de carga de 274 daN.
- Rodillos de retorno serie PSV1 6024 de 89 mm de diámetro, $C = 758 \text{ mm}$ y capacidad de carga de 161 daN.

- Tambor motriz: $D = 250$ mm, diámetro de eje = 34 mm.
- Contra tambor: $D = 200$ mm, diámetro de eje = 31 mm.

Diseño del sistema digitalizado

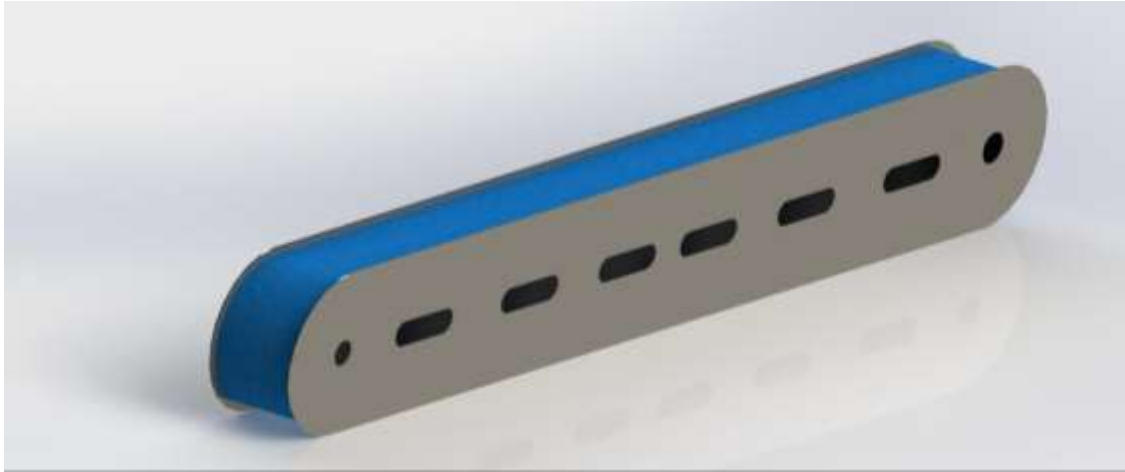


Figura 70: Banda transportadora con refuerzos textiles (EP).

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

4.4.5 Solución alternativa seleccionada para el área de paletizado

Mesa elevadora

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el proceso de selección de alternativas de Vélchez, se puede evidenciar que la mejor alternativa de solución para el área de paletizado es el uso de la mesa elevadora en conjunto con la banda transportadora (ver figura 71). El sistema propuesto comprende una mesa elevadora que inicia en una posición elevada para cargar eficientemente los fardos de azúcar en la banda transportadora, la cual funcionara con un motor eléctrico trifásico programable con la función de subir y bajar la carga de manera automatizada. Una vez alcanza su máxima altura, la mesa inicia su descenso gradual de manera automatizada, teniendo una etapa inicial elevada y su etapa final cuando ya ha descendido hasta su punto mínimo, logrado mediante una serie de intervalos donde la mesa va bajando su altura de manera gradual (ver figura 81).



Figura 71: Diseño digitalizado de la mesa elevadora.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

La automatización de este proceso se potencia a través de un sensor óptico contador ubicado en los bordes de la base de la mesa giratoria, desencadenando así el descenso de la mesa para completar una capa en la paleta de forma precisa y eficiente, además de un sensor óptico que capte el giro de la mesa cada 6 fardos, ubicados en cada vértice de la base giratoria de la mesa (ver figura 82). Este enfoque no solo optimiza el proceso de paletizado al garantizar la correcta disposición de los fardos de azúcar en la paleta, sino que también mejora la seguridad y eficiencia al reducir significativamente la intervención manual en estas tareas repetitivas. Con esta estrategia, se logra una sincronización perfecta entre la mesa elevadora y la banda transportadora, optimizando el flujo de producción y garantizando un paletizado preciso y eficiente en todo momento.

Para calcular la potencia requerida en HP (caballos de fuerza) para un motor rotativo AC (ver figura 72), que levante 1800 kg en un área de 1400mm x 1400mm a una altura de 1300mm en un tiempo de 10 segundos, debemos seguir los pasos a continuación.



Figura 72: Motor rotativo de la mesa elevadora.
Fuente: Weg (2021)

Calcular el trabajo realizado

El trabajo realizado para levantar un objeto se puede calcular como el trabajo en contra de la gravedad, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Trabajo} = \text{Fuerza} \times \text{Distancia}$$

En este caso, la fuerza necesaria para levantar el objeto se puede encontrar usando la fórmula de la fuerza gravitacional:

$$\text{Fuerza} = \text{Masa} \times \text{aceleracion debido a la gravedad}$$

$$F = 1800\text{kg} \times \frac{9.81\text{m}}{\text{s}^2} \text{ (aceleracion debido a la gravedad)}$$

$$F = 17658\text{N} \text{ (newtons)}$$

La distancia a la que se levanta el objeto es la altura, que es 1300 mm = 1.3 m.

El trabajo realizado es

$$\text{Trabajo} = \text{Fuerza} \times \text{Distancia}$$

$$\text{Trabajo} = 17658\text{N} \times 1.3\text{m}$$

$$\text{Trabajo} = 22955.4 \text{ Joules}$$

Calcular la potencia requerida

La potencia requerida para realizar este trabajo en un tiempo determinado se puede calcular con la fórmula:

$$\text{Potencia} = \text{Trabajo} / \text{Tiempo}$$

$$\text{Potencia} = \frac{22955.4 \text{ Joules}}{10\text{segundos}}$$

$$\text{Potencia} \approx 2295.54 \text{ Watts}$$

Convertir la potencia a HP

Para convertir la potencia de Watts a caballos de fuerza (HP), utilizamos la relación:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ Watts}$$

Por lo tanto:

$$\text{Potencia} = 2295.54 \text{ Watts} / 746$$

$$\text{Potencia} \approx 3.08 \text{ HP}$$

Potencia		Carcasa	Torque nominal Tn (kgm)	Corriente de arranque Ia (A)	Torque de arranque T1 (kgm)	Torque máximo T1/Tn	Momento de inercia J (kgm²)	Tiempo resumen con motor trabado (s)		Masa (kg)	Nivel de ruido (dB(A))	Rotación nominal (rpm)	380 V						Corriente nominal In (A)
kW	HP							% de la potencia nominal											
								Rendimiento					Factor de potencia						
		50	75	100	50	75	100												
Vl Poleas																			
0.12	0.16	63	0.129	3.0	1.9	2.0	0.0006	52	114	7.4	43	906	42.0	50.0	52.0	0.43	0.53	0.63	0.557
0.18	0.25	71	0.182	3.2	2	2	0.0008	96	211	10.5	43	915	52.0	58.0	59.0	0.40	0.51	0.58	0.799
0.25	0.33	71	0.274	3.2	1.9	2.1	0.0008	70	154	12.5	43	890	53.0	60.0	61.6	0.37	0.48	0.58	1.06
0.37	0.5	80	0.390	4.1	2	2.4	0.0022	24	53	14.0	43	925	65.0	67.0	67.8	0.47	0.62	0.72	1.16
0.55	0.75	80	0.576	4.5	2.3	2.5	0.0030	21	46	13.6	43	930	65.0	71.0	73.1	0.50	0.62	0.72	1.59
0.75	1	905-L	0.790	4.5	2	2.1	0.0055	23	51	18.2	45	925	74.5	76.0	76.0	0.51	0.64	0.73	2.05
1.1	1.5	905-L	1.16	4.7	2.3	2.2	0.0066	17	37	20.7	45	925	76.0	78.1	78.1	0.50	0.63	0.73	2.93
1.5	2	100L	1.54	6.0	2	2.4	0.0110	15	33	25.9	44	950	76.0	79.8	79.8	0.52	0.65	0.73	3.92
2.2	3	112M	2.24	6.0	2	2.4	0.0257	10	22	38.8	48	955	80.0	81.8	81.8	0.52	0.65	0.73	5.60
3	4	S132S	3.04	5.7	2	2.4	0.0359	31	66	53.0	53	960	82.5	83.8	83.8	0.50	0.63	0.71	7.66
4	5.5	132M	4.04	6.0	2.1	2.5	0.0453	21	46	55.4	53	965	84.0	84.8	84.8	0.51	0.64	0.72	8.96
5.5	7.5	132M	5.55	6.4	2.5	2.8	0.0604	19	42	75.0	53	965	85.5	86.1	86.1	0.51	0.64	0.72	13.5
7.5	10	160RAL	7.45	6.8	2.2	2.9	0.1055	10	22	89.1	56	980	86.6	87.2	87.2	0.58	0.71	0.78	16.7
9.2	12.5	160RAL	9.14	6.8	2.3	3	0.1286	10	22	109	57	980	86.5	87.5	88.1	0.55	0.69	0.77	20.6
11	15	160RAL	11.0	6.5	2.4	2.8	0.1689	10	22	114	57	970	88.0	88.7	88.7	0.63	0.75	0.81	23.3
15	20	180RAL	15.0	8.5	3.1	3.4	0.2705	6	13	146	56	975	89.0	89.7	89.7	0.68	0.80	0.86	29.6
18.5	25	200RAL	18.4	7.5	2.7	2.7	0.3385	8	18	178	58	980	89.0	90.4	90.4	0.62	0.76	0.80	38.8
22	30	200RAL	21.9	8.0	3	3.1	0.3865	8	18	199	58	980	88.5	90.0	90.9	0.59	0.71	0.78	47.2

Figura 73: Catalogo del motor rotativo.

Fuente: Weg (2021).

Por lo tanto, la potencia requerida en HP para el motor rotativo AC según el catálogo de motores WEG es aproximadamente 3.08 HP para levantar 1800 kg en un área de 1400mm x 1400mm a una altura de 1300mm en un tiempo de 10 segundos (ver figura 73). Por otra parte, al presente motor se le debe adaptar un reductor para así obtener un mayor torque a menores revoluciones por minuto por parte del motor eléctrico dicha reductor debe funcionar directamente mediante engranajes para así poder obtener un mayor aprovechamiento de espacio en el área a trabajar, por lo tanto, debido a la adaptación del reductor al obtener más torque, se puede utilizar un motor con un menor valor de HP, los planos del diseño de la mesa y los renderizados están incluidos en los apéndices G y H respectivamente, como resultado final de la solución.

Por último, se calcula el rodamiento que se encarga del giro de la mesa, el cual se calcula en base a la carga, vida nominal en horas de funcionamiento obtenido del catálogo general de skf. en este caso la mesa automatizada. El calculo viene definido por la siguiente ecuación.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10} = \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6}\right)^3$$

Donde,

P = 17658 N, carga estática equivalente.

L₁₀ = Vida nominal en millones de revolución.

L_{10h} = Vida nominal en horas de funcionamiento.

$n = 2.5 \text{ rpm}$ Velocidad de giro.

Valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas	
Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos periodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000

Figura 74: Vida nominal en horas de funcionamiento L_{10h} , según tipo de máquina.
Fuente: Catalogo General SKF (2019).

Entonces, tomando la vida nominal en horas de funcionamiento en base a 10.000 horas, por ser una máquina para 8 horas de trabajo diario, sustituimos los valores de la fórmula.

$$L_{10} = \left(\frac{10.000 * 60 * 2.5 \text{ rpm}}{10^6} \right)^3$$

$$L_{10} = 3,375$$

Despejamos a C de la primera ecuación, para obtener la carga con la que debe cumplir el rodamiento para el giro de la mesa.

$$C = (L_{10})^{1/3} * P$$

$$C = (3,375)^{1/3} * 17.658 \text{ N}$$

$$C = 26,48 \text{ kN}$$

Una vez que obtenemos el resultado de la carga mínima del rodamiento, seleccionamos el tipo de rodamiento por medio del catálogo de SKF, donde se tiene un modelo de rodamientos rígidos de una hilera de bolas, designado 16015, con una capacidad de carga básica de 30,2 kN.

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas
d 75 – 80 mm

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ²⁾
mm			kN		kN	r.p.m.		kg	–	
75	95	10	12,5	10,8	0,585	–	4 000	0,15	* 61815-2RS1	–
	95	10	12,5	10,8	0,585	14 000	7 000	0,15	* 61815-2RZ	–
	95	10	12,5	10,8	0,585	14 000	8 500	0,15	* 61815	–
105	16	24,2	19,3	0,965	13 000	8 000	0,36	* 61915	–	
	16	24,2	22,4	0,965	–	3 600	0,37	* 61915-2RS1	–	
	16	24,2	22,4	0,965	13 000	6 300	0,37	* 61915-2RZ	–	
115	13	30,2	27	1,14	12 000	7 500	0,46	* 6015	–	
	20	41,6	33,5	1,43	12 000	10 000	0,74	* 6015 M	–	
	20	41,6	33,5	1,43	12 000	7 500	0,65	* 6015	–	
115	20	41,6	33,5	1,43	–	3 400	0,67	* 6015-2RS1	6015-RS1	
	20	41,6	33,5	1,43	12 000	6 000	0,67	* 6015-2RZ	6015-RZ	
	20	41,6	33,5	1,43	12 000	6 000	0,68	* 6015-2Z	6015-Z	
130	25	68,9	49	2,04	10 000	9 500	1,4	* 6215 M	–	
	25	68,9	49	2,04	10 000	6 700	1,2	* 6215	–	
	25	68,9	49	2,04	–	3 200	1,2	* 6215-2RS1	6215-RS1	

Figura 75: Catalogo de rodamientos rígidos de una hilera de bolas SKF.
Fuente: Catalogo de rodamientos SKF (2019).

4.4.6 Programación del PLC Allen Bradley

En este caso, se seleccionó el Controlador Lógico Programable de la marca Allen Bradley, puesto que los dosificadores de la empresa Indumak que se encuentran operativos en la empresa Ramón Molina & Cía, cuentan con un sistema de PLC integrado de la misma marca, por lo que, facilita la gestión de repuestos y mantenimiento, al utilizar el mismo fabricante para los PLC en diferentes equipos dentro de una planta, se simplifica el proceso de capacitación, mantenimiento y resolución de problemas, al contar con una experiencia consistente en la programación y operación de los sistemas (ver figura 15). Allen Bradley es una reconocida marca en el ámbito de los PLC y sistemas de automatización industrial. Se caracteriza por su fiabilidad y eficiencia en entornos industriales.

El modelo que se implementó es el Micro PLC 820, es parte de la línea de productos de Allen Bradley y está diseñado para aplicaciones industriales de menor envergadura que requieren

control y monitoreo automatizado para su programación se hace uso del software CCW (*Connected Components Workbench*), el software es una herramienta de programación desarrollada por Allen Bradley para configurar y programar sus Controladores Lógicos Programables, como el Micro PLC 820 (ver figura 76). CCW proporciona una interfaz intuitiva para programar el PLC, permitiendo a los ingenieros y técnicos de automatización crear y optimizar la lógica de control de forma eficiente.

Posteriormente, se anexa una lista del paso a paso del procedimiento para el empaquetado de azúcar que se maneja actualmente, lo cual representa visualmente las etapas secuenciales del proceso de empaquetado de azúcar. Cada etapa, desde la llegada de la materia prima hasta la salida del producto terminado, se documenta de manera ordenada y detallada, proporcionando una visión completa del flujo de trabajo, las interacciones entre los equipos y el personal, así como los puntos críticos que requieren supervisión y control específicos durante el proceso.

Por consiguiente, se ilustran los diagramas de flujo de los cambios realizados por medio de la automatización (ver figuras 77 y 78), refiriéndose a la integración de sistemas automatizados, como el PLC mencionado previamente, para optimizar tareas repetitivas, mejorar la precisión y eficiencia, y reducir la dependencia de la intervención humana directa en las operaciones de empaquetado de azúcar. También pueden incluir la implementación de sensores para monitorear el flujo de materiales, el control automatizado de las máquinas de empaquetado, lo cual se representa a continuación por medio de los diagramas de flujo de los sistemas y una visualización de las conexiones de estos sistemas por medio del software de Cade Simu en *ladder*.



Figura 76: Micro PLC 820.

Fuente: *Rocwell Automation*.

4.4.7 Paso a paso del proceso de empaquetado de azúcar.

1. Descarga de la materia prima (azúcar refinada)
2. Operador 1 de montacargas sube los sacos de azúcar de 50 kg a la mezzanina en una mesa.
3. Se encienden todos los sistemas de empaquetado.
4. Operador 2 carga el saco manualmente desde la mesa de la mezzanina a la tolva 1.
5. Operador 2 rompe el saco arriba de la tolva y lo vierte en la tolva 1.
6. Operador 2 rompe el saco arriba de la tolva y lo vierte en la tolva 2.
7. Se repite el paso 5 y 6 hasta 5 veces.
8. El operador 3 programa los dosificadores con las medidas.
9. Se da inicio a los dosificadores y pasa el azúcar de las tolvas al dosificador.
10. Se llena paquete por paquete en los dosificadores para un total de 48 paquetes por cada dosificador.
11. Se van desplazando uno por uno los paquetes por las bandas transportadoras de los dosificadores.
12. Cae uno por uno los paquetes del dosificador 1 a la enfardadora.
13. Cae uno por uno a la vez paquetes del dosificador 2 para enfardado manual en una bandeja.
14. La enfardadora hace el fardo, una vez está el peso de los 24 kg cae el fardo y se sella.
15. Cae el fardo en la cinta transportadora.
16. A la vez el operador 1 va enfardando manualmente los 24 paquetes de azúcar y lo sella.
17. El operador 2 va armando la paleta con los fardos de la enfardadora.
18. El operador 3 va armando la paleta de los fardos manuales.
19. Una vez armada la paleta el operador 1 mueve las paletas al camión de carga.
20. Cargado el camión está listo para ser distribuida el azúcar al consumidor final, en este caso los establecimientos de venta.

En definitiva, el proceso de producción de azúcar refinada es una secuencia meticulosa que abarca desde la descarga de la materia prima hasta la distribución al consumidor final. Cada paso, desde la manipulación de la materia prima hasta el empaquetado y la preparación para la

distribución, requiere habilidades específicas y coordinación entre los operadores. La eficiencia y cuidado en cada etapa son fundamentales para garantizar la calidad del producto final. Además, se destaca que muchos de los procesos se realizan de manera manual, lo que resalta la destreza y habilidad necesarias en la cadena de suministro para llevar el producto desde su origen hasta su destino final. Este proceso ilustra la dedicación y destreza necesarias en la cadena de suministro para llevar el producto desde su origen hasta su destino final.

4.4.8. Diagramas de flujo para la programación de los sistemas por el PLC.

Los diagramas de flujo son fundamentales para la programación de sistemas a través de Controladores Lógicos Programables (PLC) debido a su capacidad para visualizar y organizar la lógica de control de manera clara y comprensible. Estos diagramas sirven como una representación gráfica de los procesos y decisiones lógicas que se deben programar en el PLC, lo que facilita la identificación de posibles errores, la depuración del código y la comprensión general del funcionamiento del sistema. Además, los diagramas de flujo permiten una documentación detallada y estructurada de la lógica de control, lo que resulta crucial para el mantenimiento, la modificación y la escalabilidad de los sistemas automatizados, garantizando así su eficiencia y correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

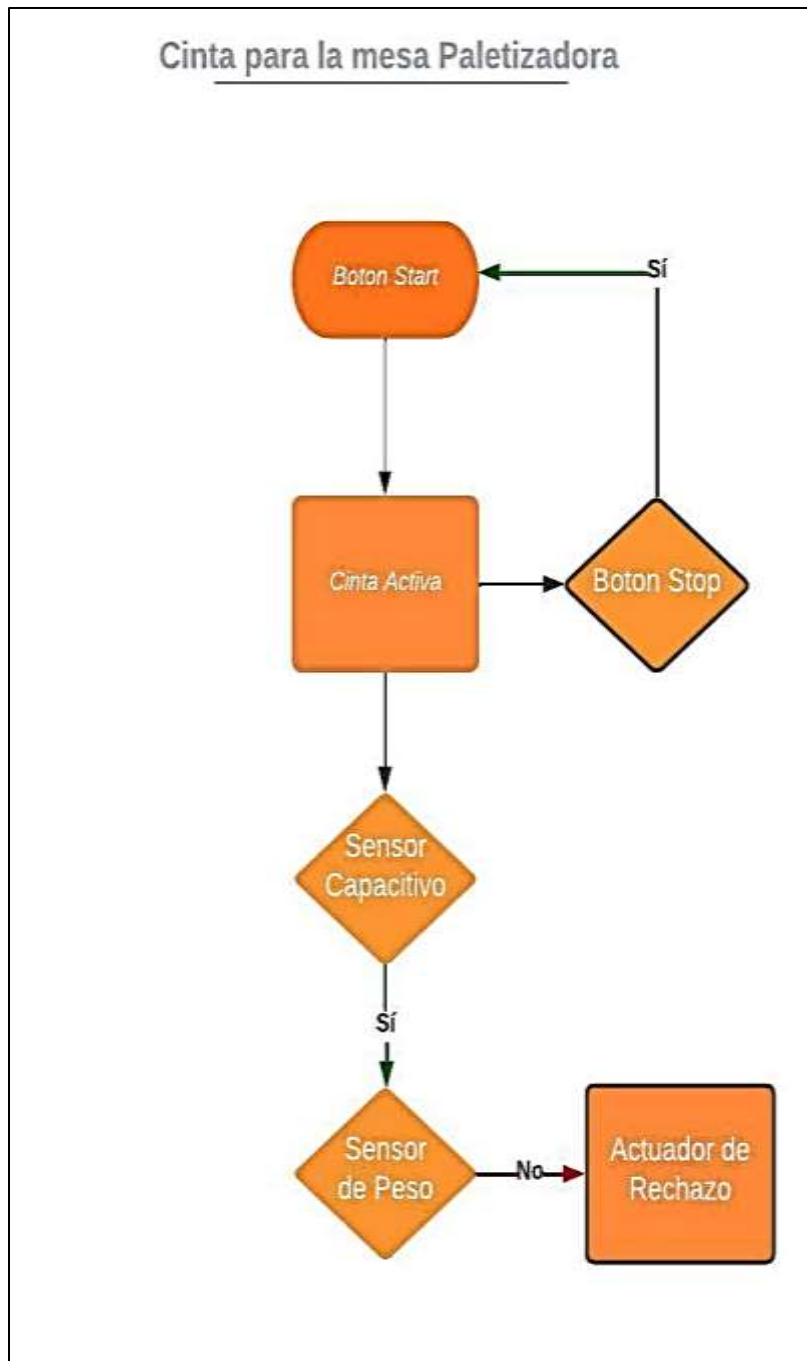


Figura 77: Diagrama de flujo para la cinta de la mesa paletizadora.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

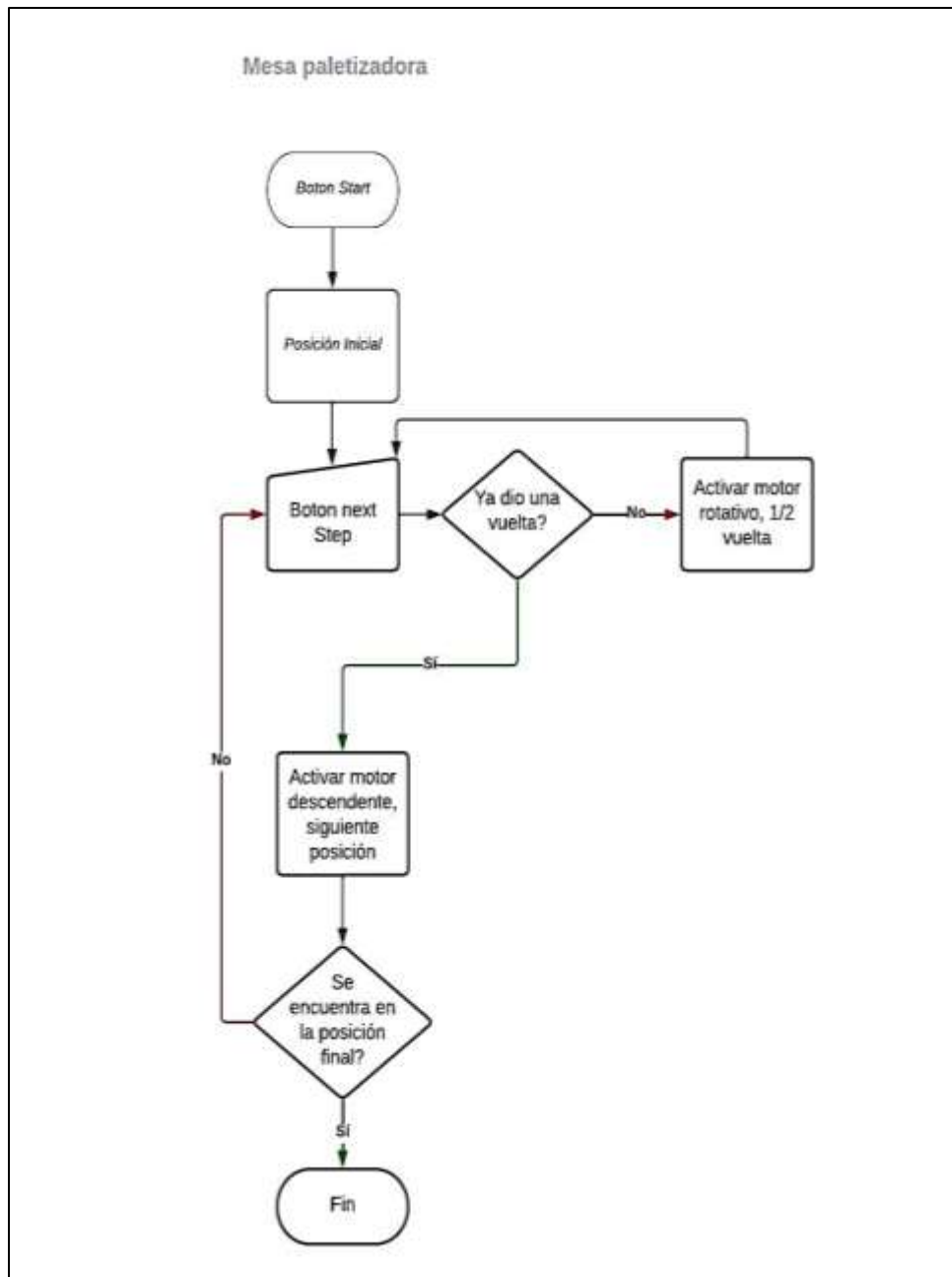


Figura 78: Diagrama de flujo para la mesa paletizadora
 Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

4.4.9. Lenguaje *ladder* del PLC para el proceso de empaquetado de azúcar.

El lenguaje *ladder* del PLC permite la programación de la lógica de control a través de símbolos gráficos que representan las funciones de entrada, salida, temporizadores, contadores, sensores, pulsadores, contactores y más. En este contexto, el PLC se encarga de automatizar tareas como el traslado de los sacos de azúcar, el control de las bandas transportadoras, la coordinación

de los dosificadores y coordinación de movimientos de la mesa paletizadora. Esta aplicación del lenguaje *ladder* del PLC mejora la eficiencia del proceso al reducir la dependencia de la intervención manual en tareas repetitivas, garantizando así la precisión y consistencia en el empaquetado del azúcar. Cabe destacar que se lleva a cabo la idea por por medio del software de Cade Simu con la una representación gráfica del mismo.

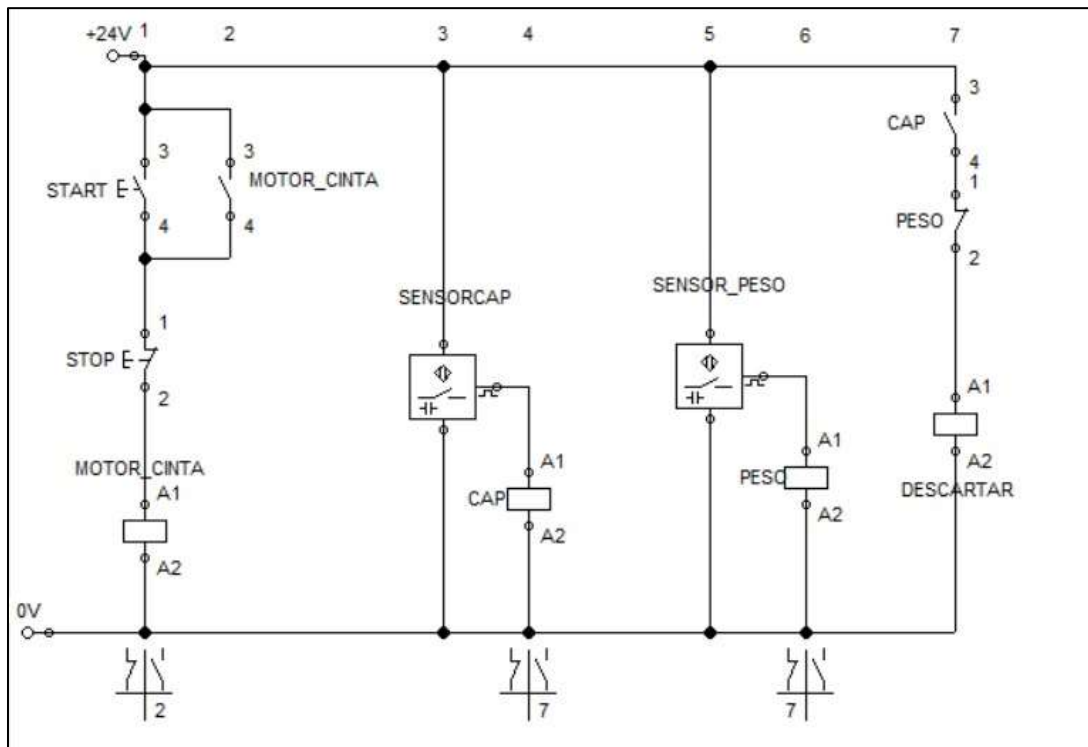


Figura 79: Programación de la automatización de la cinta por *ladder*.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Ahora bien, la programación que se visualiza en la figura 79, es el de la automatización de la cinta transportadora que se ubica antes de la mesa elevadora giratoria para la paletización, se basa en el inicio desde el encendido del motor que se encarga de que la cinta avance, cuenta con un sensor de peso al final de la misma con el fin de que se mida el peso del fardo verificando que sea el correcto con una tolerancia de peso anteriormente programada en el sensor de peso, en caso de no ser el adecuado se activará un sensor neumático que va a desplazar el fardo fuera de la cinta, para luego ser verificado.

Tomando en cuenta que se cuenta también con un sensor contador en la cinta transportadora de cada dosificador encargada de contar cuantos paquetes van pasando por la misma evitando que

falte alguno en los fardos, en caso de faltar alguno luego de contar 24 paquetes se encenderá una seña lumínica y sonora para avisar el paquete faltante, con la finalidad de que el actuador de rechazo solo se active en casos puntuales, para evitar un reproceso del fardo.

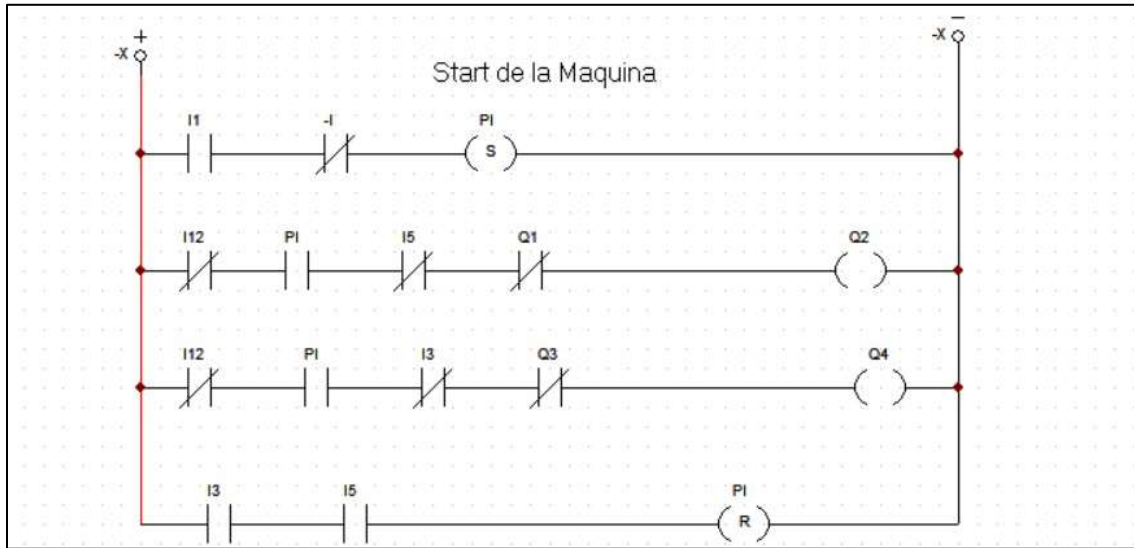


Figura 80: Representación gráfica de la programación del inicio de la mesa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Respecto a la figura 80, se observa la programación del encendido de la mesa paletizadora, con la cual un sensor capacitivo se encarga de encender el motor que hace iniciar la máquina, en este caso sería el mismo motor que se encarga del movimiento vertical de la mesa, posicionando la mesa en su estado inicial a su altura máxima para el comienzo de llenado de los *pallets*, esta mesa cuenta con un sensor óptico en los vértices que indicará que la paleta se encuentra posicionada en la base de la mesa.

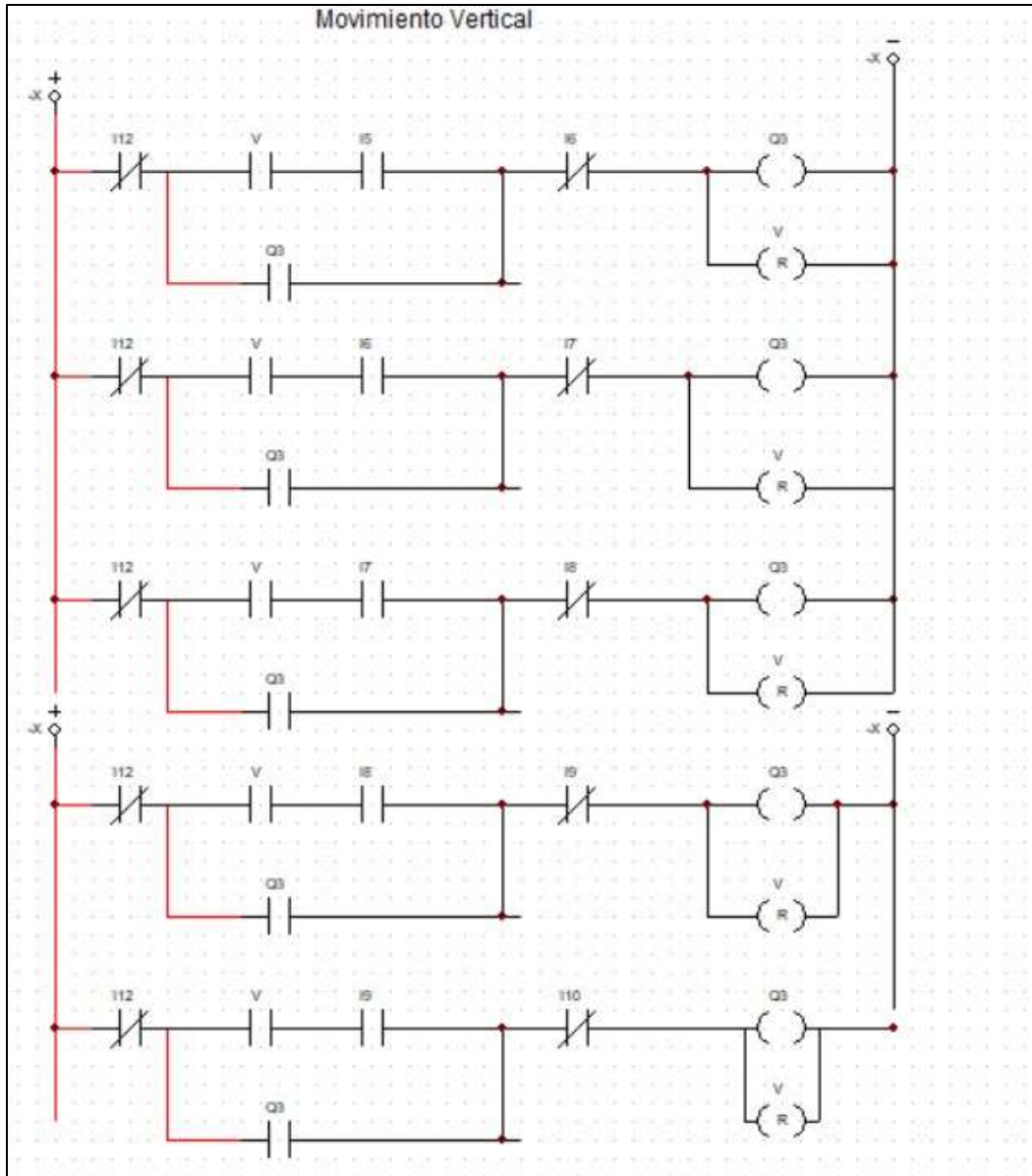


Figura 81: Programación del movimiento vertical de la mesa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

En cuanto a la figura 81, representa la programación del movimiento vertical de la mesa paletizadora, para este caso tendremos en 2 sensores posicionados en 2 de los vértices de la base inferior de la mesa, cada uno cuenta con un sensor óptico encargado de verificar que la mesa haya dado una vuelta completa, además de un contador con un tiempo programado con un tiempo adecuado para descender, con el fin de que el operador pueda posicionar dos hileras de fardos de una manera cómoda y segura.

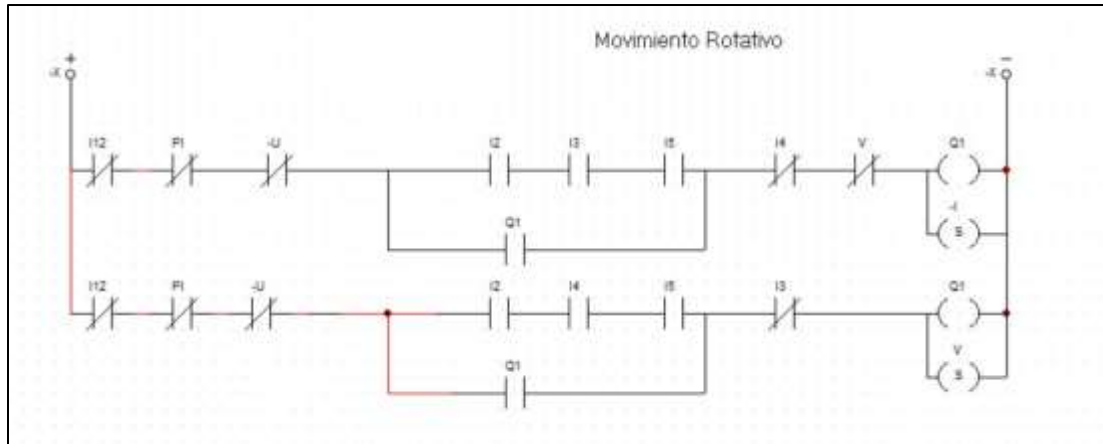


Figura 82: Programación del movimiento rotativo de la mesa por *ladder*.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

Con respecto a la figura 82, se plantea la programación del movimiento rotativo de la mesa, en el cual se posicionan 2 sensores ópticos en 2 de los vértices de la base giratoria de la mesa que va a detectar que estén posicionados la cantidad de fardos de la hilera completa, para poder dar media vuelta y facilite el posicionamiento de los fardos que faltan, posteriormente va a actuar los sensores encargados del movimiento vertical de la mesa, una vez que de una vuelta, desciende la posición vertical de la mesa, cada paso se repite hasta que la mesa se encuentre en su altura mínima, se retira el fardo y se repite el proceso.

Por último, cada una de estas soluciones seleccionadas para realizar las mejores en el ámbito laboral de la empresa en cuanto a la eficiencia operativa y también mejorando los riesgos de la salud laboral de los operadores, son la mejor alternativa fundamentadas por la aplicación de la metodología de Nelson Vílchez y cada diseño fue realizado de manera rigurosa, para obtener los mejores resultados, por lo que se presenta por medio de un diagrama la distribución en planta de los equipos implementados (ver figura 83).



Figura 83: Diagrama de distribución de los equipos en planta.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

4.5 Evaluar la viabilidad económica, técnica, operativa y ambiental de la implementación de las soluciones automatizadas diseñadas.

En este punto se puede observar las características a tomar en cuenta para saber qué tan posible es la implementación de las alternativas de solución presentadas y seleccionadas, es por ello que se procederá a realizar una evaluación en diferentes áreas de estudio y por supuesto de gran interés, destacando entre ellas la viabilidad económica, donde podremos observar factibilidad del proyecto en cuanto a ingresos, egresos e inversión que pueda representar para la empresa, viabilidad técnica destacada en el área de recursos y tecnologías disponibles o accesibilidad a los mismos, por otra parte viabilidad operativa se enfoca en la posibilidad a nivel operacional, personal e infraestructura y por ultimo viabilidad ambiental tomando en cuenta como las alternativas afectan al medio ambiente local y en general.

4.5.1 Viabilidad económica

En relación con la viabilidad económica del proyecto actual, se ha llevado a cabo un exhaustivo análisis que abarca diversos aspectos clave. Se han evaluado detalladamente los costos asociados con la fabricación, instalación y futuros mantenimientos de las dos soluciones previamente seleccionadas. Además, se ha realizado un análisis profundo sobre el impacto que estas soluciones tendrán en la productividad y la eficiencia de los procesos de dosificación y paletizado. Se destacan los beneficios de estas soluciones para optimizar la eficiencia y la productividad del proceso actual. En este sentido, se presentan a continuación los presupuestos proporcionados por las empresas Mantenimiento Industrial NZ 2019 C.A y Fortor de Venezuela.

Cuadro 32. Cotización para la propuesta de la investigación.

Cant	Descripción	Precio
1	Fabricación de mesa elevadora 1.400mm X altura máxima de elevación 1.30M Suministros de motor eléctrico de elevación y caja reductora 1.30M Instalación Puesta en funcionamiento Prueba eléctrica	6.800\$
1	PLC Allen Brandley Contactores Sensores ópticos Pulsador Sensor de proximidad Sensor de presión Temporizador Instalación Programación	1.000\$
1	Banda transportadora de 8M Motor eléctrico de 0,25HP Sensor de peso Actuador neumático festo Instalación Prueba de funcionamiento	1.700\$
TOTAL:		15.300\$

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

En vista de las cotizaciones observadas se realiza el análisis de viabilidad económica donde se presentan las posibilidades del sistema a inicialmente reducir significativamente la mano de

obra laboral y los esfuerzos físicos por parte de los operadores, permitiendo mantener una excelente calidad y eficiencia en el proceso de producción en general y gracias al mecanismo automatizado y al eliminar el agotamiento de personal por esfuerzo físico en ese particular las velocidades de producción se mantendrán constantes, donde los procesos actuales funcionaban para un aproximado de producción de unos 23.040 paquetes de azúcar de 1kg por día lo que se traducía a aproximadamente poco menos de 1 día y medio para empaquetar una gandola de azúcar en general.

Por otra parte, con el proceso automatizado propuesto los índices de producción estarían por el promedio de 1.440 fardos por día equivalente a 34.560 paquetes de 1 kg limitado por la máxima producción de los dosificadores actuales de 2 fardos por minuto por cada uno en operación. Respecto a los índices de producción, mejoras en seguridad y salud laboral y automatización de procesos podemos verificar que el proyecto es económicamente viable para la empresa, obteniendo una variedad de beneficios gracias a su implementación.

4.5.2 Viabilidad técnica

En cuanto a, la viabilidad técnica nos referimos a la capacidad que posee la empresa de poseer, o implementar las soluciones seleccionadas y que herramientas posee actualmente que funcionen como base para la implementación de las propuestas de diseño, además de como las soluciones planteadas se pueden adaptar tanto al proceso de producción actual como a la infraestructura y tecnología de la empresa, es por ello que, en base a lo presentado en cuanto a la recolección de datos, funciona como base de estudio para la definición de la viabilidad técnica, observando el proceso y maquinaria actual de funcionamiento para los procesos de producción dentro de la empresa, tomando en cuenta, infraestructura, bandas transportadoras, dosificadores, tolvas, mecanismos neumáticos, compresores, entre otros.

Teniendo en cuenta todas esas herramientas como base de trabajo, se parte a la visualización de características de diseño y resistencia como la robustez y sostenibilidad de los mismos a lo largo del tiempo y como es el impacto en la seguridad y ergonomía de las soluciones planteadas, es por ello que se observa que la empresa si posee una viabilidad técnica para la implementación de las alternativas de solución planteadas, tanto para el área de llenado de la tolva como el área de paletizado de producto terminado.

4.5.3 Viabilidad operativa

Al mencionar viabilidad operativa, se toman en cuenta factores humanos, productivos, seguridad y salud laboral, proceso actual de producción y propuesta de diseño, cuáles son los cambios y como estos afectarían los niveles operativos de la empresa, en producción, rendimiento, calidad y bienestar del personal. Ahora bien, tomando en cuenta la revisión y visualización de los procesos actuales mostrados en el presente trabajo podemos concluir que a nivel de personal las soluciones planteadas no representan una barrera o un impedimento respecto a conocimiento para el personal, por lo que, el operador podrá aprender a usar las herramientas de manera rápida y con relativa facilidad.

Por otra parte, en cuanto a viabilidad operativa también se toma en cuenta como es el impacto de las soluciones planteadas en la eficiencia de la empresa, tomando en consideración los tiempos de trabajo actuales, ergonomía de trabajo, seguridad, calidad y normativas y estándares tanto de diseño como gubernamentales. También destacan las mejoras en las condiciones laborales en cuanto al manejo de cargas y agotamiento de personal y por último la usabilidad y mantenimiento de los diversos equipos sin que estos presenten un inconveniente al momento de trabajo más de lo que ya debe estar previsto y tomado en cuenta.

4.5.4 Viabilidad ambiental

Al mencionar viabilidad ambiental, se hace referencia a como los diseños de solución planteados afectan al medio ambiente, local y otros factores como consumo energético, desperdicios, emisiones de gases, entre otros, tomando en cuenta eso se puede observar que las soluciones planteadas no plantean una limitante en este aspecto, gracias a que ninguna de las soluciones para paletizado o dosificado presentan un elevado consumo energético a nivel industrial, no presentan emisiones de gases ni contaminantes externos ni proporcionan desperdicios de manera directa para su funcionamiento, todo esto las caracteriza como soluciones ambientalmente amigables garantizando la sostenibilidad a lo largo del tiempo sin ocasionar daños al medio ambiente pudiendo mantener producciones sin ningún inconveniente a nivel de ambiente y consumo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Con la investigación titulada “Diseño de un sistema de dosificación y paletizado para la empresa Ramón Molina & Cía”, luego de analizar detalladamente el proceso de dosificación y paletización en la empresa empaquetadora de azúcar, gracias a una exhaustiva recolección de datos se pudo, observar, diagnosticar y analizar una variedad de puntos críticos para la empresa y su proceso de trabajo actual, lo que mediante el diagrama de Ishikawa y una matriz FODA permitió diagnosticar de manera directa esos puntos críticos donde se requiere intervención y las herramientas que se pueden usar a favor.

Asimismo, gracias a la recolección de datos por amplia variedad de técnicas e instrumentos se pudo determinar cantidad de variables que influyen en el proceso de una u otra manera, estas mismas variables son las necesarias que se han tomado en cuenta para llevar a cabo el diseño de cualquier solución planteada más adelante.

A partir de lo antes mencionado se presentan variedad de propuestas de solución tanto para el área de dosificado como paletizado, con lo que en base a las necesidades observadas en el proceso actual de producción dichas propuestas de solución fueron sometidas a un análisis de factibilidad para así realizar la selección de la mejor alternativa de solución tomando en cuenta sus características y capacidad de funcionamiento, esto gracias a una serie de restricciones y criterios que forman parte de la metodología de Nelson Vílchez.

Por otra parte, una vez seleccionadas las soluciones se muestran los diseños de cada una de ellas tanto para el área de llenado como para el área de paletizado, en dichos diseños se tomó en consideración la eficiencia de trabajo, la seguridad laboral y minimizar la intervención manual de los operadores para así obtener mayor nivel de seguridad respecto a problemas de salud laboral, además, también se realizó un trabajo individual para cada una de las piezas y planos que componen cada una de las soluciones.

Seguidamente, de acuerdo al último objetivo se concluye que con las soluciones seleccionadas y diseñadas se sometieron a un estudio de viabilidad donde se observaron las capacidades técnicas, la manera en cómo afectan los índices de producción y operatividad de la empresa, se tomaron en cuenta consideraciones medioambientales en un ambiente cercano a su uso y la capacidad económica que posee la empresa Ramón Molina & Cía de adquirir e instalar ambas soluciones.

Por último, se concluye que la investigación proporciona un ahorro de tiempo y costes, puesto que las soluciones implementadas pueden trabajar de forma continua, 24 horas al día, sin necesidad de pausas para el descanso. Menor riesgo de errores y daños en las cargas, debido a la distribución uniforme de cargas programada en los paletizadores y el elevador por succión, que minimiza los daños. Lo cual, en contraste con el sistema manual tiene un alto riesgo de lesiones relacionadas con la manipulación manual de objetos pesados. Supone una amenaza para la salud y la seguridad de los empleados, además de una eficacia limitada y mayor tiempo de ejecución de los pedidos, debido a que el proceso de paletizado manual es menos eficaz y requiere más mano de obra que el paletizado automático.

RECOMENDACIONES

Como recomendaciones se tiene los siguientes puntos relevantes para alcanzar nuevos y mejores hallazgos en el tema de caso de estudio de la investigación:

- Es recomendable seguir investigando y desarrollando soluciones tecnológicas avanzadas que contribuyan a la automatización industrial, manteniendo un enfoque constante en mejorar la seguridad laboral y la eficiencia operativa.
- Garantizar la seguridad y salud laboral en cada uno de los trabajos realizados por cualquier persona sin importar su cargo o posición en la empresa.
- Se recomienda aplicar alternativas que permitan mantener la operatividad de la empresa minimizando los riesgos actuales de padecer enfermedades ocupacionales gracias a la manera como se están realizando las labores de rutina.
- Seguir utilizando metodologías rigurosas y análisis integrales para futuros proyectos y desarrollos.
- Por otra parte, antes de implementar la propuesta, es vital brindar capacitación adecuada al personal, asegurando que estén preparados para operar los nuevos sistemas de dosificación y paletizado de manera segura y eficiente, una vez implementada la propuesta, se debe realizar un seguimiento detallado para asegurar que los sistemas de dosificación y paletizado automatizados funcionan de manera óptima y segura en la operación diaria.
- Es fundamental establecer un plan de mantenimiento preventivo para los equipos automatizados, garantizando su funcionamiento continuo y evitando tiempos de inactividad no planificados.
- Se recomienda seguir las especificaciones de instalación y puesta en marcha de las propuestas, de acuerdo a los catálogos de las empresas fabricantes.
- Es recomendable que el reductor para la mesa elevadora giratoria debe ser eficiente y funcionar directamente mediante engranajes para maximizar el espacio de trabajo.
- Incorpora medidas de seguridad en el diseño, como sensores de detección de obstáculos o sistemas de parada de emergencia, para proteger tanto el equipo como a los operadores.
- Para la instalación del elevador por succión se recomienda encarecidamente el uso de un PTC (Coeficiente de Temperatura Positivo), conectado a un relé térmico.
- La empresa debe asegurarse de que la implementación cumpla con todas las normativas y estándares gubernamentales relacionados con la seguridad laboral y la calidad del producto,

llevar una alineación con estándares nacionales e internacionales fortalecerá la posición de la empresa en el mercado.

- Se aconseja mantener un enfoque constante en la mejora continua y el compromiso con la excelencia en todas las áreas de producción. Esto ayudará a garantizar el éxito en el mercado de la industria alimenticia y a mantener altos estándares de calidad.
- Un proyecto futuro debería integrar prácticas y tecnologías sostenibles que minimicen el impacto ambiental, promoviendo así la responsabilidad social y ambiental de la empresa.

REFERENCIAS

- Agrinews. (2014). Entrevista con Josep M^a Llena. Disponible en: <https://agrinews.es/entrevista/josep-maria-llena/>
- Alamy. (s.f.). Termistor PTC. Disponible en: <https://www.alamy.es/imagenes/termistor-ptc.html?imgt=8>
- Alfapack. (s.f.). Dosificador volumétrico. Recuperado de Alfapack Dosificador Volumétrico.
- And&Export. (s.f.). Mesa elevadora y giratoria para pallet SPP 360/2000. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: [mesa elevadora y giratoria para pallet - comercial andexport](#)
- Anzoátegui, E. & Márquez, M. (2023). Diseño de un sistema de transporte y dosificación automática (ensilado) de pasto de engorde de animales vacunos para la empresa Rollers Conveyors. [Trabajo de Grado, Universidad José Antonio Páez].
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. Episteme.
- Ayala, A. (2022). Diseño y simulación de una máquina automática dosificadora, empacadora y selladora de granos. [Trabajo de Grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Ecuador].
- Balcells, J. & Romeral, J. (1998). Autómatas Programables. Marcombo.
- Beer, F., & Johnston, E. (2010). Mecánica de Materiales. McGraw Hill.
- Cárdenas, C., & Lara, D. (2021). Diseño de un sistema de transporte y paletización automática para listones de balsa. [Trabajo de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral de Ecuador].
- Castillo, J., (2020). Diseño de un proceso de paletizado mediante procesamiento de imágenes manipulado por el robot industrial Kuka, en la empresa Abiexsa, Puente Piedra, año 2019. [Trabajo de Grado, Universidad Tecnológica de Perú].
- Chacón, C. (2019). Rediseño del sistema de desplazamiento en la máquina dosificadora radial en la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela, C.A. [Trabajo de Grado, Universidad José Antonio Páez].

- Cheyntani, R. (2019, abril 24). Qué dosificador elegir. Guías de compra DirectIndustry; VirtualExpo Group. (Artículo). Disponible: [Qué dosificador elegir - Guías de compra DirectIndustry](#)
- Deflection. (s.f.). Título del documento. Disponible en: <https://deflection.app/rev/Ku67FvG9YYWGV60UmIZUvw>
- Díaz, A., & Lescano, E. (2012). Diseño y construcción de una máquina dosificadora de malvaviscos para la empresa EMPAG, S.A. [Trabajo de Grado, Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador].
- Dosi, G. (1984). Fuentes, Métodos y Efectos Microeconómicos de la Innovación. Revista Internacional de Economía.
- Elecsa.com.ve (s.f). Relé Térmico 9-13A Para NC1-09-2510. Disponible en: <https://elecsa.com.ve/producto/rele-termico-9-13a-para-nc1-09-2510/>
- Eter Lift. (s.f.). Workshop Hydraulic Lift Platform. Recuperado de Eter Lift website.
- Fortor de Venezuela. (s.f.). Mesas de elevación. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: [Fortor de Venezuela | MESAS DE ELEVACIÓN](#)
- García, E. (2001). Automatización de Procesos Industriales. Alfaomega.
- Gonza, D., & Llangari, N., (2011). Implementación de un sistema de paletizado para acoplar a la línea de envasado de líquidos del laboratorio de automatización industrial utilizando *plc twido* para su programación. [Trabajo de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Ecuador].
- Gualan, C. (2020). Diseño y construcción de un sistema de dosificación controlado por PLC. [Trabajo de Grado, Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva de Ecuador].
- Hart, C. (1998). La Revisión Bibliográfica. (Artículo). Disponible: [La revisión bibliográfica. Concepto, características y tipos | by Enver Vega F.](#)
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw Hill.
- Indumak. (s.f.). Dosador CG. Disponle en: [CG - Indumak](#)

- Inemur. (s.f.). Paletizado de sacos y bolsas. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: [Paletizado de sacos y bolsas | INEMUR](#)
- Interempresas. (s.f.). Producto Dosificador gravimétrico Wittmann Gravimax. Disponible en: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Dosificador-gravimetrico-Wittmann-Gravimax-94616.html>
- LAS 1 Company LTD Aeroexpo. (s.f.). En Aeroexpo. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: [Banda transportadora de acoplamiento - KLP - LAS-1 COMPANY LTD. - para aeropuerto](#)
- Mago Agency. (s.f.). Transformando la industria: la clave de los facilitadores de maquinaria y robótica para la automatización de procesos. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: <https://magoagency.es/en/transformando-la-industria-la-clave-de-los-facilitadores-de-maquinaria-y-robotica-para-la-automatizacion-de-procesos/>
- ManualsLib. (s.f.). Schmalz SK-JU 110/4000 SRS63/3000 VSL-EX Manual. Disponible en: [Schmalz SK-JU-110-4000-SRS63-3000-VSL-EX Manuals | ManualsLib](#)
- Mf Tecno. (s.f.). Dosificador volumétrico de cangilones. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: [Dosificador volumétrico de cangilones - MF TECNO](#)
- Mf Tecno. (s.f.). Dosificador volumétrico de sinfín vertical. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: [Dosificador volumétrico de sinfín vertical - MF TECNO](#)
- Mirpack. (s.f.). Dispenser by Screw Auger. Disponible en: <https://mirpack.es/producto/dispenser-by-screw-auger/>
- Ogata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna. Pearson Educación.
- Palella, S. & Martins, F. (2006). Metodología de la Investigación Cuantitativa. Fedupel.
- Paz, N., (2018). Diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad de la etapa de paletizado en la empresa Jayanca Fruits S.A.C. [Trabajo de Grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en Chiclayo, Perú].
- Pinto, C., & Durán H. (2004). Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales. [Trabajo de Grado, Universidad Central de Venezuela].

- Pinzón, J. (2016). Diseño de un sistema robotizado que permita paletizar el embalaje de jugos en presentación de cajas tetra pack de 200ml, en la empresa de productos alimenticios Alpina Cauca. [Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Occidente en Cali, Colombia].
- Rockwell Automation. (s.f.). Controladores Micro820. Disponible en: [Sistemas de controlador lógico programable Micro820 | Allen-Bradley.](#)
- Rulmeca. (2010). Título del catálogo [Catálogo]. Disponible en: https://www.rulmeca.com/download/catalogo/macrofamilia_eng/2_Catalog_Bulk_Rollers_EN
- Schmalz. (s.f). Título del documento [Documento]. Disponible en: https://www.schmalz.com/site/binaries/content/assets/media/05_services/catalog/vg/sistemas-planos-aspirantes-capa-completa.pdf
- Schmalz. (s.f). Título del documento [Documento]. Disponible en: [Equipos de elevación ergonómicos](#)
- Schmalz. (s.f). Título del documento [Documento]. Disponible en: [Sistemas de perfiles de aluminio](#)
- Schmalz. (s.f). Título del documento [Documento]. Disponible en: https://media.schmalz.com/MAM_Library2/Dokumente/Branch_Documents/Food/46714_59267e7_FDA-certificate.pdf
- Schmalz. (s.f). Título del documento [Documento]. Disponible en: <https://www.schmalz.com/es/equipos-de-elevacion-y-sistemas-de-grua/tubos-elevadores-por-vacio-jumbo/tubos-elevadores-por-vacio-jumbosprint/>
- Solenutro (s.f). ¿Qué tipos de paletización existen? (Artículo). Disponible: [Tipos de paletización - Solenutro](#)
- Tassoni, D. (2007). Elementos de Máquina.
- Tecnoco. (s.f.). Manipulación ergonómica de sacos de materia prima. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: [Manipulación y elevación de sacos - Tecnoco - Sistemas de manipulación de cargas](#)

- Tecnoembalaje. (s.f.). Dosificador de mesa con pistón para líquidos. Disponible en: <https://tecnoembalaje.com/producto/dosificador-de-mesa-con-piston-para-liquidos/>
- Tesis Engineering Srl. (s.f.) Mesa elevadora y giratoria para pallet. En DirectIndustry. Recuperado el 25 de febrero de 2024. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/tesis-engineering-srl/product-180933-2549996.html>
- Ulrich, K. & Eppinger, S. (2012). Diseño y desarrollo de productos. McGraw Hill.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2016). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. FEDUPEL.
- Vega, R. (2023). ¿Qué dosificador elegir? (Artículo). Disponible: [¿Qué dosificador elegir?](#)
- WEG. (2021). Título del folleto [Brochure]. Disponible en: [W21 - Aluminio Multimontaje Motores Trifásicos Mercado Latino](#)

APÉNDICES

APÉNDICE A



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

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA

- Indique su función dentro de la empresa
- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas
- Responda de manera objetiva
- En caso de dudas, consulte con la persona encarga de aplicar el cuestionario

N°	Guion de entrevista
1	Desde su experiencia, ¿podría describir cómo se realizan actualmente los pasos o etapas del proceso de dosificación y paletización?
2	¿Cuáles serían, en su opinión, los principales desafíos o dificultades que enfrenta el proceso de dosificación y paletización en la empresa actualmente?
3	Según su conocimiento, ¿podría describir cuál es el nivel de automatización, sistemas de control o monitoreo automatizados utilizados actualmente el proceso de dosificación y paletización?
4	Desde su experiencia, ¿podría describir situaciones que dentro del proceso puedan limitar la capacidad de producción o aumentar los costos?
5	Desde su óptica, ¿qué problemas de calidad o errores en el proceso de dosificación y paletización ha observado? ¿Podría mencionar algunos ejemplos?
6	Desde su perspectiva, ¿podría identificar algún riesgo para la salud y seguridad de los operadores debido a las actividades manuales realizadas durante el proceso de dosificación y paletización?



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

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

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

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

Fecha: 10/10/2023


 Firma del Especialista:

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



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

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

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

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

Fecha: 10/10/2023


 Firma del Especialista:

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



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

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

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

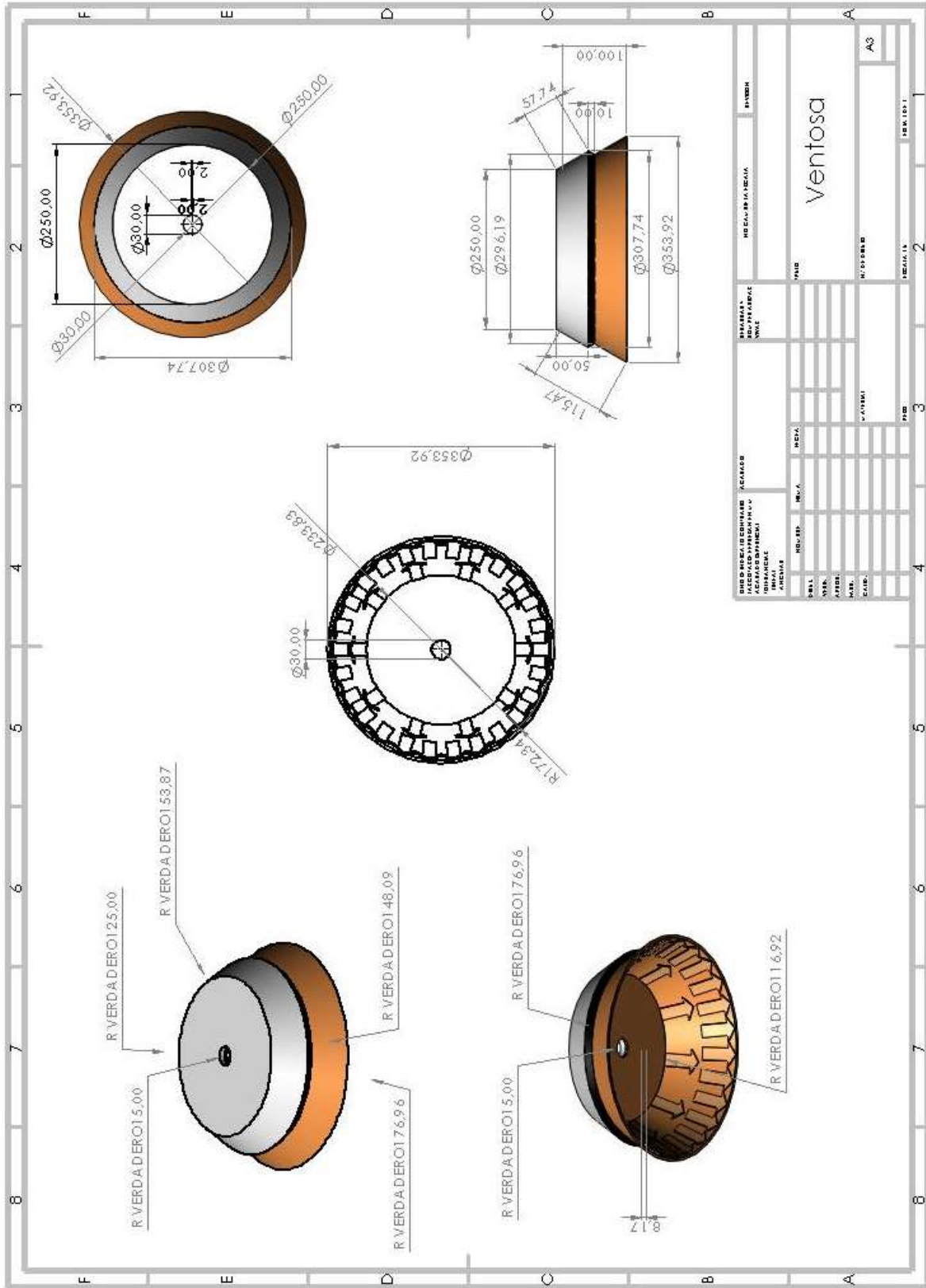
Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		

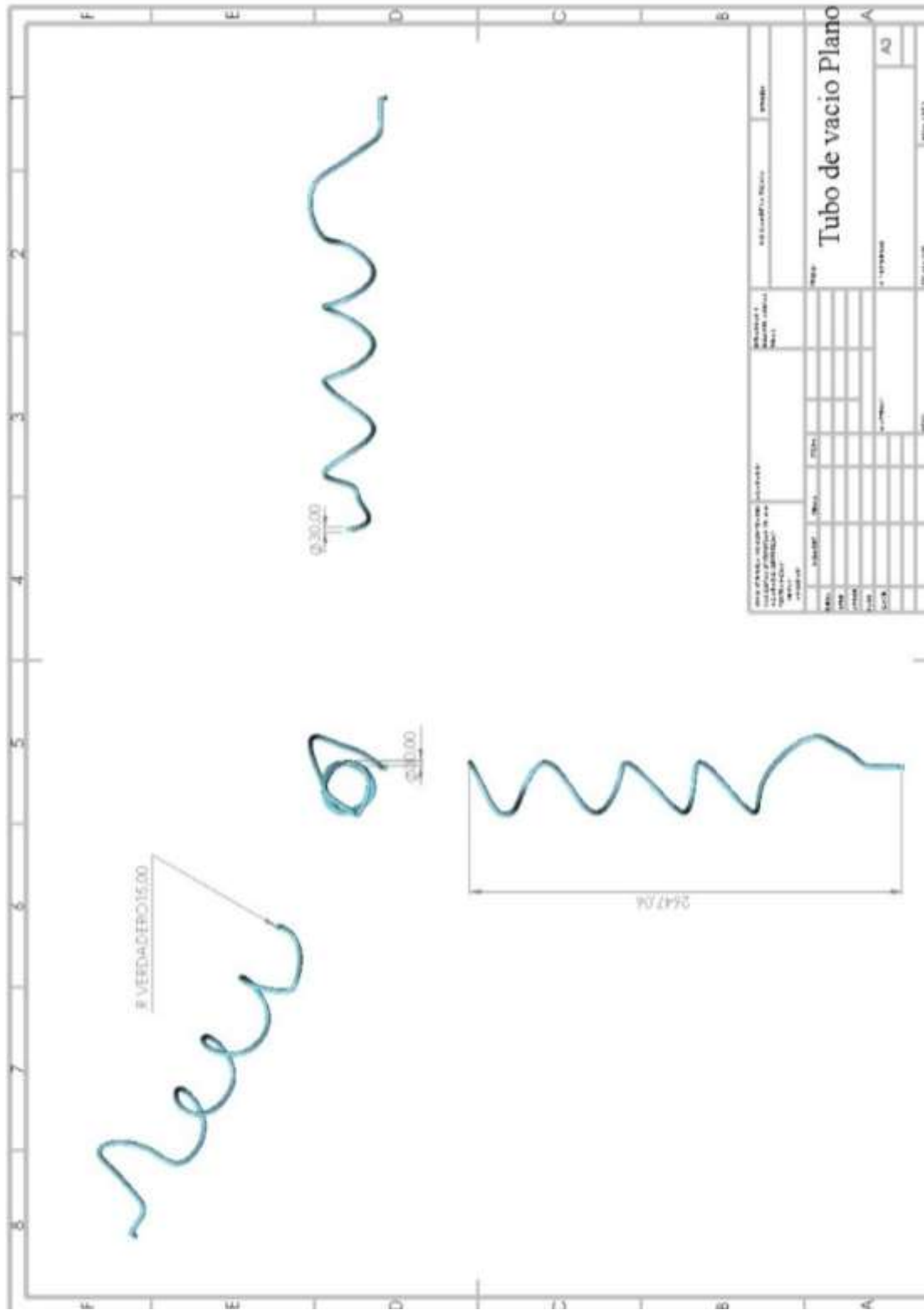
Fecha: 10/10/2023

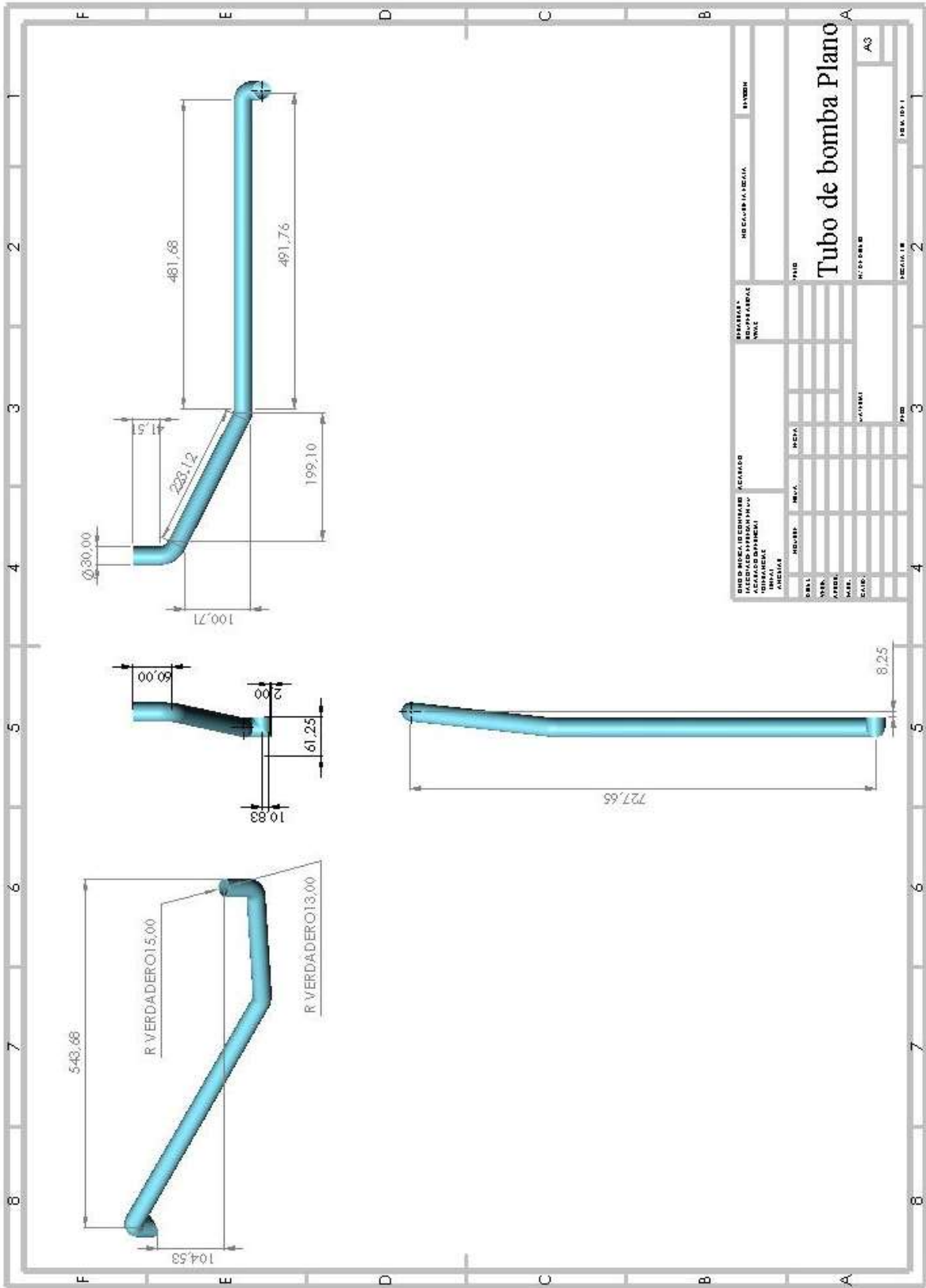

Firma del Especialista:

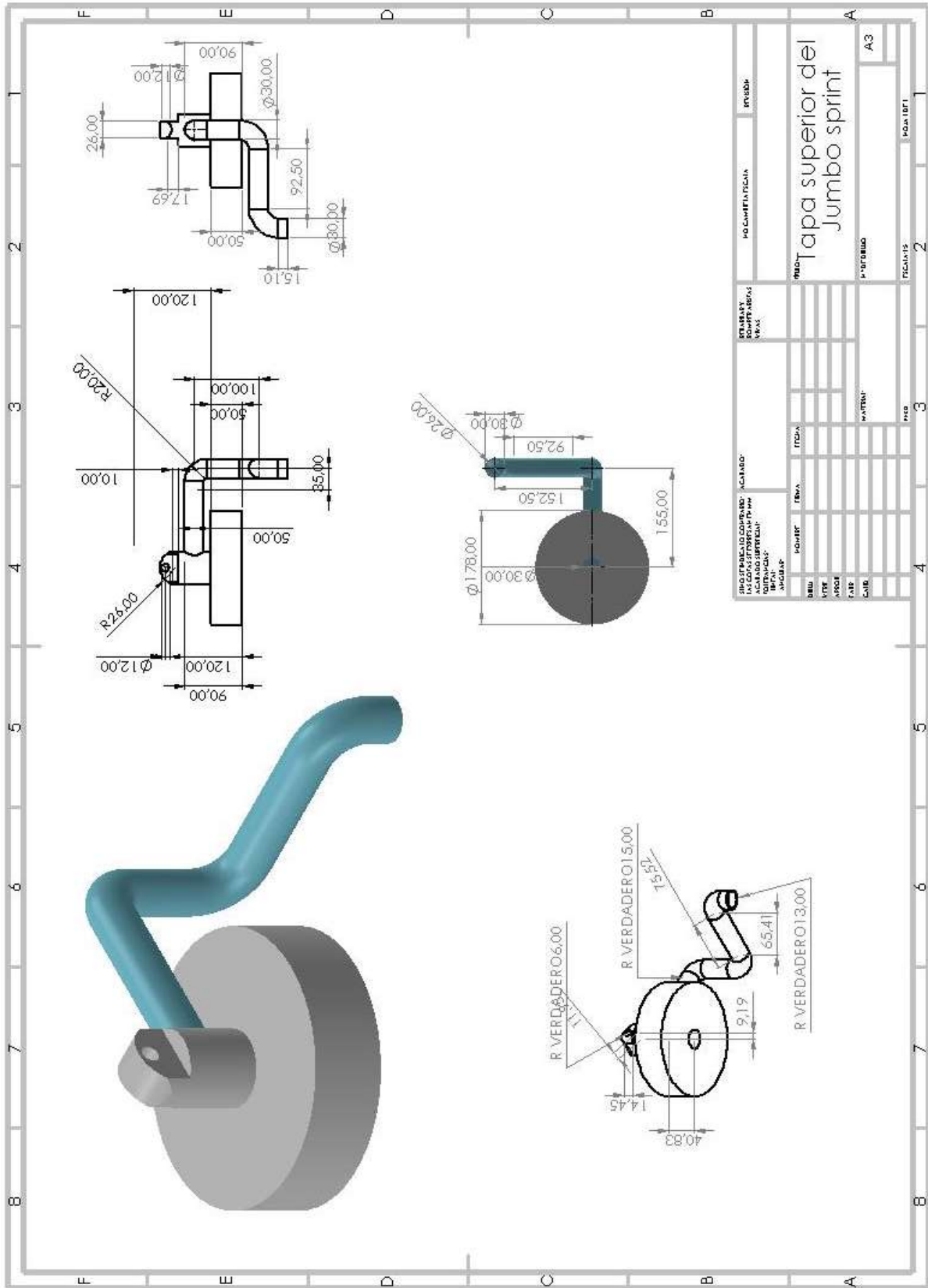
Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ingeniero Mecánico Dra en Ciencias de Educación
--	--

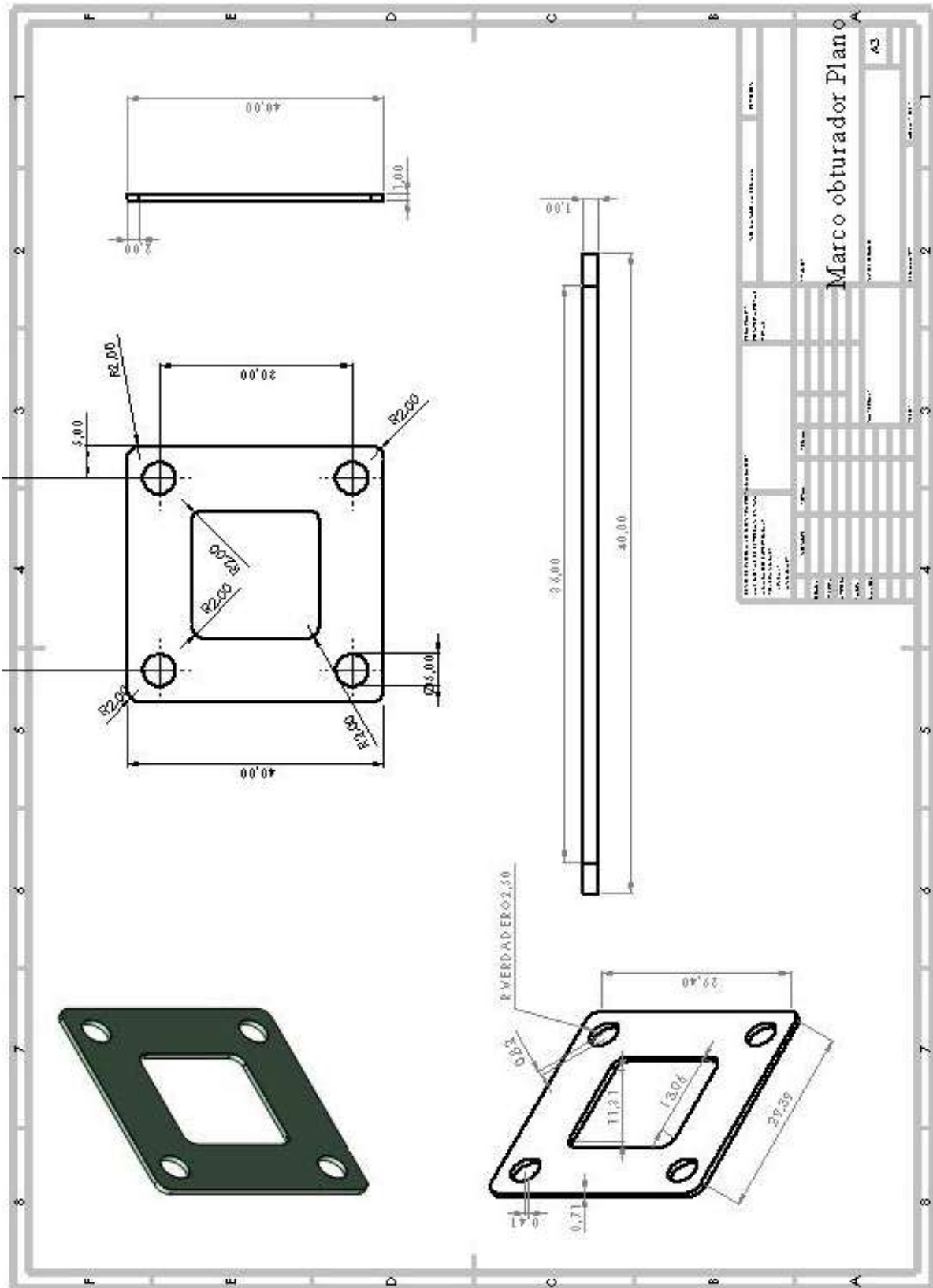
APÉNDICE B

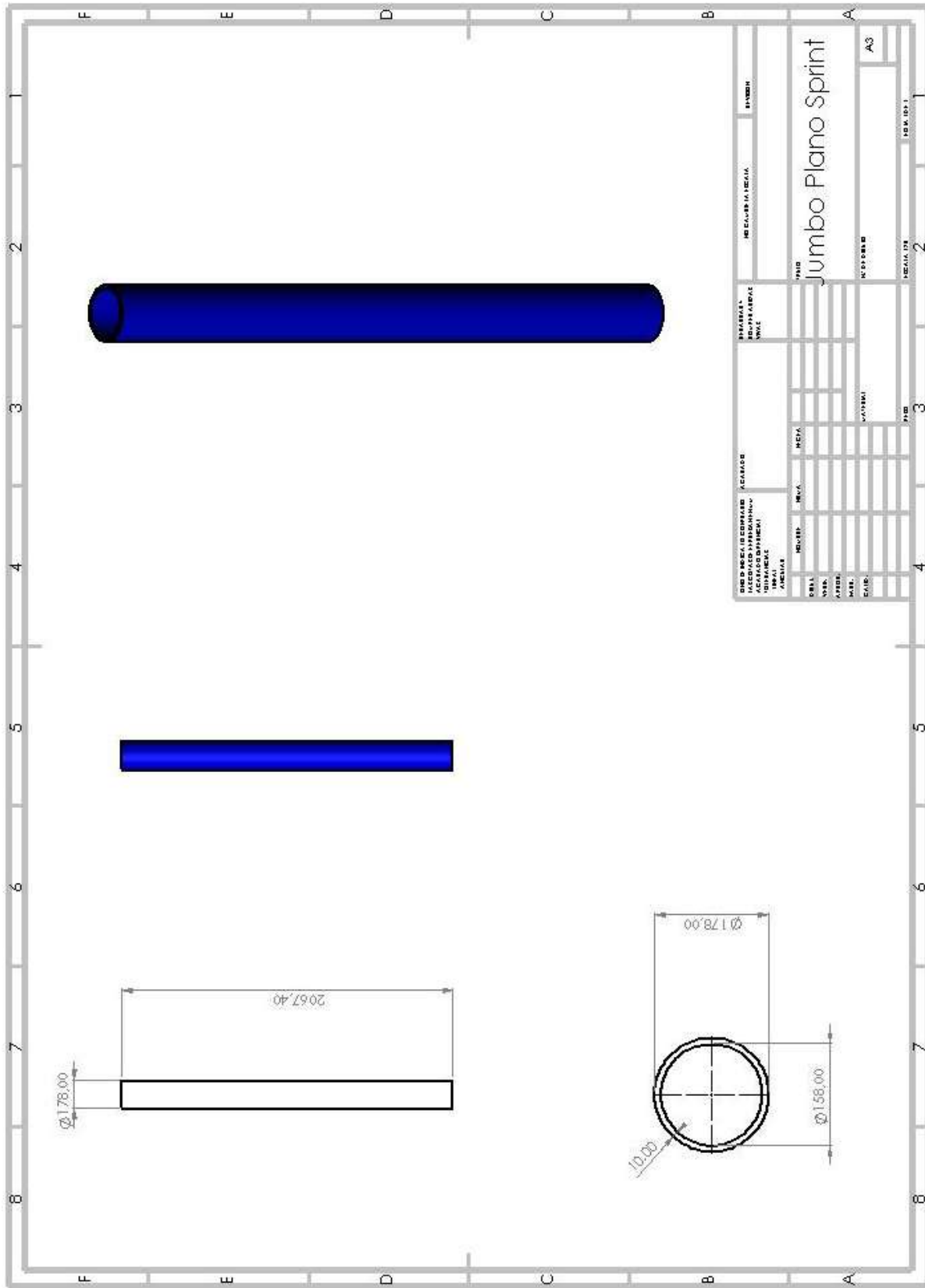


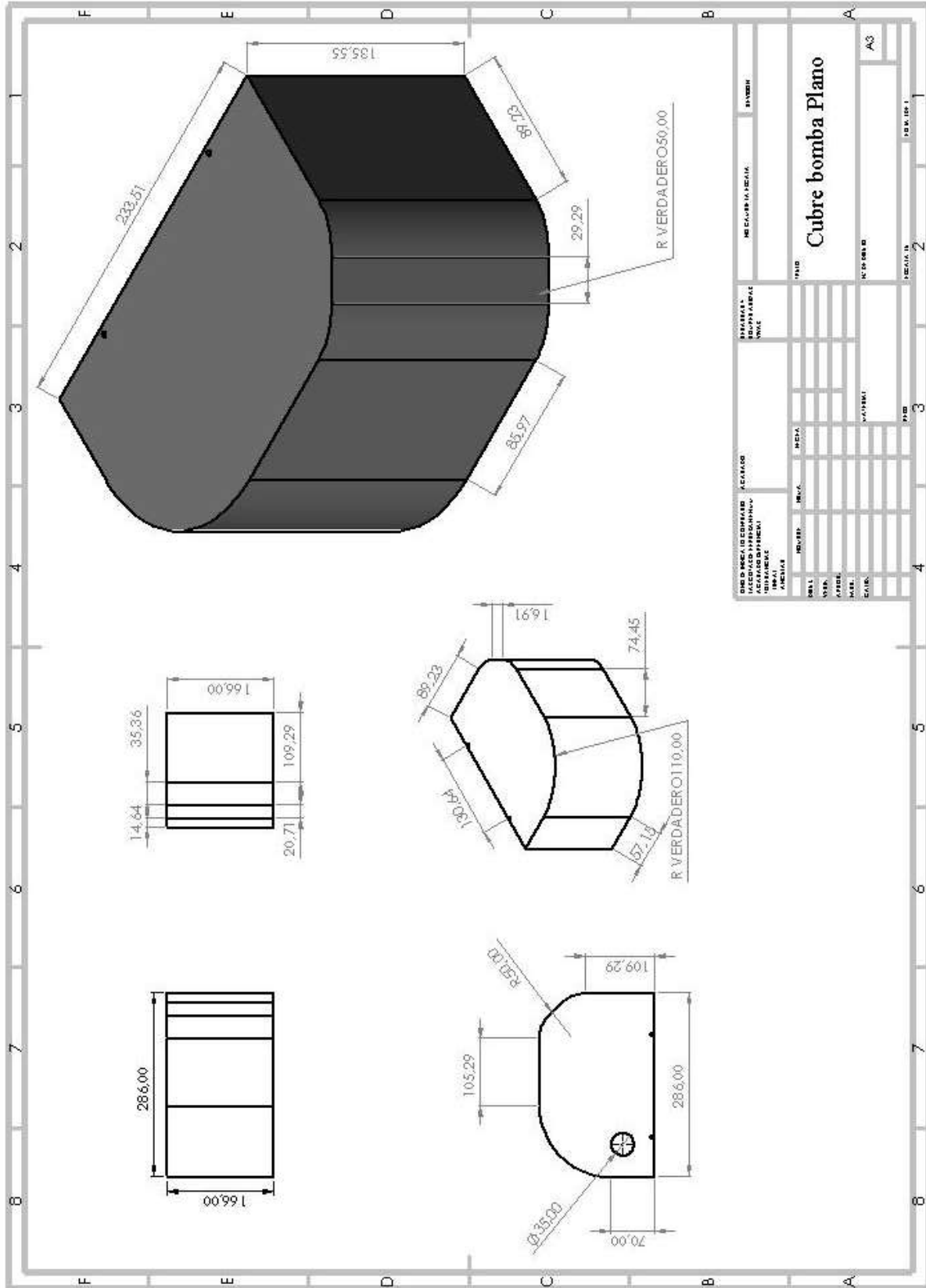


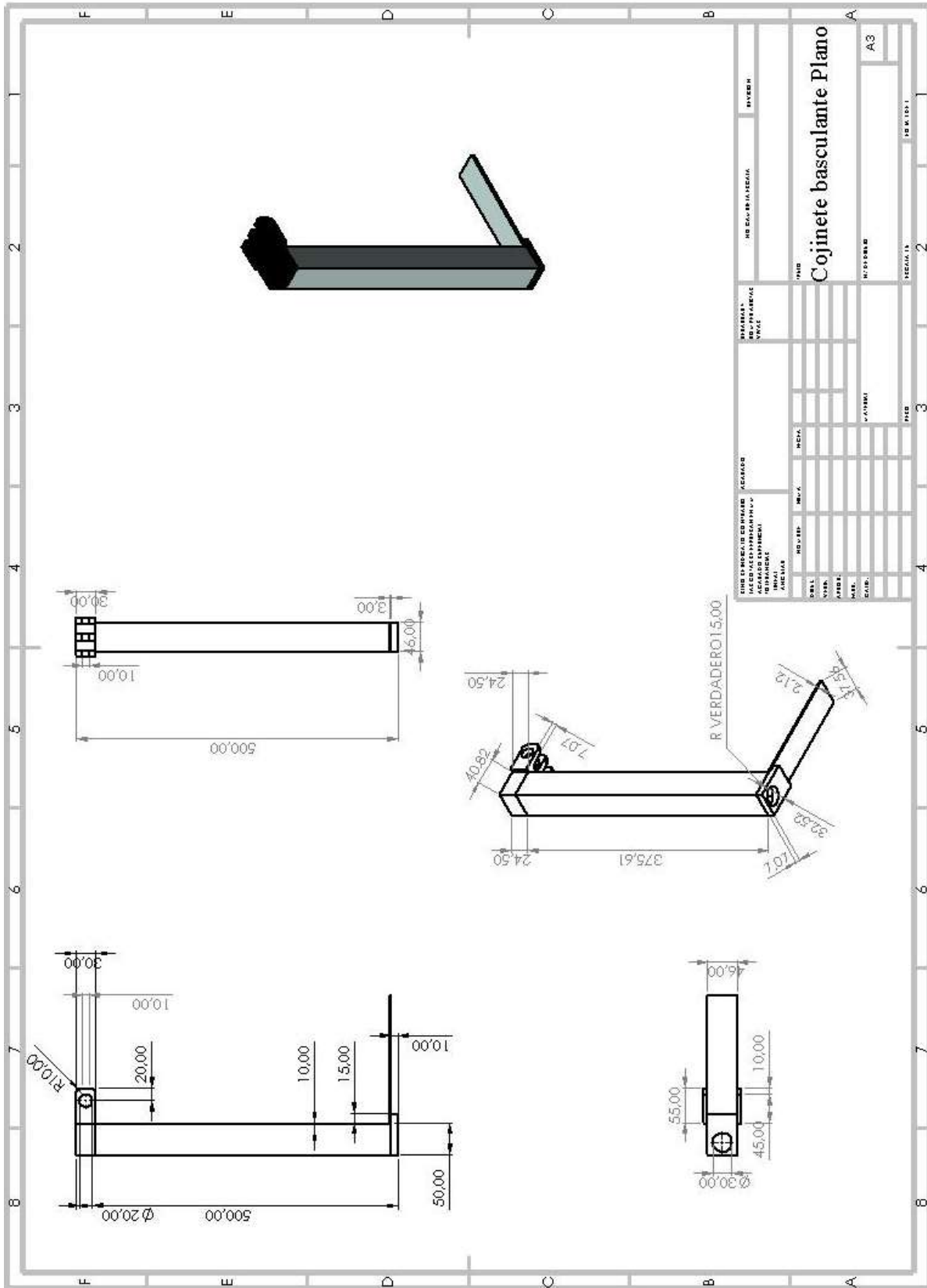


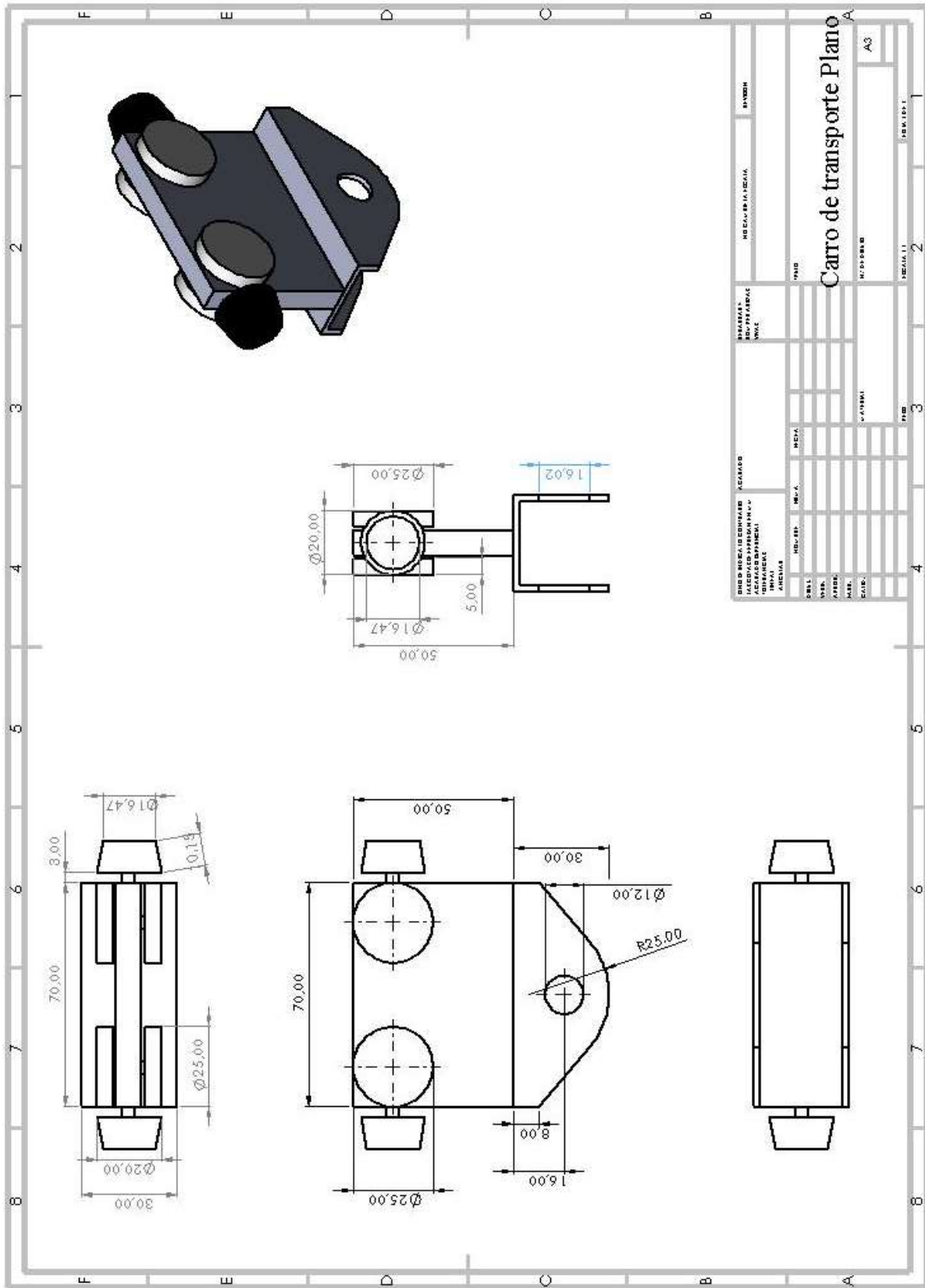


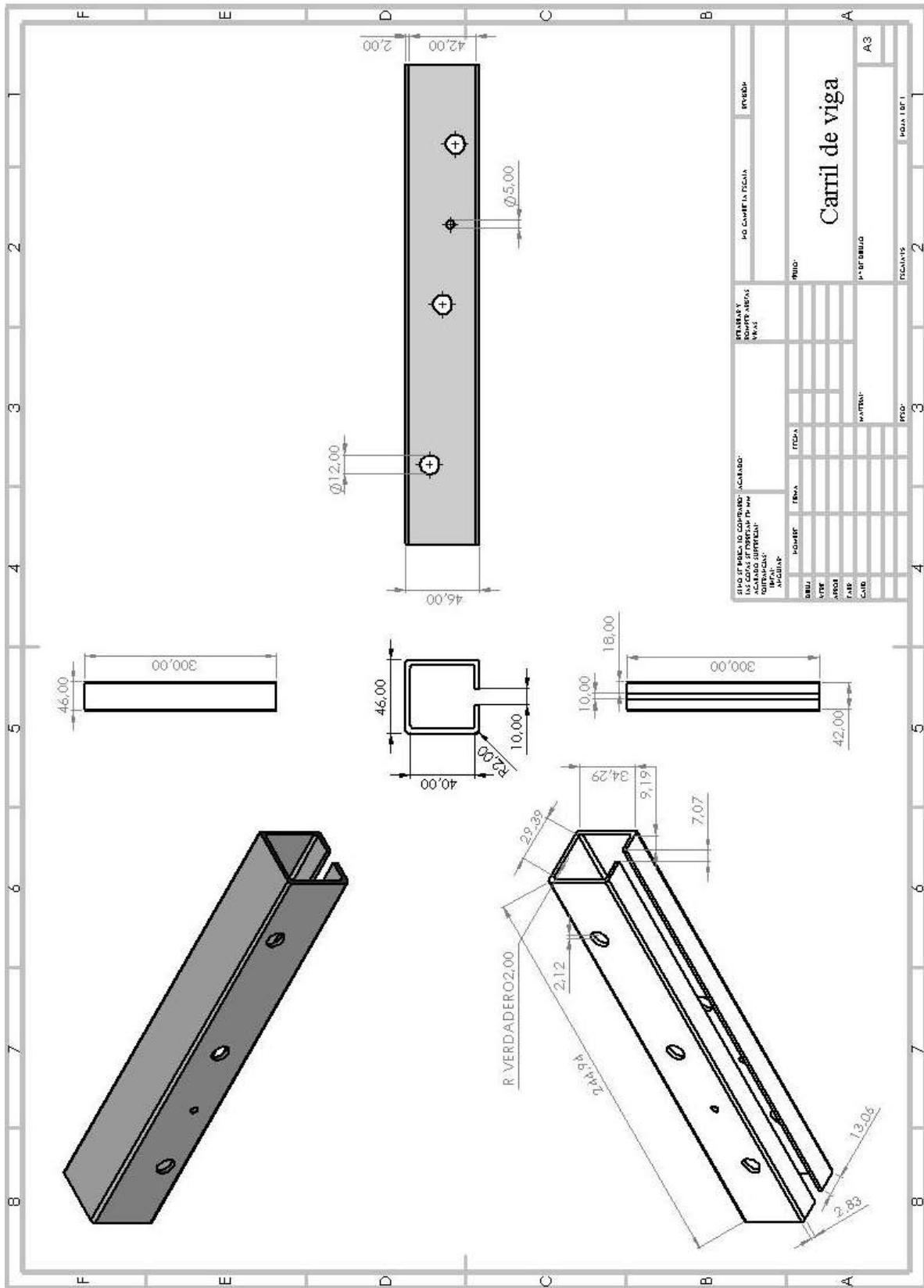


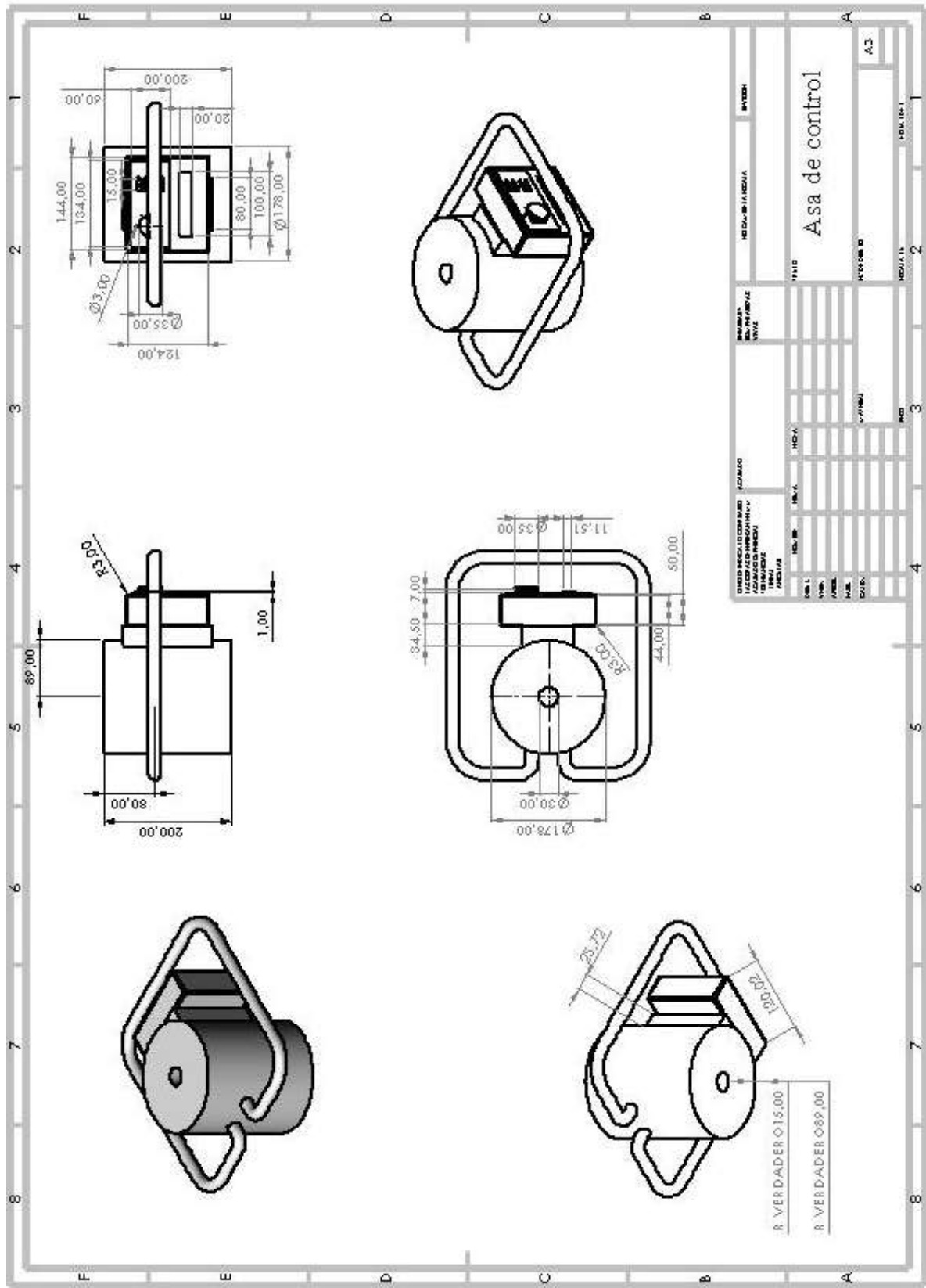


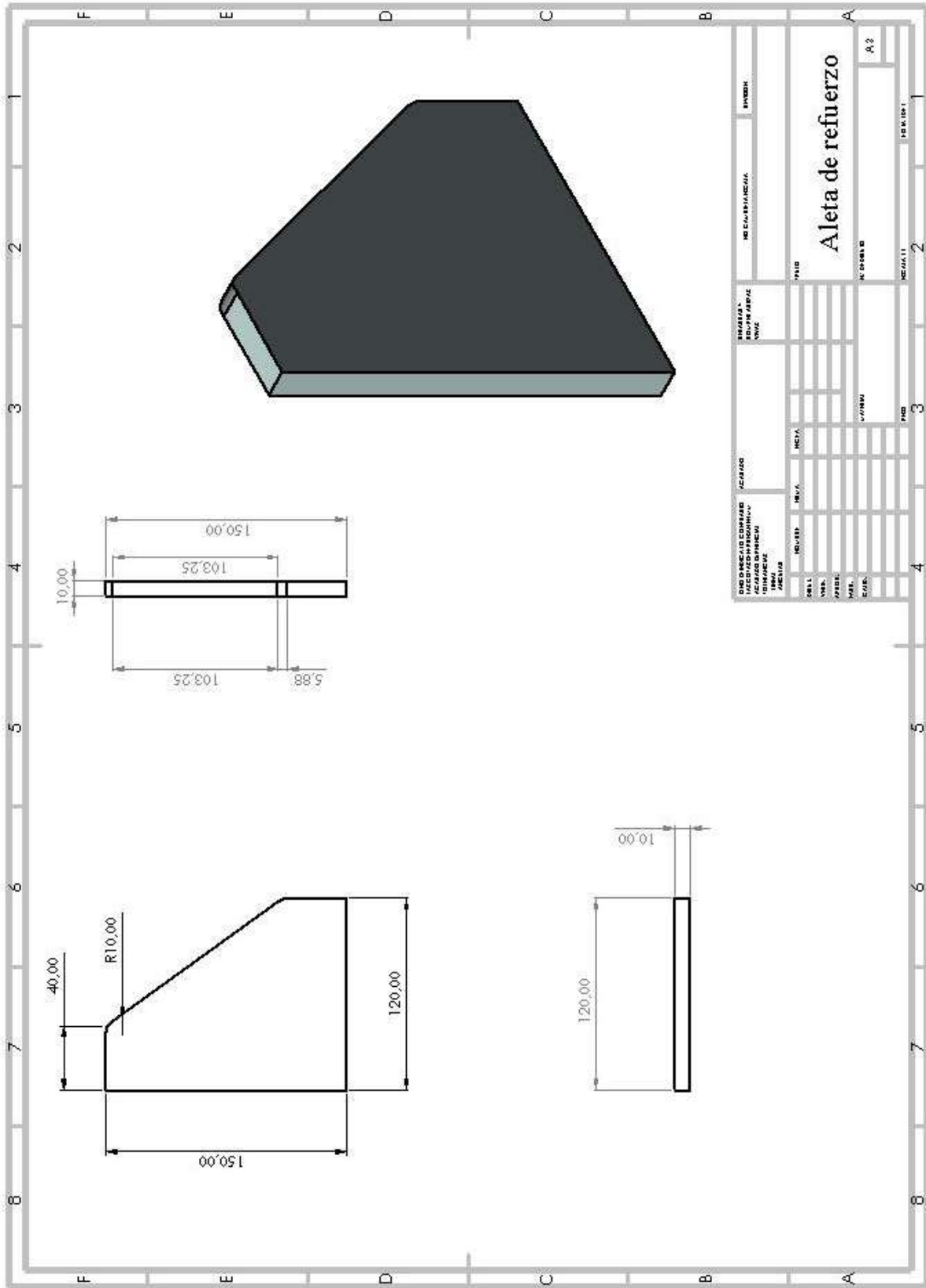












APÉNDICE D

Renderizado de las piezas del elevador por vacío Jumbo Sprint



Figura 84: Viga del puente grúa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

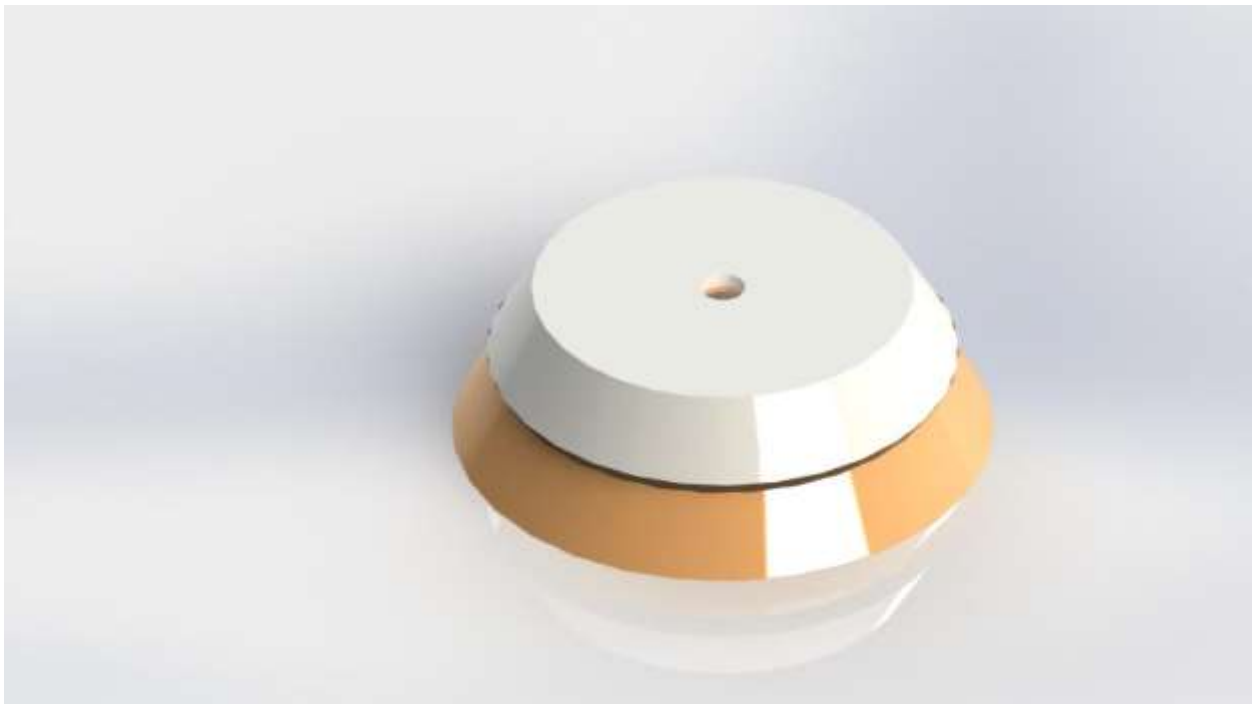


Figura 85: Ventosa de succión.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 86: Tubo de vacío.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 87: Tubo de bomba de vacío.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

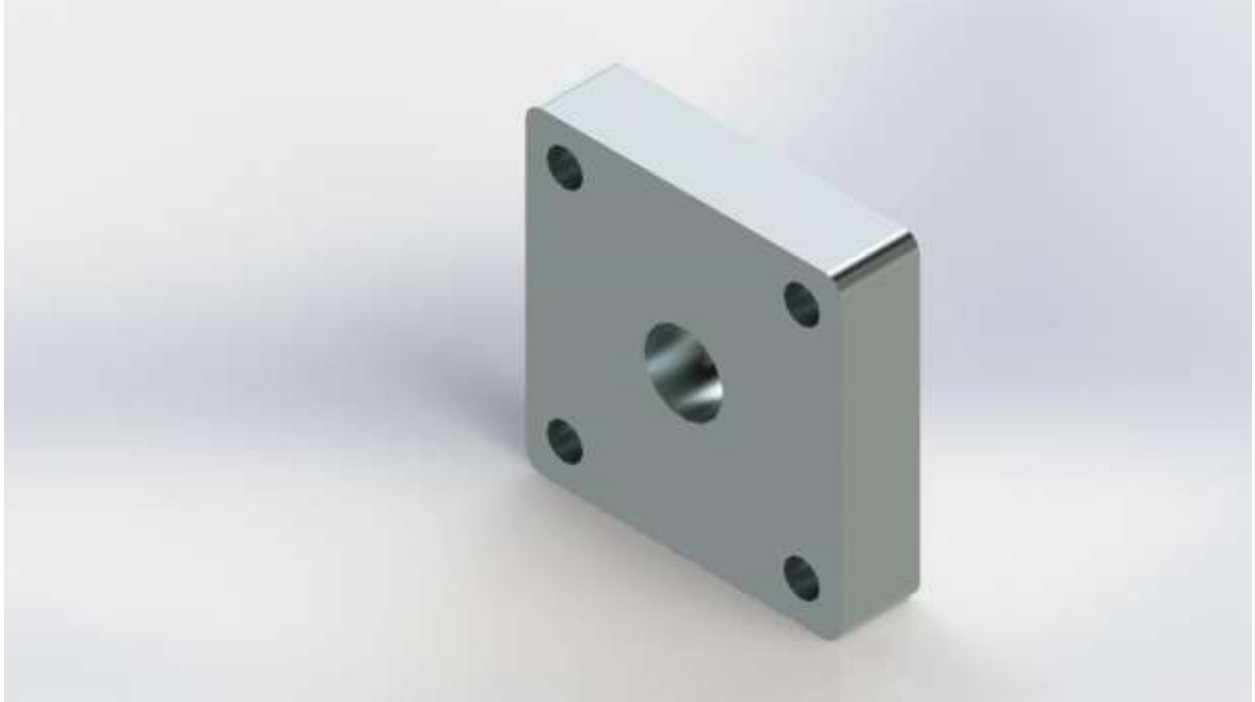


Figura 88: Tapa de sujeción de la viga.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 89: Tapa superior del Jumbo Sprint.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 90: Soporte de la bomba de vacío.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 91: Placa de cierre.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

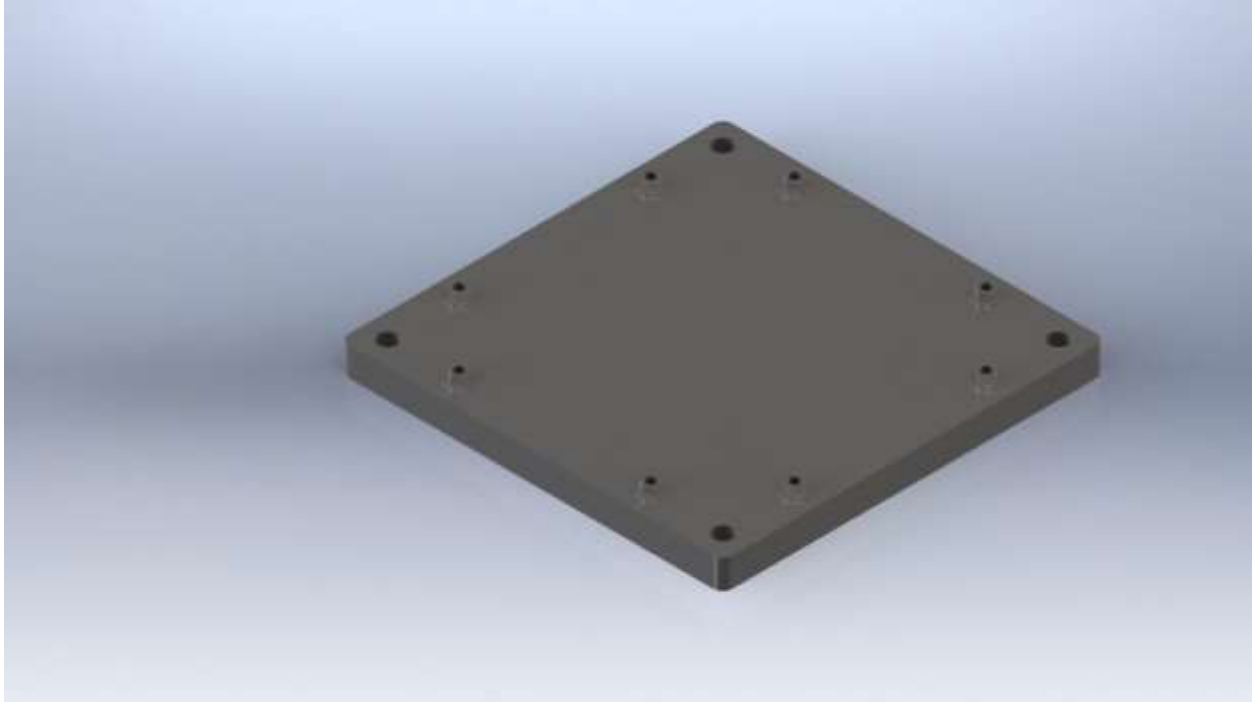


Figura 92: Placa base de empotramiento de la grúa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 93: Columna del elevador por vacío.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

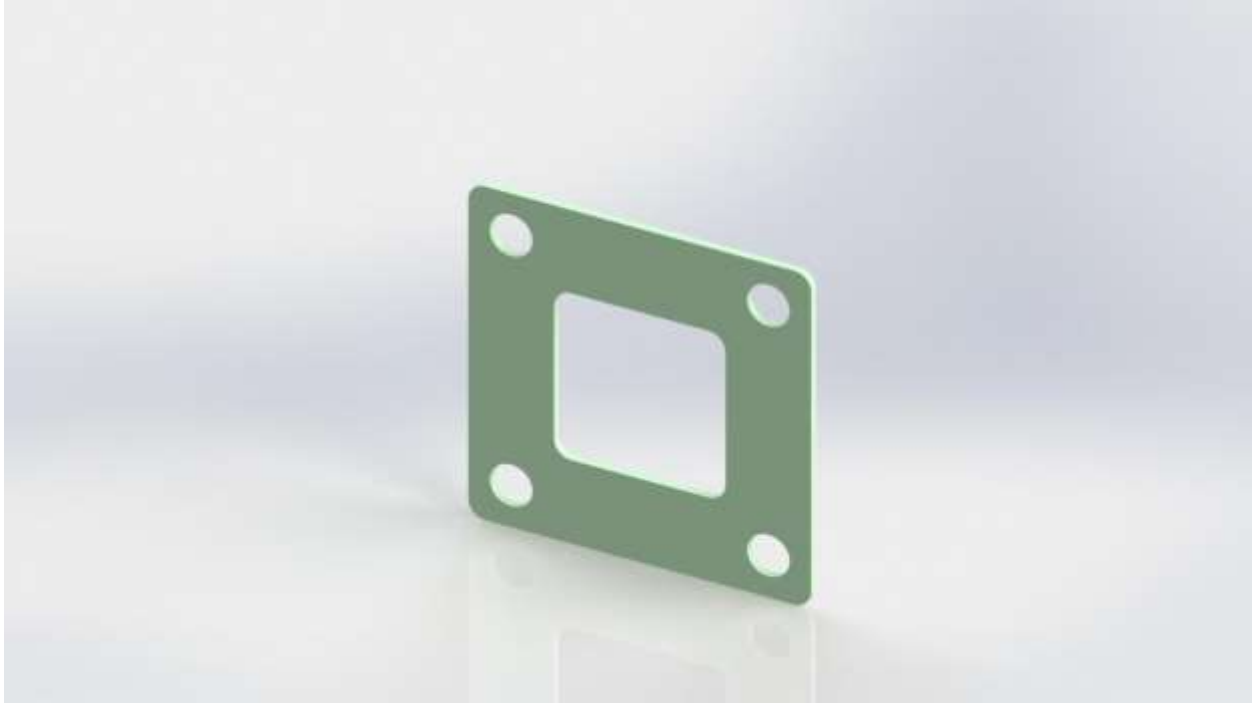


Figura 94: Marco obturador.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 95: Jumbo Sprint.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

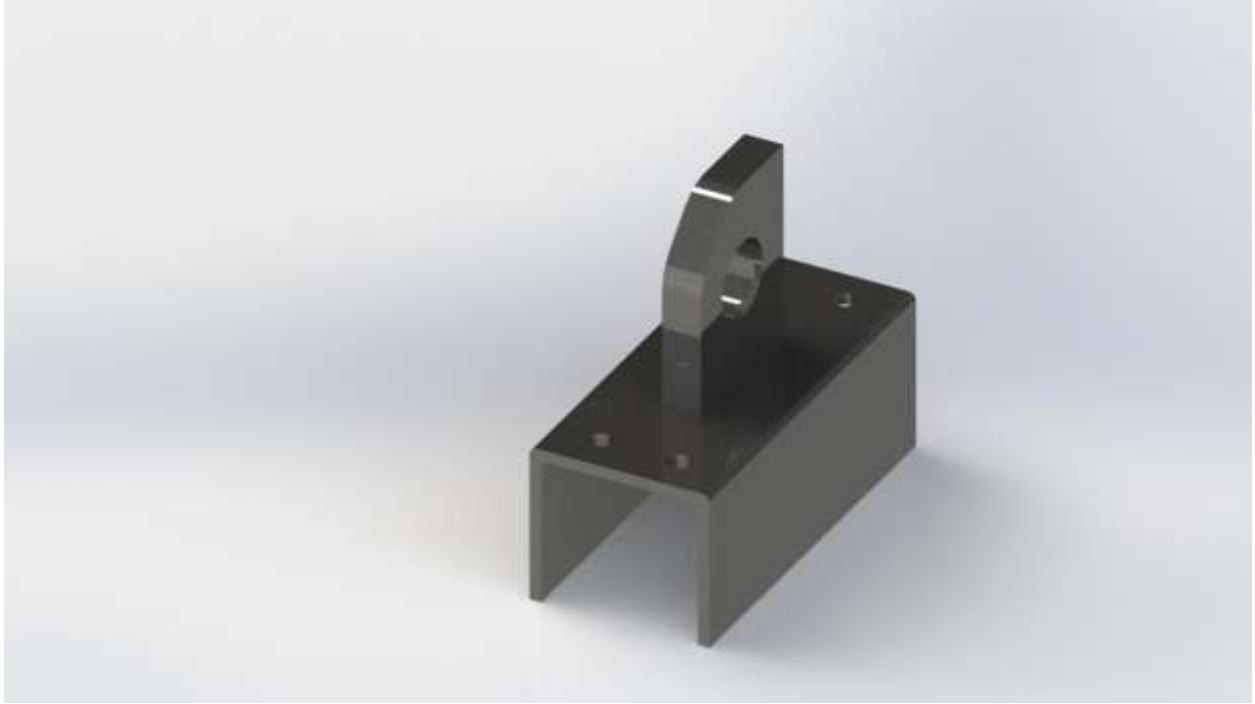


Figura 96: Horquilla de sujeción.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 97: Esparrago de nivelación.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

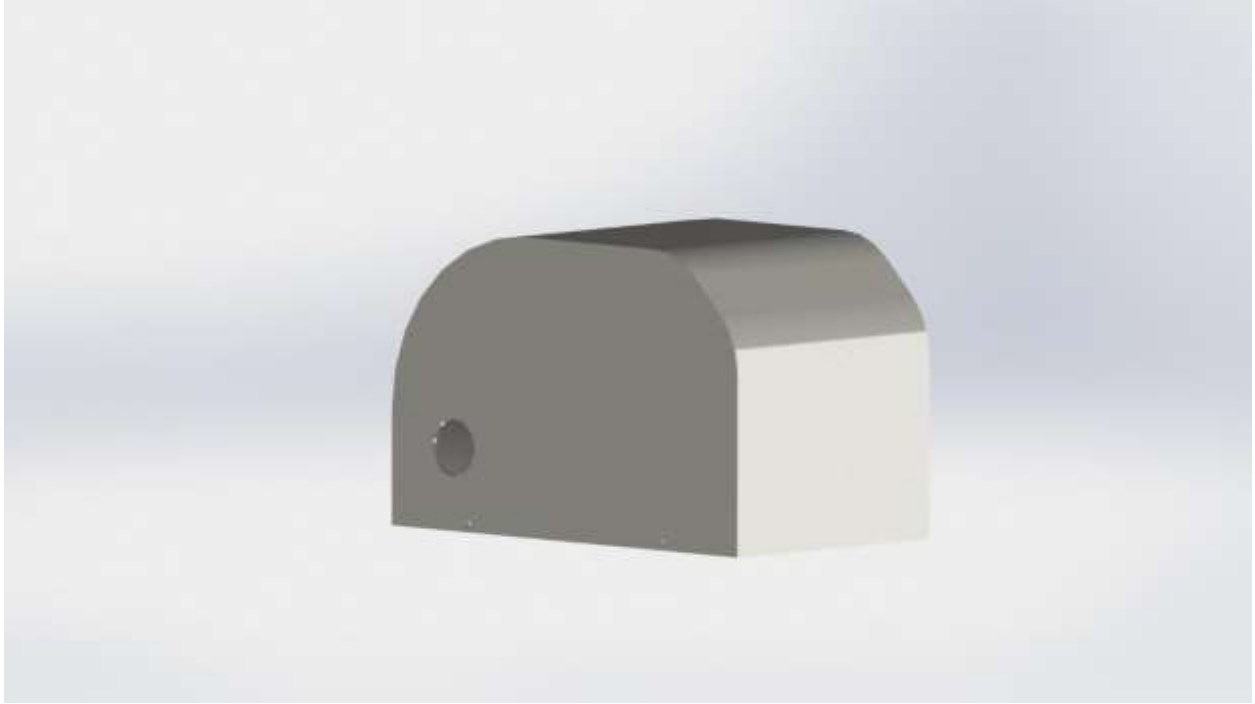


Figura 98: Cubre bomba de vacío.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 99: Carro de transporte de las mangueras de aire.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 100: Cojinete basculante.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 101: Carro de cables.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 102: Carril de la viga.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 103: Bomba de vacío del elevador por succión de vacío.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

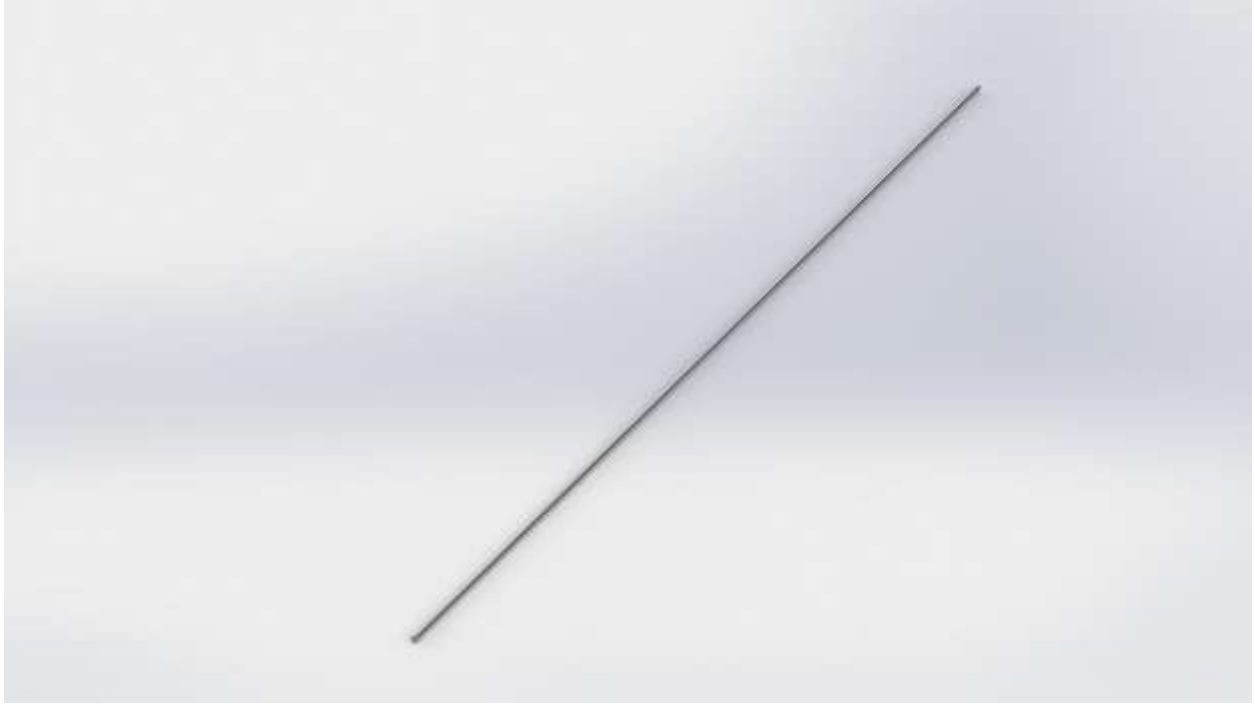


Figura 104: Barra de refuerzo superior en la viga.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 105: Asa de control de la ventosa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 106: Apoyo de barra de refuerzo superior en la viga de la grúa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 107: Aleta de refuerzo del empotramiento de la grúa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 108: Ajuste de bomba de la bomba de vacío.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

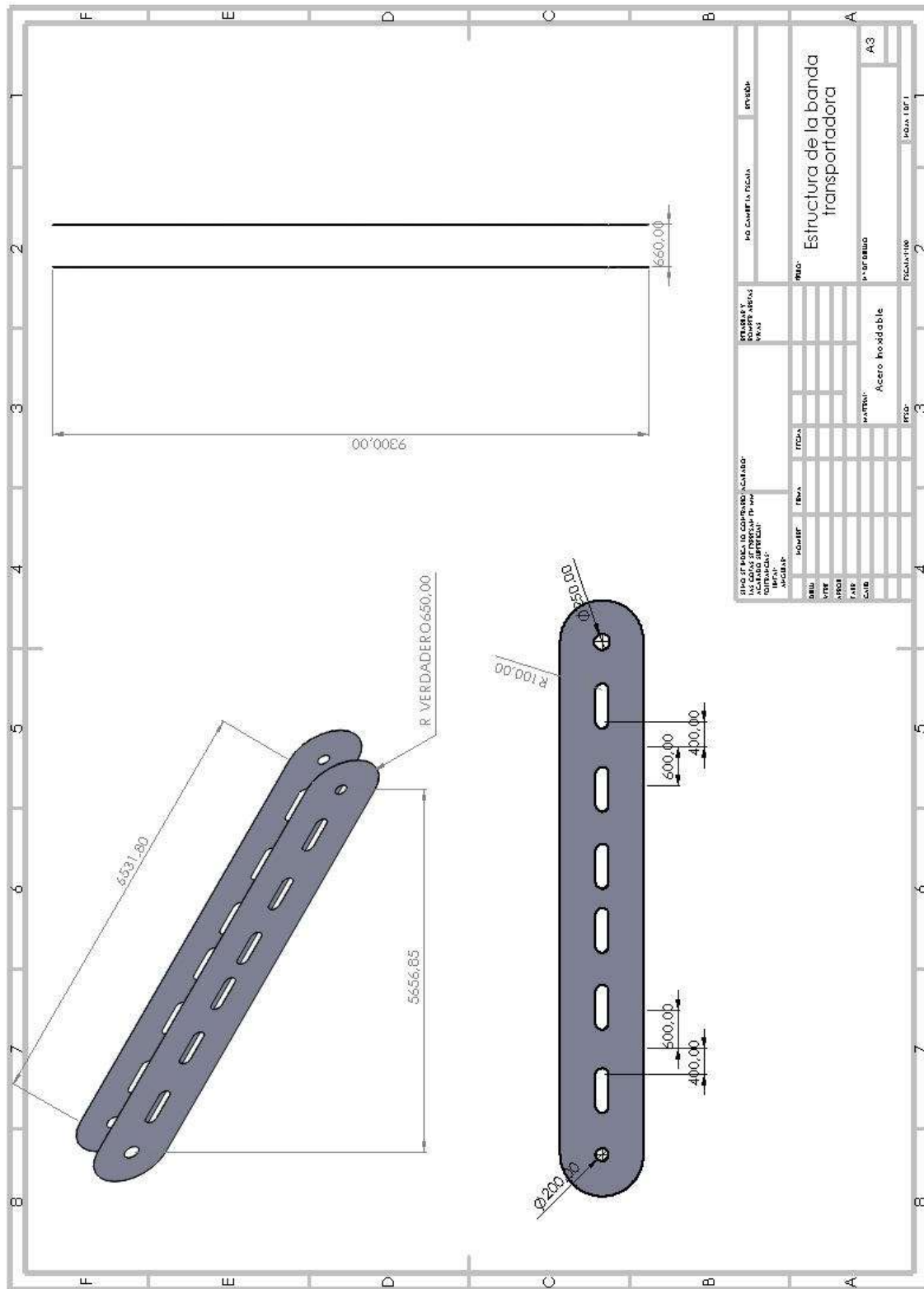


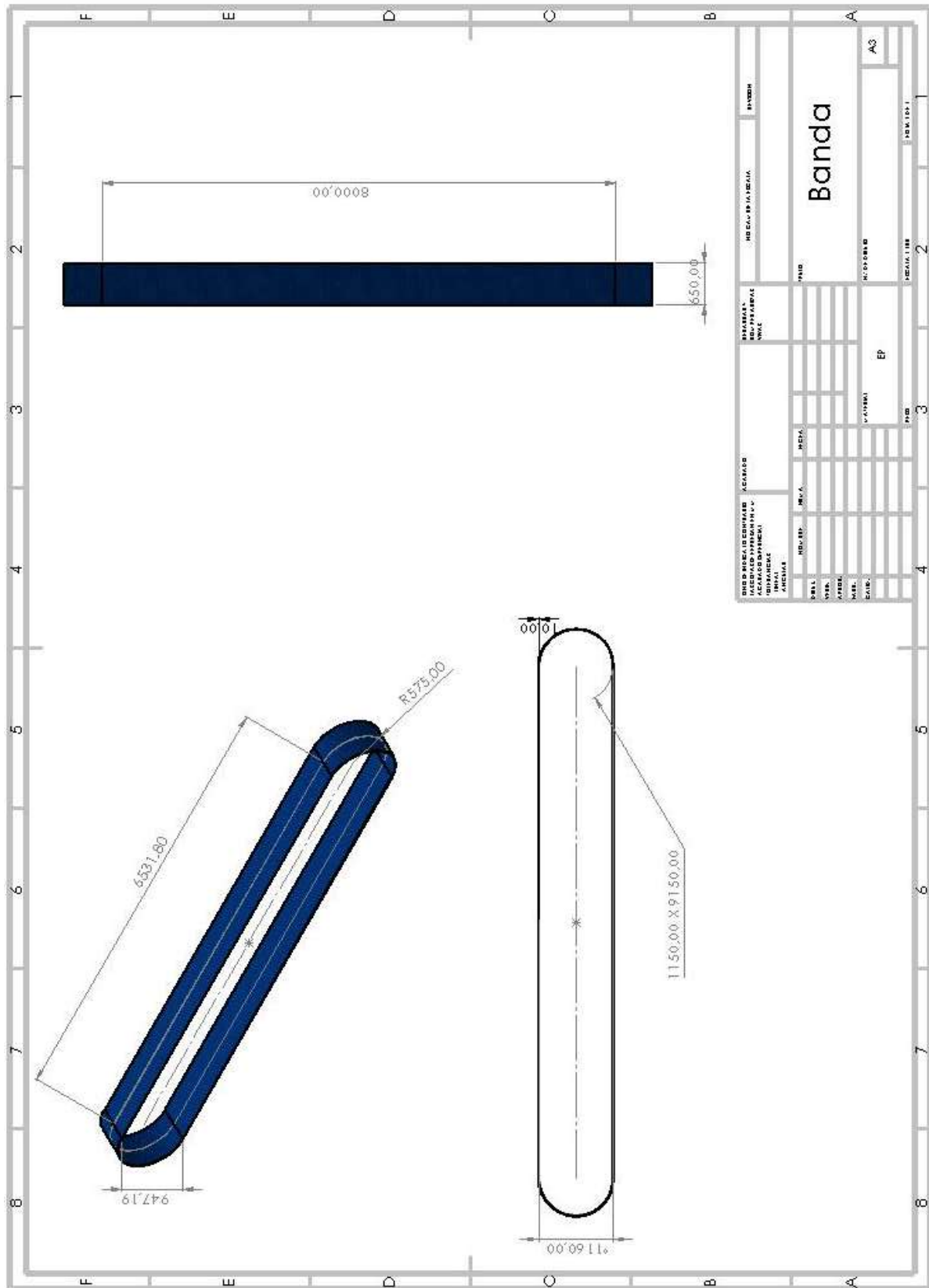
Figura 109: Ensamble del elevador por vacío Jumbo Sprint.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

APÉNDICE E

Planos digitalizados de la cinta transportadora para la mesa de paletizado.





APÉNDICE F

Planos renderizados de la cinta transportadora

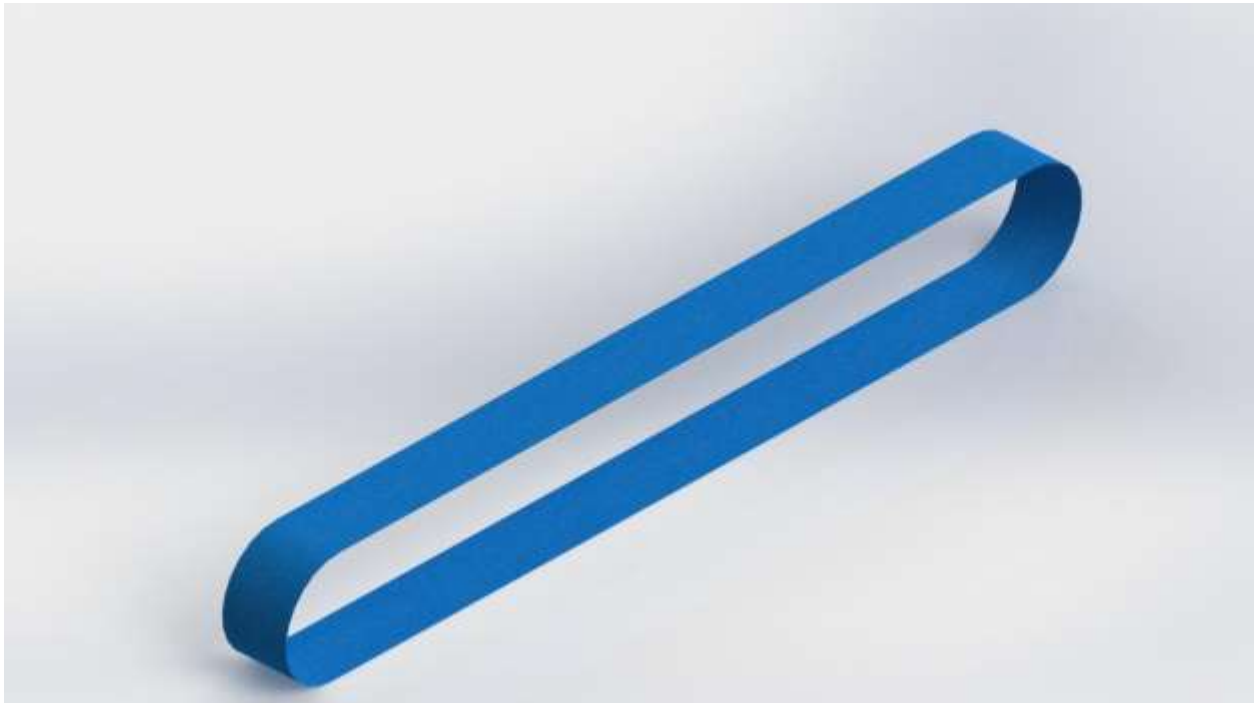


Figura 110: Banda transportadora.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

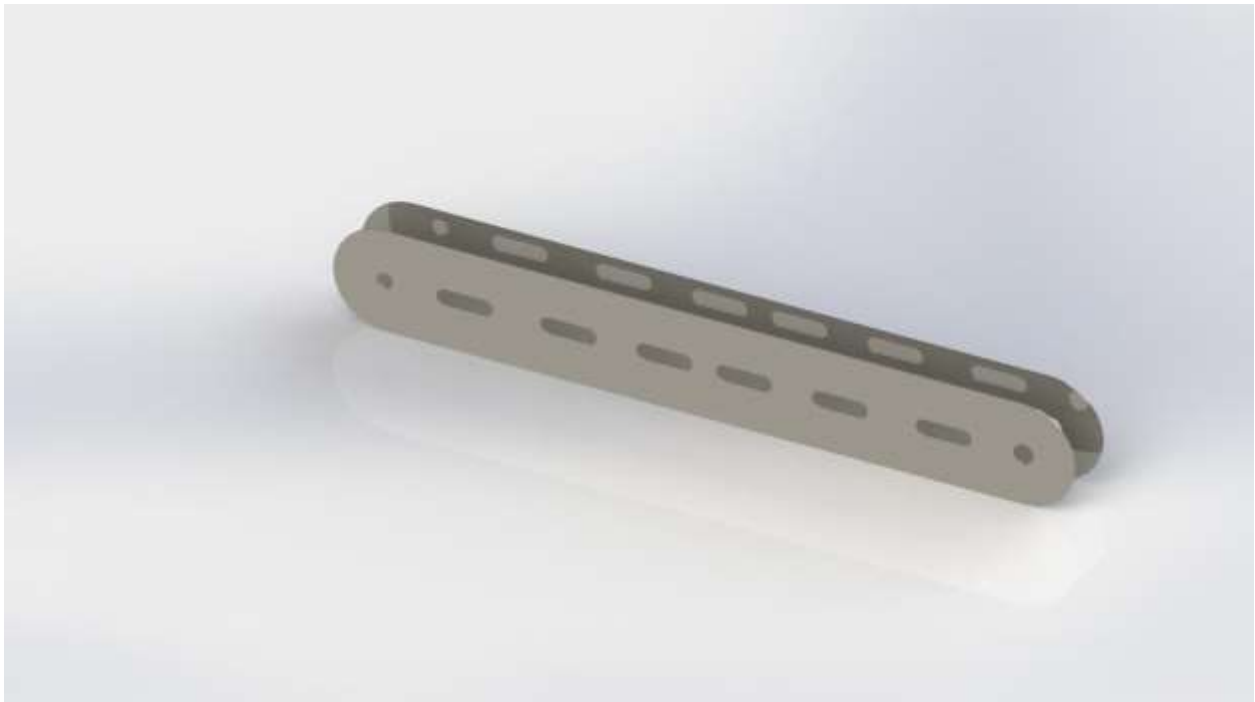
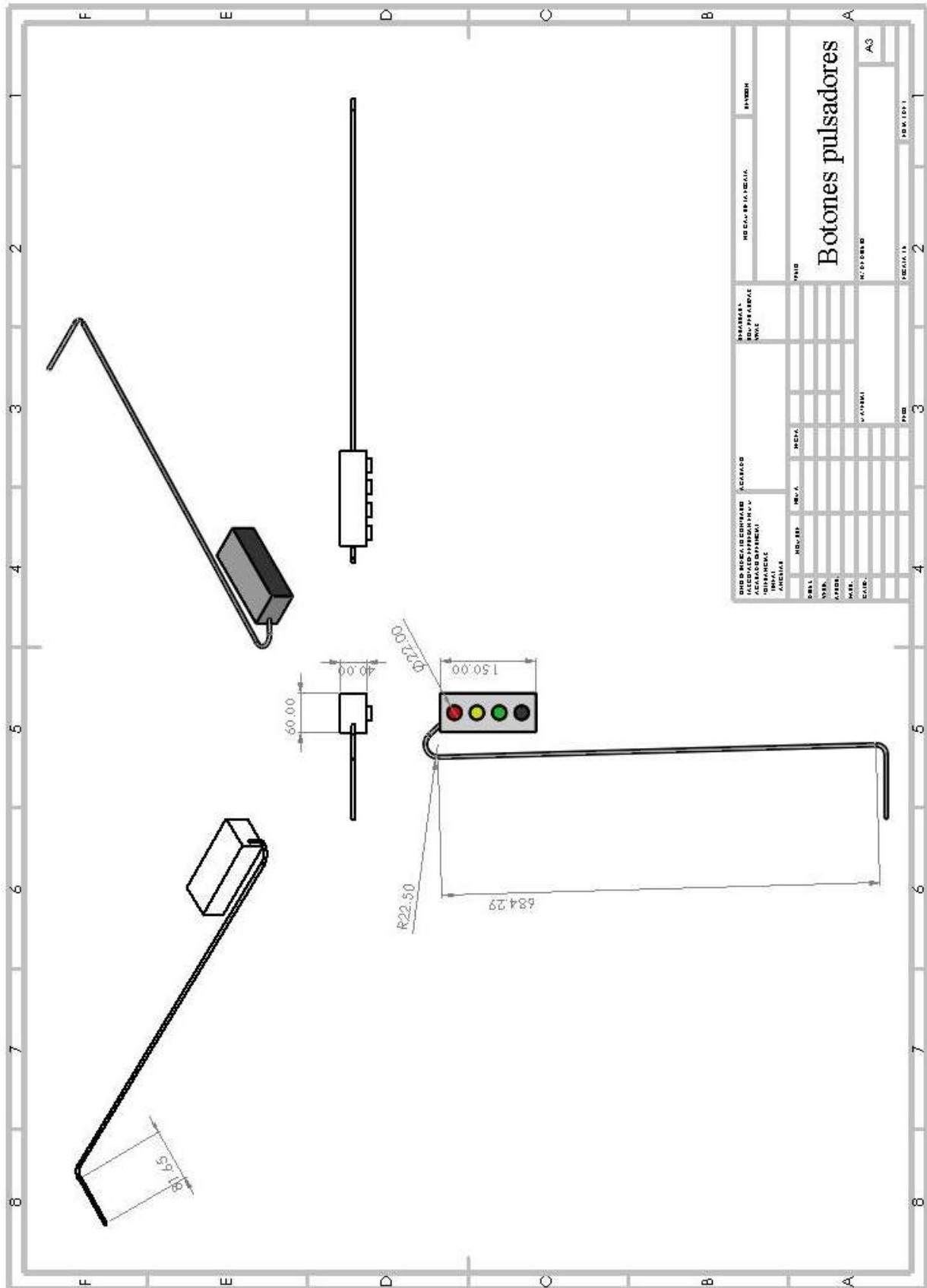


Figura 111: Estructura de la banda.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

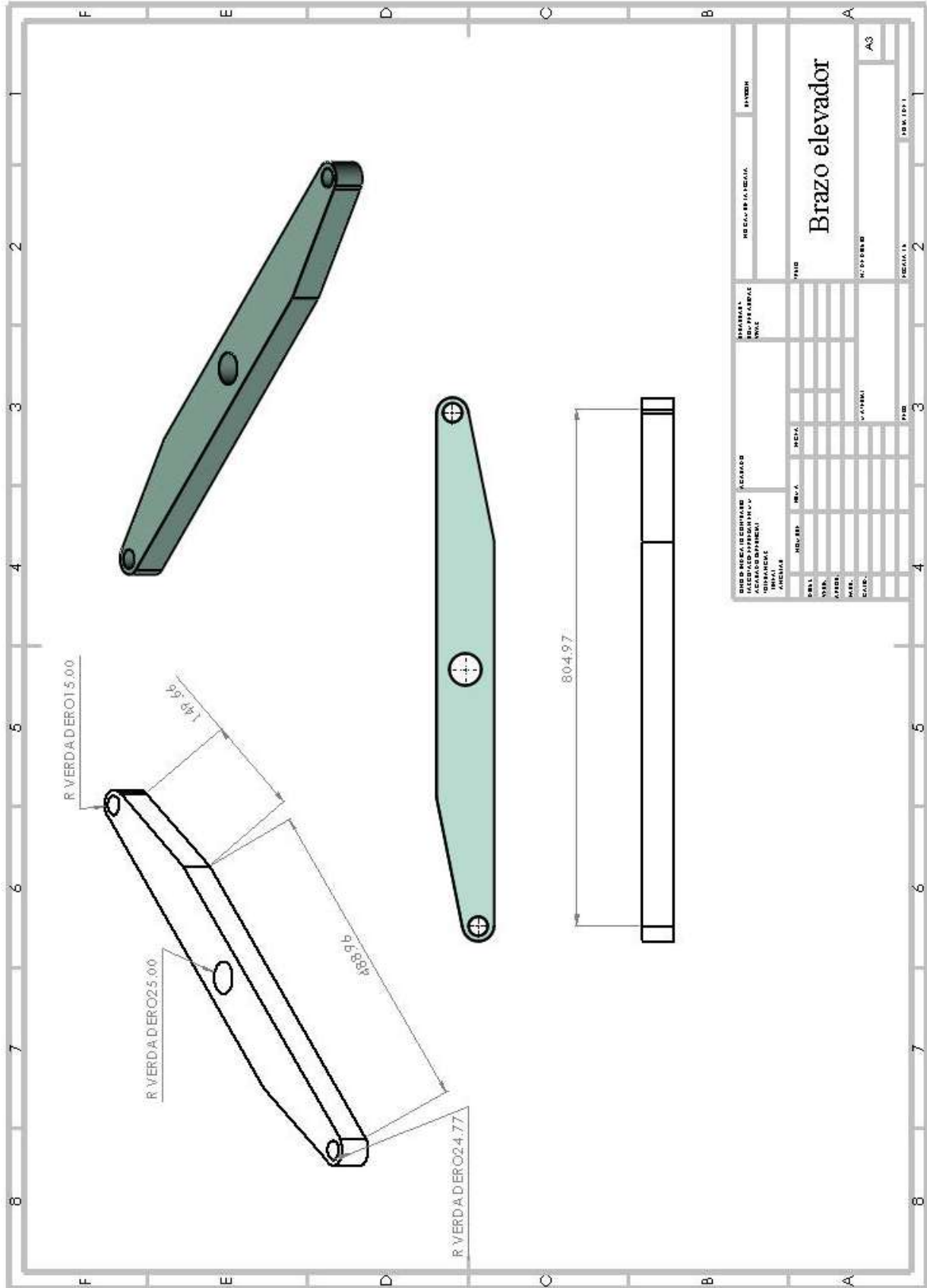
APÉNDICE G

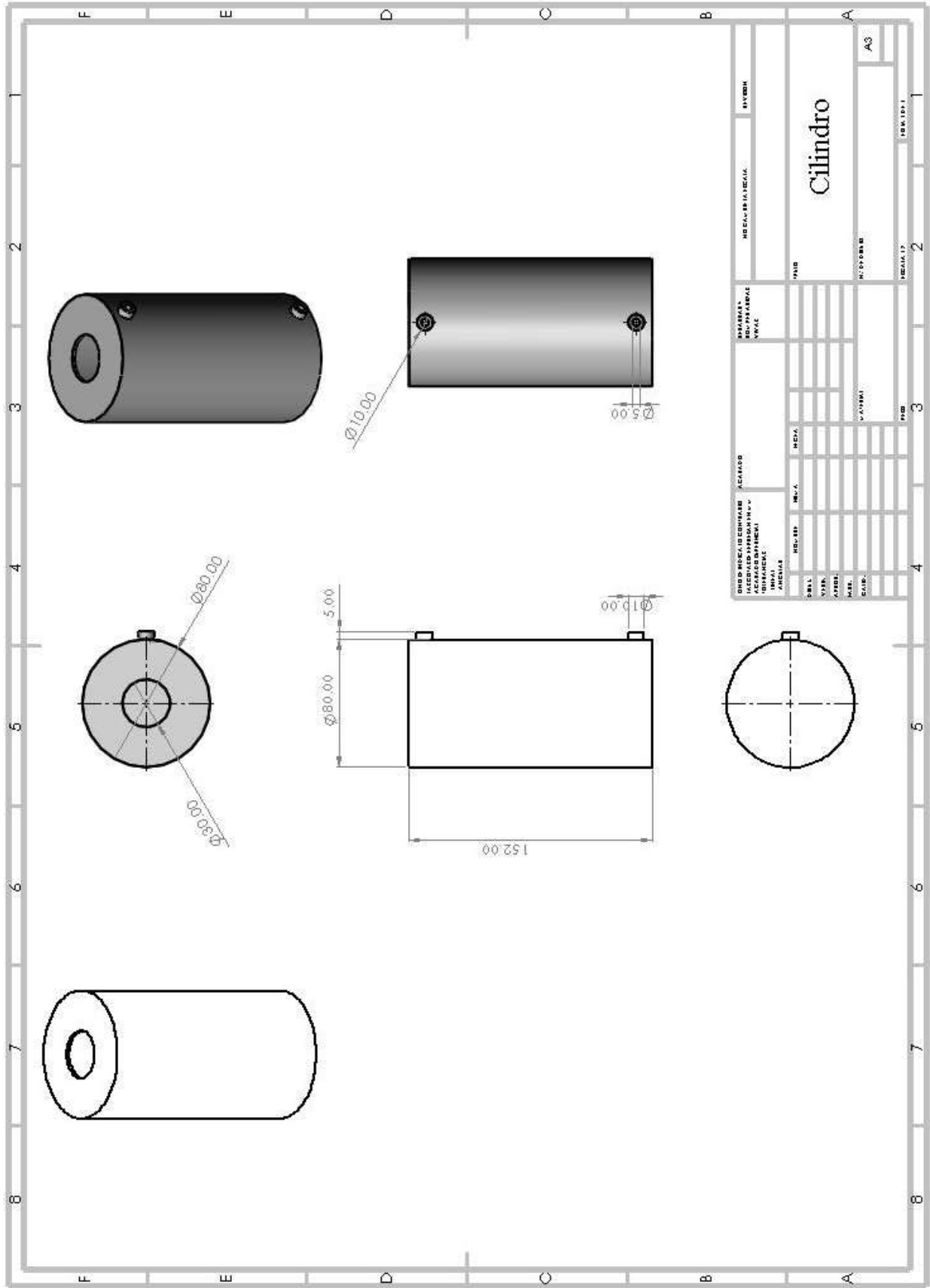


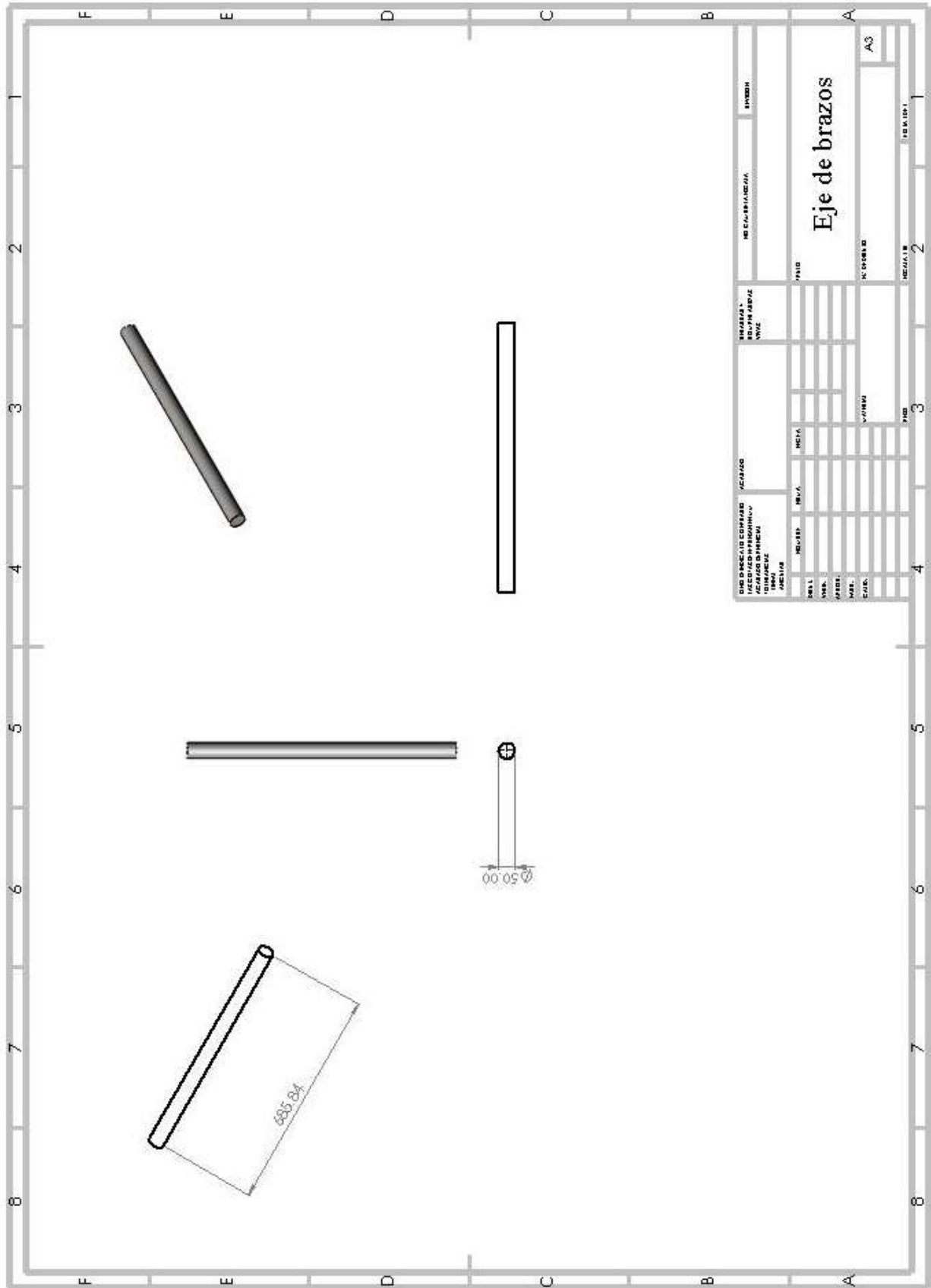
BOTONES		DESCRIPCION		CANTIDAD		VALOR	
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR	ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR
1	BOTON PULSADOR	1	150.00	2	BOTON PULSADOR	1	150.00
3	BOTON PULSADOR	1	150.00	4	BOTON PULSADOR	1	150.00
5	BOTON PULSADOR	1	150.00	6	BOTON PULSADOR	1	150.00
7	BOTON PULSADOR	1	150.00	8	BOTON PULSADOR	1	150.00

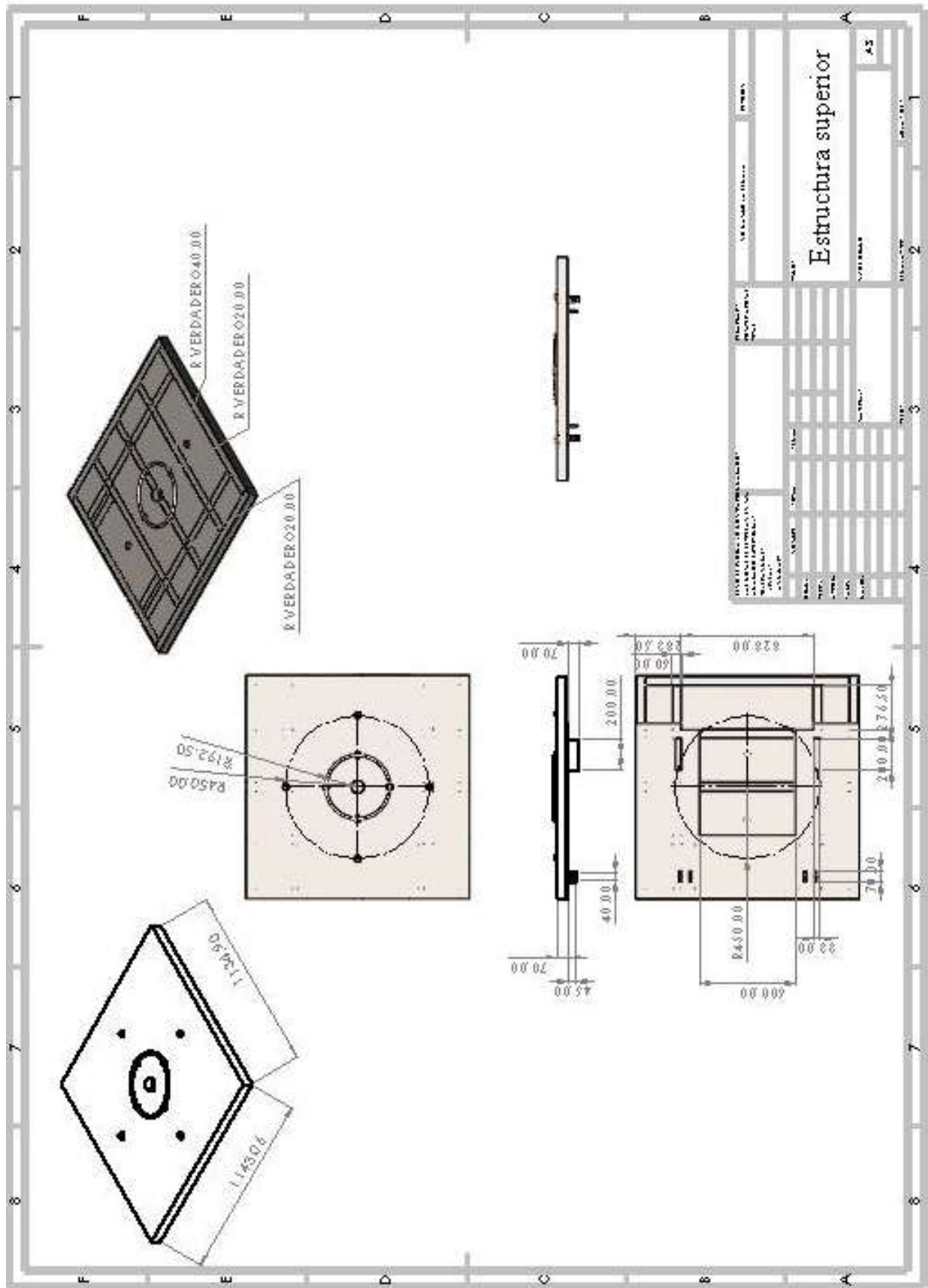
Botones pulsadores

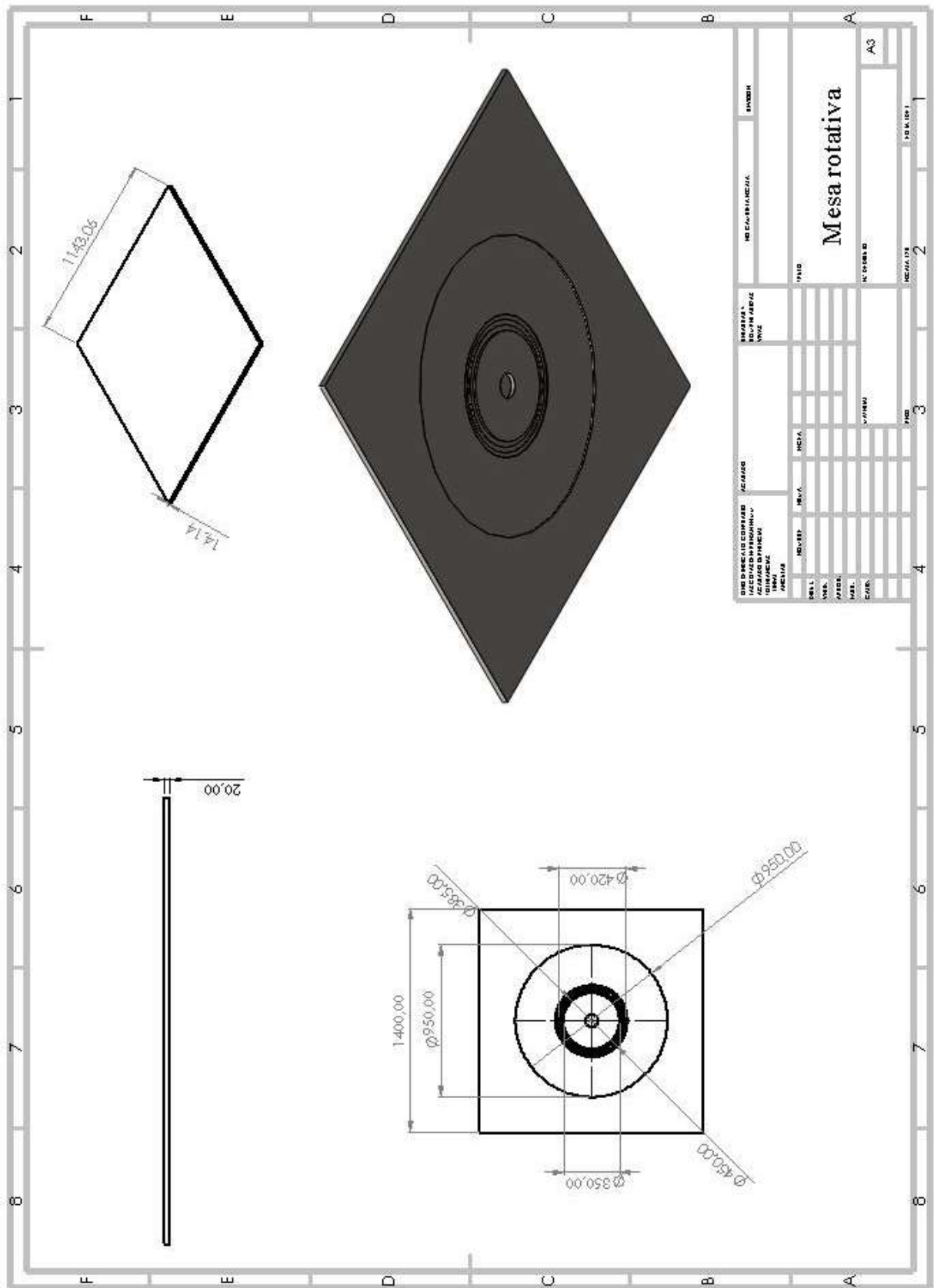
A3

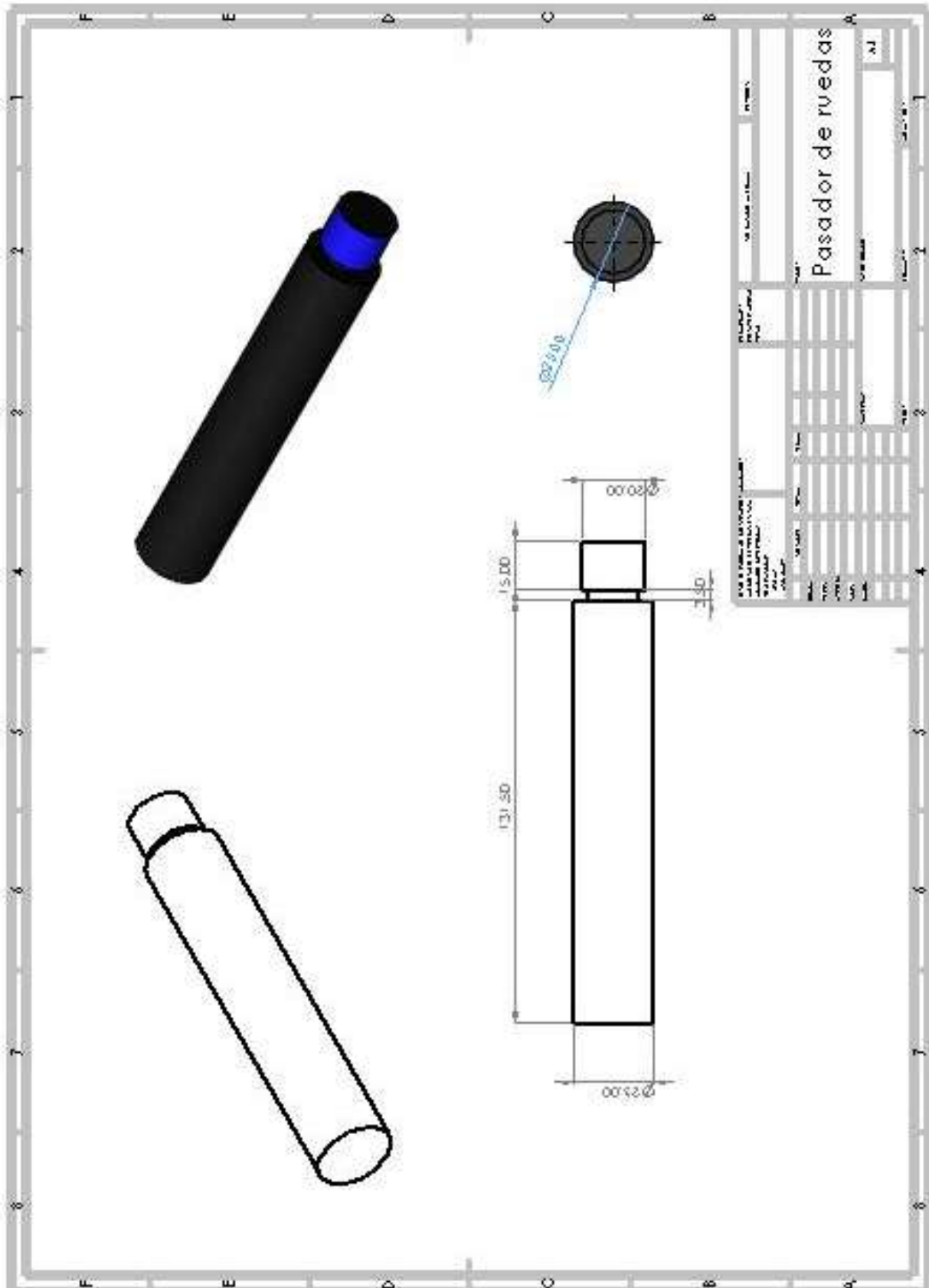


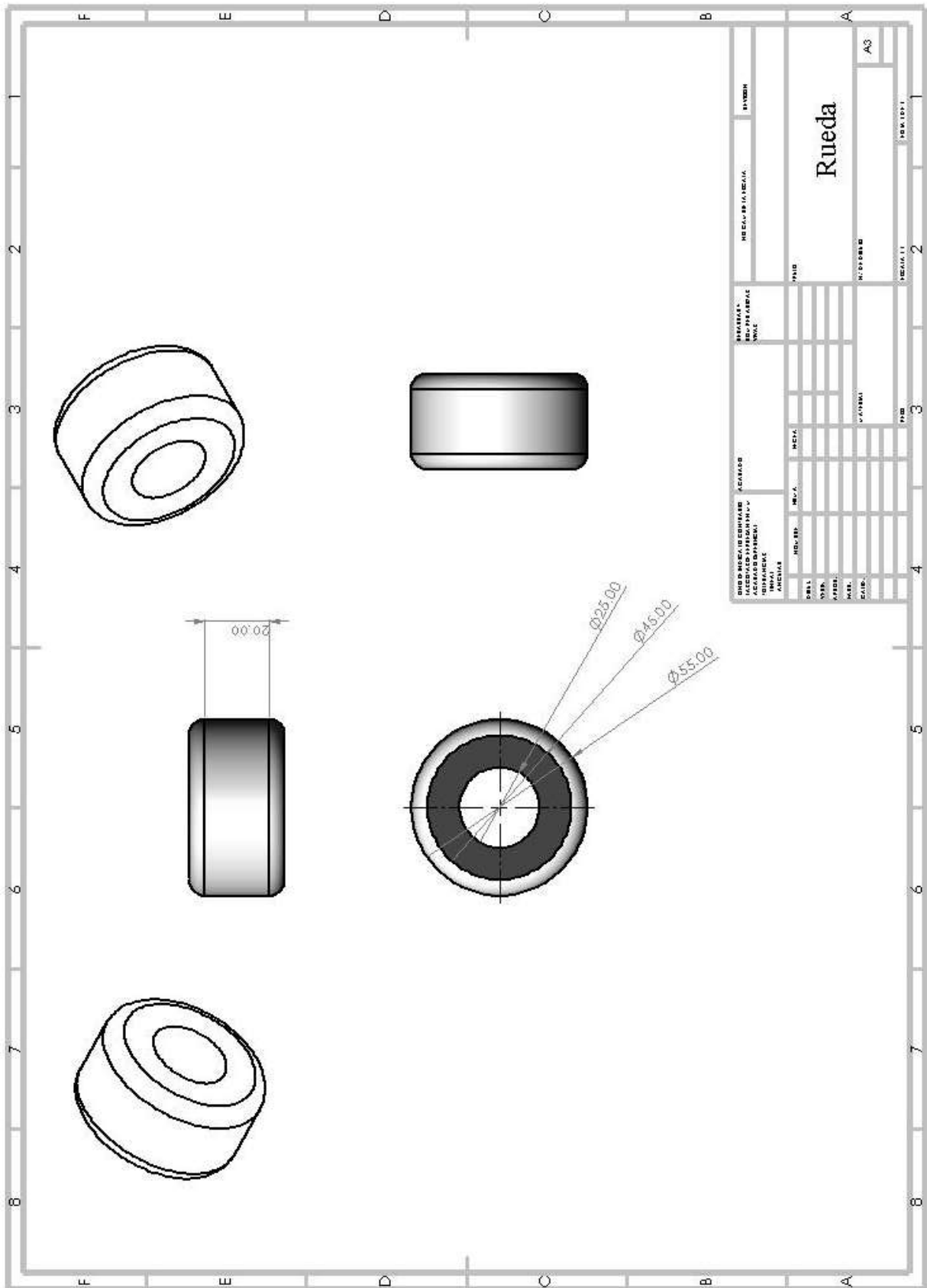


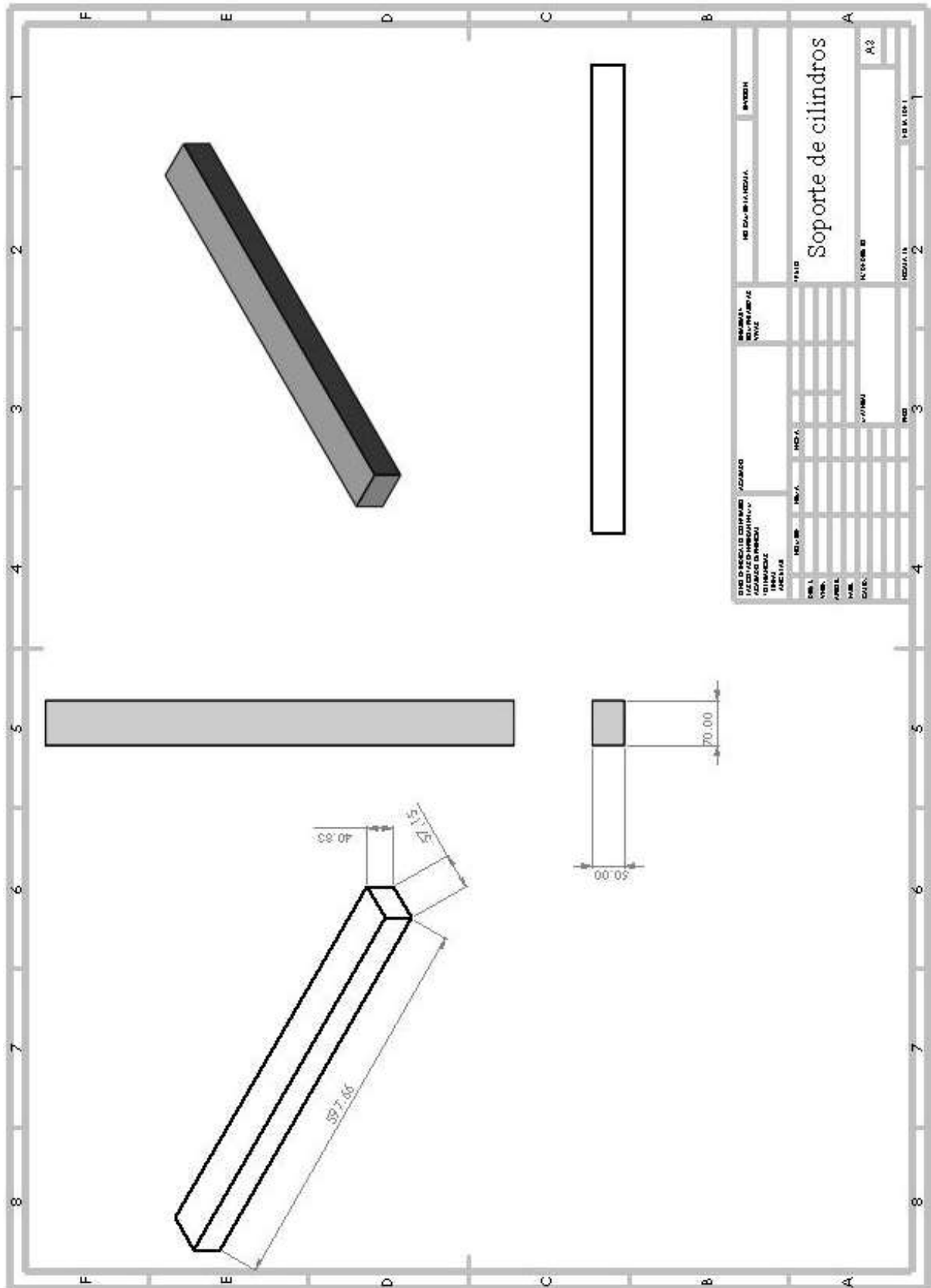


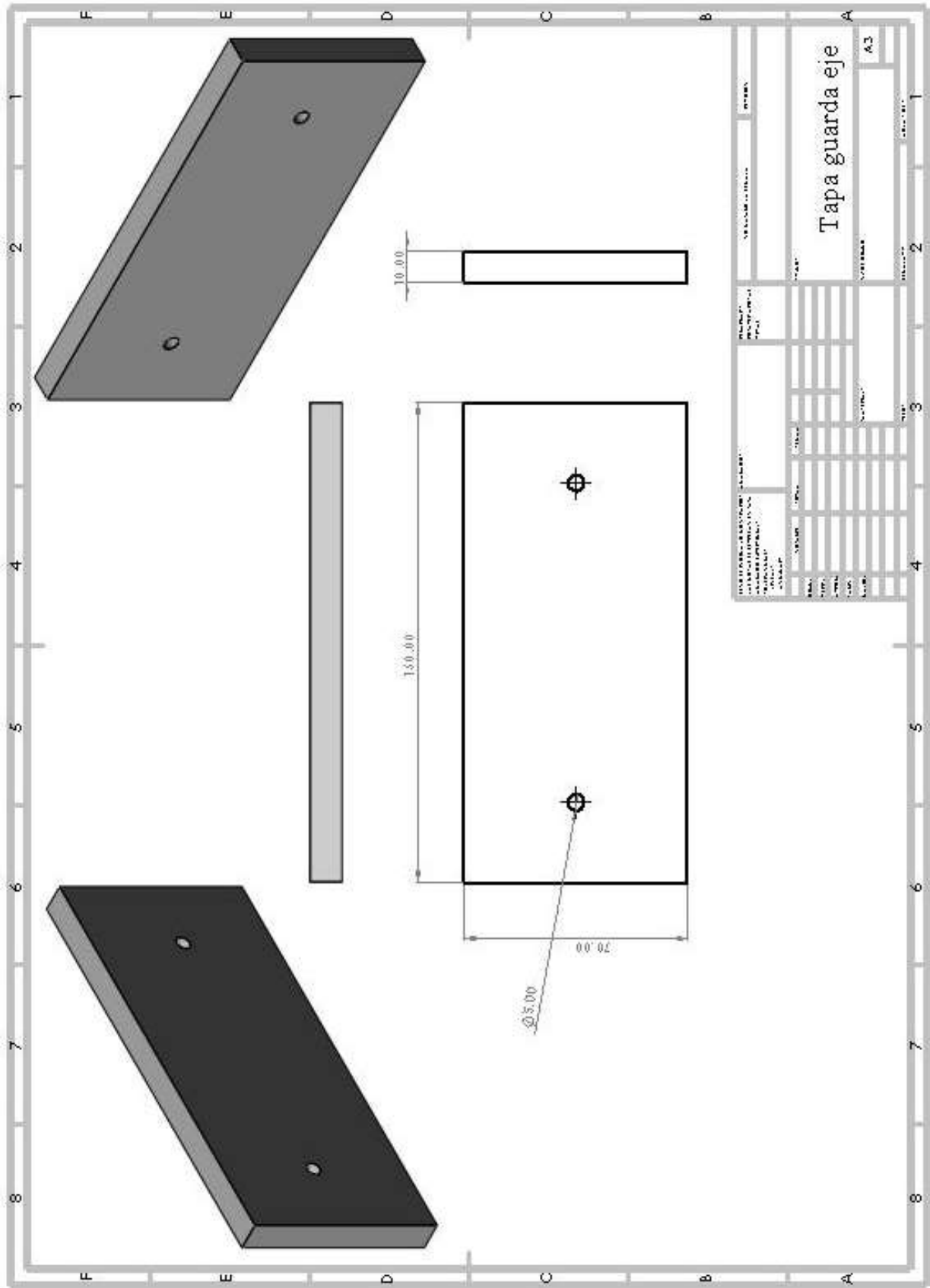


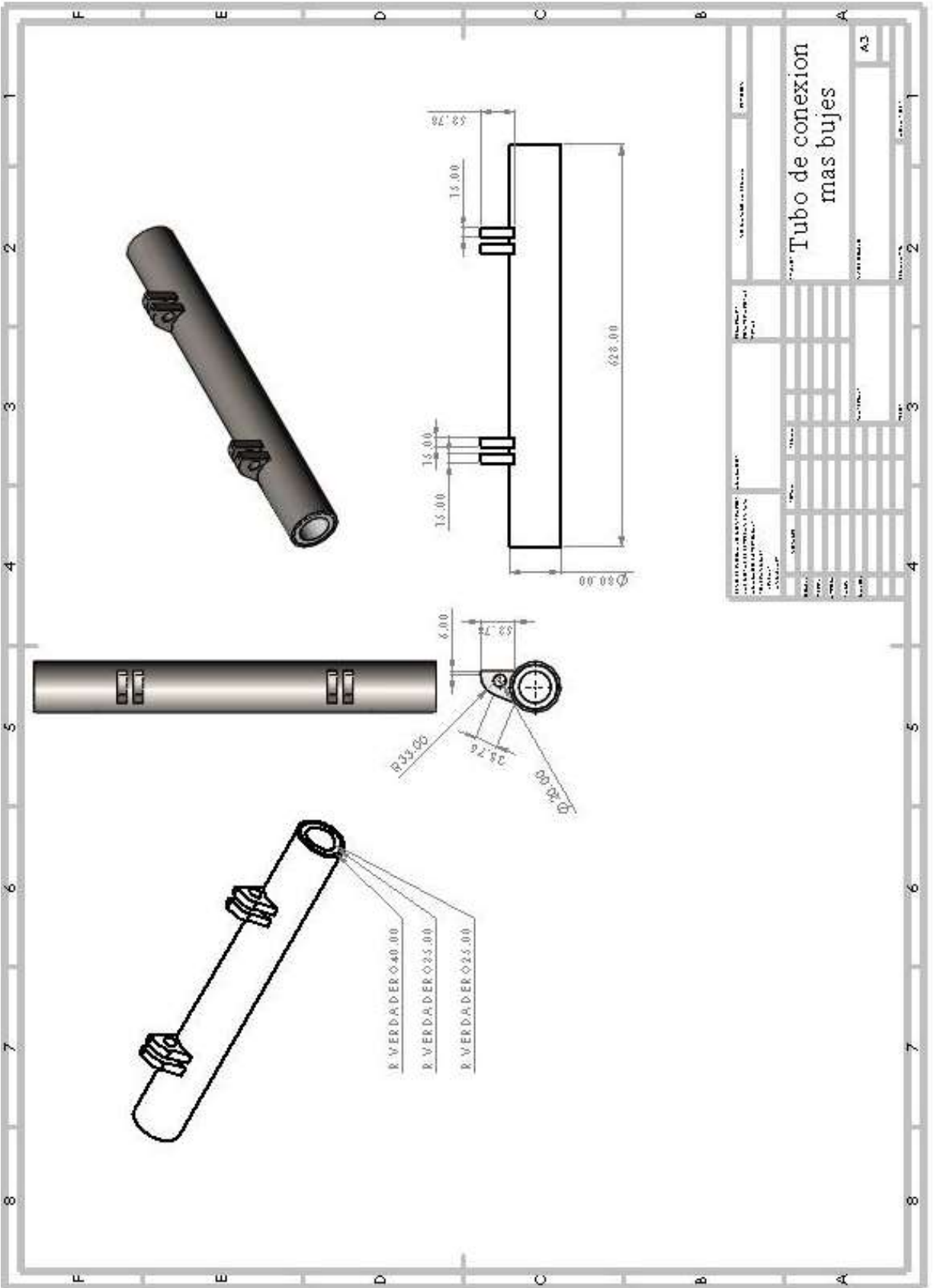












APÉNDICE H

Renderizado de la mesa paletizadora elevadora



Figura 112: Base de la mesa elevadora.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

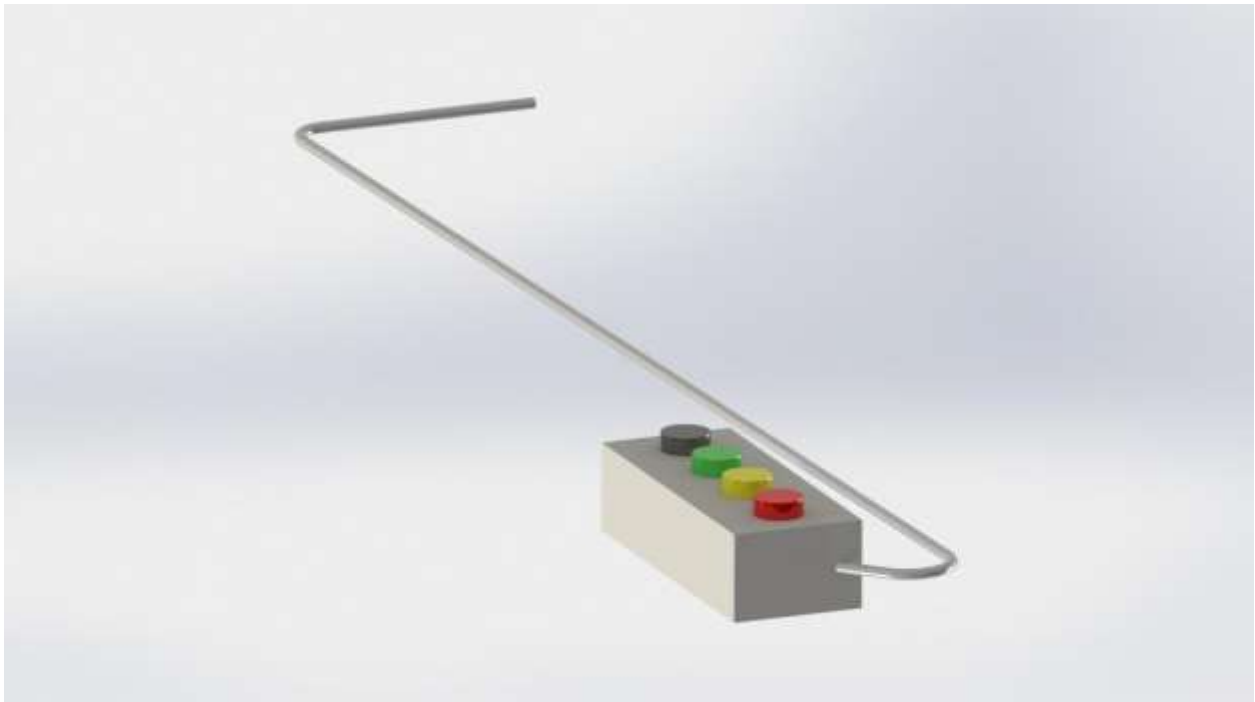


Figura 113: Botones pulsadores de accionamiento de la mesa elevadora.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 114: Brazo elevador de la mesa elevadora.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 115: Cilindro renderizado de la mesa elevadora.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 116: Eje de brazos de la mesa elevadora.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 117: Estructura base superior de la mesa elevadora.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

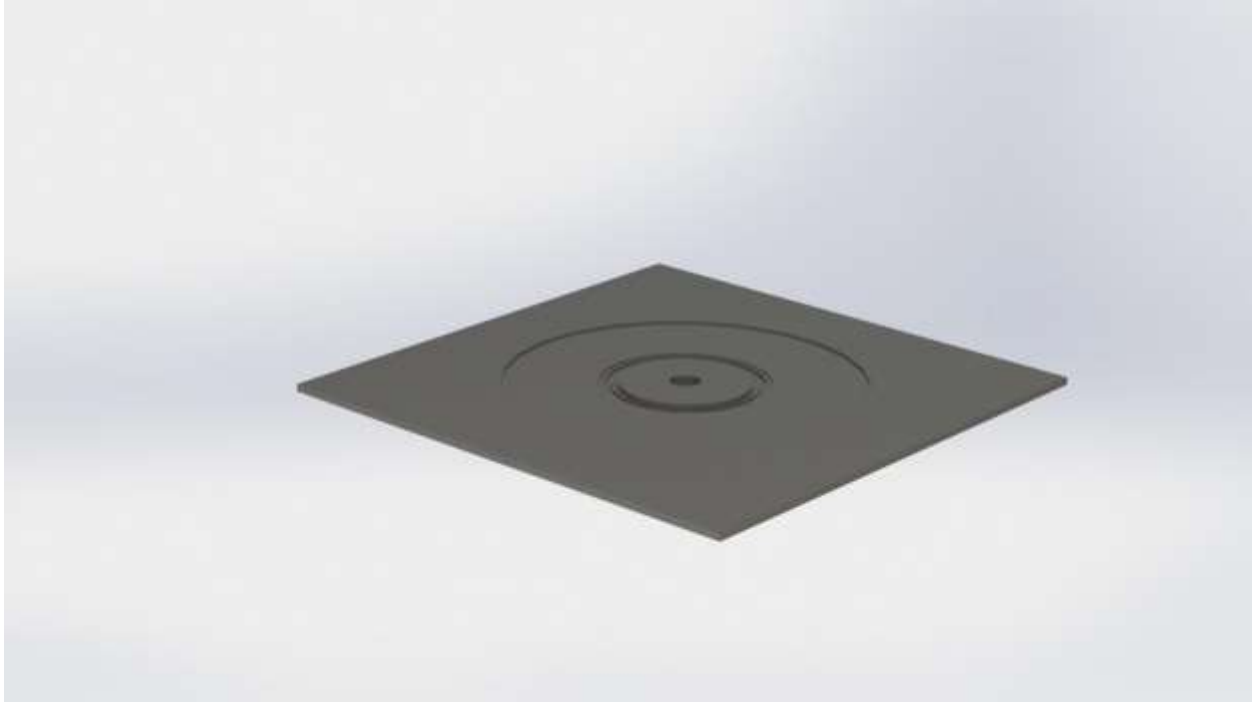


Figura 118: Mesa rotativa de la mesa elevadora.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

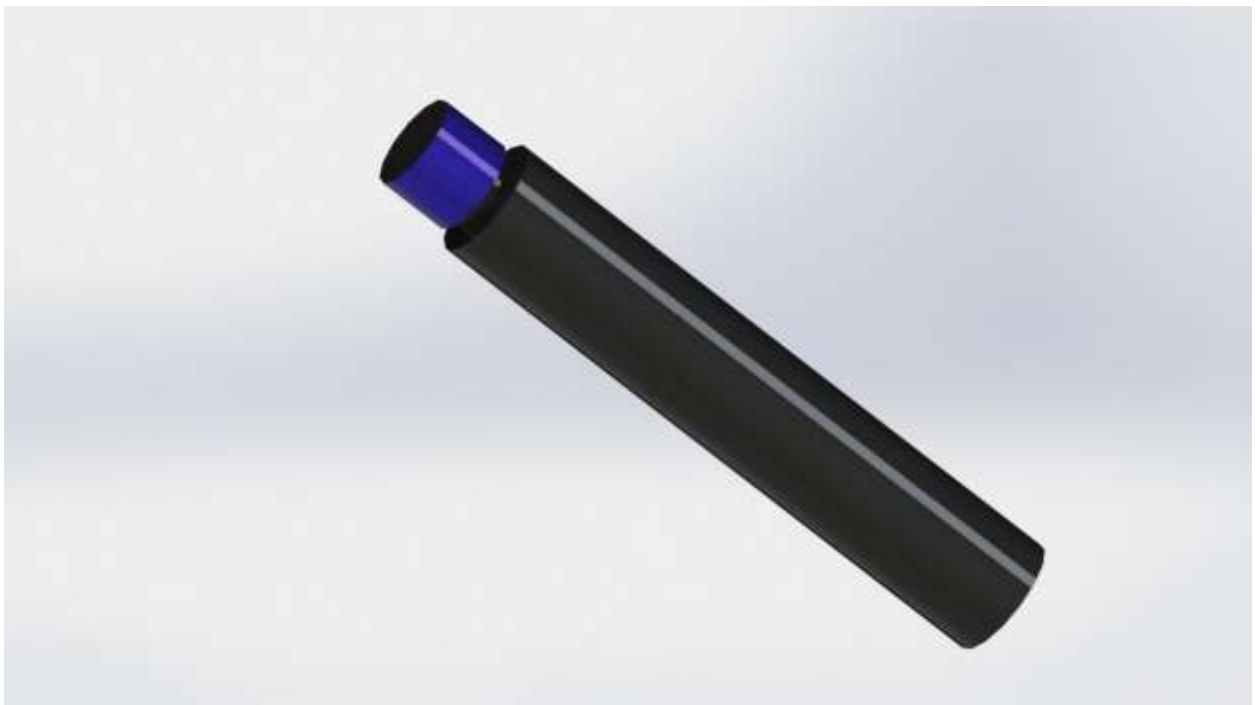


Figura 119: Pasador de ruedas.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 120: Pistón.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 121: Rueda.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

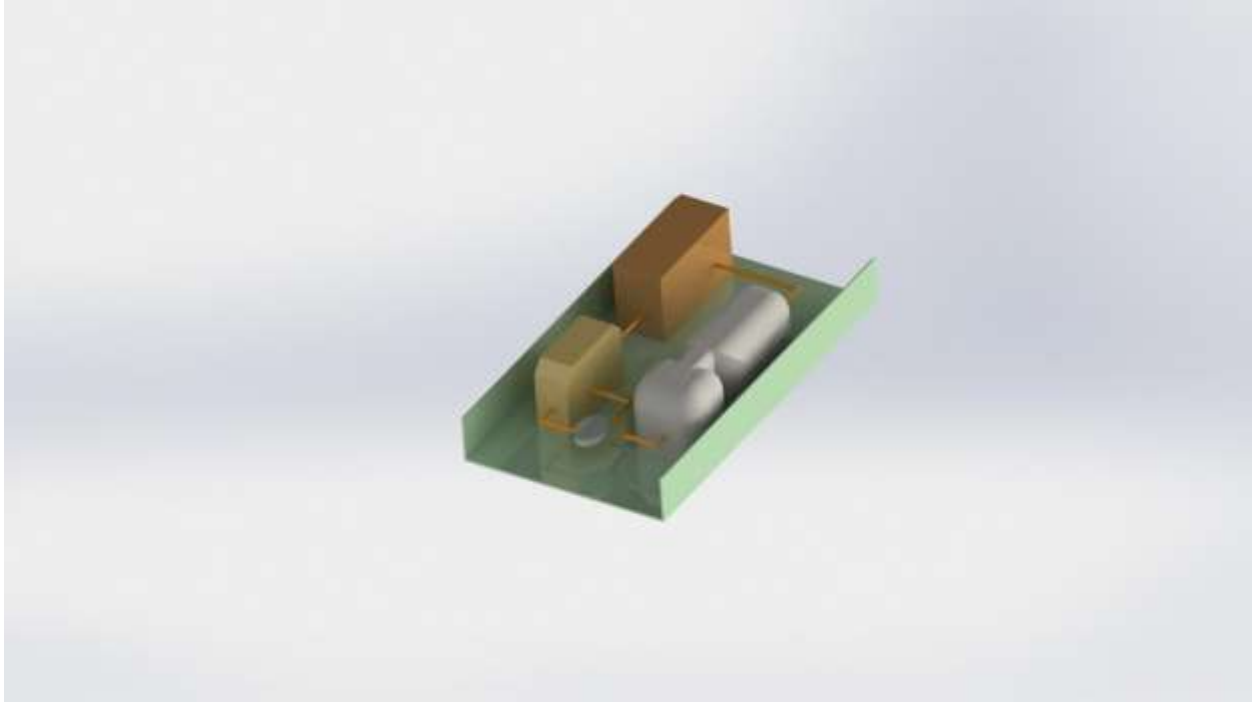


Figura 122: Sistema motriz de la mesa elevadora.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

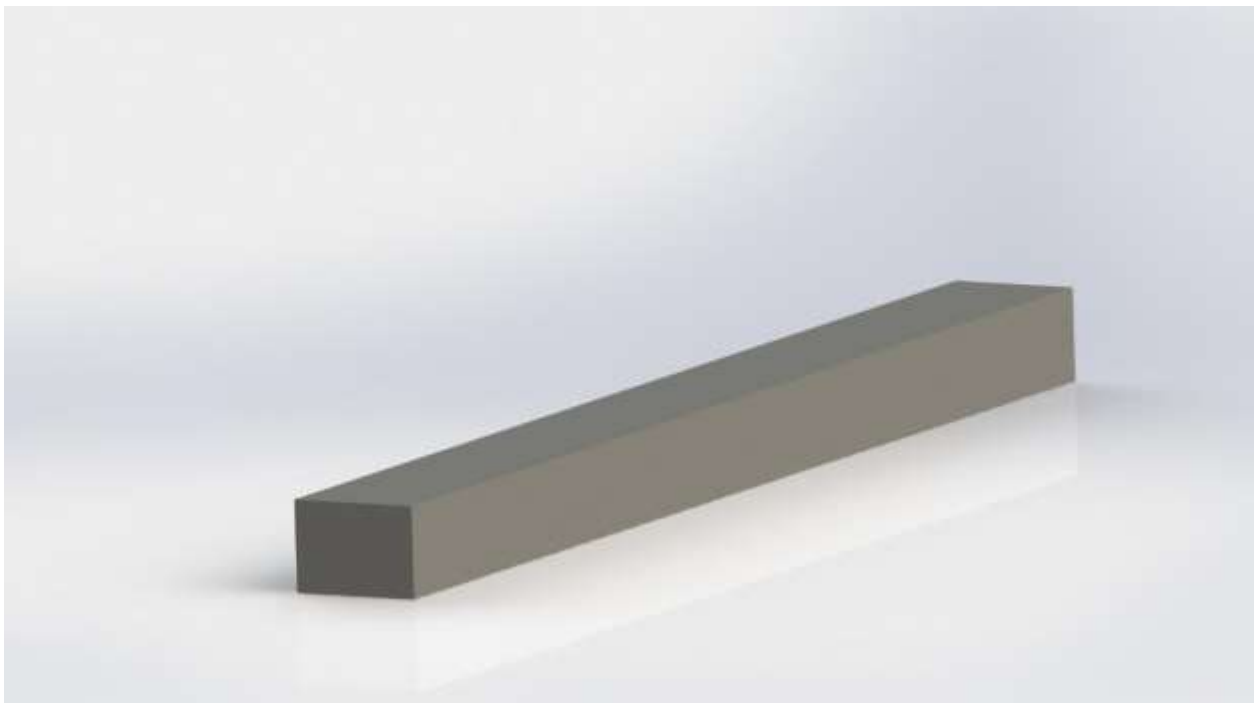


Figura 123: Soporte de cilindro.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

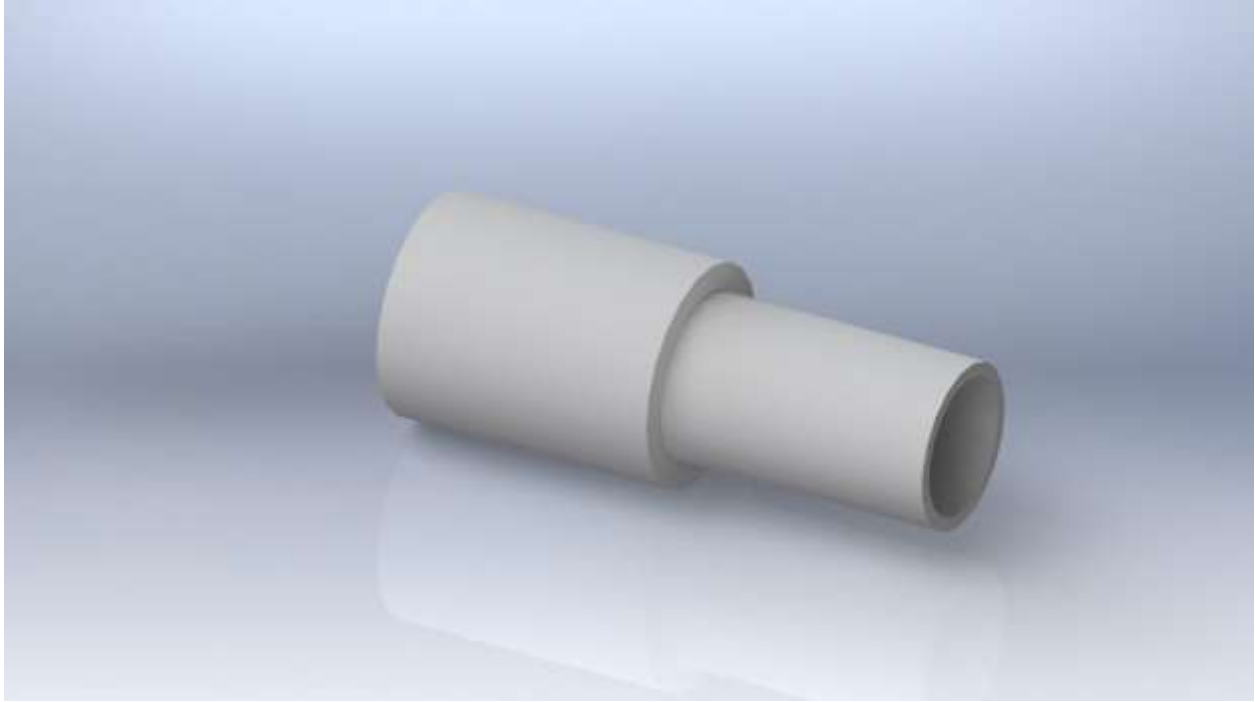


Figura 124: Soporte de ruedas de la mesa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).



Figura 125: Tapa guarda eje de la mesa.

Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

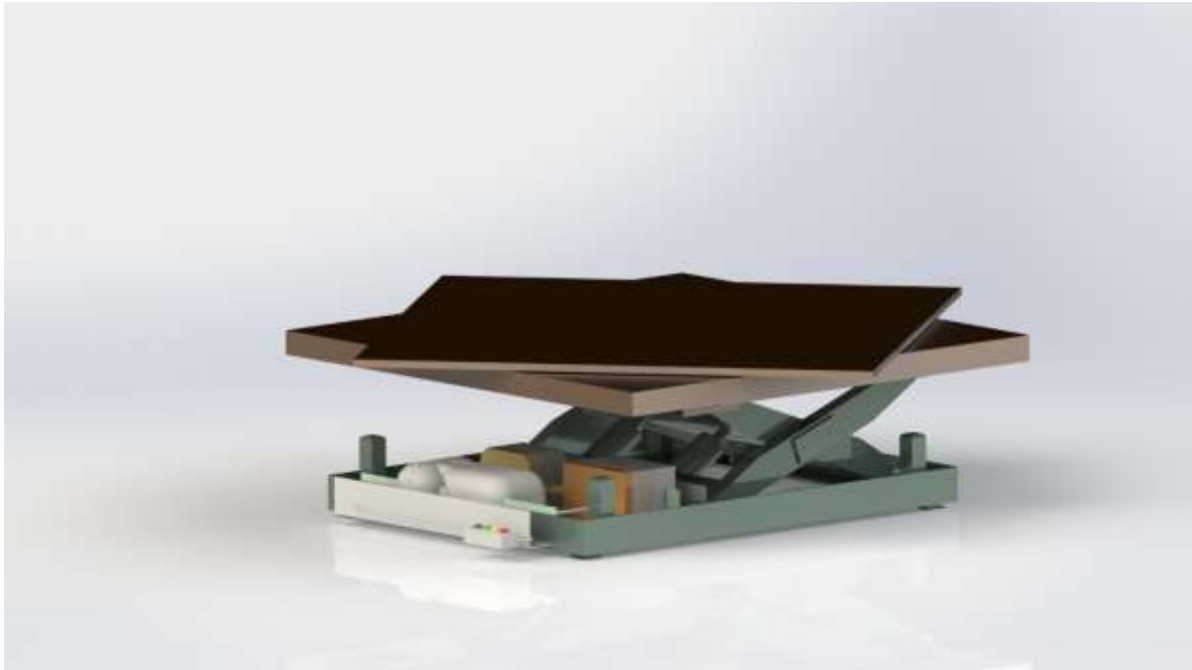
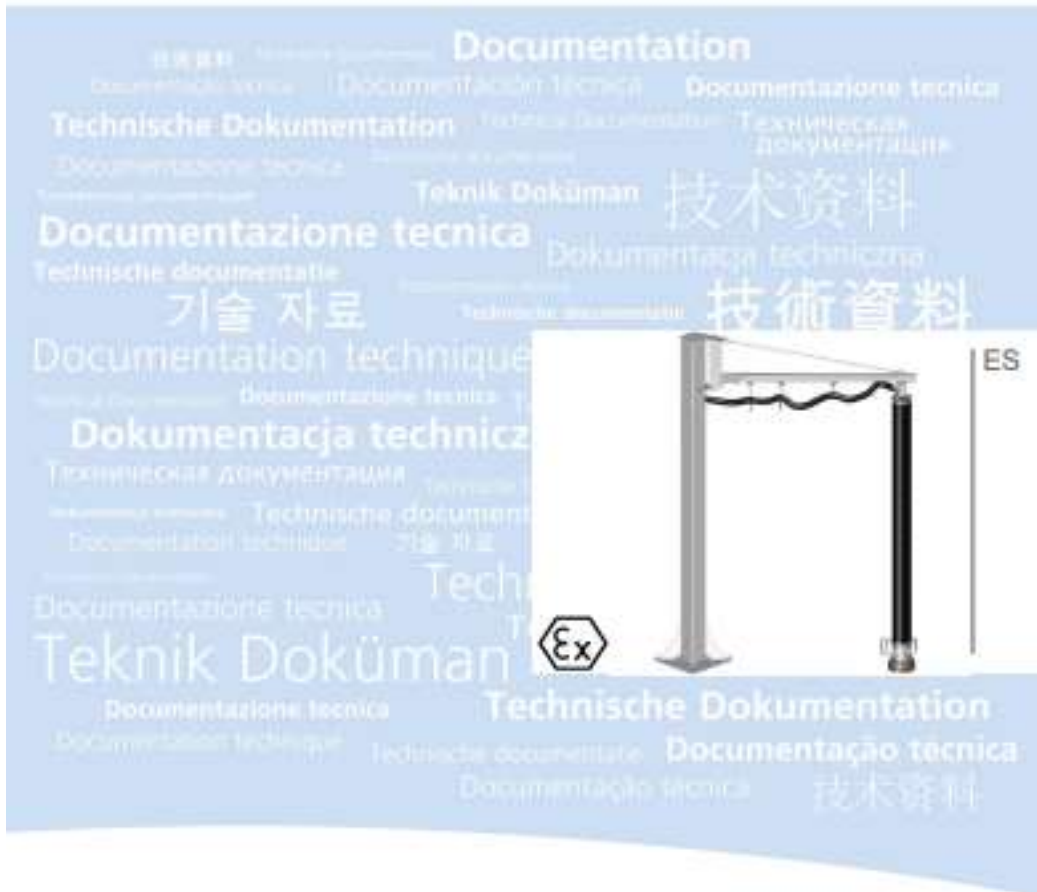


Figura 126: Renderizado del ensamble de la mesa.
Fuente: Chiquito, A., Villalonga, S (2024).

ANEXOS

ANEXO A



Soluciones ergonómicas de manipulación

Instrucciones de funcionamiento y de mantenimiento

Grúas giratorias para zonas con peligro de explosión

30.30.01.00226/03 | 09.2019

www.schmalz.com

ANEXO B

Aqui você encontra uma variada linha de dosadores, cada um na medida certa para suas necessidades.

Here you will find a wide range of fillers, each one in the right measure for you needs.

Aquí encontrará una amplia gama de dosificadores, cada uno justo para sus necesidades.



DOSADOR DG (DOSADOR PARA GRÃOS)
FILLER DG (GRAIN FILLER) /
DOSIFICADOR DG (DOSIFICADOR PARA GRANOS)



- Uma gaveta volumétrica com troca rápida e precisão de peso.
- Acionada por 4 cilindros pneumáticos.
- Regulagem do dosador manual.
- Ideal para grãos como arroz, feijão, milho de pipoca e similares.

Altura total: 820 mm ou 1700 mm

- A volumetric drawer with quick change and weight precision.
- Powered by 4 pneumatic cylinders.
- Manual dosing adjustment.
- Ideal for grains such as rice, beans, corn and others.

- Un vaso volumétrico con cambio rápido y precisión de peso.
- Accionado por 4 cilindros neumáticos.
- Ajuste manual del dosificador.
- Ideal para granos como arroz, frijoles, maíz y similares.

DOSADOR CG (CEREAIS E GRANULADOS)
FILLER CG (CEREALS AND GRANULES) /
DOSIFICADOR CG (CEREALES Y GRANULADOS)



- Dosador giratório com 4 canecas volumétricas, acionado por motorreductor.
- Regulagem do dosador manual.
- Ideal para grãos como arroz, feijão, milho de pipoca e similares.

Altura total: 760 mm ou 880 mm

- Rotatory filler with 4 volumetric cups, driven by gearmotor.
- Manual dosing adjustment.
- Ideal for grains such as rice, beans, corn and others.

- Dosificador giratorio con 4 vasos volumétricos, accionado por motorreductor.
- Ajuste manual del dosificador.
- Ideal para granos como arroz, frijoles, maíz y similares.

Imagem de referência para fins informativos. Não é uma representação realista do produto.

ANEXO C



RA Rockwell Automation

CONTROLADORES MICRO800

Solución escalable de control micro
para sus máquinas independientes

► COMIENZE

The advertisement features a background image of a factory worker in a white lab coat handling a large roll of material on a production line. The left side of the image is overlaid with a semi-transparent red gradient. The Rockwell Automation logo is in the top left, followed by the product name 'CONTROLADORES MICRO800' in large white letters. Below that is the tagline 'Solución escalable de control micro para sus máquinas independientes'. In the bottom right corner, there is a white button with a red arrow and the text 'COMIENZE'.

ANEXO D

Presupuesto para la fabricación de la mesa elevadora giratoria



Mantenimiento Industrial NZ 2019 C.A.

Sector Libertador, Calle Bolivar con Stadium Nro 07. Mariara. Estado Carabobo

Rif: J-412710591

Contáctanos por:

Telf. : 0412 8885278 / 0414 4317352

email: mantenimientoindustrialnz2019@gmail.com

Número de Control: 00560

Fecha de emisión: 08/03/2024

Código de Proveedor: 95875

Fecha de Vencimiento: 14/03/2024

Cliente: **ADRIAN CHIQUITO CI: 28211358**

Servicio: **FABRICACION DE MESA ELEVADORA**

Codigo:

Item	PRESUPUESTO	Cant	Precio Unitario \$	Monto Total \$
1	FABRICACION DE MESA ELEVADORA 1.200mm X ALTURA MAXIMA DE ELEVACION 1.30MTS	1	6.800,00	6.800,00
2	SUMINISTROS DE MOTOR ELECTRICO TRIFASICO DE ELEVACION 1.30MTS			
3	INSTALACION			
4	PUESTA EN MARCHA			-
5	RPRUEBA ELECTRICA			
6				
7				-
8	NOTA;			-
9	REF- 36,17 BCV			-
Monto Total				6.800,00

NOTA: 1) Estos precios no incluyen IVA

2) Estos precios están garantizados por 06 días y la variación sufrida será notificada por la misma vía

Nombre del tecnico

Firma

Nombre del cliente o representante

Firma

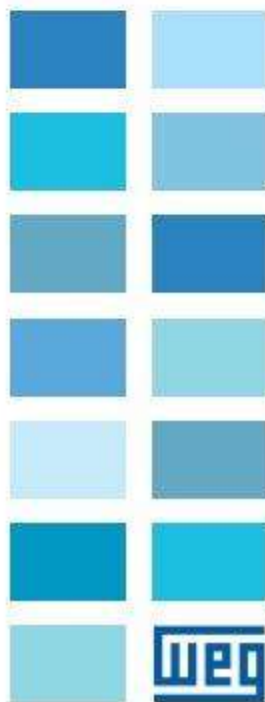
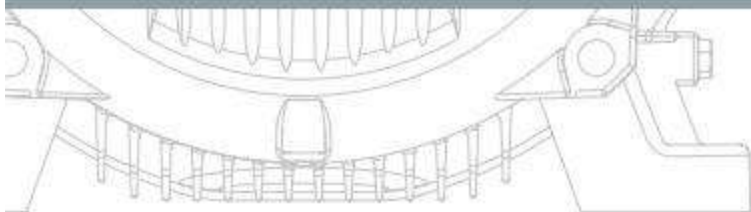
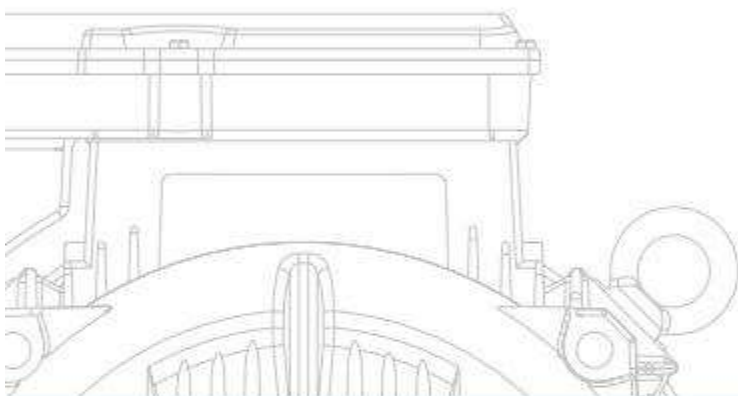
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL NZ 2019 C.A.
Sello de la Empresa
Rif: J-412710591

ANEXO E

W22

Motor Trifásico

Catálogo Comercial
Mercado
Latino-americano



ANEXO F

1 **Technical
Information**
project and design criteria
for belt conveyors

2 **Rollers**

ANEXO G



THE SEAL OF APPROVAL OF THE „AKTION GESUNDER RÜCKEN“

Decision making support when buying back-friendly products – important help for preventing and avoiding back problems. www.backpain-products.com



ANEXO H



Rodamientos

