



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA EMBALADORA AUTOMÁTICA
VERTICAL PARA CAJAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: Marlon Edison Navarrete Alvarez

TUTOR: Ing. Juan Pablo Vera Figueroa

Guayaquil - Ecuador

2024

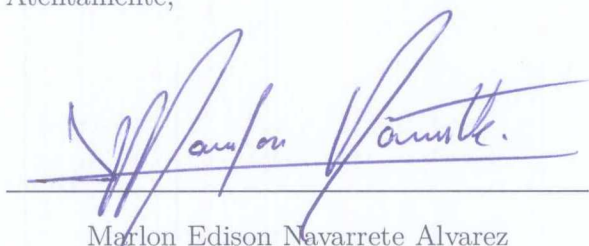
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Marlon Edison Navarrete Alvarez** con documento de identificación N° **0930618896** manifiesto que:

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

Guayaquil, 6 de marzo del año 2024

Atentamente,



Marlon Edison Navarrete Alvarez
0930618896

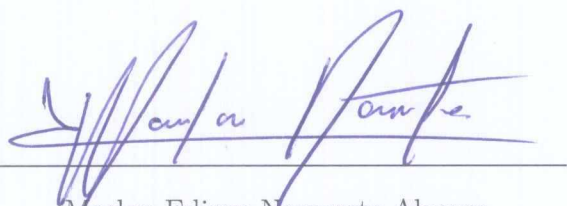
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, **Marlon Edison Navarrete Alvarez** con documento de identificación N° **0930618896** , expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del **Dispositivo Tecnológico: IMPLEMENTACIÓN DE UNA EMBALADORA AUTOMÁTICA VERTICAL PARA CAJAS**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 6 de marzo del año 2024

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marlon Edison Navarrete Alvarez', is written over a horizontal line.

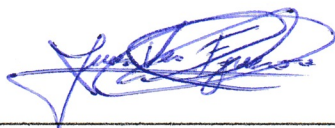
Marlon Edison Navarrete Alvarez
0930618896

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Juan Pablo Vera Figueroa**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA EMBALADORA AUTOMÁTICA VERTICAL PARA CAJAS**, realizado por **Marlon Edison Navarrete Álvarez** con documento de identificación N° **0930618896** obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 1 de marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Juan Pablo Vera Figueroa
0910678614

DEDICATORIA

Al concluir esta etapa de mi vida quiero dedicar este proyecto a Dios por guiarme en toda mi vida, a mi padre quien ha sido el mayor promotor en este proceso, a mi madre y a toda mi familia quienes han sido mi mayor motivación, apoyo y fortaleza, a mis maestros, tutor, a las autoridades de esta prestigiosa universidad que me han brindado la oportunidad y los conocimientos necesarios para demostrarles que los jóvenes somos el futuro del mañana.

Marlon Edison Navarrete Alvarez

AGRADECIMIENTO

No he podido encontrar palabras suficientes para agradecerles por esta difícil prueba que estamos enfrentando con una puntualidad, responsabilidad y dedicación para llenar de orgullo a quienes han estado conmigo desde mis inicios hasta la etapa, quiero agradecer mucho a Dios por guiarme por el buen camino, gracias a mis padres, a todo mi familia por el amor y el apoyo incondicional, gracias a mis maestros por brindarme el conocimiento que me ayudará en el futuro y como no agradecer al tutor quien me guiado día a día y a quien trabaja arduamente para que logremos alcanzar el objetivo obtenido hoy en esta etapa tan importante de mi vida.

Un agradecimiento especial para claudia franco por el tiempo que compartió conmigo y ser mi apoyo a lo largo de la carrera y gracias a mi tío Francisco por regalarme los textos que necesitaba para el diseño de elementos mecánicos

Marlon Edison Navarrete Alvarez

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación “Implementación de una embaladora automática vertical para cajas” tiene como objetivo principal la eficiencia y seguridad en la línea de producción y transporte de cajas en la industria del plástico y papel en el proceso de embalaje.

El sistema consta de tres secciones: base giratoria , torre de porta film y carro de porta film.

La base giratoria es la encargada de soportar la carga que posteriormente se embalara con el film estirable, esta consta de una plataforma de 1.2 m y soporta un total de 400 kg.

La torre de porta film es la estructura que soporta al carro porta film y la encargada de dar la movilidad ascendente y descendente del mismo, está compuesta de por 3 ejes con Catarina y 6 chumaceras para los ejes.

El carro porta film esta diseñado de una plancha de acero de 3 mm y está compuesta de 2 rodillos locos, un eje tensor recubierto de caucho y un eje porta film. Finalmente se utilizan varios componentes eléctricos, incluyendo sensores de final de carrera ubicados a los extremos superior e inferior respectivamente en la torre de porta film, un sensor fotoeléctrico en la parte superior media del carro porta film y para finalizar la sección de automatización consta de un PLC logo 8, dos variadores de frecuencia con énfasis en el control de motores.

Palabras claves: embalaje, automatización, Embaladora automática, PLC Logo, empaquetado

ABSTRACT

The main objective of this thesis work, titled "Implementation of a vertical automatic packaging machine for boxes," is to improve efficiency and safety in the production and transportation of plastic and paper boxes in the packaging process.

The system consists of three sections: a rotating base, a film holder tower, and a film holder carriage. The rotating base supports the load that will be subsequently wrapped with stretch film.

It consists of a 1.2 m platform and can support a total weight of 400 kg.

The film holder tower is the structure that supports the film holder carriage and provides its upward and downward mobility. It is composed of three axes with sprockets and six bearings for the axes.

The film holder carriage is made of a 3 mm steel plate and consists of two idle rollers, a rubber-coated tensioning shaft, and a film holder shaft. Finally, several electrical components are used, including end-of-travel sensors located at the upper and lower ends of the film holder tower, a photoelectric sensor at the middle top of the film holder carriage, and a Logo 8 PLC and two frequency converters with a focus on motor control to complete the automation section.

Keywords: packaging, automation, automatic packaging machine, Logo PLC, packaging.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PROBLEMA	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS	4
IV-A.	Objetivo General	4
IV-B.	Objetivos Específicos	4
V.	MARCO TEÓRICO	5
V-A.	Hipótesis	5
V-B.	Embalaje	5
V-B1.	Tipos de materiales de embalaje	5
V-B2.	Tipos de sistemas de embalaje	5
V-C.	Automatización	8
V-C1.	PLC Logo 8	8
V-C2.	Variador de frecuencia	9
V-C3.	Sensor fotoeléctrico	9
V-C4.	Final de carrera	10
V-C5.	Módulo de expansión	10
V-C6.	Luz piloto LED	11
V-C7.	Pulsador	11
V-C8.	Breaker bipolos	11
V-C9.	Fuente de alimentación externa	12
V-C10.	HMI LOGO	12
VI.	MARCO PROCEDIMENTAL	13
VI-A.	Diseño de la investigación	13
VI-B.	Procedimiento	13
VI-C.	Herramientas	14
VI-C1.	Diseño mecánico	14
VI-C2.	Control	14
VI-C3.	Interfaz hombre máquina HMI	14
VI-C4.	Entorno	14
VI-C5.	Destinatario	14
VI-D.	Diseño y cálculos mecánicos de la máquina.	14
VI-D1.	Descripción de partes de máquina a diseñar	14
VI-D2.	Diseño de la plataforma Giratoria	15
VI-D3.	Diseño de la torre porta film	34
VI-E.	Análisis estático	57
VI-E1.	Análisis estático del eje y chumacera	57
VI-E2.	Análisis estático de la unión cadena y carro portafilm	60
VI-E3.	Análisis estático de la estructura de torre portafilm	63
VI-E4.	Análisis estático de carro portafilm	66
VI-F.	Diagramas y esquemas eléctrico	70
VI-G.	Tablero eléctrico	73
VI-H.	Programación del código	76
VI-I.	Diagrama de flujo	77

VII. RESULTADOS	78
VIII. CRONOGRAMA	84
IX. PRESUPUESTO	85
X. CONCLUSIONES	86
XI. RECOMENDACIONES	87
XII. ANEXOS	89
XII-A. Anexo 1 Ficha técnica de producto	89
XII-B. Anexo 2 Longitud efectiva – Esfuerzo admisible Manual AISC	90
XII-C. Anexo 3 Especificaciones Tubo estructural rectangular	91
XII-D. Anexo 4 Capacidades en HP - Cadena simple de rodillos No. 40	92
XII-E. Anexo 5 Resistencia a la fatiga modificada	93
XII-F. Anexo 6 Coeficiente de seguridad estático para diferentes tipos de carga	93
XII-G. Anexo 7 Motor eléctrico 1.5 Hp	94
XII-H. Anexo 8 Ruedas y garruchas industriales	95
XII-I. Anexo 9 Planos de la máquina embaladora automática vertical para cajas	96
XII-J. Anexo 7 Planos PLC LOGO 8	119
XII-K. Anexo 8 Proceso de fabricación de la embaladora automática vertical para cajas	121
XII-L. Anexo 9 Implementación de la máquina embaladora automática vertical para cajas	125
XII-M. Anexo 10 Prototipo final 3D	126
XII-N. Anexo 11 Programación Ladder	128

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Embaladoras. Fuente: [13]	6
2.	Enfajadoras. Fuente: [13]	6
3.	Fajadoras. Fuente: [13]	6
4.	Flejadoras. Fuente: [13]	7
5.	Retractiladoras. Fuente: [13]	7
6.	Precintadoras. Fuente: [13]	8
7.	PLC logo 8	8
8.	Variador de frecuencia.	9
9.	Sensor fotoeléctrico.	9
10.	Final de carrera.	10
11.	Módulo de expansión.	10
12.	Luces piloto LED.	11
13.	Pulsador.	11
14.	Breaker 2 Polos 20 Amperes Squared QO220.	11
15.	Fuente de alimentación.	12
16.	HMI LOGO.	12
17.	Diseño máquina embaladora automática. Fuente: Autoría Propia	15
18.	Placa de apoyo. Fuente: Autoría Propia	16
19.	Distribución de ruedas de apoyo. Fuente: Autoría Propia	19
20.	Rueda de apoyo. Fuente: Autoría Propia	20
21.	Diagrama de cuerpo libre, Rueda y plato giratorio. Fuente: Autoría Propia	22
22.	Ubicación de las ruedas de apoyo. Fuente: Autoría Propia	23
23.	Motorreductor 1/2 Hp.	24
24.	Secciones del eje para la base giratoria. Fuente: Autoría Propia	29
25.	Rodamiento axial. Fuente: Autoría Propia	32
26.	Selección del rodamiento axial	33
27.	Rodamiento radial. Fuente: Autoría Propia	33
28.	Esquema torre-portafilm. Fuente: Autoría Propia.	34
29.	Motoreductor 1/2 Hp para porta film. Fuente: Autoría Propia	36
30.	Esquema eje superior. Fuente: Autoría Propia	38
31.	Diagrama de cuerpo libre - Eje superior - Plano XY. Fuente: Autoría Propia	39
32.	Esquema eje inferior. Fuente: Autoría Propia	42
33.	Diagrama de cuerpo libre - Eje inferior - Plano XY. Fuente: Autoría Propia	43
34.	Esquema eje motriz. Fuente: Autoría Propia	46
35.	Diagrama de cuerpo libre - Eje motriz - Plano XY. Fuente: Autoría Propia	47
36.	Diagrama de cuerpo libre - Eje motriz - Plano XZ. Fuente: Autoría Propia.	47
37.	Rodamiento para eje torre portafilm.	51
38.	Esquema de la torre. Fuente: Autoría Propia.	52
39.	Análisis de esfuerzos en la columna. Fuente: Autoría Propia.	54
40.	Esfuerzo axial en torre. Fuente: Autoría Propia.	55
41.	Tensión de Von Mises del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.	58
42.	Desplamientos del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.	59
43.	Deformación unitaria del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.	59
44.	Tensión de Von Mises de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	61
45.	Desplamientos de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	62
46.	Deformación unitaria de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	62
47.	Tensión de Von Mises de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.	64
48.	Desplazamientos de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.	65
49.	Deformación unitaria de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.	65

50.	Tensión de Von Mises del carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	68
51.	Desplazamientos del carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	69
52.	Deformación unitaria del carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	69
53.	Diagrama eléctrico. Fuente: Autoría Propia.	70
54.	Esquema eléctrico de las entradas y salidas analógicas del PLC LOGO 8. Fuente: Autoría Propia.	71
55.	Tablero eléctrico. Fuente: Autoría Propia.	73
56.	Conexiones internas del tablero eléctrico. Fuente: Autoría Propia.	73
57.	Diagrama del tablero eléctrico. Fuente: Autoría Propia.	74
58.	Código Ladder. Fuente: Autoría Propia.	76
59.	Display de LOGO. Fuente: Autoría Propia.	77
60.	Flujograma. Fuente: Autoría Propia.	77
61.	Prueba de funcionamiento sin carga. Fuente: Autoría Propia.	78
62.	Prueba de funcionamiento con carga. Fuente: Autoría Propia.	79
63.	Colocación del rollo film en la base de las cajas. Fuente: Autoría Propia.	79
64.	Inicio del proceso del embalaje automático de cajas. Fuente: Autoría Propia.	80
65.	Avance del 20 % del proceso de embalaje. Fuente: Autoría Propia.	80
66.	Avance del 40 % del proceso de embalaje. Fuente: Autoría Propia.	81
67.	Avance del 60 % del proceso de embalaje. Fuente: Autoría Propia.	81
68.	Embalaje terminado. Fuente: Autoría Propia.	82
69.	Ficha técnica de producto	89
70.	Resistencia a la fatiga modificada.	93
71.	Motor eléctrico seleccionado.	94
72.	Garrudas ensambladas.	95
73.	Explosionado máquina embaladora.	96
74.	Base de motor	97
75.	Base de ruedas y viga tipo C	98
76.	Base de torre	99
77.	Catarina tipo B	100
78.	Chaveta	101
79.	Acople Base - Eje	102
80.	Eje de base giratoria	103
81.	Base giratoria	104
82.	Placa para base	105
83.	Carro Porta Film	106
84.	Catarina 17	107
85.	Eje Porta Film	108
86.	Segundo Eje Porta Film	109
87.	Eje para torre	110
88.	Perno de unión para cadena	111
89.	Rodillo Tensor	112
90.	Rosca baja Porta Film	113
91.	Rosca de seguridad de Film	114
92.	Soporte superior para Film	115
93.	Unión cadena - carro porta Film	116
94.	Estructura de torre Porta Film	117
95.	Estructura de Sistema de pre-estirado	118
96.	Planos PLC LOGO 8	119
97.	Distribución de los elementos de conexión en el PLC LOGO 8.	120
98.	Estructura base giratoria ensamblada.	121
99.	Estructura torre porta film ensamblada.	122

100.	Estructura base giratoria y torre porta film ensamblada.	123
101.	Sistema de pre-estirado ensamblada ensamblada.	124
102.	Máquina embaladora automática vertical para cajas.	125
103.	Máquina embaladora automática vertical diseñada en Soliworks.	126
104.	Código 1	127
105.	Código 2	128
106.	Código 3	129
107.	Código 4	129
108.	Código 5	130
109.	Código 6	130
110.	Código 7	131
111.	Código 8	131
112.	Código 9	132
113.	Código 10	133
114.	Código 11	134
115.	Código 12	135

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Fases de diseño y fabricación. Fuente: Autoría Propia	13
II.	Coeficiente de resistencia a la rodadura. Fuente: Autoría Propia	21
III.	Valores aproximados del factor de Longitud efectiva, K.	53
IV.	Interpolación-Longitud efectiva - Esfuerzo admisible. Fuente: Autoría Propia.	54
V.	Propiedades físicas del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.	57
VI.	Cargas aplicadas en el eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.	57
VII.	Fuerzas resultantes en el eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.	58
VIII.	Fuerzas resultantes de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	60
IX.	Cargas aplicadas en la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.	63
X.	Fuerzas resultantes de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.	64
XI.	Propiedades físicas en el carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	66
XII.	Cargas aplicadas en carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	67
XIII.	Fuerzas resultantes en el carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.	68
XIV.	Lista de partes eléctricas. Fuente: Autoría Propia.	72
XV.	Resultados de la máquina embaladora automática vertical y manual.	83
XVI.	Cronograma de Actividades para Implementación del proyecto de Tesis.	84
XVII.	Presupuesto para fabricación de embaladora.	85
XVIII.	Esfuerzo admisible Manual AISC	90
XIX.	Catálogo de productos Dipac.	91
XX.	Selección de la catarina - cadena simple rodillo.	92
XXI.	Coeficiente de seguridad estático.	93

I. INTRODUCCIÓN

En un mercado cada vez más competitivo, las empresas buscan constantemente formas de mejorar sus procesos para aumentar la eficiencia y garantizar la seguridad en el envío de sus productos, estos son procesos que en muchas ocasiones se hacen a mano o con máquina con procesos que aun necesitan de un operador, es por eso que la empresa ha identificado la necesidad de implementar una máquina envolvente automática que permita disminuir los tiempos de embalaje y proteger sus productos del agua, polvo y de que se caigan las cajas que se ubican en el pallet llegando a su destino de manera efectiva.

Con esta solución, la empresa busca no solo mejorar la calidad de sus envíos, sino también optimizar su proceso de almacenamiento y distribución de los productos con la confianza de que no se desarmará el arreglo de estas ya que están sujetas con film estirable.

II. PROBLEMA

A nivel mundial, la industria del embalaje generó un total de 839.000 billones de dólares en el 2015, para el 2020 alcanzó 1 trillón de dólares y se proyecta un continuo crecimiento en los próximos años [1]. El embalaje es parte de la mayoría de cadenas productivas ya que favorece el manejo, almacenamiento y transporte de manera más segura, eficiente y rentable de los productos [2]. Pese a que desempeña un papel relevante en la industria, se encuentran falencias en la ejecución de las políticas de responsabilidad del productor(EPR) relacionadas al embalaje [3].

Uno de los principales inconvenientes que enfrenta el embalaje de cajas en Ecuador es la falta de regulación y estándares claros. Los productos se transportan la mayoría de las veces en cajas desde su lugar de producción hasta los puntos de venta y distribución, el mal embalaje de los productos influye en que el mismo llegue en mal estado. Esta situación genera considerables pérdidas al sector empresarial [4].

De acuerdo a los datos proporcionados por la empresa “La Excelencia” los factores que motivan a la empresa a buscar un sistema automatizado son: procedimientos de embalaje manual mal ejecutados, falta de productividad de los operadores, tiempo muerto que puede servir para realizar otras actividades, recursos malgastados en materia económica e instrumental.

Al no ejecutar de manera propicia el acondicionamiento de los productos, sumados a los factores climáticos como humedad y calor, los clientes quedan insatisfechos e incluso se generan devoluciones, lo que provoca pérdidas económicas [5].

III. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de embalaje con film estirable han demostrado una evolución considerable dando a conocer máquinas automatizadas como la embaladora de pallets, éstas ofrecen ventajas como el ahorro en los costos operativos, prescindiendo de un operario para esta labor [6]. Producto de esto se hacen evidentes los beneficios tales como: embalaje uniforme, reducción de costos en general y mayor eficiencia, tan sólo con pulsar un botón [7].

[8] logró reducir los tiempos muertos en un 46.3% implementando un sistema automático de embalado.

Un estudio realizado por [9] en la empresa Dyscel S.A, dedicada a la distribución de dispositivos tecnológicos, mostró como resultado que el adquirir un sistema automatizado para el embalaje de cajas reduciría la pérdida de 650.000 dólares que presentan actualmente debido al mal manejo de los productos en bodega; A la vez se ahorrarían 384.37 dólares mensuales de mano de obra por reparación de los dispositivos tecnológicos y recuperarían la cartera de clientes insatisfechos en un 50%.

El presente proyecto pretende implementar un sistema de embalado vertical con plataforma giratoria automática para reducir el tiempo de embalaje, en la empresa “La Excelencia”. Se trata de una maquina que envuelve film estirable alrededor del producto, agrupando las cajas para una mayor seguridad en el transporte y la protección contra factores climáticos, por las razones antes mencionadas se justifica el proyecto.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo General

Diseñar un sistema automático de embalaje utilizando film estirable para la optimización y seguridad en la línea de producción y transportación de las cajas, aplicada a la industria del plástico y papel.

IV-B. Objetivos Específicos

- Investigar acerca de los sistemas de embalaje automático, determinando así el modelo, funcionamiento y metodología de diseño a utilizarse.
- Elaborar el diseño mecánico, eléctrico y sistema de control, utilizando software especializado en cada una de las áreas.
- Realizar análisis de los cálculos de cargas y esfuerzos para determinar los mecanismos apropiados.
- Seleccionar componentes electrónicos y de potencia a ser utilizados en la máquina, que posibiliten el funcionamiento de la base giratoria.
- Realizar simulaciones en software CAD/CAE permitiendo la obtención de los cálculos dinámicos y estáticos de los elementos principales de la estructura.
- Construir el prototipo basado en el diseño y dimensionamiento, comprobando así la eficiencia y correcto funcionamiento de la máquina.

V. MARCO TEÓRICO

V-A. Hipótesis

La máquina embaladora automática de film para cajas será capaz de embalar palets con cajas con un peso de hasta 400 kg con una plataforma de 1.20 m de diámetro a 15 RPM y una torre porta film con una altura de 1.60 m, con un sistema de fijación y estiramiento del plástico de film estirable.

V-B. Embalaje

Desde la prehistoria, nuestros antepasados ya hacían uso de envolturas o envases para conservar los alimentos y bebidas. Entre el año 10.000 y 8.000 A.C., debían transportar estos bienes ya que el hombre debía salir de caza. Estos primeros envases eran vasijas o cestos de barro y cerámica elaborados con fibras vegetales [10].

Se define al embalaje como la envoltura que se utiliza temporalmente para proteger a los diferentes tipos de mercancía o producto con el fin de que al momento de ser manipulada y transportada no corra riesgo de daño.

Entre las funciones que procesa el embalaje están:

- Protección de los productos: mientras dura el transporte y almacenaje del paquete.
- Identificación: facilita información sobre las características del producto y la forma de manipularlo, reduciendo así el deterioro o pérdida del mismo.
- Manipulación de la carga: facilita el conteo, la distribución y el transporte de los paquetes.

Existen varios tipos de embalaje pero éste se determina a partir del tipo de producto o caja que se vaya a llevar [11].

El embalaje se divide en primario, secundario y terciario.

- Primario: Contiene directamente el producto.
- Secundario: Contiene el conjunto de varios productos del mismo tipo, lo cual ayuda a identificar y facilitar la comercialización del producto. Es un embalaje con mayor resistencia para que al momento de transportar el producto no se dañe y llegue bien al punto requerido.
- Terciario: Este permite compactar la carga para aprovechar mejor su almacenaje y distribución.

V-B1. Tipos de materiales de embalaje:

- **Plástico:** El más común por sus características. Las ventajas que posee son alta resistencia y flexibilidad. Desventajas: materia prima costosa. Aplicación: en la industria alimenticia, automotriz, farmacéutica, etc.
- **Cartón y papel:** Ventajas: Material económico y moldeable. Desventajas: no está adaptado para productos líquidos o gaseosos son reutilizables, reciclables, herméticos y sólidos. Esto aplicado a productos industriales, frutas y electrodomésticos. Otros como vidrio, madera y aluminio; en la industria metal mecánica, alimenticia, cosmética, etc. Las desventajas: fragilidad, tratamientos especiales y oxidación.

V-B2. Tipos de sistemas de embalaje:

- Embaladoras o envolvedoras.
Las embaladoras se encargan de cubrir con film(plástico de retráctil) del desaseo y proporciona una excelente estabilidad al transporte y la manipulación como se puede apreciar en la Figura 1. Esto reduce los riesgos de pérdidas o daños del producto. Existen varios tipos, que pueden ser automáticas, semiautomáticas o manuales, las semiautomáticas y automáticas permiten ahorrar significativamente la cantidad de plástico a ser utilizado. Si cubriésemos la carga a mano en lugar de papel de regalo, utilizaríamos el triple de film [12].



Figura 1: Embaladoras. Fuente: [13]

- Enfajadoras

Utilizan materiales hechos de polietileno de plástico, con los cuales envuelven, agrupan y proporcionan seguridad a todo tipo de artículos para transportar productos de carga o ya que es un material que dura, tiene resistencia y además, se pueden adaptar a diferentes tamaños, formas y materiales [14].

La Figura 2 muestra los distintos tipos de enfajadoras.



Figura 2: Enfajadoras. Fuente: [13]

- Fajadoras

Estas máquinas envasan papel, plástico, eco-film de forma sencilla. Son fáciles de aplicar y rápidos de envolver y no dejan marcas en el producto. También son muy eficientes ya que pueden embalar una amplia gama de productos en diferentes formas y materiales tal como se muestra en la Figura 3.



Figura 3: Fajadoras. Fuente: [13]

- Flejadoras

El dispositivo se utiliza para asegurar paquetes entre sí o a palets mediante ataduras. Su función es una estructura compacta, y el paquete está separado por correas. Garantiza la seguridad e integridad de los paquetes durante la carga y el transporte. Son máquinas flexibles y rápidas que pueden satisfacer las necesidades de cualquier industria tal como se observa en la Figura 4.



Figura 4: Flejadoras. Fuente: [13]

- Retractiladoras

Hay cargas que exigen una protección especial, y una retractiladora permite un empaquetado termosellado, agrupado o de protección con film o película como se puede ver en la Figura 5.



Figura 5: Retractiladoras. Fuente: [13]

- Precintadoras

Las precintadoras son máquinas automáticas o semiautomáticas que permiten sellar todo tipo de cajas como se puede visualizar en la Figura 6. El precinto o las cintas adhesivas se pueden personalizar, de modo que cada empresa pueda incluir todos los detalles que considere como, por ejemplo, su logotipo [15].



Figura 6: Precintadoras. Fuente: [13]

V-C. Automatización

V-C1. PLC Logo 8: Un PLC es un dispositivo utilizado para automatizar procesos industriales y ha demostrado ser una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de las industrias y de la sociedad en su conjunto como se puede ver en la Figura 7.

Es una computadora industrial que utiliza la tecnología para automatizar procesos y asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas [16].



Figura 7: PLC logo 8

V-C2. Variador de frecuencia: Un variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar la velocidad y el par de un motor eléctrico variando la frecuencia y el voltaje suministrado al motor. También conocidos como inversor de frecuencia, variador de frecuencia variable o simplemente variador como se visualiza en la Figura 8, estos dispositivos se utilizan en aplicaciones industriales y comerciales para regular la velocidad de motores eléctricos, proporcionando un control preciso sobre el funcionamiento de máquinas y equipos [17].



Figura 8: Variador de frecuencia.

V-C3. Sensor fotoeléctrico: Los sensores fotoeléctricos son dispositivos que utilizan luz visible o infrarrojos para detectar objetos y cambios en las condiciones de la superficie a través de una variedad de propiedades ópticas. Estos sensores consisten en un emisor para emitir luz y un receptor para recibirla como se observa en la Figura 9.

Cuando la luz emitida es perturbada o reflejada por un objeto que la detecta, cambia la cantidad de luz que llega al receptor, que detecta este cambio y lo convierte en salida eléctrica.

La fuente de luz de la mayoría de los sensores fotoeléctricos es la luz infrarroja o la luz visible, y la mayoría de ellos utilizan LED como fuente de luz.

Los sensores fotoeléctricos pueden detectar objetos situados a cierta distancia, ya que se elimina el efecto perturbador de la luz exterior [18].



Figura 9: Sensor fotoeléctrico.

V-C4. Final de carrera: Un final de carrera o también llamados sensores de contacto o limit switch como se ve en la Figura 10, básicamente es un interruptor que se coloca en lugares estratégicos a lo largo del recorrido de un elemento en movimiento para determinar la posición de ese elemento. Es un sensor que ayuda a determinar la posición específica de un objeto móvil, como por ejemplo; una ventana, una puerta, un ascensor, cuando un objeto llega al final de una cinta transportadora o saber si un pistón de cilindro está en el exterior o en el interior [19].



Figura 10: Final de carrera.

V-C5. Módulo de expansión: Los módulos de expansión le permiten ampliar la cantidad de entradas y salidas del PLC cuando la potencia del PLC no cumple con los requisitos de su aplicación de automatización. Algunos de los aspectos técnicos de la fase de expansión incluyen: Entradas y salidas digitales como se observa en la Figura 11.



Figura 11: Módulo de expansión.

V-C6. *Luz piloto LED*: Las luces piloto LED se utilizan en aplicaciones industriales para indicar el estado operativo de equipos y procesos como se observa en la Figura 12. Gracias a IP66 / IP67 / IP69 / IP69K es resistente a golpes, polvo, agua y vibraciones, apto para trabajar en ambientes hostiles.



Figura 12: Luces piloto LED.

V-C7. *Pulsador*: Un interruptor eléctrico, o pulsador, es un dispositivo que puede cambiar o detener el flujo de corriente eléctrica como se ve en la Figura 13. En el mundo moderno, tienen muchos tipos y aplicaciones, desde simples interruptores que encienden o apagan una bombilla hasta selectores de disyuntores multicapa controlados por software.



Figura 13: Pulsador.

V-C8. *Breaker bipolos*: Breaker 2 Polos 20 Amperes Squared QO220 es un dispositivo de protección eléctrica que se utiliza para detener el flujo de corriente en caso de sobrecarga o cortocircuito. Esto significa que puede manejar dos circuitos independientes o un circuito de 240 V como se observa en la Figura 14.



Figura 14: Breaker 2 Polos 20 Amperes Squared QO220.

V-C9. *Fuente de alimentación externa:* La fuente de alimentación de un PLC es un dispositivo que proporciona energía eléctrica básica para el correcto funcionamiento del PLC, es decir, convierte la corriente eléctrica de la red en la corriente ideal para el PLC así como se observa en la Figura 11.

Existen dos tipos de alimentación para los PLC:

- Fuente de Alimentación Externa: El funcionamiento del PLC se logra mediante una fuente de alimentación externa que proporciona la energía requerida. Esta alimentación se conecta al PLC mediante un cable de alimentación.
- Alimentación interna: Algunos PLC tienen alimentación interna que les permite funcionar sin alimentación externa. Estos PLC son generalmente más compactos y se utilizan en aplicaciones donde el espacio es limitado.



Figura 15: Fuente de alimentación.

V-C10. *HMI LOGO:* HMI significa Interfaz Hombre-Máquina y está relacionado con la interfaz que permite a los usuarios comunicarse con máquinas, computadoras y sistemas. Aunque es principalmente una pantalla que se utiliza para interactuar con una computadora, se utiliza en espacios industriales.

Las HMI presentan datos en tiempo real y permiten a los usuarios mantener el control de las máquinas a través de una interfaz gráfica de usuario (ver Figura 16).



Figura 16: HMI LOGO.

VI. MARCO PROCEDIMENTAL

VI-A. Diseño de la investigación

Debido a que el objetivo de estudio será el desarrollo de una máquina embaladora automática de cajas con plataforma giratoria se seleccionó un modelo de investigación teórico experimental donde se necesita probar mediante prototipos los avances en el diseño mecánico de las partes de la máquina tal como se muestra en la Tabla I.

Tabla I: Fases de diseño y fabricación. Fuente: Autoría Propia

Modelo estático y dinámico	Cálculos de los esfuerzos a lo que se someterán los elementos
Diseño y ensamble en software CAD	Elegir el diseño estético de la máquina para empieza a diseñar por medio de programas las piezas que componen a la misma
Simulación de los cálculos estáticos y dinámicos	Mediante programas de simulación se estudia el comportamiento de los elementos de la maquina para corroborar los cálculos antes realizados
Diseño de control	Para el control de maniobras se usa un Controlador Lógico Programable será el encargado de hacer lo que el programador desea
Prototipo y pruebas	Tiene como finalidad hacer pruebas del funcionamiento antes del ensamble final
Ensamble final y presentación	Presentación del proyecto

VI-B. Procedimiento

- **Cálculos:** Diseñar tomando en cuenta el modelo de la máquina y realizar los cálculos de los diferentes tipos de esfuerzos a los que la máquina se va a someter, determinar el uso de diferentes elementos mecánicos el material con que se fabricarán las piezas.
- **Diseño mecánico:** Para el diseño mecánico primero se deben realizar los cálculos estáticos, cinemáticos y dinámicos. A partir de ello se determinará el comportamiento de lo que serán los elementos sujetos a esfuerzos. Se deberá emplear programas CAD como SolidWorks, Catia o Inventor y programas CAE para realizar los cálculos estáticos después del diseño de planos 2D de los elementos que componen la máquina, luego se procede hacer un dibujo en 3D, una vez las piezas estén terminadas.

- **Simulación:** Usando herramientas CAE se podrá determinar si los cálculos hechos en los modelos cinemáticos y dinámicos son aplicables al diseño mecánico y nos dará la oportunidad de relacionar los esfuerzos antes calculados. Se deberá realizar la simulación 3D del funcionamiento de la máquina y las partes que estarán directamente sometidas a esos esfuerzos.
- **Diseño del sistema de control:** El sistema de control se hará mediante un controlador lógico programable el cual tendrá la función de ejecutar las órdenes.
- **Diseño del prototipo:** Diseñar un prototipo de la máquina semi ensamblada para ejecutar las pruebas de los elementos como parte de estudio de cómo reaccionarían dichos elementos bajo condiciones de trabajo real.

VI-C. Herramientas

VI-C1. Diseño mecánico:

- SolidWorks: Es un programa de diseño asistido por computadora 3D (CAD) y planos en 2D es uno de los principales programas en diseño debido a que ofrece una amplia gama de soluciones para el desarrollo de productos.
- ANSYS: Es un programa de diseño, análisis y simulación de partes por elementos finitos.

Los textos a utilizarse en el proyecto son "Diseño en ingeniería mecánica. Shigley" y "Mecánica de materiales" Beer Johnston.

VI-C2. *Control:* Control lógico programable (PLC): También llamado autómatas programables es una computadora utilizada para el control y mando de las operaciones en la industria de la automatización.

VI-C3. *Interfaz hombre máquina HMI:* Se trata de un panel donde el operario puede ver los instrumentos disponibles para coordinar los procesos industriales de fabricación.

VI-C4. *Entorno:* Este equipo está propuesto para trabajar en condiciones industriales en un ambiente de humedad y suciedad donde será usada por muchas horas en el área de logística dando soporte a los transportistas acelerando el embalaje y a su vez el despacho del producto hacia el cliente.

VI-C5. *Destinatario:* Este proyecto está dirigido a la empresa "La Excelencia" para la ayuda del departamento de logística y entrega para envíos, se espera que con esta máquina el departamento ahorre en tiempo y en material film expandible usado en el embalaje manual.

VI-D. Diseño y cálculos mecánicos de la máquina.

VI-D1. Descripción de partes de máquina a diseñar:

- Plataforma giratoria
- Carro porta-film
- Torre
- Sistema de sujeción de film

En la siguiente Figura 17 se puede visualizar las partes que conforman la máquina embaladora automática.

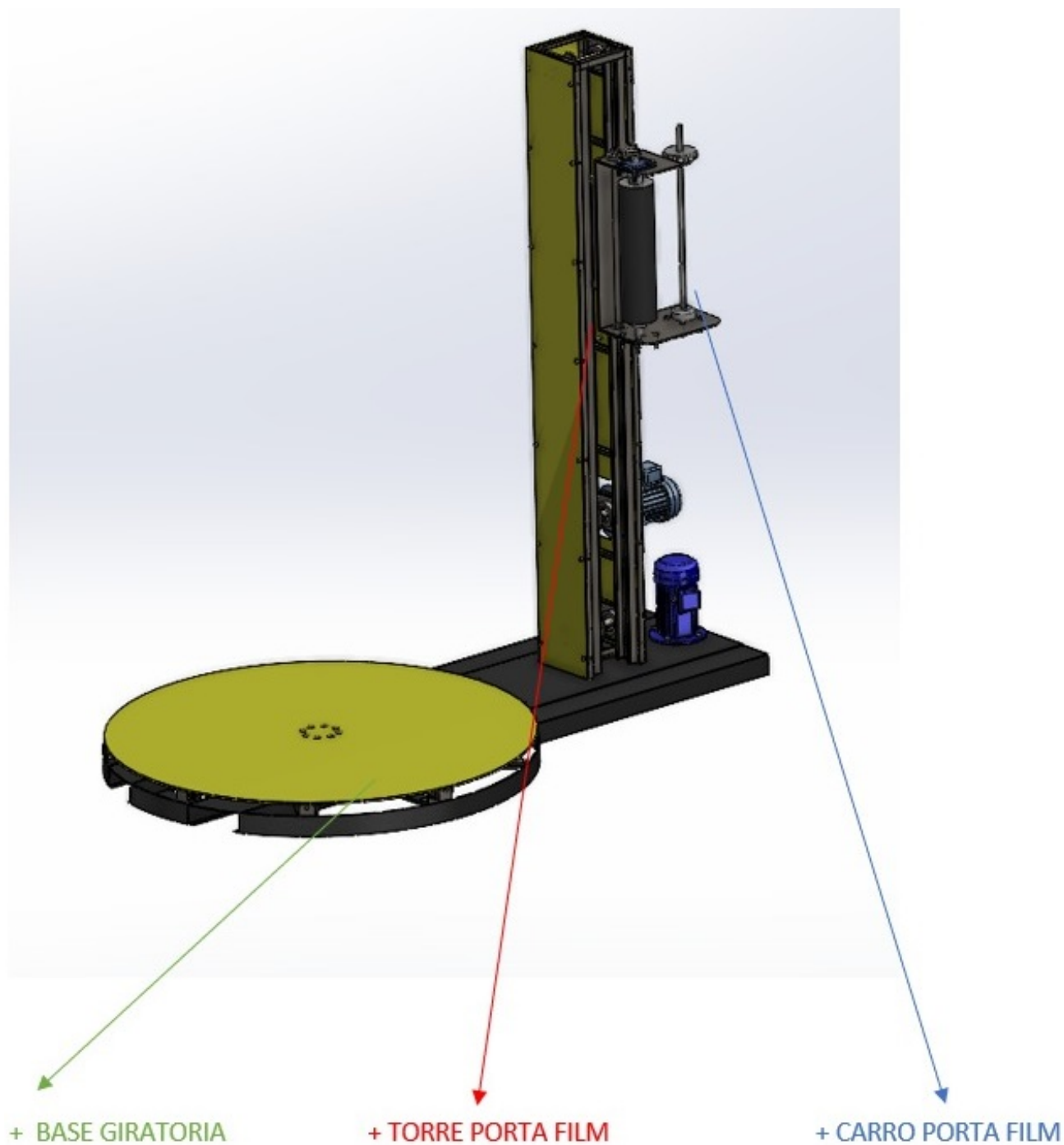


Figura 17: Diseño máquina embaladora automática. Fuente: Autoría Propia

VI-D2. Diseño de la plataforma Giratoria: La función principal de la plataforma giratoria será de rotar de manera continua una carga determinada. En términos de diseño, se propone utilizar una plataforma metálica con rugosidad en su cara principal, la cual estará montada sobre ruedas equipadas con soportes para facilitar el movimiento. Para lograr la rotación, se empleará un motor-reductor y la transmisión se realizará mediante cadenas y catarinas.

Diseño de la base giratoria

El diseño de la base giratoria deberá soportar 400 kg de carga, que estará distribuida sobre el plato giratorio y rotará a velocidad constante mostrada en la Figura 18.

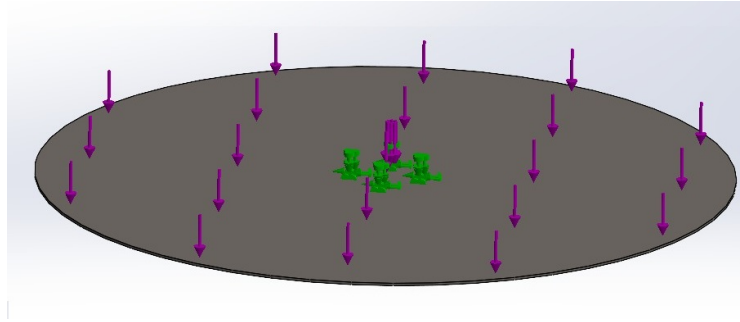


Figura 18: Placa de apoyo. Fuente: Autoría Propia

Tenemos la ecuación del cálculo del peso por área donde F será el peso total del producto y A el área del plato.

Donde:

A : Área del plato

W_A : Peso por área

r : radio del plato

F : Peso total del producto

$$F = 400 \text{ Kg}$$

$$r = 0,6 \text{ m}$$

Entonces:

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (1)$$

$$A = \pi \cdot (0,6 \text{ m})^2 \quad (2)$$

$$A = 1,1310 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Cálculo del peso por área

$$W_A = \frac{F}{A} \quad (4)$$

$$W_A = \frac{400 \text{ Kg}}{1,1310 \text{ m}^2} \quad (5)$$

$$W_A = 353,66 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2} \quad (6)$$

Cálculo del peso lineal

A continuación se realiza el cálculo del peso lineal distribuido.

Donde:

L : Longitud de la placa

W_L : Peso lineal

$$L = 1,20 \text{ m}$$

$$W_L = W_A \cdot L \quad (7)$$

$$W_L = 353,66 \frac{Kgf}{m^2} \cdot 1,20 \text{ m} \quad (8)$$

$$W_L = 424,39 \frac{Kgf}{m} \quad (9)$$

Se calcula el momento flexionante ya que la base giratoria va a estar sometida a flexión.

Donde:

Q :Peso lineal

M_{max} : Momento flector

$$Q = 424,39 \frac{Kgf}{m} \cdot 9,8 \frac{N}{Kgf} \quad (10)$$

$$Q = 4159,02 \frac{N}{m} \quad (11)$$

Entonces:

$$M_{max} = \frac{QL^2}{8} \quad (12)$$

$$M_{max} = \frac{(4159,02 \frac{N}{m}) \cdot (1,20 \text{ m})^2}{8} \quad (13)$$

$$M_{max} = 748,62 \text{ Nm} \quad (14)$$

Además, la base giratoria presenta una forma rectangular en su sección transversal, la cuál será calculada a partir de la siguiente ecuación:

$$S = \frac{b \cdot e^2}{6} \quad (15)$$

Donde:

e : Espesor de la placa

b : Base

$$b = 1 \text{ m}$$

Para poder realizar el cálculo de espesor de la base giratoria es necesario utilizar las ecuaciones el esfuerzo máximo y esfuerzo permisible.

Donde:

σ_{max} : Esfuerzo máximo

S : Sección transversal

M_{max} : Momento flexionante

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} \quad (16)$$

Donde:

σ_{perm} : Esfuerzo permisible

S_y : Esfuerzo de fluencia

F_S : Factor de seguridad

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{F_S} \quad (17)$$

$$\frac{S_y}{F_S} = \frac{M_{max}}{\frac{b \cdot e^2}{6}} \quad (18)$$

$$F_S = 1,5$$

$$S_y = 250 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$e = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{max} \cdot F_S}{b \cdot S_y}} \quad (19)$$

$$e = \sqrt{\frac{6 \cdot 748,62 Nm \cdot 1,5}{1,20 \text{ m} \cdot 250 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}} \quad (20)$$

$$e = 4,73 \times 10^{-3} \approx 5 \text{ mm} \quad (21)$$

$$e = 5 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \quad (22)$$

$$e = 0,005 \text{ m} \quad (23)$$

Cálculo del peso del plato giratorio

Donde:

W_{plato} : Peso del plato giratorio

V : Volumen de la placa

ρ_{acero} : Peso específico de acero

m_{plato} : Peso del plato giratorio

$$r = 0,6 \text{ m}$$

$$e = 0,005 \text{ m}$$

$$\rho_{acero} = 78955,91 \frac{N}{m^3}$$

Además:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot e \quad (24)$$

$$V = \pi \cdot (0,6 \text{ m})^2 \cdot (0,005 \text{ m}) \quad (25)$$

$$V = 0,0056 \text{ m}^3 \quad (26)$$

Entonces:

$$W_{plato} = \rho_{acero} \cdot V \quad (27)$$

$$W_{plato} = (78955,91 \frac{N}{m^3}) \cdot 0,0056 \text{ m}^3 \quad (28)$$

$$W_{plato} = 446,48 \text{ N} \quad (29)$$

$$m_{plato} = \frac{446,48 N \cdot \frac{m}{s^2}}{9,8 \frac{m}{s^2}} = 45,52 \text{ Kg} \quad (30)$$

Se propone emplear 8 ruedas de apoyo que se colocarán de manera simétrica para que los momentos generados por las fuerzas se anulen entre sí tal como se ilustra en la Figura 19.

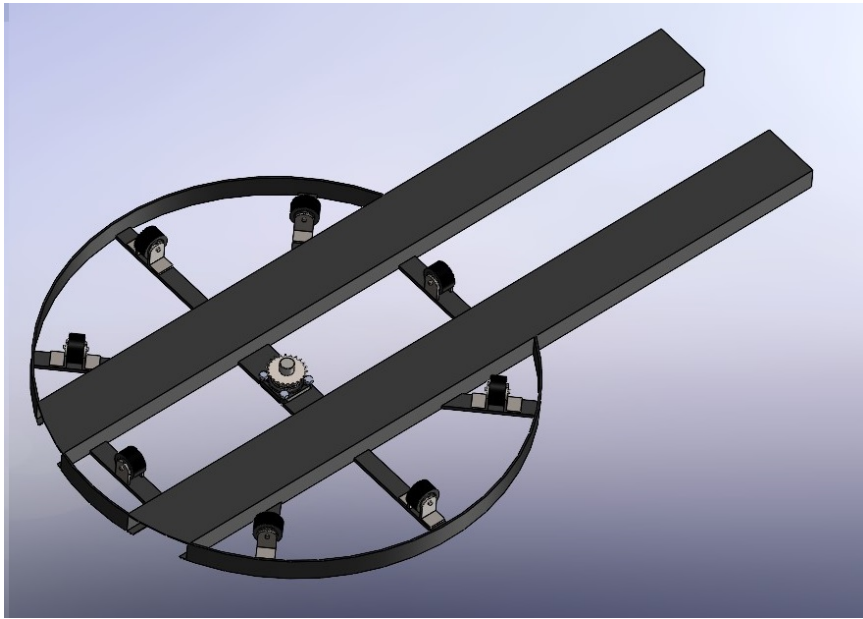


Figura 19: Distribución de ruedas de apoyo. Fuente: Autoría Propia

Cálculo de capacidad de carga de cada rueda

Donde:

P : Capacidad de carga de la máquina

N : Número de ruedas que estarán en contacto con la superficie de la base giratoria

C : Capacidad de carga de cada rueda

$$P = 400 \text{ Kg}$$

$$N = 8$$

Entonces:

$$C = \frac{m_{plato} + P}{N} \quad (31)$$

$$C = \frac{45,52 \text{ Kg} + 400 \text{ Kg}}{8} \quad (32)$$

$$C = 55,69 \text{ Kg} \quad (33)$$

No existen en el mercado nacional ruedas con una carga específica de 55,69 kg, por este motivo se selecciona la rueda que mejor cumpla con los requisitos de diseño.

Se selecciona una Garrucha SERIE 18 - 19, 4" de diámetro con capacidad de carga aproximada de 55 - 90 kg, ensambladas con soporte en acero galvanizado (Ver Figura 72, Anexo 7).

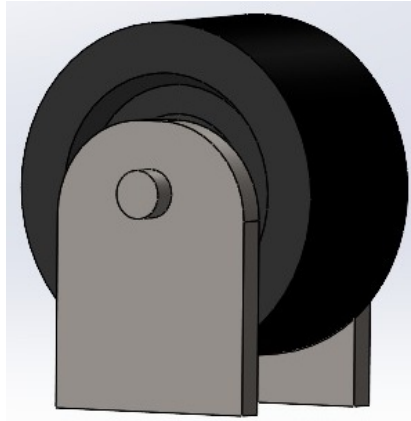


Figura 20: Rueda de apoyo. Fuente: Autoría Propia

Cálculo de la potencia del motoreductor

Donde:

ω : velocidad angular

t : tiempo

α : aceleración angular

$$\omega = 15 \text{ rpm} = 15 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \cdot \text{rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$\omega = 1,57 \frac{\text{rads}}{\text{s}}$$

$$t = 3 \text{ s}$$

Entonces:

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (34)$$

$$\alpha = \frac{1,57 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{3 \text{ s}} \quad (35)$$

$$\alpha = 0,523 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad (36)$$

Cálculo de masa total del plato

$$m_{\text{total}} = m_{\text{plato}} + m_{\text{producto}} \quad (37)$$

$$m_{\text{total}} = 45,52 \text{ Kg} + 400 \text{ Kg} \quad (38)$$

$$m_{\text{total}} = 445,52 \text{ Kg} \quad (39)$$

Cálculo Momento de Inercia del plato.

I_{plato} : Inercia del plato

m_{plato} : Masa del plato

$$I_{\text{plato}} = \frac{1}{2} m_{\text{plato}} R^2 \quad (40)$$

$$I_{\text{plato}} = \frac{1}{2} (45,52 \text{ kg}) (0,6 \text{ m})^2 \quad (41)$$

$$I_{\text{plato}} = 8,19 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \quad (42)$$

Cálculo Momento de Inercia del producto

$I_{producto}$: Inercia del producto

$m_{producto}$: Masa del producto

$$m_{producto} = 400 \text{ Kg}$$

$$I_{producto} = \frac{1}{2} m_{producto} R^2 \quad (43)$$

$$I_{producto} = \frac{1}{2} (400 \text{ Kg})(0,6\text{m})^2 \quad (44)$$

$$I_{producto} = 72 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \quad (45)$$

Cálculo potencia para vencer la inercia

I_{total} : Inercia total

$$I_{total} = I_{plato} + I_{Producto} \quad (46)$$

$$I_{total} = 8,19 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 + 72 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \quad (47)$$

$$I_{total} = 80,19 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 \quad (48)$$

Cálculo de torque requerido.

P_1 : Inercia total

$$T_1 = I_{total} \cdot \alpha \quad (49)$$

$$T_1 = (80,19 \text{ kg} \cdot \text{m}^2)(0,523 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}) \quad (50)$$

$$T_1 = 41,93 \text{ Nm} \quad (51)$$

Cálculo de potencia requerida.

$$P_1 = \frac{T_1 \cdot \omega}{9550} \quad (52)$$

$$P_1 = \frac{41,93 \text{ Nm} \cdot 15 \text{ Rpm}}{9550} \quad (53)$$

$$P_1 = 0,0658 \text{ kW} \quad (54)$$

Cálculo de potencia para vencer el rozamiento.

Se escogió el coeficiente de resistencia a la rodadura poliuretano – acero mostrado en la Tabla II.

Tabla II: Coeficiente de resistencia a la rodadura. Fuente: Autoría Propia

Material de rodadura	Material del suelo	Coeficiente de resistencia a la rodadura
Poliuretano	Acero	0.04

Cálculo de fuerza para cada rueda

F_C : Fuerza en cada rueda

$\mu_{pol-acero}$: Coeficiente de resistencia a la rodadura poliuretano – acero.

F_r : Fuerza de fricción

$$F_C = 55,69 \text{Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (55)$$

$$F_C = 545,76 \text{ N} \quad (56)$$

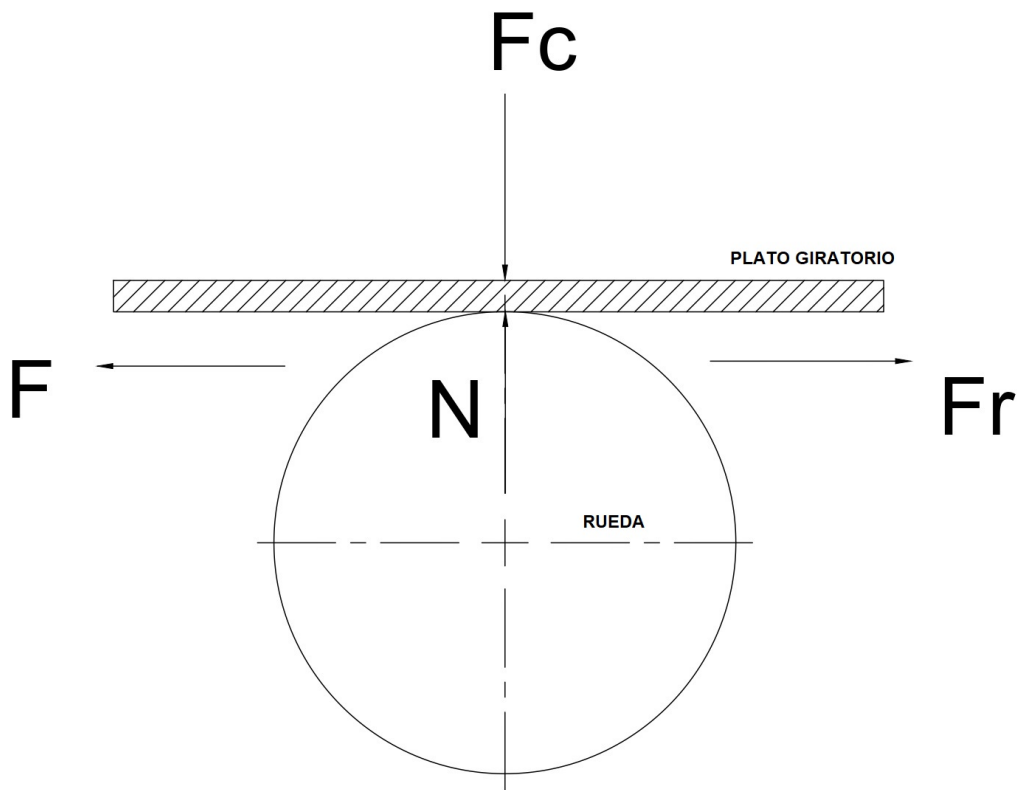


Figura 21: Diagrama de cuerpo libre, Rueda y plato giratorio. Fuente: Autoría Propia

En la Figura 21 se puede visualizar las fuerzas que componen la rueda y el plato giratorio.

$$\Sigma F_y = 0 \quad (57)$$

$$F_c - N = 0 \quad (58)$$

$$F_c = N \quad (59)$$

$$N = 545,76 \text{ N} \quad (60)$$

$$\Sigma F_x = 0 \quad (61)$$

$$F_r - F = 0 \quad (62)$$

$$F = F_r \quad (63)$$

$$F = N \cdot \mu_{pol-acero} \quad (64)$$

$$F = 545,76 \text{ N} \cdot 0,04 \quad (65)$$

$$F = 21,83 \text{ N} \quad (66)$$

Cálculo de torque necesario.

Se necesita una fuerza de $F= 21,83 \text{ N}$ en cada rueda para poder mover las cargas venciendo la fricción entre las ruedas del plato.

Se puede ver la ubicación de cada rueda en la Figura 22.

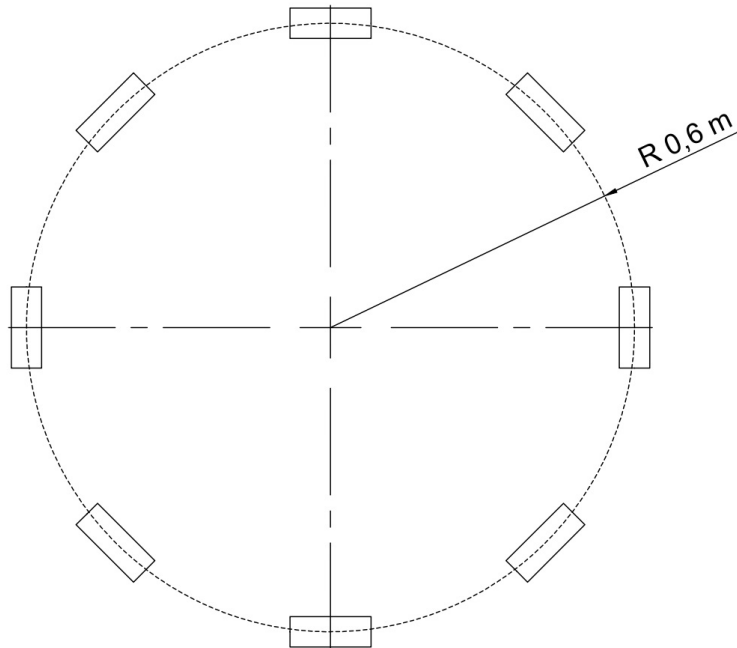


Figura 22: Ubicación de las ruedas de apoyo. Fuente: Autoría Propia

Cálculo de torque Requerido

$$T_2 = F \cdot r \quad (67)$$

$$T_2 = 21,83 \text{ N} \cdot 0,6 \text{ m} \quad (68)$$

$$T_2 = 13,09 \text{ Nm} \quad (69)$$

Cálculo de torque para vencer el rozamiento

$$\#ruedas = 8$$

$$T_3 = \#ruedas \cdot T_2 \quad (70)$$

$$T_3 = 8 \cdot 13,09 \text{ Nm} \quad (71)$$

$$T_3 = 104,72 \text{ Nm} \quad (72)$$

Cálculo de Potencia necesaria

$$P_2 = \frac{T_3 \cdot \omega}{9550} \quad (73)$$

$$P_2 = \frac{104,72 \text{ Nm} \cdot 15 \text{ Rpm}}{9550} \quad (74)$$

$$P_2 = 0,164 \text{ kW} \quad (75)$$

Cálculo de Potencia total

$$P_{total} = P_1 + P_2 \quad (76)$$

$$P_{total} = 0,0658 \text{ kW} + 0,164 \text{ kW} \quad (77)$$

$$P_{total} = 0,229 \text{ kW} \quad (78)$$

$$P_{total} = 0,229 \text{ kW} \cdot \frac{1 \text{ HP}}{0,746 \text{ kW}} \quad (79)$$

$$P_{total} = 0,163 \text{ HP} \quad (80)$$

Por vibraciones prolongadas, horas de operaciones, se considera un factor de servicio $F_s = 1,5$.

$$P_{total} = 0,163 \text{ Hp} \cdot 1,5 \quad (81)$$

$$P_{total} = 0,432 \text{ HP} \quad (82)$$

Selección del motorreductor

Cálculo de torque necesario

Dónde:

T_I : Torque para vencer la inercia

T_r : Torque para vencer el rozamiento

$$T_I = 41,93 \text{ Nm}$$

$$T_r = 104,72 \text{ Nm}$$

$$T_{total} = T_I + T_r \quad (83)$$

$$T_{total} = 146,65 \text{ Nm} \quad (84)$$

ω_S : Velocidad angular de salida

$$\omega_S = 15 \frac{\text{Rev}}{\text{min}}$$

Se selecciona un motorreductor de 0.5 HP como se muestra en la Figura 23.

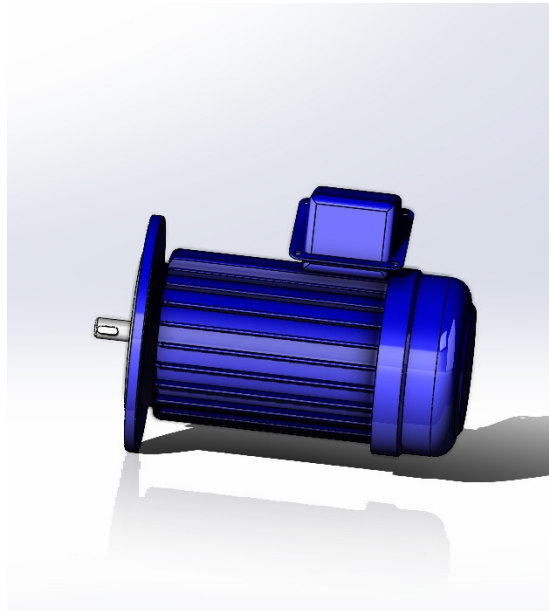


Figura 23: Motorreductor 1/2 Hp.

Cálculo de transmisión de potencia

Selección de catarina:

De las tablas adjuntas (Tabla XVIII, Anexo 2) se selecciona el paso de la cadena.

Potencia transmitida= 0,5 HP.

Velocidad de motor= 15 Rpm

Relación de transmisión:

ι : Relación de transmisión

n_1 : Rpm catarina conductora

n_2 : Rpm catarina conducida

$$\iota = \frac{n_1}{n_2} \quad (85)$$

$$\iota = \frac{15 \text{ Rpm}}{14 \text{ Rpm}} \quad (86)$$

$$\iota = 1,07 \text{ Relación Ratio-cadena} \quad (87)$$

Número de dientes catarina impulsada

N_1 : Número de dientes catarina conductora

N_2 : Número de dientes catarina conducida

$$N_1 = 23$$

$$N_2 = N_1 \cdot \iota \quad (88)$$

$$N_2 = 23 \cdot 1,07 \quad (89)$$

$$N_2 = 24,68 \approx 24 \text{ dientes} \quad (90)$$

Cálculo de diámetro de la catarina conductora

D_1 : Diámetro de la catarina conductora

p : Paso

$$p = 0,75 \text{ pulg}$$

$$D_1 = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{N_1}} \quad (91)$$

$$D_1 = \frac{0,75 \text{ pulg}}{\sin \frac{180^\circ}{23}} \quad (92)$$

$$D_1 = 5,50 \text{ pulg} \quad (93)$$

Cálculo de diámetro de la catarina conducida

D_2 : Diámetro de la catarina conducida

$$D_2 = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{N_2}} \quad (94)$$

$$D_2 = \frac{0,75 \text{ pulg}}{\sin \frac{180^\circ}{24}} \quad (95)$$

$$D_2 = 5,75 \text{ pulg} \quad (96)$$

Cálculo de longitud necesaria de la cadena

Se recomienda que las distancias entre ejes C de las catarinas debe ser de 30 a 50 pasos de cadena, se usa un valor máximo recomendado de 50 pasos, para obtener un mayor espacio de trabajo entre el plato giratorio y la torre portafilm.

Donde:

L : Longitud de la cadena, en pasos

C : Distancia entre centros

N_1 : Número de dientes catarina conductora

N_2 : Número de dientes catarina conducida

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \quad (97)$$

$$L = 2(50) + \frac{24 + 23}{2} + \frac{(24 - 23)^2}{4\pi^2(50)} \quad (98)$$

$$L = 123,50 \text{ pasos} \quad (99)$$

$$L = 92,62 \text{ cm} \quad (100)$$

Cálculo de distancia entre centros

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8 \cdot (N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right] \quad (101)$$

$$C = \frac{1}{4} \left(123,50 - \frac{24 + 23}{2} + 99,998 \right) \quad (102)$$

$$C = 49,99 \approx 50 \quad (103)$$

$$C = 50 \cdot (0,75 \text{ pulg}) \quad (104)$$

$$C = 37,5 \text{ pulg} \quad (105)$$

$$C = 37,5 \text{ pulg} \cdot \frac{2,54 \text{ cm}}{\text{pulg}} \quad (106)$$

$$C = 95,25 \text{ cm} \quad (107)$$

Cálculo de las fuerzas en las catarinas

F_c : Fuerza sobre las catarinas de cadena.

T_A : Torque para vencer la inercia y el rozamiento

D_A : Diámetro de catarina conducida.

$$T_A = 146,65 \text{ Nm}$$

$$D_A = 0,1397 \text{ m}$$

$$F_c = \frac{T_A}{\frac{D_A}{2}} \quad (108)$$

$$F_c = \frac{T_A \cdot 2}{D_A} \quad (109)$$

$$F_c = \frac{146,65 \text{ Nm} \cdot 2}{0,1397 \text{ m}} \quad (110)$$

$$F_c = 2099,49 \text{ N} \quad (111)$$

Cálculo de la carga distribuida

Donde:

W_{total} : Peso Total

A_C : Área de carga

$$W_{total} = 445,52 \text{ Kgf}$$

$$A_C = 0,7060 \text{ mm}^2$$

$$W_A = \frac{W_{total}}{A_C} \quad (112)$$

$$W_A = \frac{445,52 \text{ Kgf}}{0,706 \text{ m}^2} \quad (113)$$

$$W_A = 631,04 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2} \quad (114)$$

Cálculo del peso Lineal

$$W_L = W_A \cdot L \quad (115)$$

$$W_L = 631,04 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2} \cdot 1 \text{ m} \quad (116)$$

$$W_L = 631,04 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \quad (117)$$

Cálculo de las Reacciones

Donde:

q: Carga distribuida

L: longitud de la viga

$$L = 0,5 \text{ m}$$

Entonces:

$$R_a = R_b = \frac{3qL}{8} \quad (118)$$

$$R_a = \frac{3 \cdot 631,04 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \cdot 0,5 \text{ m}}{8} \quad (119)$$

$$R_a = 118,32 \text{ Kgf} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kgf}} \quad (120)$$

$$R_a = 1160,32 \text{ N} \quad (121)$$

$$R_e = \frac{5qL}{4} \quad (122)$$

$$R_e = \frac{5 \cdot 631,04 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \cdot 0,5 \text{ m}}{4} \quad (123)$$

$$R_e = 394,4 \text{ Kgf} \cdot 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kgf}}$$

$$R_e = 3864,2 \text{ N} \quad (124)$$

Cálculo de reacciones y momentos sobre el plano x - y

F_c : Fuerza tangencial de la catarina.

R_e : Fuerza del producto sobre el plato giratorio.

$$\sum F_y = 0 \quad (125)$$

$$R_e - R_y = 0 \quad (126)$$

$$R_y = R_e \quad (127)$$

$$R_y = 3864,21 \text{ N} \quad (128)$$

$$R_e = 3864,21 \text{ N} \quad (129)$$

$$\sum F_x = 0 \quad (130)$$

$$F_c - R_x = 0 \quad (131)$$

$$R_x = F_c \quad (132)$$

$$R_x = 2099,49 \text{ N} \quad (133)$$

$$F_c = 2099,49 \text{ N} \quad (134)$$

$$\sum M = 0 \quad (135)$$

$$M + F_c \cdot 60 \text{ mm} = 0 \quad (136)$$

$$M = -2099,49 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm} \quad (137)$$

$$M = -125969,4 \text{ Nmm} \quad (138)$$

$$M = -125969,4 \text{ Nmm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \quad (139)$$

$$M = -125,96 \text{ Nm} \quad (140)$$

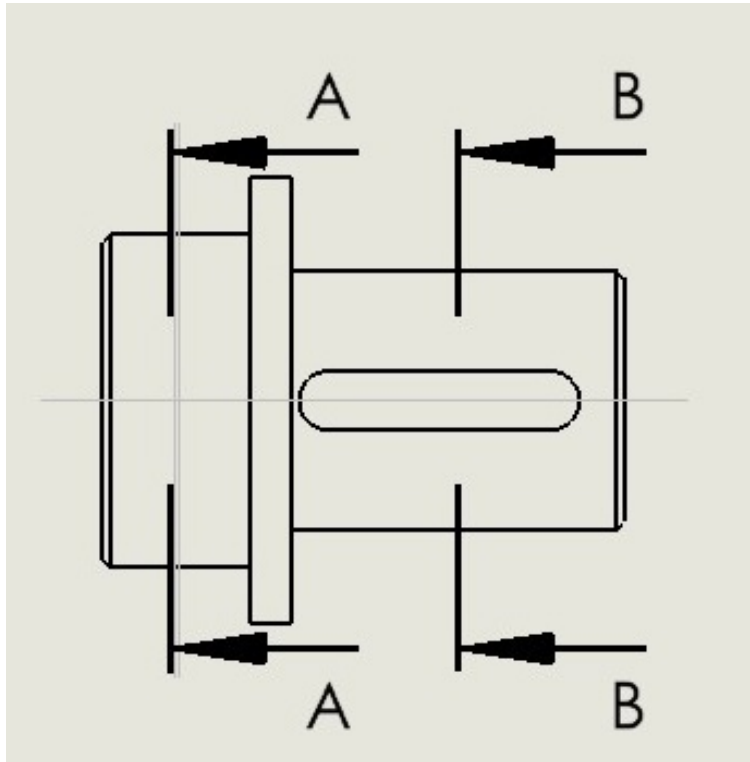


Figura 24: Secciones del eje para la base giratoria. Fuente: Autoría Propia

Cálculos de diámetro del eje del plato giratorio (Sección A-A).

El material propuesto para construir el eje es un ACERO SAE-1018 cuyas propiedades son.

$$S_u = 341 \text{ MPa}$$

$$S_y = 220 \text{ MPa}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'_n}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}} \quad (141)$$

N: factor de diseño

K_t : factor de concentracion de esfuerzos (cuñero de perfil).

M: momento

$$N = 2$$

$$K_t = 2$$

$$M = 0$$

Diseño de eje a fatiga.

S_n : Resistencia a la fatiga modificada (Figura 70, Anexo 5).

C_m : factor de material

C_{Sf} : factor de tipo de Esfuerzo

C_k : factor de confiabilidad

C_S : factor de tamaño

$$S_n = 35 \text{ ksi (Maquinado)}$$

$$C_m = 0,80$$

$$C_{Sf} = 0,08$$

$$C_k = 0,81$$

$$C_S = 0,80$$

$$C_S = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,11} \quad (142)$$

$$C_S = \left(\frac{12,84}{7,62}\right)^{-0,11} \quad (143)$$

$$C_S = 0,94 \quad (144)$$

$$S'_n = S_n \cdot C_m \cdot C_{Sf} \cdot C_R \cdot C_S \quad (145)$$

$$S'_n = 35 \text{ Ksi} \cdot 0,80 \cdot 0,08 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \quad (146)$$

$$S'_n = 14,61 \text{ Ksi} = 10,07 \times 10^7 \frac{N}{m^2} \quad (147)$$

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot N}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}} \quad (148)$$

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \left[\frac{146,65 \text{ Nm}}{220 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}\right]^2}} \quad (149)$$

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{64}{\pi} \cdot 5,77 \times 10^{-7} m^3} \quad (150)$$

$$D_1 = 0,02273 \text{ m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \quad (151)$$

$$D_1 = 22,73 \text{ mm} \quad (152)$$

Sección B-B

$$\sum F_y = 0 \quad (153)$$

$$R_e - R_y = 0 \quad (154)$$

$$R_y = R_e \quad (155)$$

$$R_y = 3864,21 \text{ N} \quad (156)$$

$$\sum F_x = 0 \quad (157)$$

$$F_c - R_x = 0 \quad (158)$$

$$R_x = F_c \quad (159)$$

$$R_x = 1160,32 \text{ N} \quad (160)$$

$$\sum M = 0 \quad (161)$$

$$M + F_c \cdot 60 \text{ mm} = 0 \quad (162)$$

$$M = -2099,49 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm} \quad (163)$$

$$M = -125969,4 \text{ Nmm} \quad (164)$$

$$M = -125969,4 \text{ Nmm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \quad (165)$$

$$M = -125,96 \text{ Nm} \quad (166)$$

$$N = 2$$

$$K_t = 2,5 \text{ (chaflan agudo)}$$

$$S_n = 30 \text{ Ksi}$$

$$S_u = 341 \text{ Mpa}$$

$$S'_n = S_n \cdot C_m \cdot C_{sf} \cdot C_R \cdot C_S \quad (167)$$

$$S'_n = 30 \text{ Ksi} \cdot 0,80 \cdot 0,80 \cdot 0,81 \cdot 0,83 \quad (168)$$

$$S'_n = 12,91 \text{ Ksi} \quad (169)$$

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'_n}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}} \quad (170)$$

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{2,5 \cdot 125,96 \text{ Nm}}{8,9 \times 10^7 \frac{N}{m^2}}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{146,65 \text{ Nm}}{220 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}\right]^2}} \quad (171)$$

$$D_2 = 0,04178 \text{ m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \quad (172)$$

$$D_2 = 41,78 \text{ mm} \quad (173)$$

Selección de rodamientos

Rodamiento axial

La mayoría de los rodamientos de carga axial están diseñados para soportar únicamente cargas axiales y no cargas radiales. Los rodamientos axiales de bolas SKF pueden ser de simple o doble efecto y están diseñados para retener cargas axiales producidas durante la rotación del eje.

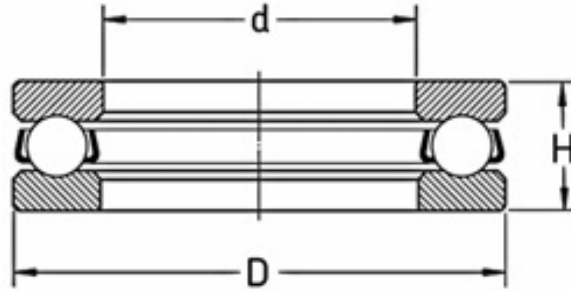


Figura 25: Rodamiento axial. Fuente: Autoría Propia

Selección del rodamiento

Donde:

F_a : Carga axial

F_r : Carga radial

α : Ángulo de contacto del rodamiento

P_0 : Carga estática equivalente

Reacción en Y del eje:

$$R_e = F_a = 4,370 \text{ kN}$$

Reacción en X del eje:

$$R_y = F_r = 2,099 \text{ kN}$$

Entonces:

$$P_0 = 2,3 \cdot \tan(\alpha) \cdot F_r + F_a \quad (174)$$

$$P_0 = 2,3 \cdot \tan(0) \cdot 2,099 \text{ kN} + 4,370 \text{ kN} \quad (175)$$

$$P_0 = 4,370 \text{ kN} \quad (176)$$

Cálculo del Coeficiente de seguridad estática

Donde:

C_0 : Coeficiente de seguridad estática

S_0 : Factor de seguridad estática

$$S_0 = 1 \text{ (Tabla XXI, Anexo 6)}$$

Entonces:

$$C_0 = S_0 \cdot P_0 \quad (177)$$

$$C_0 = 1 \cdot 4,370 \text{ kN} \quad (178)$$

$$C_0 = 4,370 \text{ kN} \quad (179)$$

Rodamiento escogido axial

Designación	Dimensiones principales				Capacidad de carga básica		Velocidades nominales		Productos asociados
	d [mm]	t_{\downarrow}	D [mm]	H [mm]	H _i [mm]	dinámica C [kN]	estática C ₀ [kN]	Velocidad de referencia [r/min]	Velocidad límite [r/min]
☆ 53208	40	78	20.3	23	44.2	96.5	3 600	5 300	U 208
☆ 53308	40	78	28.5	31	61.8	122	2 800	4 000	U 308
☆ 53408	40	90	38.2	42	95.6	183	2 400	3 200	U 408
☆ 51109	45	65	14		26.5	69.5	4 500	6 300	
☆ 51209	45	73	20		39	86.5	3 600	5 000	
☆ 51309	45	85	28		76.1	153	2 800	4 000	
☆ 51409	45	100	39		124	240	2 200	3 000	
☆ 53209	45	73	21.3	24	39	86.5	3 400	4 800	U 209
☆ 53309	45	85	30.1	33	76.1	153	2 600	3 800	U 309
☆ 51110	50	70	14		27	75	4 300	6 300	
☆ 51210	50	78	22		49.4	116	3 400	4 500	
☆ 51310	50	95	31		81.9	170	2 600	3 600	
☆ 51410	50	110	43		159	340	2 000	2 800	
☆ 53210	50	78	23.5	26	49.4	116	3 200	4 500	U 210
☆ 53310	50	95	34.3	37	81.9	170	2 400	3 400	U 310

Figura 26: Selección del rodamiento axial

Rodamiento radial

$$F_a = 4,370\text{kN}$$

$$F_r = 2,099\text{kN}$$

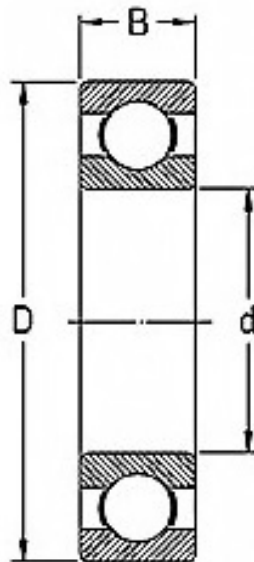


Figura 27: Rodamiento radial. Fuente: Autoría Propia

Carga estática equivalente

Donde:

X_0 : Factor radial estático

Y_0 : Factor axial estático

$$X_0 = 1 \text{ (Tabla XXI, Anexo 6)}$$

$$Y_0 = 0,5 \text{ (Tabla XXI, Anexo 6)}$$

Entonces:

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad (180)$$

$$P_0 = 1 \cdot 2,099\text{kN} + 0,5 \cdot 4,370\text{kN} \quad (181)$$

$$P_0 = 4,284\text{kN} \quad (182)$$

$$C_0 = S_0 \cdot P_0 \quad (183)$$

$$C_0 = 1 \cdot 4,284 \text{ kN} \quad (184)$$

$$C_0 = 4,284 \text{ kN} \quad (185)$$

VI-D3. Diseño de la torre porta film: Es un sistema estático que se incorpora a una máquina embaladora para sujetar y mover verticalmente una bobina de stretch film a lo largo de toda la altura del producto que gira sobre la plataforma.

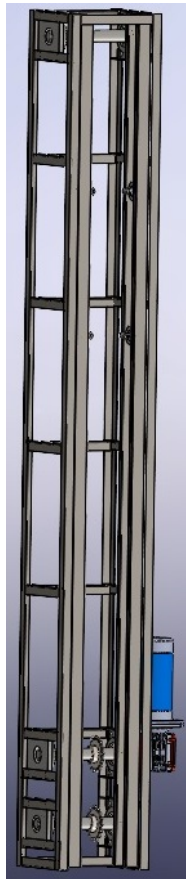


Figura 28: Esquema torre-portafilmm. Fuente: Autoría Propia.

Parámetros para el diseño de la torre porta film

- Peso de porta film: 35 Kg
- Altura del carro porta film: 50 cm
- Velocidad de giro: 15 rpm

15 rpm \rightarrow 60 s

1 rev \rightarrow X

$$X = \frac{1 \text{ rev} \cdot 60 \text{ s}}{15 \text{ rpm}} \quad (186)$$

$$X = 4 \text{ s} \quad (187)$$

Por lo tanto el carro portafilm tiene que avanzar 40 cm en 4 seg.

Donde:

v : Velocidad lineal

d : Distancia

t : Tiempo

$$v = \frac{d}{t} \quad (188)$$

$$v = \frac{40 \text{ cm}}{4 \text{ s}} \quad (189)$$

$$v = 10 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad (190)$$

$$v = 0,01 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (191)$$

Diámetro de la catarina

$$D = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{N}} \quad (192)$$

$$D = \frac{0,5}{\sin \frac{180^\circ}{17}} \quad (193)$$

$$D = 2,72 \text{ pulg} \cdot \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} \quad (194)$$

$$D = 69,11 \text{ mm} \quad (195)$$

2 catarinas de 17 dientes conductora y conducida

distancia entre centros: 1.70 \rightarrow 66,92

Peso del carro porta film

m_1 : Masa del carro porta film

m_2 : Masa del rollo porta film

m_T : Masa total

g : Gravedad

$W_{portafilm}$: Peso del carro porta film

$$m_T = m_1 + m_2 \quad (196)$$

$$m_T = 15,26 \text{ Kg} + 15 \text{ Kg} \quad (197)$$

$$m_T = 30,26 \text{ Kg} \quad (198)$$

$$W_{porta\,film} = m_T \cdot g \quad (199)$$

$$W_{porta\,film} = 30,26 \text{ Kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \quad (200)$$

$$W_{porta\,film} = 296,85 \text{ N} \quad (201)$$

Torque necesario para mover el porta film

$R_{catarina}$: Radio del engranaje

$$R_{catarina} = 0,03455 \text{ m}$$

$$T = W_{porta\,film} \cdot R_{catarina} \quad (202)$$

$$T = 296,85 \text{ N} \cdot 0,03455 \text{ m} \quad (203)$$

$$T = 10,25 \text{ Nm (Selección del motoreductor)} \quad (204)$$

Potencia requerida para selección del motoreductor

$$P = \frac{T \cdot \omega}{9550} \quad (205)$$

$$P = \frac{10,25 \text{ Nm} \cdot 25,81 \text{ rpm}}{9550} \quad (206)$$

$$P = 0,02 \text{ Kw} \quad (207)$$

Se considera un factor de seguridad de 1.5

$$P = 0,02 \text{ Kw} \cdot 1,5 \quad (208)$$

$$P = 0,03 \text{ Kw} \quad (209)$$

Se selecciona motor de 0,5 Kw.

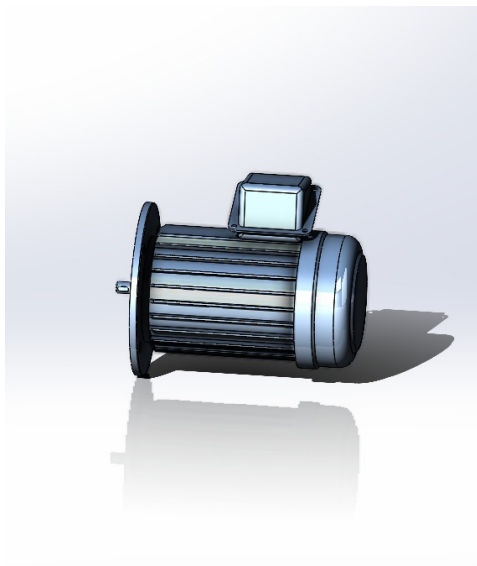


Figura 29: Motoreductor 1/2 Hp para porta film. Fuente: Autoría Propia

Relación de transmisión

ι : Relación de transmisión

n_{motor} : Rpm del motor

$n_{portafilm}$: Rpm porta film

$$\iota = \frac{n_{portafilm}}{n_{motor}} \quad (210)$$

$$\iota = \frac{35 \text{ Rpm}}{25,81 \text{ Rpm}} \quad (211)$$

$$\iota = 1,35 \quad (212)$$

Número de dientes de la Catarina conductora

$$N_{conducida} = \iota \cdot N_{conductora} \quad (213)$$

$$N_{conducida} = 0,8 \cdot 17 \text{ dientes} \quad (214)$$

$$N_{conducida} = 13,6 \text{ dientes} \approx 14 \text{ dientes} \quad (215)$$

Diámetro de paso de la catarina

Donde:

D : Diámetro de la Catarina

p : Paso

N : Número de dientes

Catarina conducida:

$$D_1 = \frac{0,5 \text{ pulg}}{\sin \frac{180^\circ}{17}} \quad (216)$$

$$D_1 = 2,72 \text{ pulg} \quad (217)$$

$$D_1 = 2,72 \text{ pulg} \cdot \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} \quad (218)$$

$$D_1 = 69,11 \text{ mm} \quad (219)$$

Catarina conductora:

$$D_2 = \frac{0,5 \text{ pulg}}{\sin \frac{180^\circ}{14}} \quad (220)$$

$$D_2 = 2,24 \text{ pulg} \quad (221)$$

$$D_2 = 2,24 \text{ pulg} \cdot \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} \quad (222)$$

$$D_2 = 57,07 \text{ mm} \quad (223)$$

Longitud necesaria de la cadena

L : Longitud de la cadena, en pasos

C : Distancia entre centros

N_1 : Número de dientes catarina conductora

N_2 : Número de dientes catarina conducida

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C} \quad (224)$$

$$L = 2(10) + \frac{14 + 17}{2} + \frac{(14 - 17)^2}{4\pi^2(10)} \quad (225)$$

$$L = 35,51 \text{ pasos} \approx 17,76 \text{ pulg} \quad (226)$$

Cálculo teórico de distancia entre centros

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8 \cdot (N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right] \quad (227)$$

$$C = \frac{1}{4} \left[35,51 - \frac{14 + 17}{2} + \sqrt{\left[35,51 - \frac{17 - 14}{2} \right]^2 - \frac{8 \cdot (14 - 17)^2}{4\pi^2}} \right] \quad (228)$$

$$C = 9,99 \text{ pasos} \quad (229)$$

Cálculo de las fuerzas en las catarinas

$$F_{Y\text{catarina}} = F_{\text{catarina}} \cdot \cos(\theta) \quad (230)$$

$$F_{Y\text{catarina}} = 296,85 \text{ N} \cdot \cos(3^\circ) \quad (231)$$

$$F_{Y\text{catarina}} = 296,44 \text{ N} \quad (232)$$

$$F_{X\text{catarina}} = F_{\text{catarina}} \cdot \sin(\theta) \quad (233)$$

$$F_{X\text{catarina}} = 296,85 \text{ N} \cdot \sin(3^\circ) \quad (234)$$

$$F_{X\text{catarina}} = 15,53 \text{ N} \quad (235)$$

Diseño de los ejes

Eje superior:

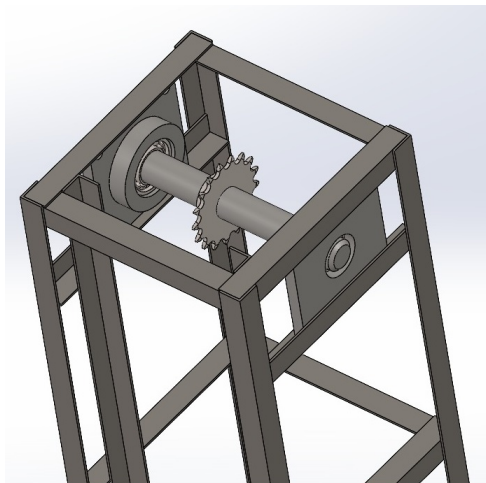


Figura 30: Esquema eje superior. Fuente: Autoría Propia

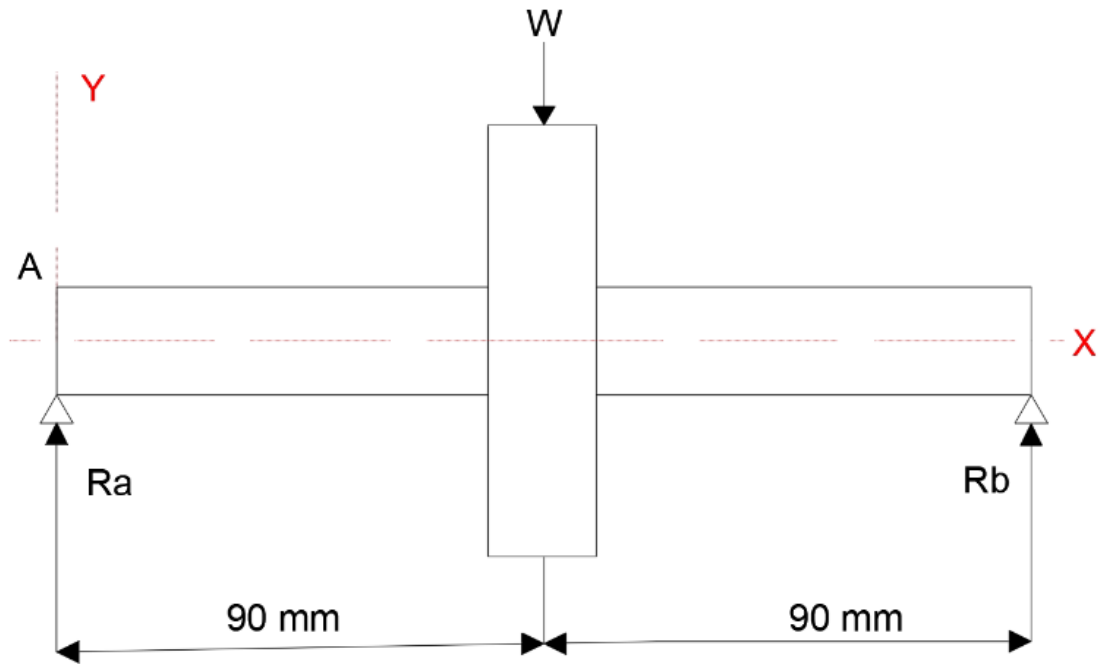


Figura 31: Diagrama de cuerpo libre - Eje superior - Plano XY. Fuente: Autoría Propia

$$W = 296,85 \text{ N}$$

$$\uparrow \sum F_y = 0 \quad (236)$$

$$R_a + R_b - W = 0 \quad (237)$$

$$R_a + R_b = W \quad (238)$$

$$R_a = W - R_b \quad (239)$$

$$R_a = 296,85 \text{ N} - 148,42 \text{ N} \quad (240)$$

$$R_a = 148,42 \text{ N} \quad (241)$$

$$\uparrow \sum M_a = 0 \quad (242)$$

$$90 \text{ mm} \cdot W_{portafilm} - 180 \text{ mm} \cdot R_b = 0 \quad (243)$$

$$90 \text{ mm} \cdot 296,85 \text{ N} - 180 \text{ mm} \cdot R_b = 0 \quad (244)$$

$$R_b = 148,42 \text{ N} \quad (245)$$

Cálculo de momentos

$$M = 148,42 \text{ N} \cdot 90 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \quad (246)$$

$$M = 13,35 \text{ Nm} \quad (247)$$

Torque requerido

Donde:

T : Torque

W : Fuerza aplicada a la catarina

r : Radio de la catarina

Entonces:

$$T = W \cdot r \quad (248)$$

$$T = 296,85 \text{ N} \cdot 0,0345 \text{ m} \quad (249)$$

$$T = 10,25 \text{ Nm} \quad (250)$$

Cálculo del diámetro del eje por flexión y torsión

Donde:

σ : Esfuerzo de flexión

τ : Esfuerzo de torsión

$[\sigma]$: Esfuerzo admisible

$$\sigma_{ep} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = [\sigma] \quad (251)$$

Además:

$$\sigma = \frac{32M_F}{\pi d^3} \quad (252)$$

M_F : Momento flector máximo

d : Diámetro del eje

Además:

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi d^3} \quad (253)$$

M_T : Momento flector requerido

d : Diámetro del eje

Además:

$$[\sigma] = \frac{S_Y}{F_S} \quad (254)$$

Donde:

S_Y : Esfuerzo de fluencia

F_S : Factor de seguridad

- El material para construir el eje está diseñado con un acero SAE-1018

Propiedades:

$$S_y = 341 \text{ Mpa} = 49,5 \text{ Ksi}$$

$$S_{ut} = 628 \text{ Mpa} = 91,1 \text{ Ksi}$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot 13,35 \text{ Nm}}{\pi d^3} \quad (255)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 10,25 \text{ Nm}}{\pi d^3} \quad (256)$$

$$[\sigma] = \frac{341 \text{ Mpa}}{2} \quad (257)$$

$$[\sigma] = 170,5 \text{ Mpa} \quad (258)$$

Entonces:

$$[\sigma] = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (259)$$

$$170,5 \text{ Mpa} = \sqrt{\left[\frac{32 \cdot 13,35 \text{ Nm}}{\pi d^3}\right]^2 + 3 \cdot \left[\frac{16 \cdot 10,25 \text{ Nm}}{\pi d^3}\right]^2} \quad (260)$$

$$d_{eje-superior} = \sqrt[3]{\frac{1}{170,5 \times 10^6 \text{ pa} \cdot \pi} \cdot \sqrt{32 \cdot (13,35 \text{ Nm})^2 + 3 \cdot (16 \cdot 10,25 \text{ Nm})^2}} \quad (261)$$

$$d_{eje-superior} = 0,0061532 \text{ m} \quad (262)$$

$$d_{eje-superior} = 0,0061532 \text{ m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \quad (263)$$

$$d_{eje-superior} = 6,153 \text{ mm} \quad (264)$$

Diseño a fatiga

S_n : Resistencia a la fatiga modificada

$$S_n = 35 \text{ Ksi (Figura 70, Anexo 5)}$$

$$C_m = 0,80$$

$$C_{sf} = 1$$

$$C_R = 0,81$$

$$C_S = 0,86$$

$$S'_n = S_n \cdot C_m \cdot C_{sf} \cdot C_R \cdot C_S \quad (265)$$

$$S'_n = 35 \text{ Ksi} \cdot 0,80 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,86 \quad (266)$$

$$S'_n = 19,50 \text{ Ksi} = 13,44 \times 10^7 \frac{N}{m^2} \quad (267)$$

Diámetro requerido del eje

Donde:

N : Factor del diseño

K_T : Factor de concentración de esfuerzos

M : Momento Flector

S'_n : Resistencia a la fatiga real estimada

T : Par torsional en el eje

S_y : Esfuerzo de fluencia

$$N = 2$$

$$K_T = 2$$

$$M = 13,35 Nm$$

$$S'_n = 13,44 \times 10^7 \frac{N}{m^2}$$

$$T = 10,25 Nm$$

$$S_y = 341 \text{ Mpa} = 341 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Entonces:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'_n}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}} \quad (268)$$

$$d_{eje-superior} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{2 \cdot 13,35 \text{ Nm}}{13,44 \times 10^7 \frac{N}{m^2}}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{10,25 \text{ Nm}}{341 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}\right]^2}} \quad (269)$$

$$d_{eje-superior} = 0,01594 \text{ m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \quad (270)$$

$$d_{eje-superior} = 15,94 \text{ mm} \quad (271)$$

Eje inferior:

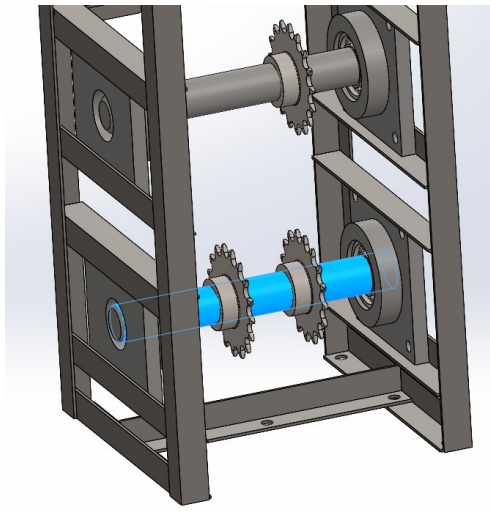


Figura 32: Esquema eje inferior. Fuente: Autoría Propia

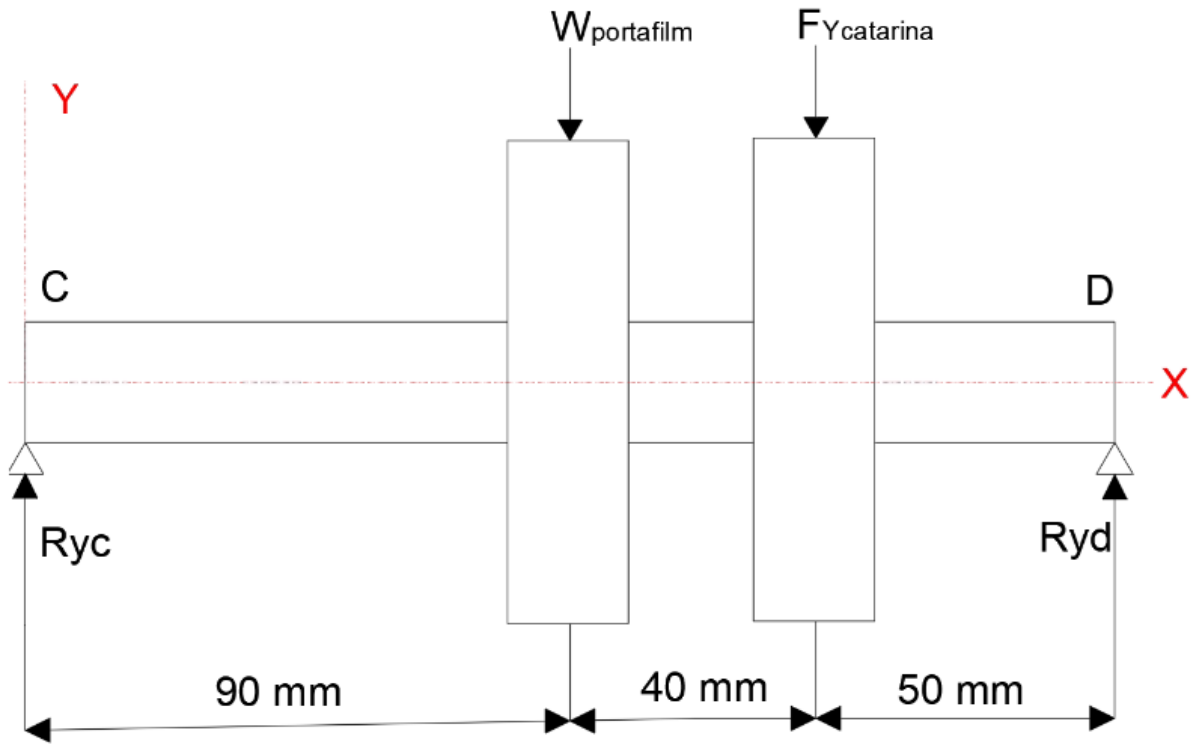


Figura 33: Diagrama de cuerpo libre - Eje inferior - Plano XY. Fuente: Autoría Propia

$$W_{portafilm} = 296,3 \text{ N}$$

$$F_{Ycatarina} : 296,44 \text{ N}$$

$$\uparrow \sum F_y = 0 \quad (272)$$

$$R_{yc} + R_{yd} - W_{portafilm} - F_{Ycatarina} = 0 \quad (273)$$

$$R_{yc} + R_{yd} = W_{portafilm} = F_{Ycatarina} \quad (274)$$

$$R_{yc} = 228,78 \text{ N} \quad (275)$$

$$\uparrow \sum M_c = 0 \quad (276)$$

$$90 \text{ mm} \cdot W_{portafilm} - 180 \text{ mm} \cdot R_{yd} + 130 \text{ mm} \cdot F_{Ycatarina} = 0 \quad (277)$$

$$90 \text{ mm} \cdot 294,3 \text{ N} - 180 \text{ mm} \cdot R_{yb} + 130 \text{ mm} \cdot 293,89 \text{ N} = 0 \quad (278)$$

$$R_{yd} = 359,40 \text{ N} \quad (279)$$

$$M_2 = 20,59 \text{ Nm}$$

$$F_{Zcatarina} = 15,40 \text{ N}$$

$$\downarrow \sum F_z = 0 \quad (280)$$

$$Rz_c + Rz_d - F_{Zcatarina} = 0 \quad (281)$$

$$Rz_c + Rz_d = F_{Zcatarina} \quad (282)$$

$$Rz_c = 4,28 \text{ N} \quad (283)$$

$$\uparrow \sum M_C = 0 \quad (284)$$

$$180 \text{ mm} \cdot Rz_d - 130 \text{ mm} \cdot F_{Zcatarina} = 0 \quad (285)$$

$$180 \text{ mm} \cdot Rz_d - 130 \text{ mm} \cdot 15,40 \text{ N} = 0 \quad (286)$$

$$Rz_d = 11,12 \text{ N} \quad (287)$$

$$M_3 = 0,556 \text{ Nm}$$

Momento resultante

$$M = \sqrt{M_2^2 + M_3^2} \quad (288)$$

$$M = \sqrt{(20,59 \text{ Nm})^2 + (0,556 \text{ Nm})^2} \quad (289)$$

$$M = 20,59 \text{ Nm} \quad (290)$$

Momento torcional

$$T_1 = W_{portafilm} \cdot r_{catarina} \quad (291)$$

$$T_1 = 296,3 \text{ N} \cdot 0,03455 \text{ m} \quad (292)$$

$$T_1 = 10,23 \text{ Nm} \quad (293)$$

$$T_2 = F_{Ycatarina} \cdot r_{catarina} \quad (294)$$

$$T_2 = 296,44 \text{ N} \cdot 0,03455 \text{ m} \quad (295)$$

$$T_2 = 10,24 \text{ Nm} \quad (296)$$

$$T_{TOTAL} = T_1 \cdot T_2 \quad (297)$$

$$T_{TOTAL} = 10,23 \text{ Nm} \cdot 10,24 \text{ Nm} \quad (298)$$

$$T_{TOTAL} = 20,47 \text{ Nm} \quad (299)$$

Entonces:

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (300)$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot 20,59 \text{ Nm}}{\pi d^3} \quad (301)$$

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi d^3} \quad (302)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 20,31 \text{ Nm}}{\pi d^3} \quad (303)$$

$$[\sigma] = \frac{341 \text{ Mpa}}{2} \quad (304)$$

$$[\sigma] = 170,5 \text{ Mpa} \quad (305)$$

Entonces:

$$[\sigma] = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (306)$$

$$170,5 \text{ Mpa} = \sqrt{\left[\frac{32 \cdot 20,59 \text{ Nm}}{\pi d^3}\right]^2 + 3 \cdot \left[\frac{16 \cdot 20,31 \text{ Nm}}{\pi d^3}\right]^2} \quad (307)$$

$$d_{eje-inferior} = \sqrt[3]{\frac{2}{341 \times 10^6 \text{ pa} \cdot \pi} \cdot \sqrt{32 \cdot (20,59 \text{ Nm})^2 + 3 \cdot (16 \cdot 20,31 \text{ Nm})^2}} \quad (308)$$

$$d_{eje-inferior} = 0,01173 \text{ m} \quad (309)$$

$$d_{eje-inferior} = 0,01173 \text{ m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \quad (310)$$

$$d_{eje-inferior} = 11,73 \text{ mm} \quad (311)$$

Se coge un diámetro de 25.4 mm (1 pulg) cumple con lo requerido por mayor a mínimo.

Diseño a fatiga

S'_n : Resistencia a la fatiga real estimada

$$S'_n = S_n \cdot C_m \cdot C_{sf} \cdot C_R \cdot C_S \quad (312)$$

$$S_n = 35 \text{ Ksi (Figura 70, Anexo 5)}$$

$$C_m = 0,80$$

$$C_{sf} = 1$$

$$C_R = 0,81$$

$$C_S = 0,86$$

$$S'_n = 35 \text{ Ksi} \cdot 0,80 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,86 \quad (313)$$

$$S'_n = 19,50 \text{ Ksi} = 13,44 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (314)$$

Diámetro requerido del eje

$$D = \sqrt[3]{\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'_n}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}} \quad (315)$$

Donde:

$$N = 2$$

$$K_T = 2$$

$$M = 20,59 Nm$$

$$T = 20,31 Nm$$

$$S_y = 341 Mpa = 341 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$S'_n = 13,44 \times 10^7 \frac{N}{m^2}$$

$$d_{eje-inferior} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{2 \cdot 20,59 Nm}{13,44 \times 10^7 \frac{N}{m^2}}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{20,47 Nm}{341 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}\right]^2}} \quad (316)$$

$$d_{eje-inferior} = 0,00147 m \cdot \frac{1000 mm}{1 m} \quad (317)$$

$$d_{eje-inferior} = 14,71 mm \quad (318)$$

Eje motriz:

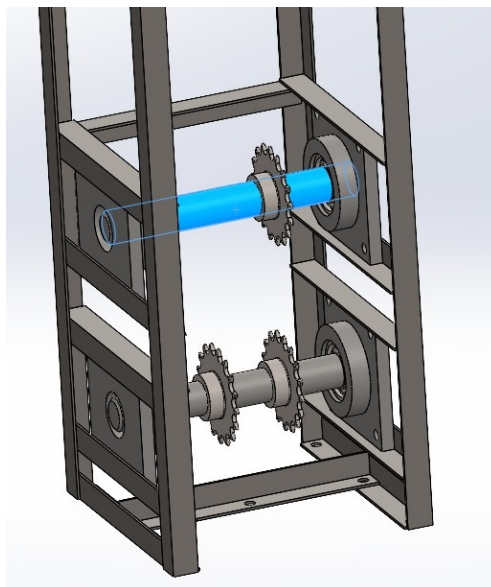


Figura 34: Esquema eje motriz. Fuente: Autoría Propia

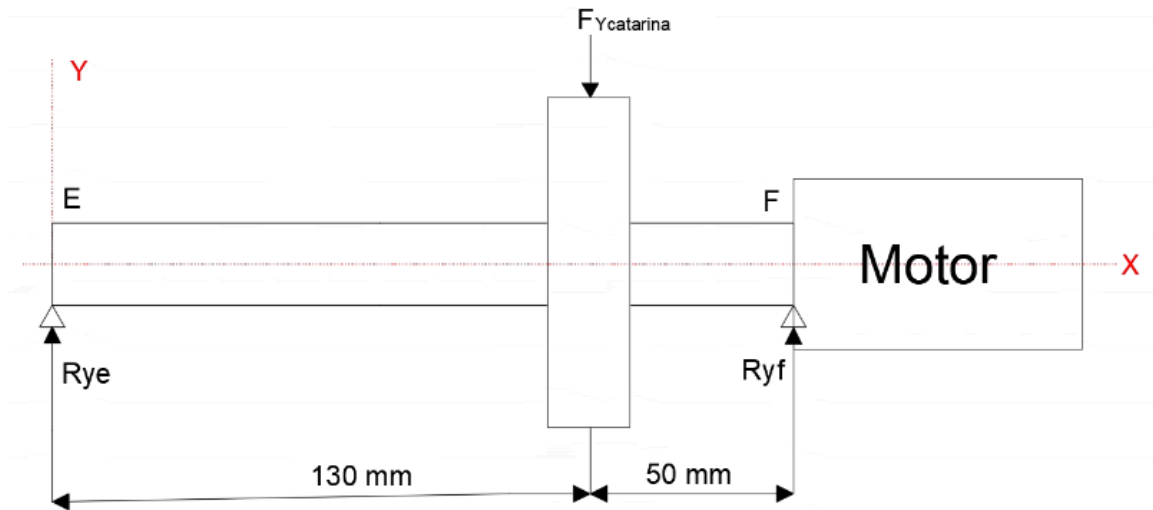


Figura 35: Diagrama de cuerpo libre - Eje motriz - Plano XY. Fuente: Autoría Propia

$$F_{Ycatarina} = 296,44 \text{ N}$$

$$\uparrow \sum F_y = 0 \quad (319)$$

$$R_{ye} + R_{yf} - F_{Ycatarina} = 0 \quad (320)$$

$$R_{ye} + R_{yf} = F_{Ycatarina} \quad (321)$$

$$R_{ye} = 81,63 \text{ N} \quad (322)$$

$$\uparrow \sum M_E = 0 \quad (323)$$

$$-180 \text{ mm} \cdot R_{yf} + 130 \text{ mm} \cdot F_{Ycatarina} = 0 \quad (324)$$

$$-180 \text{ mm} \cdot R_{yf} + 130 \text{ mm} \cdot 296,89 \text{ N} = 0 \quad (325)$$

$$R_{yf} = 214,42 \text{ N} \quad (326)$$

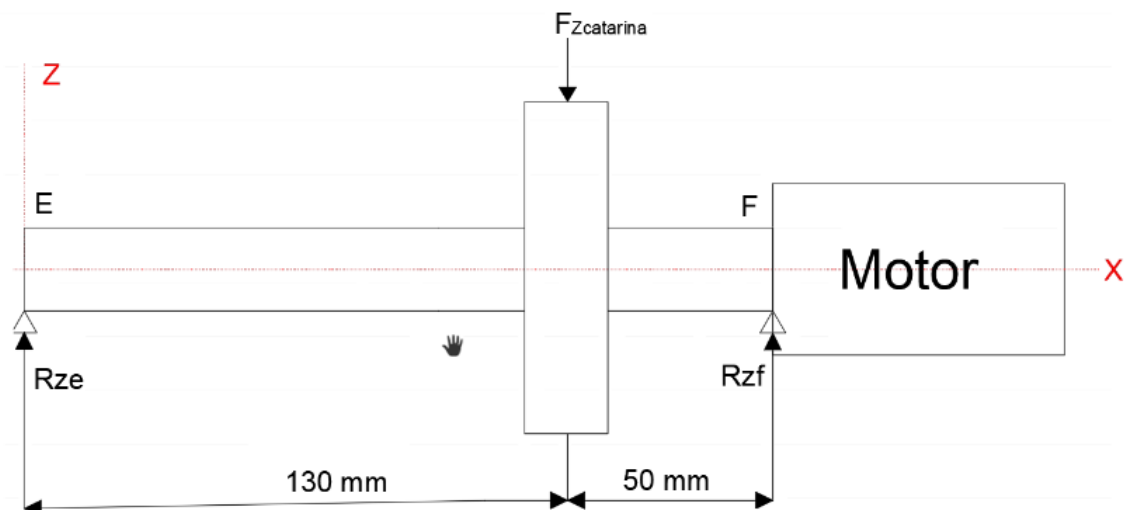


Figura 36: Diagrama de cuerpo libre - Eje motriz - Plano XZ. Fuente: Autoría Propia.

Momento máximo

$$M_4 = 10,61 \text{ Nm}$$

$$F_{Zcatarina} = 15,40 \text{ N}$$

$$\downarrow \sum F_Z = 0 \quad (327)$$

$$Rz_e + Rz_f - F_{Zcatarina} = 0 \quad (328)$$

$$Rz_e + Rz_f = F_{Zcatarina} \quad (329)$$

$$Rz_e = 4,27 \text{ N} \quad (330)$$

$$\uparrow \sum M_C = 0 \quad (331)$$

$$180 \text{ mm} \cdot Rz_f - 130 \text{ mm} \cdot F_{Zcatarina} = 0 \quad (332)$$

$$180 \text{ mm} \cdot Rz_f - 130 \text{ mm} \cdot 15,40 \text{ N} = 0 \quad (333)$$

$$Rz_d = 11,12 \text{ N} \quad (334)$$

$$M_5 = 0,556 \text{ Nm}$$

Momento resultante

$$M = \sqrt{M_4^2 + M_5^2} \quad (335)$$

$$M = \sqrt{(10,61 \text{ Nm})^2 + (0,556 \text{ Nm})^2} \quad (336)$$

$$M = 10,62 \text{ Nm} \quad (337)$$

Momento torcional

$$T_3 = F_{Ycatarina} \cdot r_{catarina} \quad (338)$$

$$T_3 = 296,3 \text{ N} \cdot 0,02853 \text{ m} \quad (339)$$

$$T_3 = 8,453 \text{ Nm} \quad (340)$$

$$T_4 = 19 \text{ Nm} \text{ (Valor del motoreductor)}$$

$$T_{TOTAL} = T_3 + T_4 \quad (341)$$

$$T_{TOTAL} = 8,453 \text{ Nm} + 19 \text{ Nm} \quad (342)$$

$$T_{TOTAL} = 27,45 \text{ Nm} \quad (343)$$

Entonces:

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (344)$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot 10,62 \text{ Nm}}{\pi d^3} \quad (345)$$

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi d^3} \quad (346)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 27,45 \text{ Nm}}{\pi d^3} \quad (347)$$

$$[\sigma] = \frac{341 \text{ Mpa}}{2} \quad (348)$$

$$[\sigma] = 170,5 \text{ Mpa} \quad (349)$$

Entonces:

$$[\sigma] = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (350)$$

$$170,5 \text{ Mpa} = \sqrt{\left[\frac{32 \cdot 10,62 \text{ Nm}}{\pi d^3}\right]^2 + 3 \cdot \left[\frac{16 \cdot 27,45 \text{ Nm}}{\pi d^3}\right]^2} \quad (351)$$

$$d_{eje-motriz} = \sqrt[3]{\frac{2}{341 \times 10^6 \text{ pa} \cdot \pi} \cdot \sqrt{32 \cdot (10,62 \text{ Nm})^2 + 3 \cdot (16 \cdot 27,45 \text{ Nm})^2}} \quad (352)$$

$$d_{eje-motriz} = 0,01173 \text{ m} \quad (353)$$

$$d_{eje-motriz} = 0,01157 \text{ m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \quad (354)$$

$$d_{eje-motriz} = 11,57 \text{ mm} \quad (355)$$

Diseño a fatiga

Resistencia real estimada

$$S_n = 35 \text{ ksi}$$

$$C_{sf} = 1$$

$$C_m = 0,80$$

$$C_R = 0,81$$

$$C_S = 0,86$$

$$S'_n = S_n \cdot C_m \cdot C_{sf} \cdot C_R \cdot C_S \quad (356)$$

$$S'_n = 35 \text{ Ksi} \cdot 0,80 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,86 \quad (357)$$

$$S'_n = 19,5 \text{ Ksi} = 13,44 \times 10^7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (358)$$

Diámetro requerido del eje

$$D = \sqrt[3]{\frac{32N}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{K_t \cdot M}{S'_n}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}} \quad (359)$$

Donde:

$$N = 2$$

$$K_T = 2$$

$$M = 10,62 Nm$$

$$T = 27,45 Nm$$

$$S_y = 341 Mpa = 341 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$S'_n = 13,44 \times 10^7 \frac{N}{m^2}$$

$$d_{eje-motriz} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \sqrt{\left[\frac{2 \cdot 10,62 Nm}{13,44 \times 10^7 \frac{N}{m^2}}\right]^2 + \frac{3}{4} \cdot \left[\frac{27,45 Nm}{341 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}\right]^2}} \quad (360)$$

$$d_{eje-motriz} = 0,00152 m \cdot \frac{1000 mm}{1 m} \quad (361)$$

$$d_{eje-motriz} = 15,20 mm \quad (362)$$

Diámetro requerido del eje

$$d_{superior} = 15,94 mm$$

$$d_{inferior} = 14,71 mm$$

$$d_{motriz} = 15,20 mm$$

Se recomienda usar los ejes de 25,4 mm(1pulg) por ser mayor su diámetro al mínimo requerido.

Selección de los rodamientos

$$Ry_d = 362,24 N$$

$$Rz_d = 11,12 N$$

Fuerza radial aplicada

$$F_D = \sqrt{Ry_d^2 + Rz_d^2} \quad (363)$$

$$F_D = \sqrt{(362,24 N)^2 + (11,12 N)^2} \quad (364)$$

$$F_D = 362,41 N \quad (365)$$

$$C_{10} = F_D \left[\frac{L_D \cdot n_D \cdot 60}{10^6} \right]^{\frac{1}{a}} \quad (366)$$

F_D : Carga radial

L_D : Vida deseada en horas

n_D : Velocidad deseada

a : Cojinete de bolas

$$F_D = 362,41 \text{ N}$$

$$L_D = 20000 \text{ horas}$$

$$n_D = 25,81 \text{ Rpm}$$

$$a = 3$$

Entonces:

$$C_{10} = 362,41 \text{ N} \left[\frac{20000 \text{ horas} \cdot 25,81 \text{ rpm} \cdot 60}{10^6} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (367)$$

$$C_{10} = 1138,12 \text{ kN} \quad (368)$$

Para un eje de 25.4 mm (1 pulg), se selecciona un rodamiento.

Designación	Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Velocidades nominales		
	d [mm]	\uparrow	D [mm]	B [mm]	dinámica C [kN]	estática C ₀ [kN]	Velocidad de referencia [r/min]	Velocidad límite [r/min]
W 6204	20		47	14	10.8	6.55	34 000	22 000
☆ W 6204-2RS1	20		47	14	10.8	6.55		10 000
☆ W 6204-2RS1/VP311	20		47	14	10.8	6.55		10 000
☆ W 6204-2Z	20		47	14	10.8	6.55	34 000	17 000
W 6304	20		52	15	13.8	7.8	34 000	20 000
☆ W 6304-2RS1	20		52	15	13.8	7.8		9 500
W 6304-2Z	20		52	15	13.8	7.8	34 000	17 000
62/22	22		50	14	14	7.65	30 000	19 000
62/22-2RS1	22		50	14	14	7.65		9 000
63/22	22		56	16	18.6	9.3	28 000	18 000
☆ ■ 16005	25		47	8	8.06	4.75	32 000	20 000
305	25		62	17	22.9	15.6	20 000	13 000
305 NR	25		62	17	22.9	15.6	20 000	13 000
305-2Z	25		62	17	22.9	15.6	20 000	10 400
305-2ZNR	25		62	17	22.9	15.6	20 000	10 400

Figura 37: Rodamiento para eje torre portafilm.

Diseño de las columnas de la torre



Figura 38: Esquema de la torre. Fuente: Autoría Propia.

Las columnas deben soportar un peso de 30,26 Kg del carro porta film, se considera ángulo de lados iguales fabricados en A-36.

ALTURA 25x3

25x25 mm

espesor = 3 mm

Acero = A36 ASTM

$S_y = 36 \text{ Ksi} = 248,21 \text{ Mpa}$

L = 1700 mm

$Area = 1,41 \text{ cm}^2 = 0,227 \text{ pulg}^2$

Peso = 6,68 Kgf

La carga que tienen que soportar la torre es de 30 kg.

$P = 30 \text{ Kgf} = 66 \text{ lbf}$

Longitud efectiva de la columna

Tabla III: Valores aproximados del factor de Longitud efectiva, K.

Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo	<ul style="list-style-type: none"> Rotación y traslación impedidas Rotación libre y traslación impedida Rotación impedida y traslación libre Rotación y traslación libres 					

El valor de k, se obtiene de la Tabla III.

Esbeltez

Donde: K : Longitud efectiva

L : Longitud de la columna

r_{min} : Radio mínimo

$$K = 0,80 \text{ (Tabla ??)}$$

$$L = 1700 \text{ mm} = 66,92 \text{ pulg}$$

$$r_{min} = 0,304 \text{ pulg}$$

$$\lambda = \frac{0,8 \cdot 66,92 \text{ pulg}}{0,304 \text{ pulg}} \quad (369)$$

$$\lambda = 176,1 \quad (370)$$

Esfuerzo admisible

Con la esbeltez se calcula el esfuerzo admisible del manual AISC mediante interpolación lineal (Ver Tabla XVIII, Anexo 4), donde:

$$f_a \leq F_a \tag{371}$$

Tabla IV: Interpolación-Longitud efectiva - Esfuerzo admisible. Fuente: Autoría Propia.

λ	F_a
176	4,82
176,1	x
177	4,77

$$\frac{x - 4,82}{176,1 - 176} = \frac{4,77 - 4,82}{177 - 176} \tag{372}$$

$$x - 4,82 = (4,77 - 4,82)(176,1 - 176) \tag{373}$$

$$x = (4,77 - 4,82)(176,1 - 176) + 4,82 \tag{374}$$

$$x = 4,81 \text{ Ksi} = 4810 \text{ Psi} \tag{375}$$

Donde:

F_a : Esfuerzo admisible

f_a : Esfuerzo real

$$F_a = \frac{P}{A} \tag{376}$$

$$P = F_a \cdot A \tag{377}$$

$$P = 4810 \text{ Psi} \cdot 0,227 \text{ pulg}^2 \tag{378}$$

$$P = 1092,87 \text{ lbf} \tag{379}$$

La carga crítica es mucho mayor a la carga que soporta la columna como se aprecia en la Figuras 39 y 40.

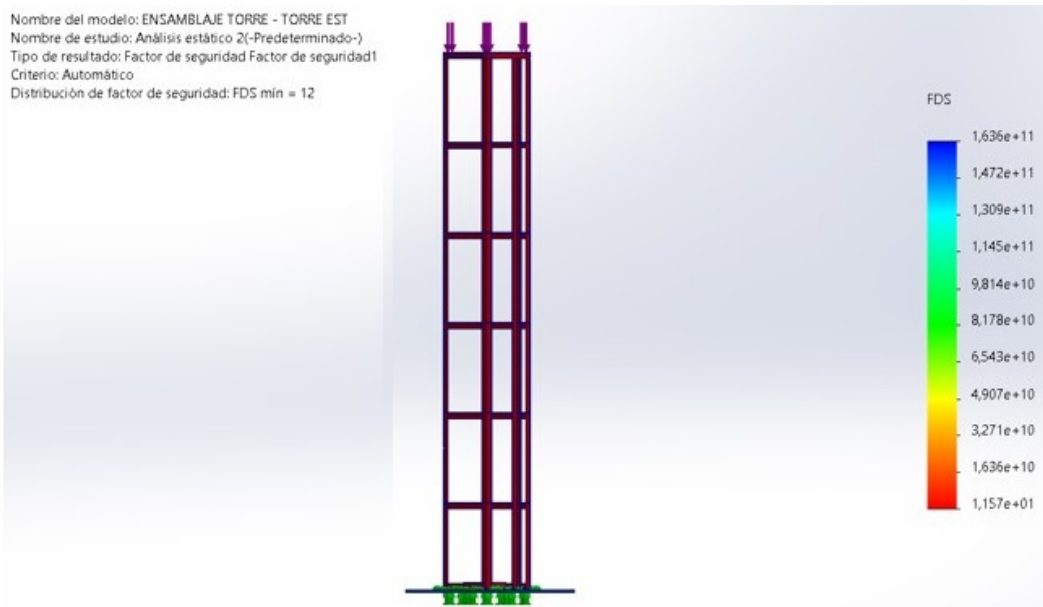


Figura 39: Análisis de esfuerzos en la columna. Fuente: Autoría Propia.

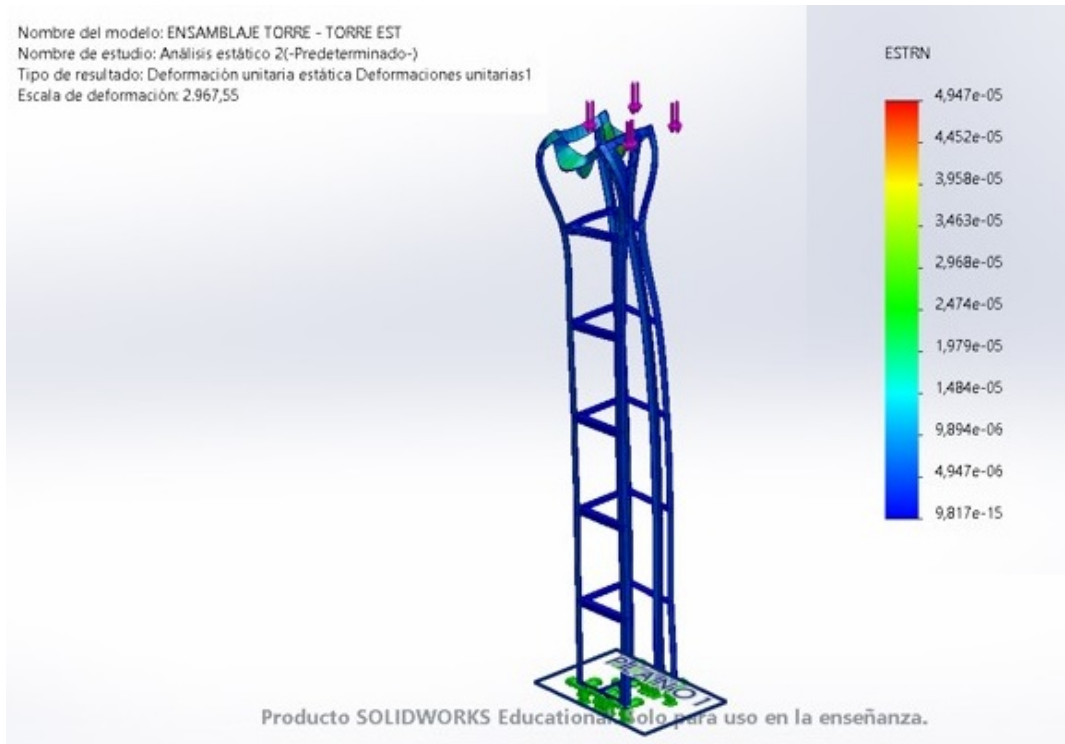


Figura 40: Esfuerzo axial en torre. Fuente: Autoría Propia.

Elementos de sujeción de la torre

$$L_T = 2d + 6 \quad (380)$$

$$L \leq 125 \text{ mm} \quad (381)$$

La torre se anclará a la base giratoria mediante pernos M8 con una longitud de 20 mm, grado 5.8.

Donde:

d : Diámetro del perno

Entonces:

$$L_T = 2(8) + 6 \quad (382)$$

$$L_T = 22 \quad (383)$$

Donde:

F_p : Carga límite del perno

Además:

$$F_p = S_p \cdot A_t \quad (384)$$

S_p : Resistencia mínima de prueba

A_t : Área de esfuerzo a tensión

$$S_p = 380 \text{ Mpa}$$

$$A_t = 36,6 \text{ mm}^2$$

Entonces:

$$F_p = 380 \text{ Mpa} \cdot 36,6 \text{ mm}^2 \quad (385)$$

$$F_p = 380 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 36,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (386)$$

$$F_p = 13908 \text{ N} \quad (387)$$

Precarga del perno

Para conexiones reutilizables

$$F_i = 0,75 \cdot F_p \quad (388)$$

$$F_i = 0,75 \cdot 13908 \text{ N} \quad (389)$$

$$F_i = 10431 \text{ N} \quad (390)$$

Carga resultante del perno

Donde:

C : Constante de unión de rigidez

A : Área transversal del perno

E : Módulo de rigidez

L : Longitud del perno

Entonces:

$$K_b = \frac{AE}{L} \quad (391)$$

$$K_b = \frac{36,6 \text{ mm}^2 \cdot \frac{1 \text{ pulg}^2}{25,4 \text{ mm}} \cdot 30 \times 10^6 \text{ Psi}}{20 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ pulg}}{25,4 \text{ mm}}} \quad (392)$$

$$K_b = 5,49 \times 10^7 \text{ Psi} \quad (393)$$

$$K_m = \frac{0,577 \cdot \pi \cdot Ed}{2 \ln \left[5 \frac{0,577l + 0,5d}{0,577l + 2,5d} \right]} \quad (394)$$

$$K_m = \frac{0,577 \cdot \pi \cdot 30 \times 10^6 \text{ Psi} \cdot 8 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ pulg}}{25,4 \text{ mm}}}{2 \ln \left[5 \frac{0,577 \cdot 20 \text{ mm} + 0,5 \cdot 8 \text{ mm}}{0,577 \cdot 20 \text{ mm} + 2,5 \cdot 8 \text{ mm}} \right]} \quad (395)$$

$$K_m = 9,49 \times 10^6 \text{ Psi} \quad (396)$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} \quad (397)$$

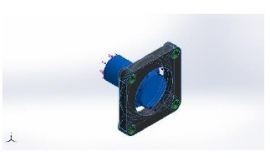
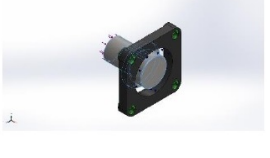
$$C = \frac{5,49 \times 10^7 \text{ Psi}}{5,49 \times 10^7 \text{ Psi} + 9,49 \times 10^6 \text{ Psi}} \quad (398)$$

$$C = 0,8526 \quad (399)$$

VI-E. Análisis estático

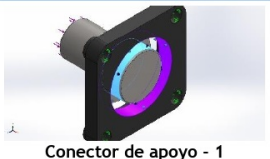

VI-E1. Análisis estático del eje y chumacera: Se realizó un análisis estático del eje y chumacera en relación con las cargas proyectadas, en el software Solidworks como herramienta de análisis. En la Tabla V se muestra las propiedades físicas del material.

Tabla V: Propiedades físicas del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Fundición gris (SN)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite de tracción: 1,51658e+08 N/m²</p> <p>Límite de compresión: 5,72165e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 6,61781e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,27</p> <p>Densidad: 7.200 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 5e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,2e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir5)(BASE - CHUMASERA BASE GIRATORIA-1)
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3,51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4,20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,29</p> <p>Densidad: 7.900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7,7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,5e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(BASE - EJE (PLATO GIRATORIO)-1)

En la Tabla VI se muestra los distintas cargas aplicada en el material.

Tabla VI: Cargas aplicadas en el eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.

Conector de pasador/perno/rodamiento				
Referencia de modelo	Detalles del conector		Detalles de resistencia	
 Conector de apoyo - 1	Entidades: 2 cara(s) Tipo: Rodamiento		No hay datos	
Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0,25038	0	0	0,25038
Fuerza cortante (N)	0	-0,0043377	-0,010011	0,01091
Momento flector (N.m)	0	0	0	0
 Soporte de rodamiento-2	Entidades: 1 cara(s) Tipo: Rodamiento		No hay datos	
Fuerzas del conector				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	-1.932	0	0	1.932
Fuerza cortante (N)	0	-0,0021689	-0,0050054	0,27702
Momento flector (N.m)	0	0	0	0

En la siguiente Tabla VII se muestra las fuerzas resultantes en el material.

Tabla VII: Fuerzas resultantes en el eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,250378	0,00433773	0,0100107	0,250616

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-5,61476e-05	-7,13319e-05	-2,09813e-05	9,31719e-05

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Tensión de Von Mises

Con respecto a la tensión de Von Mises se puede observar que la tensión es de 8.293 MPa, la Figura 41 muestra la gráfica de la simulación de la tensión de Von Mises la cual es aceptable en comparación a los 200 MPa del modulo elastico que posee el Acero AISI 1020.

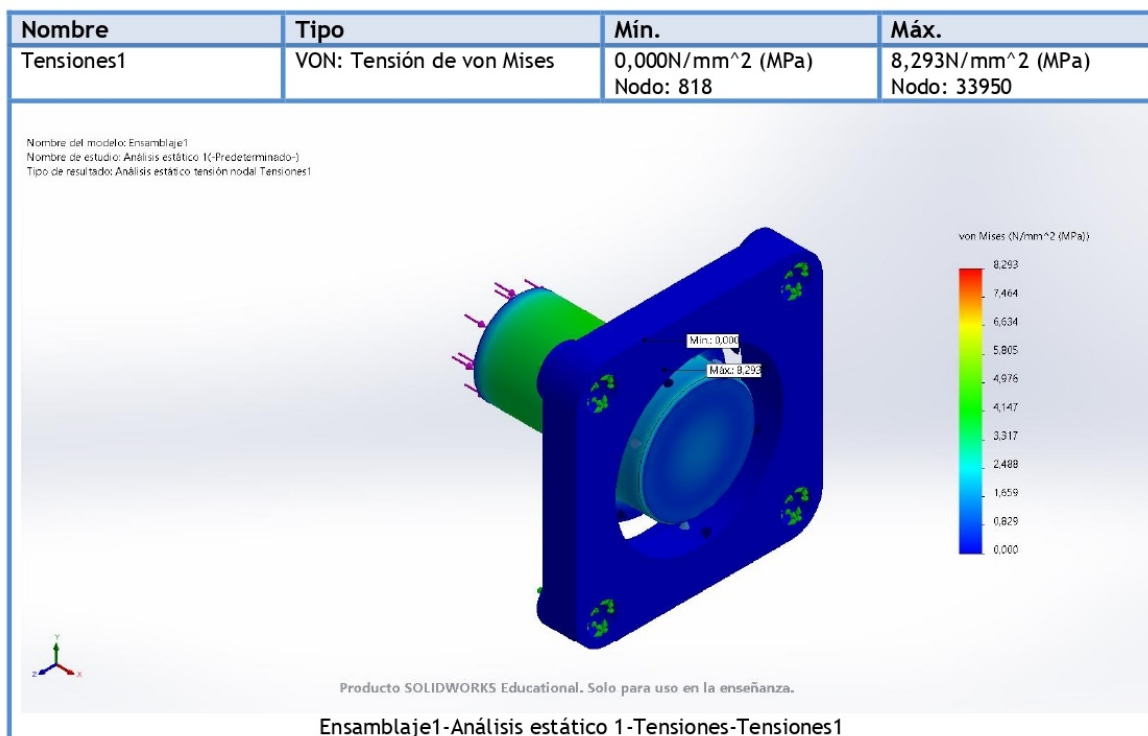


Figura 41: Tensión de Von Mises del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.

Desplazamientos

Se puede observar en la Figura 42 que las paredes del material logran desplazarse en un máximo de 0.001443 mm por la carga aplicada.

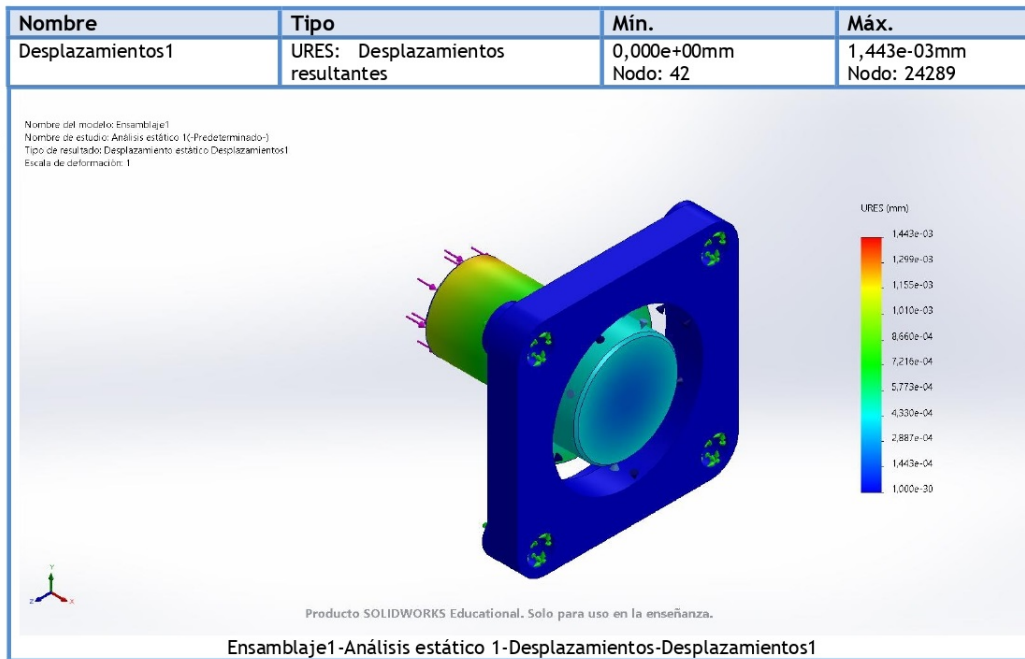


Figura 42: Desplazamientos del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.

Deformación unitaria

Se puede observar en la Figura 43 que las paredes del material tienen una deformación unitaria de un valor mínimo de $8,97 \times 10^{-11}$ y un máximo de $3,266 \times 10^{-5}$ por la carga aplicada.

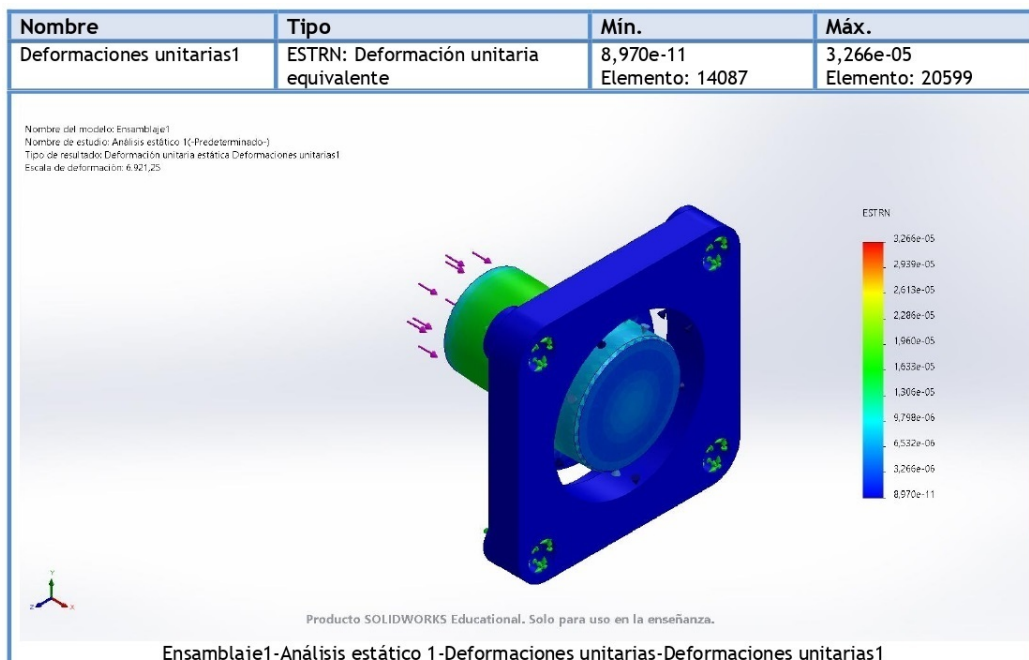


Figura 43: Deformación unitaria del eje y chumacera. Fuente: Autoría Propia.

VI-E2. *Análisis estático de la unión cadena y carro portafilm:* Se realizó un análisis estático de la unión cadena y carro portafilm en relación con las cargas proyectadas, en el software Solidworks como herramienta de análisis.

En la siguiente Tabla VIII se muestra las fuerzas resultantes en el material.

Tabla VIII: Fuerzas resultantes de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,122224	3.120,03	-0,0128305	3.120,03

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

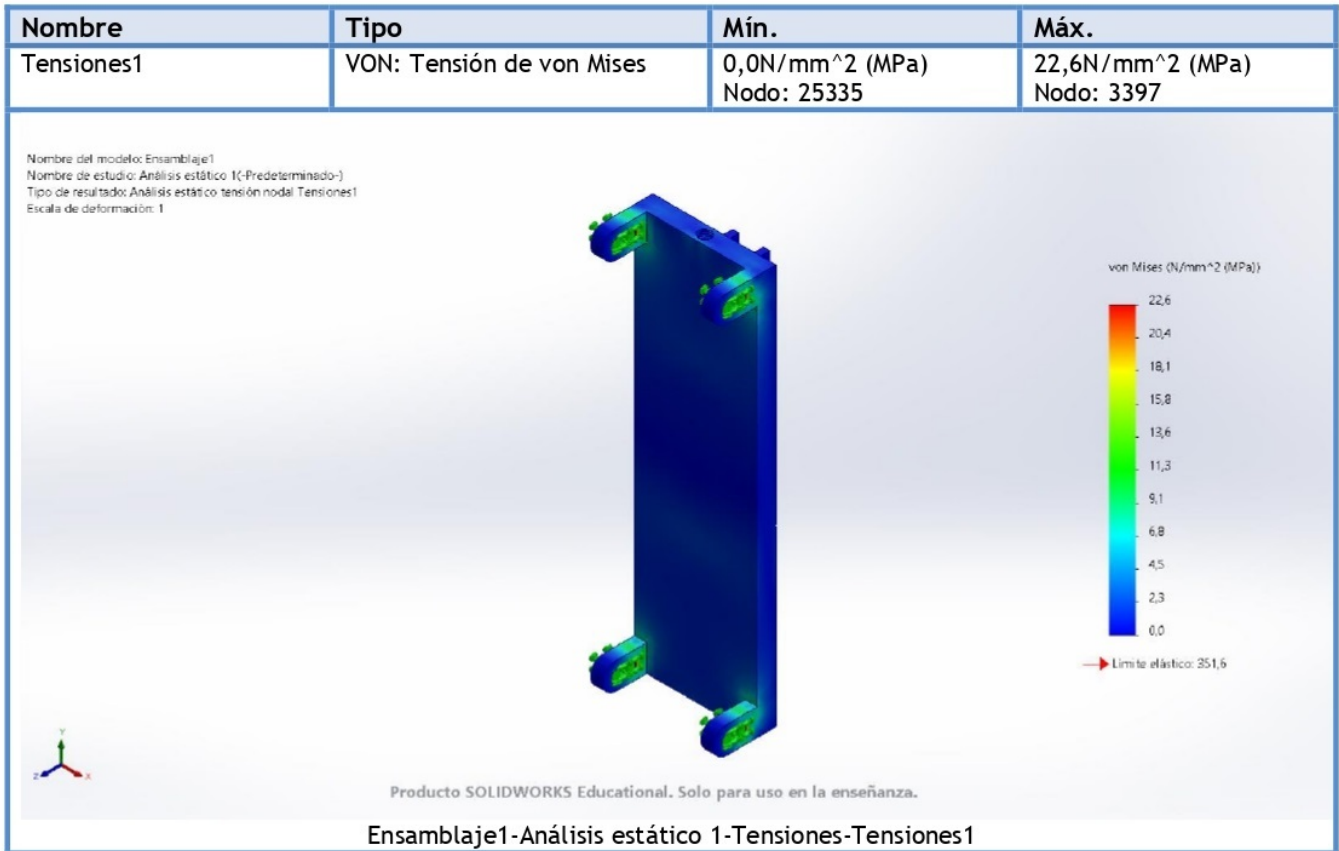
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,499678	1,89817	-1,11878	2,25929

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Tensión de Von Mises

Con respecto a la tensión de Von Mises se puede observar que la tensión es de 22,6 MPa y es menor al límite elástico de 351,6 MPa quiere decir que la estructura no va a ceder, la Figura 44 muestra la gráfica de la simulación de la tensión de Von Mises, en comparación con el modulo de elastico de 205 MPa



Nombre del modelo: Ensamblaje1
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1

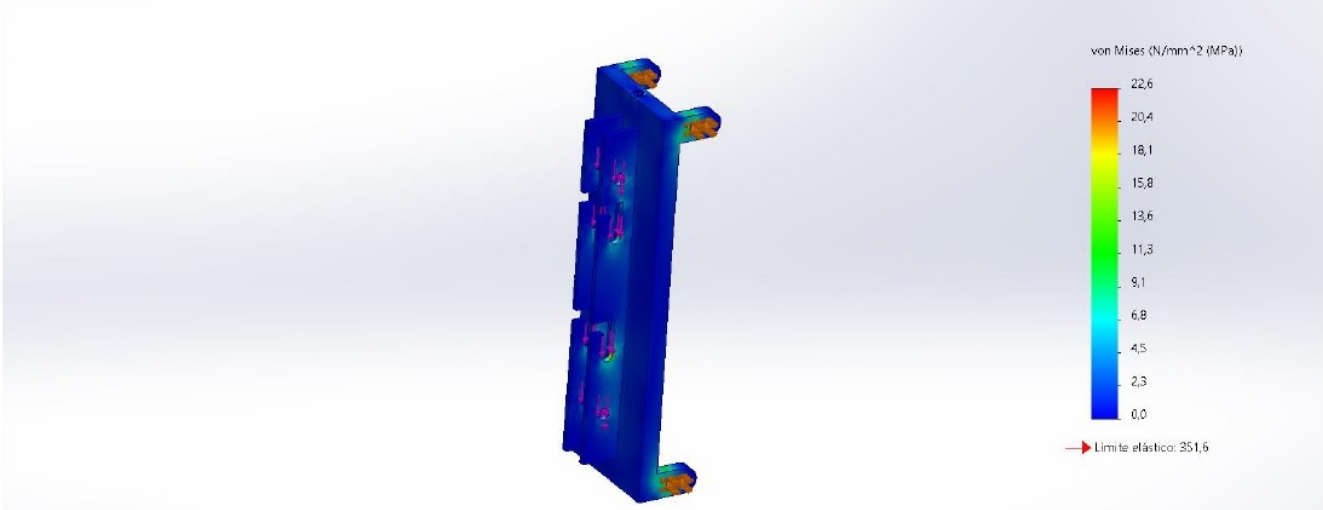


Figura 44: Tensión de Von Mises de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Desplazamientos

Se puede observar en la Figura 45 que las paredes del material logran desplazarse en un máximo de 0.005 mm por la carga aplicada.

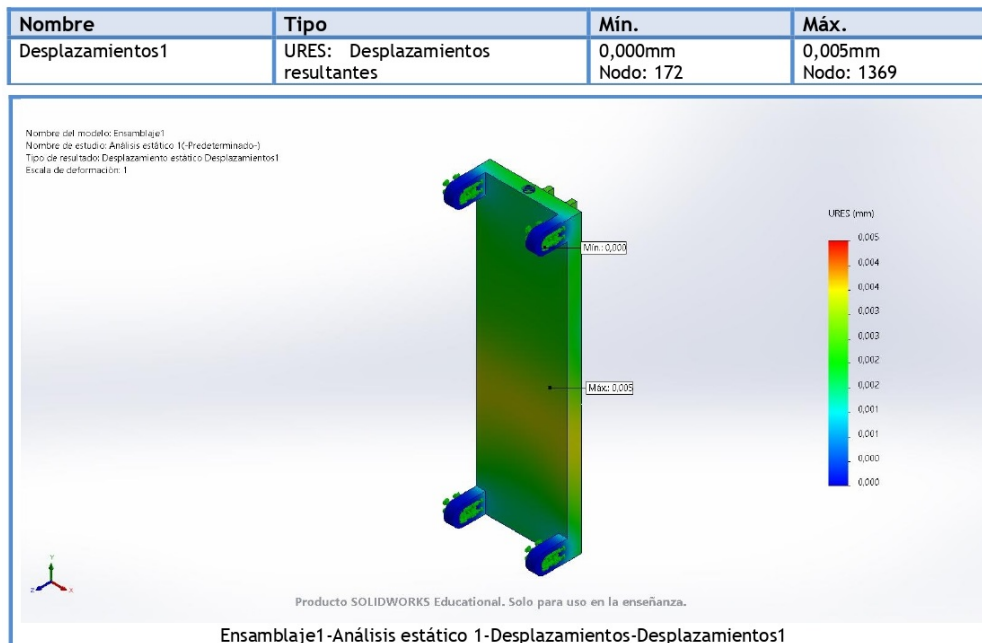


Figura 45: Desplazamientos de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Deformación unitaria

Se puede observar en la Figura 46 que las paredes del material tienen una deformación unitaria de un valor mínimo de $3,067 \times 10^{-9}$ y un máximo de $8,115 \times 10^{-5}$ por la carga aplicada.

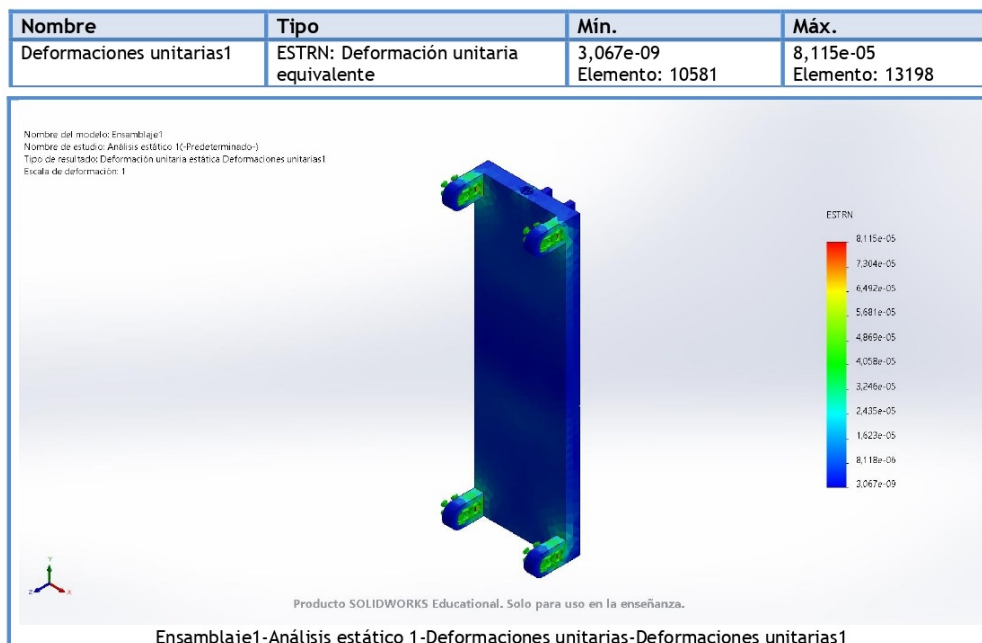


Figura 46: Deformación unitaria de la unión cadena y carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

VI-E3. Análisis estático de la estructura de torre portafilm: En la Tabla IX se muestra los distintas cargas aplicada en el material.

Tabla IX: Cargas aplicadas en la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Perno de fundación-1		Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	
		Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	
		Tipo de conexión: Distribuida	Tipo de conexión: Distribuida	
		Diámetro de tuerca: 12 mm	Diámetro de tuerca: 12 mm	
		Referencia: PLANO1	Referencia: PLANO1	
		Diámetro del vástago nominal: 8 mm	Diámetro del vástago nominal: 8 mm	
		Nombre del material: Acero aleado	Nombre del material: Acero aleado	
		Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	
		Coefficiente de Poisson: 0,28	Coefficiente de Poisson: 0,28	
		Precarga (Torsión): 0 N.m	Precarga (Torsión): 0 N.m	
		Factor de fricción (K): 0,2	Factor de fricción (K): 0,2	
		Ajuste exacto: No	Ajuste exacto: No	
Fuerzas resultantes		Fuerzas resultantes		
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	0	0
Fuerza cortante (N)	6.956,2	0	640,44	6.985,6
Momento flector (N.m)	528,06	0	135,22	545,1
Perno de fundación-2		Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	
		Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	
		Tipo de conexión: Distribuida	Tipo de conexión: Distribuida	
		Diámetro de tuerca: 12 mm	Diámetro de tuerca: 12 mm	
		Referencia: PLANO1	Referencia: PLANO1	
		Diámetro del vástago nominal: 8 mm	Diámetro del vástago nominal: 8 mm	
		Nombre del material: Acero aleado	Nombre del material: Acero aleado	
		Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	
		Coefficiente de Poisson: 0,28	Coefficiente de Poisson: 0,28	
		Precarga (Torsión): 0 N.m	Precarga (Torsión): 0 N.m	
		Factor de fricción (K): 0,2	Factor de fricción (K): 0,2	
		Ajuste exacto: No	Ajuste exacto: No	
Fuerzas resultantes		Fuerzas resultantes		
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	0	0
Fuerza cortante (N)	-2.274,2	0	-1.520,2	2.735,5
Momento flector (N.m)	102,8	0	25,921	106,02
Perno de fundación-3		Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	
		Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	
		Tipo de conexión: Distribuida	Tipo de conexión: Distribuida	
		Diámetro de tuerca: 12 mm	Diámetro de tuerca: 12 mm	
		Referencia: PLANO1	Referencia: PLANO1	
		Diámetro del vástago nominal: 8 mm	Diámetro del vástago nominal: 8 mm	
		Nombre del material: Acero aleado	Nombre del material: Acero aleado	
		Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	
		Coefficiente de Poisson: 0,28	Coefficiente de Poisson: 0,28	
		Precarga (Torsión): 0 N.m	Precarga (Torsión): 0 N.m	
		Factor de fricción (K): 0,2	Factor de fricción (K): 0,2	
		Ajuste exacto: No	Ajuste exacto: No	
Fuerzas resultantes		Fuerzas resultantes		
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	0	0
Fuerza cortante (N)	-8.117,7	0	6.563,6	10.439
Momento flector (N.m)	288,14	0	-94,628	303,28
Perno de fundación-4		Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	
		Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	
		Tipo de conexión: Distribuida	Tipo de conexión: Distribuida	
		Diámetro de tuerca: 12 mm	Diámetro de tuerca: 12 mm	
		Referencia: PLANO1	Referencia: PLANO1	
		Diámetro del vástago nominal: 8 mm	Diámetro del vástago nominal: 8 mm	
		Nombre del material: Acero aleado	Nombre del material: Acero aleado	
		Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	
		Coefficiente de Poisson: 0,28	Coefficiente de Poisson: 0,28	
		Precarga (Torsión): 0 N.m	Precarga (Torsión): 0 N.m	
		Factor de fricción (K): 0,2	Factor de fricción (K): 0,2	
		Ajuste exacto: No	Ajuste exacto: No	
Fuerzas resultantes		Fuerzas resultantes		
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	0	0
Fuerza cortante (N)	-504,62	0	3.815,8	3.849
Momento flector (N.m)	20,072	0	-0,93774	20,094
Perno de fundación-5		Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	
		Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	
		Tipo de conexión: Distribuida	Tipo de conexión: Distribuida	
		Diámetro de tuerca: 12 mm	Diámetro de tuerca: 12 mm	
		Referencia: PLANO1	Referencia: PLANO1	
		Diámetro del vástago nominal: 8 mm	Diámetro del vástago nominal: 8 mm	
		Nombre del material: Acero aleado	Nombre del material: Acero aleado	
		Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	
		Coefficiente de Poisson: 0,28	Coefficiente de Poisson: 0,28	
		Precarga (Torsión): 0 N.m	Precarga (Torsión): 0 N.m	
		Factor de fricción (K): 0,2	Factor de fricción (K): 0,2	
		Ajuste exacto: No	Ajuste exacto: No	
Fuerzas resultantes		Fuerzas resultantes		
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	1,0858e+05	0	1,0858e+05
Fuerza cortante (N)	-7.780,6	0	5.086,6	9.295,7
Momento flector (N.m)	690,01	0	-172,63	711,28
Perno de fundación-6		Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	
		Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	
		Tipo de conexión: Distribuida	Tipo de conexión: Distribuida	
		Diámetro de tuerca: 12 mm	Diámetro de tuerca: 12 mm	
		Referencia: PLANO1	Referencia: PLANO1	
		Diámetro del vástago nominal: 8 mm	Diámetro del vástago nominal: 8 mm	
		Nombre del material: Acero aleado	Nombre del material: Acero aleado	
		Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	
		Coefficiente de Poisson: 0,28	Coefficiente de Poisson: 0,28	
		Precarga (Torsión): 0 N.m	Precarga (Torsión): 0 N.m	
		Factor de fricción (K): 0,2	Factor de fricción (K): 0,2	
		Ajuste exacto: No	Ajuste exacto: No	
Fuerzas resultantes		Fuerzas resultantes		
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	1.509,1	0	1.509,1
Fuerza cortante (N)	10,285	0	-5.088,5	11.475
Momento flector (N.m)	133,96	0	1,0593	133,96
Perno de fundación-7		Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s)	
		Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación)	
		Tipo de conexión: Distribuida	Tipo de conexión: Distribuida	
		Diámetro de tuerca: 12 mm	Diámetro de tuerca: 12 mm	
		Referencia: PLANO1	Referencia: PLANO1	
		Diámetro del vástago nominal: 8 mm	Diámetro del vástago nominal: 8 mm	
		Nombre del material: Acero aleado	Nombre del material: Acero aleado	
		Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	Módulo de Young: 2,1e+11 N/m ²	
		Coefficiente de Poisson: 0,28	Coefficiente de Poisson: 0,28	
		Precarga (Torsión): 0 N.m	Precarga (Torsión): 0 N.m	
		Factor de fricción (K): 0,2	Factor de fricción (K): 0,2	
		Ajuste exacto: No	Ajuste exacto: No	
Fuerzas resultantes		Fuerzas resultantes		
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	0	0
Fuerza cortante (N)	1.397,7	0	3.414,9	3.689,9
Momento flector (N.m)	513,01	0	-128,53	528,87

Se realizó un análisis estático de la estructura de torre portafilm en relación con las cargas proyectadas, en el software Solidworks como herramienta de análisis.

En la siguiente Tabla X se muestra las fuerzas resultantes en el material.

Tabla X: Fuerzas resultantes de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0	0	0	1e-33

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,0662797	0,0180279	-0,0429089	0,0809887

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Tensión de Von Mises

Con respecto a la tensión de Von Mises se puede observar que la tensión tiene un valor mínimo de 11,61 MPa, un valor máximo de 24400 MPa y el límite elástico de 250 MPa quiere decir que la estructura no va a ceder, la Figura 47 muestra la gráfica de la simulación de la tensión de Von Mises.

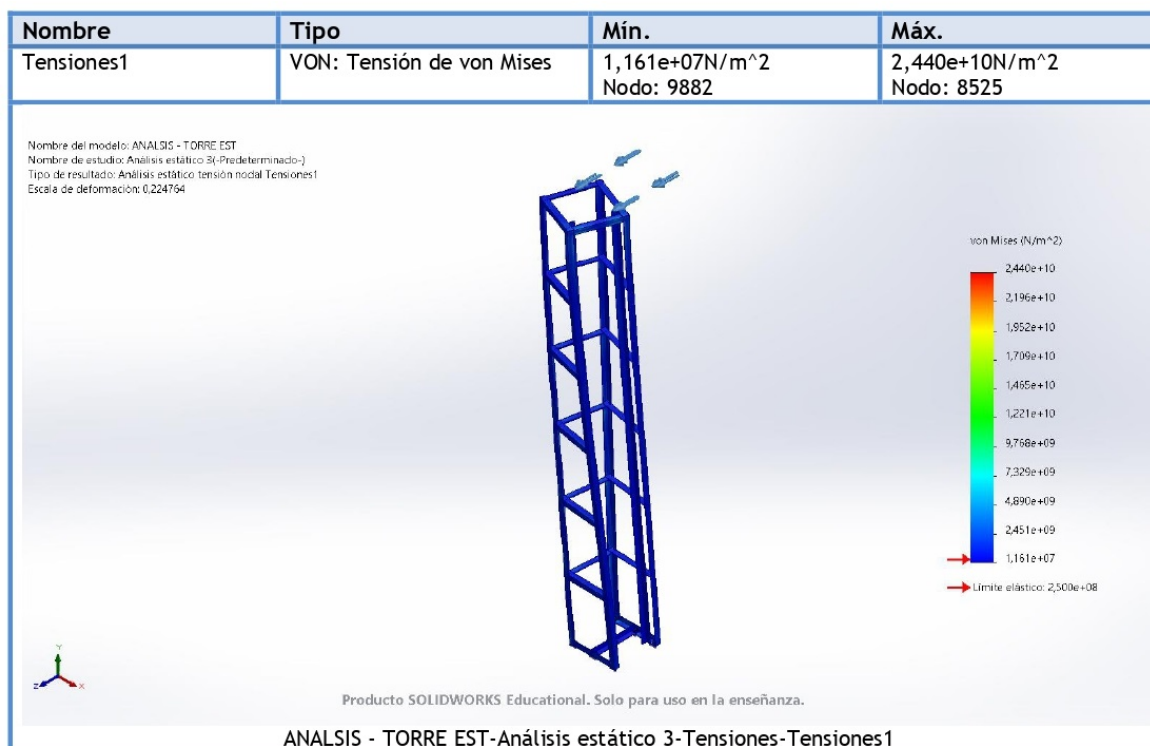


Figura 47: Tensión de Von Mises de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Desplazamientos

Se puede observar en la Figura 48 que las paredes del material logran desplazarse en un valor mínimo de 0.0056 mm y un máximo de 820 mm por la carga aplicada.

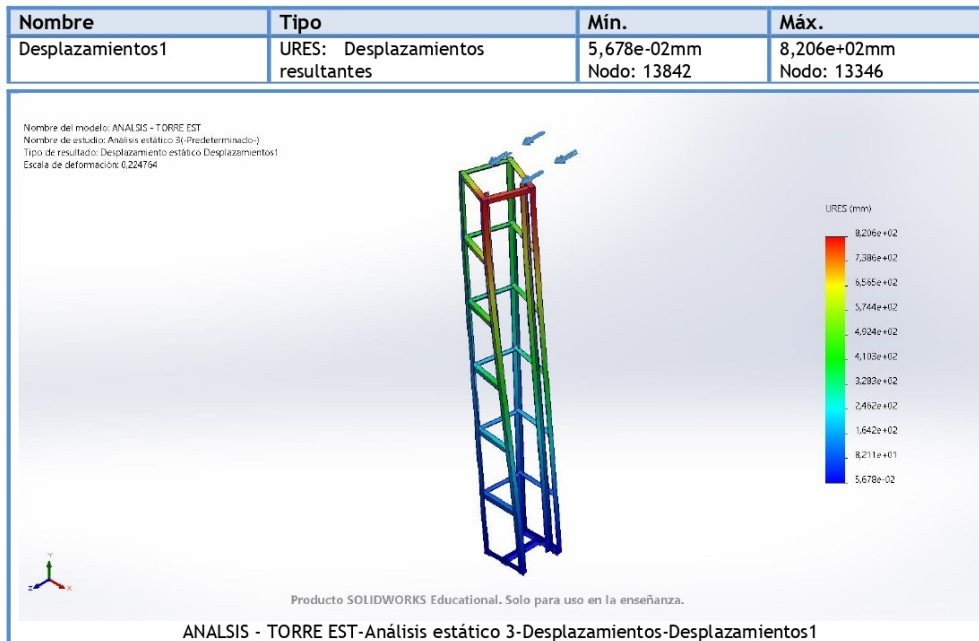


Figura 48: Desplazamientos de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Deformación unitaria

Se puede observar en la Figura 49 que las paredes del material tienen una deformación unitaria de un valor mínimo de $2,668 \times 10^{-5}$ y un máximo de $5,245 \times 10^{-2}$ por la carga aplicada.

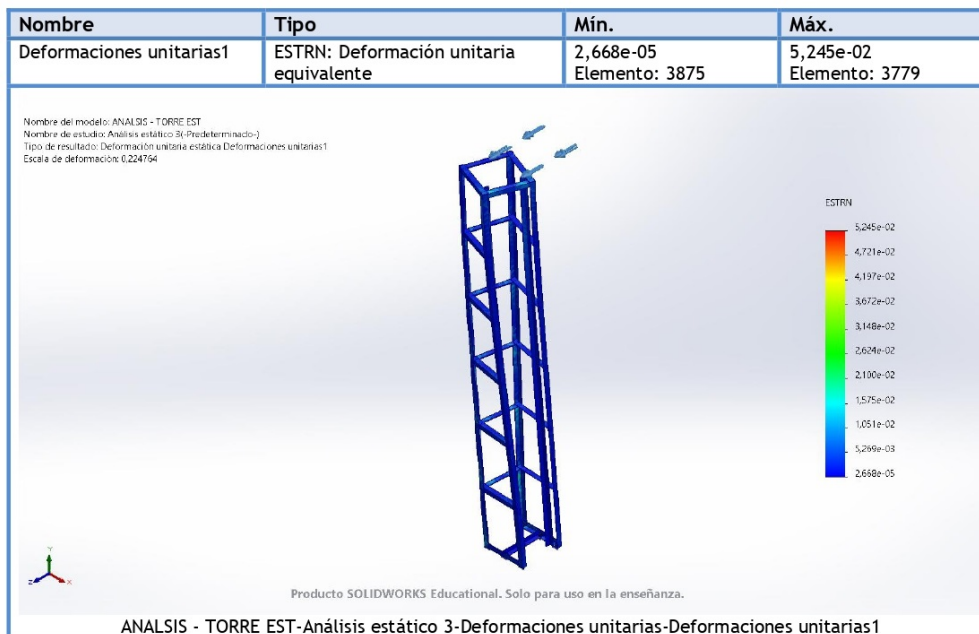
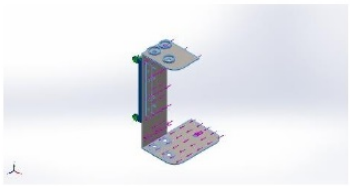
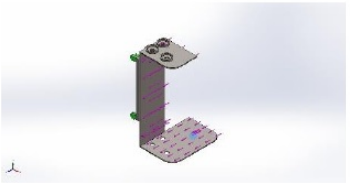
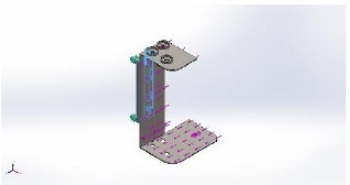


Figura 49: Deformación unitaria de la estructura de torre portafilm. Fuente: Autoría Propia.

VI-E4. *Análisis estático de carro portafilm*: Se realizó un análisis estático en el carro portafilm en relación con las cargas proyectadas, en el software Solidworks como herramienta de análisis. En la Tabla XI se muestra las propiedades físicas del material.

Tabla XI: Propiedades físicas en el carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

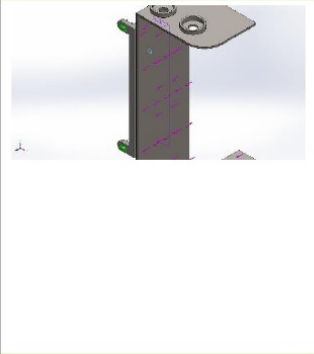
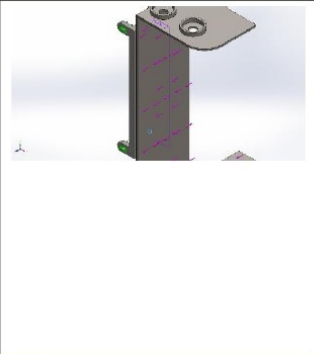
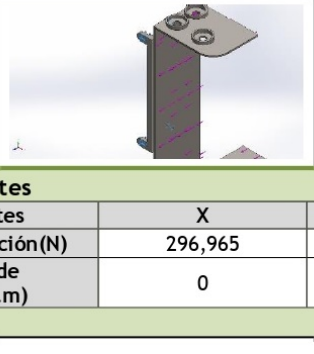
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3,5e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4,2e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2,05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,29</p> <p>Densidad: 7.870 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,17e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Saliente-Extruir8)(ENSAMBLE TORRE - CARRO PORTA FILM-1/TORRE - CARRO PORTA FILM-1)
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2,5e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,26</p> <p>Densidad: 7.850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7,93e+10 N/m²</p>	Sólido 1(EndChamfer)(ENSAMBLE TORRE - CARRO PORTA FILM-1/hex flange nut gradea_iso-3)
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3,51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4,20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,29</p> <p>Densidad: 7.900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7,7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,5e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir6)(TORRE - UNION CADENA - CARRO PORTA FILM-1)

En la Tabla XII se muestra los distintas cargas aplicada en el material.

Tabla XII: Cargas aplicadas en carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Perno de fundación-1		<p>Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s) Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación) Tipo de conexión: Distribuida Diámetro de tuerca: 15 mm Referencia: PLANO1 Diámetro del vástago nominal: 10 mm Nombre del material: Acero aleado Módulo de Young: 2,1e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,28 Precarga (Torsión): 0 N.m Factor de fricción (K): 0,2 Ajuste exacto: No</p>		
Fuerzas resultantes				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	8.266,6	8.266,6
Fuerza cortante (N)	118,76	-79,459	0	142,89
Momento flector (N.m)	-1,6193	-7,9849	0	8,1474
Perno de fundación-2		<p>Entidades: 1 arista(s), 1 plano(s) Tipo: Tornillo(Diámetro de la cabeza/tuerca)(Tornillo de fundación) Tipo de conexión: Distribuida Diámetro de tuerca: 15 mm Referencia: PLANO1 Diámetro del vástago nominal: 10 mm Nombre del material: Acero aleado Módulo de Young: 2,1e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0,28 Precarga (Torsión): 0 N.m Factor de fricción (K): 0,2 Ajuste exacto: No</p>		
Fuerzas resultantes				
Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante
Fuerza axial (N)	0	0	9.725,4	9.725,4
Fuerza cortante (N)	178,21	82,797	0	196,5
Momento flector (N.m)	1,5021	-9,7305	0	9,8458
Fijo-1		<p>Entidades: 8 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	296,965	3,33753	-1.129,99	1.168,37
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Se realizó un análisis estático en el carro portafilm en relación con las cargas proyectadas, en el software Solidworks como herramienta de análisis.

En la siguiente Tabla XIII se muestra las fuerzas resultantes en el material.

Tabla XIII: Fuerzas resultantes en el carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	296,965	3,33753	-1.129,99	1.168,37

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,00765991	0,0107951	-0,00122452	0,0132932

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Tensión de Von Mises

Con respecto a la tensión de Von Mises se puede observar que la tensión tiene un valor mínimo de $0,474 \frac{N}{mm^2}$ y un valor máximo de $994,124 \frac{N}{mm^2}$, la Figura 50 muestra la gráfica de la simulación de la tensión de Von Mises.

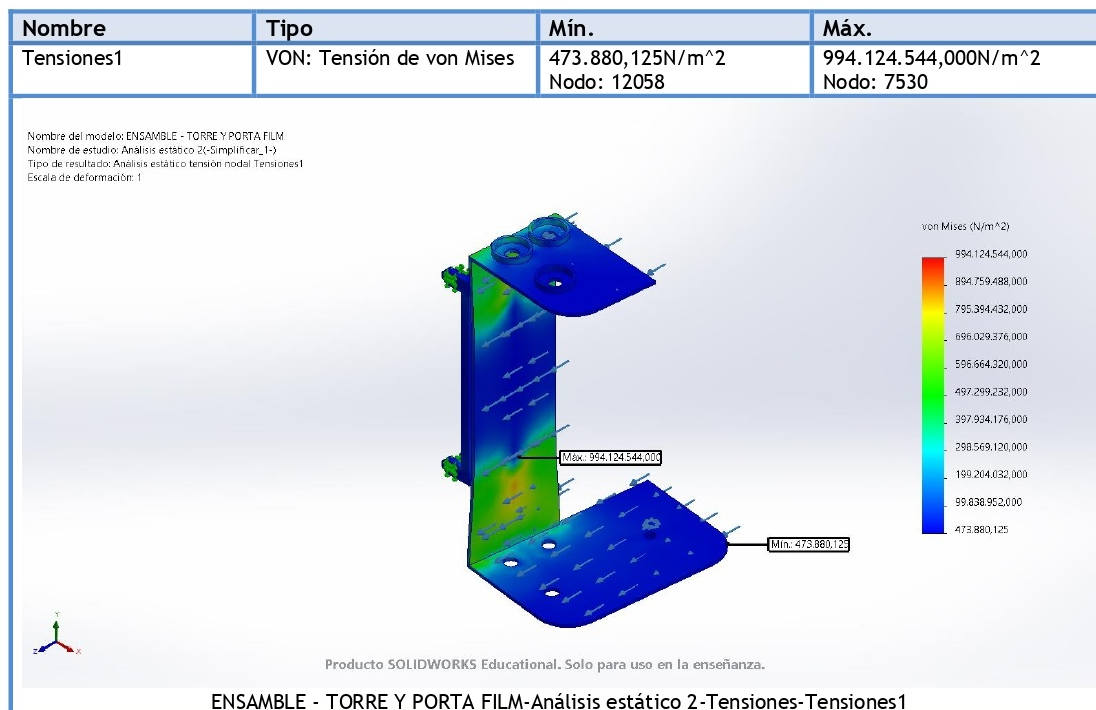


Figura 50: Tensión de Von Mises del carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Desplazamientos

Se puede observar en la Figura 51 que las paredes del material logran desplazarse en un valor mínimo de 0 mm y un máximo de 33,215 mm por la carga aplicada.

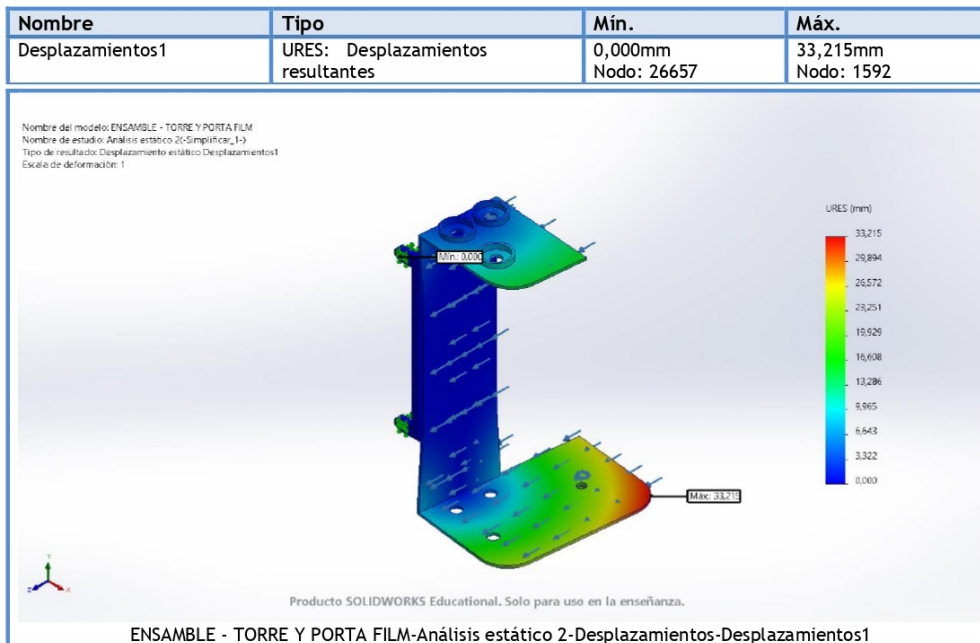


Figura 51: Desplazamientos del carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

Deformación unitaria

Se puede observar en la Figura 52 que las paredes del material tienen una deformación unitaria de un valor mínimo de $2,44 \times 10^{-6}$ y un máximo de $2,32 \times 10^{-3}$ por la carga aplicada.

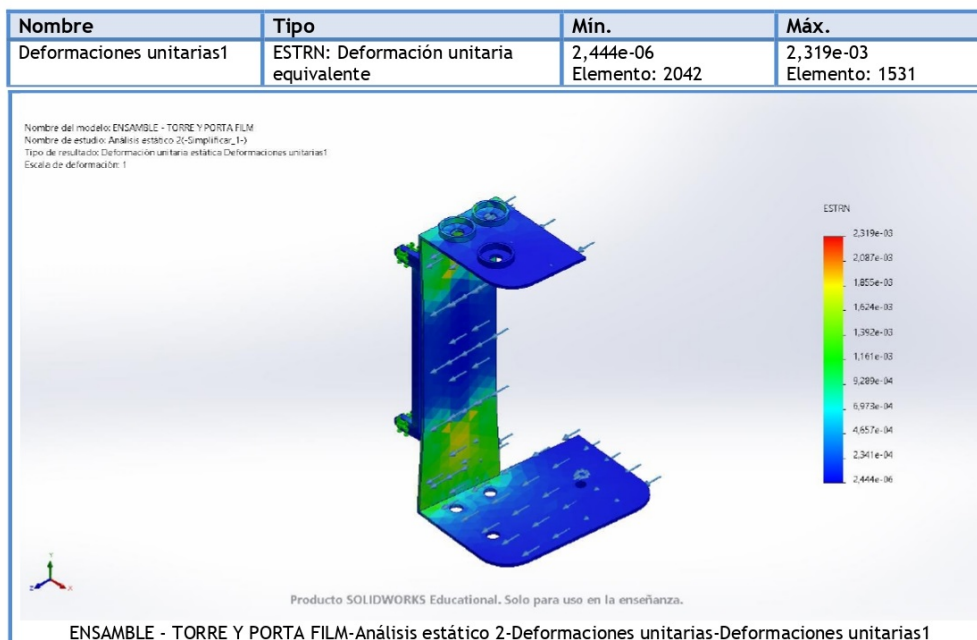


Figura 52: Deformación unitaria del carro portafilm. Fuente: Autoría Propia.

VI-F. Diagramas y esquemas eléctrico

El diagrama eléctrico muestra el esquema de conexión para un sistema de control automatizado utilizando un PLC (Controlador Lógico Programable) Siemens LOGO, este sistema consta de varios componentes interconectados que permiten el control de un proceso.

En la parte superior izquierda de la Figura 53, se encuentra el suministro de energía principal representado por una fuente de alimentación que proporciona la energía necesaria para todo el sistema, además de 2 variadores de frecuencia (VFD1 y VFD2) que controlan los motorreductores.

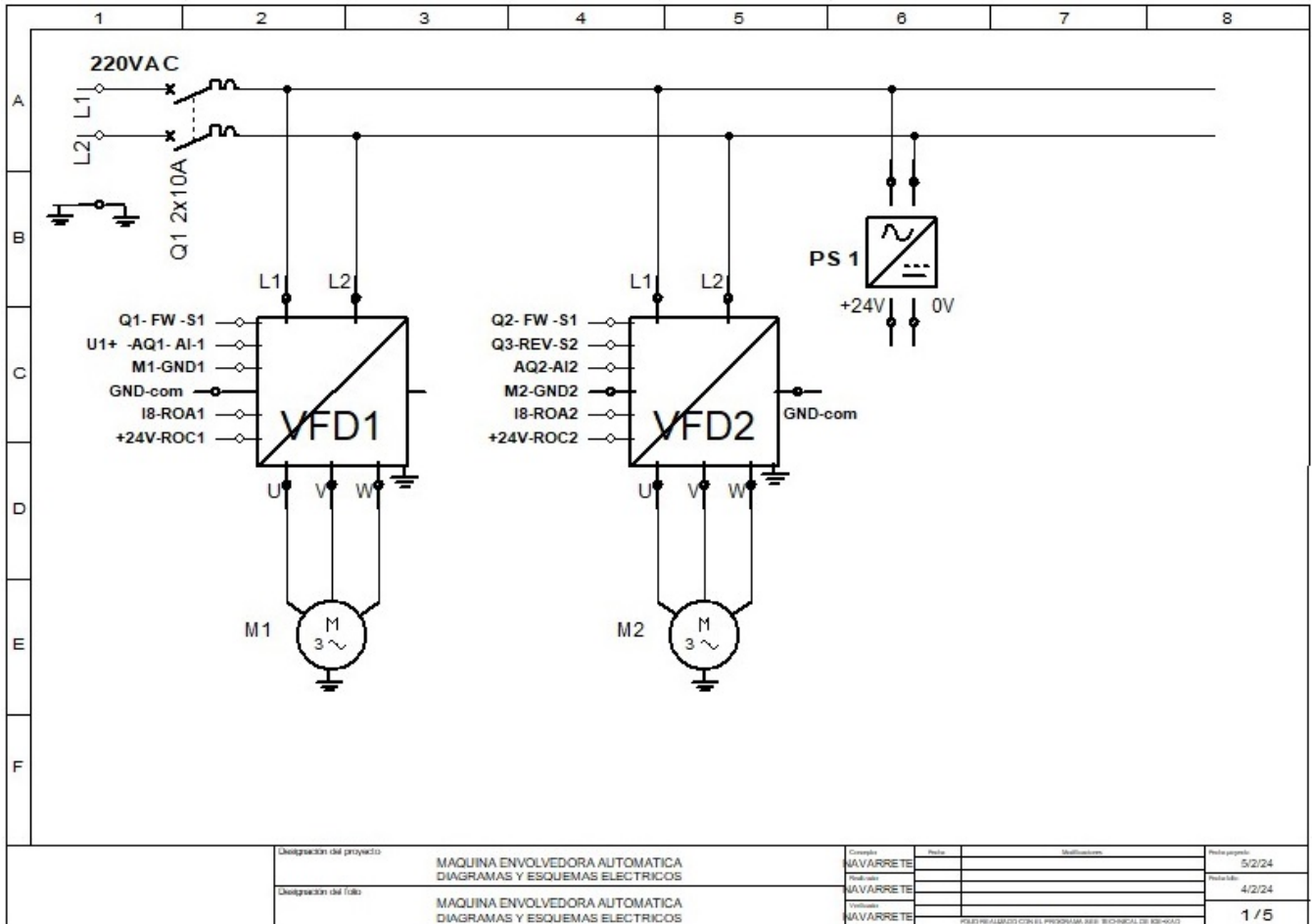


Figura 53: Diagrama eléctrico. Fuente: Autoría Propia.

El PLC LOGO está ubicado en el centro del diagrama y actúa como el cerebro del sistema. Recibe señales de entrada de los dispositivos sensores, como interruptores y sensores. Estas señales de entrada son procesadas por el PLC de acuerdo con un programa de control predefinido. Las salidas del PLC LOGO, que están representadas en la parte inferior derecha del diagrama, están conectadas a varios actuadores, como motores. Estos actuadores ejecutan las acciones requeridas según las decisiones tomadas por el PLC en función de las señales de entrada como se muestra en la Figura 54.

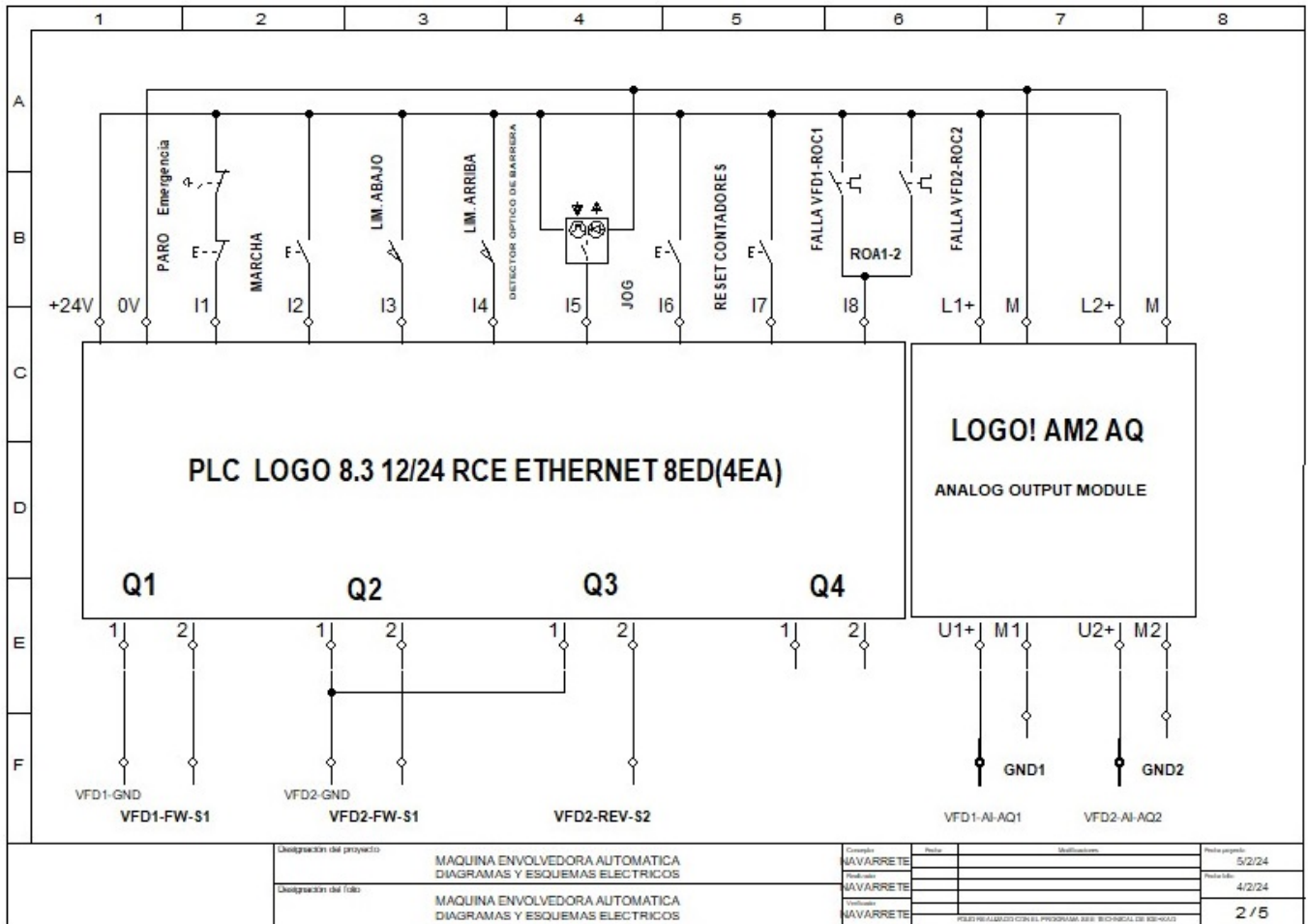


Figura 54: Esquema eléctrico de las entradas y salidas analógicas del PLC LOGO 8. Fuente: Autoría Propia.

Se tiene la lista de las partes eléctricas del prototipo como se muestra en la Tabla XIV

Tabla XIV: Lista de partes eléctricas. Fuente: Autoría Propia.

NOMBRE	DESCRIPCION
Q1	TABLERO METÁLICO USO ELECTRICO 40X40X20
	BREAKER DE 2 POLOS RIEL DIN 10 AMPERIOS
	BORNERAS PARA RIEL DIN (12 AWG).
EMERGENCIA	BOTÓN ZETA CON RETENCIÓN ROJO CONTACTO NC.
PARO	BOTÓN PULSADOR ROJO CONTACTO NC.
MARCHA	BOTÓN PULSADOR VERDE CONTACTO NO.
LIM. ABAJO	MICRO SWITCH DE CARRERA XZ-9104.
LIM. ARRIBA	MICRO SWITCH DE CARRERA XZ-9104.
DETECTOR	SENSOR ÓPTICO DE BARRERA DIF REFLECT 1M LED/R NPN
	BRQP1M-DDTA.
JOG	BÓTON PULSADOR NEGRO CONTACTO NO.
RESET	BÓTON PULSADOR AMARILLO CONTACTO NO.
PS1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN 220VAC/24VDC 2.5ª.
PLC	LOGO 8.3 12/24 RCE ETHERNET 8ED(4EA) / 4SD SIEMENS
	MÓDULO DE EXPANSION. LOGO! AM2 AQ 2 SALIDAS ANALOGAS
HMI	PANEL LOGO 8 MODELO TD ETHERNET
VFD1	VARIADOR DE FRECUENCIA INVT
	GD10-0R7G-S2-B 1PH 220VAC /3PH 4.2 A.
M1	MOTOR TRIFÁSICO 0.75KW 1680 RPM
	ACOPLADO MOTO REDUCTOR LINEAL JW120-LD S.I. 23
VFD2	VARIADOR DE FRECUENCIA INVT
	GD10-0R7G-S2-B 1PH 220VAC /3PH 4.2 A.
M2	MOTOR MONOFÁSICO 0.12KW 1600RPM
	ACOPLADO MOTOREDUCTOR LINEAL 5GN S.I. 7.5.

VI-G. Tablero eléctrico

A continuación, se propone un tablero eléctrico para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico donde sus medidas son de 40 cm x 40 cm x 20 cm, dentro encontramos los componentes eléctricos que se utilizarán para operar la embaladora automática vertical para cajas como se puede ver en la Figura 55.



Figura 55: Tablero eléctrico. Fuente: Autoría Propia.

La Figura 56 muestra las conexiones internas del tablero eléctrico.



Figura 56: Conexiones internas del tablero eléctrico. Fuente: Autoría Propia.

El diagrama incluye dispositivos de seguridad, como botones de marcha, reset, paro de emergencia y relés de seguridad que garantizan un funcionamiento seguro del sistema como se puede visualizar en la Figura 57.

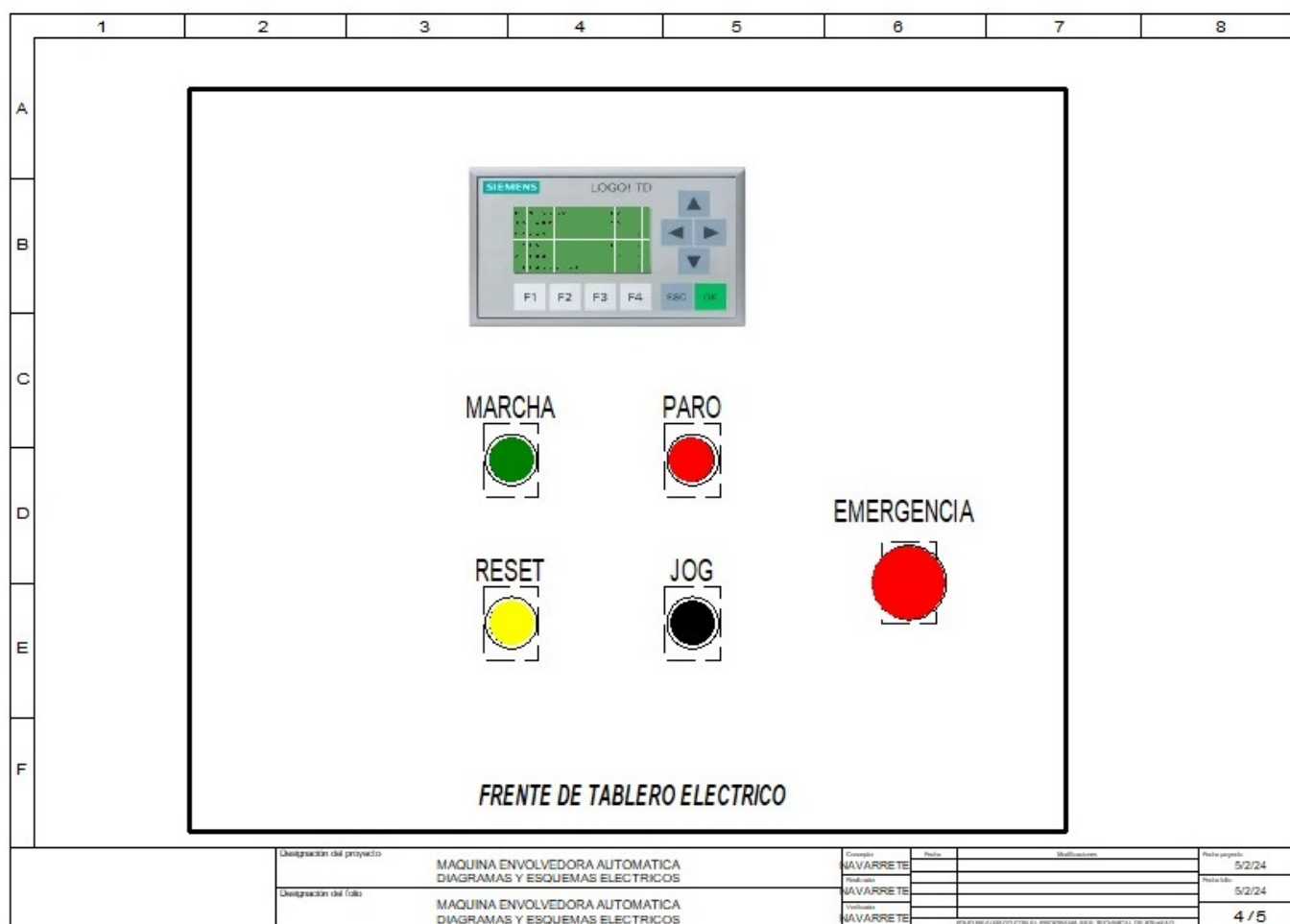


Figura 57: Diagrama del tablero eléctrico. Fuente: Autoría Propia.

Funciones necesarias:

- Botón de encendido
- Botón a apagado
- Botón de inicio
- Botón (paro emergencia)
- Reinicio automático
- Visualización de funcionamiento en PLC

Operación del tablero eléctrico (diseño eléctrico final)

El PLC a través del HMI permite:

- ★ El ingreso y selección de la velocidad de rotación de la base giratoria.
- ★ El ingreso y selección de altura de solape de envoltura.
- ★ El número de capas de envoltura (siempre en número par, para facilitar el corte a nivel inferior).

El tablero tiene un pulsador verde para MARCHA que inicia el ciclo de envoltura.

Tiene un pulsador rojo para PARO o pausa del proceso.

La máquina consta de botón de EMERGENCIA con enclavamiento para detener con seguridad la máquina.

Existe un pulsador de RESET para borrar el número de capas en ejecución.

El pulsador JOG permite el desplazamiento del carro de forma manual, NO UTILIZAR EN DURANTE UNA EJECUCIÓN AUTOMÁTICA.

Procedimiento regular de envoltura:

- ★ Seleccione la velocidad de Base Giratoria.
- ★ Seleccione el solape de envoltura.
- ★ Seleccione número de capas de envoltura (recomendable número par).
- ★ Fije o amarre el extremo del Film plástico al Palé o bulto.
- ★ Retire cualquier objeto que interfiera y/o trabe la Base Giratoria.
- ★ Verifique que no se encuentren personas demasiado cerca de la máquina.
- ★ Presione pulsador MARCHA.

Ciclo de envoltura Automático:

- Después de presionar el pulsador de MARCHA la Base empezará a girar lentamente, dejando 2 vueltas de Film plástico para seguridad del extremo inferior.
- Luego el carro PORTA FILM empezará a moverse hacia arriba dejando un solape de acuerdo a la selección previa.
- Cuando el carro PORTA FILM suba hasta el nivel superior del Bulto, el Detector o Sensor óptico se activará detendrá el movimiento de subida, girará 2 vueltas la Base Giratoria.
- Después el carro PORTA FILM se moverá hacia abajo hasta accionar el micro switch de límite inferior LIM. ABAJO.
- Los ciclos se repetirán los números de veces de acuerdo a la selección de la variable número de capas.

En caso de corte súbito de energía o fallo:

- Verifique que esté descentrada la carga en la base Giratoria.
- Verifique que no esté atascado o enredado el Film plástico.
- Verifique las velocidades y contadores en HMI.
- Puede retomarse el proceso de envoltura presionando el botón verde MARCHA.

Si se quiere abortar el proceso se aconseja:

- ★ Cortar o separar el film plástico de la Base Giratoria.
- ★ Detener con pulsador PARO rojo o con zeta de EMERGENCIA.
- ★ Presionar pulsador RESET para resetear el número de cuentas de capas.
- ★ Luego presionar pulsador JOG para mover el carro PORTA FILM hacia el extremo inferior. Esto posiciona y prepara la máquina para el siguiente ciclo.

En caso de sobrecarga, atascamiento o algún problema interno de cualquiera de los variadores de frecuencia que controlan los motores, se activará las protecciones y detendrá la ejecución de los ciclos de envoltura.

VI-H. Programación del código

El lenguaje de programación utilizado en LOGO Soft Comfort es el lenguaje de programación de bloques de función (FBD) como se muestra en la Figura 58, además también admite otros lenguajes de programación, como el lenguaje de programación de contactos (LADDER) como se puede ver (Anexo 11, Figura 104).

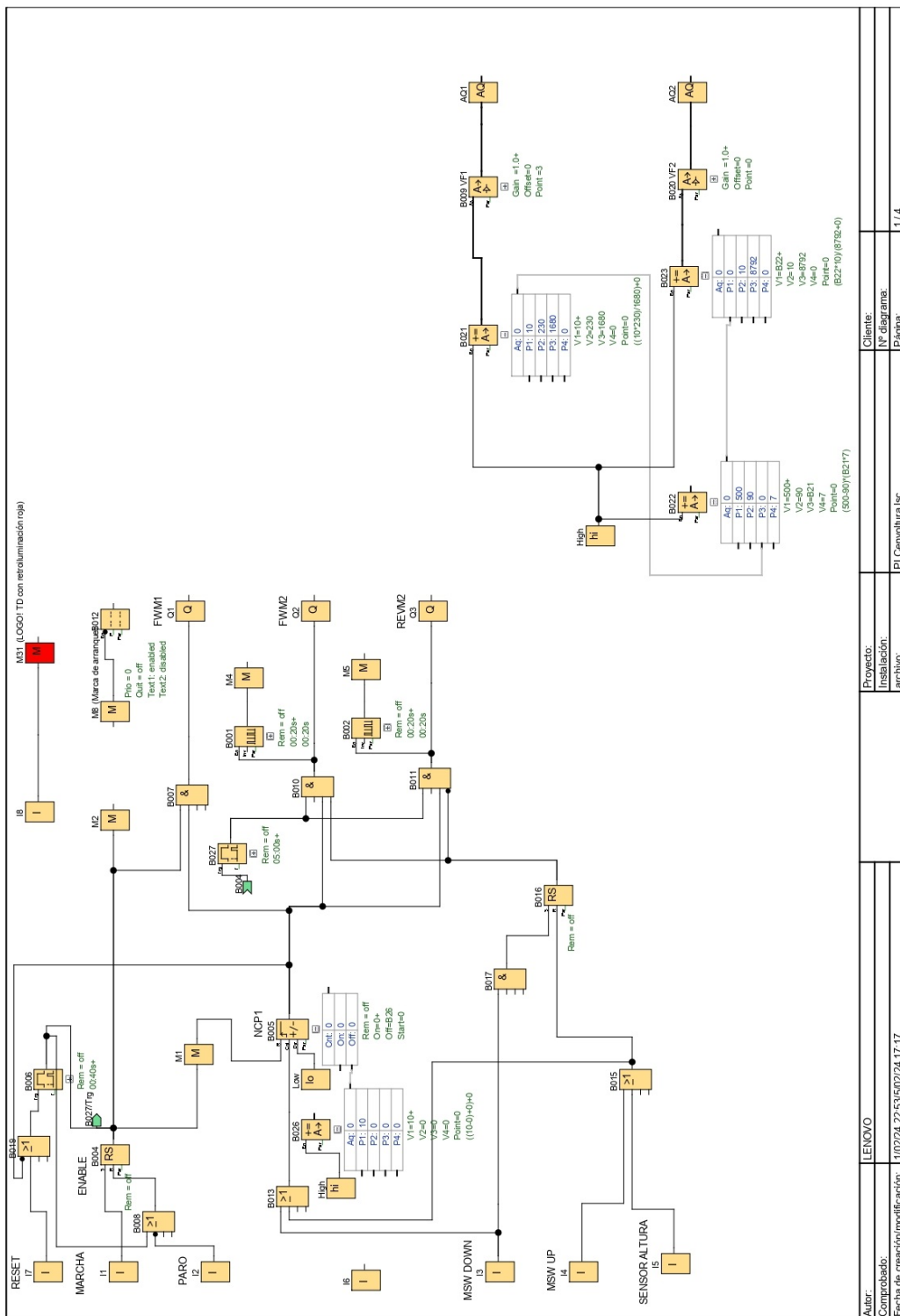


Figura 58: Código Ladder. Fuente: Autoría Propia.

VII. RESULTADOS

En la Figura 61 se aprecia el prototipo final listo para las respectivas pruebas de funcionamiento.



Figura 61: Prueba de funcionamiento sin carga. Fuente: Autoría Propia.

Después de las pruebas en vacío (sin cajas) se procede con las pruebas con cajas sobre el pallet, para la cual se coloca cada caja sobre el pallet y este sobre la base giratoria.



Figura 62: Prueba de funcionamiento con carga. Fuente: Autoría Propia.

Seguido se procede a anclar el extremo suelto del film al pallet o debajo de las cajas para que esto funcione como sujetador y que al iniciar el movimiento el extremo del film no se suelte.



Figura 63: Colocación del rollo film en la base de las cajas. Fuente: Autoría Propia.

Para iniciar el proceso de embalaje es obligatorio despejar la zona ya que la base estará girando y podría causar un accidente.



Figura 64: Inicio del proceso del embalaje automático de cajas. Fuente: Autoría Propia.

La máquina se mantendrá girando mientras el carro porta film se mantendrá estático por 6 segundos antes de elevarse, esto debido a que es necesario crear una capa que sirva de base.

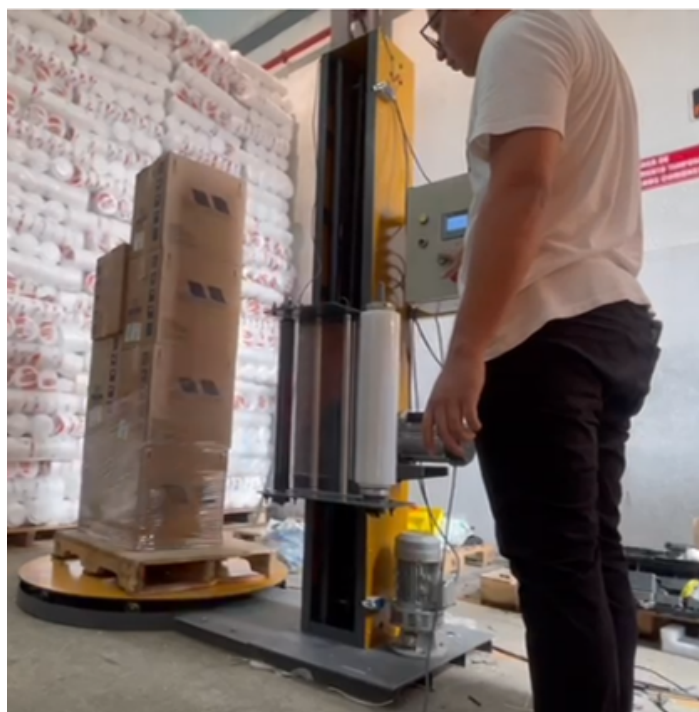


Figura 65: Avance del 20 % del proceso de embalaje. Fuente: Autoría Propia.

Una vez que haya terminado el embalaje de base, el carro se elevará y descenderá dependiendo las veces que se hayan programado, las cuales deberían ser en números pares como también la velocidad del carro porta film como se puede apreciar en las Figuras 66 y 67.



Figura 66: Avance del 40 % del proceso de embalaje. Fuente: Autoría Propia.



Figura 67: Avance del 60 % del proceso de embalaje. Fuente: Autoría Propia.

Una vez terminado el proceso y que el carro porta film quede en su posición de HOME, se procede a cortar el film y pegarlo a la superficie de las cajas.



Figura 68: Embalaje terminado. Fuente: Autoría Propia.

Los resultados de las pruebas obtenidos tanto con la embaladora automática vertical como de forma manual, junto con el funcionamiento del equipo durante dos semanas arrojan los datos reflejados en la siguiente Tabla XV, donde se puede observar la disminución de por ejemplo las cajas con abolladuras que resultaban uno de los puntos en la problemática que el equipo buscaba resolver, así como una mayor eficiencia de los colaboradores en función de horas ya que con el uso del equipo en automático disponen de tiempo para realizar o adelantar otras actividades en el área de entrega.

Tabla XV: Resultados de la máquina embaladora automática vertical y manual.

TABLA COMPARATIVA			
RESULTADOS			
ANTES		DESPUÉS	
Cantidad de cajas con abolladuras resultado de caídas en el transporte.	15/envío	Cantidad de cajas con abolladuras resultado de caídas en el transporte.	0/envío
Número de horas ocupadas en el proceso de embalaje manual.	10/semana	Número de horas ocupadas en el proceso de embalaje manual.	2/semana
Número de personas involucradas en el proceso de embalaje.	2/por turno	Número de personas involucradas en el proceso de embalaje.	1/por turno
Número de cajas embaladas	50/semana	Número de cajas embaladas.	150/semana
Número de bultos embalados.	10/semana	Número de bultos embalados.	25/semana
Número de cajas y bultos dañados debido lluvia y polvo.	5/envío	Número de cajas y bultos dañados debido lluvia y polvo.	0/envío
Número de envíos exitosos.	5/semana	Número de envíos exitosos	10/semana
Cantidad de rollos de film usados.	1/semana	Cantidad de rollos de film usados.	2/semana

IX. PRESUPUESTO

En la imagen de presupuesto se indican los valores aproximados que podemos obtener mediante cotizaciones realizadas en diferentes locales del país para la elaboración del proyecto de Tesis. Como se puede observar en la Tabla XVII, los precios varían dependiendo del lugar donde se realiza la elaboración del proyecto de Tesis.

Tabla XVII: Presupuesto para fabricación de embaladora.

Descripción	Cantidad	Costo
Planchas de acero	50kg	150 \$
Aceros en barra	20kg	70 \$
Rodamiento de rueda	9	70\$
Rodamiento base	1	80 \$
Soporte de rodamiento	2	30 \$
Tornillos	200	20 \$
Motorreductor/1.1KW	1	600 \$
Motorreductor/0.18KW	1	250 \$
Piñón de cadena	2	30 \$
Ejes	2	200 \$
Pulsadores	2	10 \$
Botón de emergencia	1	15 \$
Sensor final de carrera	1	17 \$
Mano de obra	1	2000 \$
Costes de maquinado	1	500 \$
Cables	1	30 \$
PLC	1	60 \$
HMI	1	40
	Total	4172 \$

X. CONCLUSIONES

En las simulaciones y posteriormente pruebas que se realizaron en la ejecución de este proyecto, dieron distintos enfoques de los cuales se puede concluir que los materiales usados son los correctos y que los resultados de las simulaciones son aproximaciones correctas, como resultados positivos se puede destacar que el equipo soporta con éxito 400 kg de masa sobre el plato giratorio.

Los equipos implementados en la automatización de este proyecto fueron escogidos pensando en la relación calidad costo de los equipos.

Concluimos que con el uso de los variadores de frecuencia usados para el proyecto resultaron ser de gran ayuda al ahorrarnos protecciones eléctricas adicionales para los motores al ya venir incluidas en los variadores de frecuencia.

En la parte de automatización el uso del PLC logo fue de vital importancia ya que trabajando en conjunto con los sensores se pudo prescindir de un colaborador que realice la acción de elevar y bajar el carro porta film.

En la parte eléctrica los motores que se usaron permitieron los movimientos de manera correcta y adecuada. Se concluye que se lograron todos los objetivos del proyecto y que se aumentó la productividad al automatizar una actividad que antes requería de una persona para realizarse.

XI. RECOMENDACIONES

Detallaremos los puntos de posible mejoras y varias recomendaciones de uso y su mantenimiento y cuidado. Como mejora podría implementarse un sensor de peso y con algunas modificaciones a la programación podría lograr que el PLC calculara la velocidad de giro del plato giratorio con respecto al peso.

Podría implementarse una HMI de mayor tamaño con el cual se podría visualizar de mejor manera el proceso de embalado.

Como mejora en la parte mecánica se podría sustituir la torre de 1.8m por una torre de mayor longitud para cargas de mayor tamaño.

Se recomienda el mantenimiento correctivo y predictivo para este equipo ya que al usar varios rodamientos que son piezas intercambiables los cuales su durabilidad depende de su tamaño, diseño y la cantidad de horas trabajadas, se haría complicado el desarme de algunos elementos para su sustitución después del fallo.

Para el cuidado del equipo se recomienda engrasar las partes móviles como; cadenas y chumaceras periódicamente dependiendo del uso del equipo.

REFERENCIAS

- [1] Smithers, «Smithers proyecta que el mercado mundial del packaging alcanzara los 142 billones de dólares en 2028,» inf. téc., 2023, Accedido: 02-13-2023. dirección: <https://mundoembalaje.com/smithers-proyecta-que-el-mercado-mundial-del-packaging-alcanzara-los-142-billones-de-dolares-en-2028/>.
- [2] D. W. Dixon-Hardy y B. A. Curran, «Types of packaging waste from secondary sources (supermarkets)–The situation in the UK,» *Waste management*, vol. 29, n.º 3, págs. 1198-1207, 2009, Accedido: 03-03-2023. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X08002900>.
- [3] L. Meherishi, S. A. Narayana y K. Ranjani, «Sustainable packaging for supply chain management in the circular economy: A review,» *Journal of cleaner production*, vol. 237, pág. 117582, 2019, Accedido: 03-02-2023. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619323960>.
- [4] D. A. Cevallos Rios y A. A. Alvarez Anzules, «Los envases y embalajes del comercio internacional y la normativa ecuatoriana en la facilitacion del comercio internacional,» Accedido: 03-03-2023, B.S. thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas, 2016. dirección: <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/16846>.
- [5] J. C. MUÑOZ y J. URBANO JOJOA, «SIMULACIÓN DE UN PROCESO EN BASE A LA AUTOMATIZACIÓN PARA EMPACAR, SELLAR, PALETIZAR Y ALMACENAR ZAPATOS EN LA EMPRESA RIMUZ SPORT, UBICADA EN LA UNIÓN NARIÑO,» Accedido: 14-02-2023, Tesis doct., AUNAR, 2022. dirección: <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/handle/20.500.12276/1267>.
- [6] R. Diez Zaera et al., «Diseño de paletizadora automática en línea de producción simulada,» 2022, Accedido: 19-02-2023. dirección: <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/3312>.
- [7] E. J. Rodríguez Villarroel y L. Maylle Domínguez, «Máquina automática para embalar pallets con monitoreo Exscada,» 2013, Accedido: 23-01-2023. dirección: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/273544>.
- [8] L. F. Cavalli, «Mejora orientada: reducción de indisponibilidad de planta por cuello de botella en la línea de flejado y envuelto de bultos,» Accedido: 09-02-2023, Tesis doct., Universidad Nacional de Luján, 2020. dirección: <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/1025>.
- [9] O. MELCHOR LUIS, «Tecnología para empaçado de producto en Dyscel,» 2022, Accedido: 01-01-2023. dirección: <https://biblioteca.galileo.edu/tesario/handle/123456789/1282>.
- [10] A. Pack, *La historia del embalaje*, Accedido: 23-02-2023, 2016. dirección: <https://www.abc-pack.com/noticias/la-historia-del-embalaje/>.
- [11] Rajapack, *Qué es el embalaje, Características y funciones*, Accedido: 01-03-2023, 2017. dirección: <https://www.rajapack.es/blog-es/que-es-embalaje-caracteristicas-funciones>.
- [12] J. C. Toapanta Tipanta, *Diseño y construcción de un prototipo para una máquina semiautomática envolvedora de pallets portátil con plataforma giratoria y sistema de sujeción del film*, Accedido: 20-02-2023, 2014. dirección: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7454>.
- [13] D. II, «Qué son los sistemas de embalaje y sus diferentes soluciones.» Accedido: 2024-01-21. (12 de ene. de 2024), dirección: <https://dealdos.com/blog/sistemas-de-embalaje/> (visitado 21-01-2024).
- [14] Liderpac. «Envolvedoras.» Accedido: 23-12-2023. (2018), dirección: <https://liderpac.es/envolvedoras/>.
- [15] D. II, «Qué son los sistemas de embalaje y sus diferentes soluciones,» *Deal II Blog*, 2024, Accedido: 23-02-2023. dirección: <https://dealdos.com/blog/sistemas-de-embalaje/>.
- [16] I. GSL. «¿Qué es un PLC y cómo funciona?» Accedido: 12-02-2024. (Fecha de publicación no disponible), dirección: <https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>.
- [17] A. A. Pesántez Erazo, «Diseño y Construcción de un Módulo de Laboratorio con Variador de Frecuencia para el Control de un Sistema de Bombeo y Determinación del Ahorro Energético,» Accedido: 12-02-2024, B.S. thesis, 2012. dirección: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/1881>.
- [18] InfoSensores, *Sensor Fotoeléctrico*, <https://infosensores.com/sensor-fotoelectronico/>, Accessed: February 12, 2024, 2024. dirección: <https://infosensores.com/>.
- [19] J. Doe. «Distancia, ultrasonido, obstáculos y reflectancia.» (2023), dirección: <https://ssdielect.com/distancia-ultrasonido-obstaculos-y-reflectancia-1/2424-v-156-1c25.html> (visitado 12-02-2024).

XII. ANEXOS

XII-A. Anexo 1 Ficha técnica de producto



Ficha técnica de producto

FILM MANUAL EXTENSIBLE 23 MY 500 MM	
Referencia interna: 39	
Film manual extensible para el correcto enfardado y paletizado de la mercancía.	
Peso por bobina (kg):	2
Peso del mandril (gr):	700
Color:	Transparente
Bobinas por caja:	6 bobinas
Cajas por palet:	80 cajas
Metros por bobina (m):	123 aprox.

DIMENSIONES					
	Unidad	Método	Valor	Tolerancia	Valor testeado
Anchura:	mm	Interno	500	+2 / - 0	500 - 502
Espesor:	micras	Interno	23	+ / - 5%	22 - 24
GSM:	g / cm ²	Interno	21.16	+ / - 5%	21 - 22
Rendimiento:	m ² / kg	Interno	47.25	+ / - 5%	27.3

PROPIEDADES FÍSICAS					
	Unidad	Método	Tolerancia	Valor testeado	
Resistencia a la tracción:	MD	ASTM D - 882	90 + / - 5%	90	
	TD		60 + / - 5%	70	
Resistencia a la rotura:	MD	ASTM D - 882	380 min.	600 - 650	
	TD		230 min.	240 - 250	
Alargamiento a la rotura:	MD	ASTM D - 882	+ / - 5%	21 - 22	
Resistencia al desgarre:	MD	ASTM D - 1922	60 min.	730 - 790	
	TD		300 min.	800 - 900	
Fuerza de adherencia:		N	ASTM D - 5458	1	
Fuerza de punto:		N	Interno	20 min.	
Último estiramiento:		%	Interno	150 max.	

Figura 69: Ficha técnica de producto

Tabla XVIII: Esfuerzo admisible Manual AISC

Allowable Stress
For Compression Members of 36-ksi Specified Yield Stress Steel^a

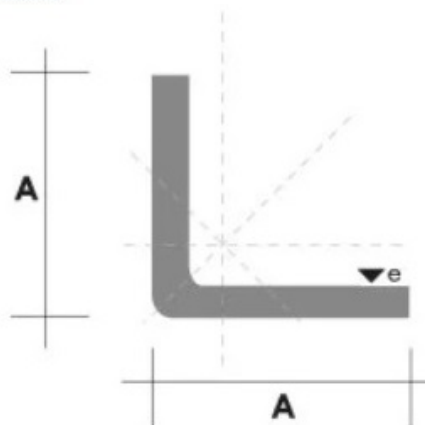
$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	F_a (ksi)
1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.14	161	5.76
2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	9.99	162	5.69
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85	163	5.62
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70	164	5.55
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	5.49
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	5.42
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	5.35
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	5.29
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	5.23
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84	170	5.17
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	5.11
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	5.05
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44	173	4.99
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	4.93
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	4.88
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	4.82
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	4.77
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	4.71
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	4.66
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	4.61
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51	181	4.56
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	4.51
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	4.46
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	4.41
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	4.36
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01	186	4.32
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91	187	4.27
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82	188	4.23
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73	189	4.18
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64	190	4.14
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.55	191	4.09
32	19.80	72	16.22	112	11.40	152	6.46	192	4.05
33	19.73	73	16.12	113	11.26	153	6.38	193	4.01
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30	194	3.97
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22	195	3.93
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14	196	3.89
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06	197	3.85
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98	198	3.81
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91	199	3.77
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83	200	3.73

^aWhen element width-to-thickness ratio exceeds noncompact section limits of Sect. B5.1, see Appendix B5.
Note: $C_e = 126.1$

Tabla XIX: Catálogo de productos Dipac.

Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	A	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	56.95	11.64
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable



XII-D. Anexo 4 Capacidades en HP - Cadena simple de rodillos No. 40

Tabla XX: Selección de la catarina - cadena simple rodillo.

Capacidades en caballos de fuerza - Cadena simple de rodillos número 40																									
Núm. de dientes	0.500 pulgadas de paso				Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																				
	10	25	50	100	180	200	300	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.91	1.00	1.48	2.42	3.34	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50	0.00
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.99	1.09	1.61	2.64	3.64	4.64	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57	0.00
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.19	1.75	2.86	3.95	5.02	5.56	6.62	7.68	7.15	5.99	4.76	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.00	0.00
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.28	1.88	3.08	4.25	5.41	5.98	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.00	0.00
15	0.08	0.19	0.36	0.70	1.24	1.37	2.02	3.30	4.55	5.80	6.41	7.64	8.86	8.86	7.43	5.89	4.54	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.00	0.00
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.32	1.46	2.15	3.52	4.86	6.18	6.84	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	0.00	0.00	0.00
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.55	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.66	10.04	10.69	8.96	7.11	5.48	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	0.00	0.00	0.00
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.95	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.75	5.97	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	0.00	0.00	0.00
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.18	5.77	7.34	8.12	9.66	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	0.09	0.00	0.00	0.00
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.07	7.73	8.55	10.18	11.81	13.42	11.44	9.07	6.99	5.31	4.22	3.45	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.73	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.76	7.52	5.72	4.54	3.71	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.68	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.12	0.28	0.56	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.98	8.89	9.83	11.71	13.58	15.44	14.10	11.19	8.62	6.55	5.20	4.26	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.23	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.93	9.18	6.99	5.54	4.54	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.28	3.36	5.49	7.59	9.66	10.69	12.73	14.76	16.78	15.98	12.68	9.76	7.43	5.89	4.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.13	0.32	0.63	1.22	2.14	2.37	3.50	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.88	6.25	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.31	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.97	14.26	16.53	18.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.38	13.68	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.88	3.19	4.71	7.69	10.62	13.52	14.96	17.82	20.67	23.49	26.30	21.01	16.17	12.30	9.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.38	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.23	0.56	1.08	2.11	3.71	4.10	6.08	9.89	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.82	30.63	23.58	5.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tipo A				Tipo B										Tipo C										

XII-E. Anexo 5 Resistencia a la fatiga modificada

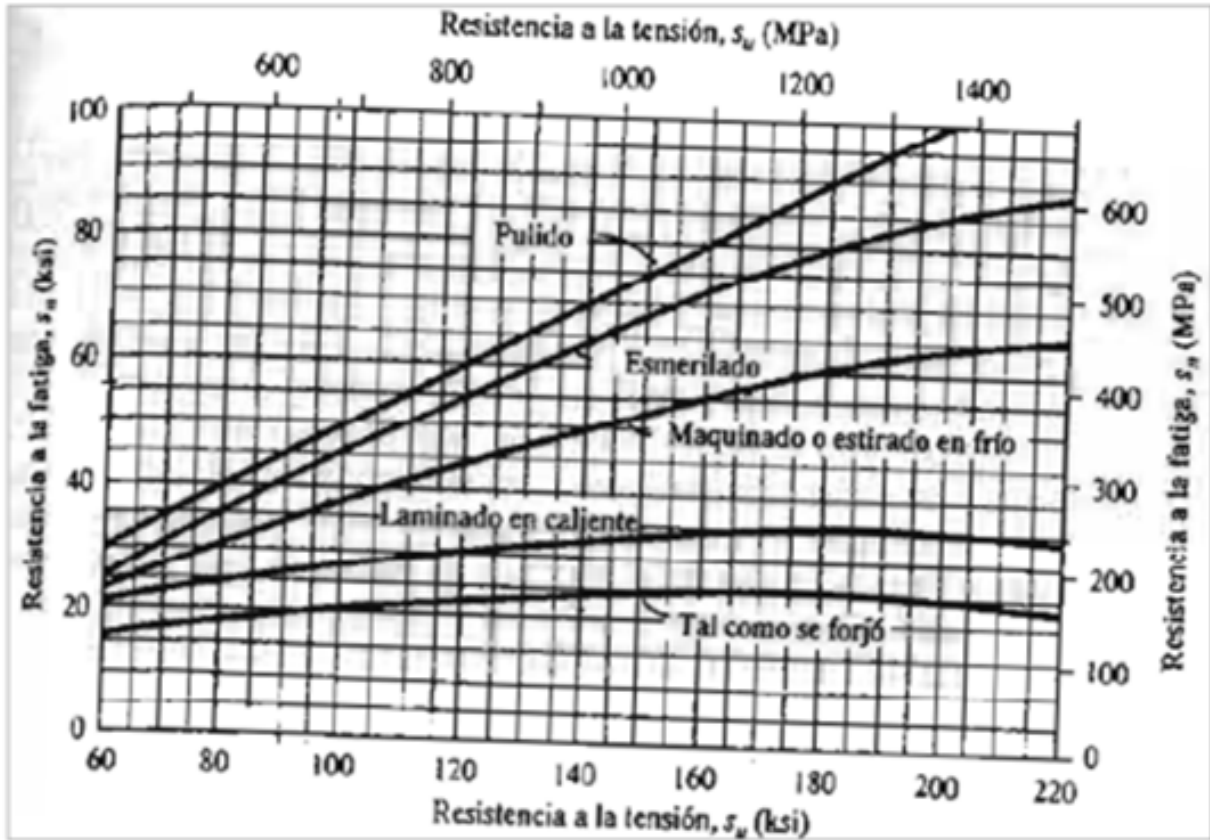


Figura 70: Resistencia a la fatiga modificada.

XII-F. Anexo 6 Coeficiente de seguridad estático para diferentes tipos de carga

Tabla XXI: Coeficiente de seguridad estático.

Tipo de carga	Ruido no importante		Funcionamiento normal		Funcionamiento silencioso	
	Bolas	Rodillos	Bolas	Rodillos	Bolas	Rodillos
Carga suave	0.5	1	1	1.5	2	3
Carga normal	0.5	1	1	1.5	2	3.5
Carga con impacto	≥ 1.5	≥ 2.5	≥ 1.5	≥ 3	≥ 2	≥ 4

Tecle eléctrico con piola de acero 0.8T

Cod.: ITK 521061
Modelo PA-800C

Categoría	Tecles eléctricos
Marca	ITAKA
Procedencia	Ensamblado en China
Garantía	1 año

Especificaciones técnicas	
Aplicación	Arrastre e izaje
Capacidad de piola simple/doble	400/800 Kg
Levante estándar con piola simple/doble	20/10 m
Potencia motor	1,350W
Voltaje	220V
Largo del cable	20 m
Diámetro del cable	5,6 mm
Velocidad de levante	8 m ³ /min
Largo cable botonera	1,40 m
Peso	39 Kg

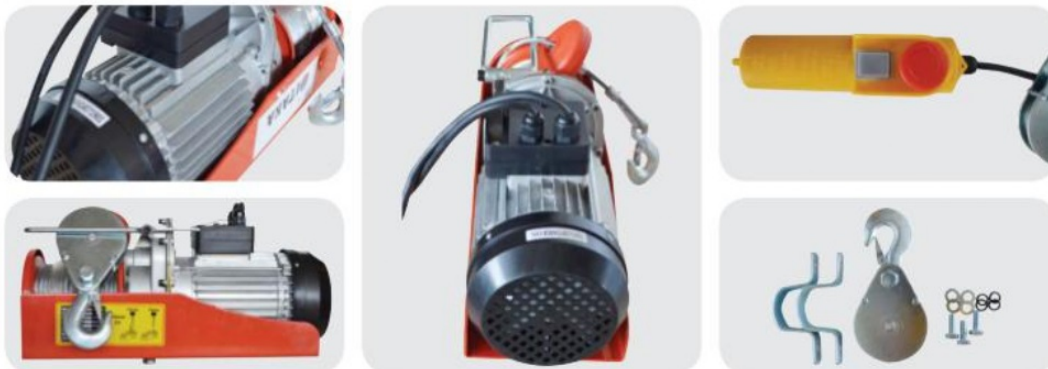


Figura 71: Motor eléctrico seleccionado.

GARRUCHAS

<p>SERIE 02-03</p>  <p>40-105 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con un soporte de lámina de acero con recubrimiento de pintura negra en polvo. Rueda de polipropileno color naranja con rodamiento interno. Fijas o giratorias con o sin freno Ø: 1" ½, 2", 2" ½, 3", 4" y 5".</p>	<p>SERIE 02-04</p>  <p>40-110 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con soporte en acero galvanizado. Rueda de polipropileno color gris con rodamientos. Fijas o giratorias con o sin freno. Disponible con plataforma o espigo de rosca. Ø: 2", 2" ½, 3", 4".</p>
<p>SERIE 18 -19 INOX</p>  <p>40-110 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con soporte en acero inoxidable y rueda de nylon o poliuretano blando silenciosa. Ideal para equipos médicos y de alimentos. Ø: 2", 2" ½, 3", 4", 5".</p>	<p>SERIE 17 PG</p>  <p>40 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con un soporte giratorio, de acero estampado y galvanizado, con doble pista de esferas y con rueda de poliuretano gris. Con y sin freno. Ø: 2"</p>
<p>SERIE 18-19</p>  <p>55-90 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con soporte en acero galvanizado doble pista de esferas y diferentes ruedas. Fijas o giratorias con o sin freno. Ø: 3", 4" y 5".</p>	<p>SERIE 19 LIVIANA</p>  <p>40 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con un soporte galvanizado con doble pista de esferas y rueda de polipropileno negra o rueda de nylon. Ø: 1" 5/8 y 2"</p>
<p>SERIE 02-03 PU</p>  <p>55-90 Kg.</p> <p>Garruchas para carga liviana. Rueda de poliuretano con rodamiento. Soporte en lámina con recubrimiento de pintura negra en polvo. Con o sin freno. Ø: 1" ½, 2".</p>	<p>SERIE 19 SUPERMERCADO</p>  <p>120 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con soporte en acero galvanizado y espigo de rosca de 1/2". Rueda de poliuretano duro con rodamiento interno. Ø: 5".</p>
<p>SERIE ALTA TEMPERATURA</p>  <p>80-120 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas en soporte de acero galvanizado. Rueda en poliamida con fibra de vidrio, especial para hornos y equipos para trabajo en alta temperatura. Ø: 2": -25°C a 180°C Ø: 3": -25°C a 280°C Ø: 4": -25°C a 260°C</p>	<p>SERIE 19 INOX</p>  <p>40-80 Kg.</p> <p>Garruchas ensambladas con soporte en acero inoxidable, rueda de poliuretano blando silenciosa, ideal para equipos médicos y de alimentos. Ø: 2", 2" ½, 3", 4", 5".</p>

Figura 72: Garrudas ensambladas.

XII-I. Anexo 9 Planos de la máquina embaladora automática vertical para cajas

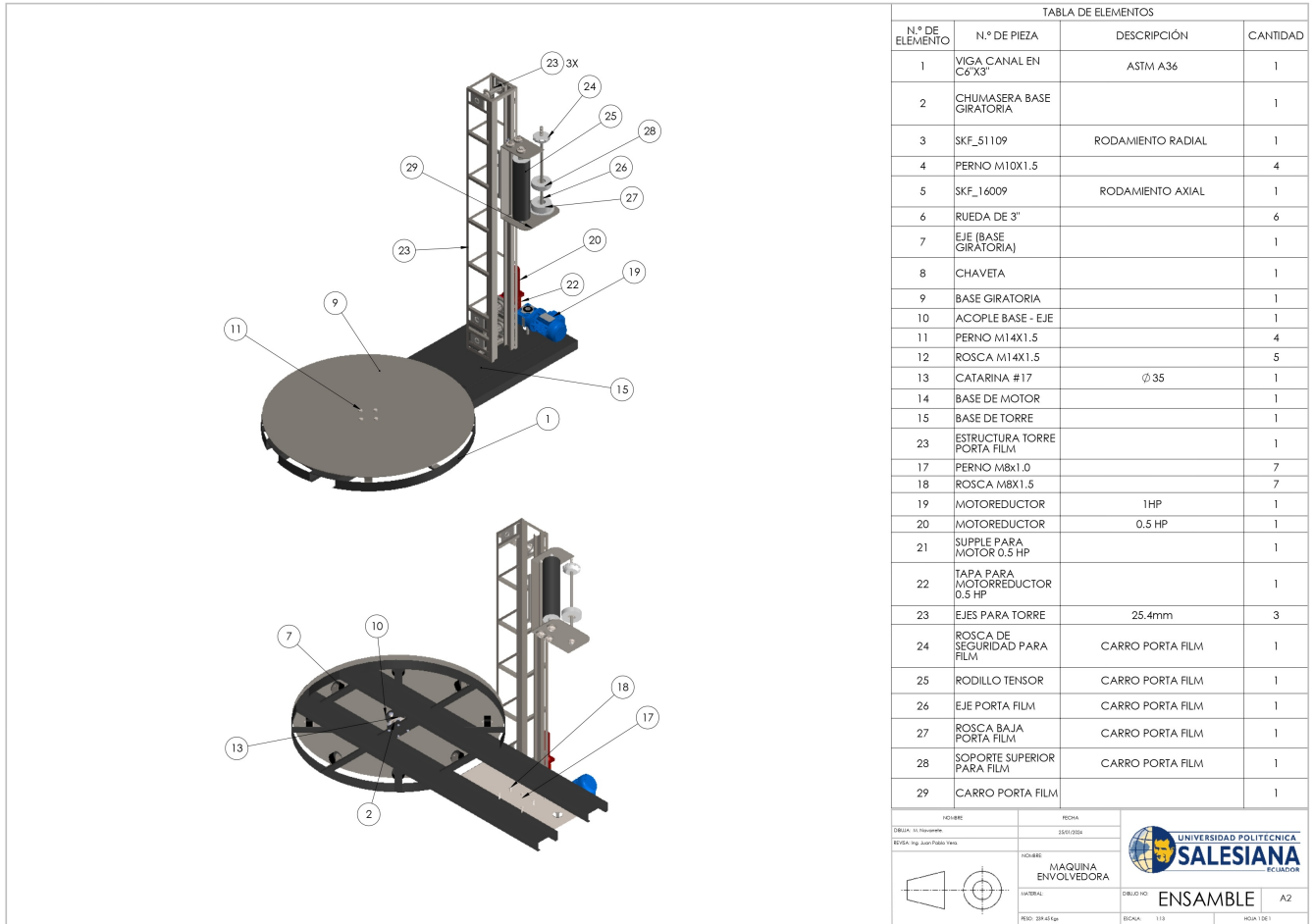
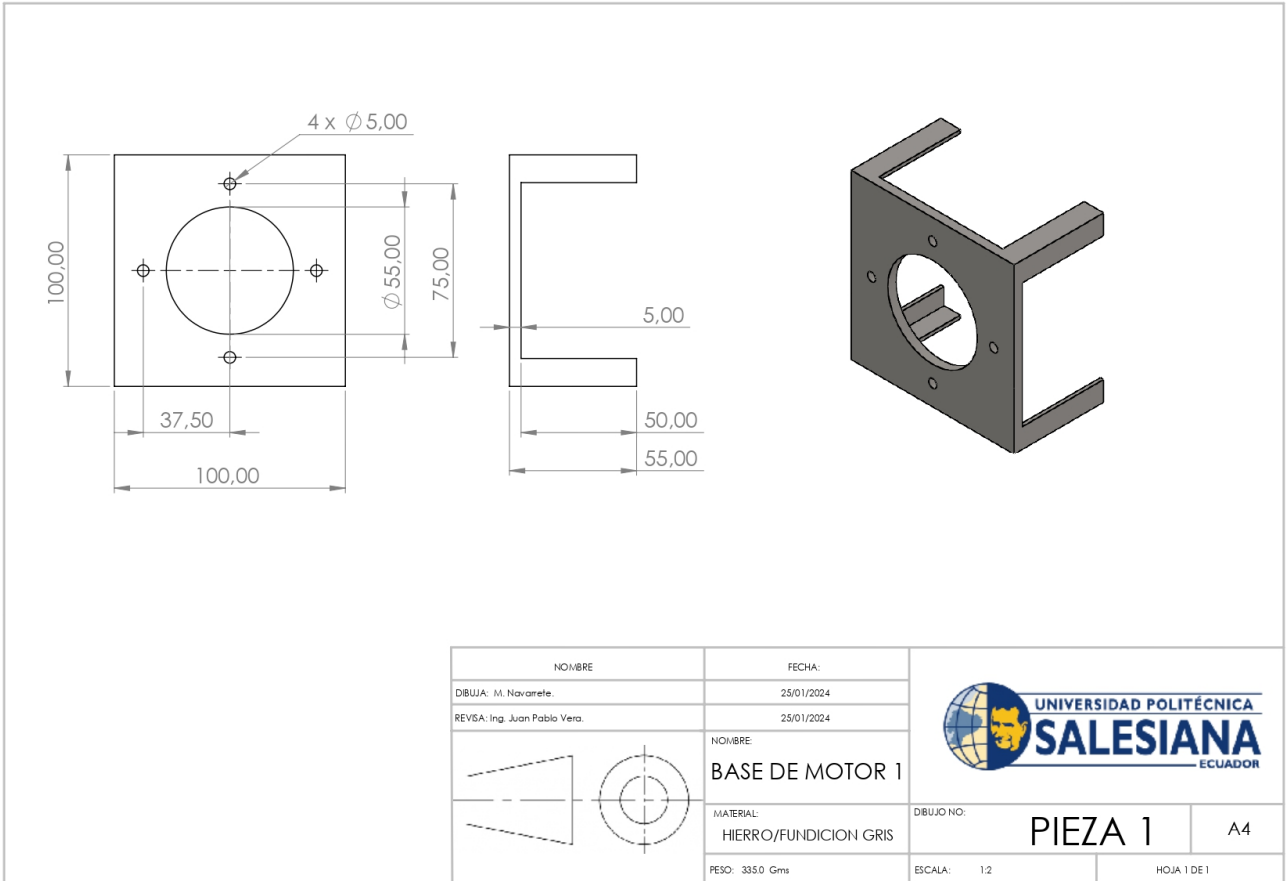
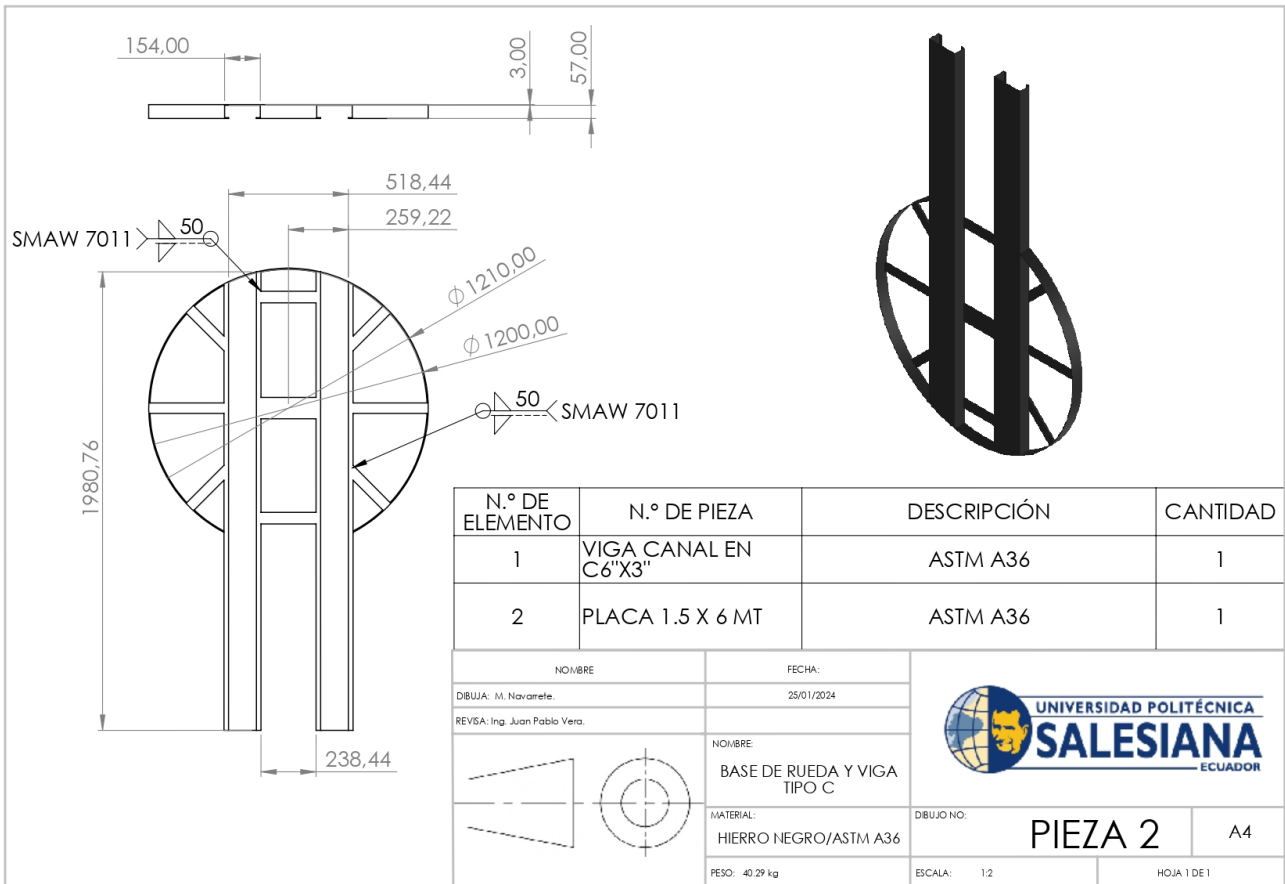


Figura 73: Explosionado máquina embaladora.



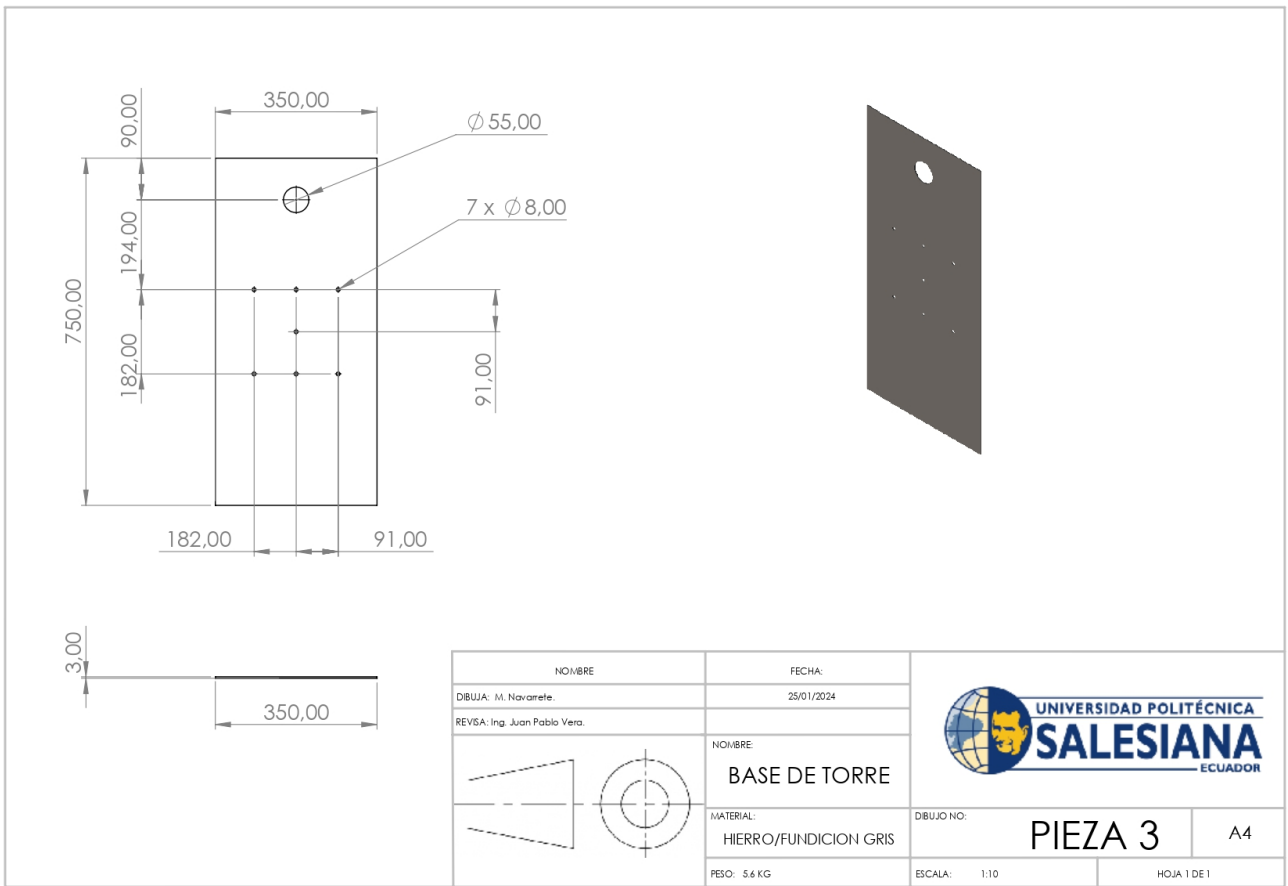
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 74: Base de motor



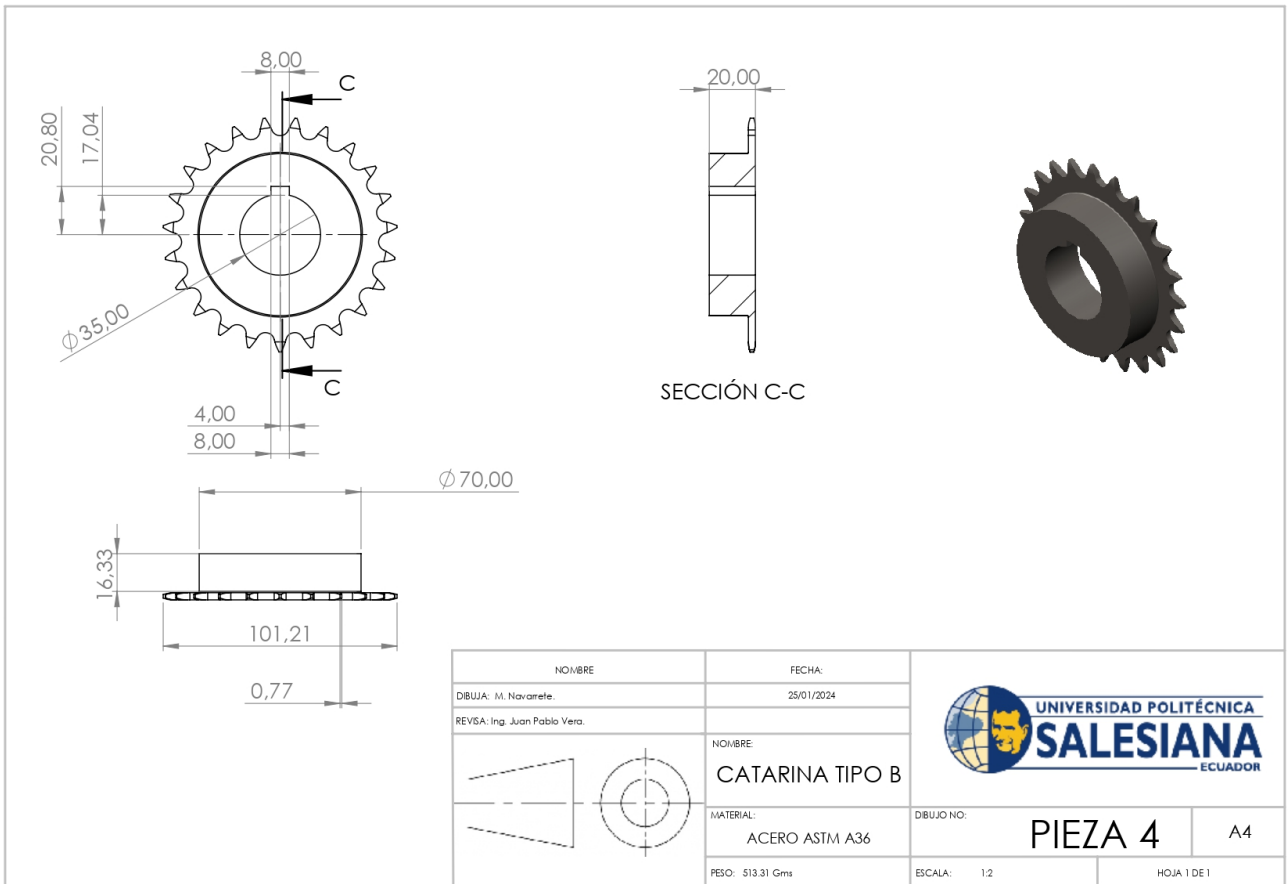
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 75: Base de ruedas y viga tipo C



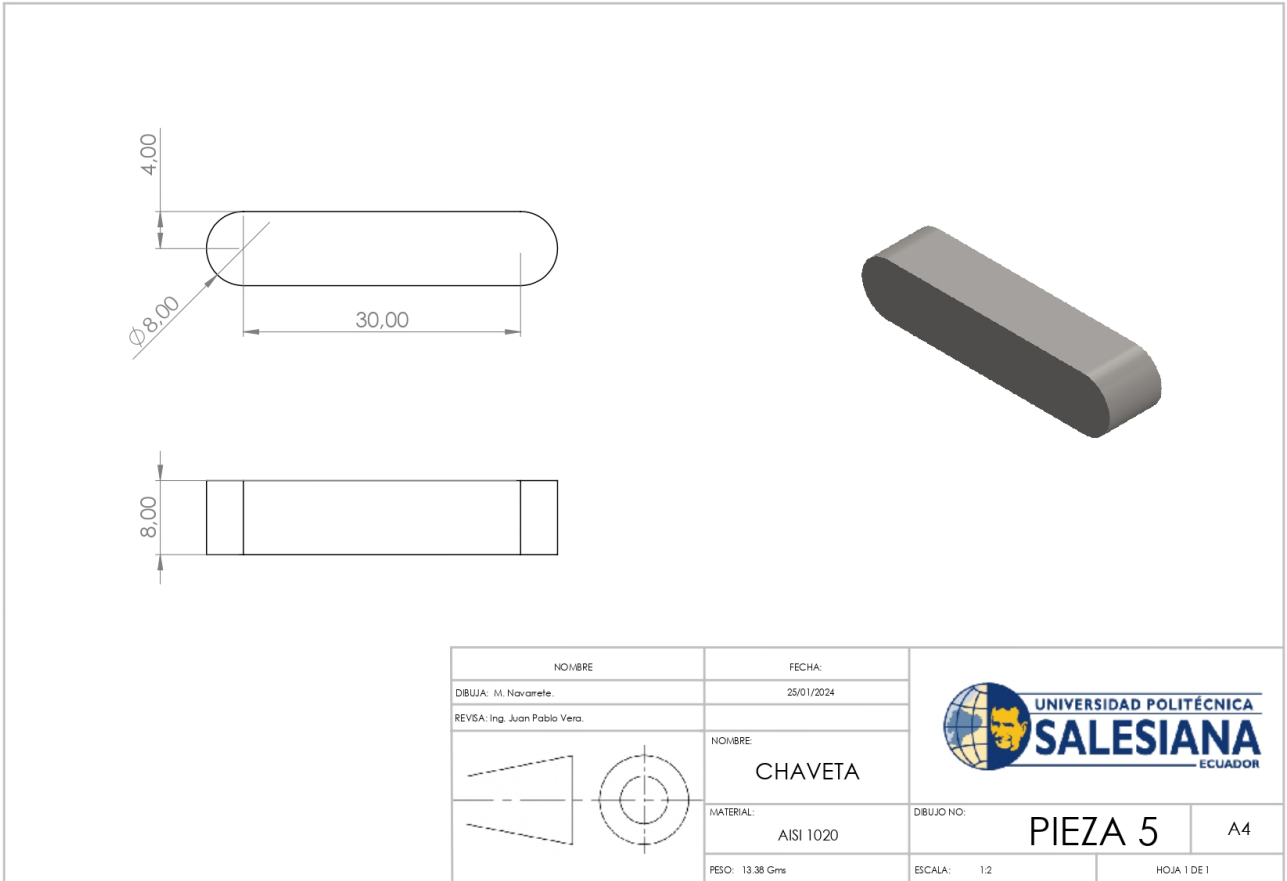
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 76: Base de torre



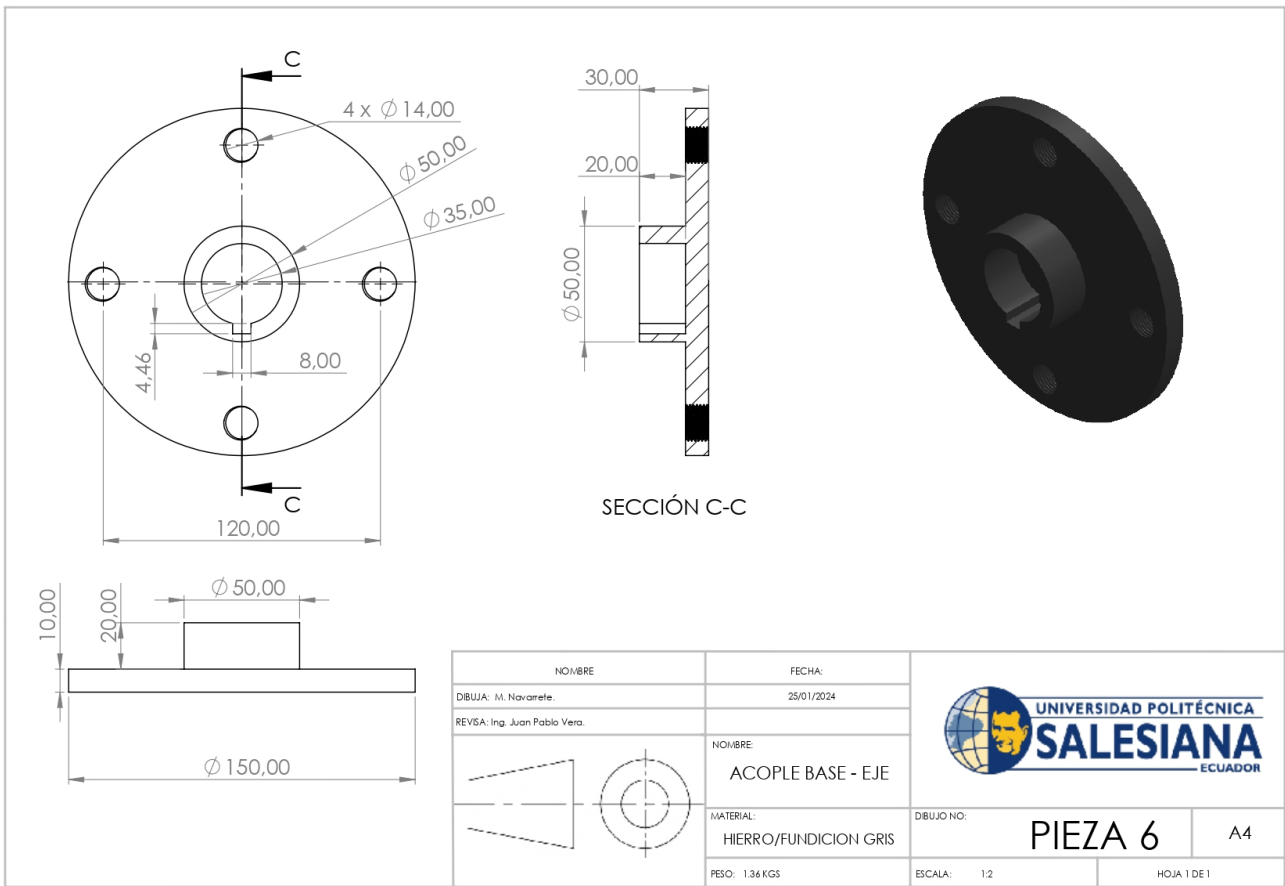
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 77: Catarina tipo B



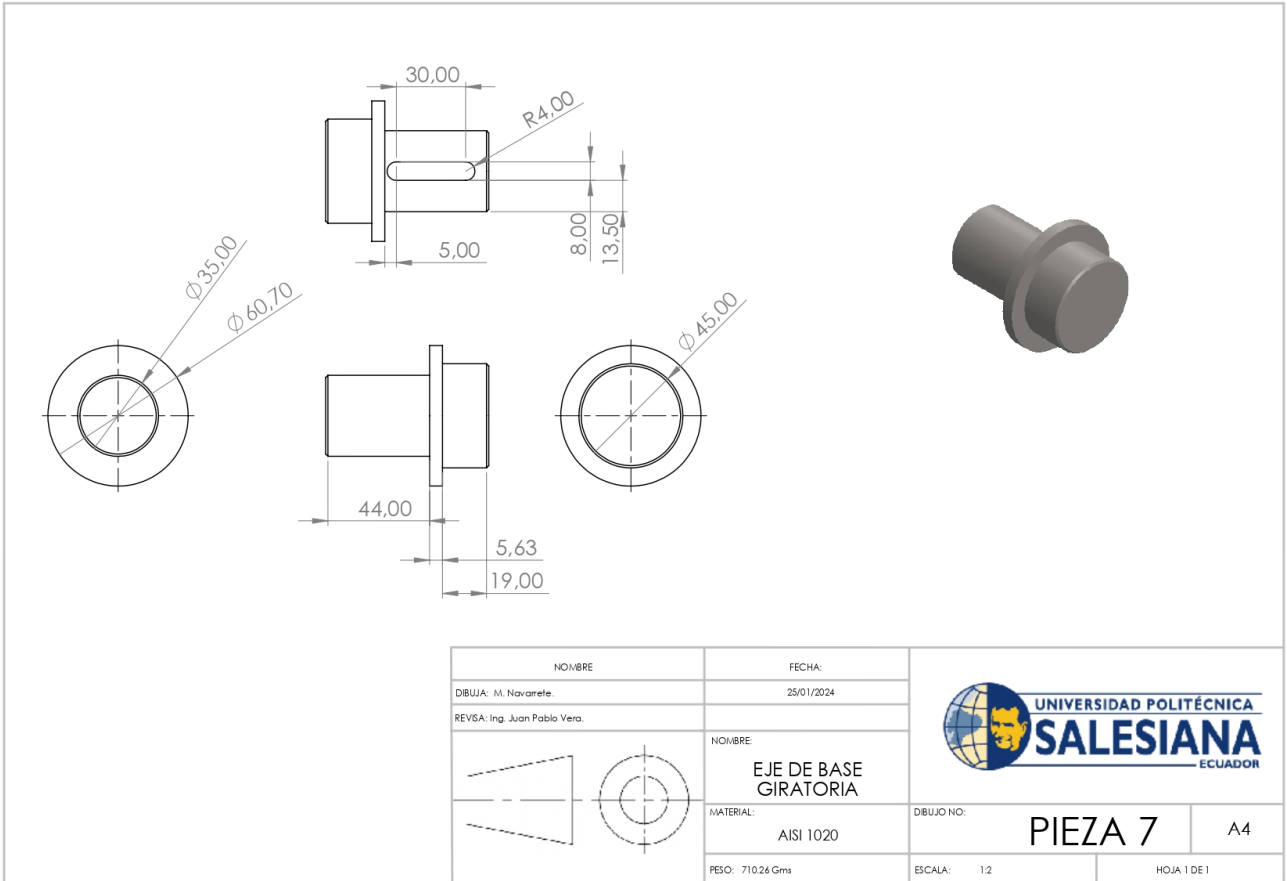
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 78: Chaveta



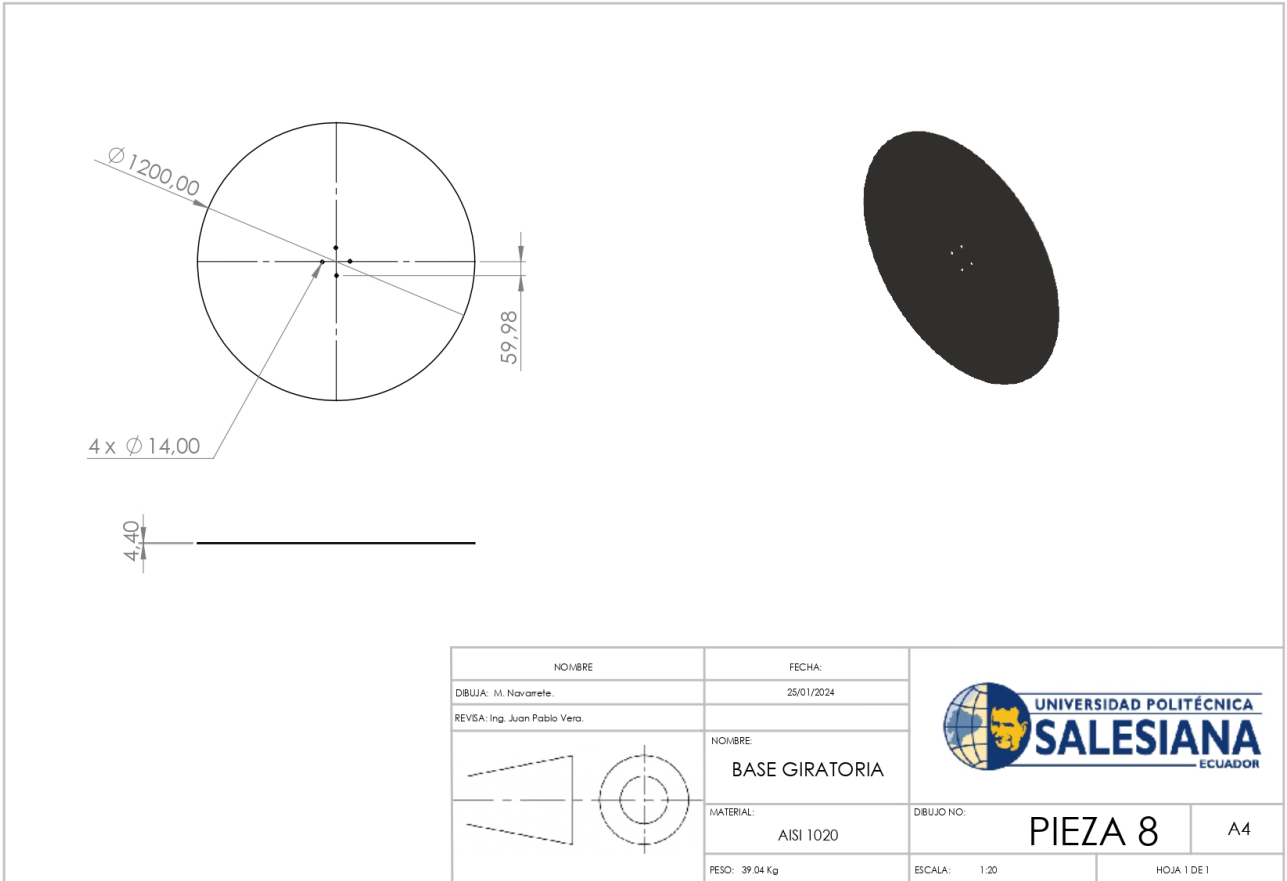
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 79: Acople Base - Eje



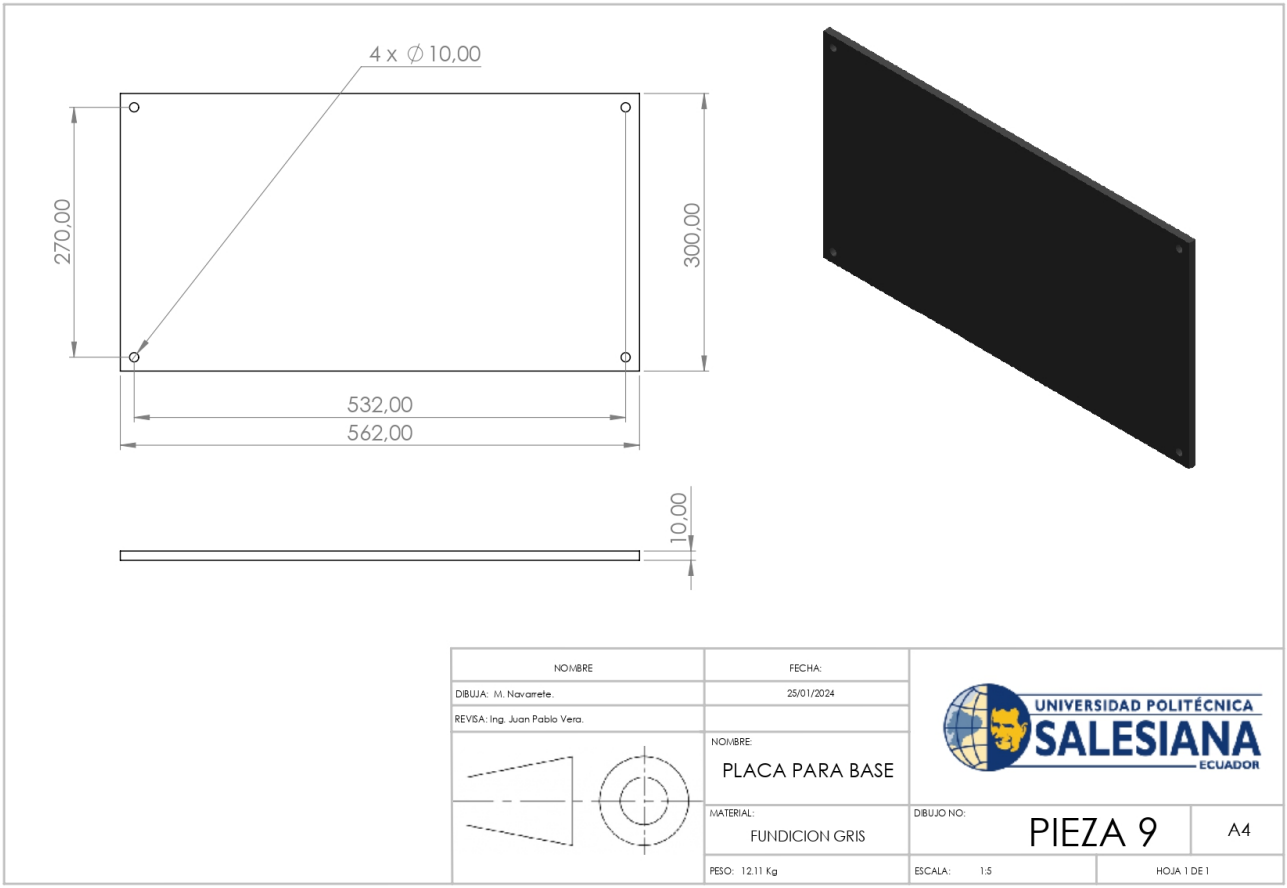
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 80: Eje de base giratoria



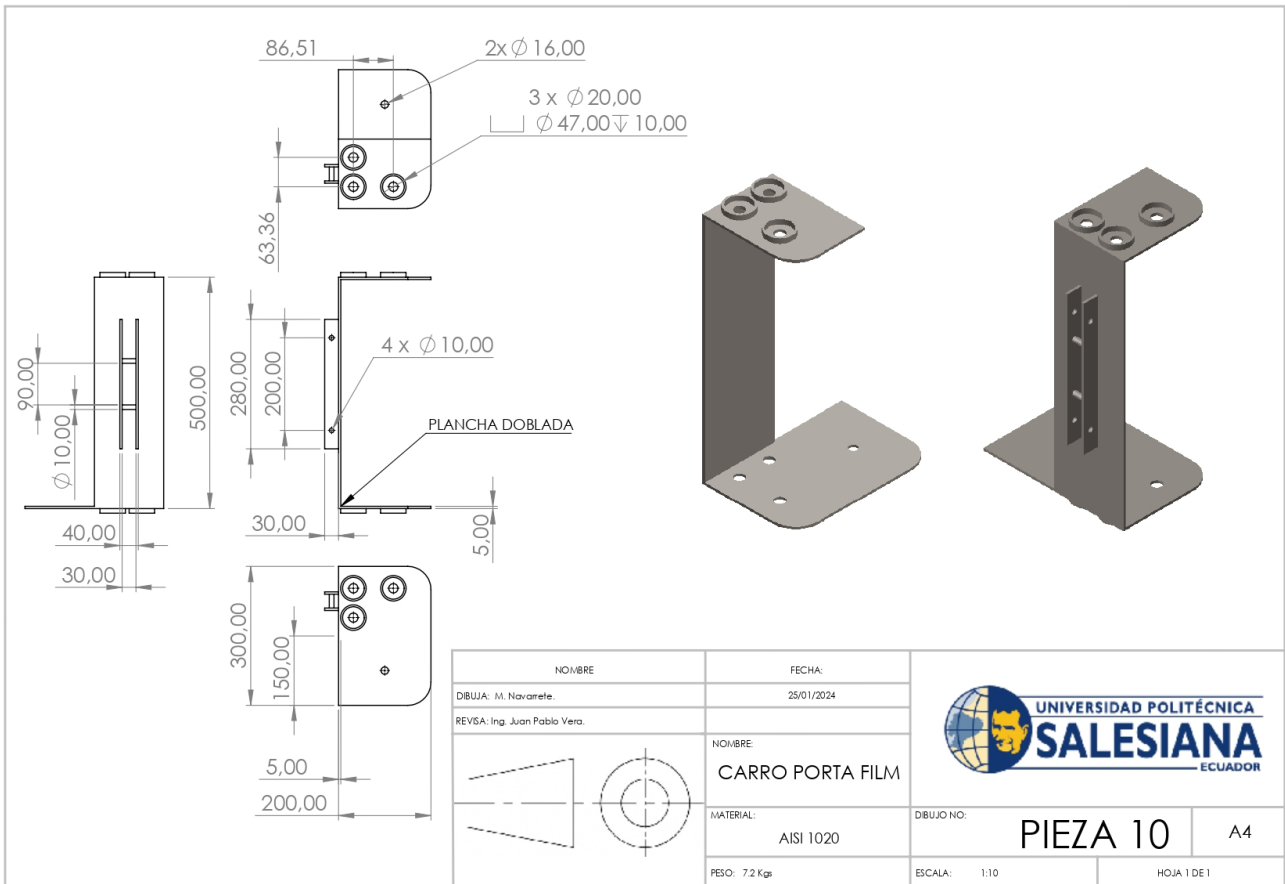
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 81: Base giratoria



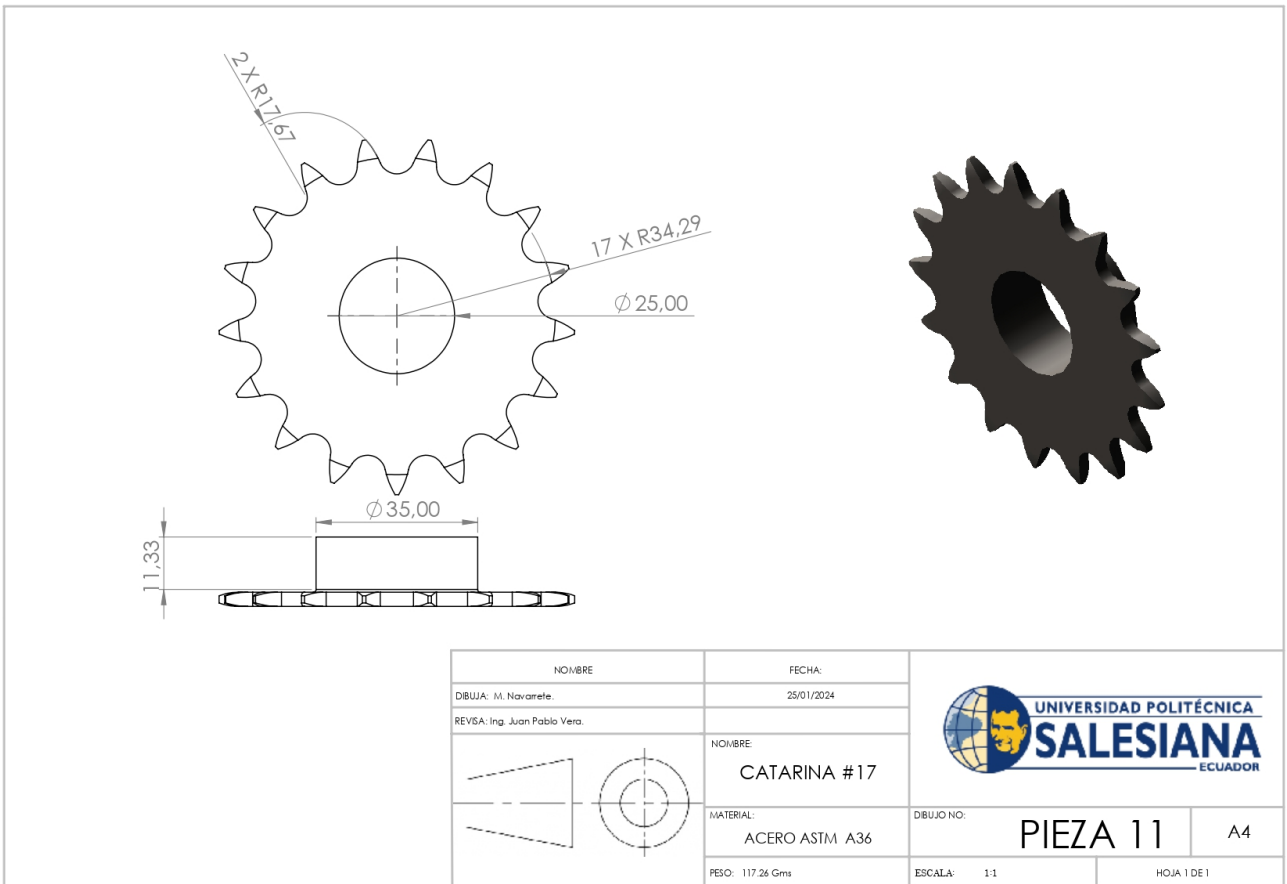
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 82: Placa para base



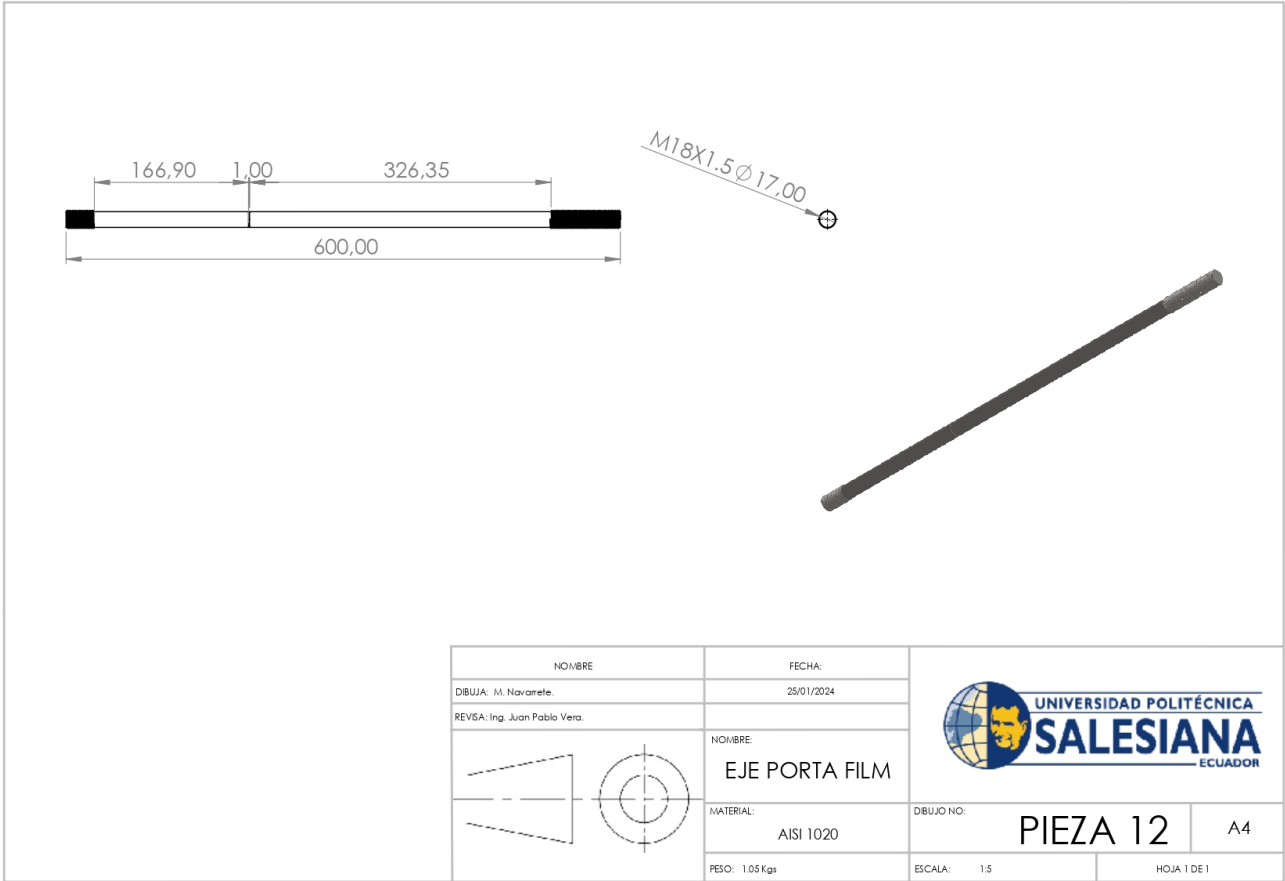
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 83: Carro Porta Film



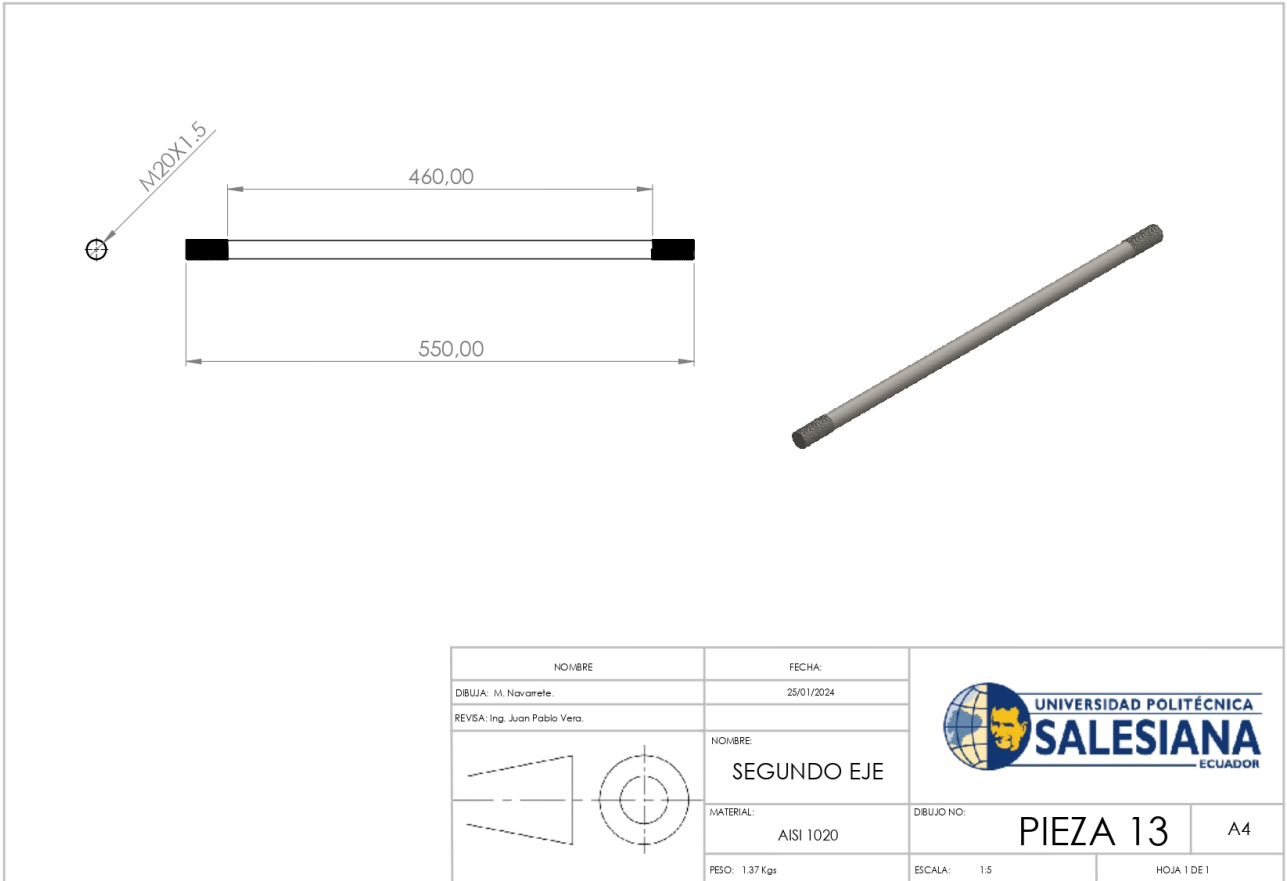
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 84: Catarina 17



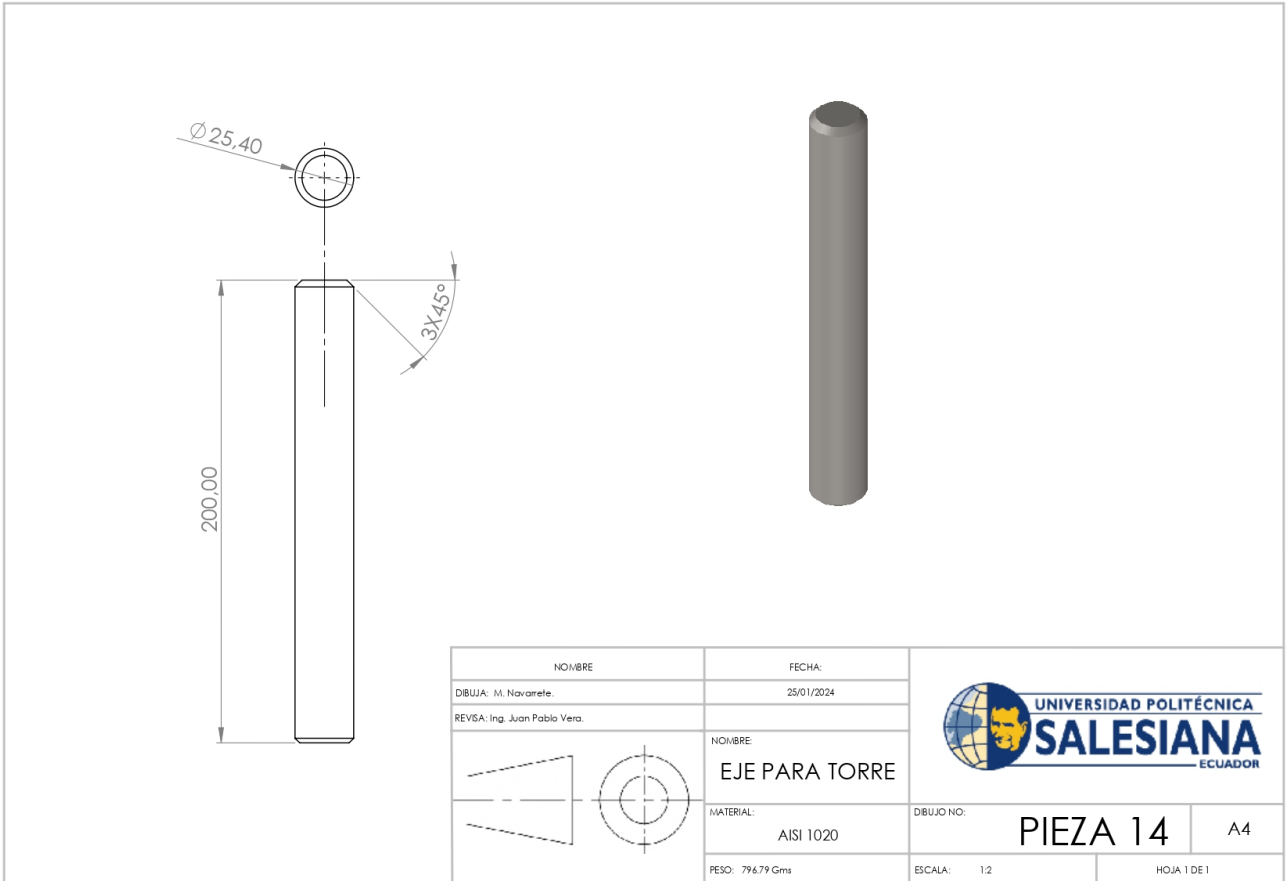
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 85: Eje Porta Film



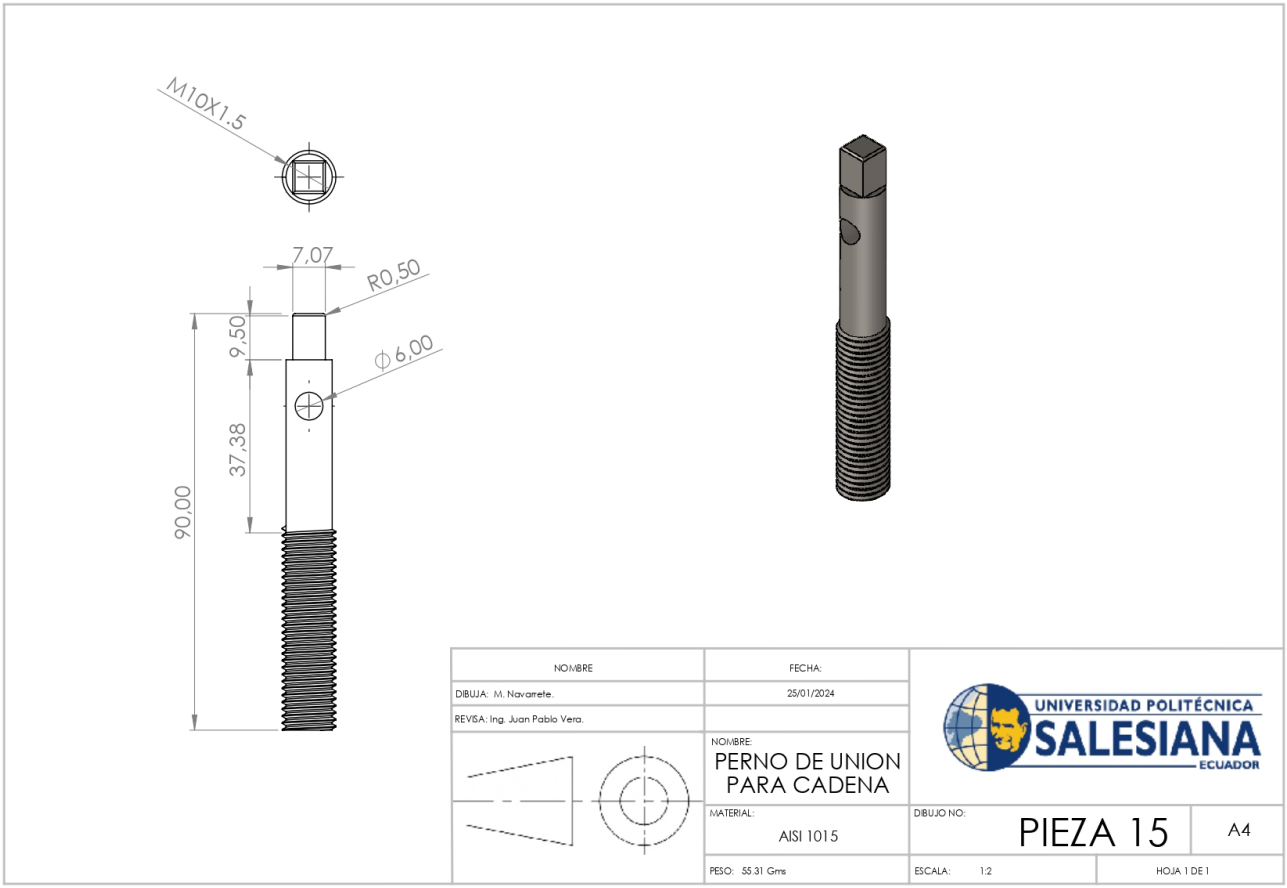
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 86: Segundo Eje Porta Film



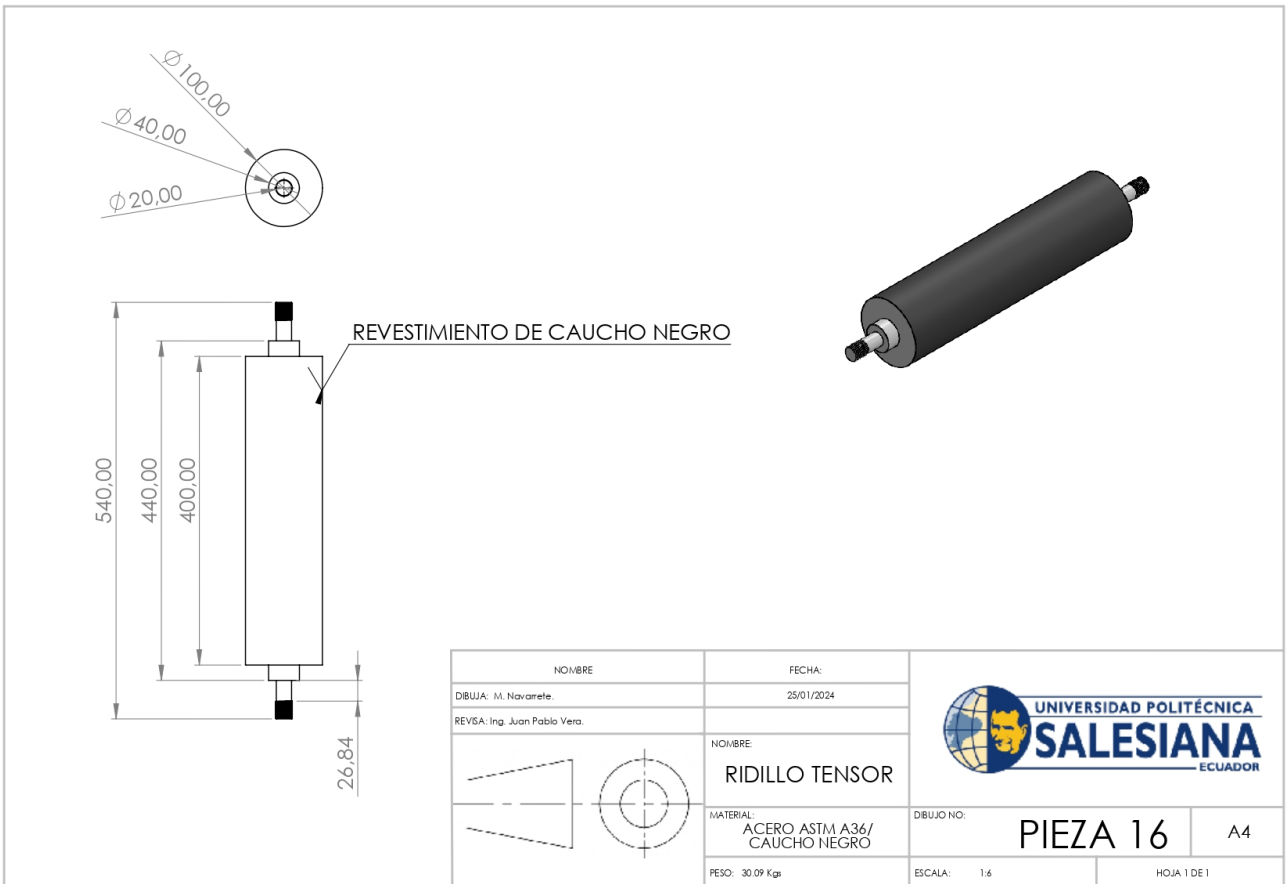
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 87: Eje para torre



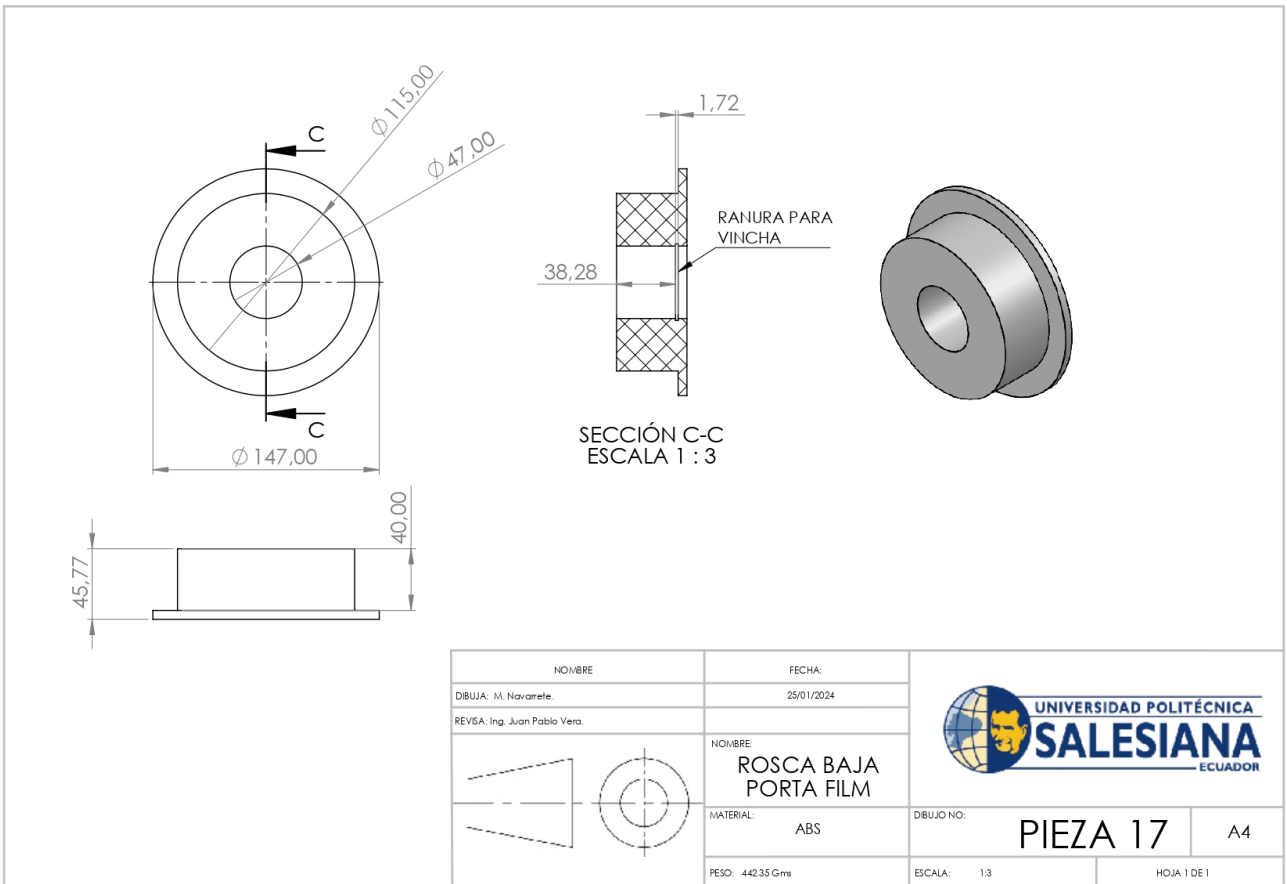
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 88: Perno de unión para cadena



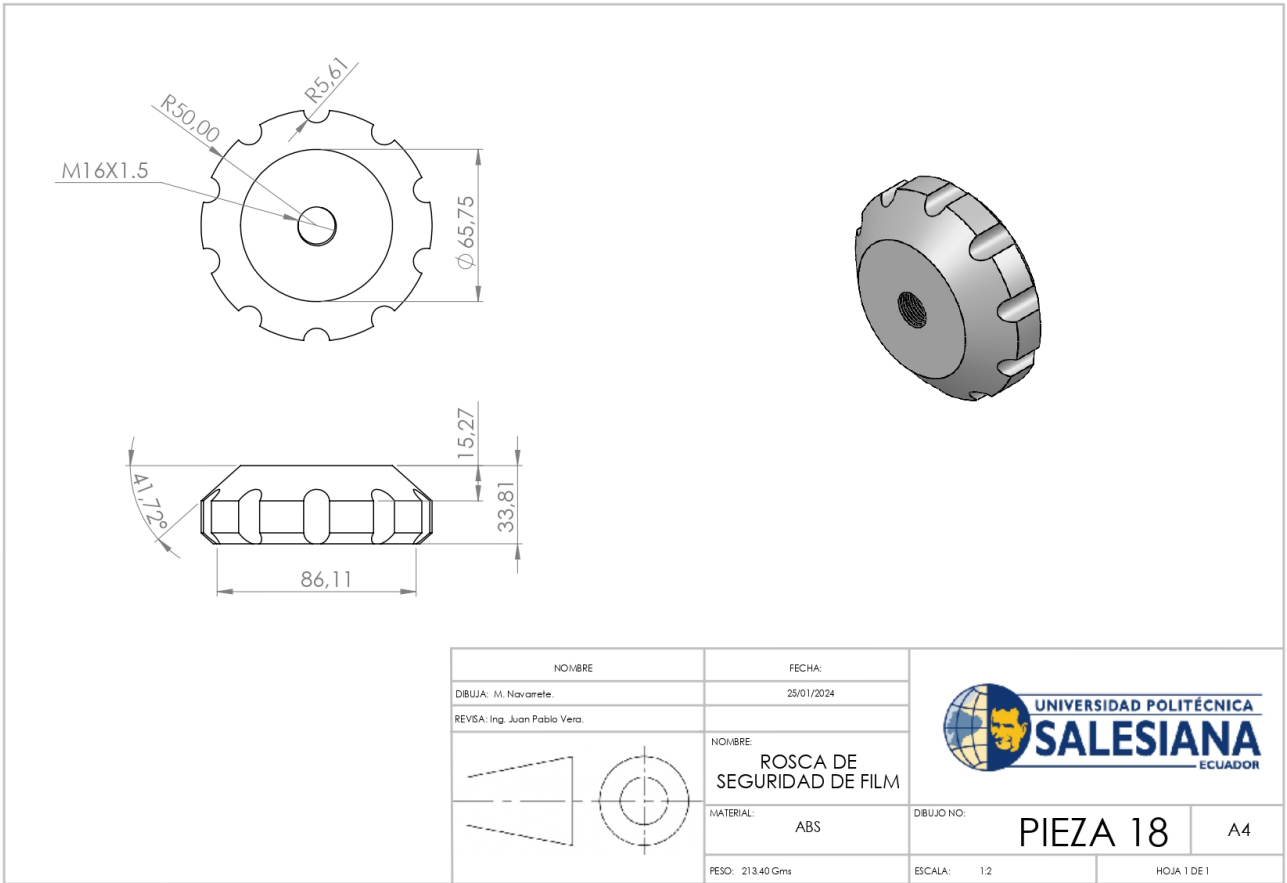
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 89: Rodillo Tensor



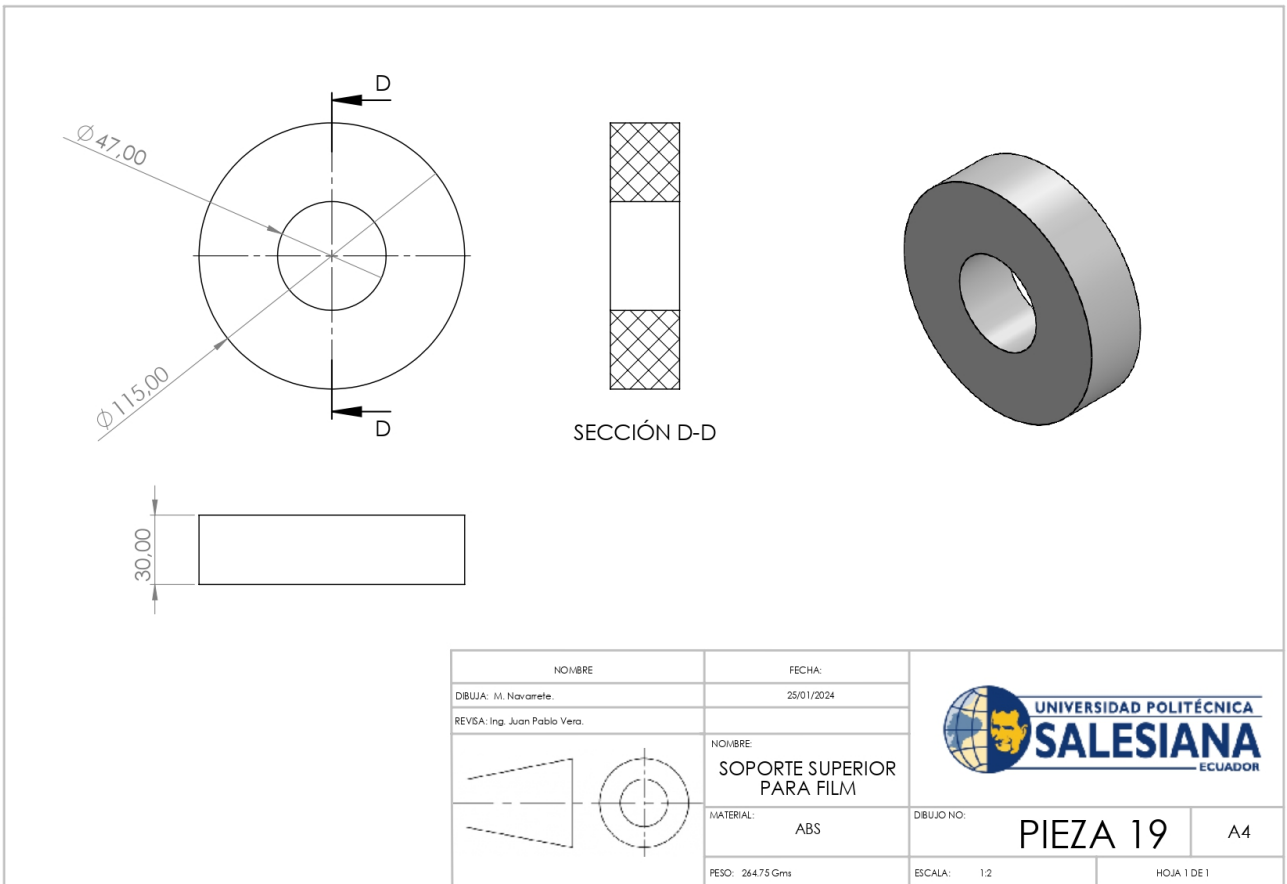
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 90: Rosca baja Porta Film



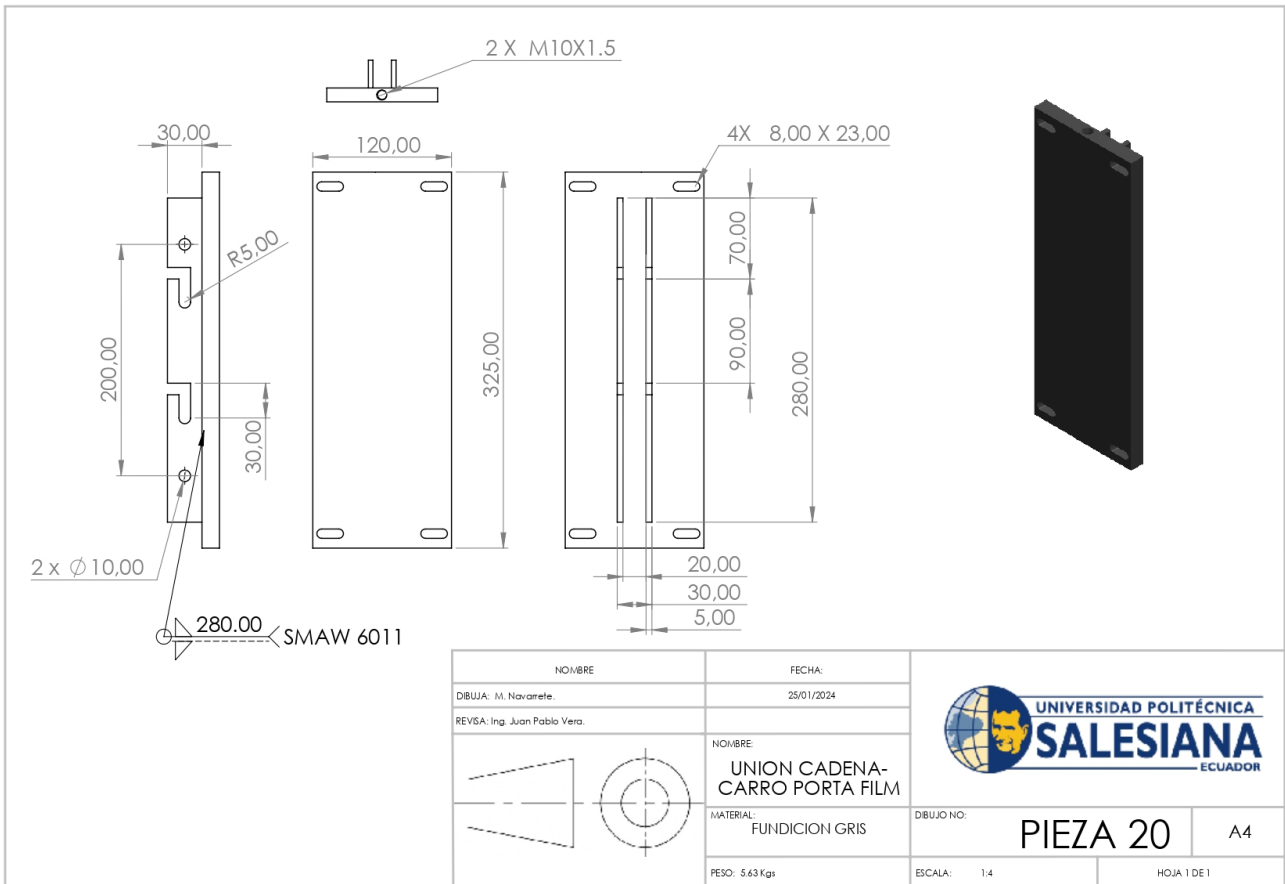
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 91: Rosca de seguridad de Film



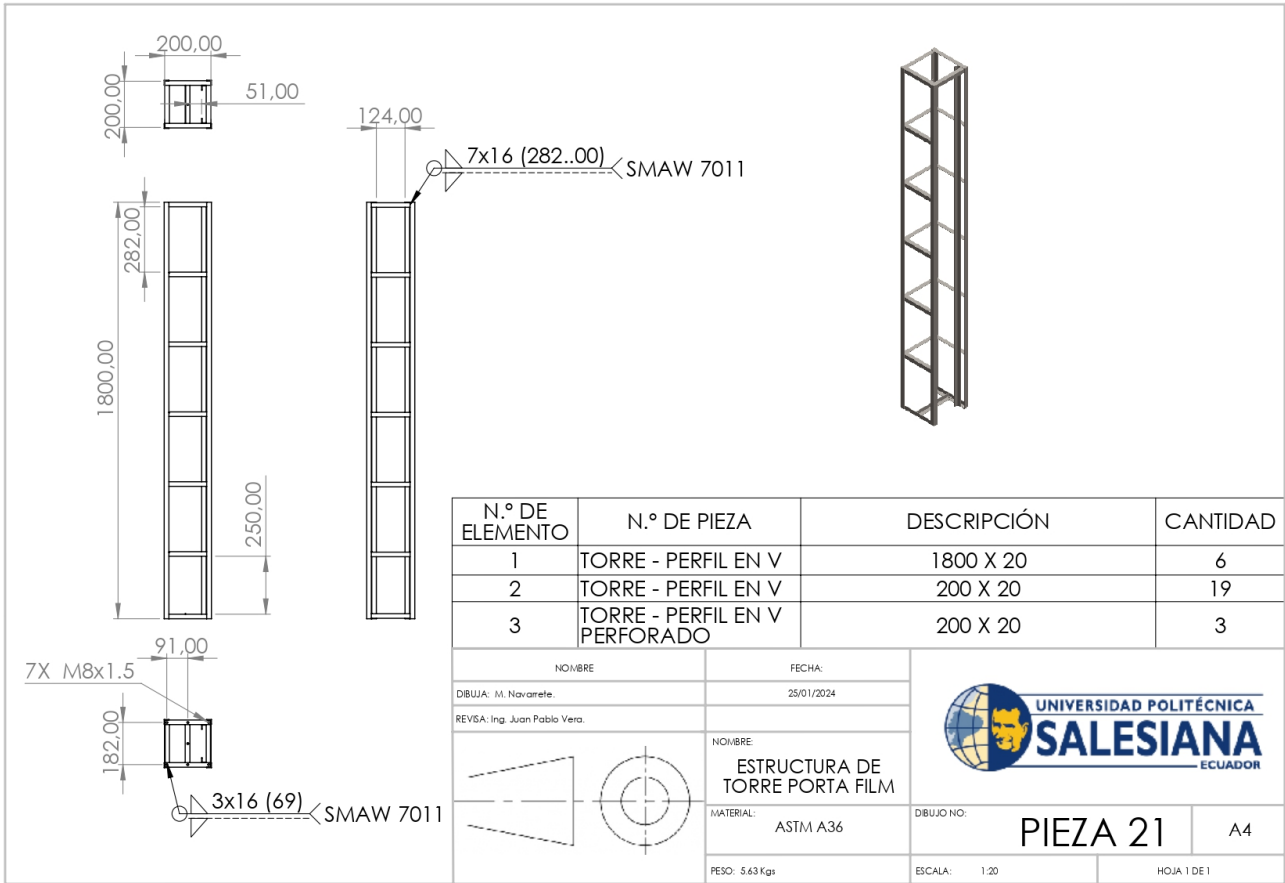
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 92: Soporte superior para Film



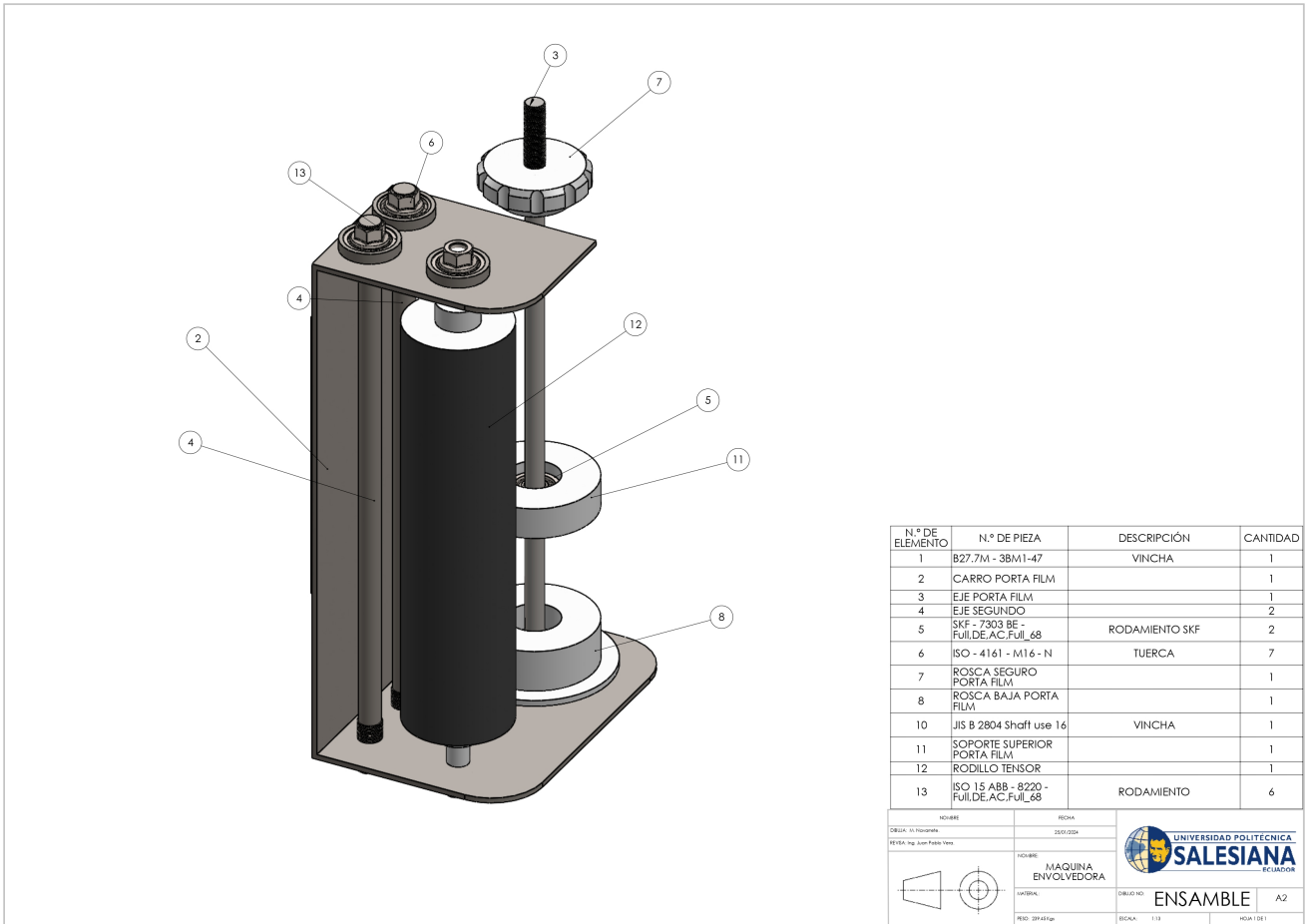
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 93: Unión cadena - carro porta Film



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 94: Estructura de torre Porta Film



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 95: Estructura de Sistema de pre-estirado

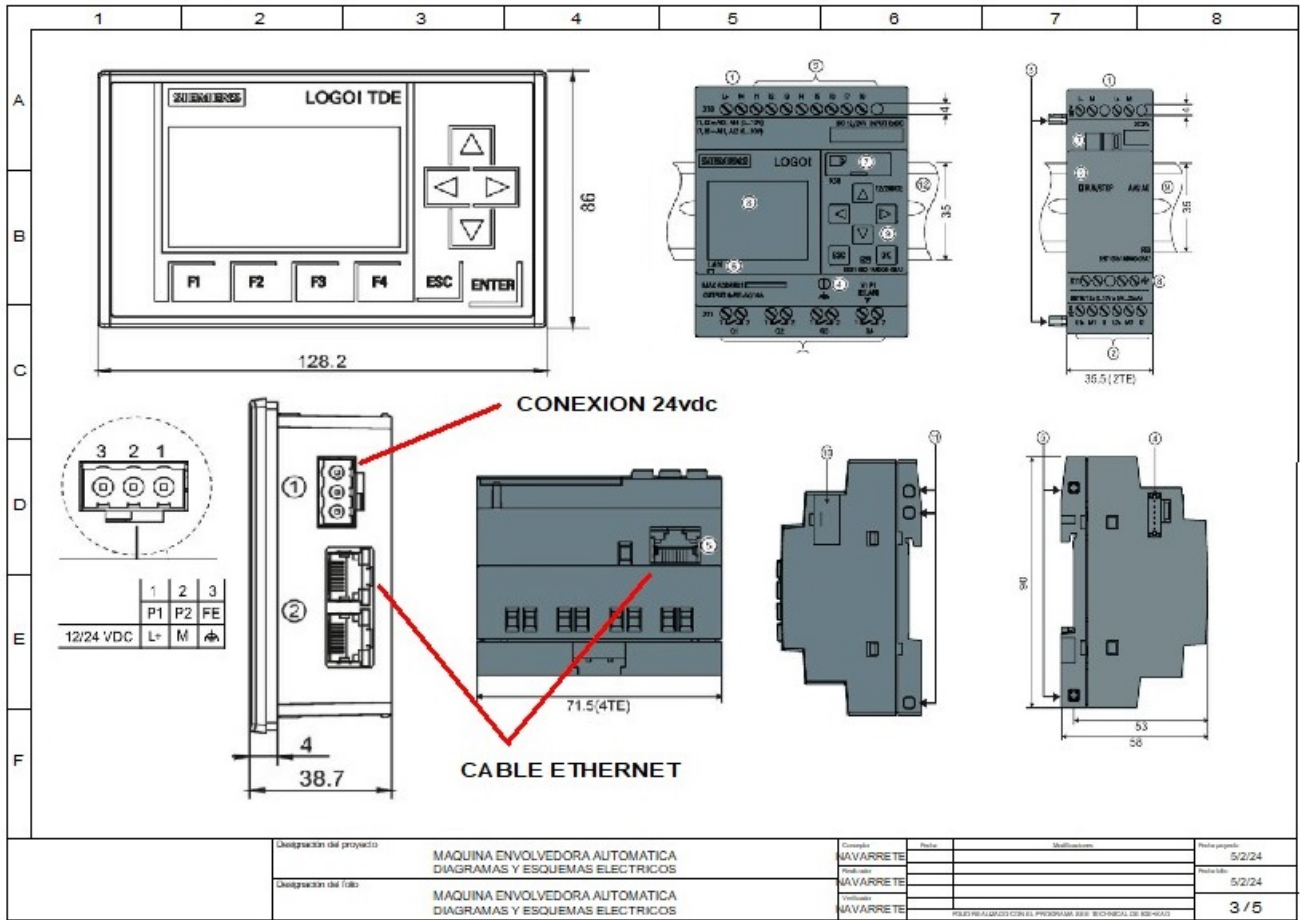


Figura 96: Planos PLC LOGO 8

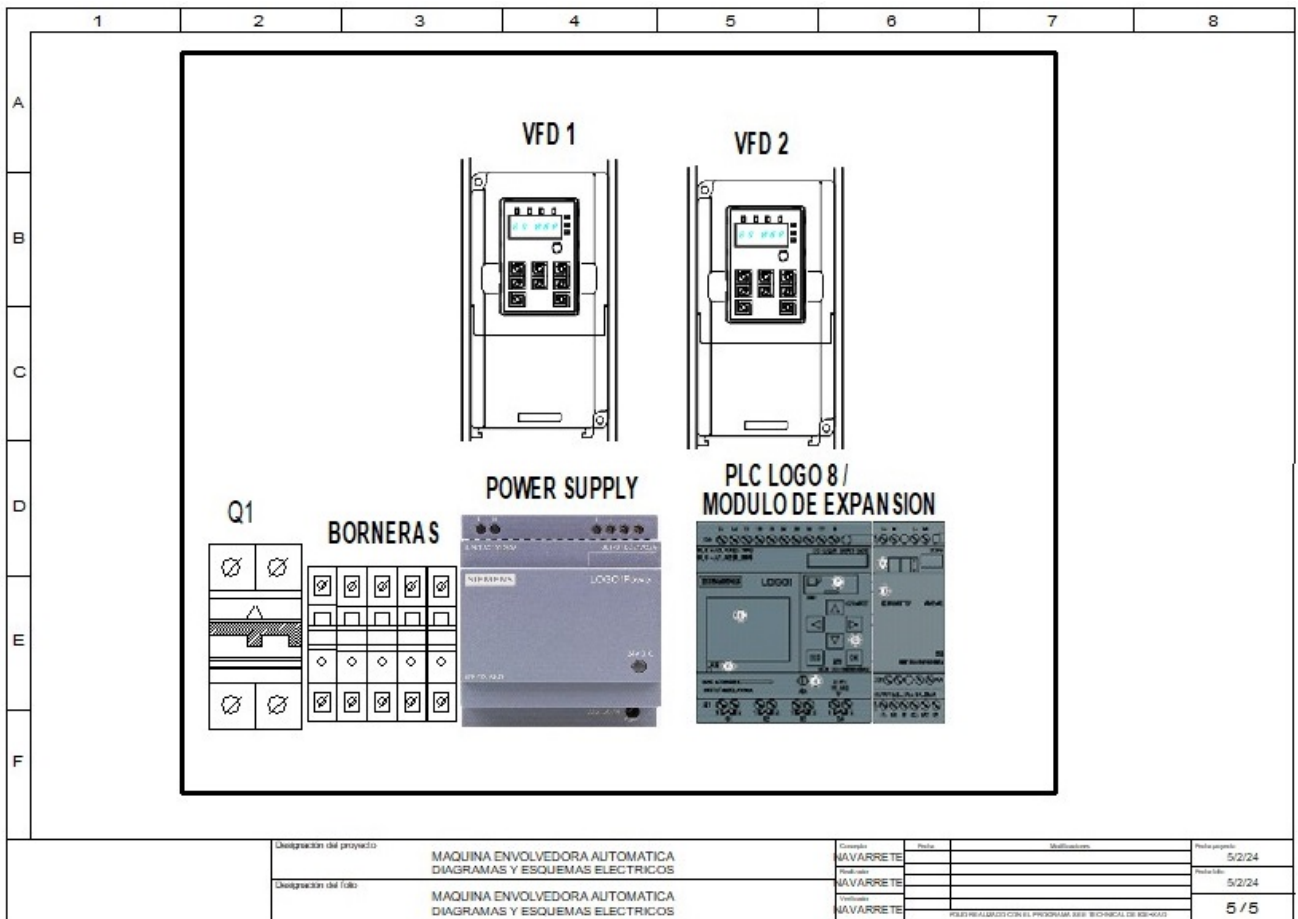


Figura 97: Distribución de los elementos de conexión en el PLC LOGO 8.



Figura 98: Estructura base giratoria ensamblada.



Figura 99: Estructura torre porta film ensamblada.



Figura 100: Estructura base giratoria y torre porta film ensamblada.



Figura 101: Sistema de pre-estirado ensamblada ensamblada.



Figura 102: Máquina embaladora automática vertical para cajas.

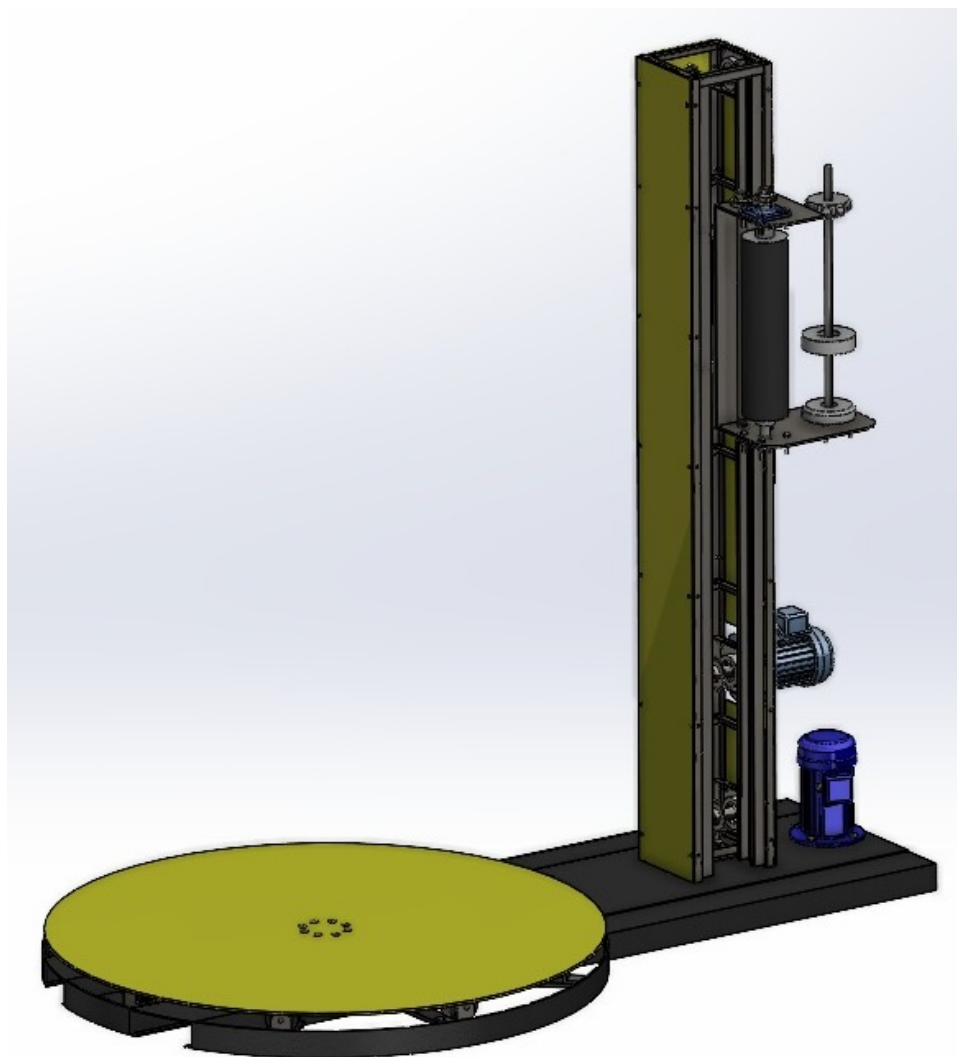


Figura 103: Máquina embaladora automática vertical diseñada en Soliworks.

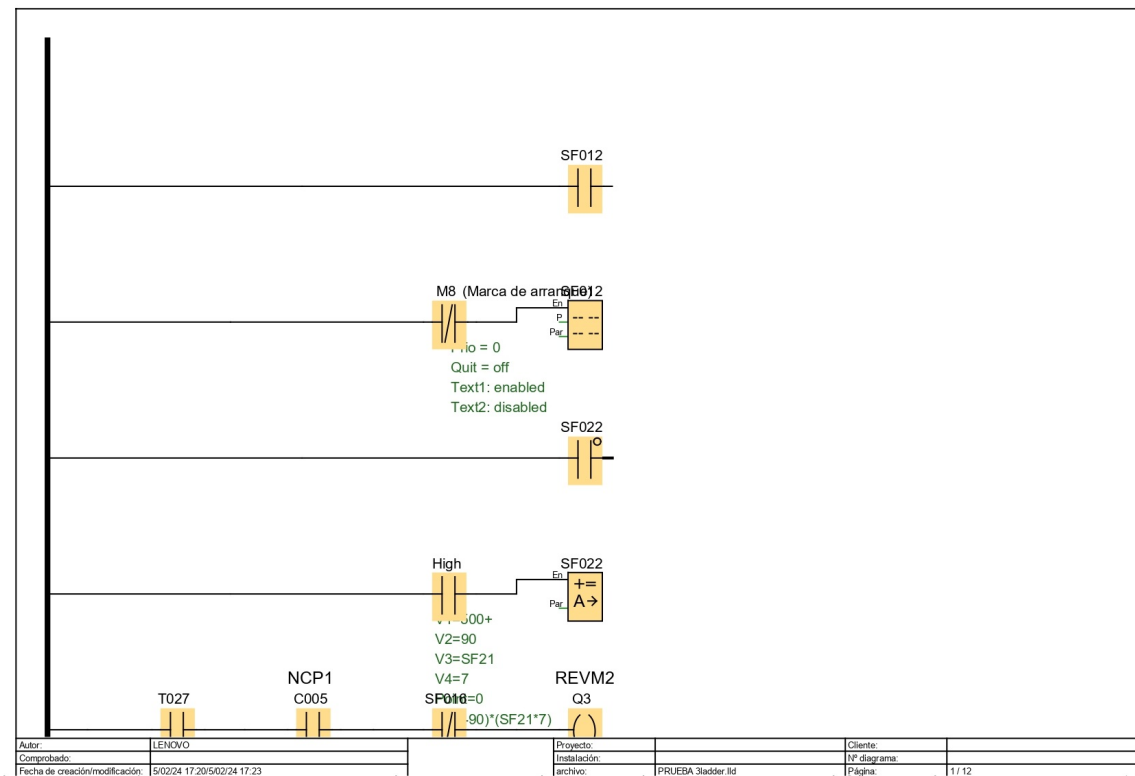


Figura 104: Código 1

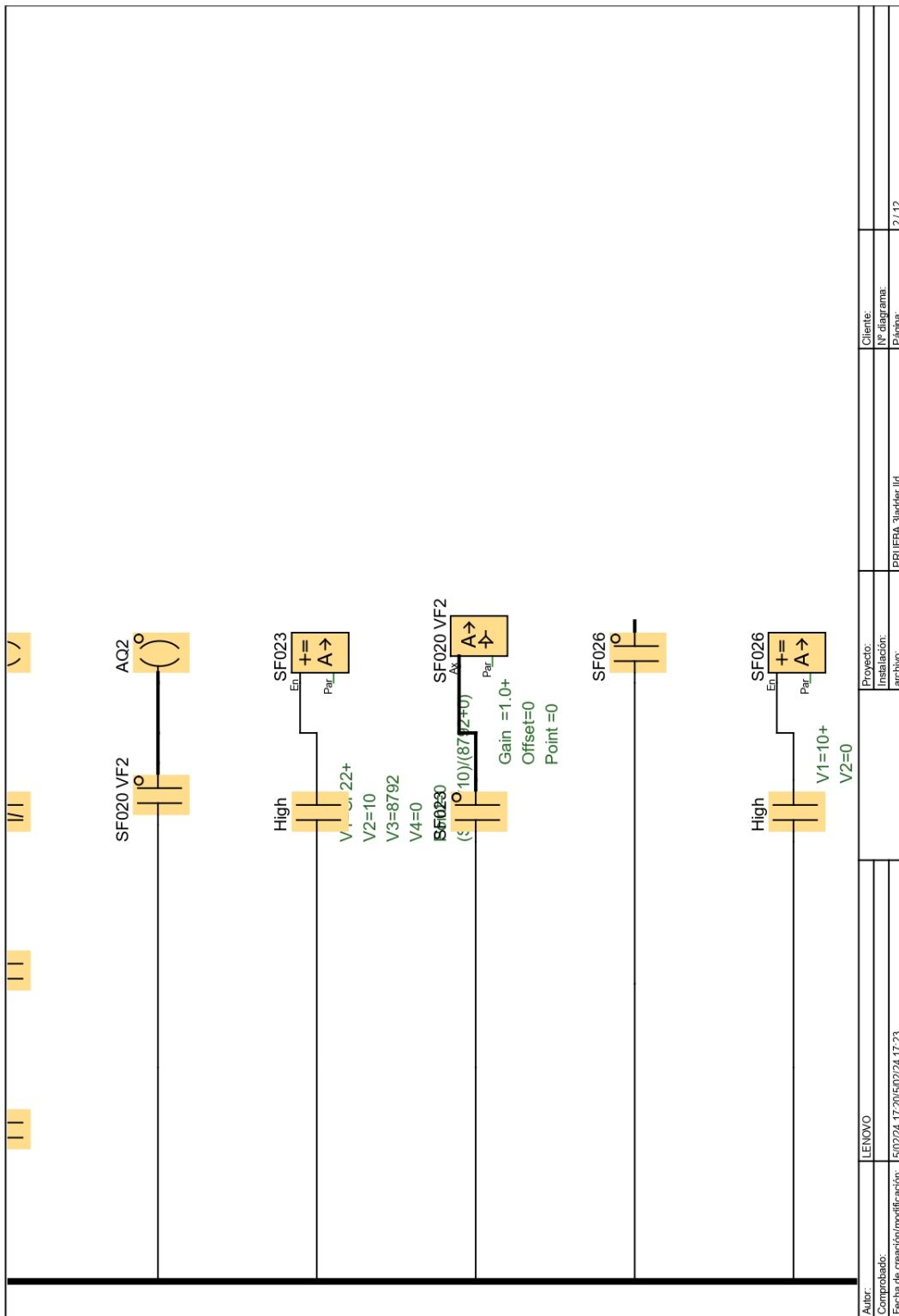


Figura 105: Código 2

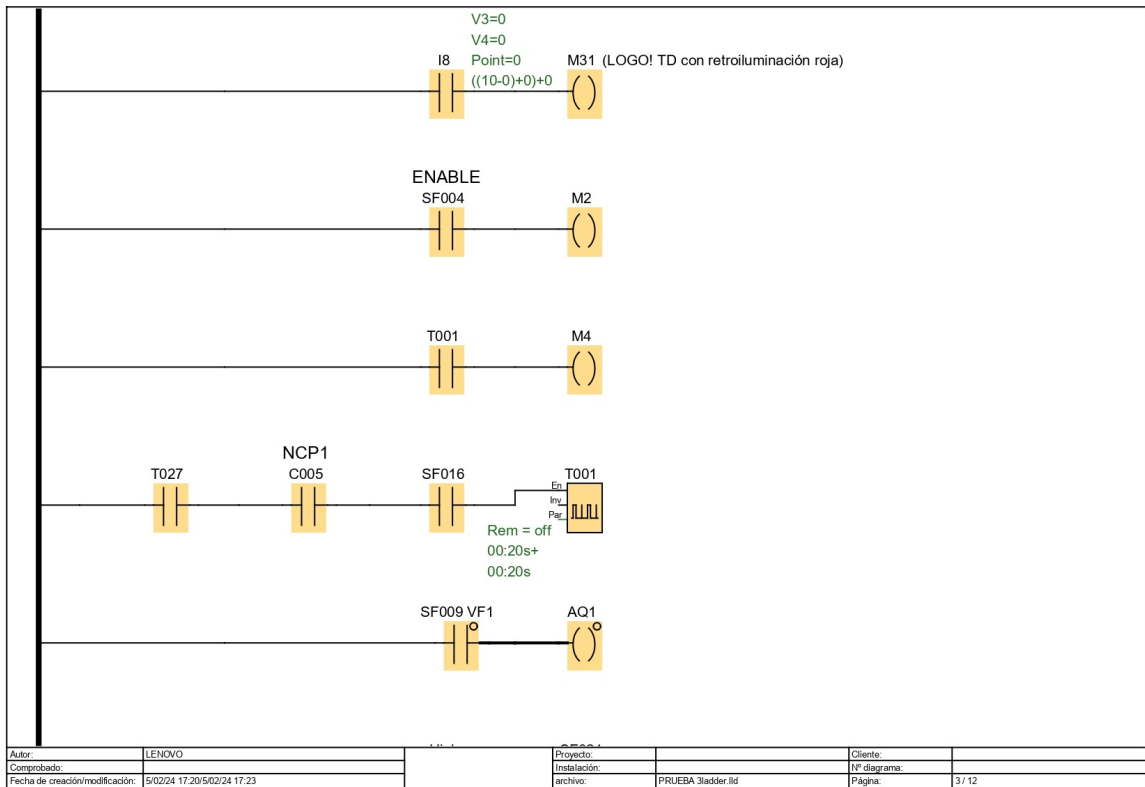


Figura 106: Código 3

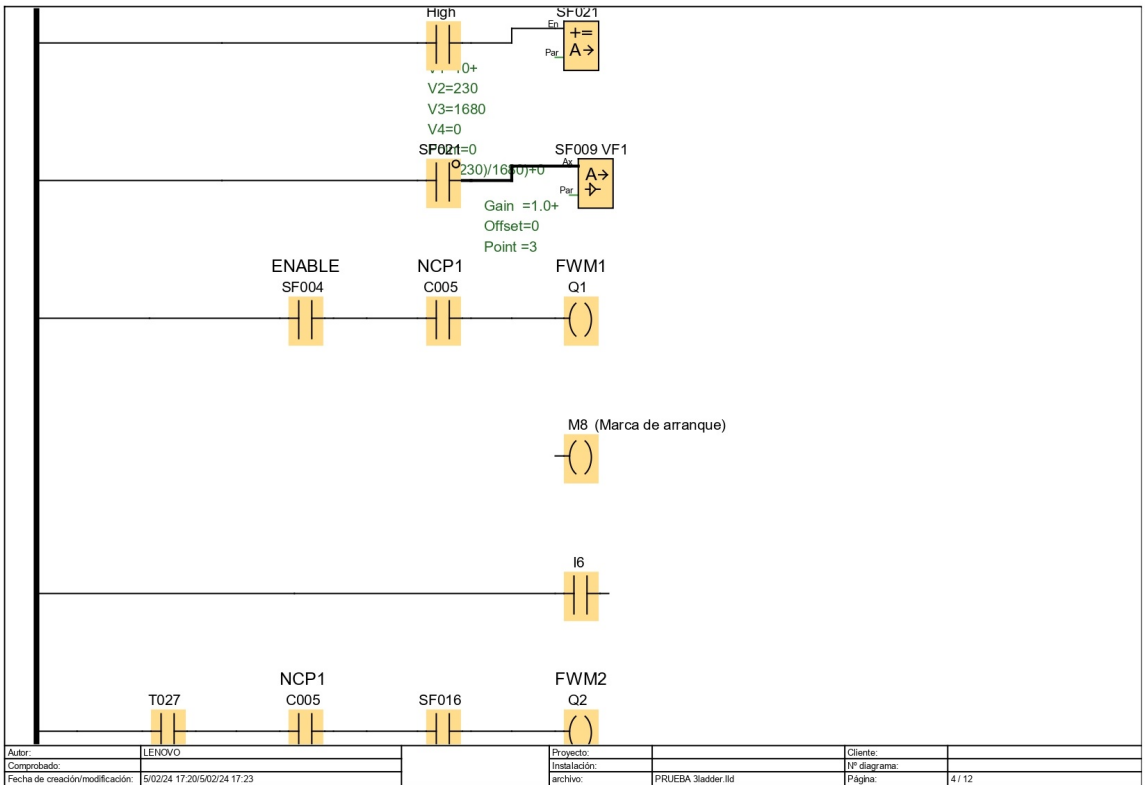


Figura 107: Código 4

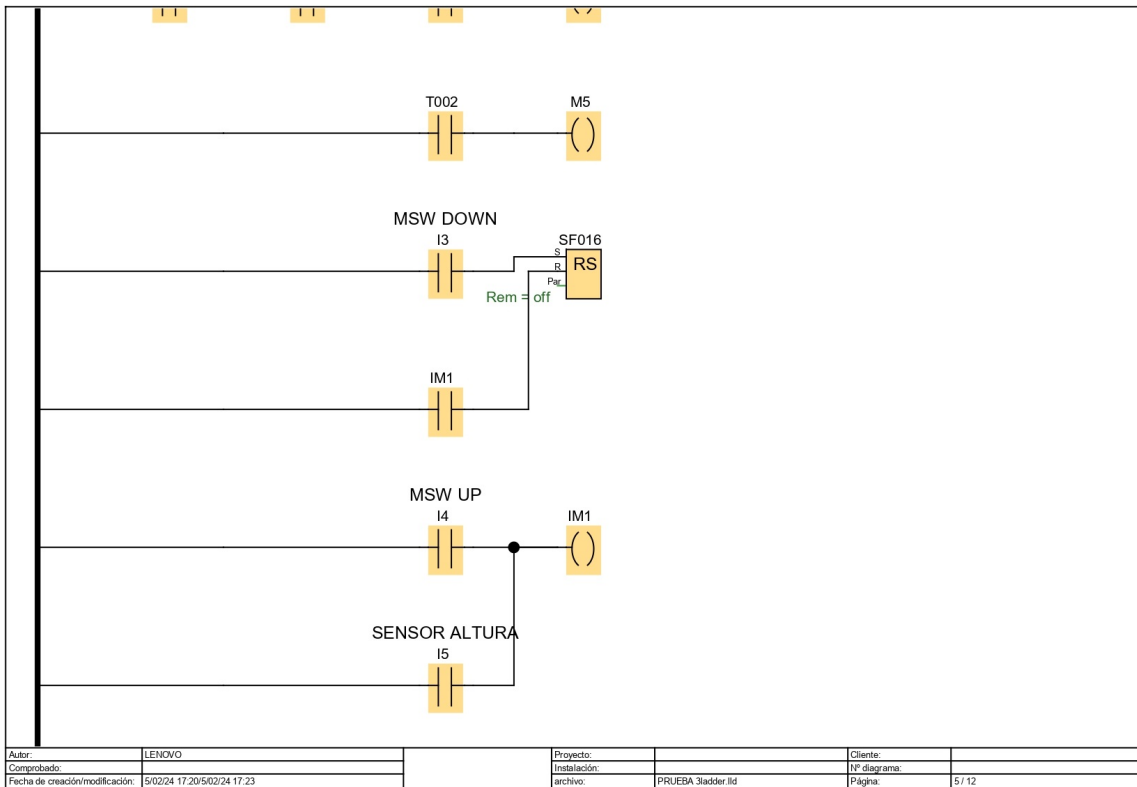


Figura 108: Código 5

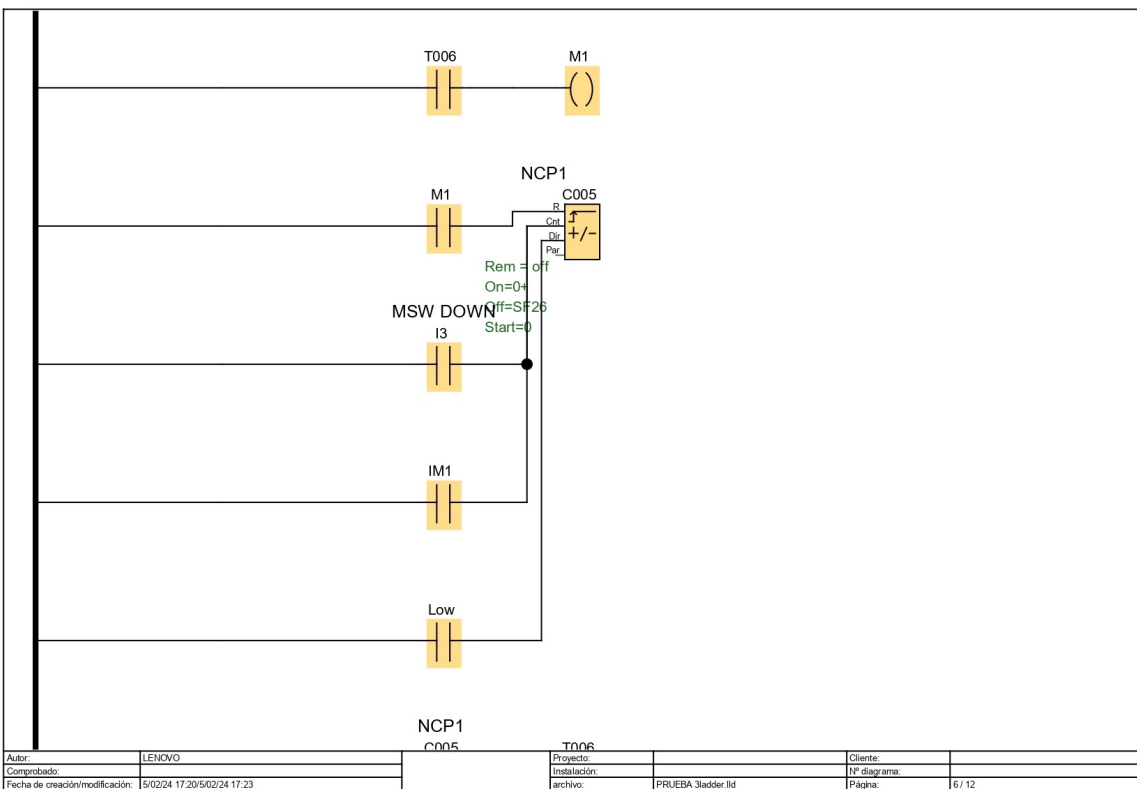


Figura 109: Código 6

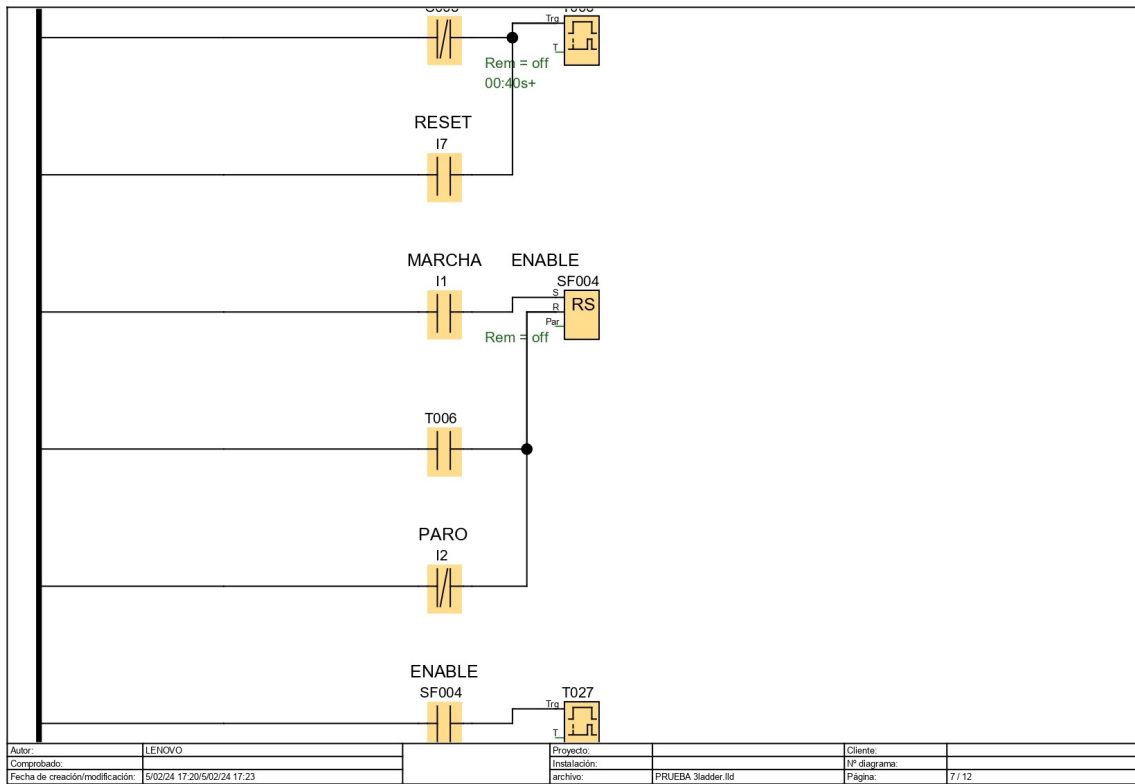


Figura 110: Código 7

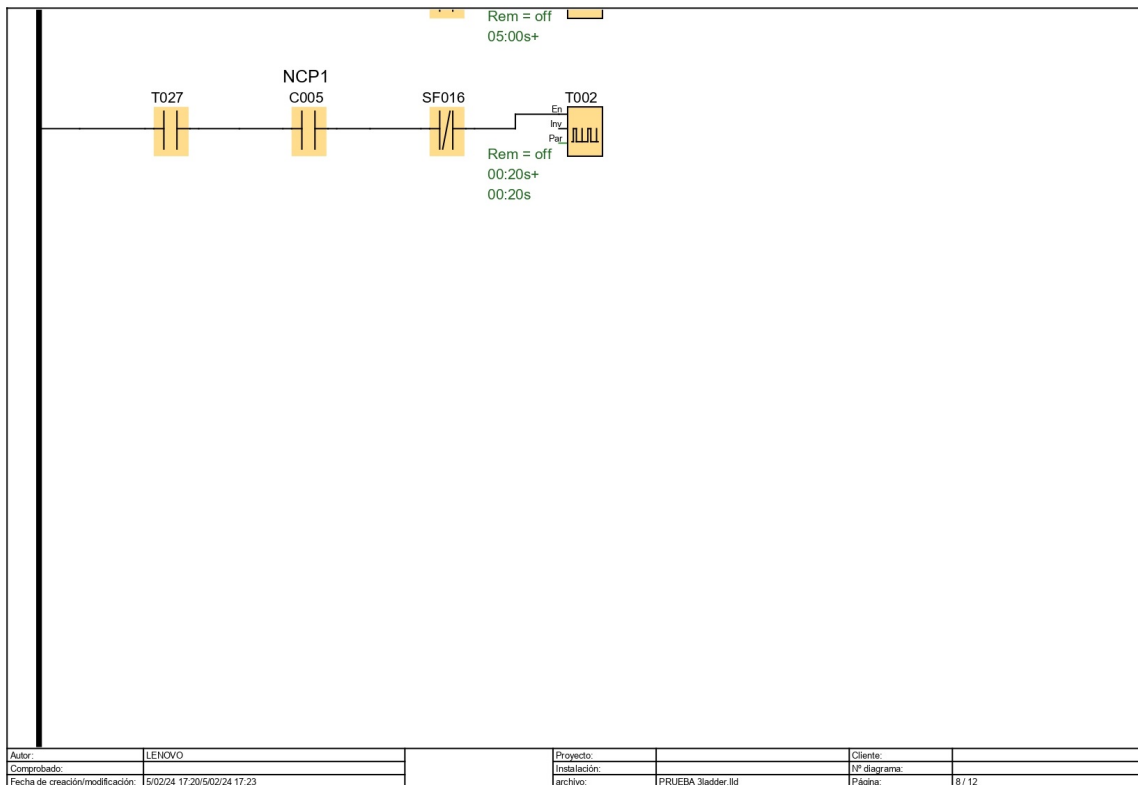


Figura 111: Código 8

Número de bloque (tipo)	Parámetro	
C005(Contacto normalmente abierto) : NCP1		
C005(Contacto normalmente abierto) : NCP1		
C005(Contacto normalmente abierto) : NCP1		
C005(Contacto normalmente abierto) : NCP1		
C005(Contador adelante/atrás) : NCP1	Rem = off On=0+ Off=-SF 26 Start=0	
C005(Contacto normalmente cerrado) : NCP1		
C005(Contacto normalmente abierto) : NCP1		
I1(Contacto normalmente abierto) : MARCHA		
I2(Contacto normalmente cerrado) : PARO		
I3(Contacto normalmente abierto) : MSW DOWN		
I3(Contacto normalmente abierto) : MSW DOWN		
I4(Contacto normalmente abierto) : MSW UP		
I5(Contacto normalmente abierto) : SENSOR ALTURA		
I7(Contacto normalmente abierto) : RESET		
Q1(Bobina) : FWM1		
Q2(Bobina) : FWM2		
Q3(Bobina) : REVM2		
SF004(Contacto normalmente abierto) : ENABLE		
SF004(Contacto normalmente abierto) : ENABLE		
SF004(Relé autoenclavador) : ENABLE	Rem = off	
Autor: LENOVO	Proyecto:	Cliente:
Comprobado:	Instalación:	Nº diagrama:
Fecha de creación/modificación: 17:20:51/02/24 17:23	archivo: PRUEBA 3ladder.ild	Página: 9 / 12

Figura 112: Código 9

Número de bloque (tipo)		Parámetro			
SF026(Instrucción aritmética) :		V1=10+ V2=0 V3=0 V4=0 Point=0 ((10-0)+0)+0			
T001(Generador de impulsos asíncrono) :		Rem = off 00:20s+ 00:20s			
T002(Generador de impulsos asíncrono) :		Rem = off 00:20s+ 00:20s			
T006(Retardo a la conexión) :		Rem = off 00:40s+			
T027(Retardo a la conexión) :		Rem = off 05:00s+			
Autor:		LENOVO		Proyecto:	
Comprobado:				Instalación:	
Fecha de creación/mod:		5/2/2017:20:5/02/24 17:23		archivo: PRUEBA 3ladder.lld	
				Cliente:	
				Nº diagrama:	
				Página: 11 / 12	

Figura 114: Código 11

Conector	Rotulación
I1	
I2	
I3	
I4	
I5	
I6	
I7	
I8	
AQ1	
AQ2	
IM1	
M1	
M2	
M31	LOGO! TD con retroiluminación roja
M4	
M5	
M8	Marca de arranque
Q1	
Q2	
Q3	
Autor:	LENOVO
Comprobado:	
Fecha de creación/modif:	5/2/24 17:20/5/02/24 17:23
Proyecto:	
Instalación:	
archivo:	PRUEBA 3ladder.1ld
Cliente:	
Nº diagrama:	
Página:	12 / 12

Figura 115: Código 12