



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA ENFARDADORA PARA LA PRESENTACIÓN DE 5KG
PARA EL ÁREA DE POLVO DETERGENTE EN UNA EMPRESA JABONERA DE LA
CIUDAD DE QUITO.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Autor

Flores Maila Ricardo Patricio

Tutor

Ing. Gerardo Rigoberto Arteaga Rodríguez MSc.

QUITO – ECUADOR

2023

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ricardo Patricio Flores Maila, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “DISEÑO DE UNA ENFARDADORA PARA LA PRESENTACIÓN DE 5KG PARA EL ÁREA DE POLVO DETERGENTE EN UNA EMPRESA JABONERA DE LA CIUDAD DE QUITO”, como requisito para optar al grado de “INGENIERO INDUSTRIAL” y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que confines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 08 días del mes de febrero de 2023, firmo conforme:

Autor: Flores Maila Ricardo Patricio

Firma: .....

Número de Cédula: 1721642203

Dirección: Pichincha, Quito, Mitad Del Mundo, Calacali. Correo Electrónico: richard2507@hotmail.com

Teléfono: 0987522610

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “DISEÑO DE UNA MÁQUINA ENFARDADORA PARA LA PRESENTACIÓN DE 5KG PARA EL ÁREA DE POLVO DETERGENTE EN UNA EMPRESA JABONERA DE LA CIUDAD DE QUITO.” presentado por RICARDO PATRICIO FLORES MAILA, para optar por el Título de INGENIERO INDUSTRIAL

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 08 de febrero del 2023.

Ing. Gerardo Rigoberto Arteaga Rodríguez MSc.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 08 de febrero de 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ricardo Flores', is written over a horizontal dotted line.

Ricardo Patricio Flores Maila

C.I: 1721642203

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: “DISEÑO DE UNA MÁQUINA ENFARDADORA PARA LA PRESENTACIÓN DE 5KG PARA EL ÁREA DE POLVO DETERGENTE EN UNA EMPRESA JABONERA DE LA CIUDAD DE QUITO.”, previo a la obtención del Título de INGENIERO INDUSTRIAL, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 08 de febrero de 2023

.....

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

VOCAL

.....

VOCAL

DEDICATORIA

Primero quiero agradecer a Dios por ayudarme a llegar hasta estos momentos de mi carrera, porque nunca me abandona en los peores momentos de mi vida, también quiero agradecer a mi esposa y a mis hijas que durante este tiempo no pude dedicarles el tiempo que ellas quisieron y por ayudarme en lo que necesité, a mi madre y a mi padre por su apoyo incondicional, por guiarme y hacerme una persona de bien y darme fuerzas para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa Jabonería Wilson por ayudarme a crecer profesionalmente y por la apertura de sus instalaciones para poder realizar este proyecto investigativo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	3
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	4
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	14
ÍNDICE DE ANEXOS.....	18
RESUMEN EJECUTIVO	20
ABSTRACT.....	22
CAPÍTULO I.....	23
INTRODUCCIÓN	23
Antecedentes	26
Justificación.....	27
Objetivos	28
Objetivo general	28
Objetivos específicos.....	28
CAPÍTULO II	29
INGENIERÍA DEL PROYECTO	29
Productos de la empresa.....	29
Proceso de elaboración del polvo detergente	30

Descripción del proceso de elaboración del polvo detergente	31
Elaboración de neutro.....	31
Máquina envasadora.....	35
Proceso actual del enfardado manual	37
Presentación final del fundón	41
Presentación final del pallet	41
Peso del Fundón de Polvo detergente.....	42
Fallas en el proceso de empaque y enfardado manual en la producción en el año 2021.....	43
Análisis del diagrama de Ishikawa (causa efecto).....	49
Proceso de enfardado automático.....	50
Producto a enfardar	51
Dimensiones de las fundas de Polvo detergente.....	51
Dimensiones de fundón	52
Situación actual versus la propuesta.....	53
Estudio de la producción	55
Costos por desperdicio	59
Área de estudio.....	60
Modelo operativo	61
CAPÍTULO III	64
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	64
Modelo descriptivo del proceso de diseño	65
Selección de alternativas de la máquina enfardadora semiautomática.....	67
Ponderación de los parámetros de selección para el diseño de la máquina enfardadora.....	72
Parámetros más importantes para el diseño de la máquina enfardadora presentación de 5 kg	72
Selección del material adecuado para la construcción de la estructura y formadores de la máquina enfardadora.....	75

Diseño geométrico preliminar	78
Parámetros de diseño.....	79
Diseñar y plantear la propuesta del proyecto	80
Diseño de los componentes mediante el software.....	81
Selección de elementos.....	125
Sistema neumático.....	125
Selección de grupos neumáticos	125
Selección de las electroválvulas	139
Selección de los componentes eléctricos.....	141
PLC.....	144
Programación de la enfardadora para la presentación de 5 kg	151
Circuito de control en Cade Simu	152
Simulación de la programación en el software PC Simu	156
Simulación en PC Simu	158
Resultados esperados.....	159
Cronograma de actividades	161
Diagrama del cronograma de actividades para la implementación de la propuesta.....	162
Análisis de costos	163
Análisis de resultados costos de producción	171
CAPÍTULO IV	172
Conclusiones.	172
Recomendaciones.....	173
Bibliografía.....	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ciclo de la máquina a 12 BPM	35
Tabla 2 Capacidad del dosificador	36
Tabla 3 Valores máximos de peso.....	43
Tabla 4 Fallas más importantes que se encuentran en el proceso de empaque y enfardado	44
Tabla 5 Fallas encontradas en la producción 2021 en la presentación de 5 kg.....	45
Tabla 6 Codificación de fallas.....	45
Tabla 7 Fallas del proceso de enfardado	46
Tabla 8 Parámetros fisicoquímicos	51
Tabla 9 Dimensiones de la funda	52
Tabla 10 Dimensiones del fundón.....	53
Tabla 11 Descripción de la situación actual versus la propuesta	54
Tabla 12 Estudio de la producción mensual.....	55
Tabla 13 Desperdicio por reprocesos de enfardado	57
Tabla 14 Costos por desperdicio	59
Tabla 15 Criterios para el diseño de la máquina enfardadora	71
Tabla 16 Indicadores de valoración.....	72
Tabla 17 Ponderación de parámetros de selección.....	73
Tabla 18 Valores de la puntuación	74
Tabla 19 Característica de los materiales	75
Tabla 20 Ponderación de las características de los materiales	76
Tabla 21 Selección del material indicado.....	77
Tabla 22 Parámetros del polvo detergente terminado	80
Tabla 23 Factor de Resistencia.....	124

Tabla 24 Cilindros Neumáticos que consta la máquina enfardadora	126
Tabla 25 Fuerzas para cilindros neumáticos	129
Tabla 26 Características del cilindro neumático	131
Tabla 27 Fuerzas para cilindros neumáticos	133
Tabla 28 Características del cilindro neumático	135
Tabla 29 Fuerzas para cilindros neumáticos	137
Tabla 30 Características del cilindro neumático	139
Tabla 31 Electroválvula seleccionada	140
Tabla 32 Características de la electroválvula 5/2	140
Tabla 33 Niveles de voltaje	141
Tabla 34 Características del motor eléctrico	142
Tabla 35 Características de la caja reductora	143
Tabla 36 Características de la lámpara piloto	148
Tabla 37 Características del paro de emergencia	149
Tabla 38 Actividades realizadas en el proceso de enfardado	159
Tabla 39 Actividades eliminadas en el proceso de enfardado.....	160
Tabla 40 Cronograma de actividades	161
Tabla 41 Análisis de costos por materiales	163
Tabla 42 Detalle mensual por cada colaborador en la empresa	165
Tabla 43 Análisis de costos mano de obra	166
Tabla 44 Análisis de costos de transporte de material	167
Tabla 45 Análisis del Costo de maquinado	168
Tabla 46 Análisis de costos por equipos de oficina	168
Tabla 47 Costo total de gastos para la implementación de la maquina enfardadora.....	169

Tabla 48 Análisis del costo actual de producción	170
Tabla 49 Análisis de costo de producción con la implementación del proyecto	170
Tabla 50 Ganancias por el proyecto de implementación	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Áreas Industriales en el mundo.....	24
Figura 2 Productos fabricados por la empresa Jabonería Wilson	29
Figura 3 Productos fabricados por la empresa Jabonería Wilson	29
Figura 4 Proceso de elaboración de Polvo detergente	30
Figura 5 Fotografía de la máquina de empaque de polvo detergente	36
Figura 6 Fotografía del transporte de fundas de polvo detergente.....	37
Figura 7 Fotografía del soporte metálico	38
Figura 8 Fotografía del proceso de enfardado.....	38
Figura 9 Fotografía del trabajador introduciendo las dos fundas de polvo detergente	39
Figura 10 Fotografía del sellado horizontal del fundón terminado.....	40
Figura 11 Fotografía de la actividad de paletizado	40
Figura 12 Fotografía del fundón terminado	41
Figura 13 Fotografía del Pallet terminado	42
Figura 14 Detalle mensual de las fallas en la producción del año 2021	46
Figura 15 Detalle de las fallas más importantes en la producción del año 2021	47
Figura 16 Diagrama de Pareto de las fallas de la producción 2021	47
Figura 17 Diagrama de Ishikawa con el problema principal de llenado de la mesa de trabajo	49
Figura 18 Enfardado de la forma automática.....	50
Figura 19 Dimensiones de la funda de 5 kg.....	52
Figura 20 Dimensiones del fundón	53
Figura 21 Producción de fundones del año 2021	56

Figura 22 Desperdicio de fundas.....	58
Figura 23 Ubicación de la Empresa	60
Figura 24 Modelo Operativo.....	61
Figura 25 Modelo descriptivo	65
Figura 26 Carteador de una enfardadora vertical.....	66
Figura 27 Carteador de una enfardadora horizontal.....	68
Figura 28 Carteador de una enfardadora horizontal.....	68
Figura 29 Formador de la enfardadora horizontal.....	69
Figura 30 Tipo de fundón.....	70
Figura 31 Formador de la enfardadora Multi Baler 300	70
Figura 32 Carteador de la enfardadora Multi Baler 300	71
Figura 33 Máquina enfardadora semiautomática	78
Figura 34 Diseño de la máquina enfardadora semiautomática	81
Figura 35 Eje principal de formador	84
Figura 36 Diagrama de cuerpo libre del eje principal.....	85
Figura 37 Gráficas de fuerza cortante y momento flector del eje del formador principal	92
Figura 38 Simulación del límite elástico del eje del formador principal	93
Figura 39 Simulación del desplazamiento del eje del formador principal.....	93
Figura 40 Simulación del factor de seguridad del eje del formador principal	95
Figura 41 Base inferior de la enfardadora.....	95
Figura 42 Gráficas de fuerza cortante y momento flector de la base principal.....	104
Figura 43 Simulación del límite elástico de la base principal.....	105
Figura 44 Simulación del desplazamiento de la base principal	105
Figura 45 Simulación del factor de seguridad de la base principal.....	106

Figura 46 Parante horizontal de la máquina enfardadora.....	107
Figura 47 Diagrama de cuerpo libre del parante horizontal.....	108
Figura 48 Gráficas de fuerza cortante y momento flector del parante horizontal de la base	114
Figura 49 Simulación del límite elástico del parante horizontal de la base	116
Figura 50 Simulación del desplazamiento del parante horizontal de la base.....	117
Figura 51 Simulación del factor de seguridad del parante horizontal de la base	118
Figura 52 Parante Vertical de la máquina enfardadora.....	119
Figura 53 Valores de K para columnas	120
Figura 54 Ficha técnica del proveedor	124
Figura 55 Cilindros Neumáticos	126
Figura 56 Cilindro acoplado en el formador principal.....	127
Figura 57 Simulador para selección de cilindros neumáticos	130
Figura 58 Cilindro que soporta las fundas de polvo detergente.....	132
Figura 59 Simulador para la selección de cilindros neumáticos	134
Figura 60 Cilindro sujetador del fundón	136
Figura 61 Simulador para la selección de cilindros neumáticos	138
Figura 62 Motor eléctrico.....	142
Figura 63 Reductor de velocidad	143
Figura 64 Variador de velocidad.....	144
Figura 65 Características del variador de frecuencia	144
Figura 66 PLC marca Mitsubishi	145
Figura 67 Breaker o disyuntor.....	146
Figura 68 Contactor.....	146
Figura 69 Pulsador	147

Figura 70 Lámparas piloto	148
Figura 71 Paro de emergencia.....	149
Figura 72 Relé.....	150
Figura 73 Rodamiento Lineal cerrado.....	150
Figura 74 Base del rodamiento lineal.....	151
Figura 75 Pantalla inicial del software para la programación.....	152
Figura 76 Diseño del programa para la máquina enfardadora	153
Figura 77 Simulación del programa de la enfardadora	154
Figura 78 Entradas y salidas de la programación.....	155
Figura 79 Conexiones de los contactores.....	156
Figura 80 Simulación en PC Simu.....	158
Figura 81 Diagrama del cronograma de actividades.....	162

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ubicación de la empresa.....	176
Anexo 2 Base del resorte	177
Anexo 3 Base del cilindro vertical.....	3
Anexo 4 Buje sistema de compuertas	4
Anexo 5 Buje del cilindro del sistema de compuertas	5
Anexo 6 Eje Guía.....	6
Anexo 7 Eje del formador secundario.....	7
Anexo 8 Formador principal	8
Anexo 9 Eje principal del formador principal	9
Anexo 10 Sistema de sujeción	10
Anexo 11 Guía del sujetador de fundones	11
Anexo 12 Sujetador de fundas	12
Anexo 13 Formador principal	13
Anexo 14 Formador inferior	14
Anexo 15 Estructura principal	15
Anexo 16 Parantes de la estructura	16
Anexo 17 Guía del cilindro.....	17
Anexo 18 Formador secundario.....	18
Anexo 19 Parante de sujetadores	19
Anexo 20 Base inferior de la estructura.....	20
Anexo 21 Placa principal para los cilindros neumáticos	21
Anexo 22 Base del cilindro vertical.....	22

Anexo 23 Rotula sistema de compuertas	23
Anexo 24 Sujetador de fundas	24
Anexo 25 Base del sistema de compuertas	25
Anexo 26 Protección de las guías del cilindro vertical.....	26
Anexo 27 Placa soporte de las fundas de detergente	27
Anexo 28 Conjunto completo máquina enfardadora	28
Anexo 29 Selección de breakers	29
Anexo 30 Selección de contactores	30
Anexo 31 Hoja de ruta	31
Anexo 32 Tabla de vigas de eje recto isostáticas.....	32
Anexo 33 Tabla de momentos de empotramientos para piezas de J.....	33
Anexo 34 Propiedades mecánicas de la lámina de aluminio 1060	34
Anexo 35 Limite elástico mínimo del acero A36	34

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “DISEÑO DE UNA ENFARDADORA PARA LA PRESENTACIÓN DE 5KG PARA EL ÁREA DE POLVO DETERGENTE EN UNA EMPRESA JABONERA DE LA CIUDAD DE QUITO”.

AUTOR: Ricardo Patricio Flores Maila

TUTOR: Ing. Andrés Morán MSc

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la empresa Jabonería Wilson en el área de empaque de polvo detergente, la cual consta de 3 procesos estos son: envasado, enfardado manual y paletizado, mediante la investigación realizada se identificaron fallas en el proceso de enfardado manual como el sobre llenado de la mesa de trabajo con fundas de producto terminado, esto se debe a que la empresa no utiliza una máquina que permita enfardar de manera rápida, para ello se realiza una propuesta de diseño de una máquina enfardadora semiautomática para la presentación de 5 kg. Para identificar las fallas del proceso se realizó un diagrama de Pareto el cual nos permite organizar los valores obtenidos separados por barras y organizados de mayor a menor, en conjunto se utilizó el diagrama de Ishikawa el cual permitió identificar las causas por las cuales se genera esta falla. Para realizar el diseño se tiene como punto de referencia a dos modelos de enfardadoras existentes en el mercado, la enfardadora Sorter Baler horizontal o de la enfardadora Multi Baler 300 vertical, lo cual mediante una matriz de priorización se evaluaron las alternativas apropiadas para un correcto diseño, en base a los resultados obtenidos se proyectó el diseño de la máquina enfardadora semiautomática la cual cuenta con un sistema neumático, mecánico y de programación, esta máquina enfardadora semiautomática además consta de transportadores con variación de velocidad para la entrada de paquetes, con un formador principal que nos permitirá enfardar tamaños de 1 kg, 2 kg, máximo hasta 5 kg, la velocidad de la empacadora puede llegar hasta máximo 15 BPM. Este equipo puede trabajar con fundas de polietileno con un límite de dimensión que se muestran en la *Figura 20*. Algunas características técnicas de la máquina semiautomática son: Estructura en Acero ASTM A-36 con tratamiento especial anticorrosivo y pintado con pintura en polvo epoxi electrostática, sistema de sujeción para el fundón es mediante

cilindros neumáticos, ancho máximo del fundón 46cm, especificaciones eléctricas red trifásica 220V - 60Hz, con este diseño se prevé incrementar la velocidad de la empacadora y enfardar de forma rápida.

DESCRIPTORES: diseño de máquinas, neumática, proceso de enfardado, procesos de producción.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: “DISEÑO DE UNA ENFARDADORA PARA LA PRESENTACIÓN DE 5KG PARA EL ÁREA DE POLVO DETERGENTE EN UNA EMPRESA JABONERA DE LA CIUDAD DE QUITO”.

AUTHOR: Ricardo Patricio Flores Maila

TUTOR: Ing. Andrés Moran MSc

ABSTRACT

The present research work was carried out in the Jabonería Wilson company in the detergent powder packaging area, which consists of 3 processes, these are: packaging, manual baling and palletizing, through the investigation carried out, failures in the baling process were identified. manual such as the envelope filling of the work table with finished product covers, this is because the company does not use a machine that allows fast baling, for this a design proposal of a semiautomatic wrapping machine is made for the presentation of 5 kg. To identify the failures of the process, a Pareto diagram was made, which allows us to organize the values obtained separated by bars and organized from highest to lowest, together the Ishikawa diagram was used, which allowed us to identify the causes for which this is generated. failure. To carry out the design, two models of existing balers on the market are used as a reference point, the horizontal Sorter Baler baler or the vertical Multi Baler 300 baler, which through a prioritization matrix evaluated the appropriate alternatives for a correct design. , based on the results obtained, the design of the semi-

automatic wrapping machine was projected, which has a pneumatic, mechanical and programming system, this semi-automatic wrapping machine also has conveyors with variable speed for the entry of packages, with a former main that will allow us to bale sizes of 1 kg, 2 kg, maximum up to 5 kg, the speed of the baler can reach a maximum of 13 BPM. This equipment can work with polyethylene covers with a dimension limit shown in Figure 19. Some technical characteristics of the semiautomatic machine are: ASTM A-36 Steel Structure with special anticorrosive treatment and painted with electrostatic epoxy powder paint, fastening system for the stub is by means of pneumatic cylinders, maximum width of the stub 46cm, electrical specifications 220V - 60Hz three-phase network, with this design it is expected to increase the speed of the baler and bale quickly.

KEYWORDS: machine design, pneumatics, wrapping process, production process

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La industrialización es un fenómeno con carácter económico basado en la producción de bienes a gran escala o de manera intensiva. Al mismo tiempo ha supuesto históricamente un impulso económico y social para sectores y países que lo han puesto en práctica. (Javier Sánchez 2020).

La industrialización se inició hace dos siglos atrás, fue un acontecimiento más importante de la historia del hombre. Los cambios que se lograron gracias a la industrialización, evolucionaron la economía, la cultura, la sociedad e incluso la política en diferentes partes del mundo. La Revolución Industrial es la cuna histórica de la industrialización la cual inicia en Gran Bretaña en el siglo XVIII y se extiende a otros países occidentales de Europa, Estados Unidos y Japón. En esta etapa surgen cambios, entre ellos: aparición de las fábricas y las máquinas movidas por vapor.

A comienzos de la Primera Guerra mundial aparecen nuevas fuentes como la electricidad y el petróleo, además se desarrolla la industria química la cual tiene un gran crecimiento en especial el sector encargado de la fabricación de materias sintéticas y plásticas. En esta etapa Alemania y Estados Unidos sustituyen a Gran Bretaña, llegando a ser las más grandes potencias industriales a nivel mundial.

Después de la Segunda Guerra Mundial se observa una nueva etapa de la revolución donde aparece la energía nuclear, nuevos tipos de transporte, se desarrolla la electrónica e informática. Los cambios en la tecnología han logrado que la industria se expanda hacia áreas del tercer mundo.

Algunos países alcanzaron el proceso de la industrialización en el siglo XX. Gran Bretaña fue el primer exponente de la industrialización, pero después comienza a ser sustituido por otras naciones, como: Estados Unidos, China, Japón, Alemania, Reino Unido, Francia, India, Italia, Brasil y Rusia

En la siguiente **Figura 1** se puede observar los países con grandes áreas industriales

Figura 1

Áreas Industriales en el mundo



Nota. En esta Figura 1 se puede observar las áreas industriales en el mundo. Fuente: Escudero, Antonio (2009). La revolución industrial una nueva era

Latinoamérica en la década de los años 30 y 40 se caracterizaba por producir bienes primarios como: aceite de oliva, granos de maíz, leche, harina y frutas, existían muchas personas dedicadas a esta actividad y como resultado los ingresos no eran beneficiosos. Para mejorar este proceso de producción el economista Raúl Prebisch propuso el modelo ISI (industrialización por

sustitución de importaciones) el cual consiste producir los productos primarios dentro de la región por medio de la industrialización. En un comienzo se industrializó alimentos, bebidas, productos textiles, cuero, tabaco. Al poco tiempo se realizó la industrialización de productos químicos, derivados del petróleo, celulosa, siderurgia, maquinarias y vehículos entre otros.

Gracias a la aplicación del modelo ISI Latinoamérica logró mejorar los niveles de empleo, se aumentó el sector industrial, el comercio mundial aumentó en un 12% el nivel de educación pasó de primaria-secundaria, disminuyó el índice de mortalidad infantil, mejoraron los servicios básicos, los primeros países en desarrollarse fueron Argentina, Chile, México, Brasil. (Barcia, 2012)

Ecuador empezó su proceso de industrialización en la década de 1950, pero desde 1972 se volvió más dinámico con el aumento de los ingresos petroleros. En 2004, las industrias más ponderadas fueron el petróleo y los minerales, que representaron el 13,2%. En 2014, esta situación cambió: el sector manufacturero representó la mayor proporción del PIB con un 11,8%. Esto muestra la importancia de este sector en la economía ecuatoriana y que es un componente fundamental para el desarrollo productivo del país.

(La industria en Ecuador, 2015)

Ecuador es uno de los países latinoamericanos donde el proceso de industrialización se ha iniciado más tardíamente. Se puede considerar 1906, año de la promulgación de la primera Ley de Protección Industrial, como el primer antecedente del desarrollo industrial ecuatoriano. Este inicio de expansión manufacturera se vio impulsado a partir de 1914 por dos causas. Por un lado, la crisis a nivel internacional y la Primera Guerra Mundial indujeron un alza de precios de los productos manufacturados implicando un aumento de la tasa de ganancia de esta rama con la consecuente atracción de capitales. Por otro lado, la crisis cacaotera supuso la expulsión de fuerza de trabajo de las plantaciones creando una sobrepoblación relativa latente que presionó a la baja

de los salarios abaratando los costos de la manufactura. Este primer impulso industrializador no se limitó únicamente a la Costa, y en concreto a Guayaquil, sino que también emergió una industria manufacturera en la Sierra, centrada principalmente en la rama textil (Guerrero, 1979)

Antecedentes

Jabonería Wilson se fundó en el año de 1945, como una empresa dedicada a la elaboración de artículos de limpieza para el uso del hogar y aseo personal, entre los productos principales se destacan el polvo detergente los cuales se comercializan en presentaciones de 90gr, 180gr, 500gr y 5000gr, para las presentaciones menores a 5000gr en el año de 2016 se contaba con una máquina envasadora automática y el proceso de enfardado se lo realizaba de forma manual, sin embargo en el año 2019 los propietarios de la empresa adquirieron una máquina enfardadora automática la cual va a permitir reducir las actividades manuales y problemas ergonómicos que generan los trabajadores por acciones repetitivas. Para la presentación de 5000gr desde el año 2017 se cuenta con una envasadora automática y su proceso de enfardado es manual, la empresa no ha desarrollado un proceso de enfardado automático para esta presentación en estos 5 años, cabe señalar que los propietarios tienen la predisposición en la búsqueda de soluciones que permita enfardar de manera fácil y rápida, más aun cuando se evidencia que el proceso de enfardado tiene una gran afectación en la producción y en la salud del personal, lo que podría desencadenar en una tendinitis.

Jabonería Wilson busca mejorar y agilizar su proceso de enfardado manual la cual decide fabricar dos soportes metálicos para colocar el fundón, que servirán de ayuda al momento de enfardar las fundas de 5 kg, la empresa al diseñar y fabricar estos soportes no investigan los posibles problemas de salud que pueden tener los trabajadores al momento de utilizarlos, por lo cual desarrollan una nueva alternativa que es una implantación de un equipo el cual ayudará al trabajador a enfardar de forma más rápida y segura.

Justificación

Jabonería Wilson dedicada a la elaboración de productos de limpieza para el hogar y de uso personal está enfocado en aumentar su producción, debido a la pandemia COVID19 sus productos tuvieron mayor demanda, en el cual se destaca el polvo detergente en las presentaciones de 500gr y 5000gr. Para los procesos de envasado automático en la presentación de 500 gr se necesita 3 operarios, un operador de la envasadora y dos que paleticen los fundones ya elaborados automáticamente mediante la envasadora, mientras en la presentación de 5000gr se lleva a cabo un proceso de envasado manual el cual requiere de 5 trabajadores limitando su capacidad de producción. Esta presentación no cuenta con una máquina de apoyo para el proceso de envasado y esta necesidad justifica el diseño de este equipo, el cual permitirá incrementar su producción.

Este proyecto de investigación tiene mucha **importancia** ya que será de un gran aporte para el incremento de la productividad en la presentación de 5000 gr, además con este diseño de la máquina envasadora semiautomática se evitará lesiones y enfermedades profesional por parte de los trabajadores en dedos o en muñecas.

Al poner en funcionamiento este diseño se obtiene un **impacto** muy positivo en el entorno interno de la empresa por el cuidado de la salud de los trabajadores, debido a que en el diseño de la máquina el trabajador no tiene que realizar la actividad de envasado, además ayuda a la empresa en la reducción de tiempos, disminuir costos de mano de obra y el incremento en su productividad.

La utilidad que brinda el diseño de esta máquina envasadora para la empresa es disminuir el costo elevado de tecnificación, ya que este equipo tiene un valor comercial de 130.000 dólares aproximadamente. El diseño de este equipo nos ayudara a establecer acciones como: aumento de la producción, disminución de problemas ergonómicos, reducción de actividades del proceso de envasado.

Los **beneficiarios** en este proyecto son los propietarios de la empresa Jabonería Wilson por el incremento de su producción y los trabajadores de planta ya que dejaran de tener problemas de salud en sus manos, con el diseño de la máquina enfardadora semiautomática se tendrá fundones limpios ya que el trabajador tendrá más tiempo para su verificación antes de ser enfardados.

El proyecto es **factible** para ser desarrollado en la empresa Jabonería Wilson ya que cuenta con el apoyo y colaboración de Gerencia General y el personal operativo de la empresa, además se plantea reducir el tiempo de enfardado e incrementar la productividad en la presentación de 5 kg y proteger al trabajador de problemas de salud.

Objetivos

Objetivo general

- Diseñar una enfardadora semiautomática para la presentación de 5Kg mediante una comparación entre los modelos existentes en el mercado para incrementar la productividad y reducir los problemas de salud en los trabajadores.

Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del proceso de enfardado en la presentación de 5kg a través de la producción de la empresa para conocer el punto de partida sobre el cual se realizará el diseño
- Analizar los datos recopilados de las diferentes fallas en el proceso de enfardado mediante la utilización del diagrama de Pareto para establecer planes de acción y mejora en el área.
- Seleccionar los componentes mecánicos, electrónicos y eléctricos mediante los cálculos e información recopilada para un buen funcionamiento de la máquina

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Jabonería Wilson es una empresa nacional que inició sus actividades en el año de 1945, líder en la elaboración de productos de limpieza del hogar la cual ha logrado posicionarse en el mercado por ser pionera en Ecuador en la mejora de productos de aseo, ha desarrollado una marca GOL en polvo detergente la cual se distribuyen en las regiones de la costa, sierra, oriente y exportaciones a Perú y Colombia. En la actualidad la marca ha lanzado al mercado una serie completa de productos básicos de limpieza como son: detergente en polvo, cloro y desinfectante.

Productos de la empresa

Los productos fabricados por la empresa Jabonería Wilson son detergentes en polvo, líquidos, desinfectantes, cloro, lavavajillas, entre otros, en la actualidad el producto pionero de la empresa es el polvo detergente en la **Figura 2** y

Figura 3 se indica las diferentes presentaciones las cuales se distribuyen en las provincias del país.

Figura 2

Productos fabricados por la empresa Jabonería Wilson



Nota. En esta **Figura 2** se puede observar los productos elaborados por la empresa Jabonería Wilson. Fuente: <https://www.jaboneriawilson.com>

Figura 3

Productos fabricados por la empresa Jabonería Wilson



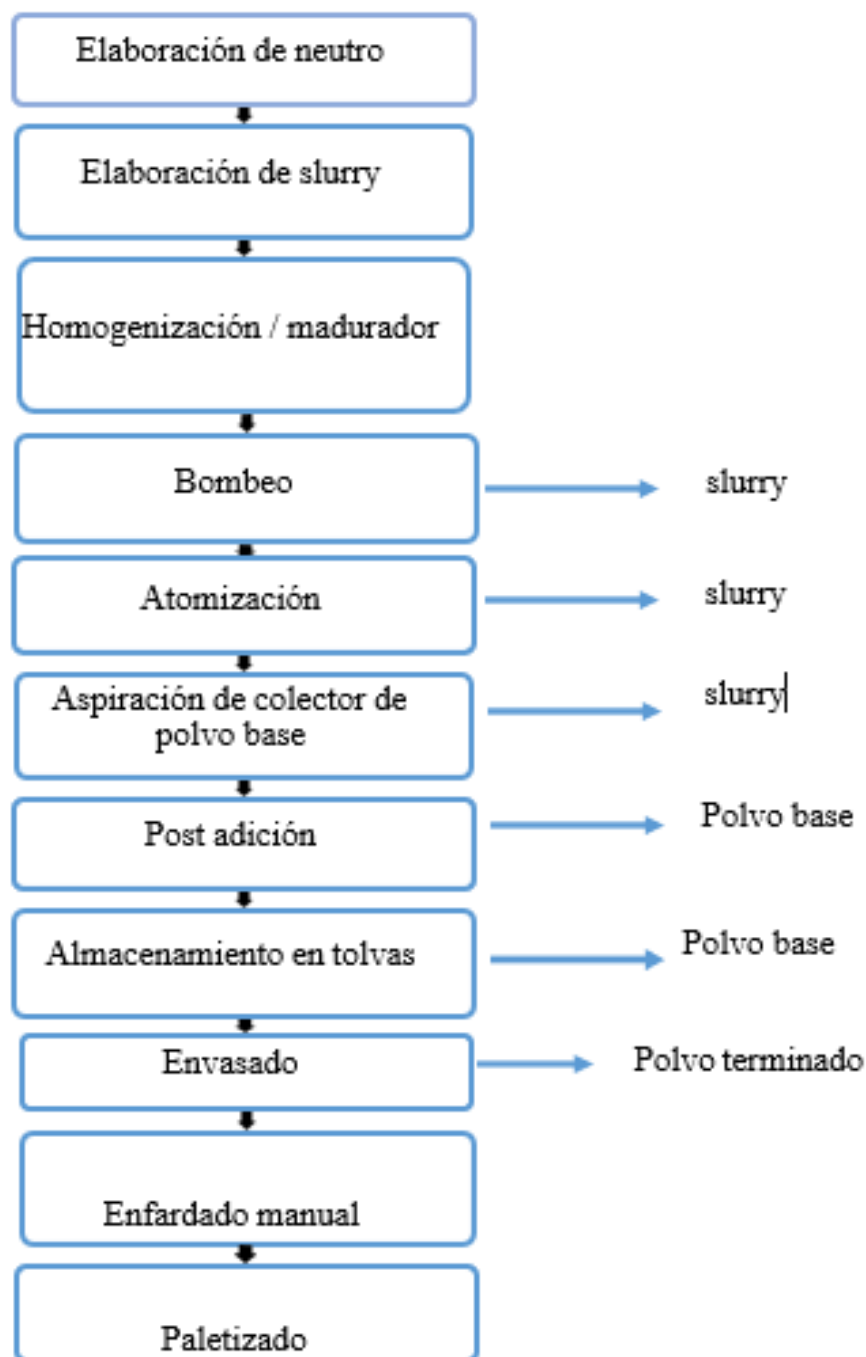
Nota. En esta Figura 3 se puede observar los productos elaborados por la empresa Jabonería Wilson. Fuente: <https://www.jaboneriawilson.com>

Proceso de elaboración del polvo detergente

En la **Figura 4** se describe el proceso de elaboración del polvodetergente.

Figura 4

Proceso de elaboración de Polvo detergente



Nota. En esta **Figura 4** se puede observar el proceso de elaboración de polvo detergente. Elaboración propia (2022)

Descripción del proceso de elaboración del polvo detergente

Elaboración de neutro

El proceso de neutralización para la elaboración de polvo detergente tiene lugar en un tanque de acero inoxidable donde se colocan ingredientes líquidos como soda caustica, ácido sulfúrico, silicato de sodio entre otros, los cuales mediante un mezclador de cuchillas que pasan muy cerca de las paredes esto con el fin de descomponer los aglomerados y homogenizar la mezcla, se necesita más de 10 minutos de mezclado para producir un polvo neutro y homogéneo y no tener problemas en los siguientes procesos.

Elaboración de slurry

La elaboración de slurry es un proceso continuo donde se realiza la mezcla de la pasta neutra y un porcentaje de sólidos (carbonato, fosfato, sulfato), mediante tolvas de almacenamiento hacia un sistema automático de dosificación de tornillos sin fin, todo este proceso se lo realiza en un tanque inoxidable a una temperatura de 60°C, para que la mezcla total se homogenice se necesita un tiempo de 15 minutos para pasar al siguiente proceso.

Homogenización / madurador

En esta etapa el slurry pasa por un homogeneizador de acero inoxidable el cual debe presentarse libre de impurezas a una temperatura de 60° C. El slurry para ser bombeado a través de tuberías debe tener un aspecto pastoso y 30 % de agua. Cabe recalcar, que durante esta etapa se debe mantener el pH entre 8,5 y 9, garantizando un medio ácido. De este modo, se evita que se alteren los silicatos y otros ingredientes adicionados a la mezcla.

Bombeo

En esta etapa el slurry tiene que pasar por tuberías de 3" a una presión de 15 bares, este sistema está formado de un filtro magnético el cual recogerá cualquier metal introducido en el proceso, posterior pasa a un filtro centrifugo el cual homogeniza totalmente la mezcla, por último, se direcciona a una bomba una de alta presión y una bomba baja presión, así el slurry es bombeado hacia el anillo de atomización.

Atomización

Las técnicas de atomización más empleadas que se usa en la empresa Jabonería Wilson son las siguientes:

Atomización por boquilla a presión

La inyección de slurry se crea forzando un líquido a través de un orificio. Es un método eficiente con bajo costo de energía, proporcionando una distribución de tamaño de partícula más pequeña. En la unidad de contraflujo de esta etapa del proceso de producción del detergente, los gases calientes deben estar alrededor de los 300 grados centígrados, estos gases deben provenir de un quemador y deben ingresar por el ducto que se encuentra en la parte de arriba de la torre de secado, la torre de secado debe tener un diámetro de 10 metros por el hecho que las gotas de slurry al ser bombeadas no deben tener contacto con las paredes.

Aspiración de colector de polvo base

En la parte inferior de la torre de secado existe una parte cónica en la cual se recolecta el polvo seco a un 10 % de humedad, para conseguir este parámetro el slurry debe permanecer unos 3 a 5 segundos en contacto con la temperatura interna de la torre, el polvo base acumulado en la

parte baja del cono es transportado mediante una cinta y un sistema de ascensor de aire el cual envía el polvo hacia una tolva de almacenamiento donde el producto se enfría para pasar al proceso de post adición.

Post adición

En la última etapa de la elaboración de polvo detergente se realiza el proceso de cernido donde las partículas de 0,5 a 1 micra pasan como producto aprobado el cual será empacado, el resto se regresa al proceso de slurry. Para que el polvo terminado sea envasado se debe realizar la granulometría donde se añaden los insumos que no se colocaron en el proceso de preparación de slurry, esto se debe a que en la torre de secado se encuentran a altas temperaturas lo que provocaría una desactivación de las propiedades de las sustancias, en este último proceso se añade el perfume, spekles y enzimas para que todos estos insumos se mezclen y entren a un mixer, en este punto se realiza un mezclado de todos los sólidos.

Almacenamiento en tolvas

La tolva donde se almacena el polvo detergente es de forma cónica, su dosificación es por la parte superior y la descarga se la realiza por la parte inferior, fabricada de acero negro y en el interior recubierta por planchas de madera así se evita que la húmeda ingrese al producto, su capacidad máxima es de 12 toneladas.

Envasado

Máquina envasadora

La máquina se encarga de envasar el polvo detergente en las fundas de 5 kg a una velocidad máxima de 12 BPM, esta máquina fue seleccionada según los siguientes puntos: capacidades técnicas, seguridad al operario, mantenimientos, confiabilidad, costo del equipo, certificaciones, eficiencia, productividad y retorno de inversión.

En la **Tabla 1** se puede evidenciar el ciclo de la máquina empacadora de polvo detergente en la presentación de 5 kg

Tabla 1

Ciclo de la máquina a 12 BPM

N°	Actividad	Tiempo (ms)
1	Arrastre del plástico	0950 ms
2	Tiempo mordaza principal	1200ms
3	Dosificación del producto	0025ms
4	Sellado vertical	1250 ms
5	Sellado horizontal superior e inferior	0720 ms
6	Corte de funda	0720 ms
Tiempo total por unidad		4865ms - 4,8 s

Nota. En la siguiente Tabla 1 se observan los parámetros de la envasadora en la presentación de 5 kg. Fuente Jabonería Wilson 2022

Figura 5

Fotografía de la máquina de empaque de polvo detergente



Nota. En la siguiente Figura 5 se observa el proceso de envasado de polvo detergente en la presentación de 5 kg. Elaboración propia (2022)

Dosificador

Este dosificador es el encargado de abastecer polvo detergente a la empacadora Bosch 4010 el mismo que calcula la velocidad mediante celdas de carga, este sistema de pesaje hace que la variación del peso es mínima. En la Tabla 2 se muestra la capacidad del dosificar perfom.

Tabla 2

Capacidad del dosificador

Capacidad Dosificador PERFOM (BPM)	
Capacidad Instalada	16 BPM
Capacidad practica	14 BPM
Capacidad operativa	12 BPM

Nota. En la siguiente Tabla 2 se puede observar la capacidad del dosificador PERFOM. Fuente Jabonería Wilson S.A (2022)

Proceso actual del enfardado manual

El proceso de enfardado empieza desde que las fundas caen en la mesa de trabajo, las cuales son transportadas mediante una banda que se muestra en la **Figura 6**. Además, el proceso cuenta con una banda presora la cual disminuirá una cierta cantidad el aire dentro de la funda facilitando al trabajador enfardar de manera rápida. Antes que la funda llegue hacia la mesa de trabajo el operario coloca un fundón transparente de las siguientes dimensiones de 900mm de longitud x 1200mm de perímetro el cual se coloca en un soporte metálico que se muestra en la **Figura 7**

Figura 6

Fotografía del transporte de fundas de polvo detergente



Nota. En la siguiente Figura 6 se observa la banda presora la cual extrae el exceso de aire que existe dentro de la funda. Elaboración propia (2022)

Figura 7

Fotografía del soporte metálico



Nota. En la siguiente **Figura 7** se observa los soportes que son utilizados para el proceso de enfardado manual. Elaboración propia (2022)

El trabajador al tener las fundas en la mesa de trabajo posiciona y enfarda como se muestra en la **Figura 8 y Figura 9**

Figura 8

Fotografía del proceso de enfardado



Nota. En la siguiente **Figura 8** se observa al trabajador posicionando las fundas para introducir en el fundón. Elaboración propia (2022)

Figura 9

Fotografía del trabajador introduciendo las dos fundas de polvo detergente



Nota. En la siguiente Figura 9 se observa al trabajador introduciendo las dos fundas de polvo detergente en el fundón. Elaboración propia (2022)

En la **Figura 9** se puede observar que el trabajador tiene dificultad en introducir las fundas debido al gran tamaño, el cual dificulta su enfardado. La siguiente actividad será sellar la parte superior del fundón como se muestra en la **Figura 10**.

Figura 10

Fotografía del sellado horizontal del fundón terminado



Nota. En la siguiente Figura 10 se observa al trabajador sellando la parte superior del fundón. Elaboración propia (2022)

En la **Figura 11** se observa la actividad de paletizado el cual se forma en 4 columnas intercaladas para dar mejor estabilidad al pallet.

Figura 11

Fotografía de la actividad de paletizado



Nota. En la siguiente Figura 11 se observa la actividad de paletizado. Elaboración propia (2022)

Presentación final del fundón

Al realizar el proceso de enfardado manual la presentación del fundón queda de la siguiente manera como se muestra en la **Figura 12**, son 4 fundas de forma horizontal.

Figura 12

Fotografía del fundón terminado



Nota. En la siguiente Figura 12 se observa el fundón terminado. Elaboración propia (2022)

Presentación final del pallet

Al paletizar 28 fundones de forma vertical el pallet queda terminado como se muestra en la **Figura 13**.

Figura 13

Fotografía del Pallet terminado



Nota. En la siguiente Figura 13 se muestra la presentación del pallet terminado de forma vertical
Elaboración propia (2022)

Peso del Fundón de Polvo detergente

El fundón en esta presentación al llevar 4 unidades tiene un peso de 20 kg, para las industrias el peso máximo es no sobrepasar los 25 kg. En la **Tabla 3** se muestran los valores máximos de peso por cada trabajador. (Pancorbo, 2001)

Tabla 3

Valores máximos de peso

	Peso máximo
En general	25 kg
Mayor protección	15 kg
Trabajadores entrenados (situaciones aisladas)	40 kg

Nota. En la siguiente Tabla 3 se muestran los valores máximos de peso que un trabajador puede manipular. Fuente Documentos de la Asociación para la Prevención de Accidentes.

Cuando se excedan estos valores de peso, se deben tomar precauciones para que los trabajadores no manipulen la carga, o el peso que van a manipular sea menor. Si en otras circunstancias el peso sobre pasa los valores indicados se puede establecer otras opciones como:

- Apoyo de instrumentos mecánicos

Levantar cargar pesadas con la ayuda de 2 o más personas

Reducir el peso las cargas a manipular

Según los datos de la **Tabla 3** se puede concluir que el personal del proceso de enfardado se encuentra en los rangos permitidos.

Fallas en el proceso de empaque y enfardado manual en la producción en el año 2021

En el año 2021 la empresa Jabonería Wilson decide aumentar la producción en la presentación de 5 kg incrementando la velocidad de la máquina, en el transcurso de este tiempo no se visualizan los resultados esperados debido a que los procesos poseen varias fallas como: producto fuera de especificaciones, fallos eléctricos, mecánicas entre otras, las cuales impiden que se aumente la velocidad de la máquina envasadora y el proceso de enfardado. Cada falla posee su propia codificación las cuales son registradas en la hoja de ruta que cada operador utiliza para las

diferentes producciones (ver *Anexo 31*) a continuación, en la siguiente **Tabla 4** se puede observar los códigos más importantes en el proceso de empaque y enfardado:

Tabla 4

Fallas más importantes que se encuentran en el proceso de empaque y enfardado

Código de falla	Descripción de falla / Parada
5320	falla mecánica envasadora
5321	falla mecánica Dosificador
5325	falla mecánica selladora manual
5341	calibración de líneas (parametrización)
5348	producto pegado en las tolvas
5349	Mesa llena Bosch 4010

Nota. En la siguiente Tabla 4 se muestran los códigos de las fallas más importantes en los procesos de empaque y enfardado en la presentación de 5 kg. Elaboración propia (2022)

Mediante la información recopilada de las hojas de ruta de la producción del año 2021 se puede analizar las fallas más importantes las cuales son las que provocan que no se pueda aumentar la velocidad en los procesos de empaque y enfardado. A continuación, se muestra la **Tabla 5** de las diferentes fallas

Tabla 5*Fallas encontradas en la producción 2021 en la presentación de 5 kg*

Producción del año 2021												
Código	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cantidad de fallas mensuales												
5320	9	7	5	3	1	7	4	2	1	3	7	10
5321	2	3	5	6	2	1	4	3	2	5	6	7
5325	2	1	3	2	4	1	0	2	2	1	3	2
5341	4	5	2	1	0	3	3	2	1	6	2	5
5348	6	8	10	4	12	3	6	9	2	6	9	11
5349	12	14	9	14	8	15	9	7	16	12	6	13

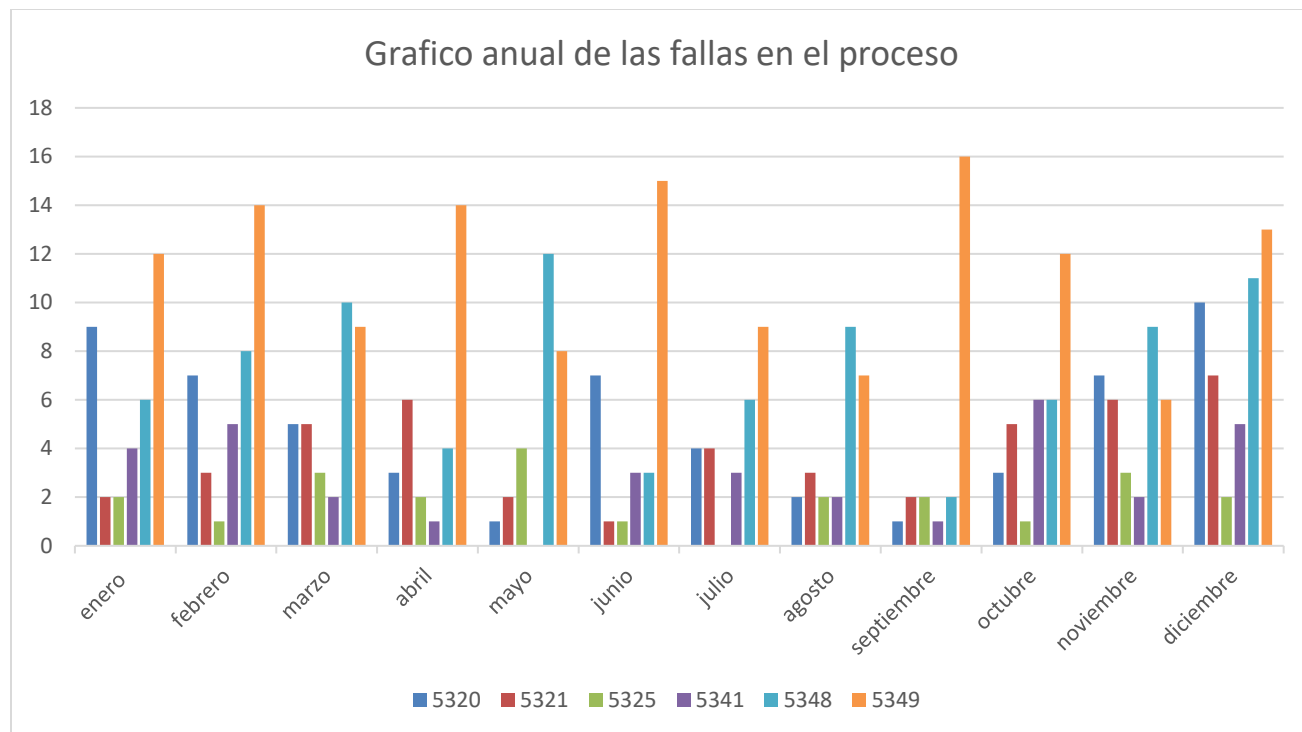
Nota. En la siguiente Tabla 5 se observa la cantidad de fallas encontradas en la producción del año 2021. Fuente Jabonería Wilson

Tabla 6*Codificación de fallas*

5320	Falla mecánica envasadora
5321	Falla mecánica Dosificador
5325	Falla mecánica selladora manual
5341	Calibración de líneas (parametrización)
5348	Producto pegado en las tolvas
5349	Mesa llena Bosch 4010

Figura 14

Detalle mensual de las fallas en la producción del año 2021



Nota. En la siguiente Figura 14 se muestran las fallas de cada mes en la producción del 2021. Fuente Jabonería Wilson

Tabla 7

Fallas del proceso de enfundado

5320	Falla mecánica envasadora	Serie 1
5321	Falla mecánica Dosificador	Serie 2
5325	Falla mecánica selladora manual	Serie 3
5341	Calibración de líneas (parametrización)	Serie 4
5348	Producto pegado en las tolvas	Serie 5
5349	Mesa llena Bosch 4010	Serie 6

Nota. En la siguiente **Tabla 7** se puede observar las fallas que presenta el proceso de enfundado con sus respectivos códigos y series las cuales se identifican mediante los colores. Elaboración propia, (2022).

Figura 15

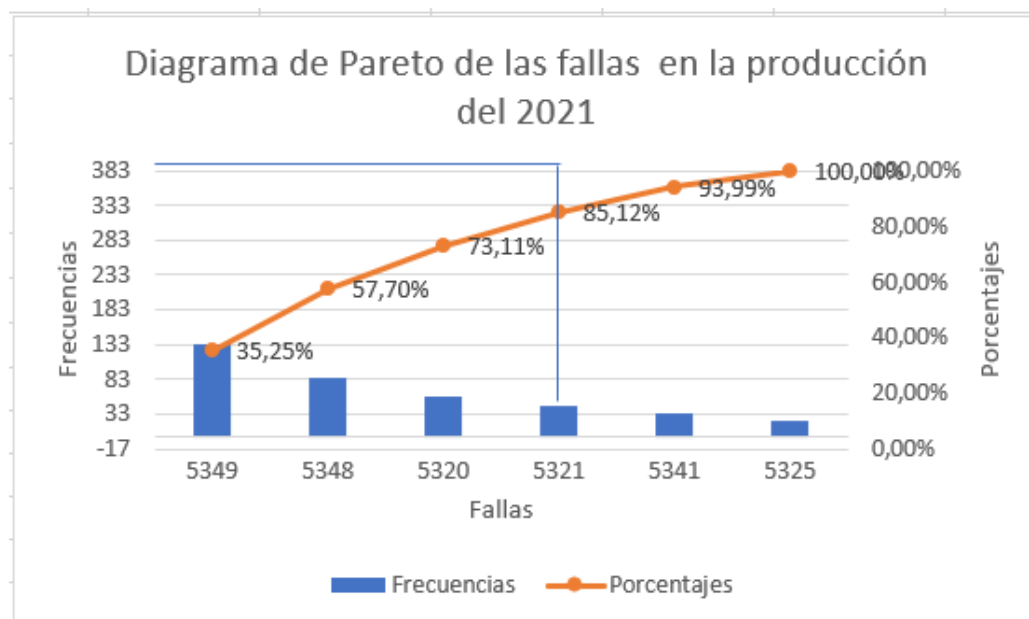
Detalle de las fallas más importantes en la producción del año 2021

	Numero de defectos	Acumulado	% Total	% acumulado
5349	135	135	35,25%	35,25%
5348	86	221	22,45%	57,70%
5320	59	280	15,40%	73,11%
5321	46	326	12,01%	85,12%
5341	34	360	8,88%	93,99%
5325	23	383	6,01%	100,00%
	383		100,00%	

Nota. En la siguiente **Figura 15** se puede observar la suma total del número de defectos de la producción del 2021. Elaboración propia (2022)

Figura 16

Diagrama de Pareto de las fallas de la producción 2021



Nota. En la siguiente **Figura 16** se puede observar el diagrama de Pareto de las fallas de la producción del año 2021. Elaboración propia (2022)

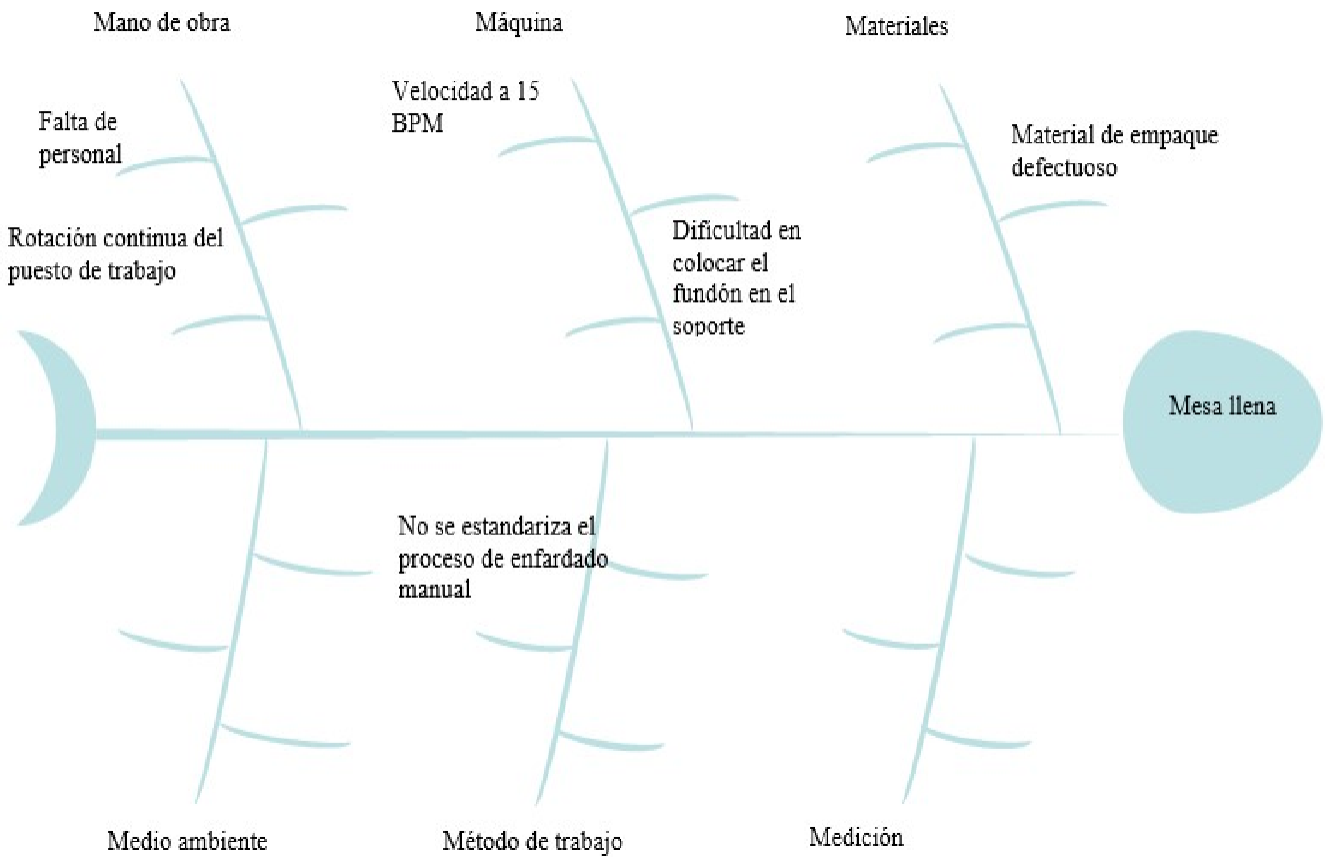
Análisis de la información

Mediante el análisis del diagrama de Pareto se puede evidenciar que la falla 5349 (mesa llena de producto) es la que impide aumentar la velocidad de la envasadora, debido a que la mesa se sobrellena y se debe detener la máquina para que los trabajadores puedan enfardar las fundas acumuladas. Después de conocer la falla más importante del proceso de enfardado se puede realizar planes de acción utilizando el diagrama de Ishikawa el cual está enfocado en las 6M, mediante de los resultados obtenidos en este diagrama se puede saber cuál es la causa y el efecto del sobrellenado de la mesade trabajo.

Diagrama causa y efecto: Constituye una herramienta de clasificación de todas las causas que pudieran originar un problema. El reagrupamiento se realiza de acuerdo con seis familias: 1) mano de obra, 2) método, 3) maquinaria, 4) material, 5) mediciones y, 6) medio ambiente. El objetivo de esta herramienta es investigar y clasificar por familias las causas de un problema (Seno, 2014).

Figura 17

Diagrama de Ishikawa con el problema principal de llenado de la mesa de trabajo



Nota. En la siguiente **Figura 17** se puede observar el diagrama de Ishikawa de la falla más importante en el proceso de enfiado. Elaboración propia (2022)

Análisis del diagrama de Ishikawa (causa efecto)

Al realizar el diagrama de Ishikawa se puede observar varias causas por las cuales la mesa de trabajo se sobrellena, es por la falta y rotación del personal, máxima velocidad en la máquina empacadora, estandarización del proceso de enfiado, dificultad en colocar el fundón en el soporte.

Mediante el diseño de la máquina enfardadora semiautomática se eliminarían ciertas causas como; el impedimento de la máxima velocidad de la empacadora, dificultad en colocar el fundón. La empresa puede eliminar todas estas causas con la implementación de esta máquina, pero debido al alto costo se propone el diseño tomando como referencia las enfardadoras existentes en el mercado

Proceso de enfardado automático

Es el proceso automático en el cual la máquina es la encargada de acomodar o enfardar las unidades dentro de una bolsa transparente mediante dispositivos mecánicos y electrónicos, en la **Figura 18** se muestra el fundón enfardado de forma automática. El proceso de enfardado es clave en la industria, tiene la responsabilidad de acomodar y proteger el producto terminado a la hora de distribuir, trasladar y comercializar. Jabonería Wilson consta de dos enfardadoras para las presentaciones de 90gr, 180gr, 500gr Estas máquinas están diseñadas para optimizar el proceso y proteger al trabajador de problemas ergonómicos.

Figura 18

Enfardado de la forma automática.



Nota. En la siguiente **Figura 18** se observa una enfardadora vertical automática. Fuente REPRASER S.A.

Producto a enfardar

El producto a enfardar son las fundas de polvo detergente cuya densidad es moderada, en la **Tabla 8** se describen algunos parámetros fisicoquímicos del producto terminado. Con esta información se pueden establecer dimensiones para el diseño de algunas partes de la máquina enfardadora.

Tabla 8

Parámetros fisicoquímicos

POLVO DETERGENTE		
Parámetros	Slurry	Polvo terminado
Densidad	n/a	320-380
Humedad%	28-32	0.50-2.50
Activo%	n/a	13.00-15.00
PH	n/a	10.20-10.80

Nota. En la siguiente Tabla 8 se muestran los parámetros fisicoquímicos para la elaboración de polvo detergente. Fuente Jabonería Wilson (2022)

Dimensiones de las fundas de Polvo detergente

En la recopilación de información para el diseño de la enfardadora de 5kg, es importante saber las dimensiones de la funda con el producto terminado (ver **Tabla 9**)

Figura 19

Dimensiones de la funda de 5 kg



Nota. En esta **Figura 19** se puede observar una funda de polvo detergente en la presentación de 5 kg en la cual se indica sus dimensiones. Fuente: <https://www.jaboneriawilson.com> (2022)

Tabla 9

Dimensiones de la funda

Dimensiones de la funda polvo detergente 5 kg	
Presentación	5 kg
Ancho	45cm
Longitud	60cm
Espesor	7cm

Nota. En la siguiente Tabla 9 se puede observar las dimensiones de la funda de 5 kg. Elaboración propia (2022)

Dimensiones de fundón

En cuanto a la materia prima se utiliza el fundón transparente para enfardar las fundas de polvo detergente, los fundones tienen las siguientes dimensiones (ver **Tabla 10**).

Figura 20

Dimensiones del fundón



Nota. En la siguiente **Figura 20** se puede observar un fundón transparente usado para el proceso de enfundado en la presentación de 5 kg. Elaboración propia (2022)

Tabla 10

Dimensiones del fundón

Dimensiones del fundón de polvo detergente 5 kg	
Ancho	46cm
Longitud	90cm
Espesor	1mm

Nota. En la siguiente Tabla 10 se puede observar las dimensiones del fundón. Elaboración propia (2022)

Situación actual versus la propuesta

En la **Tabla 11**, se compara el proceso actual de enfundado y la propuesta a realizarse.

Tabla 11

Descripción de la situación actual versus la propuesta

Item	Situación actual	Propuesta
1	Enfardado manual	Enfardado semiautomático
2	5 trabajadores para el proceso de enfardado	3 trabajadores para el proceso de enfardado
3	Trabajadores con problemas de salud	Trabajadores sin problemas de salud (tendinitis)
4	Disminución en la producción	Incremento de la producción
5	Velocidad de empacadora a 12 BPM	Velocidad de empacadora a 15 BPM
6	Desperdicio de material en los fundones (rotura al ingreso de los fundones)	Ahorro de fundones

Nota. En la siguiente Tabla 11 se observa la descripción de la situación actual versus la propuesta. Elaboración propia (2022)

Estudio de la producción

Tabla 12

Estudio de la producción mensual

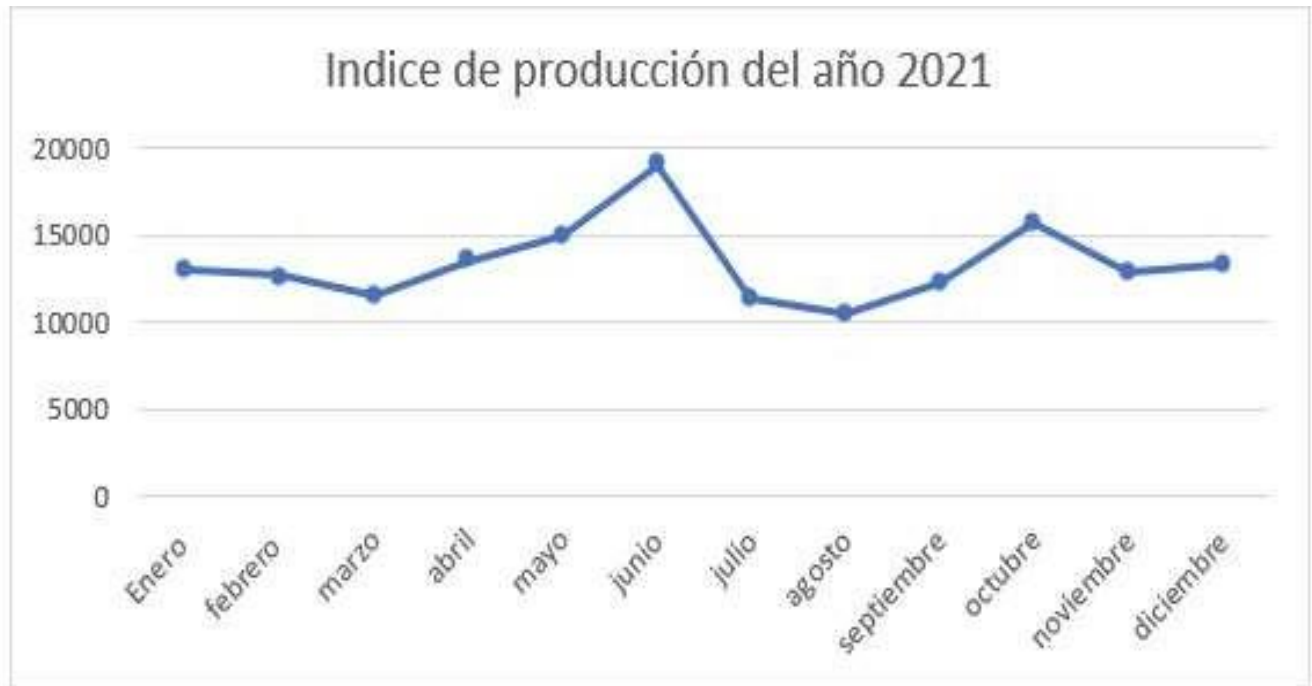
EMPRESA JABONERA				
PRODUCCIÓN DEL AÑO 2021				
FECHA	LINEA	DESCRIPCIÓN	CODIGO	CANTIDAD PRODUCIDA
Enero	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4U.	1571	13047
Febrero	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4U	1571	12700
Marzo	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4U	1571	11500
Abril	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4U	1571	13500
Mayo	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4U	1571	15000
Junio	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4U	1571	19000
Julio	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	1571	11400
Agosto	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	1571	10456
Septiembre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	1571	12300
Octubre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	1571	15680
Noviembre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	1571	12809
Diciembre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	1571	13270
Total,	PROMEDIO MENSUAL			13388,5

Nota: En la siguiente Tabla 12 se puede observar los datos referentes a la producción del año 2021 en la presentación de 5 kg. Elaboración Jabonería Wilson

En la empresa Jabonera se realizó un promedio de fundones mensualmente de 13388,5 en el año 2021.

Figura 21

Producción de fundones del año 2021



Nota. En la siguiente **Figura 21** se observa el índice de producción del año 2021. Elaboración propia (2022)

En la **Figura 21** se analiza la producción de fundones en el año 2021 en donde se puede observar que la producción varía cada mes debido a las causas ya mencionadas anteriormente una de ellas el sobre llenado de la mesa de trabajo por fundas de producto terminado. En esta producción se utilizó como materia prima el fundón transparente, mediante la información recopilada se investigará su desperdicio.

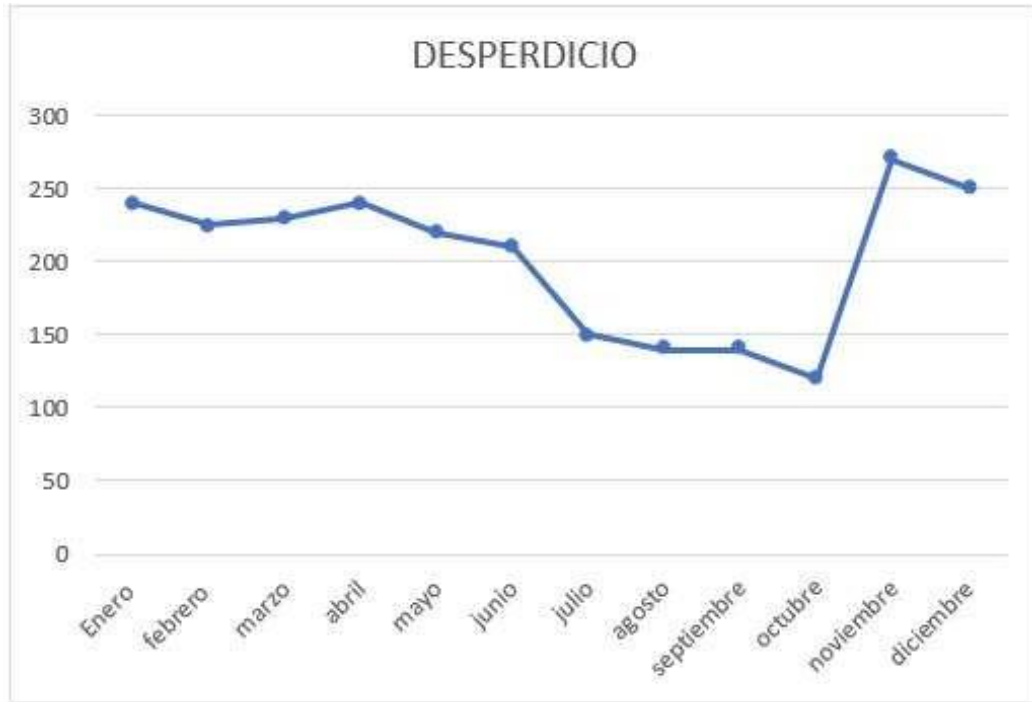
Tabla 13*Desperdicio por reprocesos de enfiado*

EMPRESA JABONERA					
FUNDONES UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL AÑO 2021					
Fecha	Línea	Descripción	Cantidad producida	Fundones ocupados	Desperdicio de fundones
Enero	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	13047	13287	240
Febrero	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	12700	12925	225
Marzo	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	11500	11730	230
Abril	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	13500	13740	240
Mayo	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	15000	15220	220
Junio	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	19000	19210	210
Julio	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	11400	11550	150
Agosto	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	10456	10470	140
Septiembre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	12300	12440	140
Octubre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	15680	15800	120
Noviembre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4 U	12809	13079	270
Diciembre	Bosch 4010	Polvo Gol de 5kg x 4U	13270	13520	250
TOTAL, DE FUNDONES DESPERDICIADOS EN EL PERIODO 2021					2435

Nota. En la siguiente **Tabla 13** se puede observar la cantidad de fundones utilizados en la producción del año 2021. Elaboración propia (2022)

Figura 22

Desperdicio de fundas



Nota. En la siguiente **Figura 22** se puede observar el desperdicio de los fundones en el año 2021. Elaboración propia (2022)

En la **Figura 22**, se analiza el desperdicio generado en el año 2021, se observa que el mayor desperdicio se produjo en el mes de noviembre, debido a que se reportan mayor rotación de personal el cual no está familiarizado con el proceso de enfardado manual lo que provoca una mala actividad y la rotura del fundón.

Costos por desperdicio

En la siguiente **Tabla 14** se puede observar el costo por desperdicio durante el año 2021 de enero a diciembre.

Tabla 14

Costos por desperdicio

EMPRESA JABONERA					
Fundones utilizados en la producción del año 2021					
Fecha	Cantidad producida	Fundones ocupados	Desperdicio de fundones	Valor por unidades del fundón	Precio por funda desperdiciada
Enero	13047	13287	240	0,027850	6,7
Febrero	12700	12925	225	0,027850	6,3
Marzo	11500	11730	230	0,027850	6,4
Abril	13500	13740	240	0,027850	6,7
Mayo	15000	15220	220	0,027850	6,1
Junio	19000	19210	210	0,027850	5,8
Julio	11400	11550	150	0,027850	4,2
Agosto	10456	10470	140	0,027850	3,9
Septiembre	12300	12440	140	0,027850	3,9
Octubre	15680	15800	120	0,027850	3,3
Noviembre	12809	13079	270	0,027850	7,5
Diciembre	13270	13520	250	0,027850	7,0
Valor Total de los Fundones			2435	\$0,027850	\$67,8

Nota. En la siguiente **Tabla 14** se puede observar el valor del costo por desperdicio de los fundones en el año 2021. Elaboración propia (2022)

Área de estudio

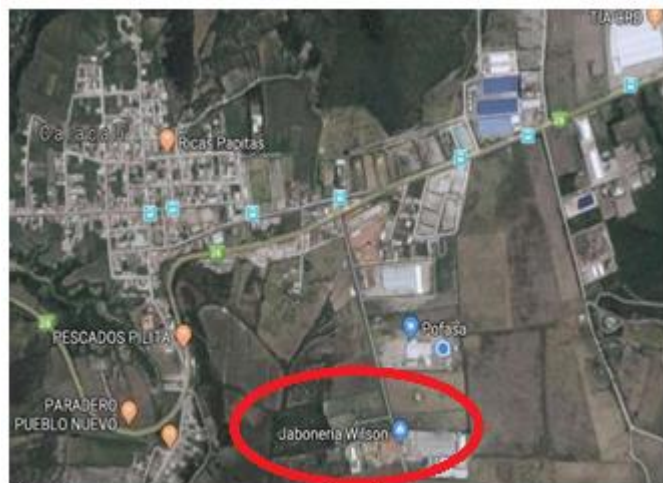
Área de estudio

Dominio:	Tecnología y sociedad
Línea de investigación:	Empresarial y Productividad
Campo:	Ingeniería Industrial
Área:	Tecnologías mecánicas e industriales
Aspecto:	Diseño industrial
Objeto de estudio:	Diseño de una enfardadora para la presentación de 5kg para el área de polvo detergente en una empresa jabonera de la ciudad de Quito
Periodo de estudio:	Octubre – febrero 2022
Lugar de investigación:	Ubicación

Jabonería Wilson S.A se encuentra ubicada en el sector de Calacalí, entre la Calle Manuel Córdova Galarza y Luis Calderón S/N, En el Anexo se indica la ubicación mediante Google map. En la Figura 24, se indica las afueras de la Empresa Jabonería Wilson.

Figura 23

Ubicación de la Empresa

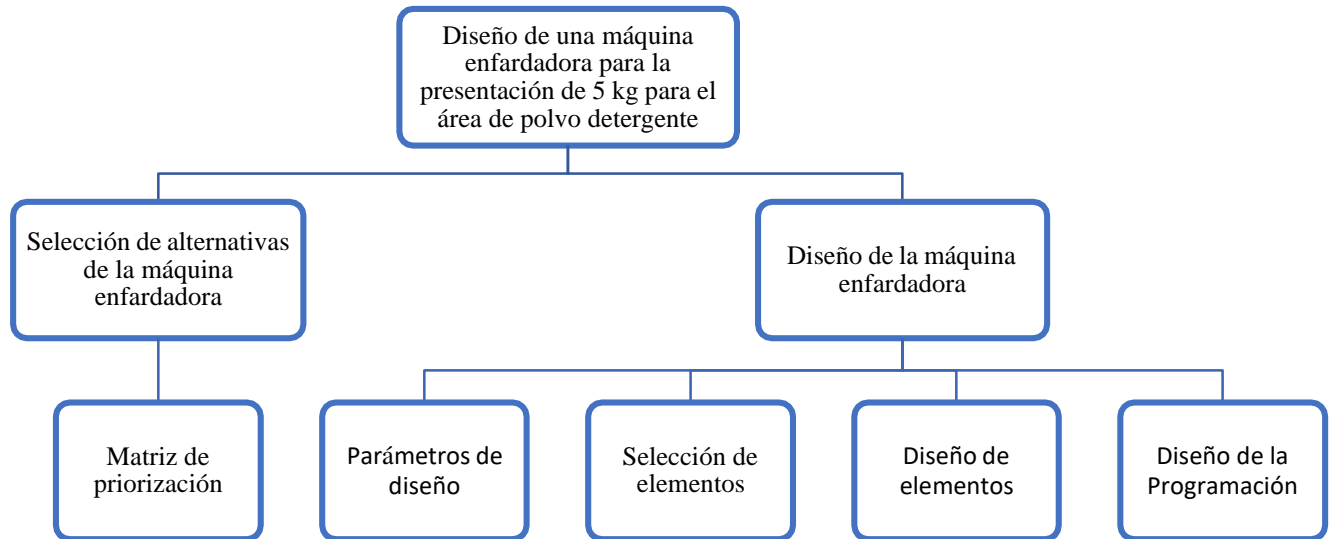


Nota. En la siguiente **Figura 23** se puede observar la ubicación actual de la empresa Jabonera. Elaboración propia (2022)

Modelo operativo

Figura 24

Modelo Operativo



Desarrollo del Modelo Operativo.

A continuación, se describe cada una de las etapas del modelo operativo.

Diseño de una máquina enfundadora para la presentación de 5 kg para el área de polvo detergente

Se conoce como actividad de enfundado a la operación en la cual se acomodan productos pequeños en fundones de film transparente. El enfundado es necesario para los productos que requieren de una protección contras agentes externos. La empresa Jabonería Wilson en el proceso de enfundado en la presentación de 5 kg requiere un sistema de enfundado rápido y así poder aprovechar la velocidad de la máquina envasadora.

Selección de alternativas de la máquina enfardadora

Mediante la selección de alternativas se puede obtener diversas opciones para la resolución del problema y poder lograr los objetivos del proyecto. Para elegir la mejor alternativa en el diseño de la máquina enfardadora semiautomática se desea utilizar la matriz de priorización la cual representa diferentes criterios de selección, así se podrá dar solución al problema en el proceso de enfardado.

Diseño de la matriz de priorización

Una matriz de priorización es una herramienta de gestión y control de proyectos que se utiliza para determinar problemas clave y evaluar las alternativas apropiadas ante un objetivo determinado (Pulido, 2008).

Diseño de la máquina enfardadora

Para el diseño de la máquina enfardadora semiautomática se debe priorizar la opción seleccionada con sus respectivos componentes, ya identificados desarrollaremos los siguientes puntos:

- parámetros de diseño
- selección de los elementos
- diseño de los elementos

Parámetros de diseño

Al establecer los parámetros mediante la información obtenida en el área de empaque de polvo detergente, se seleccionará las características de diseño de los componentes que se desea utilizar en la máquina enfardadora, partiendo como punto de referencia la velocidad de la máquina envasadora y la densidad del polvo detergente.

Selección de elementos

En esta etapa del modelo operativo se debe realizar una selección del tipo de material que serán diseñados los elementos seleccionados, si su desempeño será favorable para el diseño de la máquina enfardadora tomando en cuenta que en el área de empaque es un ambiente muy

corrosivo debido a las partículas de polvo detergente en el ambiente, al elegir correctamente el tipo de material minimizaremos el deterioro de la máquina o se utilizara algún tratamiento en el proceso de pintura.

Diseño de elementos

Los elementos de la máquina deben ser diseñados correctamente para conseguir resultados satisfactorios, ya que dependen de varios factores como el tipo de material que será construido, geometrías, dimensiones y el esfuerzo que cada componente va a realizar.

Programación

Para la programación de la máquina enfardadora semiautomática se realiza mediante un software Cade Simu que es un programa de electrotécnica que brinda la oportunidad de diseñar y simular el funcionamiento de circuitos, y el software Pc Simu de igual manera es un simulador de procesos automáticos de forma gráfica.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Para este proyecto de investigación se propone el diseño de una máquina enfardadora semiautomática para la presentación de 5 kg, para el incremento de la producción en la empresa Jabonera ubicada en la Parroquia de Calacali en la ciudad de Quito, la cual se dedica a la elaboración de productos de limpieza para el hogar y cuidado personal.

La máquina es una enfardadora semiautomática que consta de una estructura acorde al espacio del área, un formador principal con doble ingreso acoplado un cilindro neumático el cual nos va a permitir un desplazamiento horizontal, esto nos ayudara a que las funda ingresen en cada sección del formador, en la parte inferior se coloca un fundón el cual va ser sujeto por un sistema de agarre formado por un cilindro neumático y una base. Mediante una banda transportadora se va a depositar una funda por sección según la señal de los sensores que utilizaremos para el conteo de las unidades, ya completo el ciclo de las dos fundas la maquina abrirá las compuertas para depositarlos en un solo fundón, el mismo ciclo se repetirá 2 veces para tener un fardo de 4 unidades. Este diseño lleva a reducir costos de producción, tiempos, e incrementar la demanda de la misma, así como también evita acciones innecesarias.

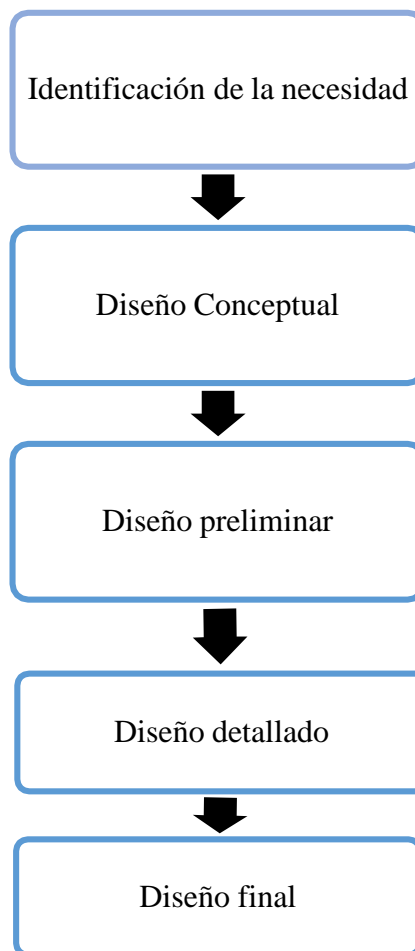
En este tiempo muchas empresas dedicadas a la construcción de enfardadoras tienen una gama de modelos que facilitan a las empresas optimizar sus procesos y garantizar la salud ocupacional, debido al costo elevado de la enfardadora la empresa Jabonería Wilson decide diseñar y construir su propia máquina la cual tendrá las necesidades principales del trabajador a un bajo costo.

Se presenta un modelo descriptivo para el proceso de diseño para el desarrollo de la máquina enfardadora semiautomática en la presentación de 5 kg de la empresa Jabonería Wilson

Modelo descriptivo del proceso de diseño

Figura 25

Modelo descriptivo



Nota. En la siguiente **Figura 25** se puede observar el modelo descriptivo del proceso de diseño. Fuente "Métodos de Diseño" de Nigel Cross.

Identificación de la necesidad

Enfardar la presentación de 5 kg en menos tiempo mediante el diseño de una enfardadora semiautomática.

Diseño conceptual

Las especificaciones de diseño se establecieron mediante una matriz de priorización en la cual se compara dos máquinas enfardadoras existentes, una de ellas será seleccionada como guía para el diseño propuesto.

Diseño Preliminar

En esta etapa se estudia los diseños de las diferentes enfardadoras automáticas, esto nos ayuda a tener una idea principal de funcionamiento y poder seleccionar los componentes, los cuales ayudaran al correcto desempeño de la máquina enfardadora semiautomática para la presentación de 5 kg.

Figura 26

Carteador de una enfardadora vertical



Nota. En la siguiente **Figura 26** se observa el carteador de una enfardadora vertical automática.
Fuente <https://raumak.com>

Diseño detallado

Mediante la elaboración de la matriz de priorización se puede ya elegir el tipo de material que se desea utilizar en la enfardadora semiautomática esto con el objetivo de un buen funcionamiento.

Diseño final

Para la presentación del diseño final se comunica al coordinador de producción y a la jefatura de mantenimiento los componentes y equipos que se va a utilizar para el funcionamiento de la máquina, mediante la información recopilada se realiza el diseño final con sus respectivas medidas.

Selección de alternativas de la máquina enfardadora semiautomática

Para determinar el diseño adecuado para la máquina enfardadora semiautomática en la empresa Jabonería Wilson se tiene 2 opciones, tener como guía del carteador y formador de la enfardadora Sorter Baler horizontal o de la enfardadora Multi Baler 300 vertical.

Enfardadora Sorter Baler

Como se muestra en la *Figura 27* el enfardado es de forma horizontal, esta máquina está diseñada para productos como pañales, pañuelos de papel se observa que no se tiene dificultad en el proceso de enfardado ya que consta de dos cilindros neumáticos los cuales ayudan a posicionar de mejor manera el producto.

Figura 27

Carteador de una enfardadora horizontal.



Nota. En la siguiente **Figura 27** se observa el proceso de enfardado de una enfardadora horizontal automática. Fuente <https://raumak.com>

Figura 28

Carteador de una enfardadora horizontal.



Nota. En la siguiente **Figura 28** se observa el proceso de enfardado de una enfardadora horizontal automática. Fuente <https://raumak.com>

Figura 29

Formador de la enfardadora horizontal



Nota. En la siguiente **Figura 29** se observa el formador de una enfardadora horizontal automática.
Fuente <https://raumak.com>

Enfardadora Multi Baler 300

Como se muestra en la **Figura 30** el enfardado es de forma vertical debido a la estructura de diseño del tubo formador, esta máquina está diseñada para productos como harinas, granos, detergentes, entre otros, para tener un enfardado como muestra en la **Figura 32** la máquina se ayuda con un carteador que consta de dos compuertas y un cilindro vertical el cual nos ayuda a posicionarse mejor manera el producto.

Figura 30

Tipo de fundón

TIPOS DE EMBALAJE

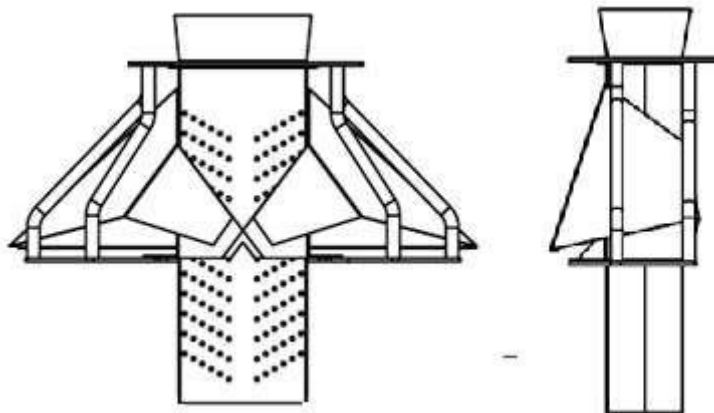


Nota. En la siguiente **Figura 30** se observa el tipo de embalaje de la enfardadora vertical. Fuente <https://raumak.com>

En la **Figura 31** Y **Figura 32** se puede observar el formador y el carteador de la enfardadora Multi Baler 300

Figura 31

Formador de la enfardadora Multi Baler 300



Nota. En la siguiente **Figura 31** se observa el formador de una enfardadora vertical automática. Fuente <https://raumak.com>

Figura 32

Carteador de la enfardadora Multi Baler 300



Nota. En la siguiente **Figura 32** se observa el carteador de una enfardadora vertical automática.
Fuente <https://raumak.com>

Tabla 15

Criterios para el diseño de la máquina enfardadora

Parámetros de selección de selección
Funcionamiento
Dificultad en su construcción
Compra de materiales
Precio de fabricación
Mantenimientos rápidos

Nota. En la siguiente **Tabla 15** se observan los parámetros para la selección del diseño de la máquinaenfardadora Elaboración propia (2022)

Ponderación de los parámetros de selección para el diseño de la máquina enfardadora

Para elegir la alternativa para el diseño final de la máquina enfardadora se utiliza el método de ponderación, los valores se muestran en la tabla en la cual se observa los indicadores y el valor de ponderación.

Tabla 16

Indicadores de valoración

Indicadores	Valor
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Insuficiente	1

Nota. En la siguiente **Tabla 16** se puede observar los indicadores de valoración para la máquinaenfardadora. Elaboración propia (2022)

Parámetros más importantes para el diseño de la máquina enfardadora presentación de 5 kg

La selección de los parámetros es realizada por el coordinador encargado del área, la jefatura de mantenimiento, los operarios y el personal técnico. A los parámetros se le asignara un peso para reflejar su grado de importancia relativa desarrollando una escala para cada factor de 1 a 5 puntos. Los involucrados en este proyecto calificaran cada factor utilizando la escala ya mencionada la cual se muestra en la siguiente **Tabla 17**.

Tabla 17

Ponderación de parámetros de selección

Parámetros de selección	Ponderación del factor
Funcionamiento	30%
Precio de fabricación	25%
Compra de materiales	20%
Dificultad en su construcción	15%
Mantenimientos rápidos	10%

Nota. En la siguiente **Tabla 17** se puede observar los parámetros de selección de alternativas para lamáquina enfardadora. Elaboración propia (2022)

Tabla 18*Valores de la puntuación*

Opción	Funcionamiento		Precio de fabricación		Compra de materiales		Dificultad en su construcción		Mantenimientos rápidos		TOTAL					
	Peso	Total	Peso	Total	Peso	Total	Peso	Total	Peso	Total						
Enfardadora Sorter Baler	2	30%	0,6	4	25%	1	3	20%	0,6	2	15%	0,3	5	10%	0,5	3
Enfardadora Multi Baler 300	4	30%	1,2	2	25%	0,5	3	20%	0,6	5	15%	0,75	5	10%	0,5	3,55

Nota. En la siguiente **Tabla 18** se puede observar los resultados de las diferentes ponderaciones a los parámetros de selección.
Elaboración propia (2022)

Mediante los puntajes ponderados que se muestran en la **Tabla 18** la enfardadora Multi Baler 300 es la indicada como guía para el diseño de la enfardadora semiautomática para la empresa Jabonería Wilson en la presentación de 5 kg ya que se obtiene un valor de 4.

Selección del material adecuado para la construcción de la estructura y formadores de la máquina enfardadora

Para la selección del material que debe ser fabricada la estructura y formadores de la enfardadora se realiza el método de factores ponderados, en el listado tenemos materiales que si se encuentran en el mercado nacional con sus respectivas características técnicas las cuales son mencionadas en la **Tabla 19**.

Características de los materiales

Tabla 19

Característica de los materiales

Indicadores
Corrosión
Facilidad de maquinado
Disponibilidad en el mercado
Costo
Resistencia

Nota. En la siguiente **Tabla 19** se puede observar las características de los materiales que se pueden usar para el diseño de la máquina enfardadora. Elaboración propia (2022)

Para la construcción de la máquina enfardadora se obtiene 3 opciones de materiales para la selección:

- Acero negro
- Acero inoxidable
- Acero Galvanizado

Para la selección del tipo de material se debe asignar un peso de importancia relativa, a continuación, se indica en la siguiente **Tabla 20**.

Tabla 20

Ponderación de las características de los materiales

Características	Ponderación
	%
Corrosión	30
Resistencia	25
Facilidad de maquinado	20
Disponibilidad en el mercado	15
Costo	10

Nota. En la siguiente **Tabla 20** se puede observar la ponderación realizada a cada característica de los materiales que se pueden usar para el diseño de la máquina enfardadora. Elaboración propia (2022)

A continuación, se realiza la matriz de priorización en la cual se podrá conocer el material adecuado para realizar el diseño de la máquina enfardadora para la presentación de 5 kg.

Tabla 21*Selección del material indicado*

Opción	Corrosión			Resistencia			Facilidad de maquinado			Disponibilidad en el mercado			Costo			TOTAL
	Criterio	Peso	Total	Criterio	Peso	Total	Criterio	Peso	Total	Criterio	Peso	Total	Criterio	Peso	Total	
Acero negro	1	30%	0,3	3	25%	0,75	5	20%	1	5	15%	0,75	5	10%	0,5	3,3
Acero inoxidable	5	30%	1,5	5	25%	1,25	1	20%	0,2	5	15%	0,75	1	10%	0,1	3,8
Acero Galvanizado	3	30%	0,9	4	25%	1	5	20%	1	5	15%	0,75	2	10%	0,1	3,75

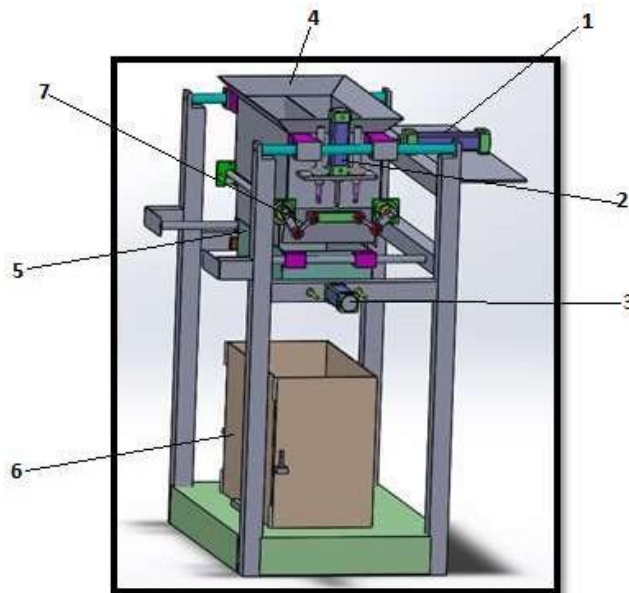
Nota. En la siguiente **Tabla 21** se puede observar los resultados de las diferentes ponderaciones para la elección del material indicado. Elaboración propia (2022)

Mediante los puntajes ponderados el material para utilizar en el diseño de la estructura, el formador principal y secundario es el Acero inoxidable el cual cumple con las características para un buen funcionamiento y durabilidad de la máquina. Debido al alto costo de construcción con el acero inoxidable se plantea otra alternativa la cual es ocupar el acero negro ASTM A-36 el cual tiene buenas características para el diseño de la máquina que se desea diseñar, todos los componentes que sean construidos con este material A-36 se les debe realizar un tratamiento especial anticorrosivo y pintado con pintura en polvo epoxi electrostática así evitaremos la corrosión.

Diseño geométrico preliminar

Figura 33

Máquina enfardadora semiautomática



Nota. En la siguiente **Figura 33** se muestra el diseño preliminar de la máquina enfardadora semiautomática. Elaboración propia (2022)

Donde

1. Cilindro neumático desplazamiento formador principal
2. Cilindro neumático de apertura de compuertas
3. Cilindro neumático agarre de fundón
4. Formador principal
5. Formador secundario
6. Acumulador
7. Sistema de compuertas

Parámetros de diseño

Para el diseño de la máquina enfardadora se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros de dimensión y peso para poder realizar el proceso de una forma correcta. Estos son:

- La altura de la máquina no debe exceder los 1200mm ya que la altura del transportador existente en el proceso es de 1300mm
- Las dimensiones de las secciones del formador principal deben ser 125 mm de ancho debido a la variación de densidad del polvo detergente.
- El formador secundario debe tener una altura de 850 mm debido a que el trabajador no debe general problemas ergonómicos por malas posturas.
- El peso a soporta del cilindro neumático acoplado en las compuertas del formador principal es de 10 kg por cada ciclo
- La máquina enfardadora al tener un sistema neumático necesita ser robusta para evitar desplazamientos y vibraciones.
- Parámetros del polvo detergente terminado

Tabla 22

Parámetros del polvo detergente terminado

POLVO DETERGENTE		
Parámetros	Slurry	Polvo terminado
Densidad	n/a	320-380
Humedad%	28-32	0.50-2.50
Activo%	n/a	13.00-15.00
PH	n/a	10.20-10.80

Nota. En la siguiente **Tabla 22** se observa la densidad en la cual se debe empaquetar el polvo detergente para no tener problemas en el proceso de envasado.

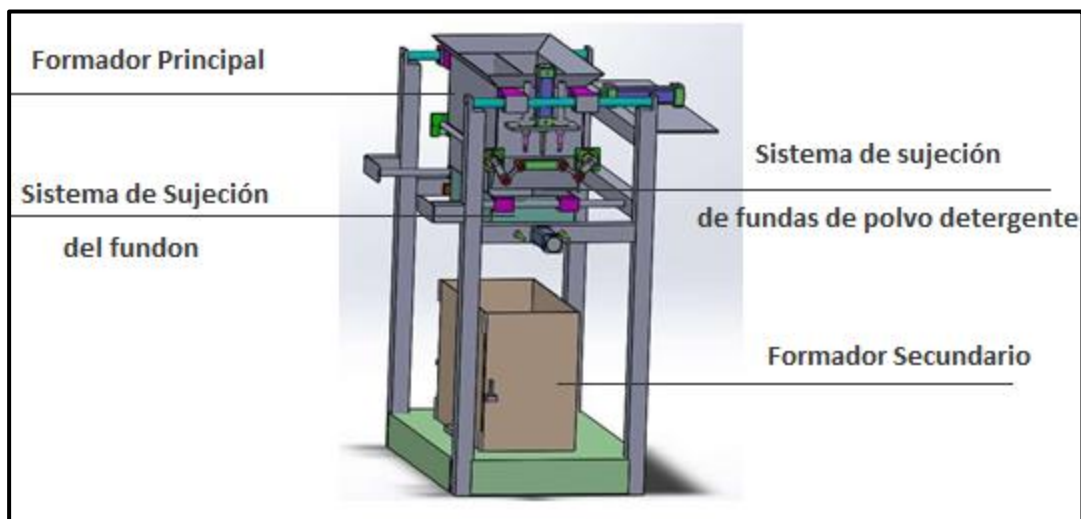
$$\text{Densidad del polvo detergente} = 320 - 380 \text{ kg/m}^3$$

Diseñar y plantear la propuesta del proyecto

Mediante el diseño de la envasadora se evidencia que no será un 100 % automática debido a que la colocación del fundón se lo realizara de forma manual, si se desea un diseño totalmente automático es necesario la implementación de un sistema de arrastre por correas y la fabricación de un formador, lo que implica un diseño más completo y un costo mayor para su construcción. En la **Figura 34** se muestra un prototipo de una máquina envasadora para la presentación de 5 kg.

Figura 34

Diseño de la máquina enfardadora semiautomática



Nota. En la siguiente **Figura 34** se observa el diseño de la máquina enfardadora semiautomática. Elaboración propia (2022)

Diseño de los componentes mediante el software

Se analizará cada componente de la máquina enfardadora sometido a análisis estático y a fatiga los elementos que presenten fluctuación. La estructura será fabricada de ACERO ASTM A 36 ya que brinda buenas propiedades mecánicas, tales como su contenido de carbono que equivale a 0.18, tiene 0.2% de cobre, además de 0.8 a 0.9% de manganeso lo que le brinda un aumento en la resistencia (Shigley, Mischke, Bocanegra, & Correa, 2002)

Análisis estático

Para el análisis de cada elemento de la máquina enfardadora semiautomática sometido a esfuerzo se lo realizara de forma manual.

Factor de seguridad

El término factor de diseño F_s , es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabrica un componente se divide entre el factor de seguridad para determinar un esfuerzo de diseño que a veces se llama esfuerzo admisible o esfuerzo permisible.

Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño.

A continuación, se describe el factor de seguridad para distintos materiales dependiendo de la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente a diseñar y el grado de confianza en los datos que se emplean en el proceso de diseño.

Materiales Dúctiles

$F_s = 1.25$ a 2.0 .- El diseño de estructura bajo cargas estáticas, para la que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.

$F_s = 2.0$ a 2.5 . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.

$F_s = 2.5$ a 4.0 . Diseño de estructuras o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

$F_s = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente.

Materiales Frágiles:

$F_s = 3.0$ a 4.0 . Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.

$F_s = 4.0$ a 8.0 . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

A continuación, se realiza el diseño de varios elementos de la máquina enfardadora para determinar mediante el programa de SolidWord y los cálculos de forma manual el factor de seguridad para establecer los espesores del material a utilizar. los respectivos formadores y sistemas de sujeción

Simulación de los componentes de la máquina enfardadora

Ciertos componentes reales, como rodillos, rodamientos, chumaceras, usados en la construcción de estructuras y mecanismos en maquinaria industrial, rara vez son sencillos de analizar, y el diseñador se ve en la obligación de realizar aproximaciones menos eficaces mediante soluciones cercanas, experimentación o métodos numéricos; en cambio, los componentes mecánicos usados para estructuras o soportes que tengan algún tipo de carga como vigas, barras simples, entre otras, se pueden analizar con facilidad por medio de métodos elementales de la mecánica que proporcionan soluciones aproximadas.

En la actualidad existe un gran número de técnicas de análisis, estructuras y mecanismos que se emplea en aplicaciones de ingeniería, optimizando recursos y tiempo para las cuales la tecnología juega un 19 papeles fundamental, ya que existe un sin número de software de CAD que nos facilitan realizarlo, tales como SOLIDWORKS, INVENTOR, ANSYS, entre otros. Hay una gran cantidad de aplicaciones que requieren análisis estático y dinámico, lineal y no lineal, de esfuerzo y de deflexión; vibraciones libres y forzadas; transferencia de calor (que se puede combinar con el

análisis de esfuerzo y de deflexión para proporcionar esfuerzos y deflexiones térmicamente inducidos); inestabilidad elástica (pandeo). (BUDYNAS, 2014).

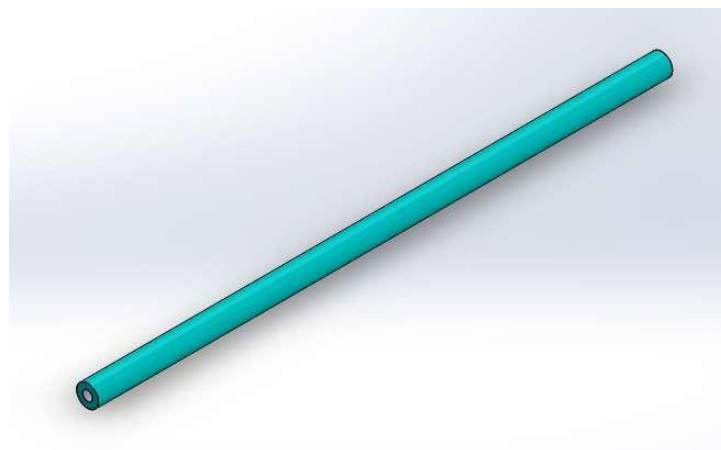
Para el presente estudio se utiliza el software SOLIDWORKS 2018, para la simulación de esfuerzos y pandeo. En cada estudio se detalla el material a ocupar y los elementos con características técnicas.

Análisis del eje principal

La **Figura 35**, indica uno de los dos ejes que contiene la máquina enfardadora, son los que permiten el movimiento del formador principal, el cual es activado mediante un cilindro el cual desliza el formador para alojar a las fundas de polvo detergente, el material con el que se realiza los ejes es de aluminio 1060 (en el **Anexo 34**, se encuentran las características técnicas), el cual se realiza el estudio y cumple con las características para el proceso. En el **Anexo 9**, se observa los planos de este elemento

Figura 35

Eje principal de formador

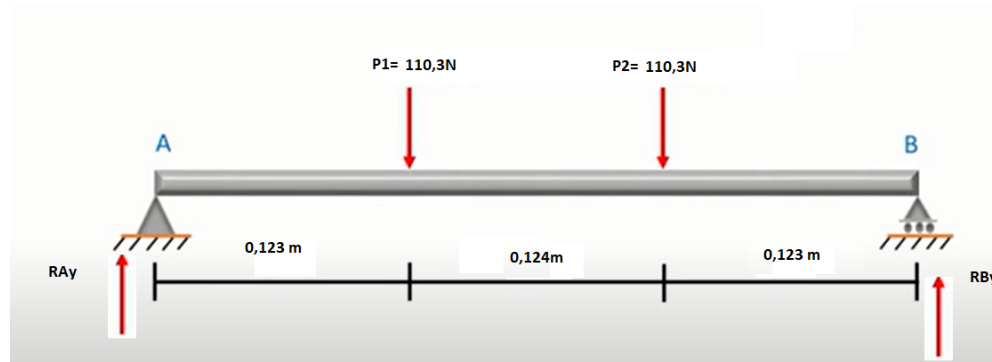


Para el análisis del eje principal, se consideró apoyos fijos a los costados debido a que está empernado a dos platinas.

A continuación, se realiza el diagrama de cuerpo libre de uno de los dos ejes que contiene la máquina enfardadora, para realizar los respectivos cálculos se va a utilizar el límite elástico del aluminio 1060 de 2.5 MPa en el cual se muestra en el *Anexo 34*.

Figura 36

Diagrama de cuerpo libre del eje principal



Se tiene el siguiente diagrama de cuerpo libre

Sé a realizar el cálculo de fuerza mediante la carga aplicada en los dos ejes que contiene la máquina, al tener 4 cargas puntuales se divide para la misma cantidad en donde se obtendrá fuerza para cada carga puntual.

Donde:

w = peso [Kg]

4 = Cantidad de cargas puntuales

m = Masa [Kg]

g = gravedad $\frac{m}{s^2}$

Ra y Rb= Reacciones del diagrama de cuerpo libre

A continuación, se realiza el cálculo de la fuerza ejercida en las cargas puntales del eje de la máquina enfardadora.

$$\frac{m}{4} = w$$

$$\frac{45 \text{ Kg}}{4} = w$$

$$11,25 \text{ kg} = w$$

$$P = w * g$$

$$P = 11,25 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{m^2}$$

$$P = 110,3 \text{ N}$$

$$RA = RB = P$$

$$RA = RB = 110,3 \text{ N}$$

En el **Anexo 32** muestra la fórmula para el cálculo del momento máximo en una viga empotrada a los dos extremos.

$$M_{\max} = P \cdot a \left(1 - \frac{a}{l}\right)$$

Donde:

M_{\max} = momento máximo [Nm]

P = fuerza aplicada [N]

a = distancia del apoyo hacia la carga puntual [m]

l = distancia total desde el apoyo A hasta el apoyo B [m]

A continuación, se realiza el cálculo del momento máximo del eje

$$M_{\max} = P \cdot a \left(1 - \frac{a}{l}\right)$$

$$M_{\max} = 110,3 \text{ N} \cdot 0,123 \text{ m} \left(1 - \frac{0,123}{0,46}\right)$$

$$M_{\max} = 9,93 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El máximo esfuerzo en el eje principal se presenta en la siguiente fórmula

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n}$$

Donde

$$\sigma_{\max} = \text{máximo esfuerzo} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$S_y = \text{Límite elástico} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

n = factor de seguridad

Para calcular el máximo esfuerzo del eje se utiliza el límite de elástico del aluminio 1060 de 2,5MPa según el *Anexo 34*.

Se establece un valor del factor de seguridad de 3, según Robert Mott indica que para cargas dinámicas se asume un factor de seguridad de 2 a 4.

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{25,493 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{3}$$

$$\sigma_{max} = 8,49 \frac{kg}{cm^2}$$

Se recomienda realizar la transformación de unidades a $\frac{N}{m^2}$

$$\sigma_{max} = 832869 \frac{N}{m^2}$$

El máximo esfuerzo en el eje principal se presenta en la siguiente fórmula

Para calcular la sección requerida se establece un factor de seguridad de 3, según Robert Mott indica que para cargas dinámicas se asume un factor de seguridad de 2 a 4.

Para calcular la sección requerida en el eje principal se presenta en la siguiente fórmula

$$\sigma_{max} = \sigma_{per}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * n}{S_{req}}$$

Donde:

σ_{max} = esfuerzo permisible [Pa]

σ_{max} = máximo esfuerzo $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

Mmax = máximomomento [Nm]

n = factor de seguridad

Sreq = módulo de sección [cm^3, m^3]

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * n}{S_{req}}$$

$$S_{req} = \frac{M_{max} * 3}{\sigma_{max}}$$

$$S_{req} = \frac{9,93 \text{ Nm} * 3}{832869}$$

$$S_{req} = 3,57 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Se realiza la transformación a centímetros cúbicos

$$S_{req} = 35,76 \text{ cm}^3$$

Para saber el diámetro requerido del eje para este diseño se utiliza la fórmula de la sección requerida en donde se despeja h donde:

$$S_{req} = \frac{b h^2}{6}$$

S_{req} = módulo de sección [cm^3, m^3]

b = distancia total del eje [m, mm] ver **Anexo 9**

h = espesor del material [m, mm]

$$S_{req} = \frac{b h^2}{6}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 S_{req}}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 (35,76) \text{ cm}^3}{0,46 \text{ m}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 (35,76) \text{ cm}^3}{46 \text{ cm}}}$$

$$h = 2,15 \text{ cm}$$

$$h = 21 \text{ mm}$$

Según los resultados obtenidos el diámetro del eje para el formador principal de la enfardadora es de 21mm de un material de aluminio 1060.

Para determinar la rigidez del diseño se utiliza la siguiente fórmula

$$\delta = \frac{P \cdot a(3l^2 - 4a^2)}{24 E \cdot I}$$

Donde:

δ = rigidez [mm]

P = fuerza aplicada [N]

a = distancia del apoyo hasta el centro de la carga puntual[m]

l = longitud total del eje [m]

E = módulo de elasticidad [Pa]

I = inercia [m^4]

Para calcular la rigidez del eje principal se debe calcular la inercia, la cual se determinará mediante la siguiente fórmula

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

Donde:

I = inercia [m⁴]

b = Longitud total del eje[m] ver **Anexo 9**

h = diámetro del eje [mm]

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = \frac{0,46 * 0,021^3}{12}$$

$$I = 3,55 * 10^{-7} m^4$$

Se realiza el cálculo de la rigidez del diseño

$$\delta = \frac{P * a(3l^2 - 4a^2)}{24 E * I}$$

$$\delta = \frac{110,3 * 0,123 * (3(0,46)^2 - 4(0,123)^2)}{24 * 2,6 * 10^{10} * 3,55 * 10^{-7}}$$

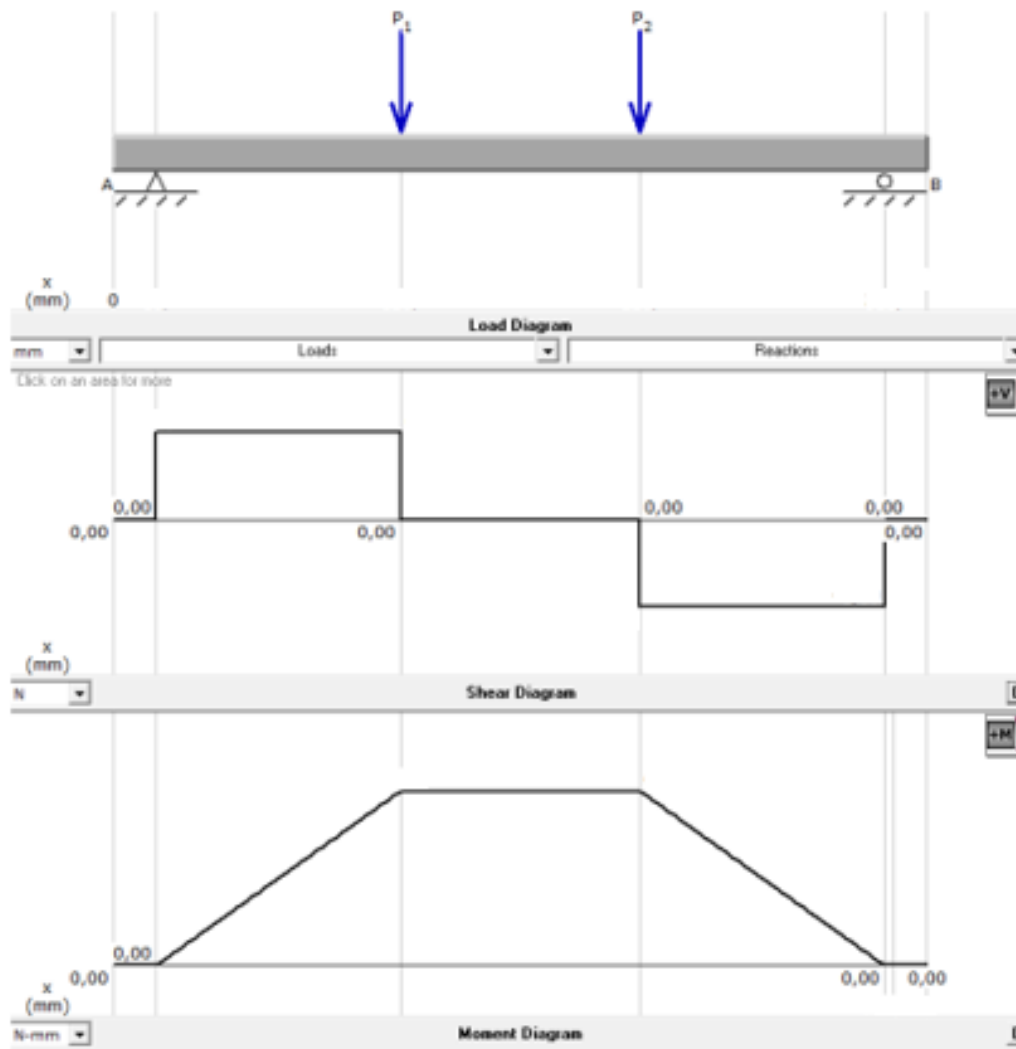
$$\delta = 3,4 * 10^{-5} m$$

$$\delta = 0,03 mm$$

Con la ayuda del software MDSolids obtenemos los valores máximos de la fuerza cortante y el momento producidos en la placa soporte del formador como se muestra en la **Figura 37**

Figura 37

Gráficas de fuerza cortante y momento flector del eje del formador principal



Se obtiene como resultado que las reacciones es $RA = RB = 110,3 N$ y su momento máximo

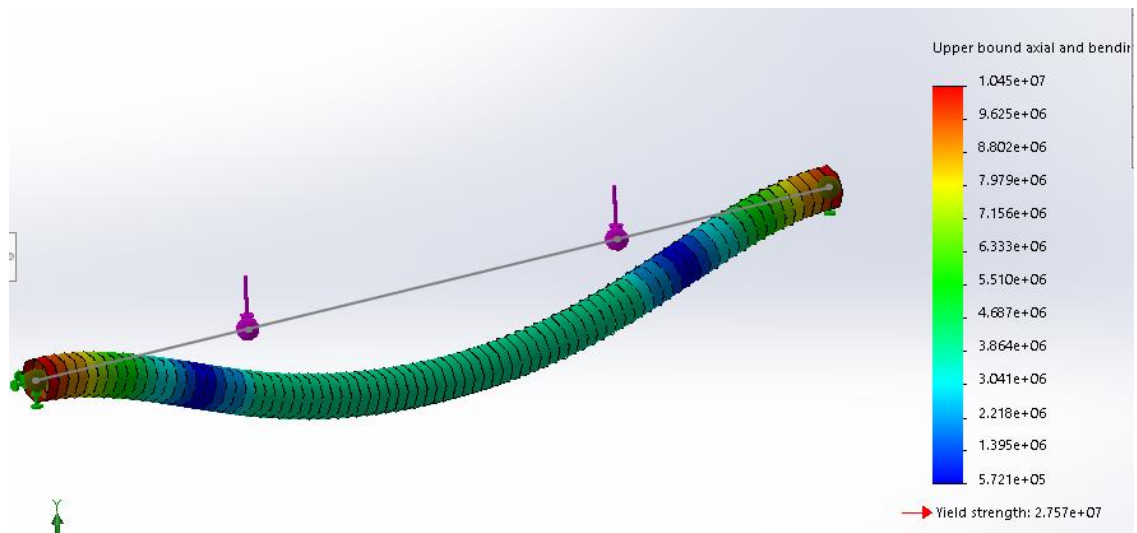
$$M_{max} = 9,93 N.m$$

Simulación

Para el diseño del elemento del eje principal, se utiliza el software SOLIDWORKS 2018, para lo cual se emplea una fuerza de 110,3 N y se realiza varios análisis, entre ellos el de Von Mises el cual ayuda a verificar los fallos elásticos en el elemento. En la **Figura 38**, indica el análisis mencionado, dando como resultado que el eje principal va a sufrir una deformación elástica máxima de 1,04 MPa, evidenciando que el diseño es óptimo ya que el límite elástico superior es de 2,5 MPa.

Figura 38

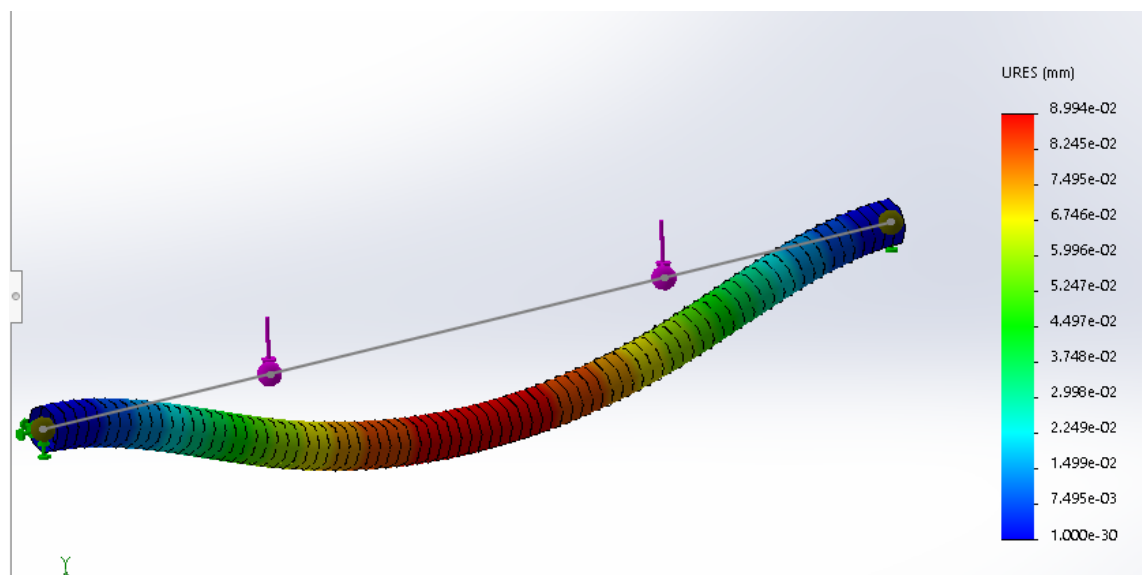
Simulación del límite elástico del eje del formador principal



Otro aspecto que se analiza en el diseño es el desplazamiento en el elemento, producido por la fuerza que se emplea en el eje principal, en la **Figura 39**, se observa que existe un desplazamiento máximo de 0.089 mm, esto demuestra que el diseño es óptimo, ya que el desplazamiento es mínimo para la aplicación

Figura 39

Simulación del desplazamiento del eje del formador principal

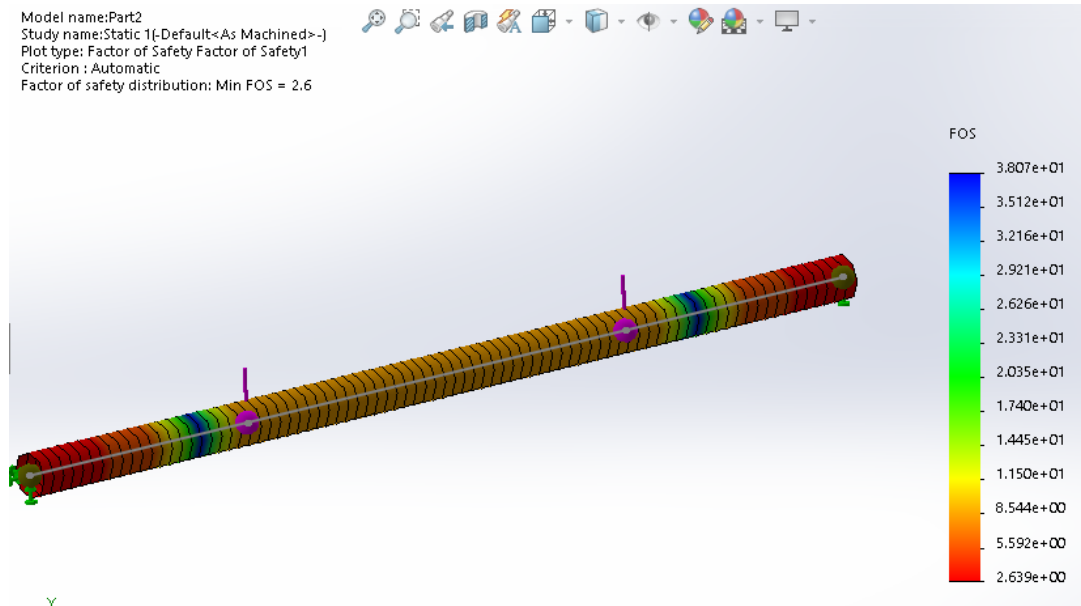


De la simulación CAD se obtuvo que el factor de seguridad para el eje del formador principal más bajo encontrado en el diseño es de 2.6 como se muestra en la **Figura 40**. Se aclara que los análisis realizados están hechos para una fuerza de 110,3 N.

El eje del formador principal el que soporta el formador principal es la parte más importante ya que va a soportar el alojamiento de las dos fundas de polvo detergente, así, su factor de seguridad es de 2,6 (simulación CAD), para que en ningún momento pierda su forma en caso de algún accidente, fallo o incluso algún golpe por desmontaje de mantenimientos.

Figura 40

Simulación del factor de seguridad del eje del formador principal

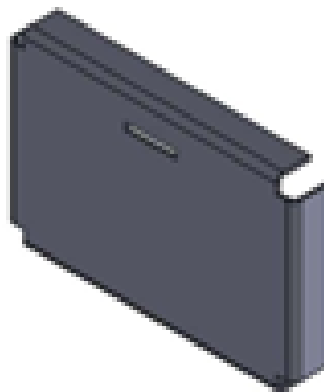


Placa base de la máquina enfardadora

En la **Figura 41**, se indica la base principal de la máquina enfardadora la cual va a soportar el formador inferior y el peso de las 4 fundas de polvo detergente que son los 20 kg, el material con el que se realiza la base principal es un acero ASTM A36, el cual se realiza el estudio y cumple con las características para la máquina. En el **Anexo 20**, se observa los planos de este elemento

Figura 41

Base inferior de la enfardadora



Para calcular la carga distribuida se debe dividir la fuerza ejercida para la longitud total del elemento, en este caso 0.845 m

Para calcular la carga distribuida total se procede a calcular de la siguiente fórmula

$$P = \frac{F}{l}$$

Donde

P= carga distribuida $\left[\frac{N}{m}\right]$

L = Longitud total [m]

F = fuerza ejercida [N]

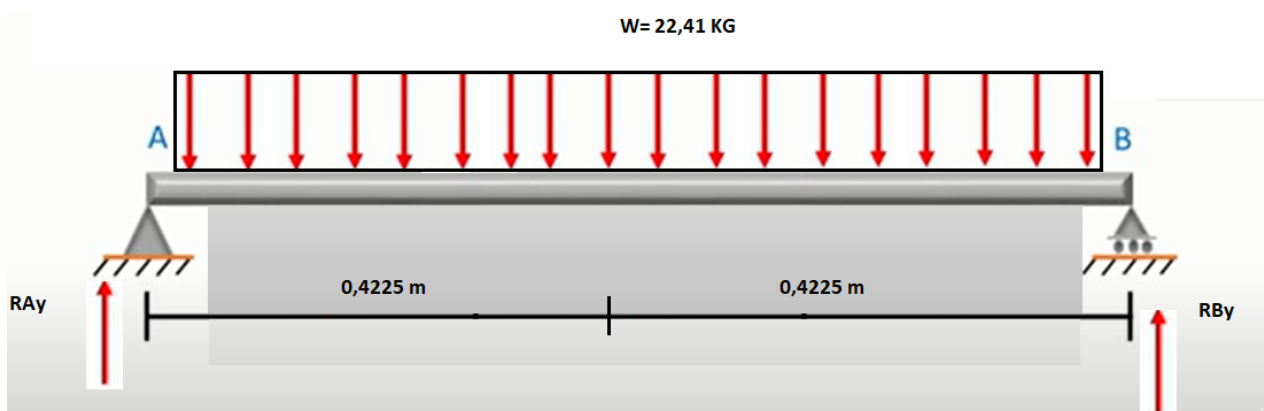
$$P = \frac{F}{l}$$

$$P = \frac{219,64 \text{ N}}{0,845 \text{ m}}$$

$$P = 259,92 \frac{N}{m}$$

Figura 42

Gráficas de fuerza cortante y momento flector del eje principal



Para calcular las reacciones se utiliza la siguiente fórmula $RA = RB = \frac{PL}{2}$

Donde

$RA = RB = \text{Reacciones [N]}$

$P = \text{carga distribuida } \left[\frac{N}{m} \right]$

$l = \text{longitud total de la base [m] ver Anexo 20}$

$$RA = RB = \frac{PL}{2}$$

$$RA = RB = \frac{259,92 * 0,845}{2}$$

$$RA = RB = 109,81 \text{ N}$$

En el **Anexo 32** muestra la fórmula para el cálculo del momento máximo en una viga recta isostática

$$M_{\max} = \frac{PL^2}{8}$$

Donde

$M_{\max} = \text{momento máximo [Nm]}$

$P = \text{carga distribuida } \left[\frac{N}{m} \right]$

$l = \text{longitud total de la base [m] ver Anexo 20}$

$$M_{\max} = \frac{PL^2}{8}$$

$$M_{\max} = \frac{259,92 * 0,845^2}{8}$$

$$M_{\max} = 23,19 \text{ Nm}$$

El máximo esfuerzo en la base principal se presenta en la siguiente fórmula

$$\sigma_{\text{permisible}} = \frac{M * C}{Ix} \text{ y } S_{\text{req}} = \frac{Ix}{C}$$

$$\sigma_{\text{permisible}} = \frac{M_{\max}}{S_{\text{req}}} \leq \sigma_{\text{máximo}} = \frac{Sy}{n}$$

Donde

$\sigma_{\text{permisible}}$ = Esfuerzo permisible (Pa)

$\sigma_{\text{máximo}}$ Esfuerzo máximo(N. M)

S_{req} = Módulo de sección m^3

Sy = Limite de fluencia del material (Pa)

n = Factor de seguridad

Se realiza el cálculo del esfuerzo máximo con la siguiente fórmula

$$\sigma_{\max} = \frac{Sy}{n}$$

Donde

$$\sigma_{\max} = \text{m\u00e1ximo esfuerzo} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$S_y = \text{L\u00edmite el\u00e1stico} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

n = factor de seguridad

Para calcular el m\u00e1ximo esfuerzo de la base el l\u00edmite de el\u00e1stico del acero A-36 es de 250MPa seg\u00fan el *Anexo 35*.

Se establece un valor del factor de seguridad de 2, seg\u00fan Robert Mott indica que para cargas din\u00e1micas se asume un factor de seguridad de 2 a 4.

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2536 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2}$$

$$\sigma_{\max} = 1268 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se recomienda realizar la transformaci\u00f3n de unidades a $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

$$\sigma_{\max} = 124 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Para calcular el m\u00f3dulo de secci\u00f3n se establece un factor de seguridad de 2, seg\u00fan Robert Mott indica que para cargas din\u00e1micas se asume un factor de seguridad de 2 a 4.

Para calcular la secci\u00f3n requerida de la base principal se presenta en la siguiente f\u00f3rmula

$$\sigma_{max} = \sigma_{per}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * n}{S_{req}}$$

Donde:

σ_{max} = esfuerzo permisible [Pa]

σ_{max} = máximo esfuerzo $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

M_{max} = máximo momento [Nm]

n = factor de seguridad

S_{req} = módulo de sección [cm^3, m^3]

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * n}{S_{req}}$$

$$S_{req} = \frac{M_{max} * 2}{\sigma_{max}}$$

$$S_{req} = \frac{23,19 \text{ Nm} * 2}{124 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}$$

$$S_{req} = 3,72 \times 10^{-7} m^3$$

Se realiza la transformación a centímetros cúbicos

$$S_{req} = 0,37 \text{ cm}^3$$

Para conocer el espesor de la plancha de la base se utiliza la fórmula del módulo de sección en donde se despeja h donde:

$$S_{req} = \frac{b h^2}{6}$$

S_{req} = módulo de sección [cm^3 , m^3]

b = distancia total del eje [m, mm]

h = espesor del material [m, mm]

$$h = \sqrt{\frac{6 S_{req}}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 (0,37) cm^3}{0,845 m}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 (0,37) cm^3}{84,5 cm}}$$

$$h = 0,162 cm$$

$$h = 1,62 mm$$

Según los resultados obtenidos el espesor requerido para el diseño es de 1,62 con un acero A36

Observación

Este espesor no se encuentra en el mercado, se procede a buscar en catálogos los espesores que se distribuyen al cliente, por ejemplo, en el catálogo de DIPAC establece que se puede encontrar espesores de 2 mm a 12 mm

Considerando 2mm de espesor

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * n}{S_{req}}$$

$$n = \frac{\sigma_{max} S_{req}}{M_{max}} \text{ donde } \frac{\sigma_{max} b h^2}{6M_{max}}$$

$$n = \frac{124 \times 10^6 \frac{N}{m^2} * 0,845m * 0,002^2 m^2}{6(23,19 Nm)}$$

$$n = 3$$

Según los resultados obtenidos muestra que con un espesor de 2 mm nos da un factor de seguridad de 3, es aceptable para el diseño de la base de la máquina enfardadora

Para determinar la rigidez del diseño se utiliza la siguiente fórmula

$$\delta = \frac{5WL^4}{384 E.I}$$

Para calcular la rigidez de la base, se debe calcular la inercia, la cual se determinará mediante la siguiente fórmula

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

Donde:

I = inercia [m⁴]

b = Longitud total de la base [m] ver **Anexo 20**

h = espesor de la plancha [mm]

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = \frac{0,845 * 0,002^3}{12}$$

$$I = 2,8x 10^{-7} m^4$$

Para determinar la rigidez de la base se debe tener en cuenta el módulo de elasticidad de acero A-36, es de $200x10^9 Pa$ según el anexo *Anexo 35*

Se calcula la rigidez del diseño

$$\delta = \frac{5PL^4}{384 E.I}$$

Donde

δ = Rigidez [mm]

P = Fuerza aplicada[N]

E = Módulo de elasticidad [Pa]

I = Inercia [[m⁴]]

l = longitud total de la base [m]

$$\delta = \frac{5(259,92)(0,845)^4}{384 (200x10^9)(2,8x 10^{-7})}$$

$$\delta = 3,08x 10^{-5} m$$

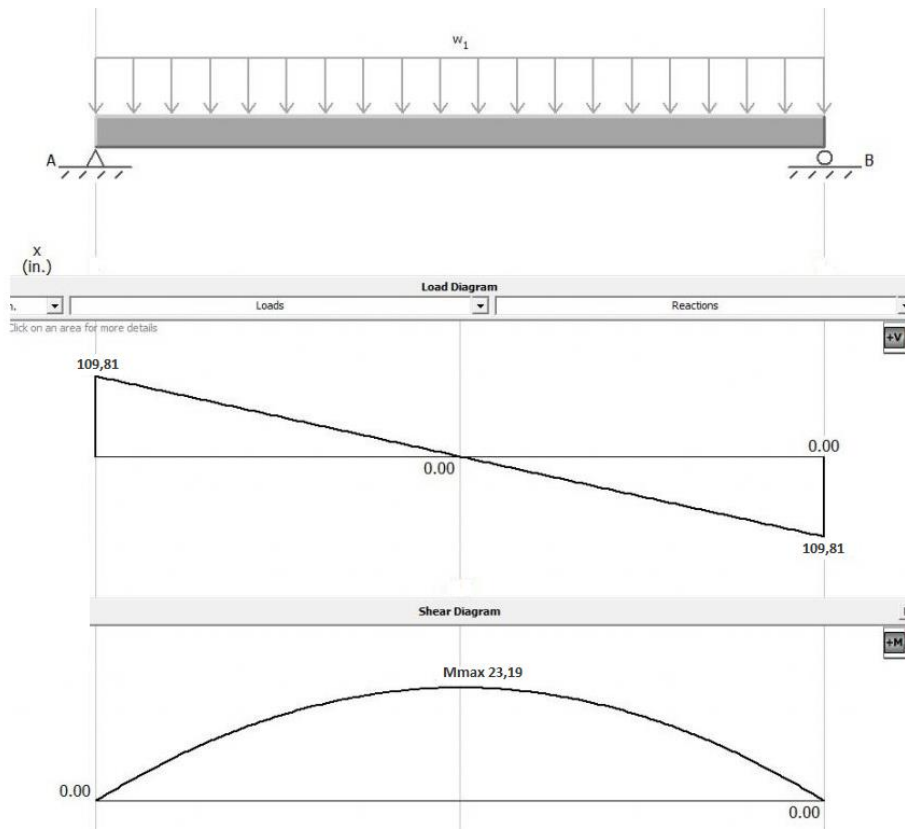
$$\delta = 0,03 mm$$

Según los valores obtenidos nos muestra la deformación que sufrirá el material es de 0,03mm lo que es aceptable para nuestro diseño

Con la ayuda del software MDSolids obtenemos los valores máximos de la fuerza cortante y el momento producidos en la base del formador como se muestra en la

Figura 43

Gráficas de fuerza cortante y momento flector de la base principal



Obtenemos como resultado que la fuerza cortante máxima es de 109,81 N y el momento flector máximo es de 23,19 N-mm.

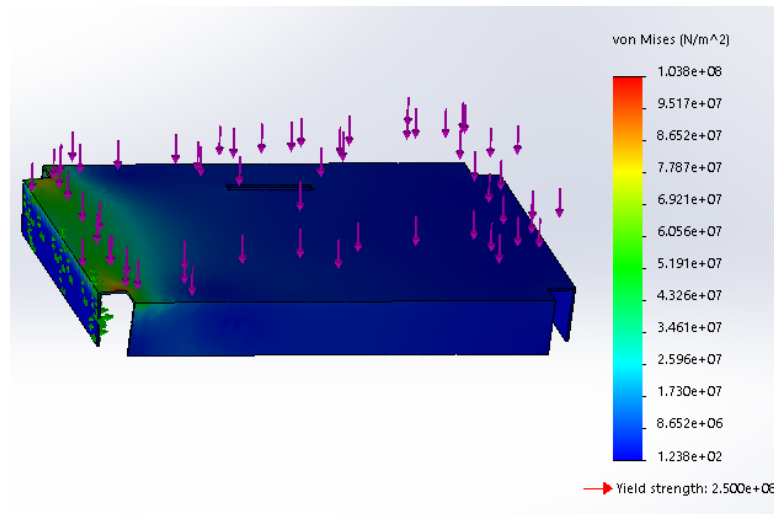
Simulación

Para el diseño del elemento de la base principal, se utiliza el software SOLIDWORKS 2018, para lo cual se emplea una fuerza de 219,64 N y se realiza varios análisis, entre ellos el de Von Mises el cual ayuda a verificar los fallos elásticos en el elemento.

En la **Figura 44**, indica el análisis mencionado, dando como resultado que el eje principal va a sufrir una deformación elástica máxima de 103,8 MPa, evidenciando que el diseño es óptimo ya que el límite elástico superior es de 250 MPa.

Figura 44

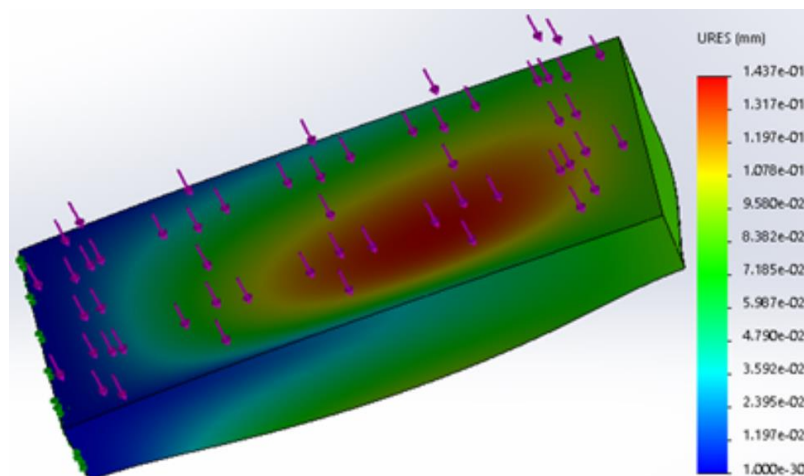
Simulación del límite elástico de la base principal



Otro aspecto que se analiza en el diseño es el desplazamiento en el elemento, producido por la fuerza que se emplea en la base principal, en la **Figura 45**, se observa que existe un desplazamiento máximo de 0.14 mm, esto demuestra que el diseño es óptimo, ya que el desplazamiento es mínimo para la aplicación

Figura 45

Simulación del desplazamiento de la base principal



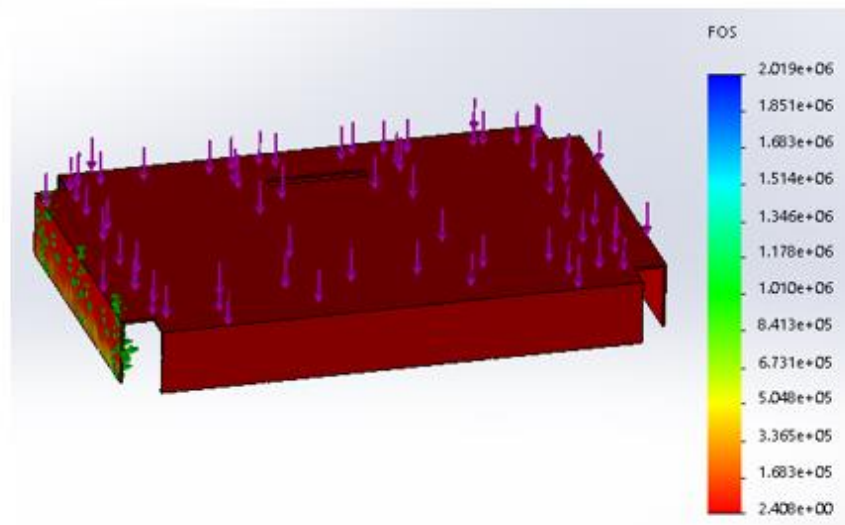
En la **Figura 46**, se analiza el FDS (factor de seguridad), dando como resultado un FDS = 2,4 el cual es aceptable dentro de los límites de diseño para elementos de este tipo. Se aclara que los análisis realizados están hechos para una fuerza de 219,64 N.

La base principal de la máquina enfundadora la que soporta el peso del formador secundario y las 4 fundas de polvo detergente que cada una tiene un peso de 5kg , su factor de seguridad es de 2,4 (simulación CAD), para que en ningún momento pierda su forma en caso de algún accidente, fallo o incluso algún golpe por desmontaje de mantenimientos.

Figura 46

Simulación del factor de seguridad de la base principal

Model name: PLACA INFERIOR DE LA ESTRUCTURA
Study name: Static 2(-Default-)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion : Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 2.4

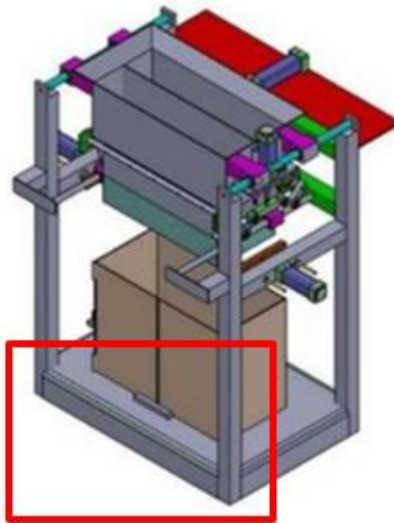


Parante horizontal de la máquina enfardadora

En la **Figura 47**, se indica el parante horizontal de la base principal de la máquina enfardadora, la cual va a soportar todo el peso de los elementos el formador inferior, formador principal y el peso de las 4 fundas de polvo detergente que son los 20 kg, el material con el que se realiza la base principal es un acero ASTM A36, el cual se realiza el estudio y cumple con las características para la máquina. En el **anexo 15**, se observa los planos de este elemento

Figura 47

Parante horizontal de la máquina enfardadora



Para calcular la carga distribuida se debe dividir la fuerza ejercida para la longitud total del elemento, en este caso 0.745 m

Se realiza el cálculo de la fuerza ejercida (F), se recuerda que la fuerza se divide para 4 ya que la máquina enfardadora contiene cuatro parantes donde el peso se divide para cada una

Para calcular la carga distribuida (P) se utiliza la siguiente fórmula

$$P = \frac{F}{l}$$

Donde

P= carga distribuida $\left[\frac{N}{m}\right]$

L = Longitud total [m]

F = fuerza ejercida [N]

$$P = \frac{F}{l}$$

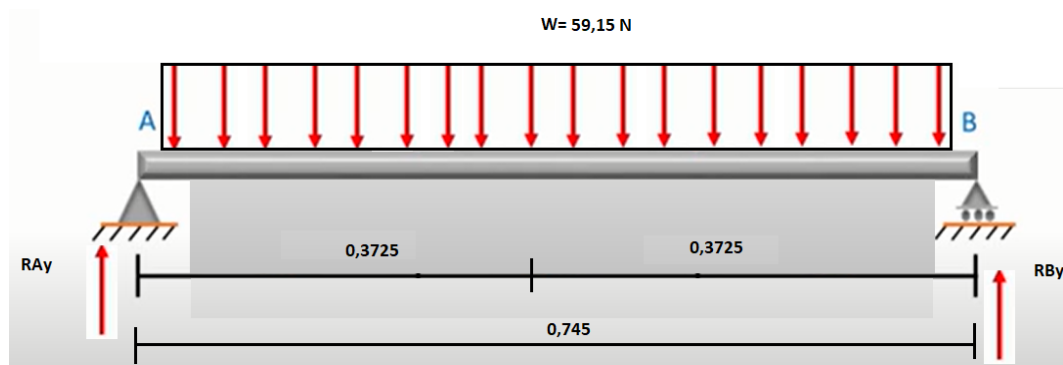
$$P = \frac{59,15 \text{ N}}{0,745 \text{ m}}$$

$$P = 79,39 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

A continuación, se realiza el gráfico de la carga distribuida

Figura 48

Diagrama de cuerpo libre del parante horizontal



Para calcular las reacciones se dice que $RA=RB=\frac{PL}{2}$

Donde

$RA = RB = \text{Reacciones [N]}$

$P = \text{carga distribuida } \left[\frac{N}{m}\right]$

$l = \text{longitud total de la base [m]}$

$$RA = RB = \frac{PL}{2}$$

$$RA = RB = \frac{79,39 * 0,745}{2}$$

$$RA = RB = 29,5 N$$

En el **Anexo 32** muestra la fórmula para el cálculo del momento máximo en una viga recta isostática

Donde

$M_{\max} = \text{momento máximo [Nm]}$

$P = \text{carga distribuida } \left[\frac{N}{m}\right]$

$l = \text{longitud total de la base [m]}$

$$M_{\max} = \frac{Pl^2}{8}$$

$$M_{\max} = \frac{79,39 * 0,745^2}{8}$$

$$M_{\max} = 5,5 Nm$$

El máximo esfuerzo en la base principal se presenta en la siguiente fórmula

$$\sigma_{permisible} = \frac{M * C}{Ix} \text{ y } S_{req} = \frac{Ix}{C}$$

$$\sigma_{permisible} = \frac{M_{max}}{S_{req}} \leq \sigma_{máximo} = \frac{Sy}{n}$$

Donde

$\sigma_{permisible}$ = Esfuerzo permisible (Pa)

$\sigma_{máximo}$ Esfuerzo máximo (N. M)

S_{req} = Módulo de sección m^3

Sy = Limite de fluencia del material (Pa)

n = Factor de seguridad

Para calcular el máximo esfuerzo de la base el límite de elástico del acero A-36 es de 250MPa según el **Anexo 35**. Se establece un valor del factor de seguridad de 3, según Robert Mott indica que para cargas dinámicas se asume un factor de seguridad de 2 a 4

$$\sigma_{max} = \frac{Sy}{n}$$

Donde

σ_{max} = máximo esfuerzo $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

Sy = Límite elástico $\left[\frac{kg}{cm^2} \right]$

n = factor de seguridad

$$\sigma_{max} = \frac{2536 \frac{kg}{cm^2}}{2}$$

$$\sigma_{max} = 1268 \frac{kg}{cm^2}$$

Se realiza la transformación a $\frac{N}{m^2}$

$$\sigma_{max} = 124 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

A continuación, se procede a calcular el módulo de sección con un factor de seguridad de 3 según Robert Mott indica que para cargas dinámicas se asume un factor de seguridad de 2 a 4

$$\sigma_{max} = \sigma_{per}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * n}{S_{req}}$$

Donde:

σ_{max} = esfuerzo permisible [Pa]

σ_{max} = máximo esfuerzo $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

Mmax = máximo momento [Nm]

n = factor de seguridad

Sreq = módulo de sección [cm^3 , m^3]

$$S_{req} = \frac{M_{max} * 3}{\sigma_{max}}$$

$$S_{req} = \frac{5,5 \text{ Nm} * 3}{124 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_{req} = 1,33 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

Se realiza la transformación a centímetros cúbicos

$$S_{req} = 0,13 \text{ cm}^3$$

Para conocer el espesor de la plancha del parante horizontal se utiliza la fórmula del módulo de sección, donde se despeja h

$$S_{req} = \frac{b h^2}{6}$$

S_{req} = módulo de sección [cm^3, m^3]

b = distancia total del parante [m, mm]

h = espesor del material [m, mm]

$$h = \sqrt{\frac{6 S_{req}}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 (0,13) \text{ cm}^3}{0,845 \text{ m}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6 (0,37) \text{ cm}^3}{74,5 \text{ cm}}}$$

$$h = 0,10 \text{ cm}$$

$$h = 1 \text{ mm}$$

Según los resultados obtenidos el espesor de la plancha para el diseño es de 1 mm

Para determinar la rigidez del diseño se utiliza la siguiente fórmula

$$\delta = \frac{5WL^4}{384 E.I}$$

Para calcular la rigidez del parante de la base se debe calcular la inercia, la cual se determinará mediante la siguiente fórmula

Donde:

I = inercia [m⁴]

b = Longitud total de la base [m] ver **Anexo 20**

h = espesor de la plancha [mm]

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = \frac{0,745 * 0,001^3}{12}$$

$$I = 6,2x 10^{-8} m^4$$

Para determinar la rigidez de la base se debe tener en cuenta el módulo de elasticidad de acero A-36, es de $200 \times 10^9 Pa$ según el anexo *Anexo 35*

Se calcula la rigidez del diseño

$$\delta = \frac{5WL^4}{384 E.I}$$

Donde

δ = Rigidez [mm]

P = Fuerza aplicada [N]

E = Módulo de elasticidad [Pa]

I = Inercia [m^4]

l = longitud total de la base [m]

$$\delta = \frac{5(79,39)(0,745)^4}{384 (200 \times 10^9)(6,2 \times 10^{-8})}$$

$$\delta = 2,56 \times 10^{-5} m$$

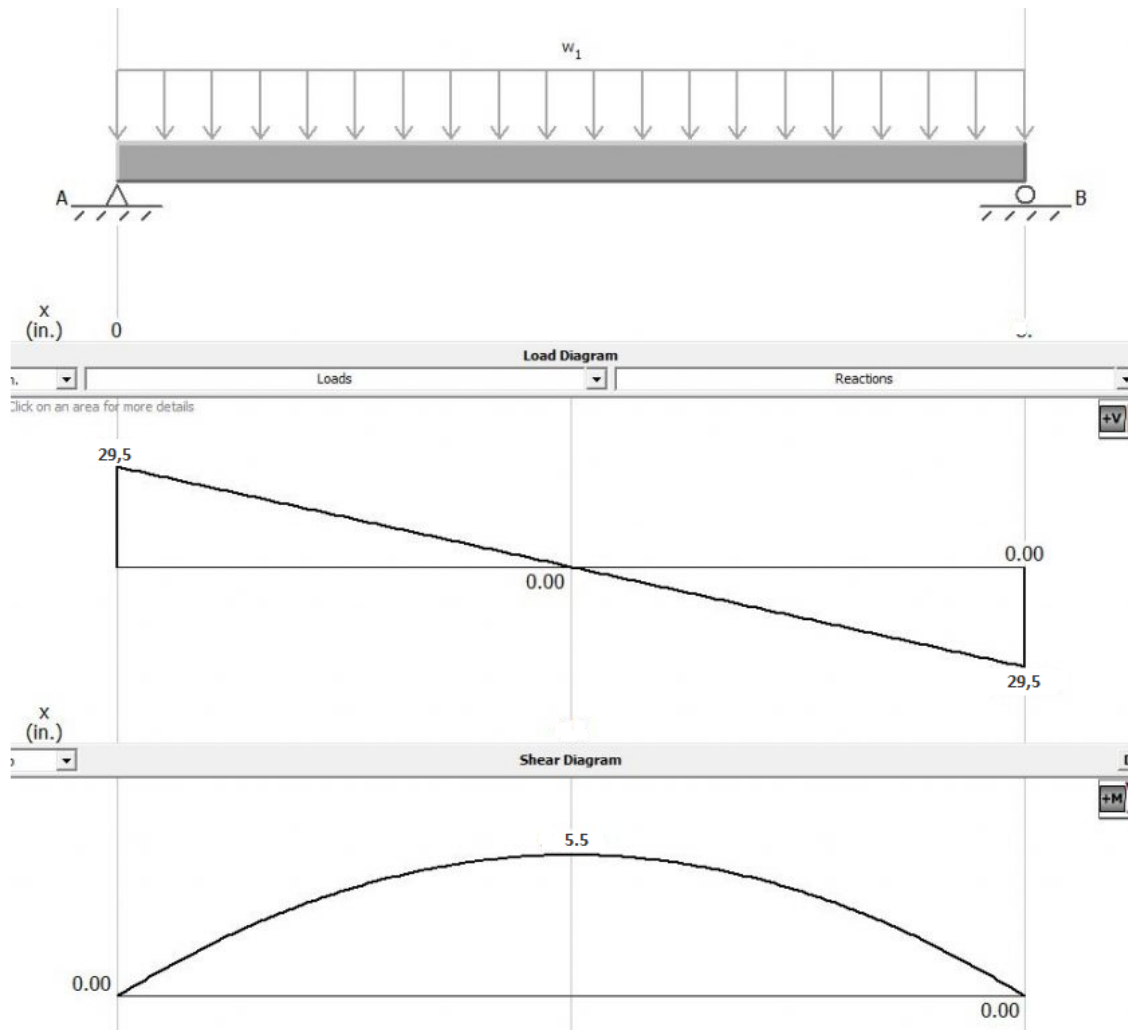
$$\delta = 0,025 mm$$

Según los valores obtenidos nos muestra la deformación que sufrirá el material es de 0,025 mm lo que es aceptable para nuestro diseño

Con la ayuda del software MDSolids obtenemos los valores máximos de la fuerza cortante y el momento producidos en el parante de la base soporte como se muestra en la **Figura 49**

Figura 49

Gráficas de fuerza cortante y momento flector del parante horizontal de la base



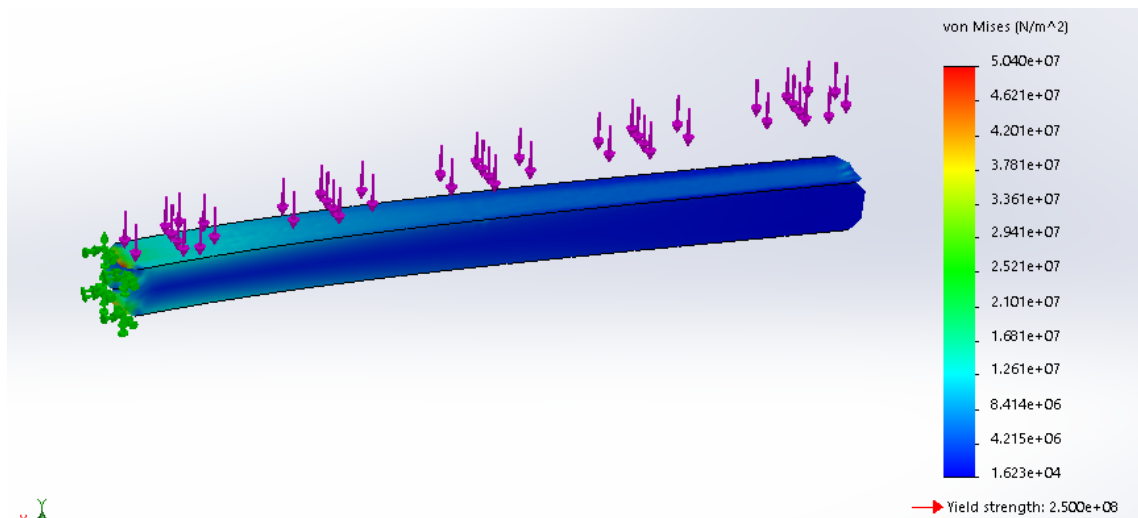
Se obtiene como resultado que la fuerza cortante máxima es de 29,5 N y el momento flector máximo es de 5,5 N-mm.

Simulación

Para el diseño del elemento del eje principal, se utiliza el software SOLIDWORKS 2018, para lo cual se emplea una fuerza de 59,15 N y se realiza varios análisis, entre ellos el de Von Mises el cual ayuda a verificar los fallos elásticos en el elemento. En la **Figura 50**, indica el análisis mencionado, dando como resultado que el eje principal va a sufrir una deformación elástica máxima de 50,4 MPa, evidenciando que el diseño es óptimo ya que el límite elástico superior es de 250 MPa.

Figura 50

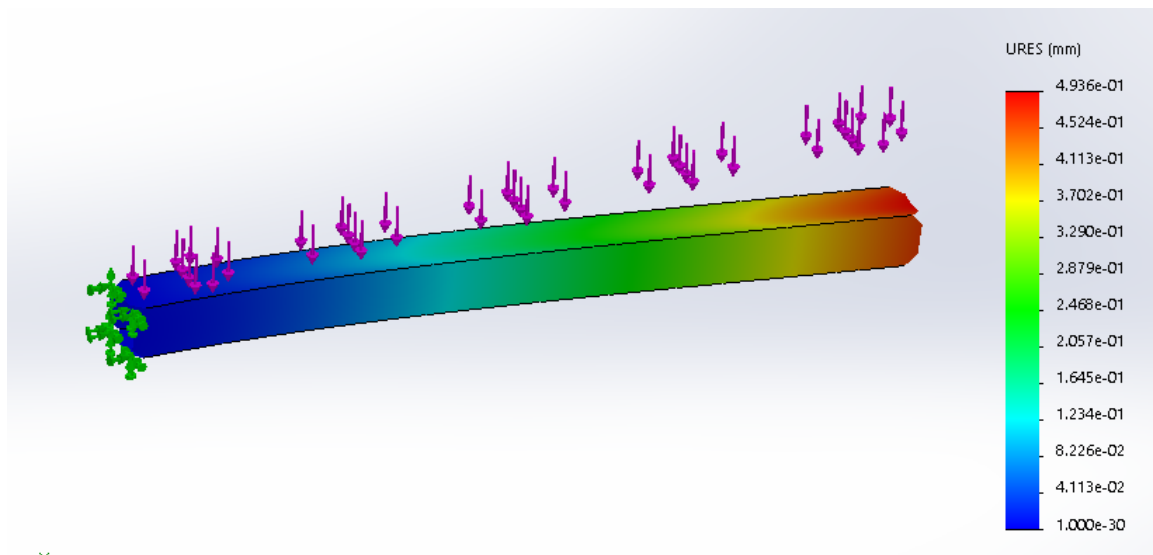
Simulación del límite elástico del parante horizontal de la base



Otro aspecto que se analiza en el diseño es el desplazamiento en el elemento, producido por la fuerza que se emplea en el parante horizontal de la base, en la **Figura 51**, se observa que existe un desplazamiento máximo de 0.49 mm, esto demuestra que el diseño es óptimo, ya que el desplazamiento es mínimo para la aplicación

Figura 51

Simulación del desplazamiento del parante horizontal de la base

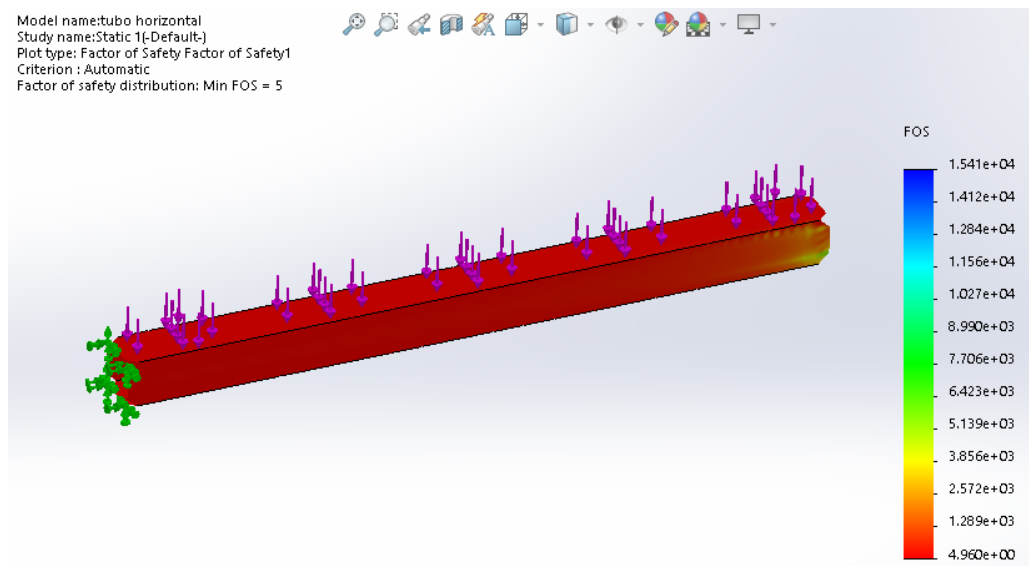


De la simulación CAD se obtuvo que el factor de seguridad para el parante horizontal del base más bajo encontrado en el diseño es de 5 como se muestra en la **Figura 52**

Del parante horizontal del base la que soporta todos los componentes de la máquina enfiardadora es la parte más importante ya que va a soportar todo el peso, por ende su factor de seguridad es de 5 (simulación CAD), para que en ningún momento pierda su forma y su resistencia en caso de algún accidente, fallo o incluso algún golpe por su traslado a cualquier lugar del área.

Figura 52

Simulación del factor de seguridad del parante horizontal de la base

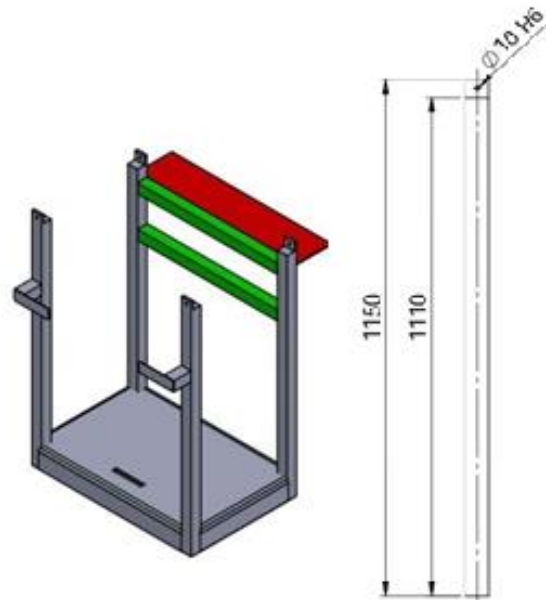


Diseño de las columnas de la estructura de la máquina enfardadora

En la **Figura 53**, se indica la columna vertical de la máquina enfardadora, la cual va a soportar todo el peso de los elementos el formador inferior, formador principal y el peso de las 4 fundas de polvo detergente que son los 20 kg, el material con el que se realiza la base principal es un acero ASTM A36, el cual se realiza el estudio y cumple con las características para la máquina. En el **anexo 15**, se observa los planos de este elemento

Figura 53

Parante Vertical de la máquina enfardadora



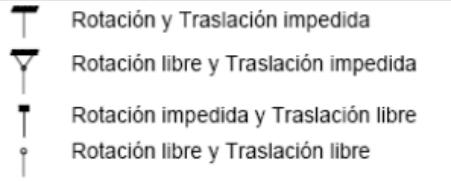
Para el cálculo y selección de este elemento, se consideran columnas sometidas a flexo-compresión, con un esfuerzo actuante de 11,25 kg o 110,3 N valor perteneciente al cortante máximo en el soporte horizontal.

Factor de pandeo k

El concepto permite asimilar al comportamiento de la barra ideal biarticulada de sección recta, una variedad de situaciones. A continuación se muestra en la figura las diferentes condiciones de apoyos y vínculos, valores teóricos y prácticos de k

Figura 54

Valores de K para columnas

<p>La forma de pandeo se indica en línea de puntos</p>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
<p>Valores teóricos de K</p>	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
<p>Valores recomendados de proyecto para condiciones reales</p>	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
<p>Condiciones de vínculo</p>						

Para nuestro diseño de la máquina enfardadora se estable el valor para K que es igual a una condición de vínculo de rotación impedida y traslación libre que da un valor de 2,10 debido a que son valores recomendados de proyectos para condiciones reales.

Para determinar el radio de giro según la norma ANSI/ AISC 360-16 determina que Para miembros diseñados solo en compresión, se recomienda que la razón de esbeltez KL/r no sea mayor que 200

$$\frac{Kr}{r} \leq 200$$

Donde

Kl = longitud efectiva del miembro plg

r = radio de giro [plg]

Se calcula el radio de giro con los siguientes datos que se muestran a continuación

$W = 11,25 \text{ kg}$ o $110,3 \text{ N}$

$W = 24,79 \text{ lb}$ se transforma a kilogramas libra

Número de columnas = 4

$K = 2,1$

$L = 115 \text{ cm}$

$$\frac{Kl}{r} \leq 20$$

$$\frac{(2,1)(115)}{r} \leq 200$$

$$r = \frac{(2,1)(115)}{200}$$

$$r = 1,2 \text{ cm}$$

Se procede a transformar a pulgadas

$$r = 0,47 \text{ pulgadas}$$

Se calcula el radio de giro reemplazando la longitud de 115 cm a 45,27 pulgadas

$$r = \frac{(2,1)(45,27)}{0,47}$$

$$r = 202,27$$

Para determinar F_e es el esfuerzo de pandeo crítico elástico se utiliza la siguiente fórmula

$$F_{cr} = \left(0,628 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$$

Donde

F_{cr} = Tensión crítica [Ksi]

F_e = tensión de pandeo elástica [Ksi]

F_y = tensión mínima de fluencia [MPa]

A continuación se procede al calculo de F_e utilizando la siguiente fórmula

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}$$

Módulo de elasticidad del material A 36 es igual a 29000 ksi

$$F_e = \frac{\pi^2 * 29000 \text{ ksi}}{(202,27)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 29000 \text{ ksi}}{40913,23}$$

$$F_e = 6,99 \text{ ksi}$$

Se calcula esfuerzo de pandeo crítico elástico

$$F_{cr} = \left(0,628 \sqrt{\frac{F_y}{E}}\right) F_y$$

$$F_{cr} = \left(0,628 \sqrt{\frac{36}{29000}}\right) 36$$

$$F_{cr} = 3,27 \text{ ksi}$$

Se procede al cálculo de la resistencia de compresión nominal con la siguiente fórmula

$$P_n = A_g * F_{cr}$$

Donde

P_n = resistencia de compresión nominal [Ksi]

A_g = área bruta de la sección transversal de un miembro

F_{cr} = Tensión crítica [Ksi]

$$P_n = 0,57 * 3,27$$

$$P_n = 1,8 \text{ ksi}$$

A continuación, se calcula la carga de tensión de diseño con la siguiente fórmula

$$P_d = \phi * P_n$$

Donde

P_d = carga de tensión de diseño

ϕ = Factor de reducción de resistencia

En la norma AISC se indica un valor de resistencia que disminuirá el valor de carga nominal de esta manera se disminuye la probabilidad de falla

Tabla 23

Factor de Resistencia

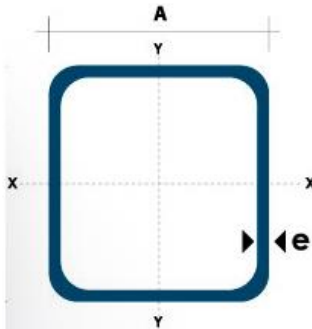
Factor de resistencia	Estado limite
0,90	Flujo plástico en la sección total
0,75	Fractura (fractura en la sección neta, ruptura por cortante y tensión, fractura de tornillos, fractura de soldaduras etc.).
0,85	Pandeo de columnas aisladas
0,90	Flexión y cortante (vigas)
0,90	Miembros sujetos a compresión axial y flexión (miembros flexo comprimidos o columnas)

Nota. Los valores representados en la tabla permiten determinar el factor de resistencia aplicable en diferentes condiciones

Para determinar el área bruta de la sección transversal se utiliza la siguiente tabla de DIPAC

Figura 55

Ficha técnica del proveedor



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Donde:

$$Pd = \emptyset * Pn$$

$$Pd = 0,85 * (1,8)$$

$$Pd = 1,5 \text{ ksi}$$

Una vez calculado los valores de Pd y Pu se obtiene la ecuación de diseño donde

$$Pd \geq Pu$$

$$1,5 \geq 0,02$$

Por lo tanto, el diseño cumple con los requerimientos para la columna de la estructura de la máquina enfardadora.

Selección de elementos

Sistema neumático

El sistema neumático está constituido por 3 cilindros de doble efecto que son accionados al iniciarel ciclo de la máquina, 2 cilindros trabajan de forma horizontal y 1 de forma vertical, cada cilindros accionado con su respectiva electroválvula.

Selección de grupos neumáticos

Al calcular el diámetro de cada cilindro se debe normalizar su diámetroconsultando el catálogo o tabla de los cilindros neumáticos disponibles en el mercado.

Figura 56

Cilindros Neumáticos



En el diseño de la máquina enfardadora se deben colocar 4 tipos de cilindros neumáticos los cuales sus funciones se indican en la **Tabla 24**

Tabla 24

Cilindros Neumáticos que consta la máquina enfardadora

Descripción	Función
Cilindro del formador principal (1)	Se desplaza en forma horizontal para acomodar las fundas de polvo detergente
Cilindro de las compuertas del formador principal (2)	Soportar a las dos unidades de fundas de polvo detergente antes de realizar su apertura y caer en el fundón
Cilindros sujetadores de fundón (2)	Sujetan en los extremos al fundón para que al momento de caer las unidades el fundón no se desplace

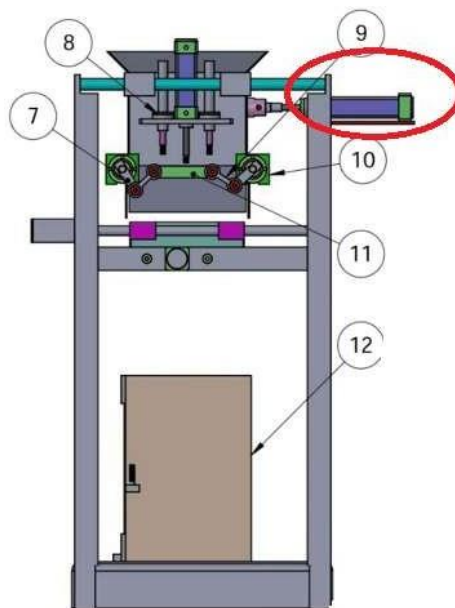
Nota. En la siguiente **Tabla 24** se puede observar las funciones que realiza cada cilindro neumático en la máquina enfardadora. Elaboración propia (2022)

Función del primer cilindro acoplado en el formador principal.

El ciclo del primer cilindro empieza con el vástago contraído, al caer la primera funda se activa la señal para activar la electroválvula y hacer que el vástago deslice el formador principal hacia delante para recibir y posicionar la segunda funda, este ciclo se repetirá dos veces en el proceso de enfardado para la formación de un fundón.

Figura 57

Cilindro acoplado en el formador principal



Cálculo del cilindro de doble efecto (Para el deslizamiento del formador principal).

Datos:

Masa del formador principal = 31 kg

Masa de las dos fundas de polvo detergentes: = 10 kg

Masa de la horquilla colocada en el extremo del vástago = 0,09 kg

Presión de trabajo: $p = 6 \text{ bar} = (6 \times 10^5) \text{ Pa}$

Se debe calcular la fuerza para posterior según tablas normalizadas determinar el diámetro del cilindro. Se utiliza la ecuación (3)

$$W = F_e$$

$$W = m_t \times g \quad (3)$$

Dónde:

W = Peso total a vencer [N]

m_t = Masa total a vencer [kg]

g = Gravedad [m/s²]

$$F_e = m_t * g$$

$$F_e = (31+10+0,09) \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_e = 403.09 \text{ N}$$

Entonces la fuerza a vencer por el cilindro de doble efecto es de 403.09 N.

Según la **Tabla 25** de fuerzas de cilindros neumáticos se puede observar que en una presión de trabajo de 6 bares y con una fuerza de 403.09 N el diámetro del cilindro es de 32 mm.

Tabla 25

Fuerzas para cilindros neumáticos

TABLA DE FUERZA PARA CILINDROS NEUMATICOS										
Dim. pistón mm	Presión de trabajo bar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	2,5	5,1	7,6	18,1	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,4
8	4,5	9	7,6	28,3	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2
10	7,1	14,1	13,6	40,7	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7
12	10,2	20,4	21,2	72,4	50,9	61	71,3	81,4	91,6	101
16	18,1	36,2	30,5	113	90,5	109	127	145	163	181
20	26,3	56,5	54,3	177	141	170	198	226	254	283
25	44,2	88,4	84,8	290	221	265	309	353	398	442
32	72,3	145	133	452	362	434	507	579	651	724
40	113	226	217	707	565	679	792	905	1020	1130
50	177	353	339	1120	884	1060	1240	1410	1590	1770
63	281	561	530	1810	1400	1680	1960	2240	2520	2810
80	452	905	842	2830	2260	2710	3170	3620	4070	4520
100	707	1410	1360	4420	3530	4240	4950	5650	6360	7070
125	1100	2210	2120	7240	5520	6630	7730	8840	9940	11000
160	1810	3620	3310	11300	9050	10900	12700	14500	16300	18100
200	2830	5650	5430	17700	14100	17000	19800	22600	25400	28300
250	4420	8840	8480	29000	22100	26500	30900	35300	39800	44200
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72400

Fuerza medida en Newton

Nota. En esta **Tabla 25** se puede observar las fuerzas para los cilindros neumáticos mediante la presión de trabajo Fuente: Manual Tecnología Neumática-Versión Kindle

Después de haber realizado el cálculo para determinar el diámetro del cilindro se obtiene un aproximado de la carrera según los datos de diseño, mediante un simulador de FESTO se puede obtener el cilindro que cumpla con los requerimientos, ya que se tiene el diámetro del embolo, un aproximado de la carrera, la presión en el cual va a trabajar, en la figura podemos observar una sección del simulador.

Figura 58

Simulador para selección de cilindros neumáticos

The image shows a web-based simulator interface for selecting compact pneumatic cylinders. The title is "Cilindros neumáticos compactos". On the left, there is a "Filtro" section with a link to "Eliminar todos los filtros". Below it are three filter categories: "Categorías" (set to "Cilindros neumáticos compactos"), "Diámetro del émbolo [mm]" (set to "32"), and "Carrera [mm]" (set to "125"). On the right, there is a "Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance [N]" section with a slider set to "483 N". Below that are "Margen de temperatura" (set to "Estándar") and "Seguridad antigiro" (set to "Standard"). At the bottom right, there is a "Catalogos específicos" dropdown menu.

Nota. En esta **Figura 58** se puede observar los datos ingresados para la selección del cilindroneumático Fuente: www.festo.com

Mediante el simulador de FESTO nos da una selección de un cilindro neumático tipo DSBC-32-125-PPSA-N3 en la siguiente **Tabla 26** se especifican las características del cilindro requerido.

Tabla 26*Características del cilindro neumático*

Carrera	125 mm
Diámetro del embolo	32 mm
Rosca del vástago	M10x 1,25
Posición de montaje	Cualquiera
Presión funcionamiento	0,06 MPa
Modo funcionamiento	Aire comprimido
Clase de resistencia a la corrosión	2 riesgo de corrosión moderado
Fuerza teórica con 6 bar tracción	415 N
Fuerza teórica con 6 bar compresión	483 N
Nota sobre el material	MCQI2 11-32-100
Sistema	Doble efecto

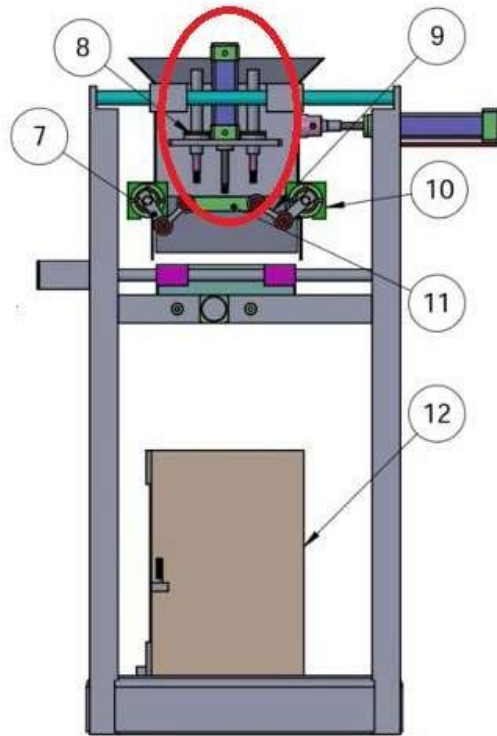
Nota. En la siguiente **Tabla 26** se puede observar las características del cilindro neumático
Fuente: www.festo.com

Función del segundo cilindro

El cilindro de doble efecto colocado de forma vertical sirve como soporte de las fundas de polvo detergente, al estar posicionadas las dos fundas las compuertas se abrirán para depositarlas unidades dentro del fundón

Figura 59

Cilindro que soporta las fundas de polvo detergente



Cálculo para el cilindro de doble efecto (Para el soporte de las fundas de detergente).

Datos

Masa de las placas de los soportes = 2kg

Masa de las fundas de polvo detergente: = 10 kg

Masa de la horquilla colocada en el extremo del vástago = 0.09 kg Presión de trabajo = 6

bar = (6 x 10⁵) Pa

Se realiza el cálculo de la fuerza para posterior según tablas normalizadas determinar el diámetro del cilindro. Se utiliza la ecuación (3)

$$W = F_e$$

$$F_e = M_t * g$$

$$F_e = (2 + 10 + 0,09) \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_e = 118,60 \text{ N}$$

Según la **Tabla 27** de fuerzas de cilindros neumáticos se puede observar que en una presión de trabajo de 6 bares y con una fuerza de 118,60 N el diámetro del cilindro es de mm.

Tabla 27

Fuerzas para cilindros neumáticos

TABLA DE FUERZA PARA CILINDROS NEUMATICOS										
Dim. pistón mm	Presión de trabajo bar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	2,5	5,1	7,6	18,1	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,4
8	4,5	9	7,6	28,3	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2
10	7,1	14,1	13,6	40,7	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7
12	10,2	20,4	21,2	72,4	50,9	61	71,3	81,4	91,6	101
16	18,1	36,2	30,5	113	90,5	109	127	145	163	181
20	26,3	56,5	54,3	177	141	170	198	226	254	283
25	44,2	88,4	84,8	290	221	265	309	353	398	442
32	72,3	145	133	452	362	434	507	579	651	724
40	113	226	217	707	565	679	792	905	1020	1130
50	177	353	339	1120	884	1060	1240	1410	1590	1770
63	281	561	530	1810	1400	1680	1960	2240	2520	2810
80	452	905	842	2830	2260	2710	3170	3620	4070	4520
100	707	1410	1360	4420	3530	4240	4950	5650	6360	7070
125	1100	2210	2120	7240	5520	6630	7730	8840	9940	11000
160	1810	3620	3310	11300	9050	10900	12700	14500	16300	18100
200	2830	5650	5430	17700	14100	17000	19800	22600	25400	28300
250	4420	8840	8480	29000	22100	26500	30900	35300	39800	44200
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72400

Fuerza medida en Newton

Nota. En la siguiente **Tabla 27** se puede observar las fuerzas para los cilindros neumáticos mediante la presión de trabajo Fuente: Manual Tecnología Neumática-Versión Kindle

Después de realizar el cálculo para determinar el diámetro del cilindro se obtiene un aproximado de la carrera según los datos de diseño, mediante un simulador de FESTO se puede obtener el cilindro que cumpla con los requerimientos de la máquina, ya que se tiene el diámetro del embolo, un aproximado de la carrera, la presión en el cual va a trabajar. En la Figura 69 podemos observar una sección del simulador.

Figura 60

Simulador para la selección de cilindros neumáticos

The image shows a web-based simulator interface titled "Cilindros neumáticos compactos". It features a filter section with several dropdown menus and input fields. The "Categorías" dropdown is set to "Cilindros neumáticos". The "Función" dropdown is set to "Doble efecto". The "Diámetro del émbolo [mm]" dropdown is set to "16". The "Carrera [mm]" dropdown is set to "80". The "Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance [N]" is displayed as a range from 121 N to 121 N. The "Margen de temperatura" dropdown is also visible.

Category	Value
Categorías	Cilindros neumáticos
Función	Doble efecto
Diámetro del émbolo [mm]	16
Carrera [mm]	80
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance [N]	121 N - 121 N
Margen de temperatura	

Nota. En la siguiente **Figura 60** se puede observar los datos ingresados para la selección del cilindroneumático Fuente: www.festo.com

Mediante el simulador de FESTO nos da una selección de un cilindro neumático tipo DZH-16-80-

PPV-A en la siguiente **Tabla 28** se especifican las características del cilindro requerido.

Tabla 28*Características del cilindro neumático*

Carrera	80 mm
Diámetro del embolo	16 mm
Rosca del vástago	M10x 1,25
Posición de montaje	Cualquiera
Presión funcionamiento	0,06 MPa
Modo funcionamiento	Aire comprimido
Clase de resistencia a la corrosión	2 riesgo de corrosión moderado
Fuerza teórica con 6 bar retorno	104 N
Fuerza teórica con 6 bar avance	121 N
Material del vástago	Acero de alta aleación
Sistema	Doble efecto

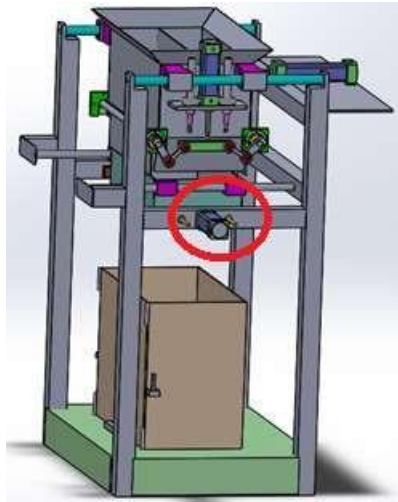
Nota. En la siguiente **Tabla 28** se puede observar las características del cilindro neumático seleccionado Fuente: www.festo.com

Función del tercer cilindro

El ciclo del tercer y cuarto cilindro inician al colocar el fundón, los cuales evitarán que se deslice hacia abajo al caer las fundas de polvo detergente, estos cilindros se abrirán al terminar el ciclo completo de la máquina.

Figura 61

Cilindro sujetador del fundón



Cálculo para el cilindro de doble efecto (sujetador de fundones).

Datos:

Masa de las Placas sujetadoras de aluminio:

=0,5 kg Masa fundas polvo detergente: = 0 kg

Masa de la horquilla colocada en el extremo del vástago = 0 kg

Presión de trabajo = 6

bar = (6 x 10⁵) Pa

Calcularemos la fuerza para posterior según tablas normalizadas determinar el diámetro del cilindro. Se utiliza la ecuación (3)

$$W = F_e$$

$$F_e = M_t * g$$

$$F_e = (0,5) \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_e = 4,9 \text{ N}$$

Según la **Tabla 29** de fuerzas de cilindros neumáticos se puede observar que en una presión de trabajo de 6 bares y con una fuerza de 4,9 N el diámetro del cilindro es de 6 mm.

Tabla 29

Fuerzas para cilindros neumáticos

TABLA DE FUERZA PARA CILINDROS NEUMATICOS										
Dim. pistón mm	Presión de trabajo bar									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	2,5	5,1	7,6	18,1	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,4
8	4,5	9	7,6	28,3	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2
10	7,1	14,1	13,6	40,7	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7
12	10,2	20,4	21,2	72,4	50,9	61	71,3	81,4	91,6	101
16	18,1	36,2	30,5	113	90,5	109	127	145	163	181
20	26,3	56,5	54,3	177	141	170	198	226	254	283
25	44,2	88,4	84,8	290	221	265	309	353	398	442
32	72,3	145	133	452	362	434	507	579	651	724
40	113	226	217	707	565	679	792	905	1020	1130
50	177	353	339	1120	884	1060	1240	1410	1590	1770
63	281	561	530	1810	1400	1680	1960	2240	2520	2810
80	452	905	842	2830	2260	2710	3170	3620	4070	4520
100	707	1410	1360	4420	3530	4240	4950	5650	6360	7070
125	1100	2210	2120	7240	5520	6630	7730	8840	9940	11000
160	1810	3620	3310	11300	9050	10900	12700	14500	16300	18100
200	2830	5650	5430	17700	14100	17000	19800	22600	25400	28300
250	4420	8840	8480	29000	22100	26500	30900	35300	39800	44200
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72400

Fuerza medida en Newton

Nota. En la siguiente **Tabla 29** se puede observar las fuerzas para los cilindros neumáticos mediante la presión de trabajo Fuente: Manual Tecnología Neumática-Versión Kindle

Después de realizar el cálculo para determinar el diámetro del cilindro se obtiene un aproximado de la carrera según los datos de diseño, mediante las tablas de FESTO se puede elegir un cilindro neumático no tan costoso que cumpla con los requerimientos del equipo.

Se realiza la simulación en el programa FESTO para determinar el cilindro indicado mediante la información obtenida como la fuerza y la presión de trabajo. A continuación, se muestra la **Figura 62** del simulador de Festo

Figura 62

Simulador para la selección de cilindros neumáticos

The image shows a software interface titled "Dimensionamiento neumático" (Pneumatic Sizing). It features several input fields and a results section. The "Recorrido" (Stroke) field is set to 80 mm. The "Carga útil" (Useful Load) field is set to 0,5 kg. The "Presión" (Pressure) field has three buttons: "4 bar", "6 bar" (which is selected and highlighted in blue), and "8 bar". The "Posición de montaje" (Mounting Position) field has three buttons: "-90°", "0°" (which is selected and highlighted in blue), and "90°". To the right, under the heading "Resultado exacto" (Exact Result), there is a small icon of a cylinder and the text "Cilindro DSNU-8-80-P-A 19181".

Nota. En esta **Figura 62** se puede observar los datos ingresados para la selección del cilindroneumático Fuente: www.festo.com

Mediante el simulador de FESTO se puede seleccionar un cilindro DSNU-8-80-P-A. En la **Tabla 30** se muestran las características del cilindro neumático.

Tabla 30

Características del cilindro neumático

Carrera	80 mm
Diámetro del embolo	8 mm
Rosca del vástago	M4
Posición de montaje	Cualquiera
Presión funcionamiento	0,06 MPa
Modo funcionamiento	Aire comprimido
Clase de resistencia a la corrosión	2 riesgo de corrosión moderado
Fuerza teórica con 6 bar retorno	22,6 N
Fuerza teórica con 6 bar avance	30,2 N
Material del vástago	Acero de alta aleación
Sistema	Doble efecto

Nota. En la siguiente **Tabla 30** se puede observar las características del cilindro neumático seleccionado Fuente: www.festo.com

Selección de las electroválvulas

Para el diseño de la máquina enfardadora es necesario utilizar electroválvulas 5/2 ya que constan de dos escapes los cuales independientemente nos brindan un mejor control de la velocidad de avance y retroceso del vástago. Para la selección de las electroválvulas se debe tomar en cuenta que la presión de trabajo sea superior a 6 bares y el voltaje de accionamiento debe ser de 24V, además debe ser una electroválvula monoestable ya que los cilindros seleccionados son de doble efecto los cuales realizan un trabajo de avance y retroceso.

Tabla 31

Electroválvula seleccionada



Nota. En esta **Tabla 31** se puede observar la electroválvula seleccionada para la activación de los cilindros neumáticos de la máquina enfardadora. Fuente: www.ecuainsetec.com.ec/marcas/festo

Tabla 32

Características de la electroválvula 5/2

General	Electroválvula 5/2
Presión de operación [MPa]	0,15 – 0,8
Diámetro nominal [mm]	18
Caudal a 6 bar [NI]/ min	400
Presión de prueba [MPa]	1
Voltaje de alimentación	AC110V, 220V (50/60) Hz, DC24V
Tiempo de respuesta [ms]	30
Temperatura defuncionamiento	-5 a +50
Medio	Aire
Marca	MVSC 180 4E1

Selección de los componentes eléctricos

En el diseño eléctrico de la máquina enfardadora se debe tomar en cuenta los voltajes de funcionamiento, en la **Tabla 33** se muestran los niveles de voltajes.

Tabla 33

Niveles de voltaje

VOLTAJE	FUNCIÓN
220 VAC	Alimentación para los equipos de fuerza
24 VDC	Alimentación del PLC y LOGO TD

Componentes eléctricos existentes

Se observa que el proceso actual consta de los siguientes accesorios y componentes los cuales pueden ser usados en el proyecto.

- Una banda transportadora
- Un motor
- Una caja reductora
- Un variador de frecuencia

Para la selección de los componentes eléctricos debemos tomar como base los datos de los elementos ya existentes.

Motor eléctrico

Figura 63

Motor eléctrico



Nota. En esta **Figura 63** se puede observar el motor que tiene el área de empaque para utilizarlo en el proceso propuesto. Fuente: Jabonería Wilson (2022)

Tabla 34

Características del motor eléctrico

ABB MOTORS				
Voltaje [V]	Frecuencia [Hz]	r/min	Potencia [HP]	Corriente Nominal [A]
220	60	1615	0,5	1,89
380	60	1615	0,5	1,10
440	60	1615	0,5	0,95

Nota. En la siguiente **Tabla 34** se observa las características del motor existente en el área de empaque. Elaboración propia (2022)

Reductor de velocidad

La caja reductora que se encuentra acoplada en el motor del transportador tiene las siguientes características

Figura 64

Reductor de velocidad



Nota. En esta **Figura 64** se puede observar la caja reductora que se va a utilizar para el proceso de enfiado Fuente: Jabonería Wilson (2022)

Tabla 35

Características de la caja reductora

Tipo	MR V 40 UO3A	R00010161	613
P1	KW	Fs	
N2	Min ⁻¹	i	25
PN(1400 Min ⁻¹)	0,555 KW	Φ	14-160

Nota. En la siguiente **Tabla 35** se observa las características de la caja reductora existente en el área de empaque. Elaboración propia (2022)

Variador de velocidad

El variador de frecuencia es un dispositivo que permite cambiar la velocidad del motor mediante el control de la tensión y la frecuencia suministrada. A continuación, se indican las características del variador de frecuencia actual.

Figura 65

Variador de velocidad



Nota. En la siguiente **Figura 65** se observa las características del variador de velocidades existente en el área de empaque. Jabonería Wilson (2022)

Figura 66

Características del variador de frecuencia



Nota. En esta **Figura 66** se puede observar el variador de frecuencia que se va a utilizar en el procesode enfardado. Fuente Jabonería Wilson (2022)

PLC

En la empresa Jabonería Wilson también dispone de un PLC controlador lógico programable marca Mitsubishi el cual será de mucha ayuda ya que consta con las características que se requiere para este proyecto. A continuación de detalla las especificaciones

Gran memoria de dispositivo

- Relés auxiliares 7.680 puntos
- Temporizadores 512 puntos
- Contadores 235 puntos
- Registros de datos 8.000 puntos
- Registros de expansión 32.768 points

Figura 67

PLC marca Mitsubishi



Nota. En esta **Figura 67** se puede observar el PLC que se va a utilizar en el proceso de enfiado. Fuente: Jabonería Wilson (2022)

Los dispositivos eléctricos que se usan para el accionamiento de la máquina son los siguientes:

Breaker o disyuntor.

Para seleccionar el breaker se realiza los siguientes cálculos:

Datos:

Tensión de alimentación = 220v

Potencia del motor eléctrico = 373w

Potencia del Variador de frecuencia = 400 w

Potencia del PLC Mitsubishi =32 w

Potencia total = 805 w

$$I = \frac{P}{V} = \frac{805}{220} = 3,6 \text{ Amperios} + \text{el } 15\% \text{ de factor de seguridad}$$

$$I = 4,2 \text{ A}$$

Por lo tanto, según el anexo se selecciona un breaker de 6 A.

Figura 68

Breaker o disyuntor



Nota. En esta **Figura 68** se puede observar el breaker seleccionado para el diseño de la máquinaenfardadora Fuente: <https://inselec.com.ec/>

Contadores

Figura 69

Contactor



Nota. En esta **Figura 69** se puede observar el contactor seleccionado para el diseño de la máquinaenfardadora Fuente: <https://inselec.com.ec/>

Para seleccionar un contactor se realiza los siguientes cálculos:

Potencia Mecánica= 0,5 HP (motor eléctrico) entonces $P_m = 0,5 \text{ Hp} \times 746 = 373 \text{ W}$

Rendimiento $n = 78,5$

Tensión de alimentación $v = 220 \text{ V}$

Potencia eléctrica $P_e = \frac{P_m}{n}$

Potencia eléctrica $P_e = \frac{373}{0,89} = 419,10 \text{ W}$

Potencia eléctrica = 0,56 Hp

Al realizar los cálculos se observa en el anexo que se debe seleccionar un contactor de 6 amperios

Pulsador

Es un componente electrónico que permite abrir y cerrar el circuito mientras este se encuentre pulsado, cuando se deja de presionar regresa a su posición inicial. Para este proyecto se selecciona un pulsador normalmente abierto ya que el ciclo de la máquina empieza en reposo.

Figura 70

Pulsador



Nota. En esta **Figura 70** se puede observar el pulsador seleccionado para el diseño de la máquina en fardadora Fuente: <https://inselec.com.ec/>

Lámpara piloto

Son componentes que indican señalización que nos muestran activación y desactivación de un circuito, en el proyecto se encenderá la lámpara piloto color roja cuando el equipo este en reposo, y se encenderá la lampará verde durante el ciclo de la máquina.

Figura 71

Lámparas piloto



Nota. En esta **Figura 71** se puede observar las lámparas piloto para el diseño de la máquina enfundadora Fuente: <https://inselec.com.ec/>

Tabla 36

Características de la lámpara piloto

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Color	Rojo y verde
Voltaje de operación [V]	220
Tamaño [mm]	22

Paro de emergencia.

Los botones de paro de emergencia son componentes importantes de seguridad de todo circuito eléctrico muy utilizado en la industria, son de color rojo sobre un fondo amarillo. Estas dos características los hacen más destacables. Permite la parada inmediata de la instalación eléctrica cuando ocurre un accidente.

Figura 72

Paro de emergencia.



Nota. En esta **Figura 72** se puede observar el paro de emergencia seleccionado para el diseño de lamáquina enfardadora Fuente: <https://inselec.com.ec/>

Tabla 37

Características del paro de emergencia

DESCRIPCIÓN	DETALLE
Color	Rojo
Voltaje de operación [V]	220
Tamaño [mm]	40
Contacto	NC/NA

Relé

Es un componente electrónico que funciona como interruptor mediante una bobina y un electroimán se accionan varios contactos que permiten abrir o cerrar los circuitos independientes.

Figura 73

Relé



Nota. En esta **Figura 73** se puede observar el relé para el diseño de la máquina enfardadora
Fuente:<https://inselec.com.ec/>

Guía lineal estándar de bolas cerrada

Figura 74

Rodamiento Lineal cerrado



Nota. En esta **Figura 74** se puede observar las Guía lineal estándar de bolas cerrada seleccionadas para el diseño de la máquina enfardadora Fuente: catalogo SKF 2008

Un rodamiento de bolas cerradas se los utiliza para movimientos de guía lineal este reduce la fricción, nos permite un movimiento más suave y preciso. La característica principal de este rodamiento es su capacidad de auto alineación, a continuación, se menciona las características:

- Alta precisión de posicionamiento.
- Baja fricción.
- Bajo desgaste.
- Larga vida útil.
- Movimiento suave y silencioso

Base para rodamientos lineales

Los rodamientos lineales necesitan una base la cual se seleccionó mediante el diámetro de los ejes del formador principal y formador secundario.

Figura 75

Base del rodamiento lineal



Nota. En esta **Figura 75** se puede observar la base del rodamiento lineal. Elaboración propia (2022)

Programación de la enfardadora para la presentación de 5 kg

En esta etapa del proyecto propuesto la programación se lo realiza en el software Cade Simu y PC Simu en los cuales se puede observar la simulación de la máquina y las funciones que cada componente va a realizar.

Circuito de control en Cade Simu

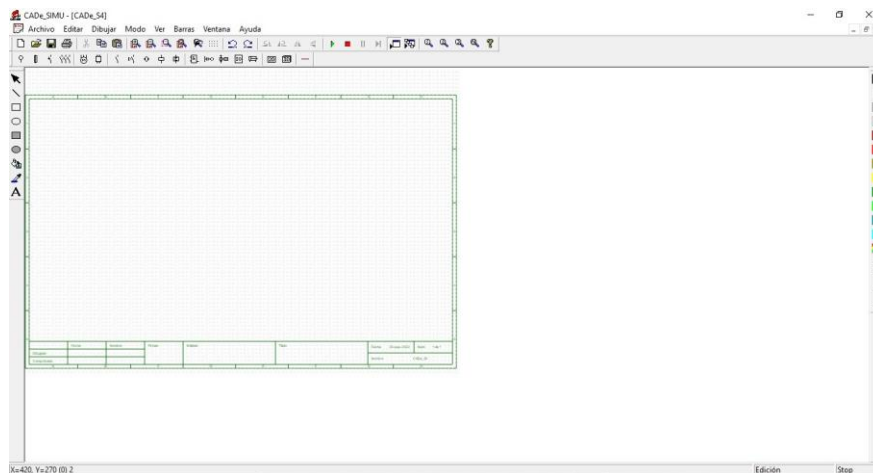
Es un programa de CAD que permite trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para después realizar su simulación, el programa en modo simulación nos permite observar el estado de cada componente eléctrico cuando esta activado o desactivado.

A continuación, se realizará el diseño del programa de la máquina enfardadora semiautomática, como este programa simula el funcionamiento de los esquemas será necesario alimentar y conectar correctamente todos los componentes para que la simulación funcione de forma adecuada. El marcado de los componentes es muy importante ya que todo lo que este identificado con el mismo nombre actuara de modo simultáneo.

Iniciamos con la programación en CADE Simu, identificando todos los componentes que se va a utilizar.

Figura 76

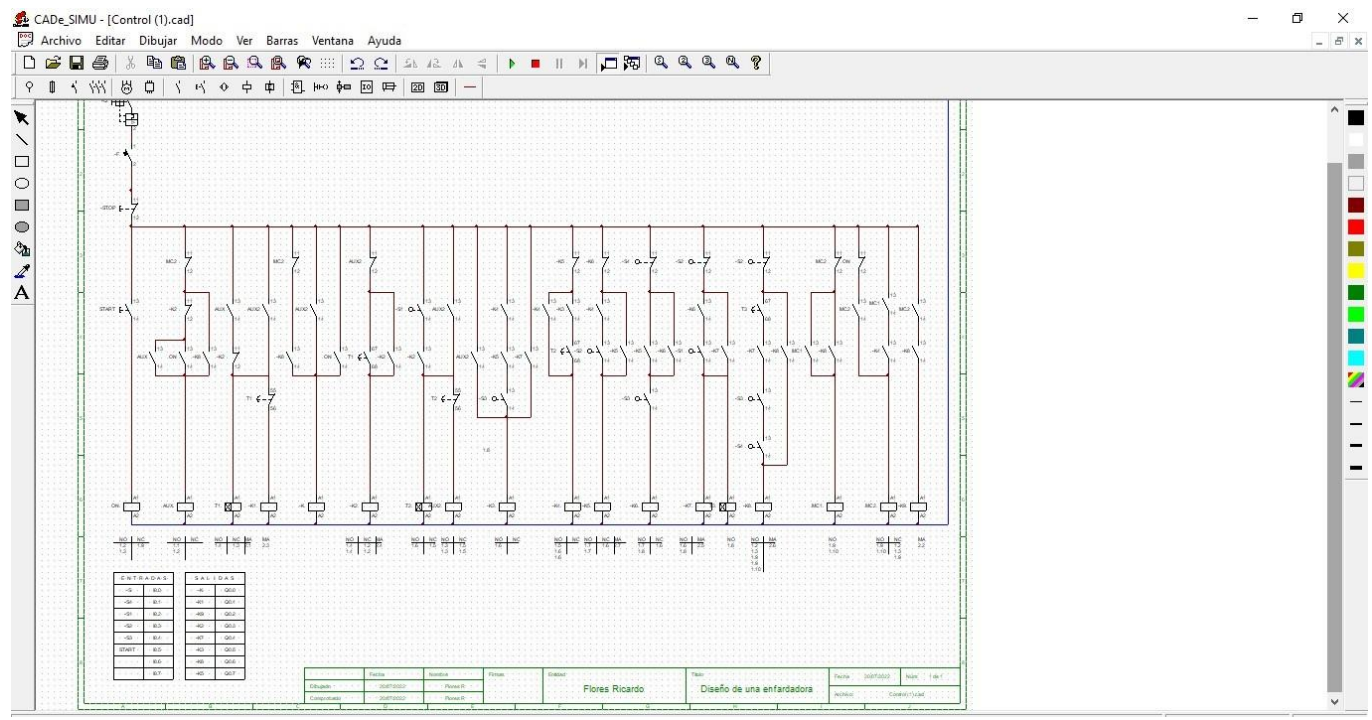
Pantalla inicial del software para la programación



Nota. En esta **Figura 76** se puede observar la pantalla inicial de CADE Simu para empezar a diseñar el circuito. Elaboración propia (2022)

Figura 77

Diseño del programa para la máquina enfardadora

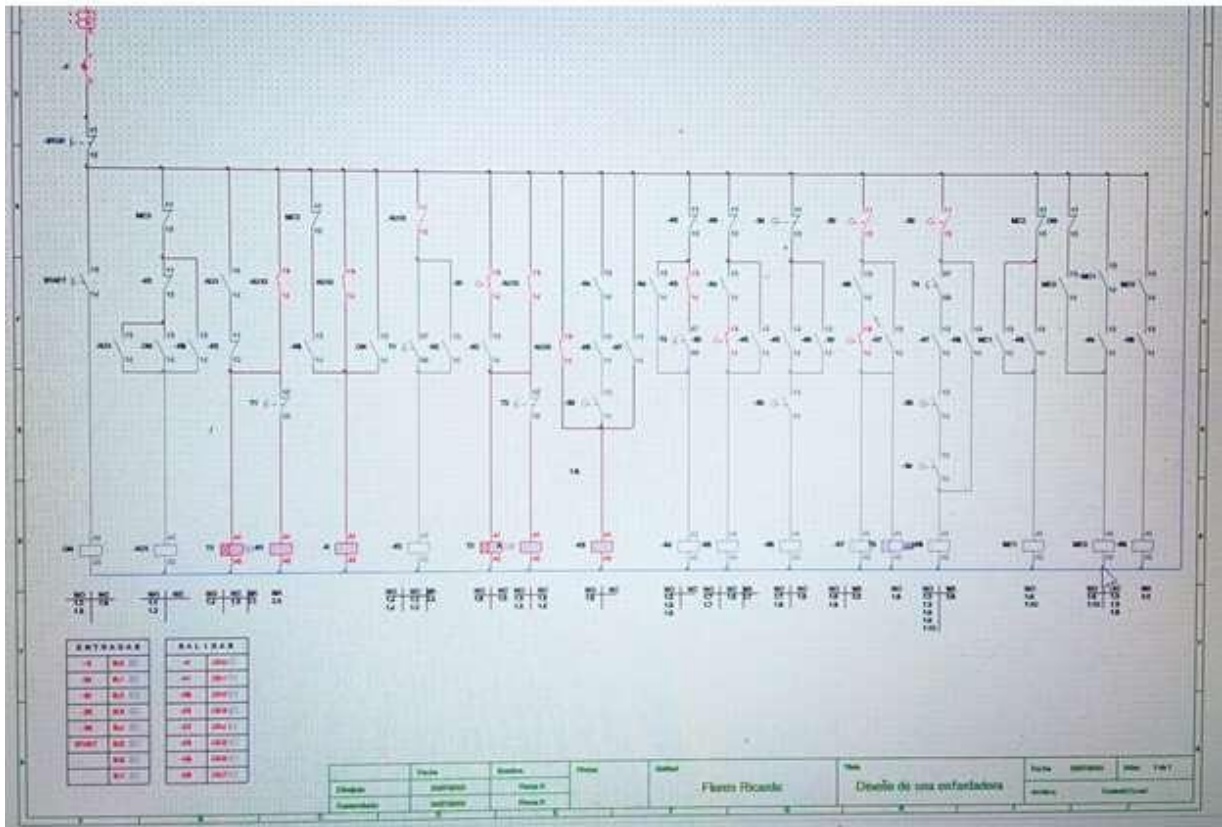


Nota. En esta **Figura 77** se puede observar la programación de la máquina enfardadora en CADESImu Elaboración propia (2022)

Una vez finalizado el diseño de la programación en Cade Simu, realizamos la simulación en conjunto con PC Simu para verificar que el funcionamiento sea el correcto.

Figura 78

Simulación del programa de la enfardadora



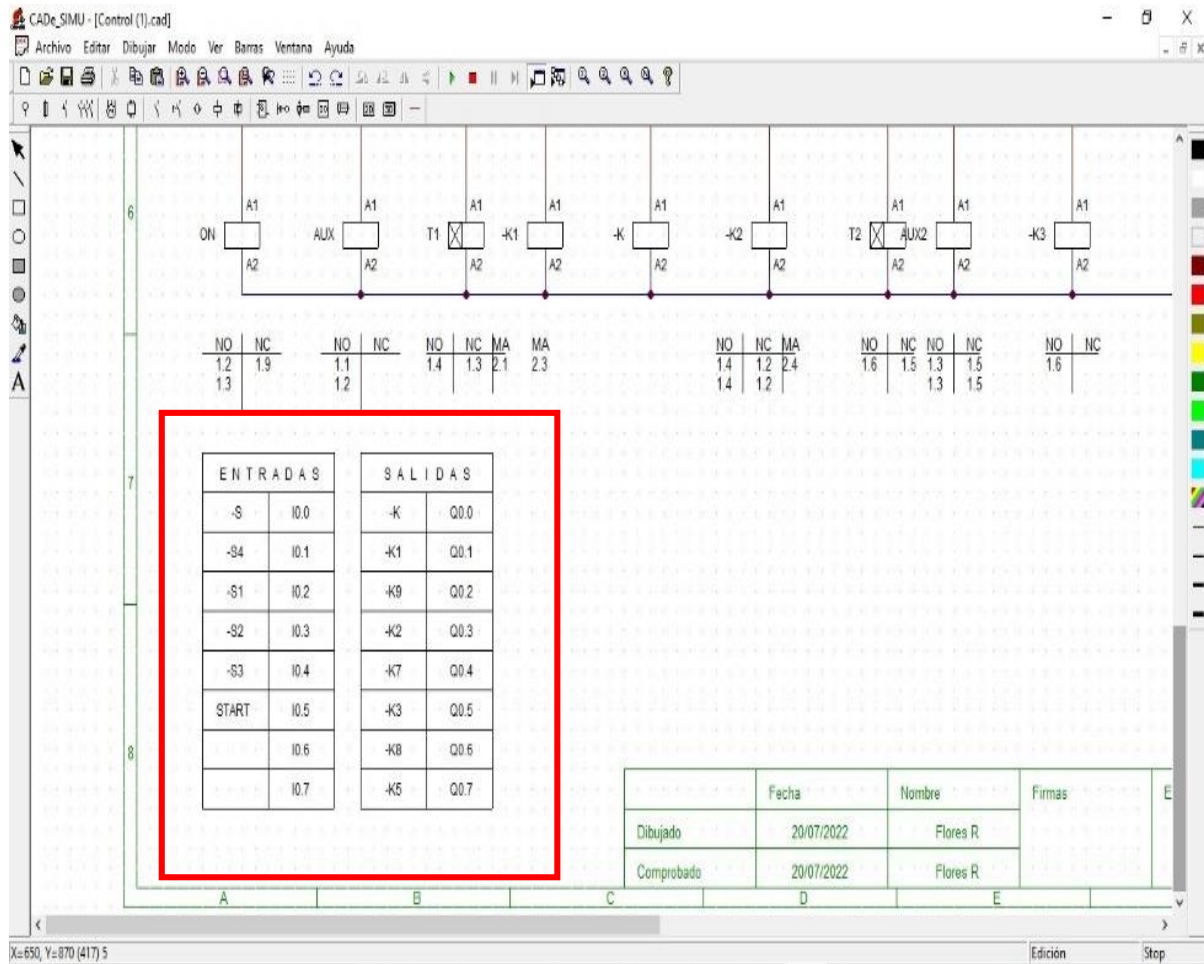
Nota. En esta **Figura 78** se puede observar la simulación de la programación de la máquina enfardadora Elaboración propia (2022)

Configuraciones para el diseño y simulación en PC Simu

Se realiza la configuración de las entradas y salidas para trasladar al diseño del PC Simu

Figura 79

Entradas y salidas de la programación

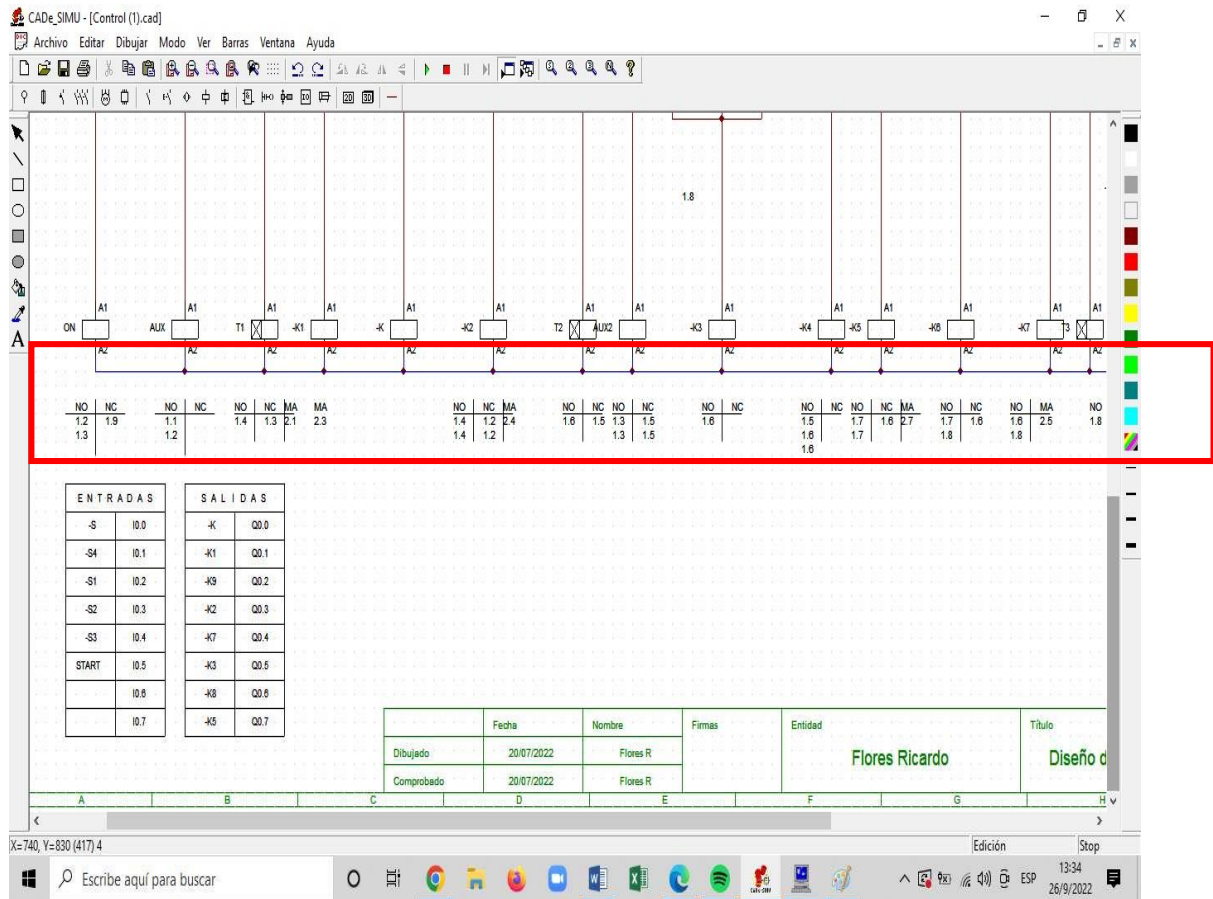


Nota. En esta **Figura 79** se puede observar las entradas y salidas para trasladar a la configuración de PC Simu. Elaboración propia (2022)

Se identifica la tabla de conexiones en la cual se puede encontrar fácilmente la posición y la activación de cada contactor.

Figura 80

Conexiones de los contactores



Nota. En esta **Figura 80** se puede observar las tablas para identificar las conexiones de cada contactor
Elaboración propia (2022)

Simulación de la programación en el software PC Simu

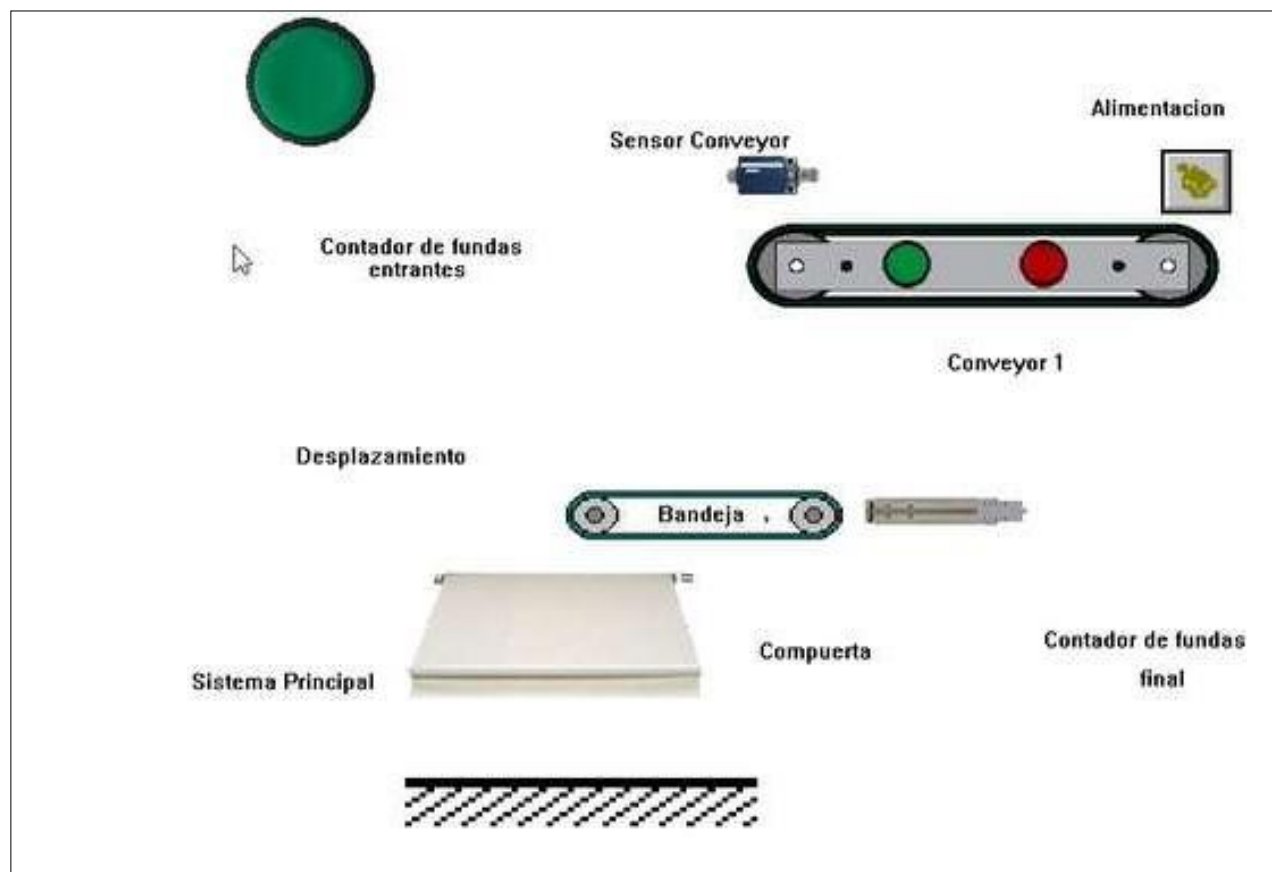
El inicio de la programación de la máquina enfardadora para la presentación de 5 kg empieza de la siguiente manera:

1. El trabajador seleccionado empieza con la colocación del fundón en el formador secundario.
2. Presiona el botón iniciar ciclo
3. Al presionar el botón iniciar ciclo automáticamente se activan los cilindros de sujeción los cuales impedirán que el fundón se deslice hacia abajo al momento que las fundas sean depositadas.
4. La máquina esta lista para enfardar.
5. Se inicia con el empaque de las fundas de polvo detergente, pasa por la banda transportadora hasta llegar a la máquina enfardadora
6. Cae la primera funda en el formador principal, mientras la primera funda se desplazaba pasa por el sensor, el cual lo contabiliza y emite una señal al PLC para que inicie el tiempo de desplazamiento del formador y así alojar la siguiente funda.
7. Al estar las dos fundas dentro del formador principal las compuertas se abrirán mediante un cilindro vertical, ambas fundas serán depositadas en el fundón en este caso para la simulación en Pc Simu se utiliza la guillotina la cual simula a las compuertas
8. El Item 6 y 7 se repiten nuevamente
9. Al estar el fundón con 4 unidades se desactivan los cilindros sujetadores y se enciende la luz piloto roja que da la finalización del ciclo

Simulación en PC Simu

Figura 81

Simulación en PC Simu



Nota. En esta **Figura 81** se puede observar el diseño de la programación en PC Simu. Elaboración propia(2022)

Resultados esperados

Con la implementación del diseño de la máquina enfardadora para la presentación de 5 kg se desea eliminar ciertas actividades o movimientos que se encuentran dentro del proceso de enfardado manual, son los que impiden el incremento de la velocidad de la empacadora.

Este proyecto será beneficioso tanto para la empresa por qué se puede incrementar la velocidad de su equipo, no tener la mesa llena y el aumento de la productividad, para el trabajador será beneficioso en problemas de salud debido a que se reportaban problemas de tendinitis.

En la siguiente **Tabla 38** se puede observar las actividades del proceso actual y a continuación en la **Tabla 39** las actividades que se puede eliminar mediante el diseño de la máquina.

Tabla 38

Actividades realizadas en el proceso de enfardado

	Actividades realizadas en el proceso de enfardado
1	Colocar fundón en soportes
2	Coger fundones de la mesa
3	Extraer el exceso de aire de las fundas
4	Enfardar fundas
5	Coger fundones de la mesa
6	Extraer el exceso de aire de las fundas
7	Enfardar fundas
8	Desplazar el fundón terminado hacia la selladora
9	Sellar el fundón
10	Paletizar

Tabla 39

Actividades eliminadas en el proceso de enfardado

	Actividades realizadas en el proceso de enfardado
1	Colocar fundón en soportes
2	Coger fundones de la mesa
3	Extraer el exceso de aire de las fundas
4	Enfardar fundas
5	Coger fundones de la mesa
6	Extraer el exceso de aire de las fundas
7	Enfardar fundas
8	Desplazar el fundón terminado hacia la selladora
9	Sellar el fundón
10	Paletizar

Nota. En la siguiente **Tabla 39** se puede observar las actividades que pueden ser eliminados mediante la implementación del diseño de la máquina enfardadora. Elaboración propia (2022)

Con la propuesta se puede llegar a eliminar 6 actividades las cuales ocupan un cierto tiempo en el ciclo de enfardado, se debe tomar en cuenta el tiempo de ciclo de la máquina si se desea calcular nuevamente el tiempo estándar.

Con la propuesta de diseño el proceso de enfardado se puede modificar de 5 trabajadores a 3, se asignarán las actividades de operación de máquina enfardadora a 2 trabajadores y operación de empacadora a 1 trabajador. Mediante el diseño se desea el aumento de la máquina empacadora de 12 BPM a 15 BPM la cual actualmente se encuentra trabajando a una velocidad de 12 a 11 BPM.

Cronograma de actividades

A continuación, en la **Tabla 40** se muestra el cronograma de actividades para el diseño de la máquina enfardadora semiautomática para la presentación de 5 kg de una empresa Jabonería Wilson.

Tabla 40

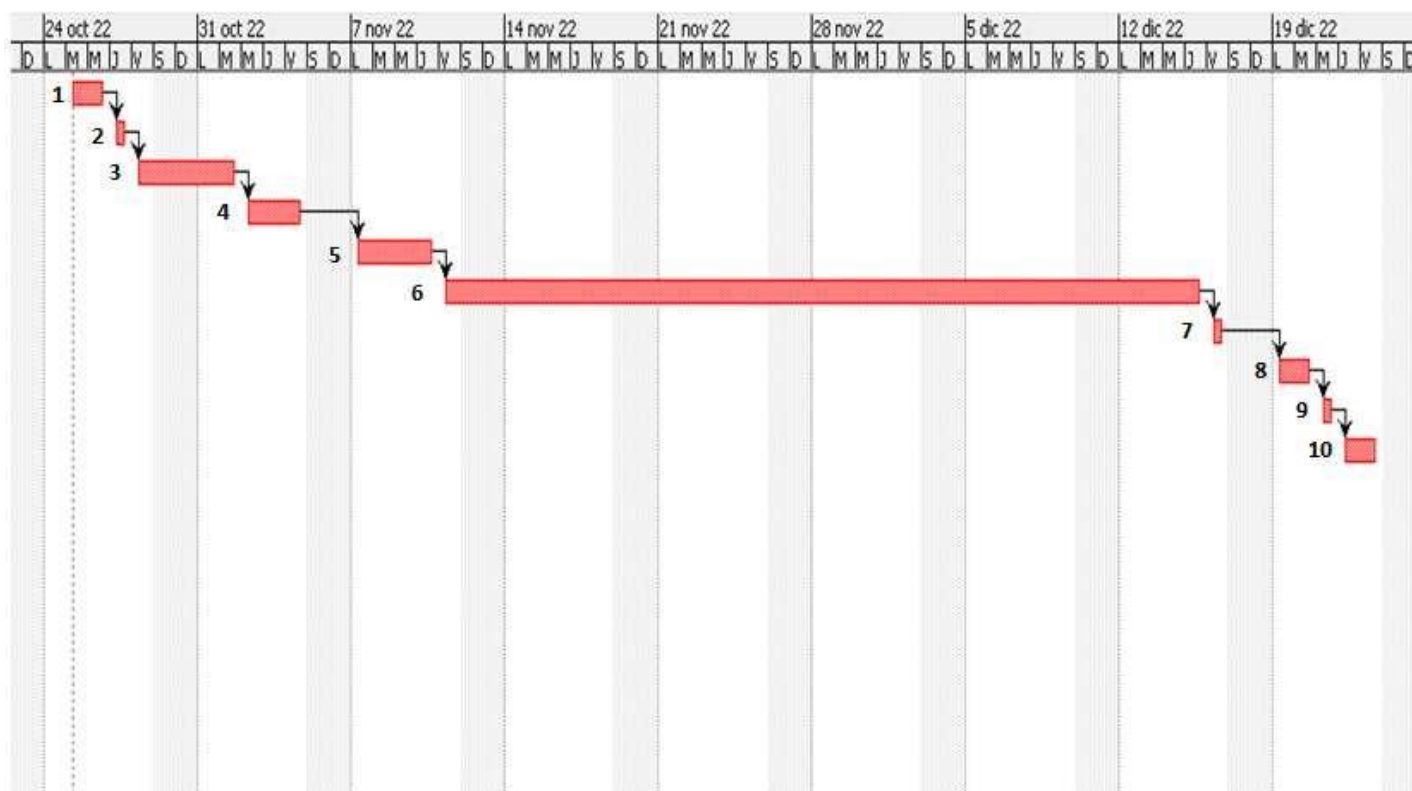
Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES OCTUBRE 2022 - DICIEMBRE 2022				
Ítem	Actividades	Fecha de inicio	Duración en días laborales	Fecha final
1	Aprobación de la gerencia general de operaciones.	25/10/22	2	26/10/22
2	Seleccionar personal calificado	27/10/22	1	27/10/22
3	Análisis actual del área	28/10/22	3	1/11/22
4	Presentación de las opciones para la implementación del diseño de la enfardadora	2/11/22	3	4/11/22
5	Presentación de las mejoras	7/11/22	4	10/11/22
6	Implementación de la máquina enfardadora para la presentación de 5 kg	11/11/22	25	15/12/22
7	Evaluación del avance por parte del supervisor	16/12/22	1	16/12/22
8	Pruebas de funcionamiento	19/12/22	2	20/12/22
9	Entrega del proyecto	21/12/22	1	21/12/22
10	Capacitación al personal	22/12/22	2	23/12/22

Diagrama del cronograma de actividades para la implementación de la propuesta

Figura 82

Diagrama del cronograma de actividades



Nota. En la siguiente **Figura 82** se observa el cronograma de actividades para la construcción de la máquina enfardadora.

Elaboración propia (2022)

Análisis de costos

El análisis económico se determina si el proyecto propuesto es factible o viable para su inversión en los cuales se determinan los siguientes puntos:

- Materiales
- Mano de obra en base al cronograma de actividades
- Transporte
- Insumos y equipos
- Equipos de oficina

Análisis de costos por materiales

Tabla 41

Análisis de costos por materiales

CANT	ELEMENTO	DETALLE	COSTO P/U	COSTO TOTAL
2	Tubos cuadrados A-36	50x50x600cm	78	156
2	Plancha A-36	Espesor 2 mm	60	120
1 metro	Barrilla redonda 304 inoxidable	Diámetro 8mm	8	8
1 metro	Eje 304 inoxidable	Diámetro 50mm	70	70
1	Platina 304 inoxidable	1/2"x 2"	30	30
1metro	Barra de duralon	Diámetro 25mm	77	77
2 metro	Eje acero cromado	Diámetro 25mm	41	82
20 cm	Barra de aluminio	50mmx 50 mm	55	55
1	Platina 304	1/8"x 2"	12	12
2 metro	Eje acero cromado	Diámetro 20mm	33	66
1 metro	Barra de aluminio	50mmx 50 mm	40	40
1 metro	Barrilla redonda 304	Diámetro 8mm	60	60
1	Tablero eléctrico	30x40x0,18cm	40	40
1	Breker trifásico	220 V	50	50
1	Breker bifásico	110V	15	15
25	Conectores	tipo borneras	6	6
2	contactores	220V	13	26

1	Relé	Térmico	16	16
	Tomas y enchufes	110v y 220v	25	25
industriales				
Borneras	30 A	15	15	
1	Relé	Camsco 240 VCA	25	25
1	Luz piloto	Marcha y paro	6	6
1	Rollo de conductor flexible	Celeste número 14	60	60
1	Alambre flexible	Rojo #14300cm	30	30
8 metros	Cables de control	AWG 16	19	19
1	alambre flexible	Negro #14	25	25
1	Cilindro Neumático	DSBC-32-125-PPSA-N3	180	180
2	Cilindro Neumático	DZH-16-80-PPV-A	70	70
1	Cilindro Neumático	DSNU-8-80-P-A	120	120
1	Unidad de mantenimiento	Presión 8 bares	125	125
1	Rollo de manguera neumática	Azul M8	25	25
20	Conectores racores		1,50	30
TOTAL				\$1528

Nota. En la **Tabla 41** se muestra el análisis de costos de materiales a utilizar para el diseño de lamáquina enfardadora. Elaboración propia 2022

Análisis de costo por mano de obra

Tabla 42

Detalle mensual por cada colaborador en la empresa

COSTO HORA – HOMBRE			
Detalle	Secretaria	Técnico	Gerente
Salario Básico Unificado (USD)	\$ 425.00	\$ 425.00	\$ 425.00
Sueldo (USD)	\$ 500.00	\$ 625.00	\$ 2500.00
IESS 11.45% (USD)	\$ 57.25	\$ 71.56	\$ 286.25
Décimo tercero (USD)	\$ 41.66	\$ 52.08	\$ 208.33
Décimo cuarto (USD)	\$ 35.42	\$ 35.42	\$ 35.42
Fondos de reserva (USD)	\$ 41.65	\$ 52.06	\$ 208.25
Total, de ingresos mensuales (USD)	\$ 675.98	\$ 836.12	\$ 3238.25
Horas de trabajo al mes	160	160	160
Costo de hora de trabajo (USD)	\$4.22	\$ 5.22	\$ 20.23

Nota. En la siguiente **Tabla 42** se encuentran el detalle mensual por cada colaborador en la empresa . Elaboración propia (2022)

Tabla 43*Análisis de costos mano de obra*

Mano de obra en base al cronograma de actividades			
Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
16 horas	Aprobación de la gerencia general de operaciones.	20.23	323.68
8 horas	Seleccionar personal(técnico) calificado	20.23	161.84
24 horas	Análisis actual del área	5.22	125.28
24 horas	Presentación de las opciones para la implementación del diseño de la enfardadora	5.22	125.28
32 horas	Presentación de las mejoras	5.22	167.04
24 horas	Cotización de material por parte de la secretaria	4.22	101.28
32 horas	Compra de elementos por parte de la secretaria	4.22	324.22
144 horas	Implementación de la máquina enfardadora para la presentación de 5 kg	5.22	751.68
8 horas	Evaluación del avance por parte del supervisor	20.23	161.84
16 horas	Pruebas de funcionamiento	5.22	83.52
8 horas	Entrega del proyecto	5.22	41.76
16 horas	Capacitación al personal	5.22	83.52
Total			2450.94

Nota. En la **Tabla 43** se observa el análisis de costos de la mano de obra según los valores por horade cada involucrado en el diseño de la máquina enfardadora. Elaboración propia 2022

Análisis de costos por transporte de material

Tabla 44

Análisis de costos de transporte de material

Transporte			
Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1	transporte de materiales mecánicos	50	50
1	transporte de materiales eléctricos	40	40
1	Transporte de materiales	40	40
TOTAL			130

Nota. En la **Tabla 44** se muestra el análisis de costos de transporte de material para el diseño y construcción de la máquina enfardadora. Elaboración propia (2002)

Análisis del Costo de maquinado

Los costos de máquina son donde interviene los equipos para la construcción de las diferentes piezas de la máquina enfardadora a continuación, se detallan en la **Tabla 45**

Tabla 45*Análisis del Costo de maquinado*

ELEMENTO	MÁQUINA	P/U [USD]	TOTAL [USD]
Estructura	Soldadura Mig	200	200
	Taladro, Amoladora		
Formadores principal y secundario	Dobladora	120	120
	Soldadura Mig		
	Amoladora		
Ejes, bujes y guías	Torno Taladro	400	400
Soportes para rodamientos lineales	Torno Taladro	400	400
Placas para cilindros	fresado	200	200
Total			1320

Nota. En la **Tabla 45** Análisis del Costo de maquinado se muestra el análisis del costo de maquinado para el diseño y construcción de la máquina enfardadora. Elaboración propia (2022)

Análisis de costos por equipos de oficina**Tabla 46***Análisis de costos por equipos de oficina*

Equipos de oficina			
Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total
1	Impresiones de planos	25	25
1	Internet	30	30
1	Teléfono para cotizaciones de materiales	12	12
TOTAL			67

Nota. En la **Tabla 46** se muestra el análisis de costos por equipos de oficina para el diseño y construcción de la máquina enfardadora. Elaboración propia (2022)

A continuación, en la **Tabla 47** se muestra el costo total de inversión para la construcción de la máquina enfardadora semiautomática para la presentación de 5 kg de una empresa Jabonería Wilson

Tabla 47

Costo total de gastos para la implementación de la maquina enfardadora

Ítems	Detalle	Valor total
1	Materiales	1528
2	Mano de obra en base al cronograma de actividades	2450.94
3	Transporte	130
4	Costos de maquinado	1320
5	Equipos de oficina	67
	Total	5495,94

Nota. En la **Tabla 46** se muestra el costo total para el diseño y construcción de la máquina enfardadora para la presentación de 5 kg de una empresa Jabonera. Elaboración propia (2022)

Análisis de Costo de producción

Los costos de producción en la presentación de 5 kg se detallan en la siguiente tabla, el costo de la funda por la fabricación es un estimado ya que esa información es interna de la empresa.

Tabla 48*Análisis del costo actual de producción*

Análisis de Costo Actual		
Horas de trabajo	8	Horas
Minutos de trabajo	480	Minutos
Velocidad de la máquina envasadora (BPM)	12	Unidades
Fundas enfardadas en un horario de 8 horas	5760	Unidades
Costo estimado de funda por elaboración	4,79	Dólares
Costo de la funda venta al publico	5,16	Dólares
Valor de ganancia	0,37	Centavos

Nota. En la **Tabla 48** se muestra el análisis de costos actual de producción. Elaboración propia (2022)

Tabla 49*Análisis de costo de producción con la implementación del proyecto*

Análisis de Costo Actual		
Horas de trabajo	8	Horas
Minutos de trabajo	480	Minutos
Velocidad de la máquina envasadora (BPM)	15	Unidades
Fundas enfardadas en un horario de 8 horas	7200	Unidades
Costo estimado de funda por elaboración	4,79	Dólares
Costo de la funda venta al publico	5,16	Dólares
Valor de ganancia	0,37	Centavos

Nota. En la **Tabla 49** se muestra el análisis de costo de producción con la implementación del proyecto. Elaboración propia (2022)

Tabla 50

Ganancias por el proyecto de implementación

Análisis de costo de producción	
Cantidad de fundad de polvo detergente por la implementación del diseño de la máquina	1440
Valor total de la ganancia en un solo turno de 8 horas con el diseño propuesto	\$532,80

Nota. En la **Tabla 50** se muestra las ganancias que genera el proyecto de implementación. Elaboración propia (2022)

Análisis de resultados costos de producción

Mediante el diseño propuesto se puede lograr el incremento de la velocidad de la empacadora de 12 BPM A 15 BPM, estos resultados son buenos para la empresa ya que aumentaría su productividad en esta presentación. Según los datos obtenidos y los cálculos realizados con la máquina enfardadora se aumentaría las fundas enfardadas a 1440 unidades más, a una velocidad de 15 BPM. Cada unidad producida tiene un costo estimado de elaboración de 4,79 dólares y el costo al mercado es de 5,16 lo que se tiene un margen de ganancia 0,37 centavos por unidad producida, multiplicado por las 1440 unidades que se aumentó con el diseño se tiene una Gancia al día de 532,80 solo en la elaboración del producto.

La inversión en el diseño de la máquina enfardadora es de 5495,94 dólares en este valor está incluido los siguientes costos los cuales se detallan en la Tabla 56, al tener una ganancia de 532,80 al día, el retorno del costo por inversión de la máquina se recupera en 11 días laborables en 8 horas de trabajo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Luego de realizar el análisis de la producción se puede concluir que la empresa tiene un cuello de botella en la zona de enfardado ya que la empacadora de fundas de 5kg tiene una capacidad de producción de 16 fundas por minuto, la cual debe ser procesada por 4 operadores que manejan un volumen de 12 fundas por minuto para evitar que la mesa se llene y se acumulen.

Por otra parte, a través del análisis de fallas se pudo determinar que la constante acumulación de material sobre la mesa se ve agravada por la alta rotación del personal y la dificultad de colocar el fundón en el soporte metálico. Estos antecedentes generan esta importante oportunidad de mejora la cual fue abordada en el presente trabajo.

Finalmente, el diseño propuesto permitirá trabajar con la empacadora a una velocidad de 15 fundas por minuto, lo que representa un incremento de la producción de 1440 fundas de polvo detergente en un día de producción de 8 horas trabajadas, eliminando el cuello de botella y reduciendo los riesgos de enfermedades profesionales de los enfardadores.

Recomendaciones.

Para realizar un correcto análisis de la producción en la presentación de 5 kg se recomienda definir los procesos e información recopilada con claridad y la mejor forma para llegar a la solución del problema encontrado es mediante herramientas de lean manufacturing las cuales nos ayudaran a tener más claridad sobre la problemática.

Se recomienda establecer un personal permanente tanto para el turno del día y de la noche para área de polvo detergente, ya que los trabajadores no se pueden acoplar y desarrollar la habilidad en el proceso de enfardado, por el hecho de su rotación en las distintas áreas.

Se recomienda un nuevo análisis de costos de producción ya que en el presente proyecto se toma en cuenta solo el valor de la ganancia por unidades producidas y no el costo de mano de obra, materias primas y otros factores que intervienen para el proceso de enfardado en la presentación de 5 kg

Bibliografía

Seno, F. G.-G. (2014). *Control de calidad. En F. G.-G. Seno, La caja de herramientas (pág. 193).*Mexico: EBOOK

(Historia del Mundo Contemporáneo, 2021) BAHAMONDE, A. y VILLARES, R., *El mundo contemporáneo. Siglos XIX y XX, Madrid, Taurus.*

(Barcia,2012) *Industrialización de América latina. Obtenido de*
<http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/07/la-industrializacion-de-america-latina.2012>

GIULIANI ADRIANA (2007), *La industrialización del sudeste asiático en Historia económica mundial contemporánea de Marcaida Elena V. (Comp.). Primera edición, Dialektik Editora. Buenos Aires.*

Banco Mundial (2018). “*Bankers without borders*”. *Global Financial Development Report. 2017-2018*

(La industria en Ecuador, 2015) *La industria en el Ecuador. Obtenido de*
<https://www.ekosnegocios.com/articulo/la-industria-en-ecuador>

Cajamarca Guerra, D. A. (2015). *Estudio de Tiempo y Movimiento de Producción en Planta para Mejorar el Proceso de Fabricación de Escudos en Kaia Bordados. Bogotá D.C., Colombia*

Garcia, 2006. *Teoría de estructuras. Obtenido de http://ocwus.us.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/calculo-de-estructuras/1/apartados/apartado1_1.html.*

YEPES, V. (2008). *Productividad. Obtenida de Productivity and Performance, in Pellicer, E. et al.: Construction Management. Construction Managers’ Library Leonardo da Vinci: PL/06/B/F/PP/174014. Ed. Warsaw University of Technology, pp. 87-101. ISBN: 83-89780-48-8.*

YEPES, V. (1997). *Equipos de movimiento de tierras y compactación. Problemas resueltos. Colección Libro Docente nº 97.439. Ed. Universitat Politècnica de València. 256 pág. Depósito Legal: V-4598-1997. ISBN: 84-7721-551-0*

Humberto 2008. *Calidad Total y Productividad, Humberto Gutiérrez Pulido, Editorial MC Graw Hill, México 2008, 2da Edición, Pág. 40-47.*

PANCORBO. (2001). *Curso de Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales. Parte Común. UD 5.7: Manipulación Manual de Cargas. Madrid. INSHT*

Lopez, J. F. (15 de noviembre de 2019). *Estadística descriptiva. Obtenido de Economipedia: https://economipedia.com/definiciones/estadística_descriptiva.htm*

(La industria en Ecuador, 2015) *Índice de Producción de la Industria Manufacturera <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/601>*

(Cruelles, 2012). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación, MARCOMBO.*

Niebel 1996. *Estudio de Tiempos y Movimientos. Alfa Omega,.*

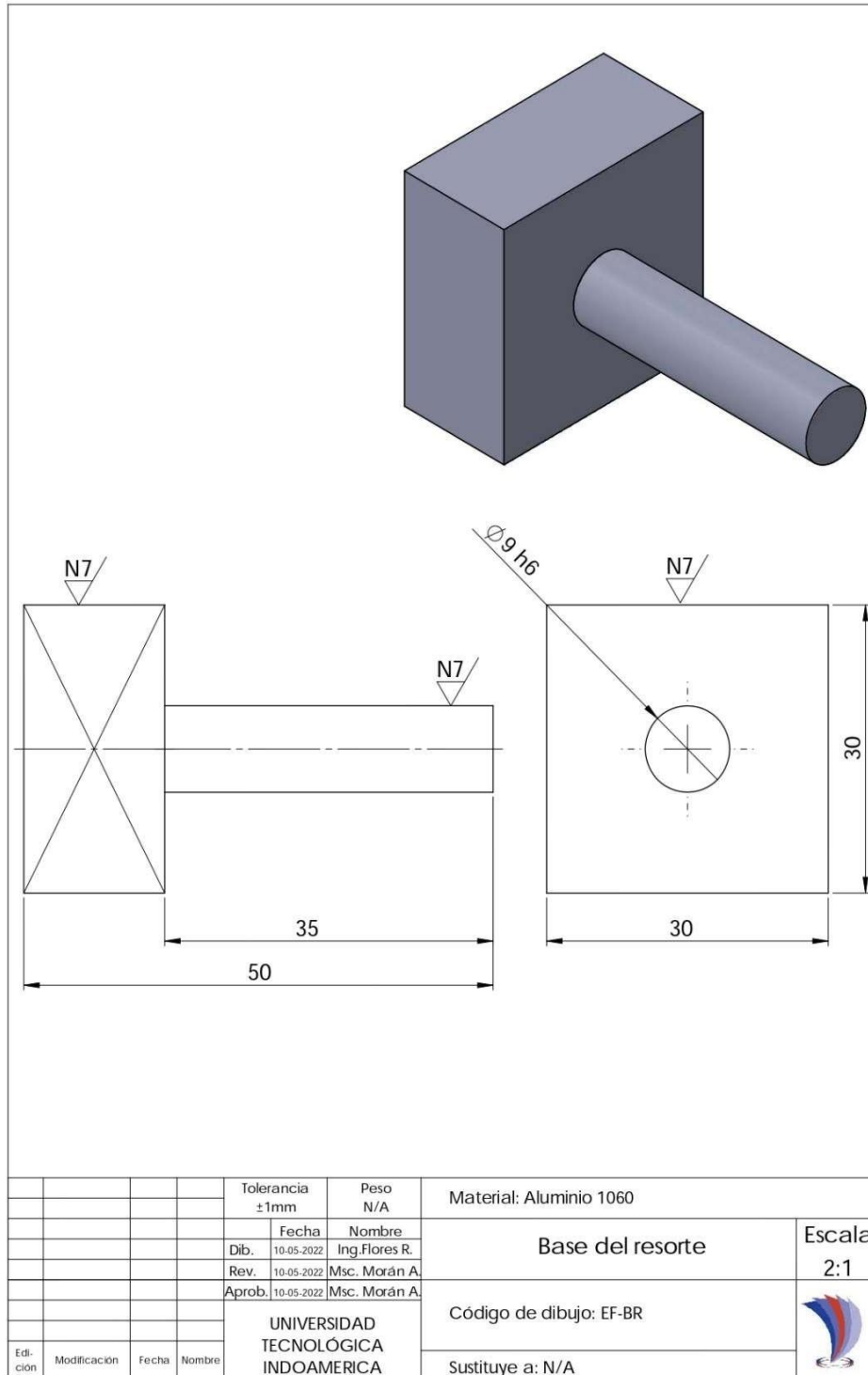
Anexo 1

Ubicación de la empresa



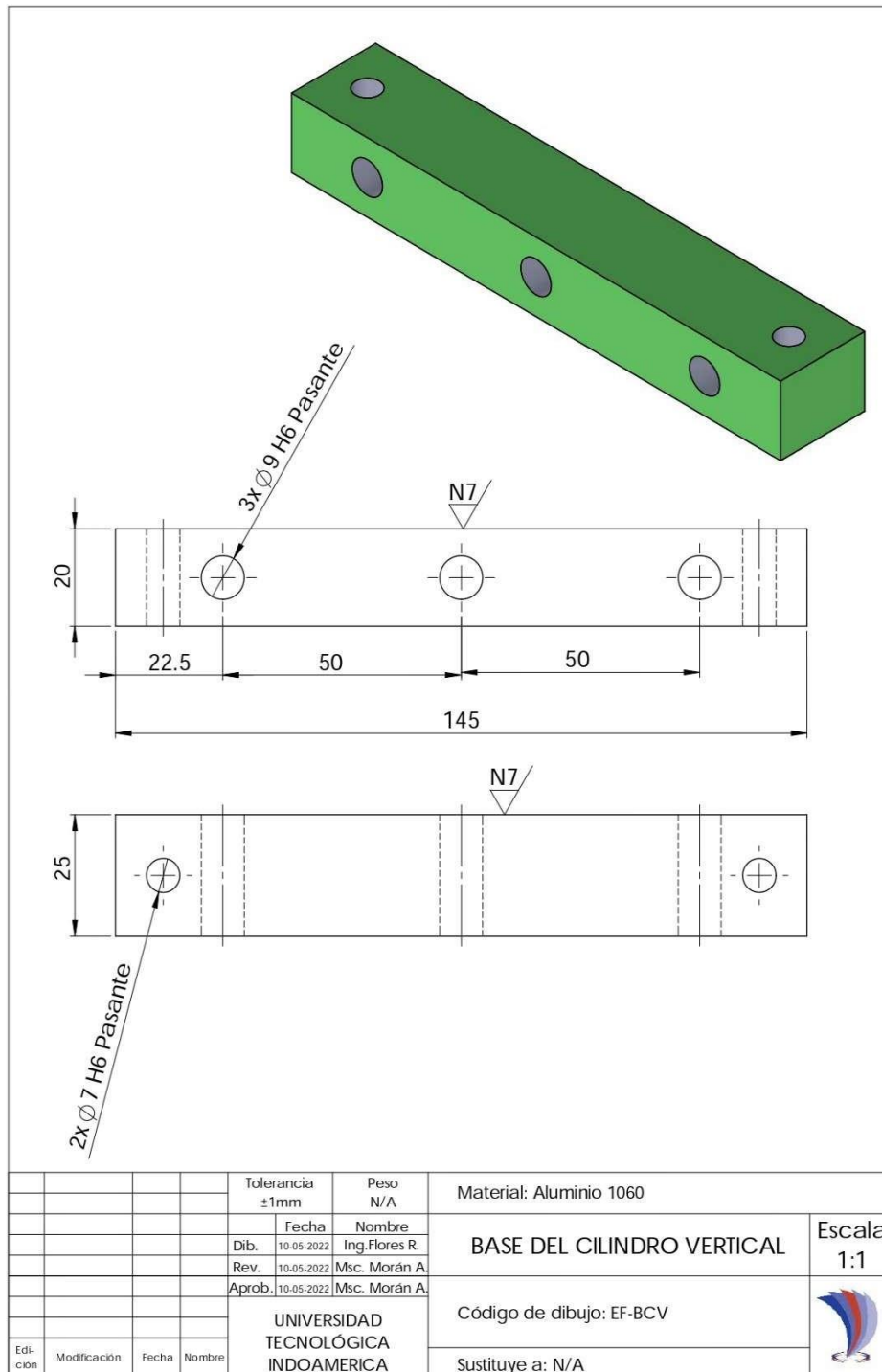
Anexo 2

Base del resorte



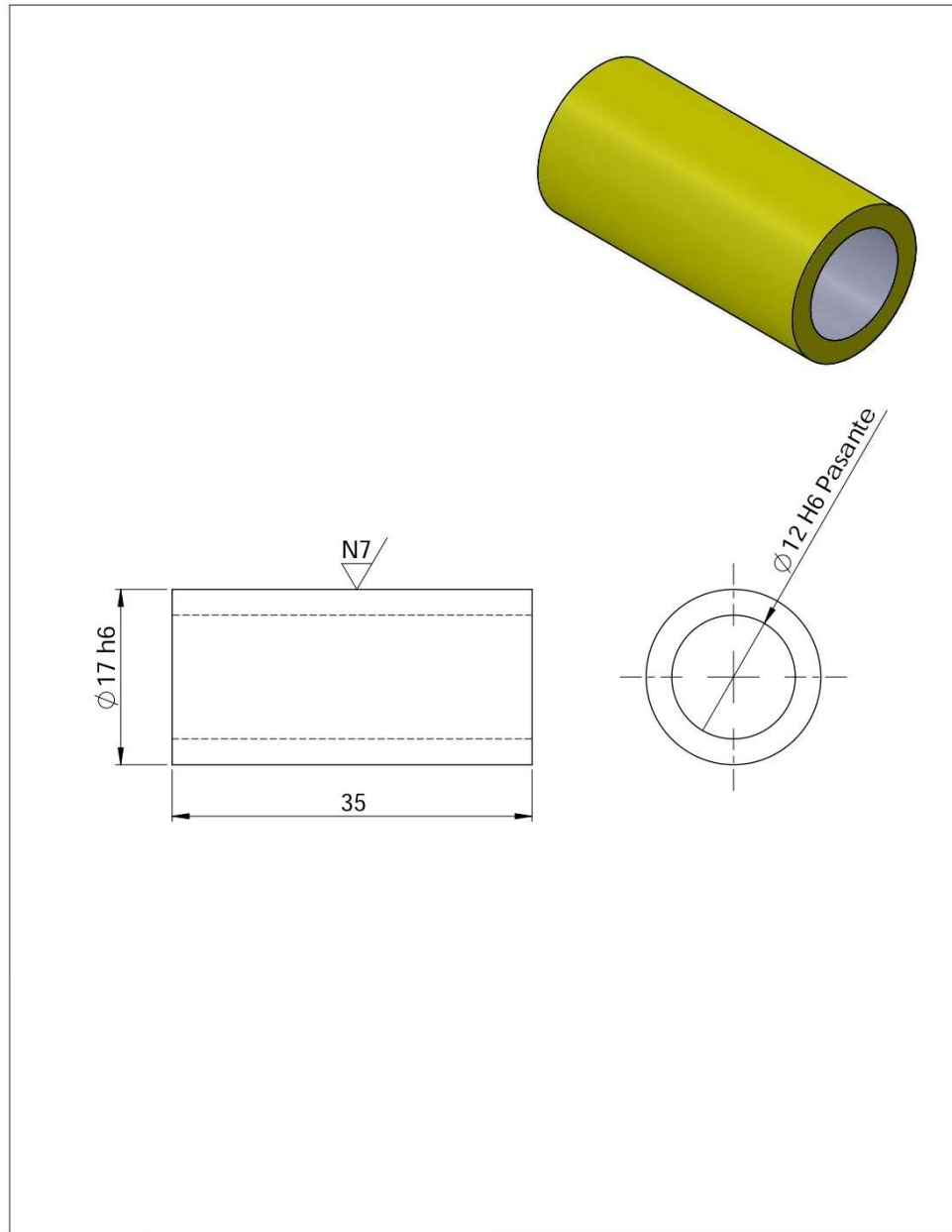
Anexo 3


Base del cilindro vertical



Anexo 4

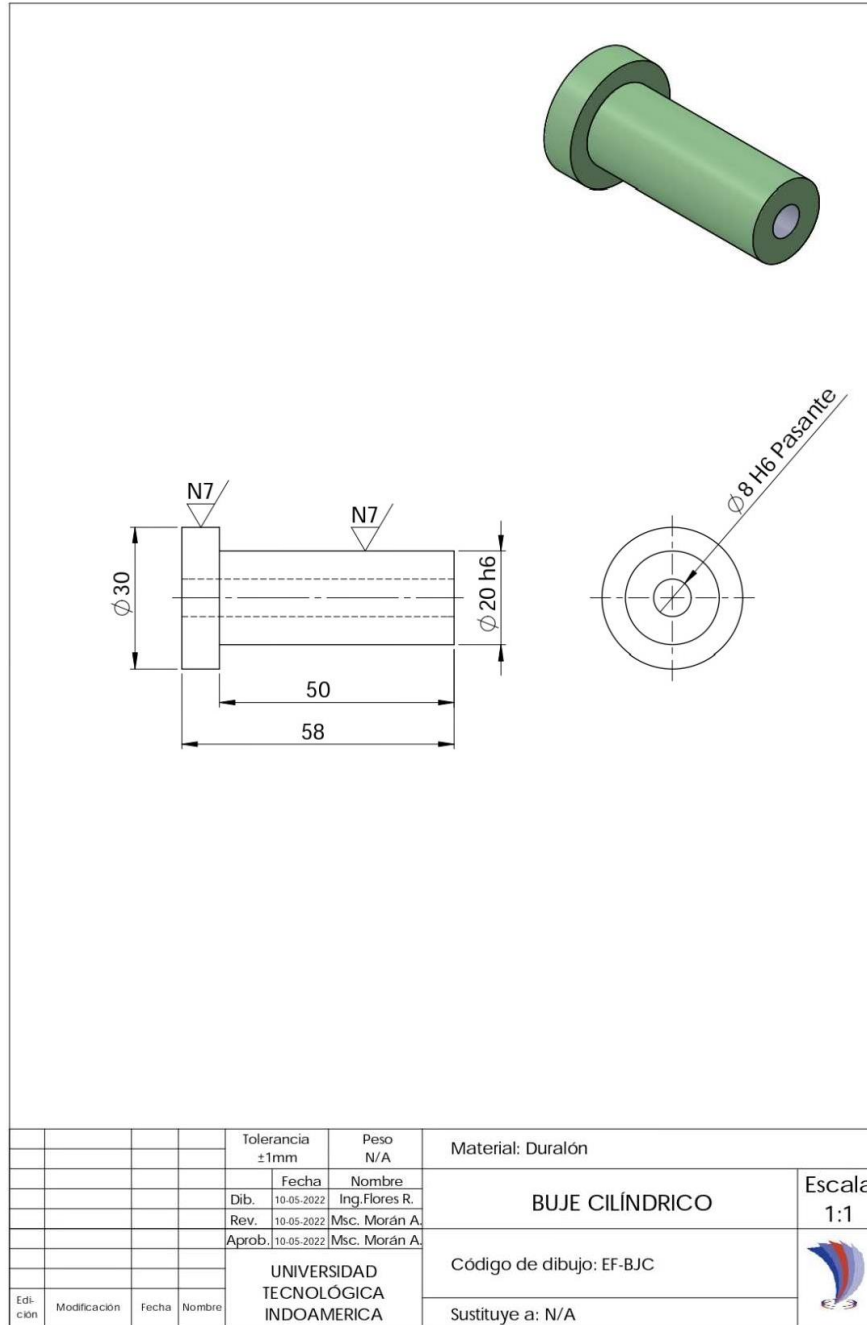
Buje sistema de compuertas



				Tolerancia $\pm 1mm$	Peso N/A	Material: Duralón	
				Fecha	Nombre	BUJE	Escala 2:1
				Dib. 10.05.2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10.05.2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10.05.2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-BJ	
Edi. ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

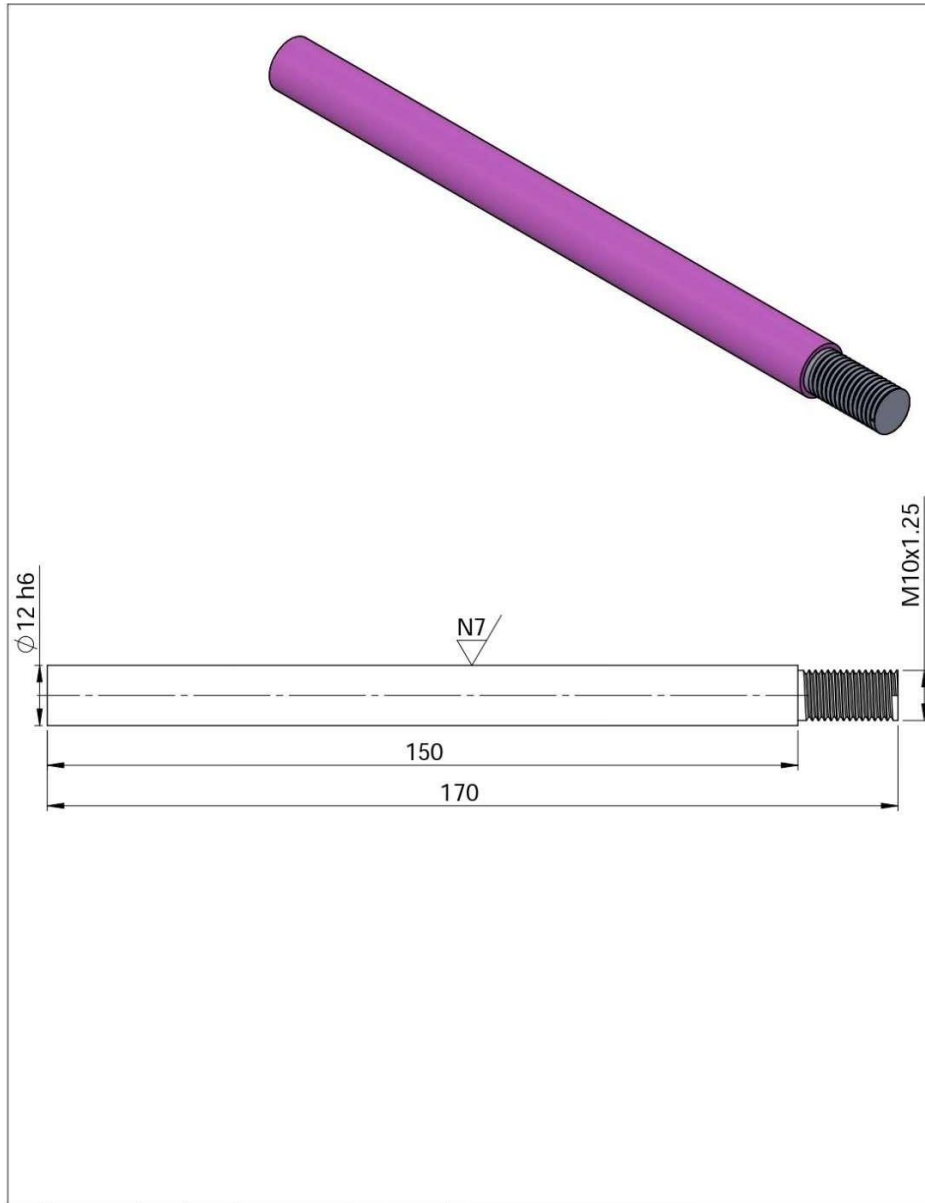
Anexo 5


Buje del cilindro del sistema de compuertas



Anexo 6

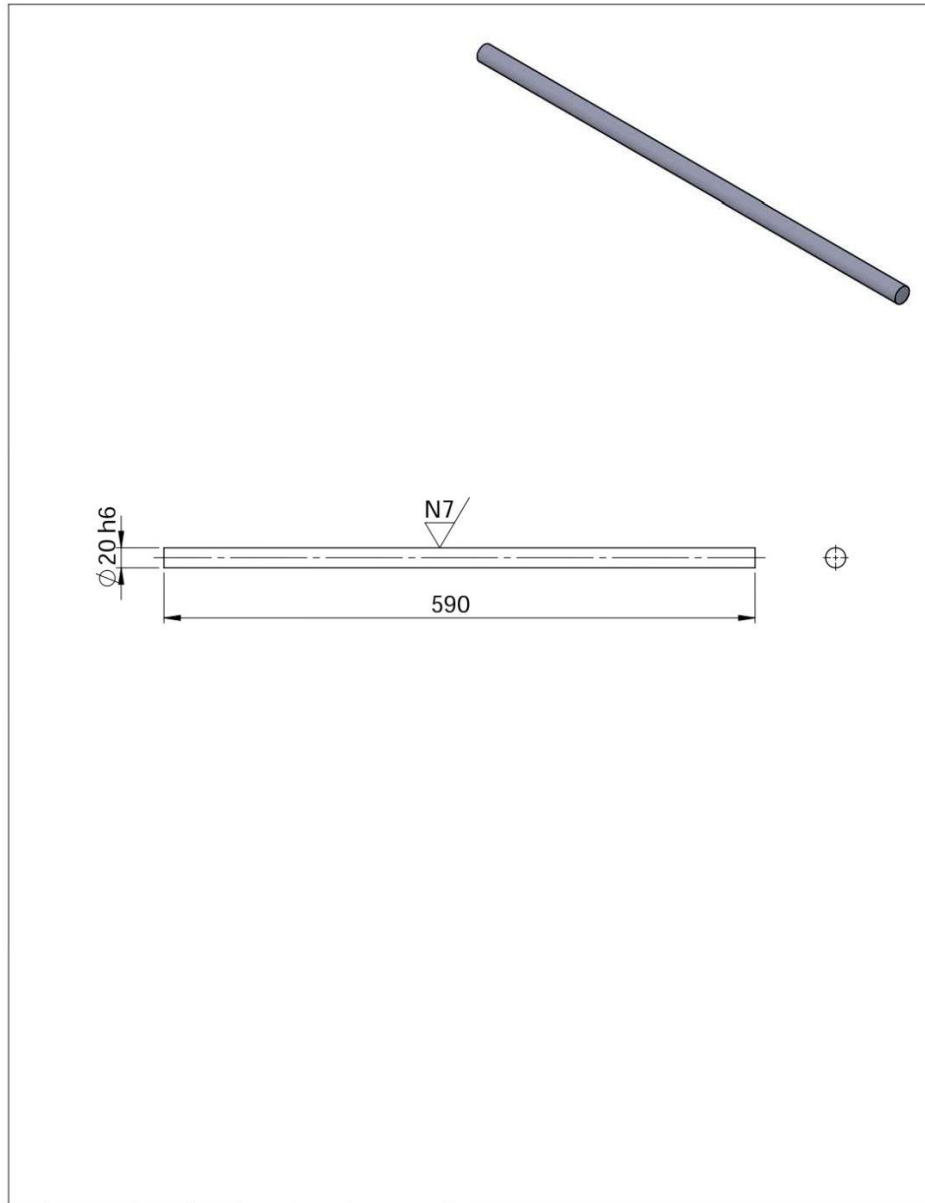
Eje Guía




				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: AISI 1018	
				Fecha	Nombre	EJE GUÍA	Escala 1:2.5
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.	Código de dibujo: EF-EG	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Sustituye a: N/A	

Anexo 7

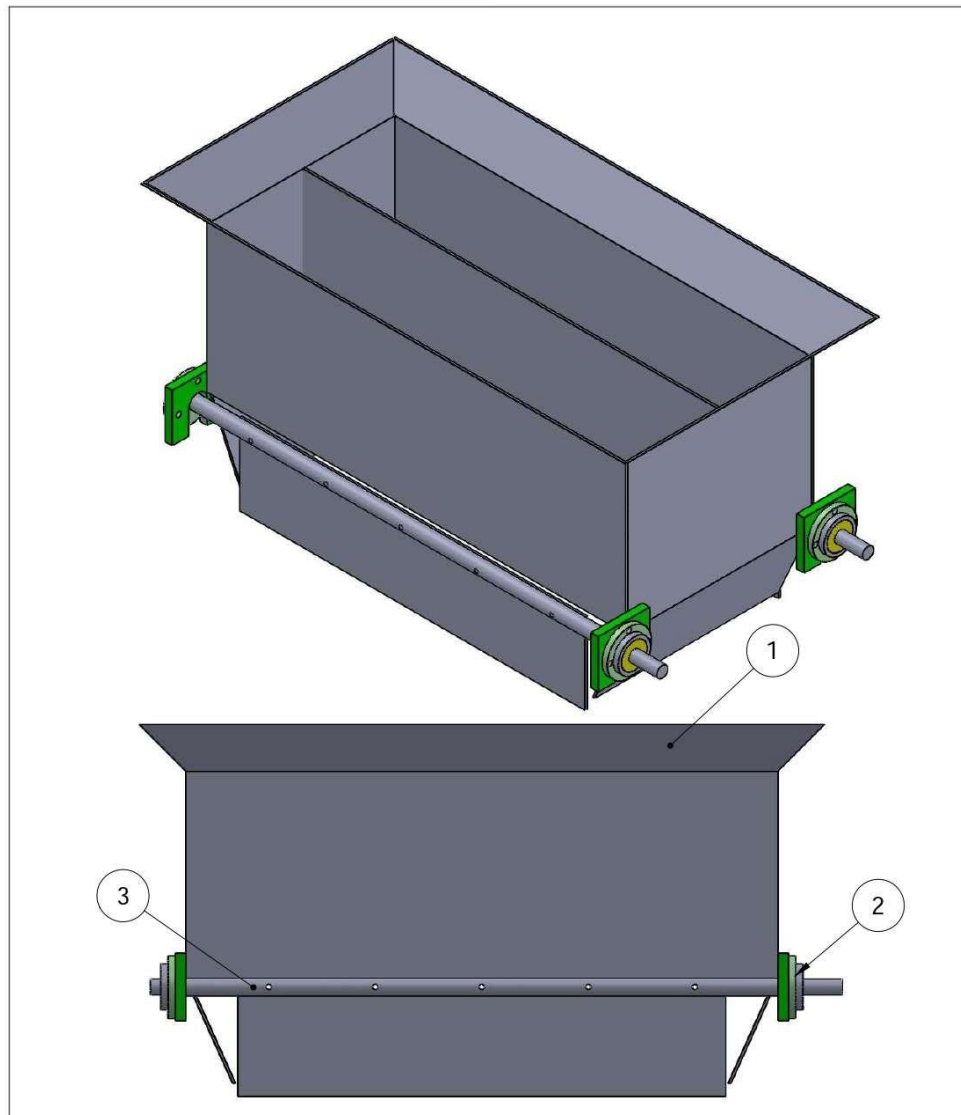
Eje del formador secundario



				Tolerancia $\pm 1\text{mm}$	Peso N/A	Material: AISI 1018	
				Fecha	Nombre	EJE DE MARCO	Escala 1:5
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.	Código de dibujo: EF-E&M	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		Sustituye a: N/A	

Anexo 8

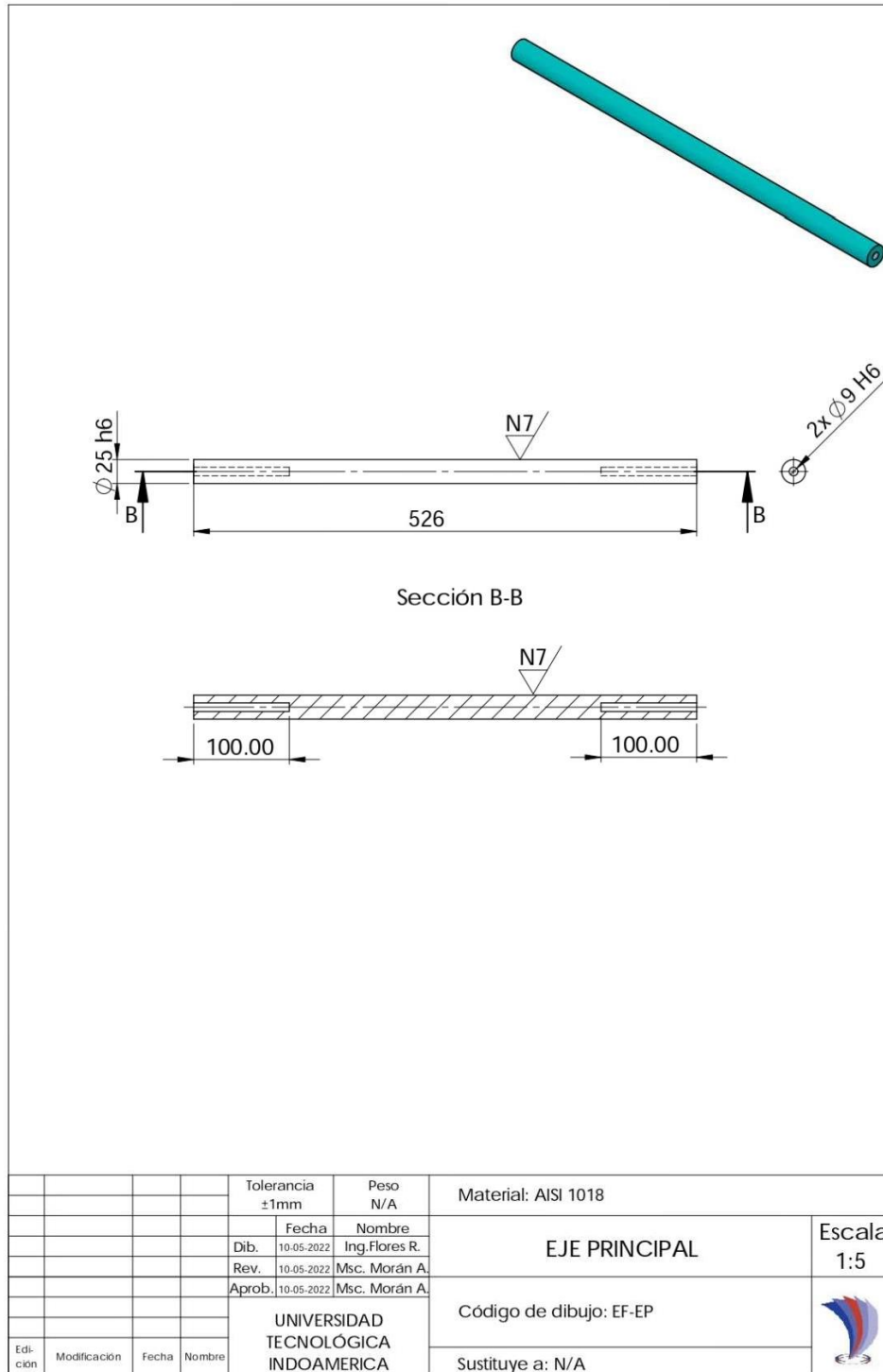
Formador principal



Orden	Material	Código	Detalle	Cantidad	
1	ASTM A-36	EF-C	Canasta	1	
2	N/A	N/A	Rodamientos	2	
3	ASTM A-36 AISI 1018	EF-P&E	Placa soporte	2	
			CANASTA COMPLETA	Escala 1:10	
			Código de dibujo: EF-CANASTA		
			Sustituye a: N/A		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA	

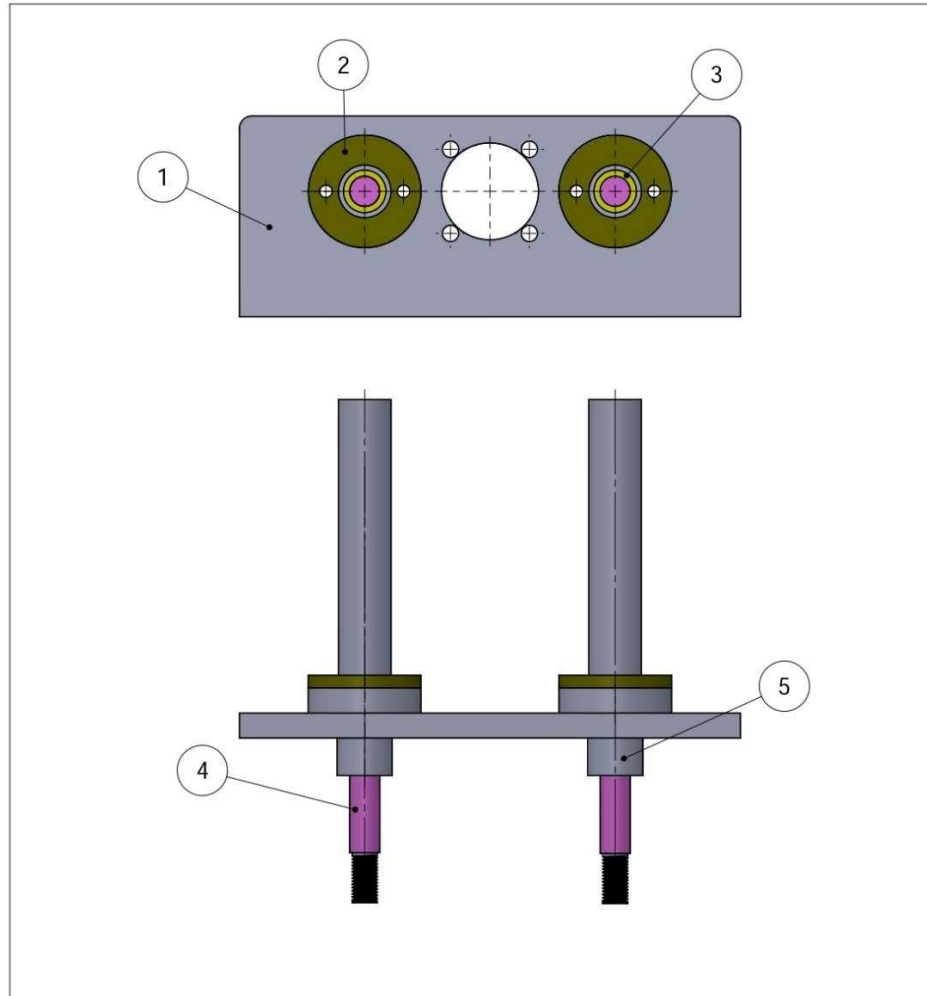
Anexo 9

Eje principal del formador principal



Anexo 10

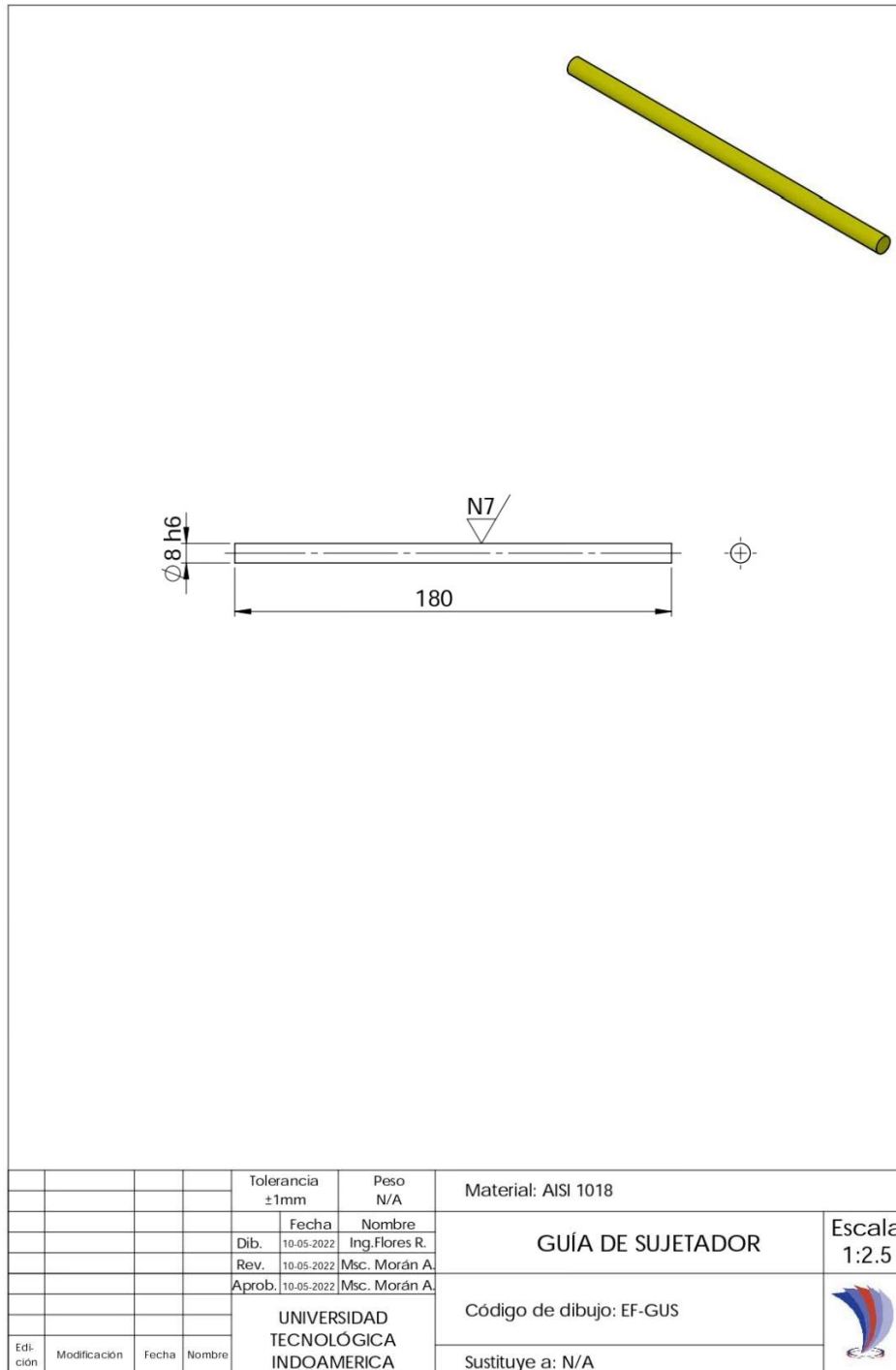
Sistema de sujeción



Orden	Material	Código	Detalle	Cantidad	
1	ASTM A-36	EF-PP	Placa principal	1	
2	AISI 1018	EF-PG	Protección de la guía	2	
3	Duralón	EF-BJ	Buje	2	
4	AISI 1018	EF-EG	Eje guía	2	
5	Aluminio 1060	EF-GC	Gui de cilindro	2	
			SISTEMA DE SUJECCIÓN	Escala 1:2.5	
			Código de dibujo: EF-SUJECCIÓN		
			Sustituye a: N/A		
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA	

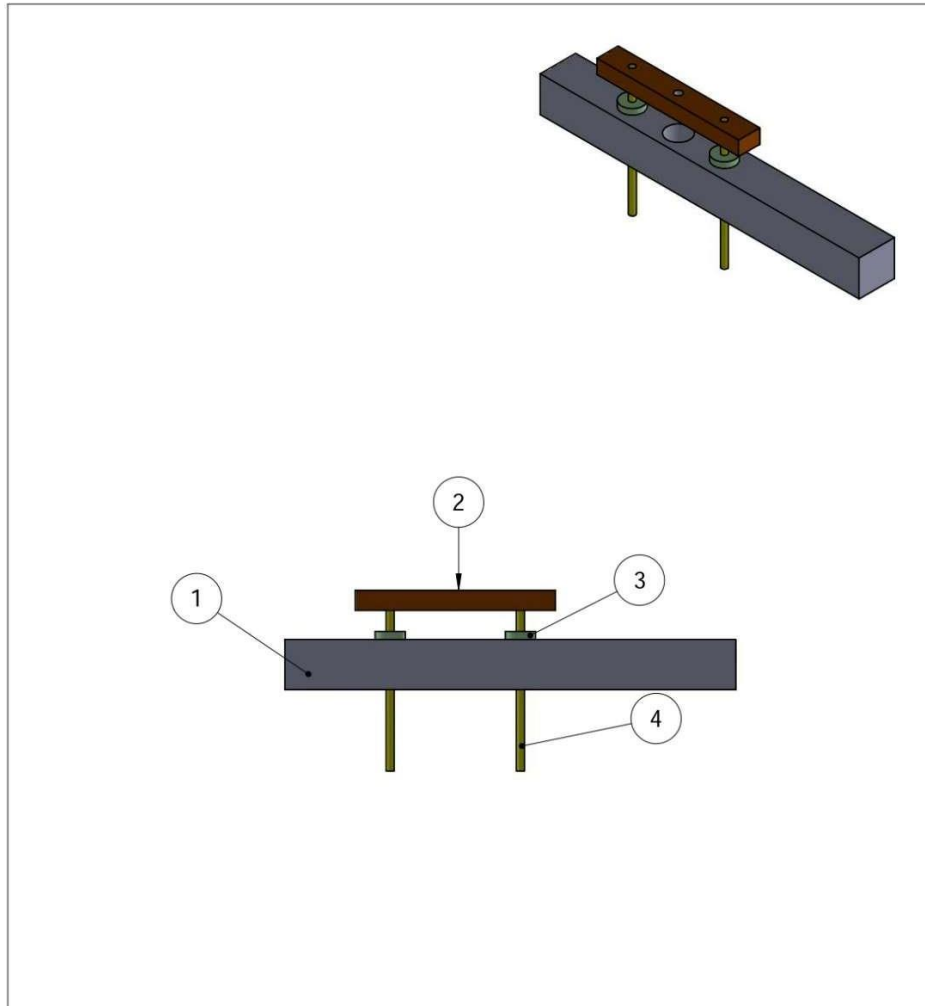
Anexo 11

Guía del sujetador de fundones



Anexo 12

Sujetador de fundas

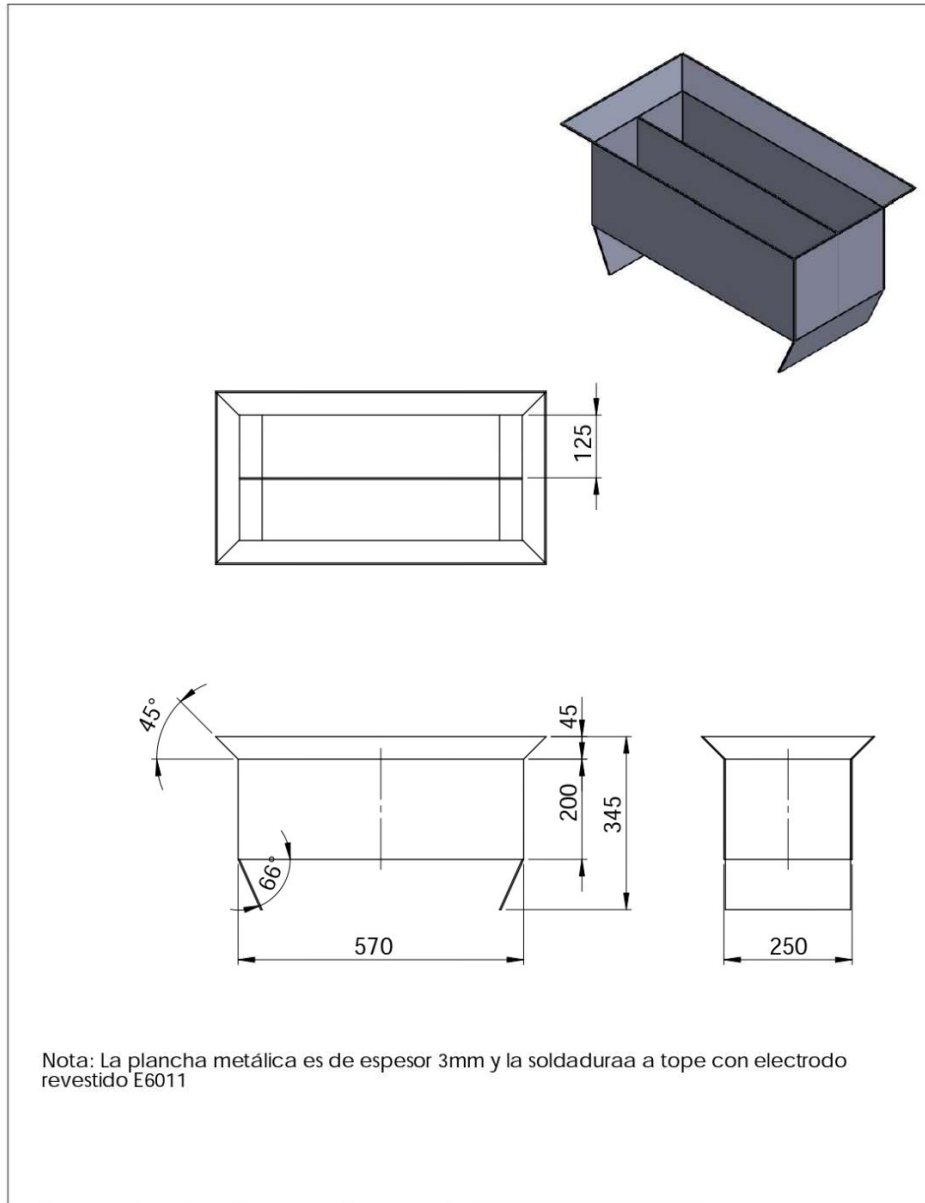


Orden	Material	Código	Detalle	Cantidad
1	Aluminio 1060	EF-PDS	Parante de sujetadores	1
2	Aluminio 1060	EF-SF	Sujetador de fundas	1
3	Duralón	EF-BJC	Buje cilíndrico	2
4	AISI 1018	EF-GUS	Guía de sujetador	2
		Fecha	Nombre	Escala 1:5
		Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.	
		Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.	
		Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.	
		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-SUJFUNDAS Sustituye a: N/A
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	



Anexo 13

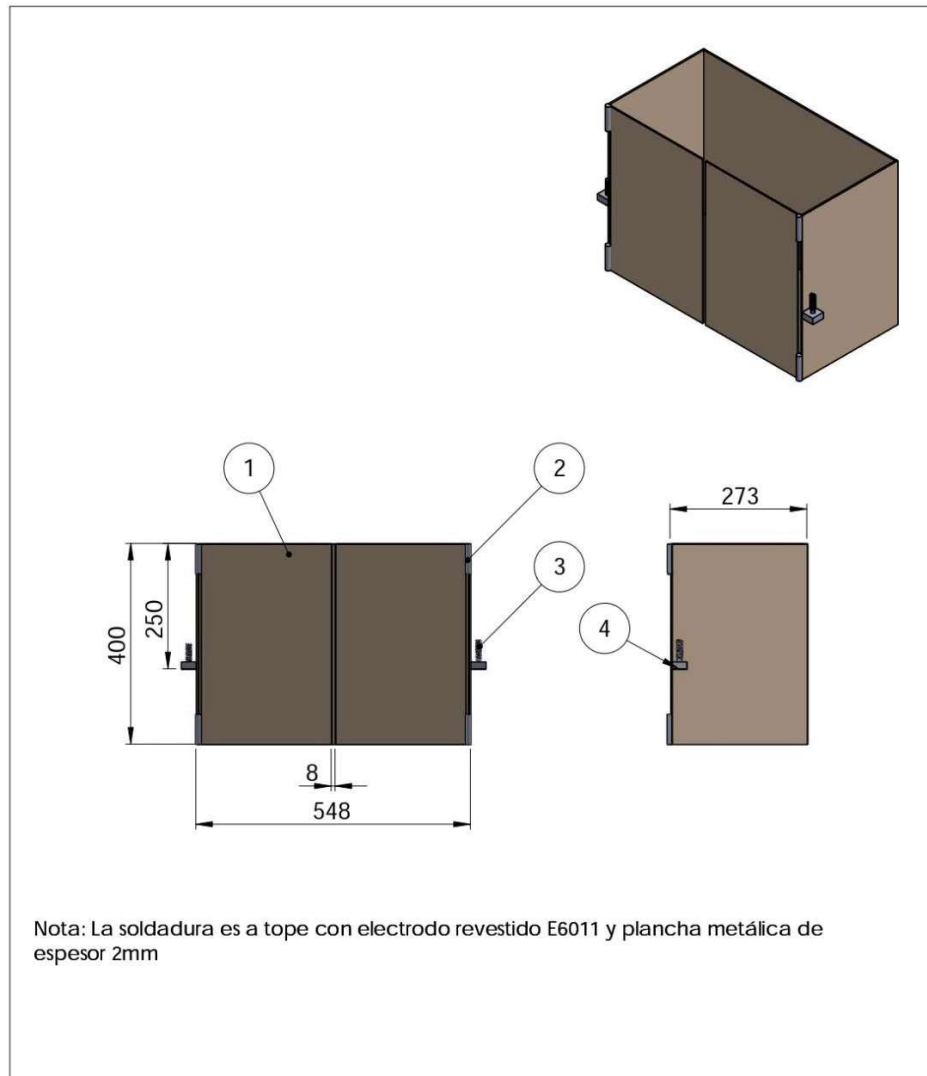
Formador principal



				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: ASTM A-36
				Fecha	Nombre	CANASTA
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.	
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.	
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.	
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-C
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A

Anexo 14

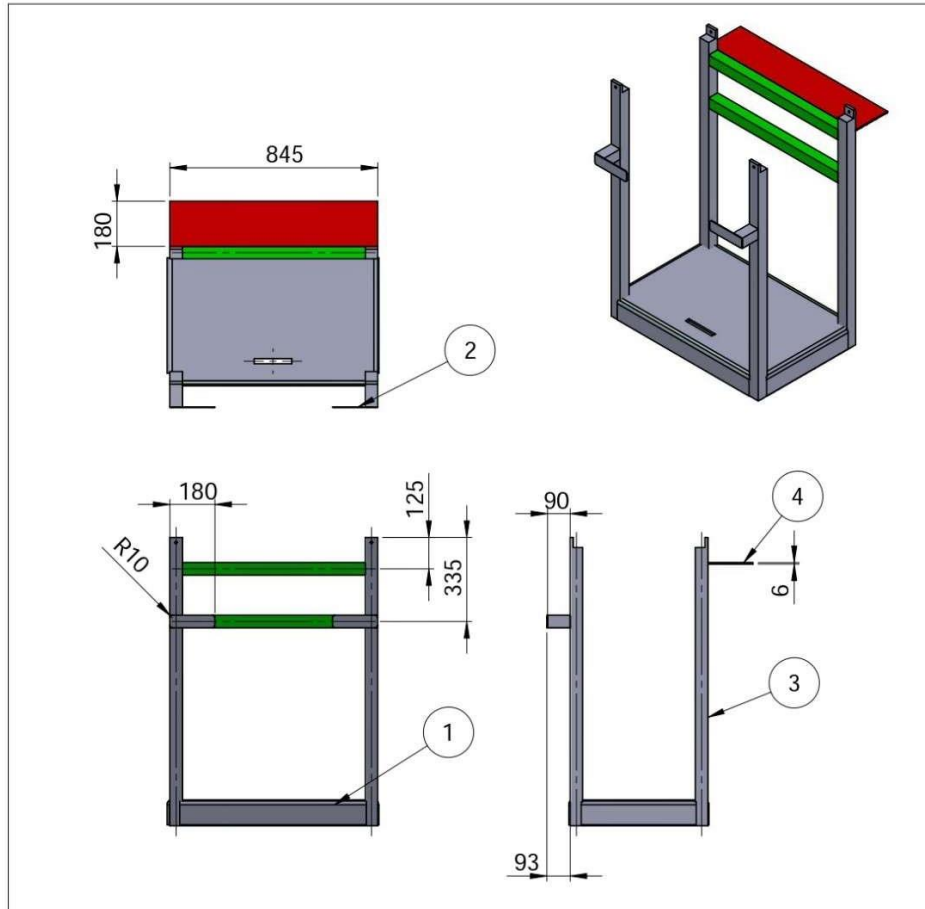
Formador inferior



Orden	Material	Código	Detalle	Cantidad	
1	ASTM A-36	N/A	Compuertas	2	
2	ASTM A-36	N/A	Bisagras tubulares soldables $\phi 12$	4	
3	ASTM A313	N/A	Resorte	2	
4	Aluminio 1060	EF-BR	Base del resorte	2	
			Formador inferior	Escala 1:10	
		Fecha			Nombre
		Dib.			10-05-2022 Ing. Flores R.
		Rev.			10-05-2022 Msc. Morán A.
		Aprob.	10-05-2022 Msc. Morán A.		
			UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre		
			Código de dibujo: EF-FI		
			Sustituye a: N/A		

Anexo 15

Estructura principal

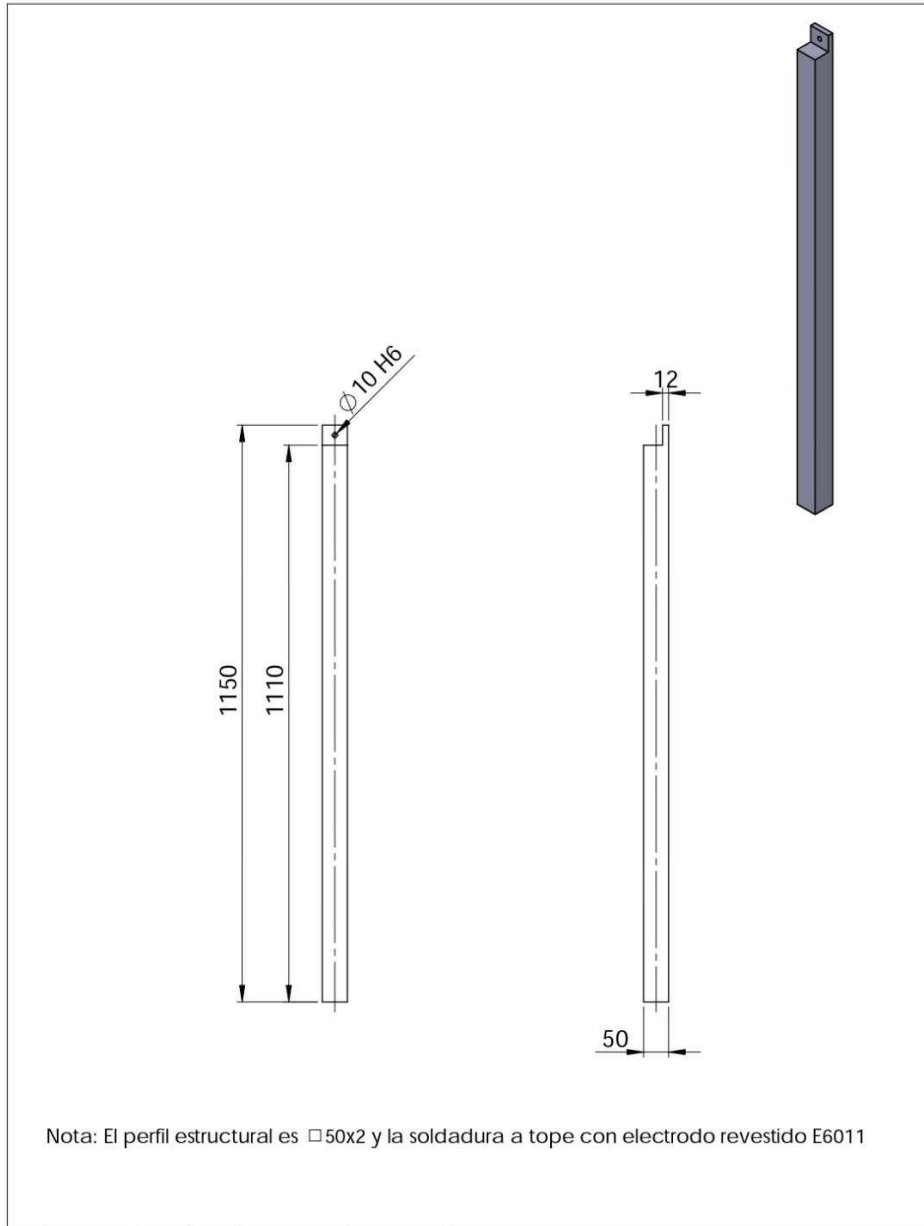



Nota: Todos los perfiles utilizados son □50x2 y la soldadura a tope con electrodo revestido E6011

Orden	Material	Código	Detalle	Cantidad
1	ASTM-A36	EF-BI	Placa inferior de la estructura	1
2	ASTM-A36	N/A	Sujetadores	2
3	ASTM-A36	EF-P	Parantes	4
4	ASTM-A36	N/A	Placa de apoyo	1
			Tolerancia ±1mm	Peso N/A
			Fecha	Nombre
			Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.
			Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.
			Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.
			Material: ASTM A-36	Escala 1:10
			ESTRUCTURA	
			Código de dibujo: EF-Estructura	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	
			UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA	

Anexo 16

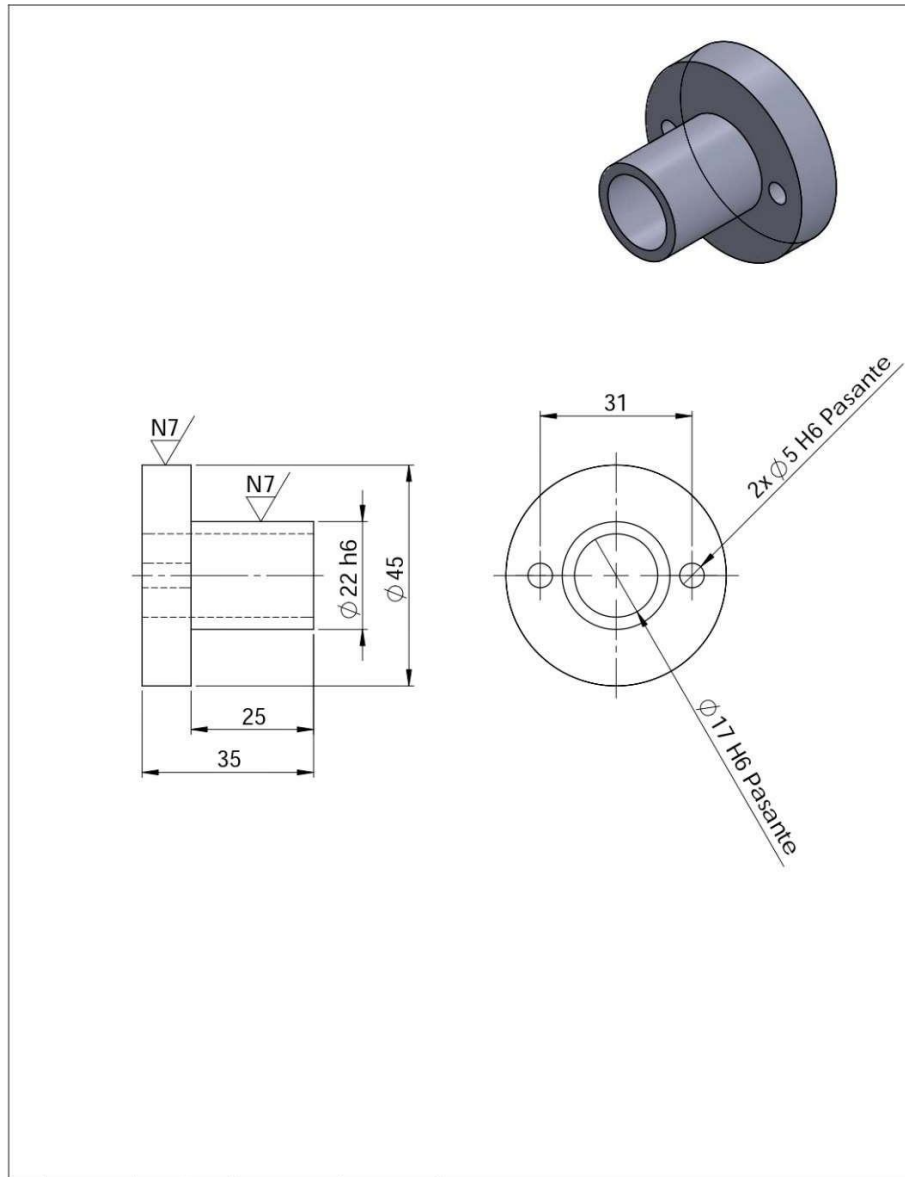
Parantes de la estructura



				Tolerancia ± 1mm	Peso N/A	Material: ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Parantes	Escala 1:10
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		Código de dibujo: EF-P	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

Anexo 17

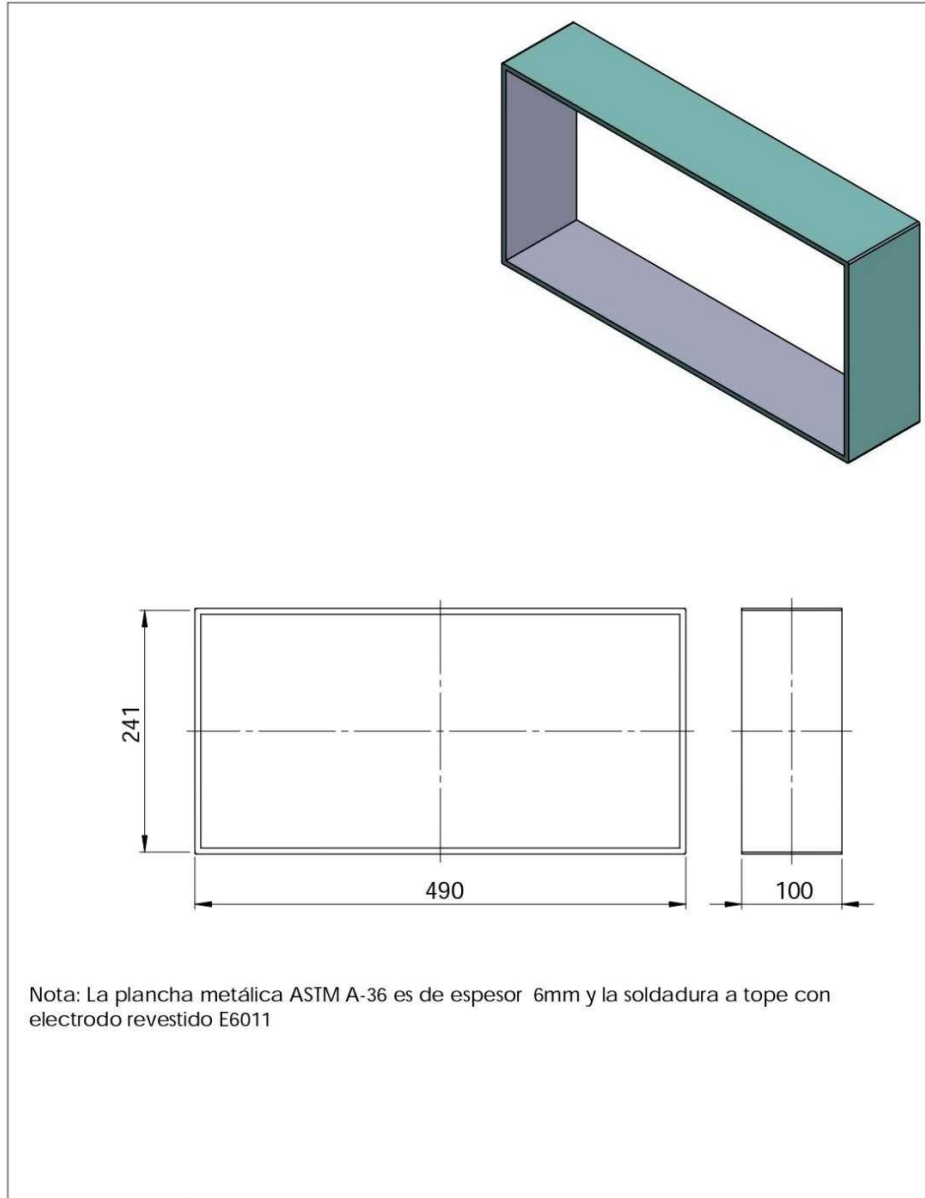
Guía del cilindro




				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: Aluminio 1060	
				Fecha	Nombre	GUÍA DE CILINDRO	Escala 1:1
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-GC	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

Anexo 18

Formador secundario

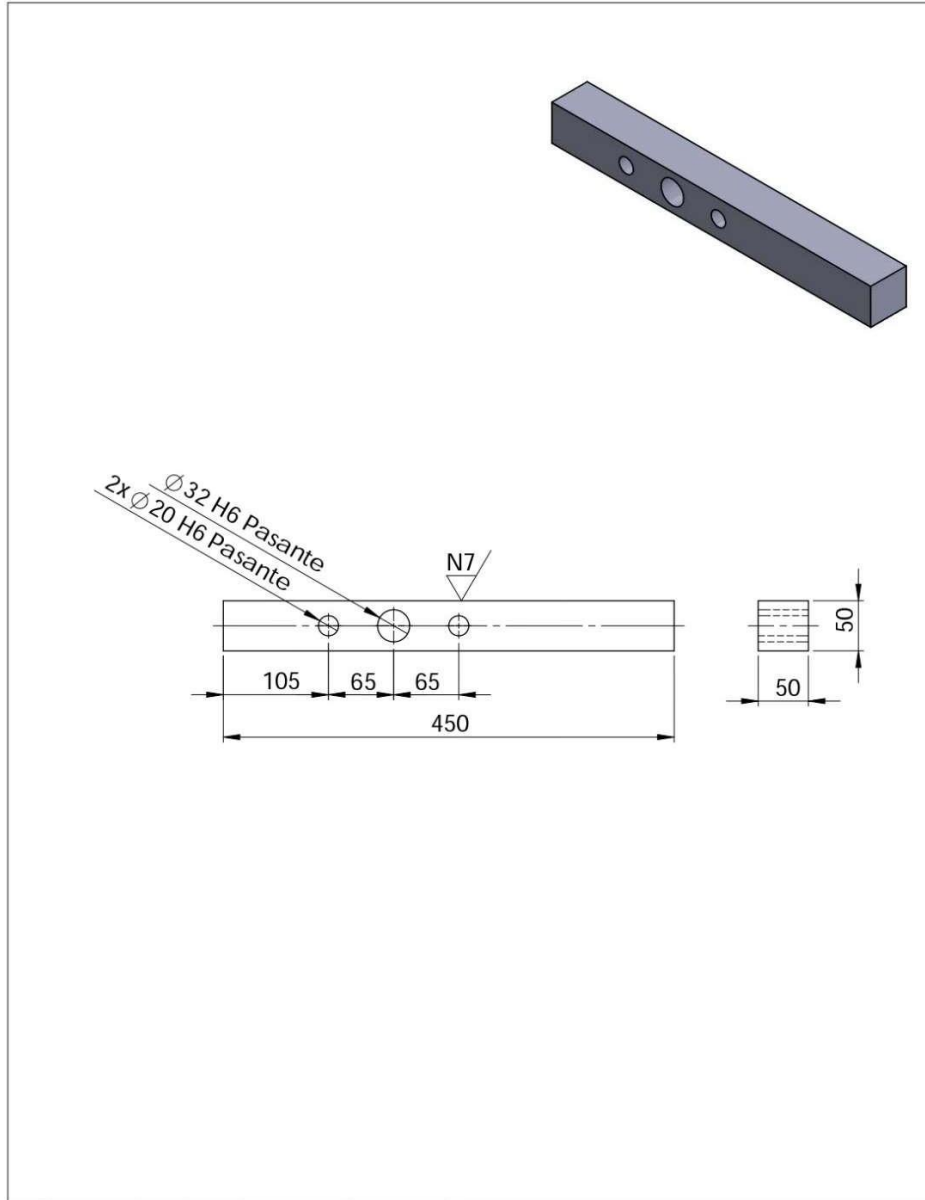



Nota: La plancha metálica ASTM A-36 es de espesor 6mm y la soldadura a tope con electrodo revestido E6011

				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	FORMADOR SECUNDARIO	Escala 1:5
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-FS	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

Anexo 19

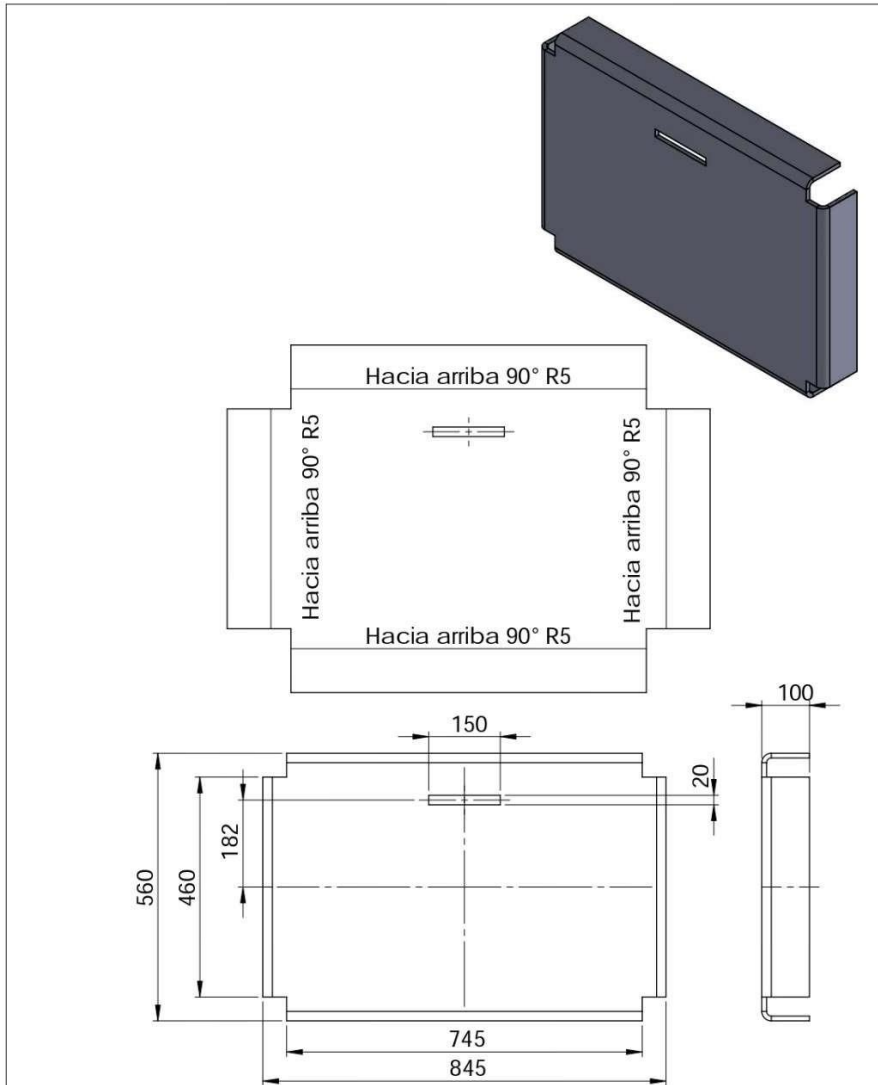
Parante de sujetadores




				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: Aluminio 1060	
				Fecha	Nombre	PARANTE DE SUJETADORES	Escala 1:5
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.	Código de dibujo: EF-PDS	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Sustituye a: N/A	

Anexo 20

Base inferior de la estructura

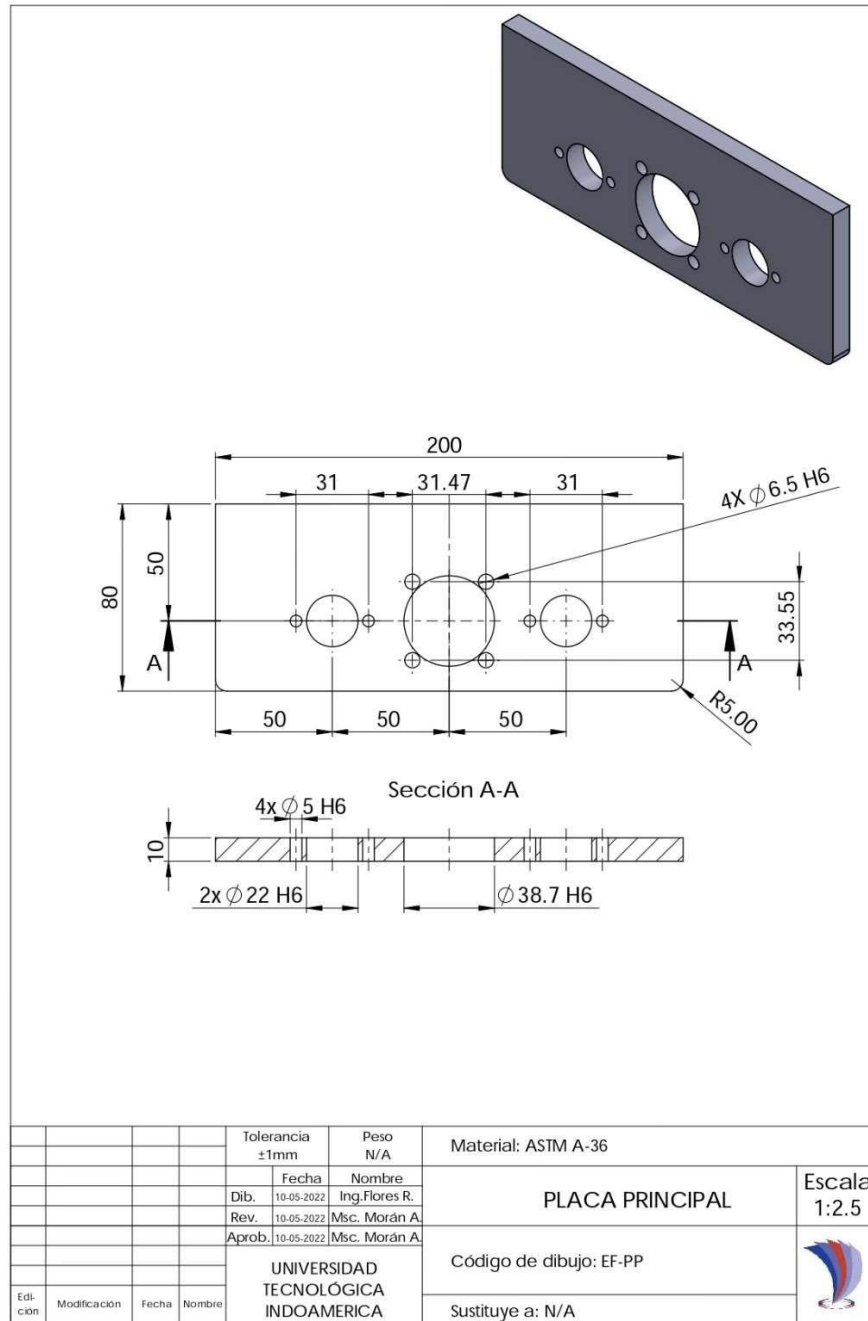


Nota: Plancha laminada en caliente con espesor 1/32" según NTE INEN 115

				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Placa inferior de la estructura	Escala 1:10
			Dib.	10-05-2022	Ing. Flores R.		
			Rev.	10-05-2022	Msc. Morán A.		
			Aprob.	10-05-2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLOGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-BI	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

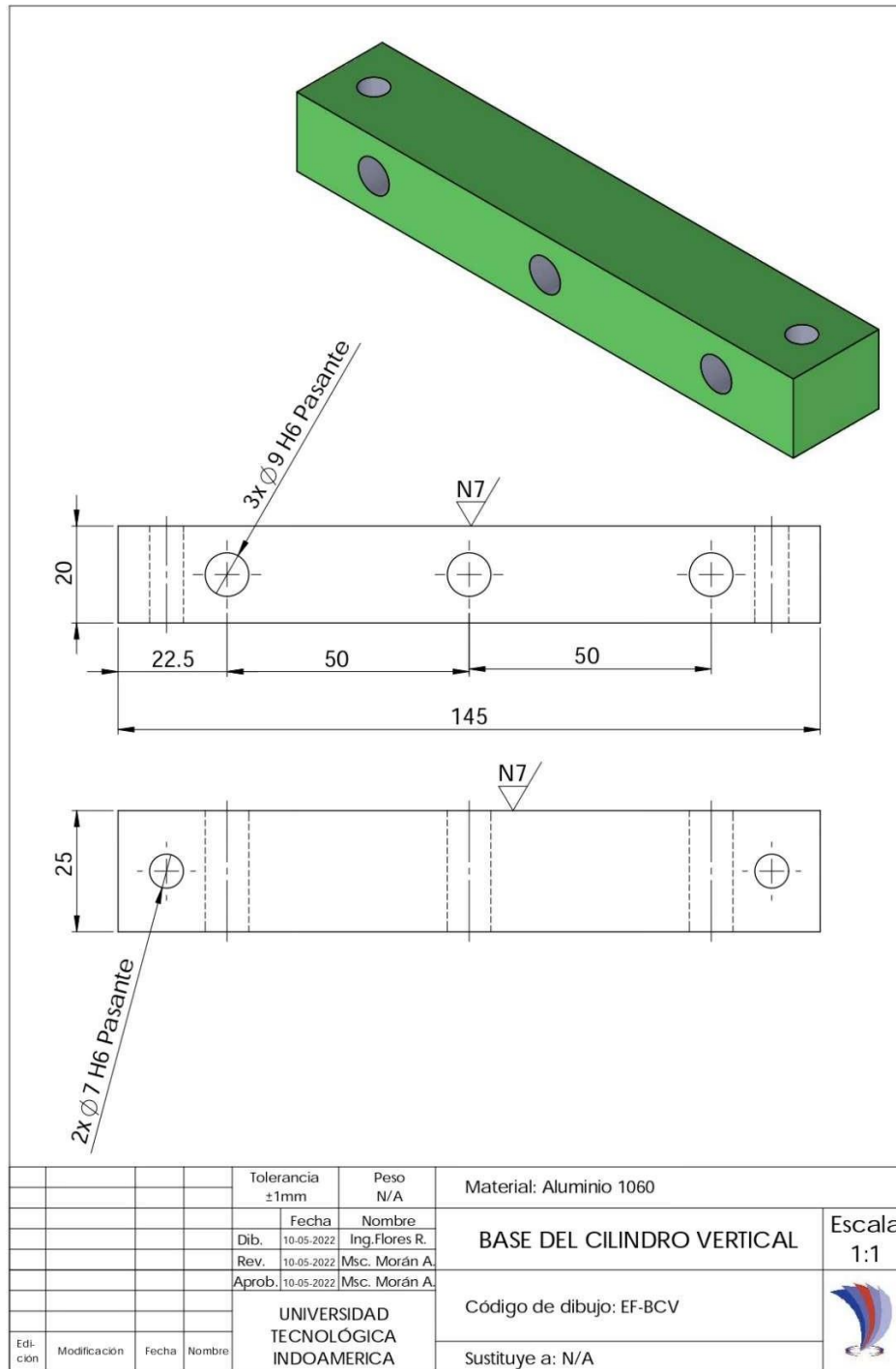
Anexo 21

Placa principal para los cilindros neumáticos



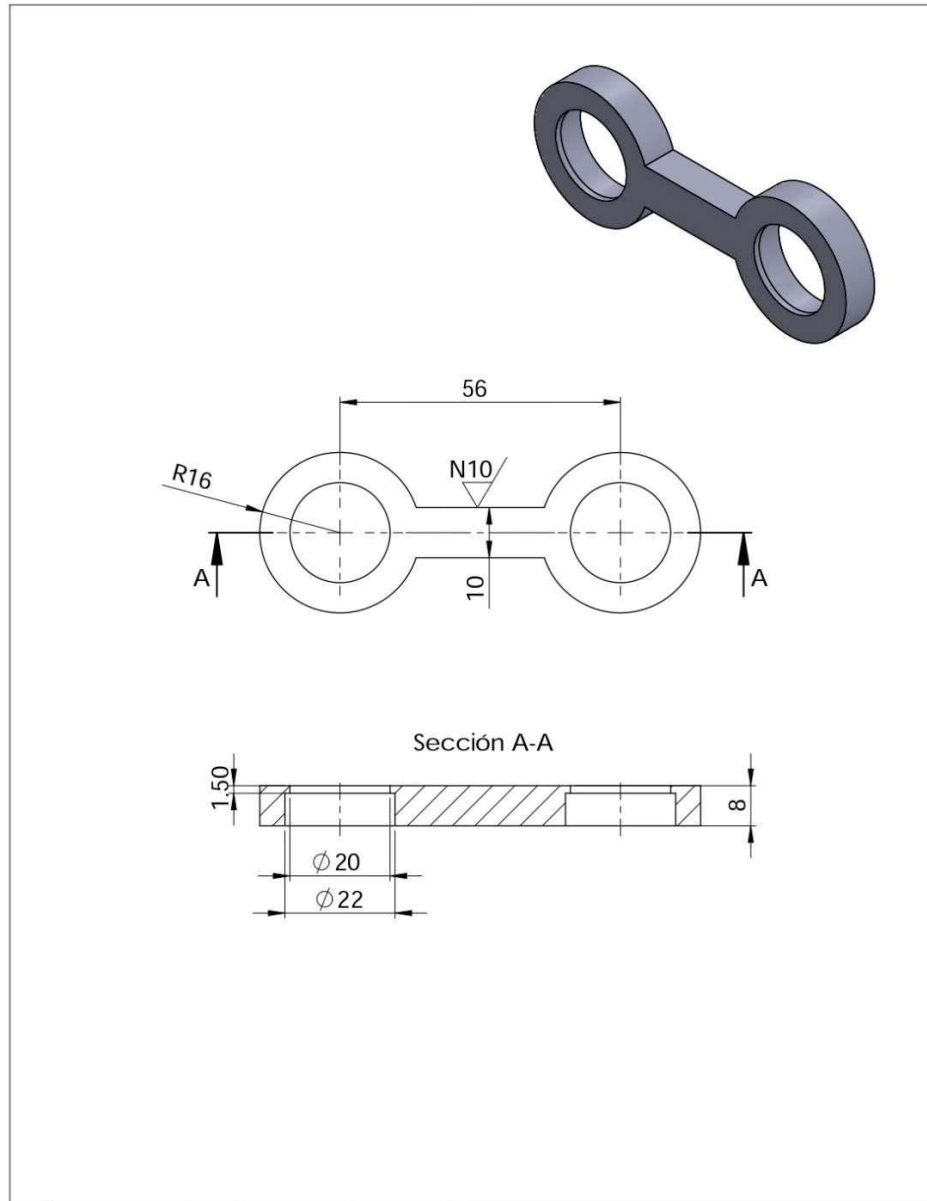
Anexo 22


Base del cilindro vertical



Anexo 23

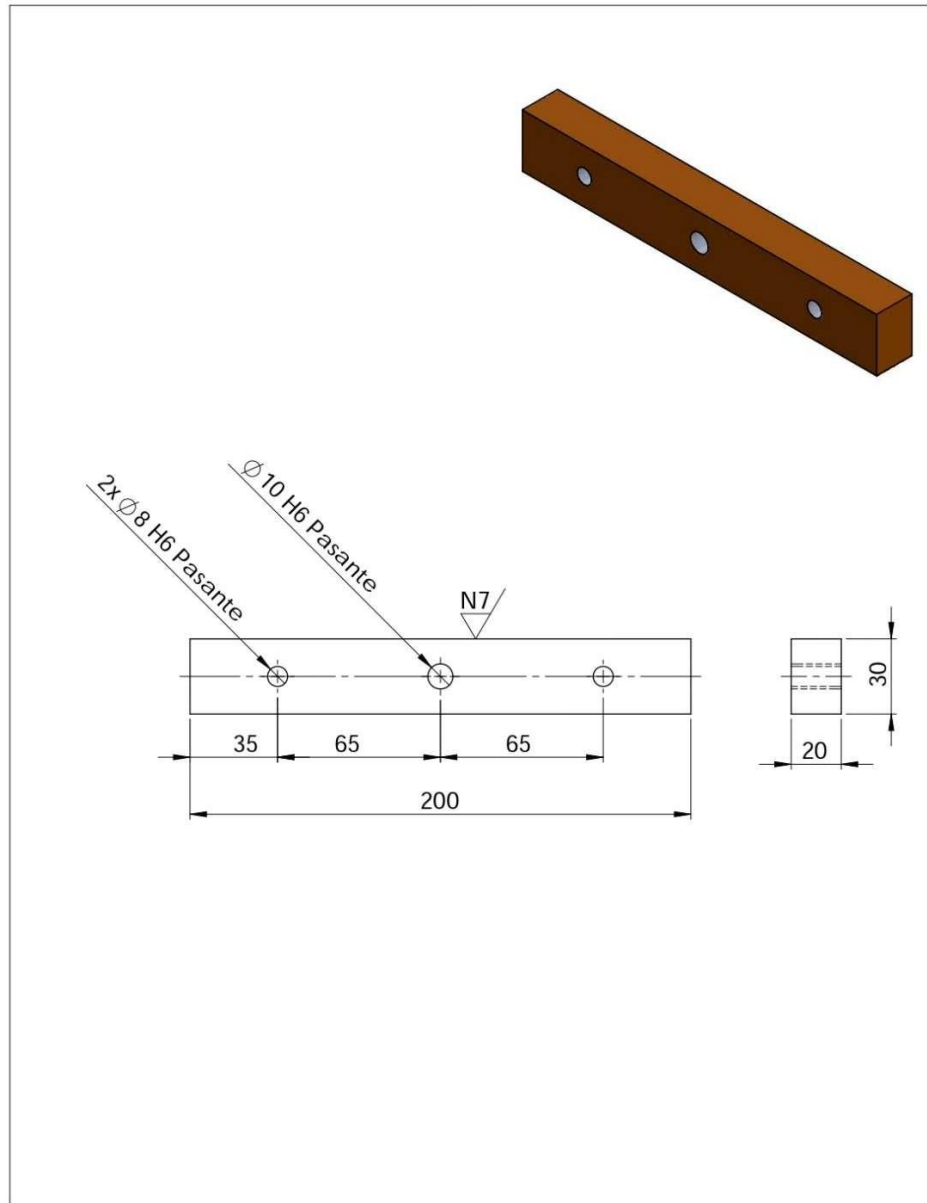
Rotula sistema de compuertas



				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: Aluminio 1060
				Fecha	Nombre	RÓTULA
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.	
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.	
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.	Código de dibujo: EF-RO
Edi- cion	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		

Anexo 24

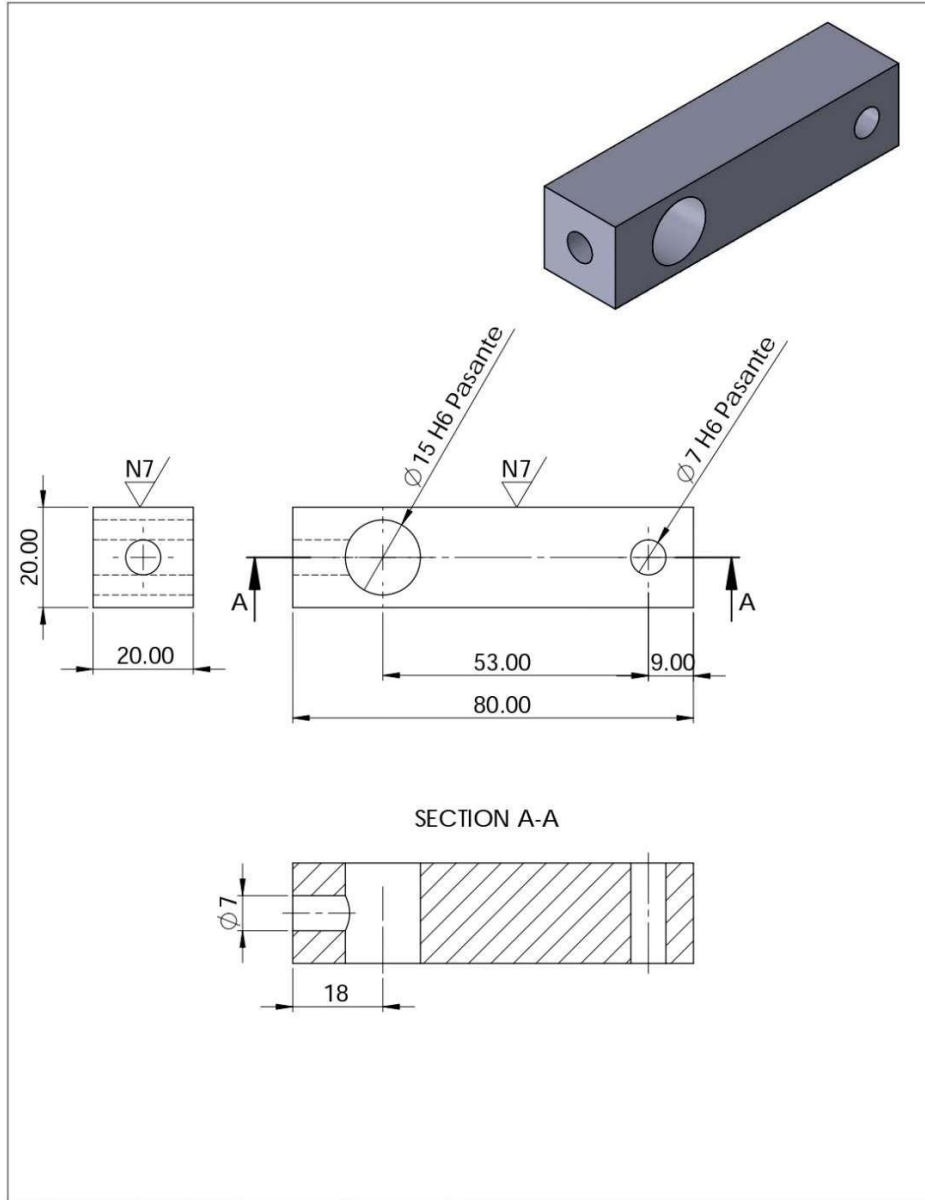
Sujetador de fundas



				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: Aluminio 1060	
				Fecha	Nombre	SUJETADOR DE FUNDAS	Escala 1:2.5
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-SF	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

Anexo 25

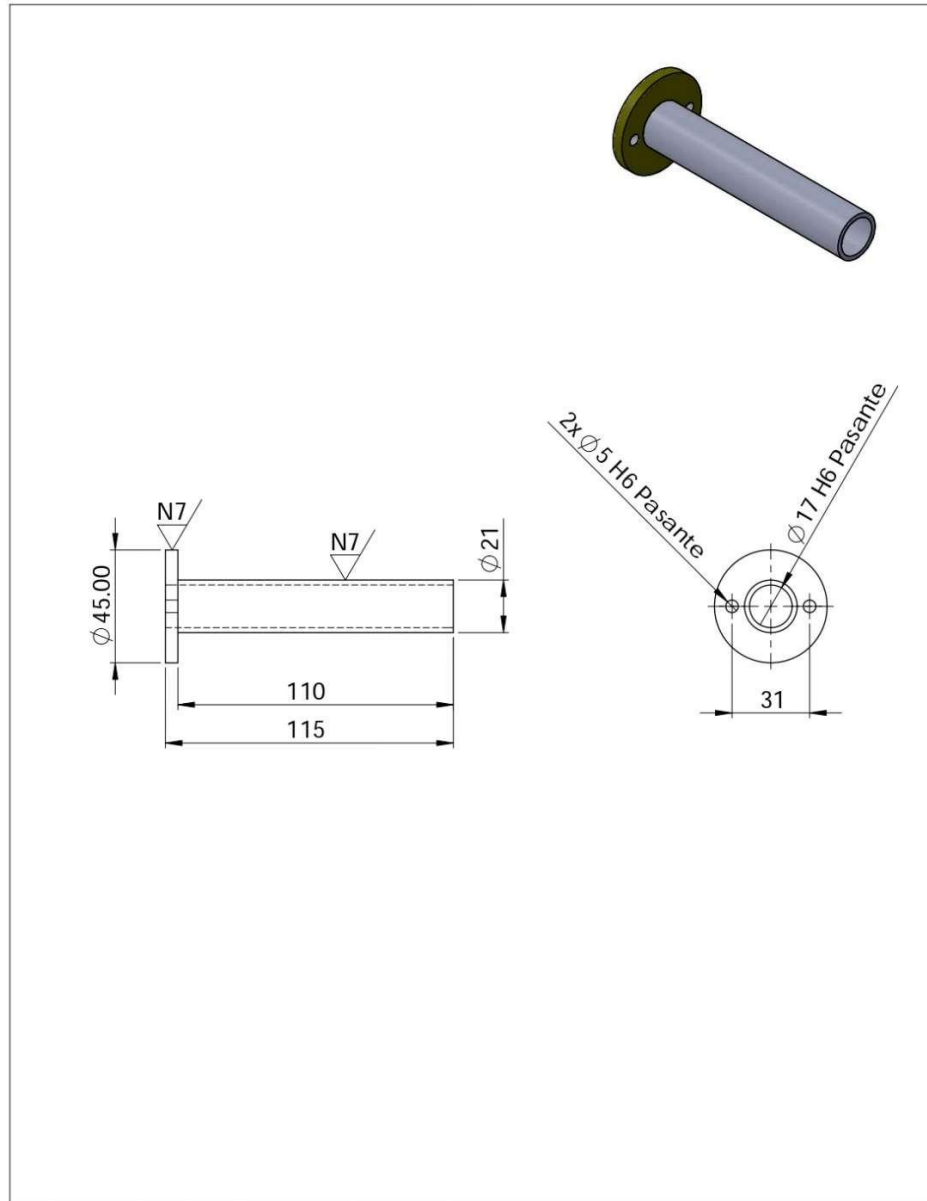
Base del sistema de compuertas




				Tolerancia $\pm 1\text{mm}$	Peso N/A	Material: Aluminio 1060	
				Fecha	Nombre	EJE CUADRADO	Escala 1:1
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-EJC	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

Anexo 26

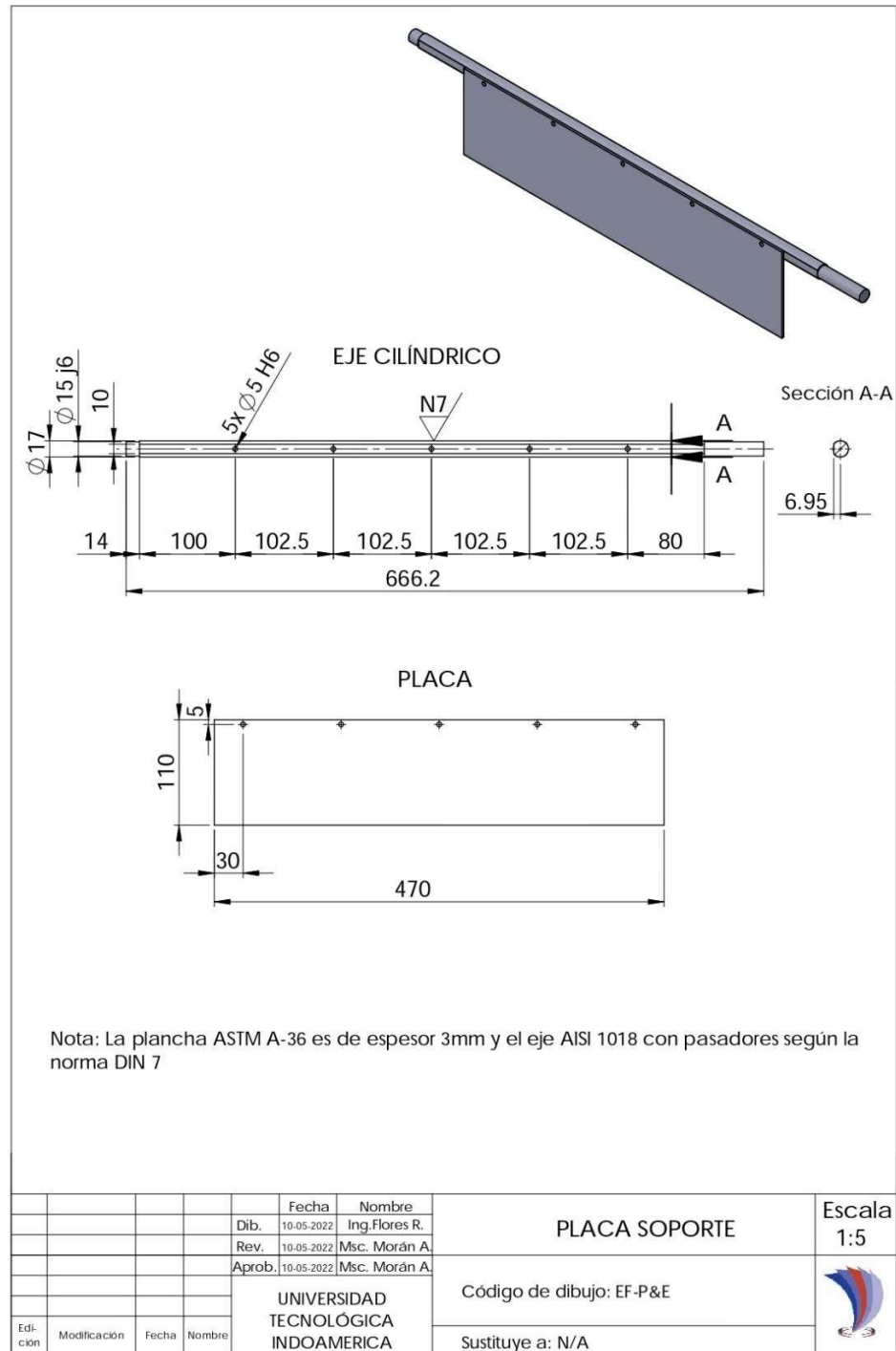
Protección de las guías del cilindro vertical



				Tolerancia ±1mm	Peso N/A	Material: AISI 1018	
				Fecha	Nombre	PROTECCIÓN DE LA GUÍA	Escala 1:2.5
				Dib. 10-05-2022	Ing. Flores R.		
				Rev. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				Aprob. 10-05-2022	Msc. Morán A.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA		Código de dibujo: EF-PG	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a: N/A	

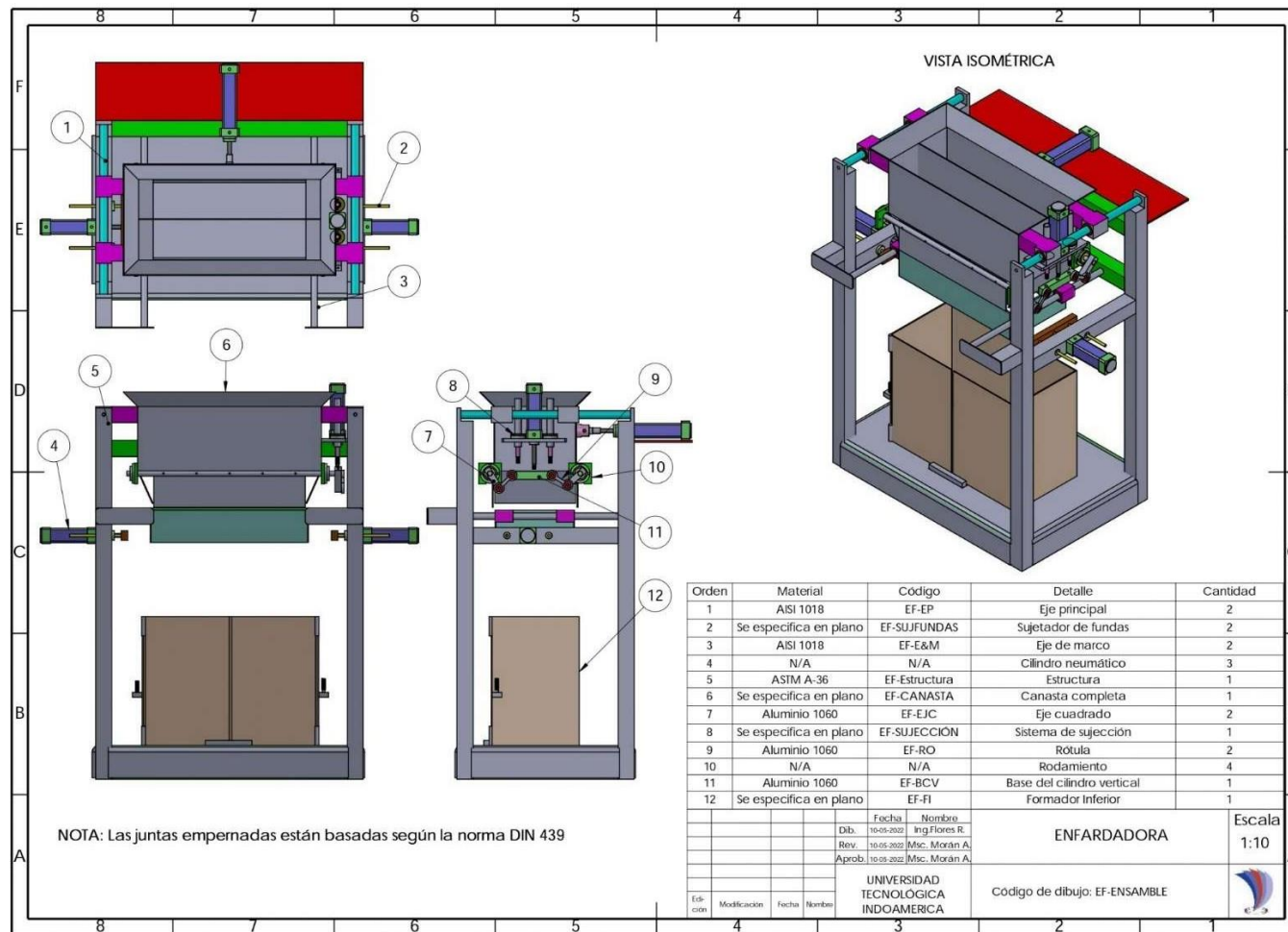
Anexo 27

Placa soporte de las fundas de detergente



Anexo 28

Conjunto completo máquina enfardadora



Anexo 29

Selección de breakers

BREAKERS PARA MONTAJE EN RIEL



RU
09806



RU
09834



RU

REF.	Nº POLOS	KA/230V	V. MAX
09800	1X1A	5KA	277VAC
09802	1X2A	5KA	277VAC
09804	1X3A	5KA	277VAC
09806	1X4A	5KA	277VAC
09808	1X6A	5KA	277VAC
09810	1X10A	5KA	277VAC
09812	1X16A	5KA	277VAC
09814	1X20A	5KA	277VAC
09816	1X25A	5KA	277VAC
09818	1X32A	5KA	277VAC
09820	1X40A	5KA	277VAC
09822	1X50A	5KA	277VAC
09824	1X63A	5KA	277VAC
09826	2X1A	5KA	480VAC
09828	2X2A	5KA	480VAC
09830	2X4A	5KA	480VAC
09832	2X6A	5KA	480VAC
09834	2X10A	5KA	480VAC
09836	2X16A	5KA	480VAC
09838	2X20A	5KA	480VAC
09840	2X25A	5KA	480VAC
09842	2X32A	5KA	480VAC
09844	2X40A	5KA	480VAC
09846	2X50A	5KA	480VAC
09854	3X4A	5KA	480VAC
09856	3X6A	5KA	480VAC
09858	3X10A	5KA	480VAC
09860	3X16A	5KA	480VAC
09862	3X20A	5KA	480VAC
09864	3X25A	5KA	480VAC
09866	3X32A	5KA	480VAC
09868	3X40A	5KA	480VAC
09870	3X50A	5KA	480VAC
09872	3X63A	5KA	480VAC

Anexo 30

Selección de contactores

Contadores TeSys K para el comando de motores en aplicaciones básicas de 6 A a 16 A en AC3



LC1K

Referencia	HP220V	HP440V	Ampères		Contactos auxiliares	Precio
			AC3	AC1		
LC1K0610M7	2	3	6	-	1NA	106.000
LC1K0610F7	2	3	9	-	1NC	106.000
LC1K0601M7	2	3	6	-	1NC	106.000
LC1K0910F7	3	5	9	20	1NA	116.600
LC1K0910M7	3	5	9	20	1NA	116.600
LC1K0901F7	3	5	9	20	1NC	116.700
LC1K0901M7	3	5	9	20	1NC	116.600
LC1K1200F7	4	7	12	20	1NA	134.600
LC1K1201M7	4	7	12	20	1NA	134.600
LC1K1201F7	4	7	12	20	1NC	134.600
LC1K1201M7	4	7	12	20	1NC	134.600
LC1K1610F7	5	8	16	20	1NA	146.300
LC1K1610M7	5	8	16	20	1NA	146.300
LC1K1601F7	5	8	16	20	1NC	146.300
LC1K1601M7	5	8	16	20	1NC	146.300

Volios	24	48	110	220	440
Para completar:	E7	E7	F7	M7	F7

Anexo 31

Hoja de ruta

Wilson				HOJA DE RUTA				Código		PR-F-4.2-220			
				Fecha		08/07/2022		Versión		2			
				Página		Pág. 1 de 1		FECHA PLANIFICACIÓN		19/09/2022			
ORDEN FABRICACIÓN				175280		CÓDIGO ARTICULO		1571		FECHA FABRICACIÓN		19/09/22	
DESCRIPCIÓN				POLVO DETERGENTE GOL FLORAL 5.000 G X 4 U									
CANTIDAD REQUERIDA				1.000,00		UNIDAD		UN					
CANTIDAD PRODUCIDA				7428		N° DE BATCH							

MANO DE OBRA		MÁQUINAS		RECEPCIÓN CALIDAD	
N° Empleados	Tiempo Real	Descripción Máquina		Entrega contramuestra	Recibe contramuestra
4	0.42/10x45	Bosch 4010		H.H	CG
OBSERVACIONES					
Tolva 3		62%			
p=359.13 g/h		86%			
H= 0.95 %					

MATERIAL OF						
Código Artículo	Descripción Artículo	Cantidad Estándar	Unidad	Consumo Real	Desperdicio	LOTE
604062	ETIQ TER ZEBRA 10*7.6 DESPACHO	1.000,00000	UN	1600	—	504427
504045	BASE DETERGENTE POST ADICIÓN GOL	20.000,00000	KG	2432,65	—	135225
699075	TT RIBBON CERA AWR8 110mmX450m	0,15333	UN	0,24	—	62350010
607201	LP POLVO DETERG GOL FLORAL 5 K	180,00000	KG	265,68	—	78646
699065	FUNDON PLAS POLVO DETER MP36™	1.000,00000	UN	1428	—	24793

MÁQUINA	OPERADOR	H.S	HORA INICIO	HORA FINAL	TOTAL CAJAS	T:1	CAMBIOS DE LOTE
D3	H.S		18:00	18:45	84		
Horas/Fallas			5346	5341	5363		
07:30 - 09:30							Hora N° Batch Material Lote
09:30 - 11:30							
11:30 - 01:30							
01:30 - 03:30							
03:30 - 05:30			15				
05:30 - 07:30			30	15	20	84	

MÁQUINA	OPERADOR	H.S	HORA INICIO	HORA FINAL	TOTAL CAJAS	T:2
D3	H.S		18:50	19:10	1744	
Horas/Fallas			5361	5310		
07:30 - 09:30						
09:30 - 11:30						
11:30 - 01:30						
01:30 - 03:30						
03:30 - 05:30						
05:30 - 07:30						

L: E175280 U: 202-0919 F: 1 55 10

L: E175280 U: 20240919 F: 01:33 20

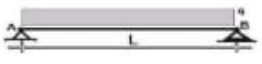
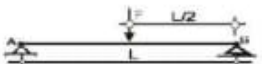








JEF	COORD. DE PRODUCCIÓN	RESPONSABLE MTTD.	GERENCIA TECNICA	JEFE DE SIG
19/09/2022				Pág.1 de 1

Anexo 32

Tabla de vigas de eje recto isostáticas

VIGAS DE EJE RECTO ISOSTÁTICAS

TABLAS DE M_0 - R - f

TIPO DE VIGA Y CARGA ACTUANTE	REACCIONES DE VÍNCULO	M_0 max en x_0	FLECHA MÁX. en x_1
	$R_A = R_B = q \frac{L}{2}$	$\frac{qL^2}{8}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{5}{384} q \frac{L^4}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	$\frac{PL}{4}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = R_B = P$	$P \cdot a$ $x_0 = \text{de } a \text{ hasta } L - 2a$	$f_{\max} = \frac{Pa(3L^2 - 4a^2)}{24 EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = \frac{1}{6} qL$ $R_B = \frac{1}{3} qL$	$q \frac{qL^2}{2}$ $x_0 = 0,577 L$	$f_{\max} = \frac{0,00652 qL^4}{EI}$ $x_1 = 0,519 L$
	$R_A = \frac{Pb}{L}$ $R_B = \frac{Pa}{L}$	$\frac{Pab}{L}$ $x_0 = a$	
	$R_A = P$	$P \cdot L$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{3} \frac{PL^3}{EI}$ $x_1 = L$
	$R_A = qL$	$\frac{qL^2}{2}$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{8} \frac{qL^4}{EI}$ $x_1 = L$
	$R_A = \frac{qL}{2}$	$\frac{qL^2}{6}$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{30} \frac{qL^4}{EI}$ $x_1 = L$
	$R_A = R_B = \frac{qL}{4}$	$\frac{qL^2}{12}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{1}{60} \frac{PL^3}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = R_B = q \frac{(L-a)}{2}$	$\frac{qL^2}{24} (3-4\alpha^2)$ $x_0 = \frac{L}{2}$ $\alpha = \frac{a}{L}$	

VALORES ADMISIBLES DE FLECHAS

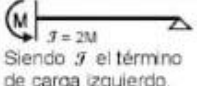
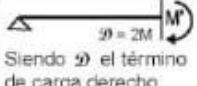

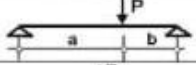
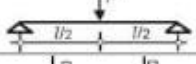
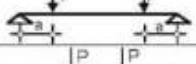
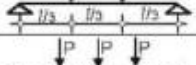
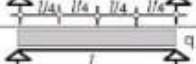
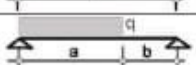
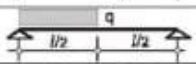
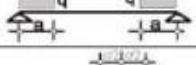
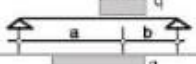




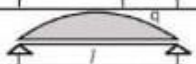

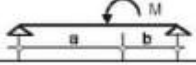


MADERAS

Vigas para entresijos de viviendas, oficinas: $f \leq \frac{L}{300}$

Vigas para techos (correas, cabios): $f \leq \frac{L}{200}$

Anexo 33

Tabla de momentos de empotramientos para piezas de J

CARGAS	EMPOTRAMIENTO EN UN APOYO		EMPOTRAMIENTO EN AMBOS APOYOS	
				
	Siendo \mathcal{J} el término de carga izquierdo.	Siendo \mathcal{D} el término de carga derecho.	M	M'
	$\frac{Pab}{2l^2}(l+b)$	$\frac{Pab}{2l^2}(l+a)$	$\frac{Pab}{l^2}b$	$\frac{Pab}{l^2}a$
	$\frac{3}{16}Pl$	$\frac{3}{16}Pl$	$\frac{1}{8}Pl$	$\frac{1}{8}Pl$
	$\frac{3}{2}Pa(1-\frac{a}{l})$	$\frac{3}{2}Pa(1-\frac{a}{l})$	$Pa(1-\frac{a}{l})$	$Pa(1-\frac{a}{l})$
	$\frac{1}{3}Pl$	$\frac{1}{3}Pl$	$\frac{2}{9}Pl$	$\frac{2}{9}Pl$
	$\frac{15}{32}Pl$	$\frac{15}{32}Pl$	$\frac{5}{16}Pl$	$\frac{5}{16}Pl$
	$\frac{1}{8}ql^2$	$\frac{1}{8}ql^2$	$\frac{1}{12}ql^2$	$\frac{1}{12}ql^2$
	$\frac{qa^2}{8}(2-\frac{a}{l})^2$	$\frac{qa^2}{8}(2-\frac{a}{l})^2$	$\frac{qa^2}{12}(6-8\frac{a}{l}+3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{12}(4\frac{a}{l}-3\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{9}{128}ql^2$	$\frac{7}{128}ql^2$	$\frac{11}{192}ql^2$	$\frac{5}{192}ql^2$
	$\frac{qa^2}{4}(3-2\frac{a}{l})$	$\frac{qa^2}{4}(3-2\frac{a}{l})$	$\frac{qa^2}{6}(3-2\frac{a}{l})$	$\frac{qa^2}{6}(3-2\frac{a}{l})$
	$\frac{qabc}{2l^2}(l+b-\frac{1}{4}\frac{c^2}{a})$	$\frac{qabc}{2l^2}(l+a-\frac{1}{4}\frac{c^2}{a})$	$\frac{qc}{l^2}[ab^2+\frac{c^2}{12}(l-3b)]$	$\frac{qc}{l^2}[a^2b+\frac{c^2}{12}(l-3a)]$
	$\frac{qla}{16}(3-\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qla}{16}(3-\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qla}{24}(3-\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qla}{24}(3-\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{qa^2}{120}(40-45\frac{a}{l}+12\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{60}(10-6\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{30}(10-15\frac{a}{l}+6\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{20}(5\frac{a}{l}-4\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{7}{120}ql^2$	$\frac{1}{15}ql^2$	$\frac{1}{30}ql^2$	$\frac{1}{20}ql^2$
	$\frac{5}{64}ql^2$	$\frac{5}{64}ql^2$	$\frac{5}{94}ql^2$	$\frac{5}{94}ql^2$
	$\frac{qa^2}{120}(20-15\frac{a}{l}+3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{120}(10-3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{60}(10-10\frac{a}{l}+3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{qa^2}{60}(5\frac{a}{l}-3\frac{a^2}{l^2})$
	$\frac{1}{10}ql^2$	$\frac{1}{10}ql^2$	$\frac{1}{15}ql^2$	$\frac{1}{15}ql^2$
	$\frac{ql}{64}(l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{ql}{64}(l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{ql}{96}(l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{ql}{96}(l+b)(5-\frac{b^2}{l^2})$
	$\frac{M}{2}(1-3\frac{b^2}{l^2})$	$\frac{M}{2}(1-3\frac{a^2}{l^2})$	$\frac{Mb}{l}(2-3\frac{b}{l})$	$\frac{Ma}{l}(2-3\frac{a}{l})$

Anexo 34

Propiedades mecánicas de la lámina de aluminio 1060

1060 Propiedades mecánicas de la lámina de aluminio

Temple de aleación	Especificado	Resistencia a la tracción	Límite elástico	Alargamiento
	Espesor (mm)	(MPa)	(MPa)	(%)
1060-O (recocido)	0.006-0.019	8.0-14.0	2.5	min15
	0.020-0.050			min22
	0.051-3.000			min25

Anexo 35

Límite elástico mínimo del acero A36



ACERO ESTRUCTURAL
ACERO ASTM A36



- Descripción:** Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.
- Normas involucradas:** ASTM A 36/A 36M - 04
- Propiedades mecánicas:** Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI)
Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)
Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
- Propiedades físicas:** Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)
- Propiedades químicas:** 0.25 – 0.29 % C
0.60 – 1.20 % Mn
0.15 – 0.40 % Si
0.04 % P máx
0.05 % S máx
- Usos:** Para componentes estructurales en general.
- Tratamientos térmicos:** Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.