



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**“SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA UNA MÁQUINA
EMPACADORA DE SNACKS”**

**AUTOR: GALO FERNANDO AGUIRRE ACOSTA
DIRECTOR: ING. CHRISTIAN VÁSQUEZ**

IBARRA – ECUADOR

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD:	100343579-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	AGUIRRE ACOSTA GALO FERNANDO		
DIRECCIÓN:	SÁNCHEZ Y CIFUENTES Y RICARDO SÁNCHEZ		
EMAIL:	gfaguirrea@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2 609-944	TELÉFONO MÓVIL:	0980504621

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO:	SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS		
AUTOR:	GALO FERNANDO AGUIRRE ACOSTA		
FECHA:	2018 - FEBRERO		
AAAAMMDD			
PROGRAMA:	PREGRADO	X	POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA		
DIRECTOR:	ING. CHRISTIAN VÁSQUEZ		

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Galo Fernando Aguirre Acosta, con cédula de identidad Nro. 100343579-7, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



Fernando Aguirre

FIRMA

Nombre: Galo Fernando Aguirre Acosta

Cédula: 100343579-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Febrero del 2018

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, which appears to be "Galo Fernando Aguirre Acosta", is written over a horizontal dotted line.

FIRMA

Nombre: Galo Fernando Aguirre Acosta

Cédula: 100343579-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

CERTIFICO QUE:

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica con el tema **SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS**, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por el Sr. Galo Fernando Aguirre Acosta, con cédula de identidad:100343579-7, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

Atentamente:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'C. Vásquez', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Christian Vásquez
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
DECLARACIÓN

Yo, Galo Fernando Aguirre Acosta, con cédula de identidad Nro. 100343579-7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte – Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, which appears to be "Galo Fernando Aguirre Acosta", is written over a horizontal dotted line.

FIRMA

Nombre: Galo Fernando Aguirre Acosta

Cédula: 100343579-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado con mucho honor a mis padres Galo Aguirre y Olga Acosta, quienes me han brindado todo su apoyo y confianza para fortalecerme como profesional; y por ser el ejemplo a seguir para crecer como persona durante las siguientes etapas de mi vida.

A mi hermana Andrea Aguirre, por haber sido mi compañera incondicional que con su carisma y sencillez me ha colmado de armonía y fortaleza para lograr esta meta.

A mis primos Luis y David por ser mi fuente de inspiración, por inculcarme ese espíritu de entrega y lucha para conseguir triunfos tan anhelados.

A mis abuelitos, que con sus valores y cariño me han motivado a seguir en adelante y culminar con éxito esta etapa de mi carrera.

Fernando.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
AGRADECIMIENTO

Al universo por haber conspirado para mantenerme firme y no decaer durante este esfuerzo que comprendió mi carrera como Mecatrónico.

A mi tutor Ing. Christian Vásquez por haberme guiado durante este proceso de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	II
CONSTANCIAS	IV
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	V
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	VI
DECLARACIÓN	VII
DEDICATORIA.....	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT	XVIII
CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES.....	1
PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	3
ALCANCE	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Papa tipo chip.....	5
2.2 Sistemas de dosificación.....	6
2.2.1 Volumétrico.....	7
2.2.2 Volumétrico por pistón	7
2.2.3 Tornillo sin fin.....	8

2.2.4 Por peso	8
2.2.5 Multicabezal	9
2.3 Sistema de almacenamiento	10
2.3.1 Tolva	10
2.3.2 Material y normativa	11
2.3.3 Soporte de la tolva	11
2.4 Sistema de medición de peso	12
2.4.1 Celda de carga analógica	13
2.4.2 Celda de carga digital	13
2.5 Acondicionamiento de señal	14
2.5.1 Amplificadores operacionales	14
2.5.2 Amplificador de instrumentación	16
2.5.3 Módulo de pesaje basado en PLC	17
2.6 Sistema neumático	18
2.6.1 Cilindro neumático	18
2.6.1.1 Cilindro de simple efecto	18
2.6.1.2 Cilindro doble efecto	19
2.6.2 Electroválvula	20
2.6.2.1 Electroválvula 3/2	21
2.6.2.2 Electroválvula 5/2	21
2.7 Pantalla táctil	22
2.7.1 TFT arduino	22
2.7.2 SIMATIC HMI Siemens	22
CAPÍTULO III	24
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	24
3.1 Restricciones y limitaciones	24
3.2 Selección de alternativas del sistema de dosificación	25
3.2.1 Parámetros de evaluación sistema de dosificación	25
3.2.2 Ponderación de alternativas sistema de dosificación	26
3.3 Selección de alternativas del cilindro neumático	27
3.3.1 Parámetros de evaluación cilindro neumático	27
3.3.2 Ponderación de alternativas cilindro neumático	28
3.4 Selección de alternativas de la celda de carga	29

3.4.1	Parámetros de evaluación celda de carga.....	29
3.4.2	Ponderación de alternativas celda de carga	29
3.5	<i>Selección de alternativas del sistema vibratorio.....</i>	30
3.5.1	Parámetros de evaluación sistema vibratorio	31
3.5.2	Ponderación de alternativas sistema vibratorio	31
3.6	<i>Selección de alternativas del acondicionamiento de señal.....</i>	32
3.6.1	Parámetros de evaluación acondicionamiento de señal	32
3.6.2	Ponderación de alternativas acondicionamiento de señal	33
3.7	<i>Selección de alternativas de la pantalla táctil</i>	34
3.7.1	Parámetros de evaluación de la pantalla táctil.....	34
3.7.2	Ponderación de alternativas de la pantalla táctil.....	35
CAPÍTULO IV	36
DISEÑO DEL SISTEMA.....		36
4.1	<i>Tolva de almacenamiento</i>	36
4.1.1	Cálculo de la densidad del producto	36
4.1.2	Dimensionamiento tolva de almacenamiento	37
4.1.3	Cálculo del peso de la tolva	39
4.1.4	Cálculo columnas soporte de la tolva	40
4.2	<i>Tolva de pesaje</i>	44
4.2.1	Dimensionamiento tolva de pesaje	45
4.3	<i>Bandeja transportadora.....</i>	46
4.4	<i>Cilindro neumático.....</i>	47
4.4.1	Cálculo del diámetro del émbolo.....	47
4.4.2	Cálculo de la fuerza de avance y retroceso	48
4.4.3	Consumo de aire.....	49
4.5	<i>Sincronización de los elementos</i>	51
4.6	<i>Análisis estructural de la máquina empacadora</i>	53
CAPÍTULO V	56
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANALISIS DE COSTOS		56
5.1	<i>Pruebas de funcionamiento.....</i>	56
5.2	<i>Análisis de costos.....</i>	57
5.2.1	Costo total del sistema de dosificación	58

5.2.2 Costos directos e indirectos compartidos	60
5.2.5 Costo total de la máquina empacadora.	63
CAPÍTULO VI.....	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
<i>CONCLUSIONES</i>	64
<i>RECOMENDACIONES</i>	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Composición química de la papa.....	5
Tabla 2.2 Sistemas dosificadores.....	6
Tabla 3.2 Alternativas sistema de dosificación.....	25
Tabla 2.4 Ponderación alternativas sistema de dosificación.....	26
Tabla 2.5 Alternativas cilindro neumático.....	27
Tabla 2.6 Ponderación alternativas cilindro neumático.....	28
Tabla 2.7 Alternativas celda de carga.....	29
Tabla 2.8 Ponderación alternativas celda de carga.....	30
Tabla 2.9 Alternativas sistema vibratorio.....	30
Tabla 2.10 Ponderación alternativas sistema vibratorio.....	32
Tabla 2.11 Alternativas acondicionamiento de señal.....	32
Tabla 2.12 Ponderación alternativas acondicionamiento de señal.....	33
Tabla 2.13 Alternativas pantalla táctil.....	34
Tabla 2.14 Ponderación alternativas pantalla táctil.....	35
Tabla 2.15 Características de PLC's.....	51
Tabla 2.16 Entradas y salidas del PLC.....	52
Tabla 2.17 Cargas aplicadas en la estructura.....	53
Tabla 2.18 Dosificación manual.....	56
Tabla 2.19 Pruebas de pesaje.....	57
Tabla 2.20 Costos de materiales e insumos directos.....	58
Tabla 2.21 Costos de mecanizado y ensamblaje.....	59
Tabla 2.22 Costos de materiales e insumos indirectos.....	59
Tabla 2.23 Costo total del sistema de dosificación.....	60
Tabla 2.24 Costos directos compartidos.....	60
Tabla 2.25 Costos indirectos compartidos.....	62
Tabla 2.26 Costo total de la máquina empacadora.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Dosificador volumétrico.	7
Figura 2.2 Dosificador volumétrico por pistón.....	8
Figura 2.3 Dosificador tornillo sin fin.....	8
Figura 2.4 Dosificador por peso.....	9
Figura 2.5 Multicabezal.	10
Figura 2.6 Celda de carga analógica.....	13
Figura 2.7 Celda de carga digital.....	14
Figura 2.8 Amplificador operacional.	15
Figura 2.9 Amplificador de instrumentación.	16
Figura 2.10 Módulo de pesaje PLC.	17
Figura 2.11 Cilindro neumático.....	18
Figura 2.12 Cilindro simple efecto.	19
Figura 2.13 Cilindro doble efecto.....	19
Figura 2.14 Electroválvula 3/2.	21
Figura 2.15 Electroválvula 5/2.	21
Figura 2.16 Pantalla arduino.....	22
Figura 2.17 Pantalla Siemens.....	23
Figura 2.18 Recipiente sin producto y con producto.....	36
Figura 2.19 Dimensionamiento tolva de almacenamiento	38
Figura 2.20 Fijación de apoyos.....	40
Figura 2.21 Valores de K para obtener longitud efectiva.....	41
Figura 2.22 Simulación de la carga aplicada a la columna soporte	44
Figura 2.23 Curva de convergencia de la columna soporte	44
Figura 2.24 Dimensionamiento tolva de pesaje.....	45
Figura 2.25 Bandeja transportadora	46
Figura 2.26 Cilindro neumático y elementos a desplazar	47
Figura 2.27 Consumo específico del aire.	50
Figura 2.28 Controlador PLC Siemens.....	52
Figura 2.29 Cargas Aplicadas en la estructura.....	53
Figura 2.30 Simulación tensión axial y flexión de la estructura	54
Figura 2.31 Simulación deflexión de la estructura	54

Figura 2.32 Simulación del factor de seguridad de la estructura	55
Figura 2.33 Curva de convergencia de la estructura	55

RESUMEN

El presente proyecto se crea en base a la necesidad de mejorar la etapa de empaclado de snacks de la microempresa “Marcita Trujillo”, que actualmente se encuentra realizando el proceso de manera manual, con una producción de 54 fundas de 140 gramos por hora. Se pretende implementar una máquina empacadora que incremente el proceso a 70 fundas por hora y que su funcionamiento sea de manera automática.

La construcción de esta máquina empacadora está dividida en tres sistemas como son dosificación, formador y arrastre de funda, sellado horizontal y vertical, los mismos que han sido incorporados por el grupo de investigación que forman parte del proyecto.

En la presente investigación se detalla el proceso de desarrollo del sistema de dosificación, el cual cuenta con pantalla táctil TFT de arduino para la selección y visualización del peso a dosificar. Una tolva en acero inoxidable A304 para el almacenamiento del producto, que posteriormente desciende por gravedad hacia una bandeja de vibración para dispersar, transportar y controlar el flujo del snack; llegando a una tolva de pesaje compuesta por una celda de carga que ayudada de un amplificador de instrumentación emite una señal eléctrica amplificada estandarizada para poder monitorearla en forma analógica en un PLC y de acuerdo al peso establecido activa una electroválvula permitiendo el paso de flujo de aire a un cilindro neumático que realiza la apertura de una compuerta para el vaciado del producto, dando así paso al siguiente sistema.

ABSTRACT

This project is developed based on the need to improve the packaging process of the micro-enterprise "Marcita Trujillo", which is currently being carried on manually, with a production of 54 packing bags of 140g per hour, with the aim of increasing the production rate to 70 packing per hour by implementing an automated packaging machine.

The construction of this machine is divided into three systems: dosing, bag shaping and transport, bag labelling, which have been implemented by the research team developing this project.

The present research report describes the development of the dosing system, which has been implemented with an Arduino TFT touch screen for selection and visualization of the weight to be dosed. An A304 stainless steel hopper for product storage, which is then lowered for a vibration tray to disperse, transport and control the flow of the snack. The product then arrives at a weighing hopper comprised of a load cell and implemented with an instrumentation amplifier. It emits an amplified standardized electric signal in order to be analogue-monitored in a PLC. According to the set weight, an electro-valve is activated, allowing the air to flow in a pneumatic cylinder, which opens a gate for discharging the product, thus giving a way to the next system.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

Las microempresas artesanales dedicadas a la elaboración de productos alimenticios específicamente de snacks han usado procesos manuales y métodos empíricos para pretender tener una dosificación adecuada del producto.

El comportamiento del ser humano por desarrollar técnicas que le permitan incursionar en el mercado de la industria alimenticia, satisfacer la demanda del producto y las exigencias del consumidor dan lugar a que implemente en su microempresa sistemas donde se aplican nuevos conceptos de control y diseño industrial para mejorar la exactitud del contenido del producto, generando adecuadas condiciones de salubridad y ampliando su producción.

El desarrollo de proyectos para adoptar estos nuevos requerimientos y evolucionar en mercado ayudan a mejorar el conocimiento de la industria, presentándose así diferentes proyectos integradores y de investigación con temas similares al proyecto como se detalla a continuación.

Valencia, F. (2013). Dosificadora y selladora de pulpa de fruta, para la planta productora Mi Pulpita. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. La cual el método de dosificación es realizado por volumen, el accionamiento de un cilindro y un pistón permiten trasladar y generar la nueva dosis ya que es un producto pastoso o crema; se enfoca también en la reducción del tiempo de producción mediante una adecuada sincronización de elementos neumáticos y electrónicos.

Vaca, G. (2013). Máquina de pesado automático para panela granulada. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. La que consta de una tolva cónica para el almacenamiento, usa un sistema de dosificación por tornillo debido a que es un método común para este tipo de productos en polvo y consta de una compuerta de distribución de dosis activada neumáticamente.

Moreno, E. (2010). Diseño de una máquina empacadora, dosificadora y selladora de fundas para arroz. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Consta de una tolva piramidal invertida truncada para el almacenamiento, tiene un sistema de dosificación volumétrica con tres vasos de ajuste telescópicos giratorios para una mayor producción y reducción de tiempo.

PROBLEMA

Las técnicas de dosificación manual que utilizan las microempresas artesanales dedicadas a la fabricación de snacks como chifles, papas fritas, etc., ha provocado una acumulación de producto en la última etapa de producción, creando un cuello de botella en la dosificación y empaqueo, además no cuentan con equipos que los ayuden a mejorar este problema, limitando así su proceso de producción lo que obliga a que intervengan más personas y manipulen el producto exponiéndolo a condiciones de salubridad inadecuadas.

En la actualidad existe una gran variedad de máquinas automatizadas que realizan el proceso de dosificación, pero son fabricadas en el exterior, lo que hace que su costo de adquisición sea elevado; además son desarrollados para otros fines pero que aquí son adaptadas a las necesidades del cliente lo que hace que su funcionamiento sea de forma irregular.

Debido al desarrollo de procesos automatizados y beneficios de la tecnología actual se realizará un sistema dosificador de papas chips para mejorar los procesos de manufactura y las condiciones de salubridad del producto de la microempresa Marcita Trujillo, obteniendo así un peso exacto, incrementando de cierta manera su producción e implementando normas de calidad para una posible inserción en los supermercados y contribuyendo a ser más competitiva en el mercado de snacks.

JUSTIFICACIÓN

Debido al alto costo de estos equipos en el mercado y la orientación a gran escala de producción en los cuales son basados para su diseño, hace que exista la necesidad de realizar un sistema dosificador que se adapte a las condiciones de producción de la pequeña industria y a un costo de adquisición asequible y con la visión de incrementar la producción para cubrir con la demanda insatisfecha.

La construcción de este sistema se la realiza con el fin de cambiar el proceso manual de llenado de las papas chips y mejorar los estándares de salubridad en esta etapa de producción.

Este sistema de dosificación permite obtener una cantidad más exacta por unidad de producto.

La construcción de la empacadora permitirá aportar al desarrollo de la automatización industrial y mejorar los procesos de manufactura usados habitualmente en la microempresa con el fin de incrementar de cierta manera su producción y por ende su competitividad.

OBJETIVOS

General

Diseñar y construir un sistema de dosificación para una máquina empacadora de snacks.

Específicos

Seleccionar las alternativas de dosificación en base a las necesidades de la microempresa Marcita Trujillo.

Diseñar la parte electrónica y mecánica del sistema de dosificación para la máquina empacadora.

Construir el sistema de dosificación.

Implementar el control de funcionamiento del sistema de dosificación para la sincronización de los elementos.

Realizar pruebas de funcionamiento del sistema dosificador.

Realizar ajustes para su perfecto funcionamiento.

ALCANCE

Las partes del sistema de dosificación que tengan contacto directo con los snacks se las realizará en acero inoxidable AISI 304.

Constará de una tolva de almacenamiento para el producto

Constará de un alimentador vibratorio el cual se encargará de disgregar los snacks para evitar acumulación y poder ser transportadas.

La dosificación de papas chips se lo realizará por pesaje, con un peso a dosificar de 140 gramos por dosis.

El sistema de dosificación tendrá la capacidad de proporcionar 70 descargas por hora.

Se realizará la sincronización de todos los sistemas para el funcionamiento de la máquina empacadora.

Dentro de los documentos principales, constará del manual de funcionamiento, mantenimiento y detección de fallas de toda la máquina.

Además, constará de un manual de calibración para el sistema de dosificación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Papa tipo chip

Para la elaboración de este tipo de snack es importante conocer las características principales de la materia prima y su composición, refiriéndonos en este caso principalmente a la papa. La composición química de esta puede variar dependiendo de factores como madurez, condiciones ambientales, tipo de papa.

Tabla 2.1

Composición química de la papa

Compuesto	Contenido (%)		Contenido (mg/100g)
Agua	75.77	Vitamina C	0-40
H. de carbono	19.83	Vitamina B1	100
Proteínas	1.56	Vitamina B2	30
Grasa	0.25	Calcio	8
Cenizas	1.23	Fósforo	56
Celulosa	1.34	Hierro	0.7
		Valor energético	80 Kcal/100g

Fuente: (Facultad de Ciencias Químicas y Farmaceuticas, 2006, pág. 5)

La fritura de papas tipo chips se las realiza por inmersión en donde el aceite juega un rol fundamental en la preparación de alimentos fritos ya que sirve como medio de transferencia de calor, este suele estar entre 150 y 190°C, favoreciendo un alto índice de deshidratación. (Lucas A., 2011, pág. 299)

El indicador de calidad más importante de un producto frito es el contenido de humedad, de este dependen otros factores como la textura, el color, y si el contenido de este es bajo, proporciona estabilidad a las alteraciones microbianas ya que la pérdida de agua suspende o retarda las actividades metabólicas de los microorganismos causantes de la descomposición

microbiana. Según estudios realizados a papas chip, el contenido de humedad se encuentra alrededor del 1.5% y 3%. (Southern, 2006)

La absorción de aceite en los productos fritos se lo da en mayor proporción durante el período de enfriamiento, encontrándose así en un porcentaje de alrededor del 35%, por lo que en ocasiones son sometidos a un pretratamiento en donde se realiza un secado previo mediante microondas o aire caliente permitiendo de esta manera disminuir el porcentaje de absorción de aceite, teniendo un producto que sea apto para el consumo y atractivo para el consumidor. (Lucas A., 2011, pág. 300)

2.2 Sistemas de dosificación

El sistema de dosificación es el encargado de suministrar de manera autónoma, uniforme y precisa una cantidad de producto. Para una adecuada selección de un dosificador se debe tomar en cuenta las características de la sustancia como su textura, composición, tamaño, forma.

Los sistemas de dosificación más comunes son:

Tabla 2.2

Sistemas dosificadores

Tipo	Método	Mecanismo
Volumétrico	- Por pistón	- Por compuerta
	- Tornillo sin fin	rotativa
	- Vasos telescópicos giratorios	- Por gravedad
Por peso	- Tolva de pesaje	- Por cinta
	- Multicabezal	transportadora
		- Por canal vibrante

Fuente: (Gómez, 2014), (García, 2012)

2.2.1 Volumétrico

Este sistema consta de vasos telescópicos de tamaños ajustables ubicados en un disco giratorio, los cuales contendrán la cantidad de producto a envasar. Estos vasos son alimentados desde una tolva donde se almacena el producto y posteriormente se realiza la descarga por gravedad o por algún tipo de accionamiento.

La cantidad de vasos y la velocidad del disco depende de la cantidad de producción que se quiere alcanzar. (Guerra, 2011, pág. 11)



Figura 2.1 Dosificador volumétrico.¹

2.2.2 Volumétrico por pistón

Se lo utiliza generalmente para la trabajar con líquidos como agua, jugos, vinos o productos con cierto nivel de viscosidad como yogurt, cremas, salsas, etc. Se encuentra conformado por un pistón de cámara regulable que determina el volumen que se va a dosificar y mediante el movimiento de un cilindro neumático, una válvula y una boquilla permiten el paso del producto. (Moreno, 2010, pág. 20)

¹ http://www.neumopack.com/sistemas_de_dosificacion.htm



Figura 2.2 Dosificador volumétrico por pistón.²

2.2.3 Tornillo sin fin

Este método es usado comúnmente para la dosificación de productos en polvo de difícil desplazamiento como condimentos, harina, sal, etc. Su principal elemento es un tornillo sin fin el cual al momento de girar sus espiras libera una cantidad de producto y evitar aglomeraciones. Este tornillo se encuentra acoplado a un sistema de reducción de velocidad ya sea por engranes o bandas y a su vez por un motor para controlar su velocidad de giro. (Guerra, 2011, pág. 12)



Figura 2.3 Dosificador tornillo sin fin.³

2.2.4 Por peso

En este sistema se encuentra integrado una o más celdas de carga en la parte inferior de la tolva de dosificación encargándose de sensar el peso del

² <http://www.tecnoembalaje.com/maquinaria-y-equipos/dosificadores/>

³ <http://www.efs-packaging.com/dosificadorosinfin.html>

producto, generando una señal analógica la cual puede ser tratada mediante módulos o amplificadores de instrumentación, obteniendo de esta manera dosificaciones de alta precisión con un margen de error aproximado de +/- 5%. Este sistema es usado para la dosificación de productos sólidos o que son de geometrías irregulares. (Iza, 2015, pág. 10)



Figura 2.4 Dosificador por peso.⁴

2.2.5 Multicabezal

Este consiste en un conjunto de balanzas encargadas de dosificar individualmente ya sea de forma volumétrica o por peso, en donde su principal característica es la rapidez de producción. Cuentan con una alta precisión de dosificación ya que tienen mayor cantidad de dispositivos sofisticados para la medición como módulos de pesaje para mejorar la velocidad de transmisión de datos y reducción de interferencias.

⁴ <https://astimec.net/producto/empacadora-por-pesaje-de-una-balanza/>



Figura 2.5 Multicabezal.⁵

2.3 Sistema de almacenamiento

Una vez que el producto se encuentra listo para la etapa de empaclado, es necesario almacenarlo en un recipiente, en este caso una tolva encargada de suministrar a la máquina papas chips para su inmediato proceso de empaclado, con la finalidad de evitar acumulación del producto en la microempresa.

2.3.1 Tolva

Una tolva es un equipo de almacenamiento compuesto principalmente por una sección convergente situada en la parte inferior conocida como boquilla y una sección vertical superior en donde se proporciona la mayor parte del volumen del producto.

La diferente tipología de los productos que se desean almacenar genera diferentes geometrías de construcción de una tolva ya sean cilíndricas, cónicas, rectangulares o piramidales las cuales hacen que sean efectivas al momento de cumplir con su función.

⁵ <http://www.mftecno.it/en/products/dosing-machines/electronic-weighers/multi-head-weighing-machine>

2.3.2 Material y normativa

Cuando se habla acerca del material para la construcción de equipos de alimentación se debe tomar en cuenta ciertos requisitos indispensables establecidos de salud pública y sanidad, los cuales permitan determinar si es adecuado para su requerimiento.

Haciendo uso de la normativa, los parámetros más importantes para la construcción de la tolva se tienen que el acero inoxidable utilizado en los equipos de alimentos debe ser de un tipo en las series AISI 200, AISI 300 o AISI 400. Cuando se usa en una zona de alimentos, el acero inoxidable debe tener un contenido mínimo de cromo del 16%. (American National Standard/NSF International Standard, pág. 3)

La soldadura de la tolva debe ser lisa, libre de fisuras, incrustaciones o rebabas y no debe contener aglomeraciones o remolinos que puedan atrapar partículas alimenticias. Las soldaduras deben ser continuas, presentando una buena simetría de conjunto. Una soldadura no continua deja huecos abiertos en la costura dentro de los cuales el alimento queda retenido y no es fácilmente su limpieza. (Erazo, 2017, pág. 7)

2.3.3 Soporte de la tolva

Para garantizar que las columnas puedan soportar la carga axial de compresión aplicada, se debe realizar un análisis previo en el cual se debe tomar en cuenta que una columna tiende a pandearse dependiendo de la forma, dimensiones de su sección transversal, la longitud y la forma de fijación a los apoyos adyacentes. (Mott, 2006, pág. 234).

Para realizar el respectivo cálculo y análisis, se deben utilizar las siguientes ecuaciones:

$$r = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} \quad (\text{Ec. 4.6})$$

$$\frac{KL}{r} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \quad (\text{Ec. 4.8})$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (\text{Ec. 4.9})$$

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (\text{Ec. 4.10})$$

$$P_a = \frac{P_{cr}}{N} \quad (\text{Ec. 4.11})$$

Donde:

D = Diámetro externo del tubo

d = Diámetro interno del tubo

L = Longitud del tubo

r = Radio de giro de la sección transversal

K = Factor de fijación de extremos

C_c = Constante de columna

S_y = Resistencia de fluencia del material

E = Módulo de elasticidad

N = Factor de seguridad

P_c = Carga crítica

P_a = Carga admisible

2.4 Sistema de medición de peso

Para poder obtener valores cercanos a los deseados del peso de un elemento es necesario contar con instrumentos que permitan interpretar dichas cargas. Para ello existen diferentes tecnologías de pesaje las cuales son mecánicas, electromecánicas, celdas de carga analógicas, celdas de carga digitales. (GAMa básculas, pág. 6)

2.4.1 Celda de carga analógica

Este transductor es utilizado para convertir la resistencia mecánica en una señal eléctrica mediante un circuito proporcional en configuración tipo puente llamado Wheatstone, compuesto generalmente por cuatro galgas extensiométricas que crean un cambio en su resistencia y por consiguiente producen la variación de voltajes, provocando así que la salida de la celda sea analógica.

Su capacidad de carga oscila entre los 3kg hasta los 40kg, la alimentación de excitación varía dependiendo del fabricante, pero generalmente está en un rango de 1v hasta los 12v y la sensibilidad de la celda es de 2mv/v . (BCI INGENIERIA) (Ver Anexo 2, Tabla 3)

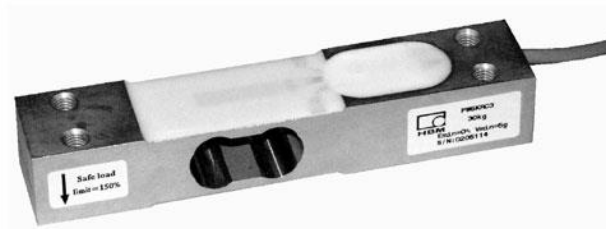


Figura 2.6 Celda de carga analógica.⁶

2.4.2 Celda de carga digital

Estas producen una señal de salida digital en lugar de la salida análoga. En realidad, están compuestas por celdas análogas convencionales que contienen en su interior un circuito electrónico de conversión análogo-digital, que procesa la señal generando una salida de tipo digital, generalmente con un protocolo de comunicación MODBUS o exclusivo del fabricante.

⁶ <http://www.scalemarket.com/hbm-pw6k-single-point-aluminum.html>



Figura 2.7 Celda de carga digital.⁷

Para este tipo de celdas la alimentación de excitación generalmente está en un rango de 5v hasta los 12v y la sensibilidad de la celda es de 2mv/v .

2.5 Acondicionamiento de señal

La mayoría de señales de salida de sensores y transductores generan valores de tensión o corriente en milivoltios, los cuales necesitan ser procesadas mediante un equipo o instrumento estándar encargado de amplificar, filtrar, adaptar impedancias e incluso modular la señal, debido a interferencias como ruido o vibraciones externas. (Pallás, 2009, pág. 4)

La importancia de que estas señales se encuentre en un rango normalizado para aplicación en la automatización industrial tanto en tensión $0-10\text{V}$ como en corriente $4-20\text{mA}$, ayudan a tener un mejor procesamiento analógico de las señales, permitiendo así un control adecuado de procesos que deben mantenerse constantes o alcanzar determinados estados. (Weidmuller, s.f.)

2.5.1 Amplificadores operacionales

En los procesos industriales la mayor parte del control y medida se lo realiza mediante circuitos electrónicos, en donde el amplificador operacional llega siendo el módulo básico de dichos circuitos debido a su versatilidad y a la

⁷ <http://new.rostek.cl/celdas-de-carga/>

forma simple que puede reemplazar funcionalmente a configuraciones discretas.

Los amplificadores operacionales son capaces de realizar una gran cantidad de funciones dentro de un circuito electrónico dependiendo de la configuración en la que se la coloque como pueden ser: sumador, seguidor, diferencial, integrador, inversor, logarítmico; permitiendo de esta manera acondicionar las señales de salida de acuerdo a las necesidades requeridas.

El amplificador operacional posee 5 pines los cuales poseen distintas funciones:

- Entrada inversora (-input)
- Entrada no inversora (+input)
- Salida (output)
- Alimentación positiva (+Vss)
- Alimentación negativa (-Vss:)

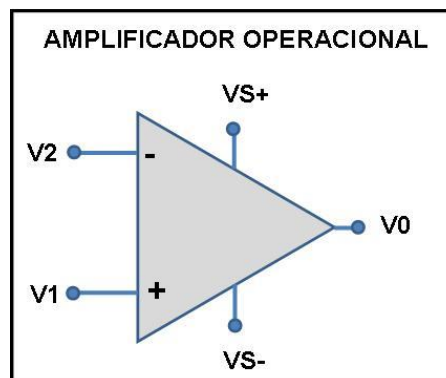


Figura 2.8 Amplificador operacional.⁸

En el proceso de fabricación de los amplificadores operacionales por causa de tolerancias presentan asimetría en las tensiones requeridas en cada entrada para obtener una salida, generando así un offset de tensión de

⁸ <http://panamahitek.com/amplificadores-operacionales-y-su-uso-en-la-electronica/>

entrada, la cual se requiere una pequeña diferencia de tensión en *mv* para lograr un balance y tener una salida nula.

Este offset también puede presentarse debido a variaciones de temperatura o a componentes externos parásitos lo que reduce la probabilidad de compensación y proporcionando inestabilidad. (UTFSM, s.f., pág. 35)

2.5.2 Amplificador de instrumentación

Es un equipo electrónico de alta precisión que procesa, amplifica y convierte una señal de entrada generada por una o varias celdas de carga a una de salida con un rango normalizado utilizado en el control de procesos industriales tales como el voltaje de 0 a $10V$ o también al de corriente 4 a $20mA$. (Weidmuller, s.f.)



Figura 2.9 Amplificador de instrumentación.⁹

Estos amplificadores cuentan con interruptores de configuración internos en la parte posterior (Ver Anexo 2, Tabla 4), en donde se puede colocar el voltaje que va a ingresar al amplificador dada por la celda de carga, y el voltaje de salida que se requiere amplificado. Además, tienen incluidos potenciómetros en donde se puede realizar los ajustes de cero, span e incluso para poder

⁹ <https://www.amplicon.com/MandC/product/Signal-Isolated-SG-3000-4461.cfm>

calibrar el rango de excitación por voltio de alimentación. La exactitud de este amplificador es de $\pm 0.1\%$ (Ver Anexo 2, Tabla 4).

2.5.3 Módulo de pesaje basado en PLC

Los módulos para PLC se encargan de leer, acondicionar y convertir las señales de las celdas de carga a digital realizando internamente sofisticados algoritmos ciento de veces por segundo con una gran cantidad de subdivisiones de resolución, realizan directamente la comunicación con el procesador, sin la necesidad que exista algún instrumento independiente externo. (TECNIDOS, 2015)

Las interfaces Ethernet y RS485 con protocolo Modbus permiten, entre otras cosas, la integración en distintos controladores. SIWAREX WP231 cuenta con cuatro entradas digitales, cuatro salidas digitales y una salida analógica. Todas las entradas y salidas se pueden controlar tanto desde el sistema electrónico SIWAREX como a través de SIMATIC S7-1200. La exactitud de este módulo de pesaje es de $\pm 0.05\%$ (SIEMENS, s.f.)



Figura 2.10 Módulo de pesaje PLC.¹⁰

10

<https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

2.6 Sistema neumático

Este medio es usado mucho en la automatización de máquinas y sistemas automáticos en donde convierten la energía del aire comprimido en energía mecánica.

2.6.1 Cilindro neumático

Los cilindros neumáticos representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos, los cuales constan principalmente de un vástago, culatas, un émbolo o pistón situado dentro de un cilindro que a consecuencia de la diferencia de presión de aire generan un movimiento rectilíneo transformando así la energía de presión de aire en energía cinética. (Villarreal, 2010, pág. 36)

Comercialmente existen una gran variedad de tipos, estilos y tamaños de cilindros neumáticos, entre los más comunes se encuentran los de simple efecto y doble efecto.



Figura 2.11 Cilindro neumático.¹¹

2.6.1.1 Cilindro de simple efecto

Este tipo de cilindros tienen el desplazamiento en un solo sentido como resultado del empuje ejercido por el aire a presión. El retorno del émbolo a su posición original se debe a la acción del efecto muelle realizado por un resorte interno el cual está calculado exclusivamente para vencer la fricción propia

¹¹ <http://es.rs-online.com/web/p/cilindros-perfil-neumaticos/1215205/>

del cilindro. Este es empleado para carreras cortas máximas de 100mm. (Villarreal, 2010, pág. 38)

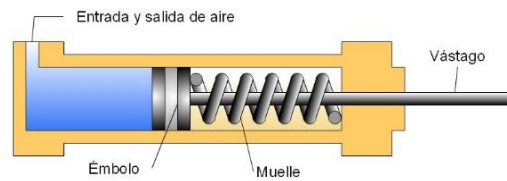


Figura 2.12 Cilindro simple efecto.¹²

2.6.1.2 Cilindro doble efecto

En este cilindro permite desplazar el émbolo en dos direcciones a consecuencia de la fuerza ejercida por el aire comprimido, ejecutando así movimientos alternados dependiendo de la cámara de aire donde se haya aplicado para el movimiento del émbolo. (Bonilla , 2014, pág. 7)

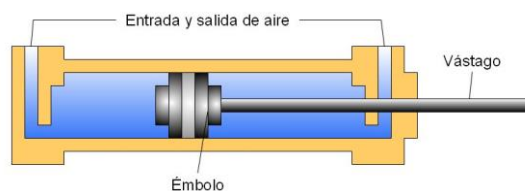


Figura 2.13 Cilindro doble efecto.¹³

Los principales elementos a calcular para realizar una adecuada selección del cilindro son el diámetro del émbolo, la fuerza de avance y retroceso. Se emplean las siguientes fórmulas. (Arce, 2016, págs. 8-11)

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$F_{\text{avance}} = P * \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{Ec. 4.13})$$

$$F_{\text{retroceso}} = P * \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (\text{Ec. 4.14})$$

$$Q = 2 * n * s * q \quad (\text{Ec. 4.15})$$

¹² <https://www.flipsnack.com/MariaDiego/pneumatika-4maila.html>

¹³ <https://www.flipsnack.com/MariaDiego/pneumatika-4maila.html>

Donde:

$$P = \text{Presión de trabajo del cilindro} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

$$F = \text{Fuerza del cilindro} (N)$$

$$A = \text{Área del émbolo del cilindro} (mm^2)$$

$$F_{\text{avance}} = \text{Fuerza de avance} (N)$$

$$F_{\text{retroceso}} = \text{Fuerza de retroceso} (N)$$

$$D = \text{Diámetro del émbolo} (mm)$$

$$d = \text{Diámetro del vástago} (mm)$$

$$Q = \text{Consumo de aire} \left(\frac{l}{min} \right)$$

$$n = \text{\# ciclos por minuto}$$

$$s = \text{carrera} (cm)$$

$$q = \text{consumo específico del aire} \left(\frac{l}{cm} \right)$$

2.6.2 Electroválvula

Las electroválvulas son dispositivos comandados por señales eléctricas para poder activar o desactivar las bobinas acopladas en las válvulas neumáticas y generar la conmutación en la corredera interna de la válvula, de esta manera liberar o desviar el flujo de aire. (Iperty, 2013, pág. 28)

La mayoría de electroválvulas cuentan con un sistema de accionamiento manual para su activación sin necesidad de señales eléctricas, con la finalidad de realizar labores de mantenimiento o poder verificar la existencia de aire a presión.

Las electroválvulas se clasifican según la cantidad de vías ya sean entradas o salidas de aire y la cantidad de posiciones; entre las más comunes se tiene la 3/2 y 5/2.

2.6.2.1 Electroválvula 3/2

Esta tiene tres vías de conexión y dos posiciones. Se la utiliza para el control de funcionamiento de cilindros de simple efecto. Estas pueden ser normalmente abiertas o normalmente cerradas. (Mantenimiento Industrial, 2014)

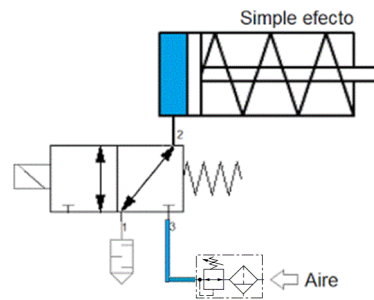


Figura 2.14 Electroválvula 3/2.¹⁴

2.6.2.2 Electroválvula 5/2

Estas electroválvulas poseen cinco vías de conexión y dos posiciones. Usualmente utilizada para cilindros de doble efecto, ya que permite controlar la velocidad de avance o retroceso del cilindro de manera independiente. (Micro Automatización, s.f.)

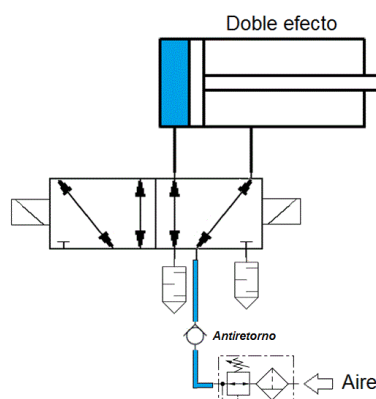


Figura 2.15 Electroválvula 5/2.¹⁵

¹⁴ <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2015/09/neumatica-valvulas-control.html>

¹⁵ <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2015/09/neumatica-valvulas-control.html>

2.7 Pantalla táctil

Actúa como periférico de entrada para ingresar datos mediante un toque sobre su superficie, dando órdenes al dispositivo que va a controlar y a su vez muestra resultados introducidos previamente. Lo que permite en este caso el ingreso de valores del peso requerido para la dosificación del producto.

2.7.1 TFT arduino

El gran entorno de desarrollo que tiene la plataforma Arduino y sus diferentes elementos externos a los cuales son adaptables, facilita el uso de la electrónica y por ende proyectos multidisciplinarios. Uno de esos elementos es la pantalla TFT, el cual es ideal para mostrar de manera visual elementos gráficos y poder interactuar con otros dispositivos. (HETPRO, 2017)



Figura 2.16 Pantalla arduino.¹⁶

2.7.2 SIMATIC HMI Siemens

La familia SIMATIC HMI cuenta con una gran gama de pantallas y que ofrecen la solución para la comunicación Hombre-Máquina más completa mediante la interfaz Ethernet/PROFINET, diseñados especialmente para tareas de manejo y visualización.

¹⁶ http://www.electronics.com/wiki/index.php?title=3.2%22_TFT_LCD_Screen_Module

Con los paneles SIMATIC se pueden dominar hasta los procesos más complejos, incrementando la disponibilidad y, por tanto, la productividad. (Siemens, 2012)



Figura 2.17 Pantalla Siemens.¹⁷

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Considerar las diferentes alternativas para tener como resultado un sistema de dosificación idóneo es de suma importancia, ya que se aprecia con mayor detalle las ventajas y desventajas que pueden implicar cada una de estas, teniendo en cuenta siempre que es lo que se quiere lograr y permitiendo así tener un buen sustento para la toma de decisiones.

3.1 Restricciones y limitaciones

La microempresa de Snacks Marcita Trujillo con el fin de mejorar la calidad, optimizar la cantidad del producto y reducir el tiempo de producción, ha decidido incorporar una máquina automática que satisfaga las necesidades de la microempresa y de un costo asequible.

Las restricciones y limitaciones establecidas de esta microempresa y que se deben cumplir son:

- Proporcionar dosificaciones de 140g con un rango de error de +/- 5 gramos.
- Debe contar con una tolva de almacenamiento para una carga máxima de 6562.5 gramos.
- Debe realizar como mínimo 70 dosificaciones de 140g por hora.
- La cantidad máxima aceptable de dosificaciones fuera del rango debe ser del 5% de la producción en el día.
- Los elementos neumáticos de la máquina deben trabajar con una presión mínima de 5 Kg-cm², ya que la empresa posee un compresor el cual se recarga a ese valor.
- Cumplir con normas de la industria alimenticia referentes a la seguridad e higiene.

- La máquina empacadora debe ser de fácil mantenimiento y remplazo de los componentes.
- Debe ser de un costo asequible, es decir que no sobrepase los \$5000.
- Debe ser de un fácil manejo.

3.2 Selección de alternativas del sistema de dosificación

Tabla 3.2

Alternativas sistema de dosificación

Alternativas	Rapidez de producción	Costo	Manufactura
Por peso	15 descargas/minuto	Aprox. \$ 8000-12000	Tolva de almacenamiento, tolva de descarga, canal vibrante
Volumétrico	100 descargas/minuto	Aprox. \$ 15000-20000	Tolva de almacenamiento, vasos telescópicos, mecanismo giratorio
Multicabezal	180 descargas/minuto	Aprox. \$ 30000-50000	Tolva de almacenamiento, tolvas de descarga, canales vibrantes

Fuente: (ASTIMEC S.A), (EQUIPOS DE ENVASADO S.L), (EXAKTApack)

3.2.1 Parámetros de evaluación sistema de dosificación

Rapidez de producción

Para seleccionar la alternativa más adecuada, se debe partir de la necesidad requerida de la microempresa, en este caso es una producción a baja escala de 70 fundas por hora y por ende 70 descargas por hora.

Costo

Este es un parámetro muy determinante ya que se debe tener en cuenta aspectos reales como son la posibilidad económica de adquirirlo, la cantidad de elementos que lo conforman, costos de operación y mantenimiento.

Manufactura

Es importante que al momento de la fabricación de un producto se tenga en consideración la facilidad de adquisición de materiales, es decir que se encuentren disponibles en el mercado y que además su manufactura se la realice con tecnología nacional para promover la industria en nuestro país.

La cantidad de elementos que constituyen el sistema es un punto a considerar ya que mientras más sean estos, tomará mayor tiempo en su construcción.

3.2.2 Ponderación de alternativas sistema de dosificación

Las diferentes alternativas serán valoradas de acuerdo a los parámetros de evaluación antes mencionados y de acuerdo a las restricciones de la microempresa:

Se aplicará el valor de 1 cuando el parámetro sea poco recomendable, 2 recomendable y 3 ideal.

Tabla 2.4

Ponderación alternativas sistema de dosificación

Alternativas	Rapidez de producción	Costo	Manufactura	Promedio
Por peso	3	3	3	3
Volumétrico	2	2	2	2
Multicabezal	1	1	1	1

Luego de haber revisado las alternativas mencionadas, y después de haber analizado el diagrama de ponderación, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la alternativa por peso.

3.3 Selección de alternativas del cilindro neumático

Tabla 2.5

Alternativas cilindro neumático

Alternativas	Capacidad de trabajo útil	Control de desplazamiento	Cantidad de accesorios
Simple efecto	Fuerza activa en avance, y retroceso por muelle	1 sentido	1 racor, 1 electroválvula 3/2, 1 manguera de poliuretano, 1 silenciado
Doble efecto	Fuerza activa en avance y retroceso	2 sentidos	2 racores, 1 electroválvula 5/2, 2 mangueras de poliuretano, 2 silenciadores

Fuente: (Arce, 2016)

3.3.1 Parámetros de evaluación cilindro neumático

Capacidad de trabajo útil

Se lo emplea especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar un trabajo también al retornar a su posición inicial.

Control de desplazamiento

Existen elementos que cumplen funciones similares, pero con distintas limitaciones las cuales dependerán del uso que se las va a dar.

En este caso se cuenta con un cilindro simple efecto el cual realiza un movimiento lineal de avance controlable mientras que el de retroceso dependerá de un tiempo de desplazamiento del muelle; y el cilindro de doble efecto puede ser controlado en los dos sentidos de movimiento.

Cantidad de accesorios

Debemos tener en cuenta que en un cilindro a mayor número de entradas necesita de mayor cantidad de accesorios para el acople y funcionamiento, por tanto, el costo sube.

3.3.2 Ponderación de alternativas cilindro neumático

Las diferentes alternativas serán valoradas de acuerdo a los parámetros de evaluación antes mencionados y de acuerdo a las restricciones de la microempresa:

Se aplicará el valor de 1 cuando el parámetro sea poco recomendable, 2 recomendable y 3 ideal.

Tabla 2.6

Ponderación alternativas cilindro neumático

Alternativas	Capacidad de trabajo útil	Control de desplazamiento	Cantidad de accesorios	Promedio
Simple efecto	1	1	3	1.67
Doble efecto	3	3	2	2.67

Luego de haber revisado las alternativas mencionadas, y después de haber analizado el diagrama de ponderación, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la alternativa doble efecto.

3.4 Selección de alternativas de la celda de carga

Tabla 2.7

Alternativas celda de carga

Alternativa	Capacidad de carga	Disponibilidad en el mercado
Celda analógica	3kg-40kg	Mercado nacional
Celda digital	1kg-90kg	Mercado internacional

Fuente: (HBM), (VISHAY PRECISION GROUP)

3.4.1 Parámetros de evaluación celda de carga

Capacidad de carga

Se debe tomar en consideración al momento de calcular la capacidad máxima, el peso de los elementos adicionales que estarán soportados por la celda de carga como son una estructura, la tolva de pesaje, sistema mecánico de movimiento de la compuerta y el peso del producto el cual se va a dosificar.

Disponibilidad en el mercado

Es importante tener en cuenta que los elementos que se va a adquirir se encuentren disponibles en el mercado local, ya que facilita la obtención de los mismos y garantiza que el producto se encuentre en buenas condiciones.

3.4.2 Ponderación de alternativas celda de carga

Las diferentes alternativas serán valoradas de acuerdo a los parámetros de evaluación antes mencionados y de acuerdo a las restricciones de la microempresa:

Se aplicará el valor de 1 cuando el parámetro sea poco recomendable, 2 recomendable y 3 ideal.

Tabla 2.8

Ponderación alternativas celda de carga

Alternativa	Capacidad de carga	Disponibilidad en el mercado	Promedio
Celda analógica	3	3	3
Celda digital	3	1	2

Luego de haber revisado las alternativas mencionadas, y después de haber analizado el diagrama de ponderación, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la alternativa celda analógica. (Ver Anexo 2, Tabla 3)

3.5 Selección de alternativas del sistema vibratorio

Tabla 2.9

Alternativas sistema vibratorio

Alternativas	Eficacia	Disponibilidad en el mercado	Mantenimiento
Mecánico	Desbalance del eje del rotor	Mercado nacional	Preventivo y correctivo
Electromagnético	Campo magnético entre un electroimán y una bobina	Mercado nacional	Preventivo

3.5.1 Parámetros de evaluación sistema vibratorio

Eficacia

Lo que se requiere en este sistema es simplemente que cumpla con la función a la que es destinado la cual es de dispersar y transportar el producto hacia la tolva de pesaje mediante vibración.

Disponibilidad en el mercado

Es importante que los elementos o equipos que se va a adquirir se encuentren disponibles en el mercado local, ya que facilita la obtención de los mismos y garantiza que se encuentren en un buen estado.

Mantenimiento

Debido al trabajo continuo que cumplen los diferentes elementos de un sistema empiezan a generar desgastes y desperfectos en su funcionabilidad, alertándonos de cierta forma para realizar una inspección y tomar medidas preventivas o correctivas dependiendo de la gravedad que presente durante el funcionamiento

3.5.2 Ponderación de alternativas sistema vibratorio

Las diferentes alternativas serán valoradas de acuerdo a los parámetros de evaluación antes mencionados y de acuerdo a las restricciones de la microempresa:

Se aplicará el valor de 1 cuando el parámetro sea baja, 2 media y 3 ideal.

Tabla 2.10

Ponderación alternativas sistema vibratorio

Alternativas	Eficacia	Disponibilidad en el mercado	Mantenimiento	Promedio
Mecánico	2	1	2	1.67
Electromagnético	2	1	3	2

Luego de haber revisado las alternativas mencionadas, y después de haber analizado el diagrama de ponderación, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la alternativa electromagnético.

3.6 Selección de alternativas del acondicionamiento de señal

Tabla 2.11

Alternativas acondicionamiento de señal

Alternativa	Exactitud	Costo	Señal de salida
Amplificadores Operacionales	+/- 3%	\$20	Analógica
Amplificador de instrumentación	+/- 0.1%	\$100	Analógica
Módulo celda de pesaje	+/- 0.05%	\$1090	Digital

Fuente: (Isolated Strain Gauge), (Siemens, 2017)

3.6.1 Parámetros de evaluación acondicionamiento de señal

Exactitud

Es uno de los factores importantes que se busca a la hora obtener el peso más aproximado con respecto al valor verdadero, por lo que se debe considerar que tan determinante y necesario va a ser para la elección.

Costo

Para realizar la adquisición se debe tomar en cuenta las características que presentan los elementos, la posibilidad económica y posteriormente que es lo que se pretende obtener al final.

Señal de salida

Estas señales permiten parametrizar los valores de voltaje y realizar la comparación con el peso para su respectivo procesamiento.

3.6.2 Ponderación de alternativas acondicionamiento de señal

Las diferentes alternativas serán valoradas de acuerdo a los parámetros de evaluación antes mencionados y de acuerdo a las restricciones de la microempresa:

Se aplicará el valor de 0 cuando el parámetro no sea recomendable, 1 poco recomendable, 2 recomendable y 3 ideal.

Tabla 2.12

Ponderación alternativas acondicionamiento de señal

Alternativa	Exactitud	Costo	Señal de salida	Promedio
Amplificadores Operacionales	1	3	2	2
Amplificador de instrumentación	2	2	3	2.33
Módulo celda de pesaje	3	0	3	2

Luego de haber revisado las alternativas mencionadas, y después de haber analizado el diagrama de ponderación, se procede a seleccionar la alternativa

con mayor número de porcentaje de éxito que es la alternativa amplificador de instrumentación. (Ver Anexo 2, Tabla 4)

3.7 Selección de alternativas de la pantalla táctil

Tabla 2.13

Alternativas pantalla táctil

Alternativa	Interfaz de comunicación	Costo	Software de programación	Tamaño
TFT Arduino	Módulo Ethernet Shield (RJ45)	\$100	Arduino	2"-3.2"
SIMATIC HMI Siemens	Profinet/ Industrial Ethernet(RJ45)	\$710	TIA PORTAL V13	4.3"-12"

Fuente: (Arduino), (Siemens, 2017)

3.7.1 Parámetros de evaluación de la pantalla táctil

Interfaz de comunicación

Para la conexión y transmisión de datos entre dispositivos electrónicos es importante contar con una interfaz de comunicación.

Costo

Se debe conocer qué tipo de aplicativo se le va a dar a la pantalla y que funciones se van a necesitar de esta, ya sean de visualización, interacción o ambas. En nuestro caso la función principal que va a cumplir es de seleccionar el peso a dosificar y visualizarlo. Posteriormente seleccionar el más conveniente y de costo asequible dependiendo de la necesidad de uso.

Software de programación

Esta herramienta permite desarrollar los diferentes programas para una finalidad determinada de control o automatización. Su preferencia de uso

depende del conocimiento previo y las facilidades que presente para el desarrollo de la aplicación ya sea mediante código o de manera gráfica.

Tamaño

Cada una de los fabricantes presentan una gama diversa de pantallas touch, en donde la selección depende de la necesidad y espacio que se tenga para la respectiva ubicación de esta.

3.7.2 Ponderación de alternativas de la pantalla táctil

Las diferentes alternativas serán valoradas de acuerdo a los parámetros de evaluación antes mencionados y de acuerdo a las restricciones de la microempresa:

Se aplicará el valor de 1 cuando el parámetro sea poco recomendable, 2 recomendable y 3 ideal.

Tabla 2.14

Ponderación alternativas pantalla táctil

Alternativa	Interfaz de comunicación	Costo	Software de programación	Tamaño	Promedio
TFT Arduino	3	3	2	3	2.75
SIMATIC HMI Siemens	3	1	2	2	2

Luego de haber revisado las alternativas mencionadas, y después de haber analizado el diagrama de ponderación, se procede a seleccionar la alternativa con mayor número de porcentaje de éxito que es la alternativa TFT Arduino.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA

4.1 Tolva de almacenamiento

El snack que se va almacenar es de consistencia sólida con una geometría irregular, la cual para el diseño de la tolva es necesario obtener la densidad del producto de manera experimental.

4.1.1 Cálculo de la densidad del producto

Para obtener la densidad se realizaron pruebas que consisten en llenar de producto en un recipiente para conseguir el volumen que ocupa, y mediante la ayuda de una balanza electrónica medir el peso total, posteriormente se resta el peso del recipiente obteniendo así el peso real y por ende la densidad.



Figura 2.18 Recipiente sin producto y con producto

A continuación, se describe los datos obtenidos:

m = masa del producto

m_1 = masa recipiente sin producto

m_2 = masa recipiente con producto

Donde:

$$m = m_2 - m_1$$

$$m = 306g - 166g$$

$$m = 140g$$

$$V = 2Lts.$$

$$V = 2000cm^3$$

Por lo tanto:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{Ec. 4.1}$$

$$\rho = \frac{140g}{2000cm^3}$$

$$\rho = 0.07 \frac{g}{cm^3}$$

4.1.2 Dimensionamiento tolva de almacenamiento

Para realizar el dimensionamiento de la tolva de almacenamiento, primero se debe conocer el volumen que ocupa el producto de acuerdo a la carga máxima que se va a almacenar.

Donde:

$$m = \text{carga máxima} = 6562.5g$$

$$\rho = 0.07 \frac{g}{cm^3}$$

$$V_{\text{producto}} = \text{Volumen del producto}$$

Por lo tanto:

$$V_{\text{producto}} = \frac{m}{\rho} \tag{Ec. 4.2}$$

$$V_{\text{producto}} = \frac{6562.5g}{0.07 \frac{g}{cm^3}}$$

$$V_{\text{producto}} = 93750cm^3$$

El volumen obtenido de 93750 cm^3 sirve para realizar un dimensionamiento aproximado de la capacidad de almacenamiento que tendrá la tolva.

Se considera que el material de la tolva es de acero inoxidable AISI 304 y debido a que esta no va a estar sometida a cargas externas que actúen sobre ella y simplemente va a cumplir la función de almacenar, se selecciona el espesor de 1mm ya que es el valor más bajo que se puede encontrar en el mercado.

El diseño de la tolva está conformado simplemente por una pirámide truncada invertida por lo que se realiza el cálculo del volumen.

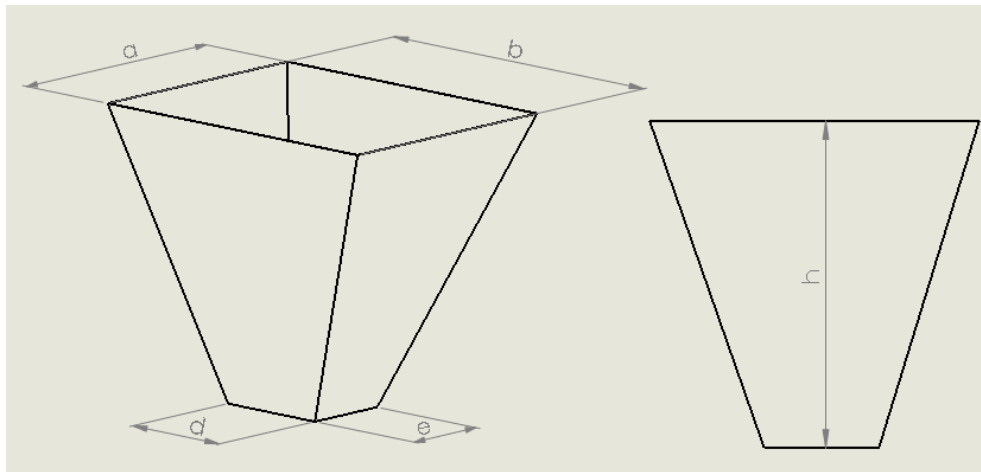


Figura 2.19 Dimensionamiento tolva de almacenamiento

Donde:

$$a = 58\text{cm}$$

$$b = 58\text{cm}$$

$$d = 20\text{cm}$$

$$e = 20\text{cm}$$

$$h = 58\text{cm}$$

Por lo tanto:

$$V_{tolva} = \frac{h}{3} ((a * b) + (d * e) + \sqrt{(a * b) * (d * e)}) \quad (\text{Ec. 4.3})$$

$$V_{tolva} = \frac{58}{3} ((58 * 58) + (20 * 20) + \sqrt{(58 * 58) * (20 * 20)})$$

$$V_{tolva} = 95197.33 \text{ cm}^3$$

Con las medidas seleccionadas se demuestra que la tolva podrá almacenar el volumen requerido del producto.

$$V_{tolva} > V_{producto}$$

$$95197.33 \text{ cm}^3 > 93750 \text{ cm}^3$$

4.1.3 Cálculo del peso de la tolva

Para realizar el cálculo del peso tolva se calcula un V_1 en donde se toma en cuenta el 1mm de espesor y densidad de la plancha de acero inoxidable.

Donde:

$$a = 58.2 \text{ cm}$$

$$b = 58.2 \text{ cm}$$

$$d = 20.2 \text{ cm}$$

$$e = 20.2 \text{ cm}$$

$$h = 58 \text{ cm}$$

Por lo tanto:

$$V_1 = \frac{h}{3} ((a * b) + (d * e) + \sqrt{(a * b) * (d * e)}) \quad (\text{Ec. 4.4})$$

$$V_1 = \frac{58}{3} ((58.2 * 58.2) + (20.2 * 20.2) + \sqrt{(58.2 * 58.2) * (20.2 * 20.2)})$$

$$V_1 = 96104.45 \text{ cm}^3$$

Posteriormente se obtiene el V_2 siendo este el volumen que ocupa solo la plancha de acero inoxidable.

$$V_2 = V_1 - V$$

$$V_2 = 96104.45\text{cm}^3 - 95197.33\text{cm}^3$$

$$V_2 = 907.12\text{cm}^3$$

Se calcula la el peso de la tolva teniendo en cuenta que la densidad del acero inoxidable es de $8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$$m = V_2 * \rho \quad (\text{Ec. 4.5})$$

$$m = 907.12\text{cm}^3 * 8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$m = 7256.96\text{g}$$

4.1.4 Cálculo columnas soporte de la tolva

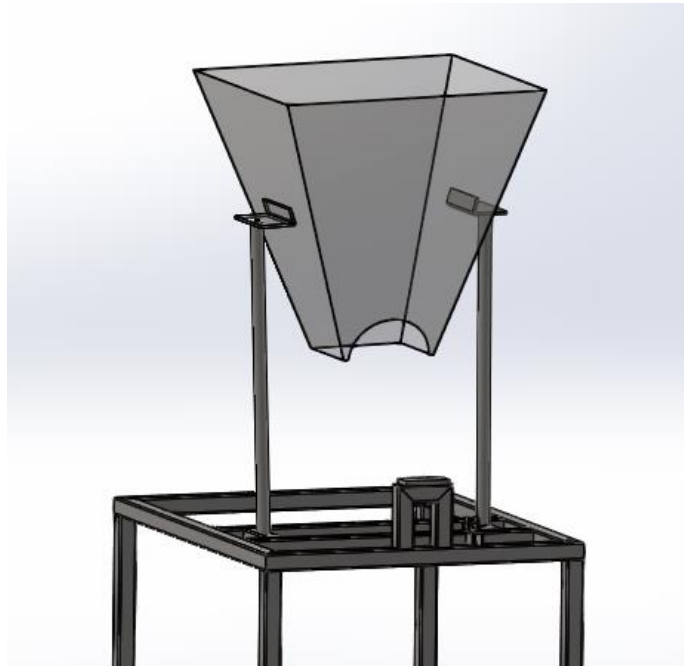


Figura 2.20 Fijación de apoyos

Se observa que en la *Figura 2.20* las columnas que soportaran la carga constan de tubos de acero inoxidable AISI 304, los cuales son de una sección transversal circular hueca, y además su forma de fijación son empotrados-libres, por lo tanto el valor K será de 2.1. (*Ver figura 2.21*)

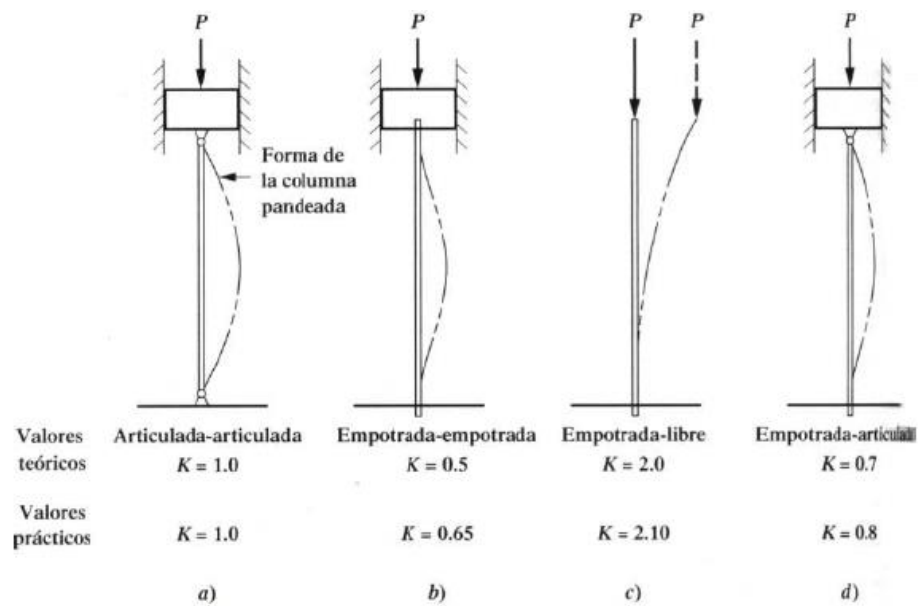


Figura 2.21 Valores de K para obtener longitud efectiva.¹⁸

Donde:

$$D = 0.635\text{cm}$$

$$d = 0.435\text{cm}$$

$$L = 63.5\text{cm}$$

$$K = 2.1$$

$$S_y = 45\text{Ksi (Ver Anexo 2, Tabla 2)}$$

$$E = 29000\text{Ksi (Ver Anexo 2, Tabla 2)}$$

Por lo tanto:

Se calcula el radio de giro de la sección transversal r .

$$r = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} \text{ (Ver Anexo 2, Tabla 1)}$$

(Ec. 4.6)

$$r = \frac{\sqrt{0.635^2 + 0.435^2}}{4}$$

$$r = 0.19\text{cm}$$

¹⁸ (Mott, 2006, pág. 234)

Se calcula la relación de esbeltez.

$$\frac{KL}{r} = \frac{2.1*63.5}{0.19} = 701.8 \quad (\text{Ec. 4.7})$$

Se calcula la constante de columna.

$$C_c = \sqrt{\frac{2*\pi^2*E}{S_y}} \quad (\text{Ec. 4.8})$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2*\pi^2*29*10^6}{45000}}$$

$$C_c = 112.78$$

Se compara los valores obtenidos de KL/r y C_c para determinar si la columna es larga o corta y posteriormente se emplea la fórmula ya sea de Euler o de Johnson.

$$\frac{KL}{r} > C_c \text{ fórmula de Euler}$$

$$\frac{KL}{r} < C_c \text{ fórmula de Johnson}$$

$$701.8 > 112.78$$

Por lo tanto, se emplea la fórmula de Euler para calcular la carga crítica.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2*E*A}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (\text{Ec. 4.9})$$

Se necesita determinar el valor del área de la sección transversal circular hueca.

$$A = \frac{\pi(D^2-d^2)}{4} \text{ (Ver Anexo 2, Tabla 1)} \quad (\text{Ec. 4.10})$$

$$A = \frac{\pi(0.635^2-0.435^2)}{4}$$

$$A = 0.16\text{cm}^2$$

Se sustituye todos los valores para determinar el valor de la carga crítica.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 29 * 10^6 * 0.16}{(701.8)^2}$$

$$P_{cr} = 92.9 \text{ lb}$$

$$P_{cr} = 44.22 \text{ Kg}$$

Se determina la carga admisible aplicando un factor de seguridad $N=2$. (Ver Anexo 2, Tabla 5).

$$P_a = \frac{P_{cr}}{N} \quad (\text{Ec. 4.11})$$

$$P_a = \frac{42.22}{2}$$

$$P_a = 21.11 \text{ kg}$$

La carga a soportar por los tubos es tanto del peso de la tolva, la carga máxima del producto y los soportes de sujeción, siendo estos 7.25, 6.56 y 1.67 kg respectivamente; dando como resultado 15.48 kg, debido a que consta de dos tubos lo dividimos para cada uno y obtenemos que cada tubo debe soportar una carga de 7.74 kg.

$$21.11 \text{ kg} > 7.74 \text{ kg}$$

Una vez realizado el análisis de cargas, se asume que las columnas pueden soportar la carga que se les aplica satisfactoriamente, y que las dimensiones elegidas de la sección transversal circular hueca cumplen con lo requerido. Sin embargo, se ha adquirido un tubo con las medidas de diámetro externo de 1.27 cm y 0.1 cm de espesor, debido a la disponibilidad en el mercado local.

A continuación, se simula la carga aplicada en el tubo el cual está construido en acero inoxidable AISI 304. Su forma de fijación en un extremo es empotrado y el otro es libre. (Ver figura 2.22)

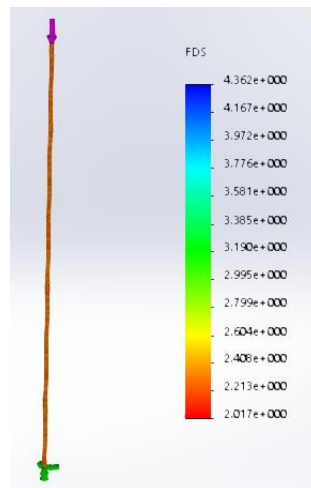


Figura 2.22 Simulación de la carga aplicada a la columna soporte

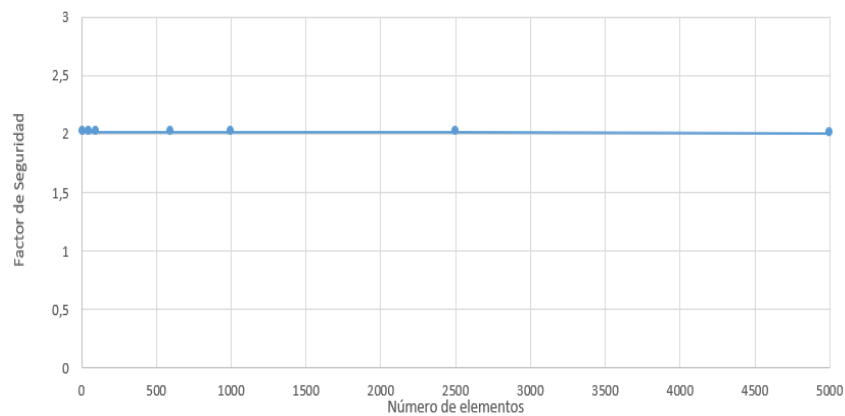


Figura 2.23 Curva de convergencia de la columna soporte

El análisis de elementos finitos, se lo realiza en un rango de 10 a 5000 elementos en donde se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un error porcentual del 0.85% (Ver figura 2.23), relacionada a la curva de convergencia de la columna soporte de la tolva.

4.2 Tolva de pesaje

Como anteriormente se calculó la densidad del producto a dosificar, ahora podremos saber el volumen que ocupará el producto cuando se ingrese una carga máxima.

Donde:

$$m = \text{carga máxima} = 175g$$

$$\rho = 0.07 \frac{g}{cm^3}$$

$$V_0 = \text{Volumen del producto}$$

Por lo tanto:

$$V_0 = \frac{m}{\rho} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$V_0 = \frac{175g}{0.07 \frac{g}{cm^3}}$$

$$V_0 = 2500cm^3$$

4.2.1 Dimensionamiento tolva de pesaje

Se debe considerar que el material de la tolva de pesaje es de acero inoxidable AISI 304 y de espesor 1mm.

El diseño de la tolva tendrá la forma de un prisma triangular recto, conformado por una chapa metálica y una compuerta.

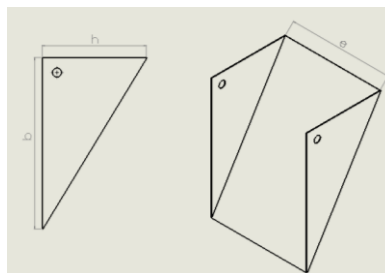


Figura 2.24 Dimensionamiento tolva de pesaje

Donde:

$$h = 14cm$$

$$b = 23cm$$

$$e = 18cm$$

Por lo tanto:

$$V_{tolva\ pesaje} = \frac{b \cdot h}{2} * e \quad (Ec. 4.11)$$

$$V_{tolva\ pesaje} = \frac{23 \cdot 14}{2} * 18$$

$$V_{tolva\ pesaje} = 2898 \text{cm}^3$$

$$V_{tolva\ pesaje} > V_0$$

$$2898 \text{cm}^3 > 2500 \text{cm}^3$$

Con las medidas seleccionadas podemos demostrar que la tolva de pesaje podrá almacenar el volumen requerido del producto.

4.3 Bandeja transportadora

Esta bandeja está en contacto directo con el producto, lo cual se requiere que el material del cual es construido no altere las características o propiedades del alimento, representando así un peligro para la salud humana, por tal motivo el material seleccionado es de acero inoxidable AISI 304. Permitiendo ser este lavable, desinfectable, resistente a la corrosión, de superficie continua, no tóxico y no absorbente. (FESTO, 2015)

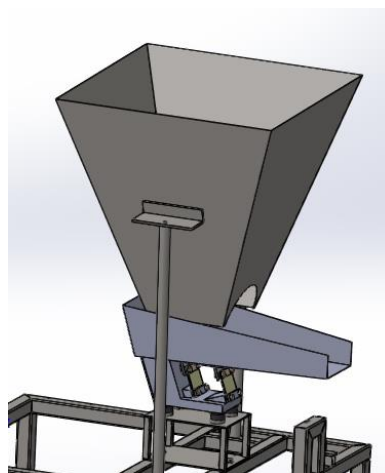


Figura 2.25 Bandeja transportadora

4.4 Cilindro neumático

Para determinar el diámetro del émbolo, la fuerza de avance y de retroceso del cilindro doble efecto, se toma como referencia una presión de 5 bares dada en las restricciones.

La fuerza máxima a la que va a estar sometido el cilindro neumático se lo obtiene, realizando la sumatoria de masas tanto de la compuerta como de los ejes los cuales componen el sistema de apertura; siendo estos valores 0.422, 0.021, y 0.116 kg respectivamente, dando como resultado 0.559 kg. Y para tener mayor confiabilidad se calcula con una masa de 1kg.

$$1\text{kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9.8 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza del cilindro} = 9.8 \text{ N}$$

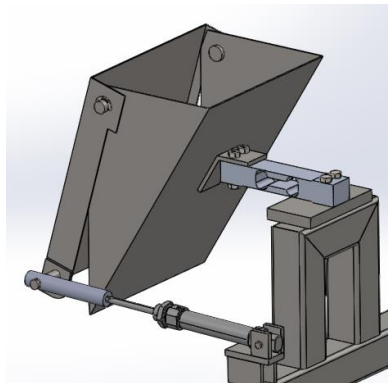


Figura 2.26 Cilindro neumático y elementos a desplazar

4.4.1 Cálculo del diámetro del émbolo

Donde:

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$F = P * A$$

$$F = P * \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{F}{P * \pi}}$$

Por lo tanto:

$$r = \sqrt{\frac{9.8}{0.5 * \pi}}$$

$$r = 2.5mm$$

$$D = 5mm$$

Con este dato del diámetro del émbolo, dirigirse al catálogo de AirTac y escoger el cilindro que tenga el valor más aproximado. En este caso se selecciona el cilindro MI 16X50SCA, ya que es el que se encuentra disponible en el mercado local.

4.4.2 Cálculo de la fuerza de avance y retroceso

El cálculo de la fuerza de avance y retroceso se lo realiza a continuación utilizando el valor del diámetro del embolo obtenido del catálogo.

Donde:

$$F_{avance} = P * \frac{\pi D^2}{4} \quad (Ec. 4.13)$$

$$F_{retroceso} = P * \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (Ec. 4.14)$$

Por lo tanto:

$$F_{avance} = 0.5 * \frac{\pi * 15.5^2}{4}$$

$$F_{avance} = 94.34N$$

$$F_{retroceso} = 0.5 * \frac{\pi(15.5^2 - 6^2)}{4}$$

$$F_{retroceso} = 80.20N$$

4.4.3 Consumo de aire

Se debe conocer el consumo de aire del cilindro neumático para saber la cantidad de litros por minuto que utiliza para ejecutar la apertura y cierre de la compuerta.

$$Q = \text{Consumo de aire } \left(\frac{l}{\text{min}}\right)$$

$$n = \# \text{ ciclos por minuto}$$

$$s = \text{carrera (cm)}$$

$$q = \text{consumo específico del aire } \left(\frac{l}{\text{cm}}\right)$$

El valor de n se debe a que la estimación de producción máxima es de 3 fundas por minuto.

El valor $q=0.012$, se lo obtiene realizando el análisis de la *Figura 2.26* entre la relación de diámetro del émbolo y la presión de funcionamiento como se puede observar en las líneas rojas.

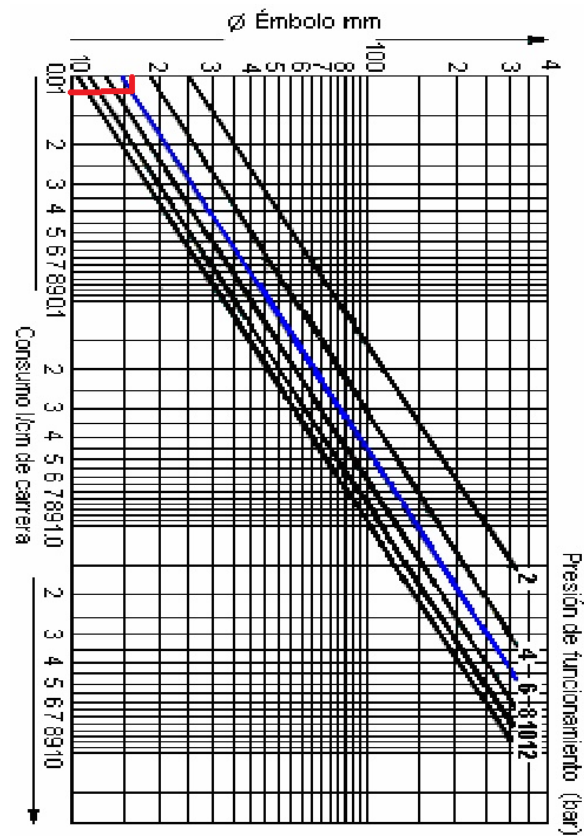


Figura 2.27 Consumo específico del aire.¹⁹

Donde:

$$Q = 2 * n * s * q$$

(Ec. 4.15)

$$n = 3$$

$$s = 5\text{cm}$$

$$q = 0.012 \frac{l}{\text{cm}}$$

Por lo tanto:

$$Q = 2 * 3 * 5 * 0.012$$

$$Q = 0.36 \frac{l}{\text{min}}$$

¹⁹ https://es.scrib.com/document/61580605/Actuadores-Neumaticos#fullscreen&from_em

4.5 Sincronización de los elementos

Para que cada sistema que conforma la máquina empacadora pueda cumplir a cabalidad sus tareas específicas y de manera automática, se requiere que los elementos actúen de manera sincronizada, por tal motivo se necesita de un controlador que se encargue de ejecutar todo el proceso.

Las características principales de selección de este autómatas son:

Tabla 2.15

Características de PLC's

PLC	Características
LOGO V6 Siemens	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación es de 12/24 VDC por lo que necesita una fuente externa. - Interfaz de comunicación serial - Entradas digitales 8, salidas digitales 4, entradas analógicas 4.
Xinje	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación es de 110/220 VAC - Interfaz de comunicación serial - Numero de entradas y salidas digitales (<i>Ver Anexo 2, Tabla 6</i>)
S7-1200 Siemens	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación es de 110/220 VAC - Interfaz de comunicación Ethernet RJ45 - Entradas digitales 8, salidas digitales 6, entradas analógicas 2.

Fuente: (Siemens, 2017), (XC Series Programmable Controller)

El controlador que mejor se adapta a las necesidades para cumplir con esta función y que se ha escogido es el PLC Siemens S7-1200 AC/DC/Relé.



Figura 2.28 Controlador PLC Siemens.²⁰

La programación de este PLC se lo ha realizado en el programa de TIA Portal V13. (Ver Anexo 5)

Las entradas y salidas que se han usado se detallan a continuación con la finalidad de tener una apreciación rápida a las que fueron destinadas.

Tabla 2.16

Entradas y salidas del PLC

ENTRADAS DIGITALES	
DI0	Paro de emergencia (NC)
DI1	Paro de emergencia (NA)
DI2	Pulsador Inicio
DI3	Sensor arrastre
DI4	Sensor sellado vertical
ENTRADA ANALÓGICA	
AI0	Celda de carga
SALIDAS DIGITALES	
DQ0	Cilindro compuerta
DQ1	Cilindro sellado vertical
DQ2	Cilindro sellado horizontal
DQ3	Cilindro de corte
DQ4	Cilindro de arrastre
DQ5	Vibrador electromagnético

Fuente: (Mantilla, 2018), (Antamba, 2018)

²⁰

https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf

4.6 Análisis estructural de la máquina empacadora

A continuación, se presenta el análisis de cargas de la estructura que servirá de soporte de los diferentes sistemas que se acoplarán para realizar la máquina empacadora de snacks, haciendo uso de un software de simulación. La estructura se la realiza en acero inoxidable AISI 304, para un tubo cuadrado de 1 ½ pulgadas.

Tabla 2.17

Cargas aplicadas en la estructura

CARGAS APLICADAS EN LA ESTRUCTURA	
Elemento	Carga (N)
Carga 1 (Sistema de dosificación)	240.1
Carga 2 (Sistema de formado)	88.2
Carga 3 (Sistema de arrastre de funda)	460.6

Fuente: (Mantilla, 2018), (Antamba, 2018)

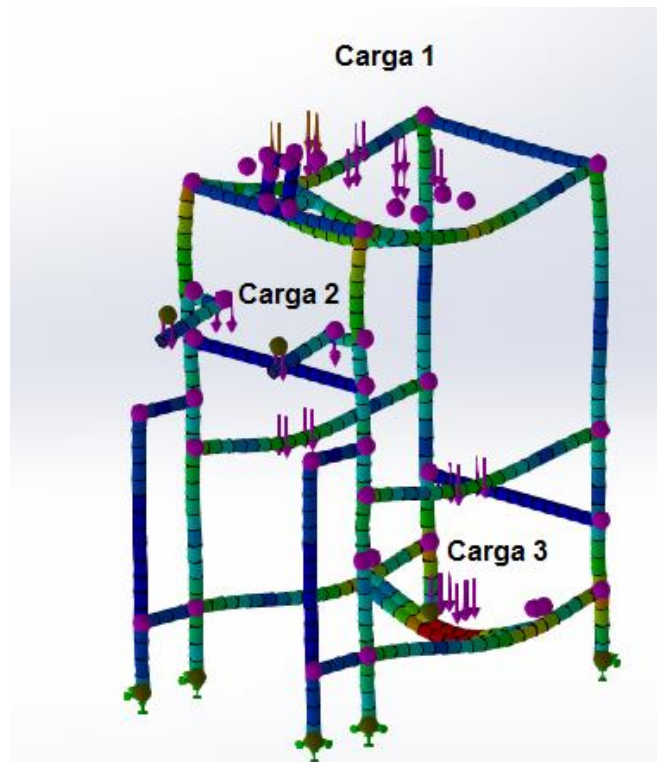


Figura 2.29 Cargas Aplicadas en la estructura

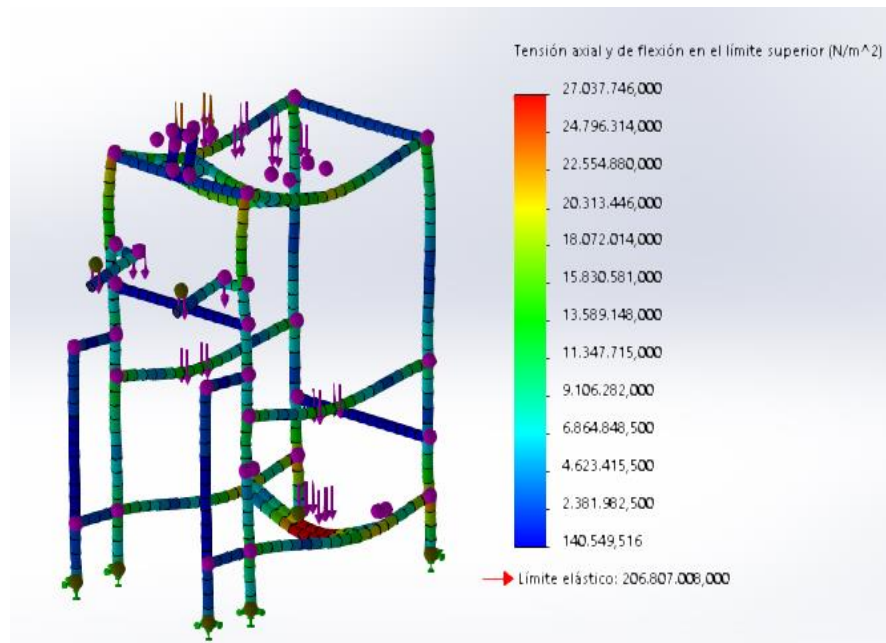


Figura 2.30 Simulación tensión axial y flexión de la estructura

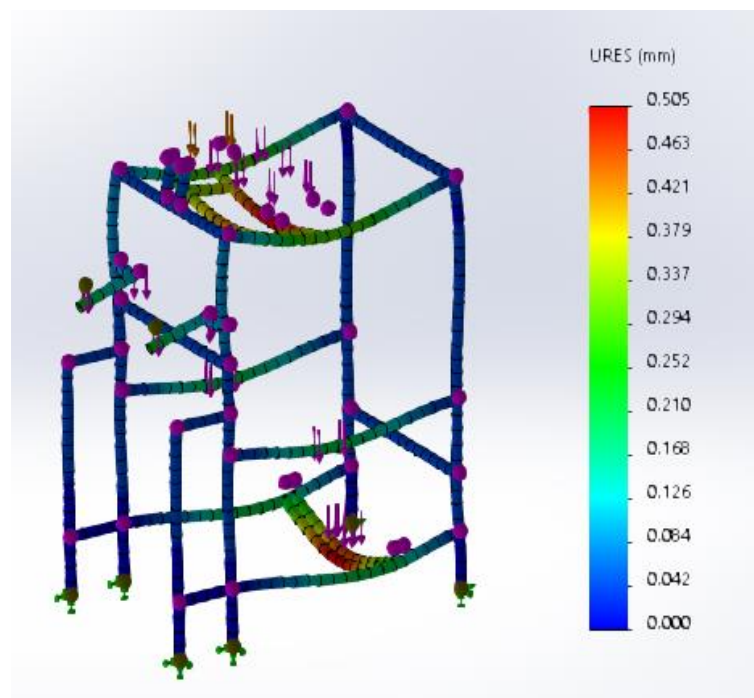


Figura 2.31 Simulación deflexión de la estructura

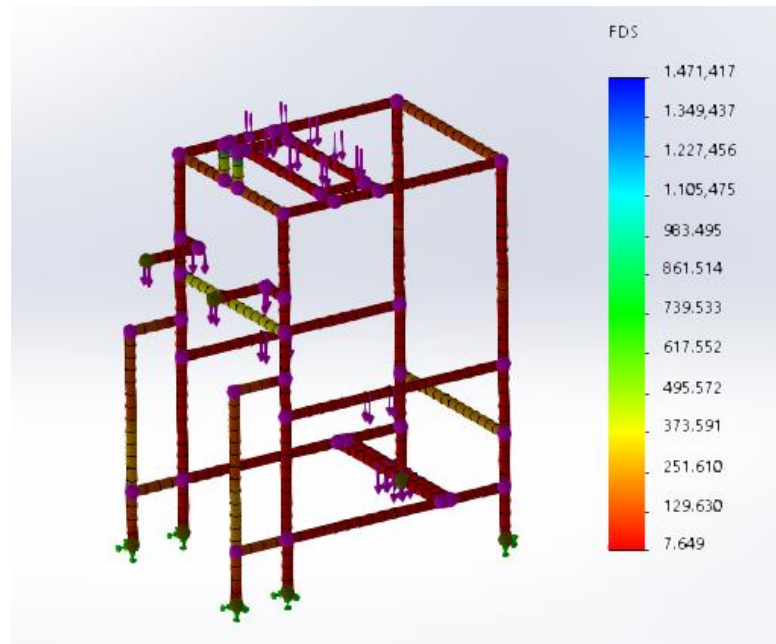


Figura 2.32 Simulación del factor de seguridad de la estructura

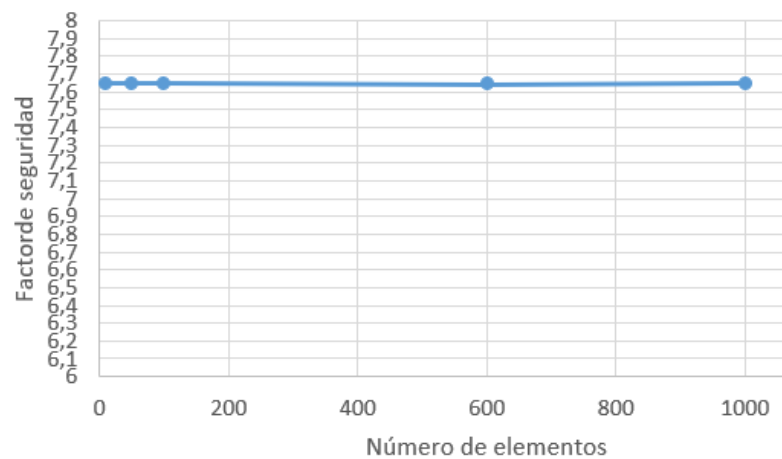


Figura 2.33 Curva de convergencia de la estructura

El análisis de elementos finitos, se lo realiza en un rango de 10 a 1000 elementos en donde se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un error porcentual del 0.09% (Ver figura 2.33), relacionada a la curva de convergencia de la estructura.

CAPÍTULO V

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANALISIS DE COSTOS

5.1 Pruebas de funcionamiento

Los diferentes elementos que conforman el sistema de dosificación deben cumplir perfectamente su función a los que fueron destinados, por lo tanto, se debe realizar la respectiva verificación mediante un conjunto de pruebas.

Para poder comprobar que la implementación del sistema es efectiva, se ha realizado un muestreo del peso del producto cuando se lo hacía de forma manual y automática.

Tabla 2.18

Dosificación manual

Número de pruebas	Peso requerido (gramos)	Peso obtenido (gramos)	Error (gramos)	Error (%)
1	140	164	24	17.14
2	140	167	27	19.28
3	140	162	22	15.71
4	140	158	18	12.85
5	140	161	21	15
6	140	163	23	16.42
7	140	158	18	12.85
8	140	165	25	17.85
9	140	159	19	13.57
10	140	163	23	16.42
Error promedio			22	15.7

Tabla 2.19

Pruebas de pesaje

Número de pruebas	Peso requerido (gramos)	Peso obtenido (gramos)	Error (gramos)	Error (%)
1	140	138	2	1.42
2	140	144	4	2.85
3	140	137	3	2.14
4	140	144	4	2.85
5	140	137	3	2.14
6	140	143	3	2.14
7	140	144	4	2.85
8	140	136	4	2.85
9	140	142	2	1.42
10	140	138	2	1.42
Error promedio			3.4	2.2

El ahorro de producto por dosis promedio es 18.6 gramos, generando así 23 fundas por hora adicionales en la producción.

La cantidad de dosificaciones se incrementó de 54 a 180 por hora aproximadamente, cumpliendo con la restricción de la microempresa, e incluso supera la cantidad para una mayor producción.

5.2 Análisis de costos

Debido a que este proyecto de investigación está integrado por tres sistemas para la construcción de una máquina empacadora, se detallará el costo del sistema de dosificación y los costos compartidos para la conformación de la máquina.

5.2.1 Costo total del sistema de dosificación

Tabla 2.20

Costos de materiales e insumos directos

Material	Descripción	Cantidad	Costo unidad (USD)	Total (USD)
Cilindro neumático				
doble efecto	MI 16X50SCA	1	53.27	53.27
Regulador de flujo	M5X6MM	2	6.74	13.48
Electroválvula 5/2	AirTac 4V110-06	1	15	15
Racor recto	6mm	3	1.91	5.73
Silenciador	Bronce sintetizado 1/8"	2	1.85	3.70
Lámina	Acero inox. 304 Mate 1mm	1	82	82
Placa retazo	Acero inox. 304 100x4x0.4 cm	1	10.69	10.69
Vibrador electromagnético	Electromagnético	1	200	200
Amplificador de instrumentación	SG-3016 Isolated strain gauge input modulo	1	50	50
Relé estado sólido	25A 95-250V/24-380	1	14.24	14.24
Módulo ethernet shield	ENC28J60	1	11	11
Pantalla touch de arduino	LCD TFT 3.2"	1	39.5	39.5
Escudo pantalla touch	Shield TFT	1	10	10
Celda de carga	HMB PW16AC3 5KG	1	92.34	92.34
Acero inox Ø25.4cm				
Tubo redondo	espesor 1mm	2m	5.16	10.32
Perno1	Acero inox. M8x50mm	2	0.35	0.70
Tuerca1	Acero inox. M8	2	0.15	0.30
Arandela plana1	Acero inox.	2	0.10	0.20

M8				
Perno2	Acero inox. M6x40mm	2	0.35	0.70
Perno3	Acero inox. M6x30mm	2	0.35	0.70
Tuerca3	Acero inox. M6	2	0.15	0.30
Perno4	Acero inox. 3/8"x1"	2	0.35	0.70
Arandela plana4	Acero inox. 3/8"	4	0.10	0.40
Perno5	Acero inox. 3/8"x2"	2	0.35	0.70
Anillo de retención	Externo	5	0.10	0.50
			Total	616.47

Tabla 2.21

Costos de mecanizado y ensamblaje

Mecanizado y ensamblaje	300
Total	300

Para el mecanizado y ensamblaje se alquiló un taller con las herramientas necesarios para poder construirla.

Tabla 2.22

Costos de materiales e insumos indirectos

Material	Descripción	Cantidad	Costo unidad (USD)	Total (USD)
Lija	#100	4	0.60	2.40
Disco de corte	Para metal	2	1.75	3.5
Disco de lija	FLAP41/2X7/8	1	3	3
Ácido	Para acero inox.	1	7.5	7.5
Brocha	Tipo escobilla	1	1.25	1.25
			Total	17.65

Por lo tanto, realizando la suma total se tiene como resultado:

Tabla 2.23

Costo total del sistema de dosificación

Costos de materiales e insumos Directos	616.47
Costos de materiales e insumos Indirectos	17.65
Total	634.12

5.2.2 Costos directos e indirectos compartidos

A continuación, se presentan una tabla de costos que están vinculados directamente con la fabricación de la máquina, pero que son compartidos entre los integrantes que desarrollan la máquina empacadora de snacks, referidos a la automatización y materiales para la estructura.

Tabla 2.24

Costos directos compartidos

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Tubo	Acero inoxidable 304 1½'x 1½'x6m	3	60,00	180,00
2	PLC siemens	SIMATIC S71200 CPU 1212C. DC/DC/RLY	1	320,00	320,00
3	Caja	250x400x600	1	50,00	50,00
4	Caja	250x250x250	1	21,00	21,00
5	Paro de emergencia	Hongo retenido	1	4,74	4,74
6	Bloque de contacto	NO-NC	2	1,95	3,90
7	Pulsador	NO	1	3,18	3,18
8	Selector dos posiciones	NC	1	3,85	3,85
9	Borneras		35	0,65	22,75

10	Puentes para borneras		3	1,35	4,05
11	Canaleta ranurada	DEXON 25x25 Gris	2	3,2	6,40
12	Unidad de mantenimiento	Airtac 1/4'	1	65,00	65,00
13	Acople rápido	Plug 1/4' Macho	1	1,99	1,99
14	Válvula de corredera	AIRTAC 1/4'	1	12,60	12,60
15	Unión TEE	6 mm	4	2,03	8,12
16	Tubo poliuretano	6 mm	10	0,95	19,00
17	Lámina polipropileno	Lámina 32 cm de ancho	5	4,35	21,75
18	Luz piloto	Amarilla 110V	1	1,50	1,50
19	Luz piloto	Roja 110V	1	1,50	1,50
20	Luz piloto	Verde 110V	1	1,50	1,50
21	Cable concéntrico	#10	3	1,50	4,50
22	Cable rojo	# 16	12	0,30	3,60
23	Cable negro	# 16	12	0,30	3,60
24	Cable amarillo	# 16	12	0,30	3,60
25	Cable blanco	# 16	4	0,30	1,20
26	Breaker	Schneider 1 polo	1	2,45	2,45
27	Enchufe	Tipo B	1	1.25	1.25
28	Riel DIN	2 m	1	2,00	2,00
29	Presas estopa	1/2'	3	1,25	3,75

30	Tornillo semiesférico	Acero negro Ø 3/8'x1'	7	0,12	0,84
31	Tuerca hexagonal	Acero Negro Ø3/8'	7	0,05	0,35
32	Tornillo hexagonal	Acero negro Ø 1/4'x3/8'	6	0,08	0,48
33	Tuercas hexagonales	Acero negro Ø1/4'	6	0,05	0,30
34	Mano de obra			900,00	900,00
				Total	1679,5

Fuente: (Mantilla, 2018), (Antamba, 2018)

Tabla 2.25

Costos indirectos compartidos

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Hoja de cierra	Samplex #18	3	1,50	4,50
2	Disco lija	N° 180	1	3,00	3,00
3	Lija de agua	N° 180	6	0,35	2,10
4	Lija de agua	N° 220	6	0,35	2,10
5	Cinta doble faz		1	2,00	2,00
6	Manguera espiral	Ø1/2'	3	0,35	1,05
7	Argón	Tanque de 3m cúbicos	1	32,00	32,00
8	Aporte de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 Ø 1/16'x40mm	20	0,35	7,00
9	Limpiador de acero inoxidable		1	7,50	7,50
				Total	61,25

Fuente: (Mantilla, 2018), (Antamba, 2018)

5.2.5 Costo total de la máquina empacadora.

Tabla 2.26

Costo total de la máquina empacadora

Costo total del sistema de dosificación	634.12
Costo total del sistema de formado, guiado y arrastre de funda	1128.23
Costo total del sistema de sellado horizontal y vertical	1390.21
Costos compartidos directos e indirectos	1740.75
Total	4893.31

Fuente: (Mantilla, 2018), (Antamba, 2018)

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se determinó que el sistema de dosificación implementado, redujo el error de peso en un 84.54% con respecto a la dosificación manual.

Se redujo el tiempo de empaclado por hora en un 70.27% de las papas chips de 140g. con respecto al tiempo que tomó hacerlo de manera manual.

Mediante la implementación de la máquina empacadora de snacks, la producción de papas chips se triplicó, debido a los empaques que genera y el ahorro de producto por dosis promedio.

RECOMENDACIONES

Este sistema de dosificación fue diseñado para dosificar papas chips, en caso de colocar otro tipo de producto, puede alterar el funcionamiento.

Utilizar el manual de funcionamiento y calibración para dar un mejor uso de la máquina ya que está diseñado para realizar operaciones específicas.

Utilizar el diagrama eléctrico cuando se realice el cambio o verificación de algún dispositivo electrónico.

Realizar calibraciones en los diferentes sistemas que conforman la máquina empacadora con la finalidad de obtener un producto final de calidad y competitivo en el mercado.

Como trabajos futuros referente a este tema se puede implementar un módulo de pesaje de PLC, para reducir al máximo interferencias externas, y por ende el porcentaje de error del peso del producto a dosificar.

Bibliografía

- American National Standard/NSF International Standard. (n.d.). Retrieved from <http://www.cromarbo.be/documentsPDF/certification-nsf.pdf>
- Antamba, J. (2018, Diciembre 21). Sistema de sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de snacks. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Arce, D. (2016, Diciembre 20). *FESTO PNEUMATIC*. Retrieved from https://es.scribd.com/document/61580605/Actuadores-Neumaticos#fullscreen&from_embed
- Arduino*. (n.d.). Retrieved from <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/07/04/ethernet-shield/>
- ASTIMEC S.A.* (n.d.). Retrieved from <https://astimec.net/imagenes/2017/09/empacadora-por-pesaje-de-una-balanza-asa-wpa-1bxs.pdf>
- BCI INGENIERIA*. (n.d.). Retrieved from <http://www.bci.co/productos/pesaje/celdas-carga/single-point-premium/hbm-pw6.html>
- Bonilla , D. (2014). *Diseño, construcción e implementación de un banco didáctico electroneumático para laboratorio de neumática de la escuela de ingeniería mecánica*. Riobamba.
- EQUIPOS DE ENVASADO S.L.* (n.d.). Retrieved from <https://logismarketmx.cdnwm.com/ip/equipenvas-ensadora-vertical-ensadora-vertical-modelo-evx260-920827.pdf>
- Erazo, V. A. (2017). Máquina dosificadora de cuajada para el moldeado de quesos frescos. *Yura*.
- EXAKTApack*. (n.d.). Retrieved from <https://www.exaktapack.es/es/productos/pesadoras-multicabezal/>
- Facultad de Ciencias Químicas y Farmaceuticas*. (2006). Retrieved from : http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/cocio_c/sources/cocio_c.pdf
- FESTO*. (2015). Retrieved from https://www.festo.com/cms/es_es/16983.htm

- GAMa básculas*. (n.d.). Retrieved from <http://www.basculasgama.com.ar/post/consideraciones-a-tener-en-cuenta-al-comprar-una-ba-scula-para-pesar-camiones1.pdf>
- García, E. (2012). Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1902/5/04%20Diseno%20construccion%20dosificadores.pdf>
- Gómez, L. (2014). Retrieved from <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8728/1/Tesis%20I.%20M.%20232%20-%20G%C3%B3mez%20Ippiales%20Luis%20Eduardo.pdf>
- Guerra, Á. (2011). *Modelado y optimización de un dispositivo dosificador automático de aditivos alimentarios comprimidos empleando DEM (Discrete element Method)*.
- HBM*. (n.d.). Retrieved from <http://www.bci.co/catalogo/Catalogo-pw6.pdf>
- HETPRO*. (2017). Retrieved from <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/pantalla-tft-rgb-2-2/>
- Iperty, N. (2013). *Diseño e implementación de un banco electroneumático por medio de un escada utilizando el software labview para la práctica de los estudiantes de automatización*. Guayaquil.
- Isolated Strain Gauge*. (n.d.). Retrieved from <http://www.icpdas.com/download/3000/manual/sg-3016.pdf>
- Iza, M. (2015). *Diseño y construcción de una máquina dosificadora y empacadora controlada por PLC para la línea de producción de snacks de la empresa ECUAMEX S.A.* Sangolquí.
- Lucas A., J. C. (2011, Agosto). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Retrieved from <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/1317/905>
- Mantenimiento Industrial*. (2014). Retrieved from <http://automantenimiento.net/hidraulica/funcionamiento-y-tipos-de-valvulas-direccionales-o-de-vias/>
- Mantilla, A. (2018, Diciembre 21). Sistema de formado, guiado y arrastre de funda para una máquina empacadora de snacks. Ibarra, Imbabura, Ecuador.

- Micro Automatización*. (n.d.). Retrieved from <http://www.microautomacion.com/catalogo/02Valvulas.pdf>
- Moreno, E. (2010). *Diseño de una máquina empacadora, dosificadora y selladora de fundas para arroz*. Quito.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Pearson Educación.
- National Kwikmetal Service. (2017). Retrieved from http://www.nks.com/es/distribuidor_de_acero_inoxidable/acero_inoxidable_304.html
- Pallás, R. (2009). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. marcombo.
- Siemens. (2012). Retrieved from https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf
- Siemens. (2017). Retrieved from <https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/LISTA%20DE%20PRECIOS%20SIEMENS%20MAYO24%202017.pdf>
- SIEMENS. (n.d.). *Signal Modules*. Retrieved from <http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/sistemas-de-pesaje-y-dosificacion/weighing-electronics/plc-based-weighing-modules/pages/weighing-module-siwarex-wp231.aspx>
- Southern, C. (2006). Reducing oil content of fried potato crisps.
- TECNIDOS. (2015). *Módulos para PLC*. Retrieved from <http://tecnidos.com/index.php/productos/pesaje-industrial/modulos-para-plc/>
- UTFSM, D. d. (n.d.). *Fundamentos de Electrónica*. Retrieved from <http://www2.elo.utfsm.cl/~ild208/apuntes/cap4.pdf>
- Villarreal, R. (2010). *Implementación de un módulo didáctico para la perforación múltiple de piezas en serie que permita mejorar la enseñanza y aprendizaje en el área de neumática y control*. Quito.
- VISHAY PRECISION GROUP. (n.d.). Retrieved from <http://www.ingelsoft.com/docs/tedea/240d.pdf>
- Weidmuller. (n.d.). Retrieved from http://www.weidmuller.com.mx/docs/cw_index_v2.aspx?id=95137&do mid=1031&sp=M&m1=91500&m2=91509&m3=95136&m4=95137

XC Series Programmable Controller. (n.d.). Retrieved from

http://www.viaindustrial.com/manuales_pdf/Manual%20Ingles%20Controladores%20logicos%20programables%20PLC%20baja%20gama%20no%20expandibles%20entradas%20digitales%20XC3-14R-C%20XINJE.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

DIAGRAMAS

DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL PANEL DE CONTROL

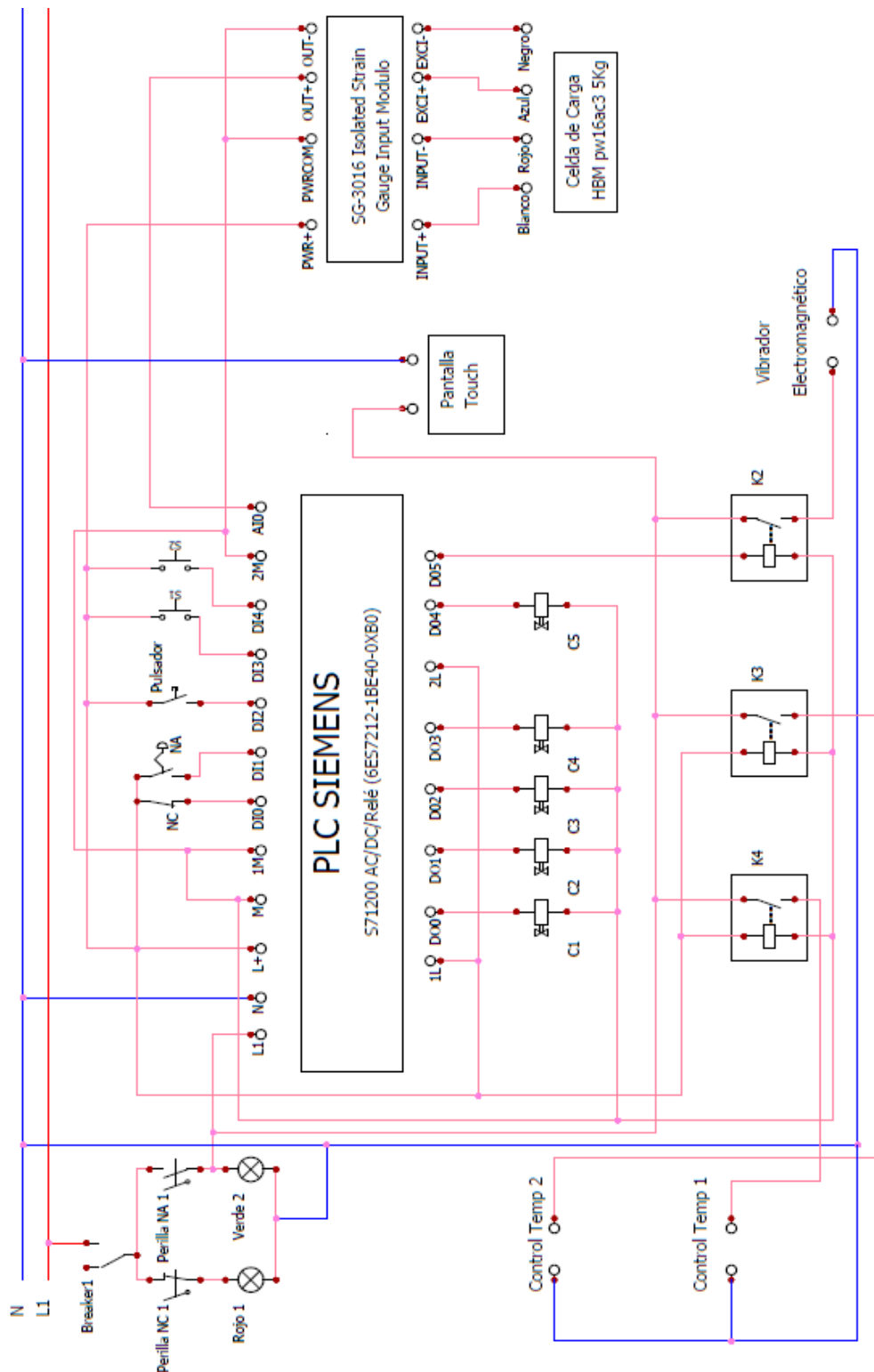


Diagrama 1. Conexiones Panel de Control

DIAGRAMA NEUMÁTICO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

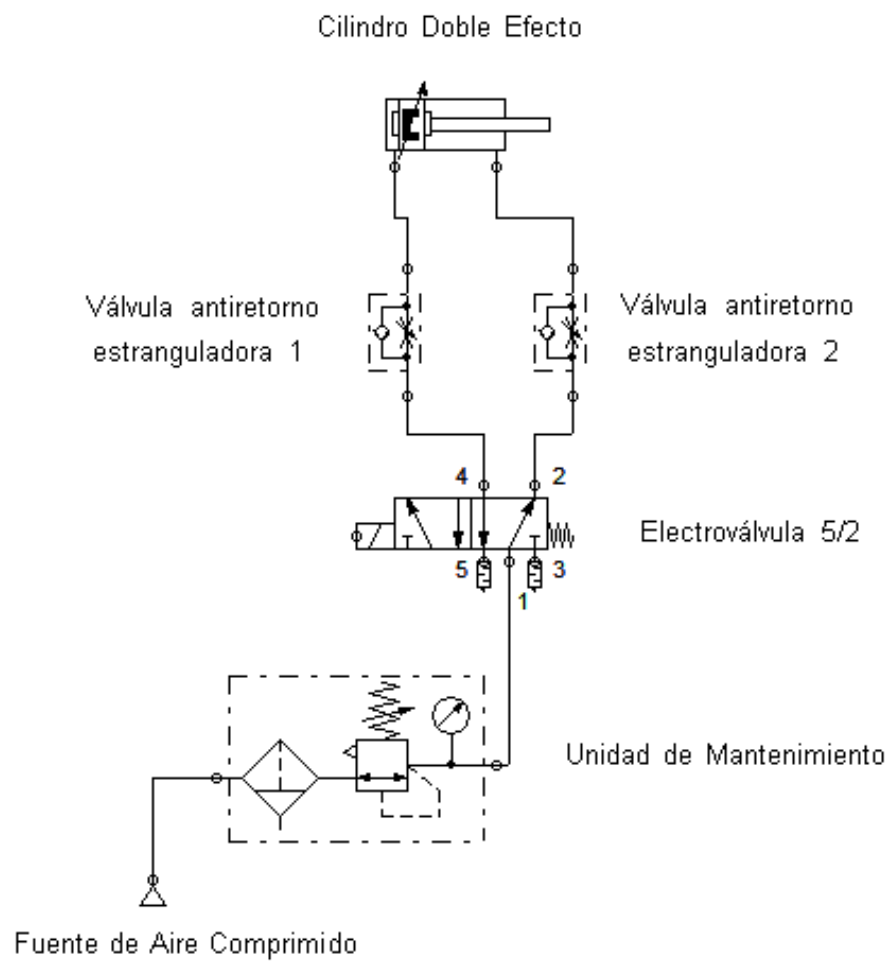
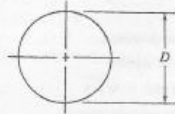
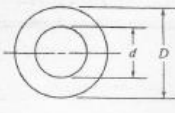
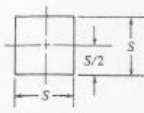
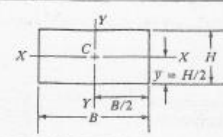
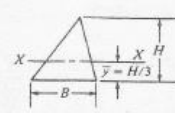


Diagrama 2. Conexión Neumática del cilindro apertura y cierre de compuerta.

ANEXO 2

TABLAS

APÉNDICE 1 PROPIEDADES DE LAS ÁREAS	
a) Círculo	 $A = \pi D^2/4 \quad r = D/4$ $I = \pi D^4/64 \quad J = \pi D^4/32$ $S = \pi D^3/32 \quad Z_p = \pi D^3/16$
b) Círculo hueco (tubo)	 $A = \pi(D^2 - d^2)/4 \quad r = \sqrt{D^2 + d^2}/4$ $I = \pi(D^4 - d^4)/64 \quad J = \pi(D^4 - d^4)/32$ $S = \pi(D^4 - d^4)/32D \quad Z_p = \pi(D^4 - d^4)/16D$
c) Cuadrado	 $A = S^2 \quad r = S/\sqrt{12}$ $I = S^4/12$ $S = S^3/6$
d) Rectángulo	 $A = BH \quad r_x = H/\sqrt{12}$ $I_x = BH^3/12 \quad r_y = B/\sqrt{12}$ $S_x = BH^2/6$
e) Triángulo	 $A = BH/2 \quad r = H/\sqrt{18}$ $I = BH^3/36$ $S = BH^2/24$
A-1	

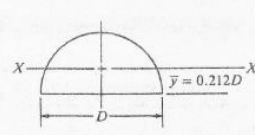
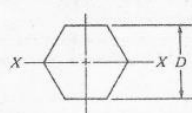
A-2		Apéndices
f) Semicírculo	 $A = \pi D^2/8 \quad r = 0.132D$ $I = 0.007D^4$ $S = 0.024D^3$	
g) Hexágono regular	 $A = 0.866D^2 \quad r = 0.264D$ $I = 0.06D^4$ $S = 0.12D^3$	
<p> $A = \text{área}$ $I = \text{momento de inercia}$ $S = \text{módulo de sección}$ $r = \text{radio de giro} = \sqrt{I/A}$ $J = \text{momento polar de inercia}$ $Z_p = \text{módulo polar de sección}$ </p>		

Tabla 1. Propiedades de las Áreas.

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

1. Descripción: éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.08 % C mín
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

NOTA:

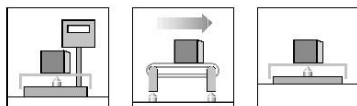
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO INOXIDABLE- AISI 304

Tabla 2. Propiedades del Acero Inoxidable AISI 304.

PW6D...

Single point load cells



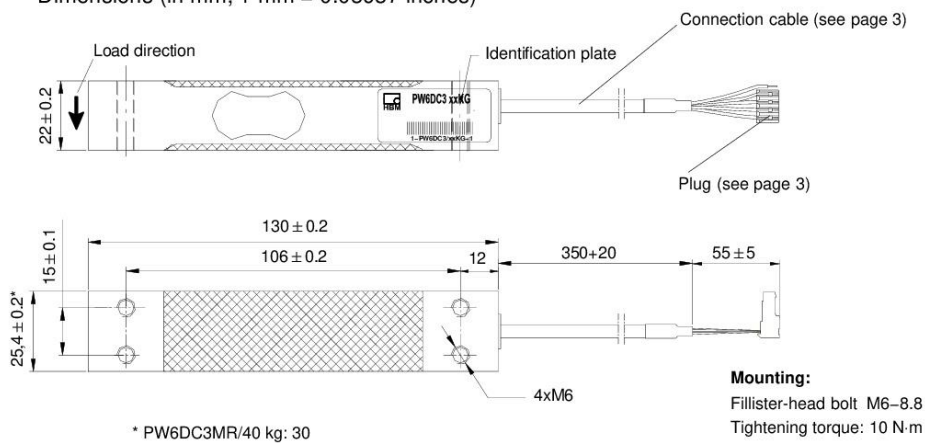
Special features

- Accuracy class C3 with OIML-R60 test report
- Max. capacities: 3 kg ... 40 kg
- Off center load compensated (OIML R 76)
- Degree of protection IP67 (according to EN 60 529)
- Shielded connection cable
- Optimized for dynamic weighing applications

Optional:

- Connection cable in six wire circuit
- Different cable lengths
- Aligned output, suitable for connection in parallel

Dimensions (in mm; 1 mm = 0.03937 inches)



Specifications

Type	PW6D...							
Accuracy class ¹⁾	C3, C3MR							
Maximum number of load cell intervals (n_{LC})	3000							
Maximum capacity (E_{max})	kg	3	5	10	15	20	30	40
Minimum LC verification interval (v_{min}), (Accuracy class C3)	g	0.5	1	2	2	5	5	10
Temperature effect on zero balance (TK_0), (Accuracy class C3)	% of C_N / 10 K	±0.0233	±0.0280	±0.0280	±0.0186	±0.0350	±0.0233	±0.0350
Minimum LC verification interval (v_{min}), (Accuracy class C3MR)	g	0.2	0.5	1	1	2	2	5
Temperature effect on zero balance (TK_0), (Accuracy class C3MR)	% of C_N / 10 K	±0.0093	±0.0140	±0.0140	±0.0093	±0.0140	±0.0093	±0.0175
Max. platform size	mm	300 x 300						
Sensitivity (C_N)		2.0 ± 0.2						
Zero signal	mV/V	0 ± 0.1						
Temperature effect on sensitivity (TK_C) ²⁾ in the temperature range +20 ... +40 °C [+68 ... +104 °F] -10 ... +20 °C [+14 ... +68 °F]	% of C_N / 10 K	±0.0175 ±0.0117						
Relative reversibility error (d_{hy}) ²⁾		±0.0166						
Non-linearity (d_{ln}) ²⁾		±0.0166						
Ratio of minimum dead load output return (DR)	% of C_N	±0.0166						
Off-center load error ³⁾		±0.0233						
Input resistance (R_{LC})		380 ± 38						
Output resistance (R_0)	Ω	380 ± 38						
Reference excitation voltage (U_{ref})		5						
Nom. range of excitation voltage (B_U)	V	1 ... 12						
Isolation resistance (R_{is}) at 100 V _{DC}	GΩ	> 2						
Nominal (rated) range of ambient temperature (B_T)		-10 ... +40 [+14 ... +104]						
Operating temperature range (B_{tu})	°C [°F]	-10 ... +50 [+14 ... +122]						
Storage temperature range (B_{tl})		-25 ... +70 [-13 ... +158]						
Limit load (E_L) ^{*)}	% of E_{max}	150						
*) at max. eccentricity	mm	100						
Lateral load limit (E_{lq}), static	%	300						
Breaking load (E_d)	of E_{max}	300						
Nominal (rated) displacement at E_{max} (s_{nom}), approx.	mm	< 0.18	< 0.18	< 0.19	< 0.21	< 0.23	< 0.28	< 0.29
Natural frequency, approx.	Hz	270	390	500	600	675	760	790
Weight (G), approx.	kg	0.25						
Degree of protection acc. to EN 60 529 (IEC 529)		IP67						
Material: Measuring body Application protection Cable sheath		Aluminum Silicone caoutchouc PVC						

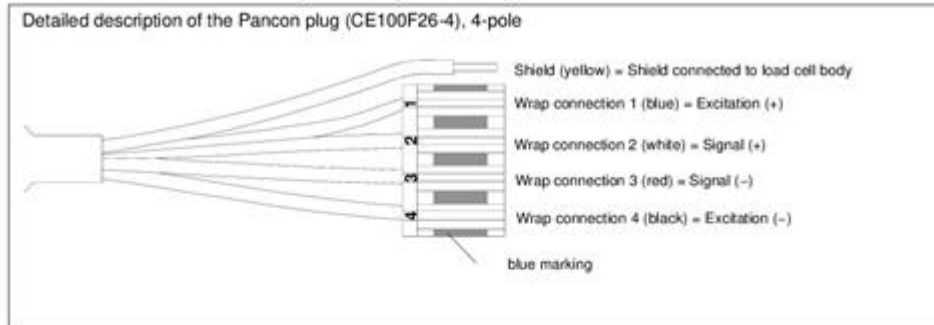
¹⁾ According to OIMLR60 with $P_{LC} = 0.7$

²⁾ The values for linearity deviation (d_{ln}), relative reversibility error (d_{hy}) and temperature effect on sensitivity (TK_C) are recommended values. The sum of these values remain within the cumulated error limit acc. to OIML R60.

³⁾ Nach OIML R76

Wiring code

Connection with 4 wire cable (cable length: 0.35 m)



Connection with 6 wire cable (cable length, selectable: 0.35 m; 1.5 m; 3 m; 6 m)

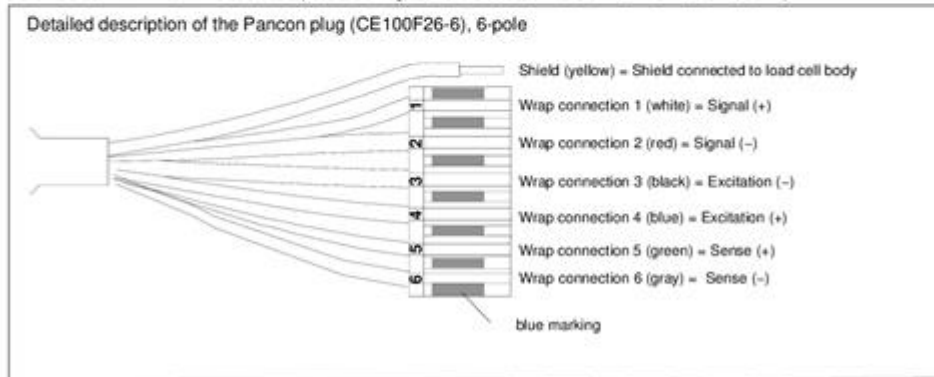


Tabla 3. Celda de Carga Uni-punto.

**SG-3016 Isolated Strain Gauge Input Module
User's Manual**

Introduction

The SG-3016 is a voltage input to voltage or current output signal conditioning module. It has 1000 V_{DC} three-way isolation for input, output and power. And can change the input/output range via internal configuration switches.

The SG-3016 has an LED display to show whether the SG-3016 is functioning correctly and has three VRs (Zero, Span, Exci) to calibrate the input/output range accuracy.

The bandwidth of the SG-3016 is typically 600 Hz. It's easy to mount the SG-3016 on a standard DIN rail and can operate in environments with wide temperature range.

Specifications

Voltage Specifications:

- Electrical input: ± 10 mV, ± 20 mV, ± 30 mV, ± 50 mV, ± 100 mV
- Excitation voltage: 1 ~ 10 V_{DC} (20 mA max.)

Voltage output:

- Bipolar: ± 5 V_{DC}, ± 10 V_{DC}
- Unipolar: 0 ~ 5 V_{DC}, 0 ~ 10 V_{DC}
- Output impedance: $< 5 \Omega$

Current output:

- Current: 0 ~ 20 mA
- Current load resistor: 0 ~ 500 Ω (Source)

General

- Three-way isolation: 1000 V_{DC}
- Accuracy: ± 0.1 % of full range
- Bandwidth: 600 Hz (typical) @ -3 dB
- Operation temperature range: -25 °C ~ 75 °C
- Storage temperature range: -30 °C ~ 85 °C

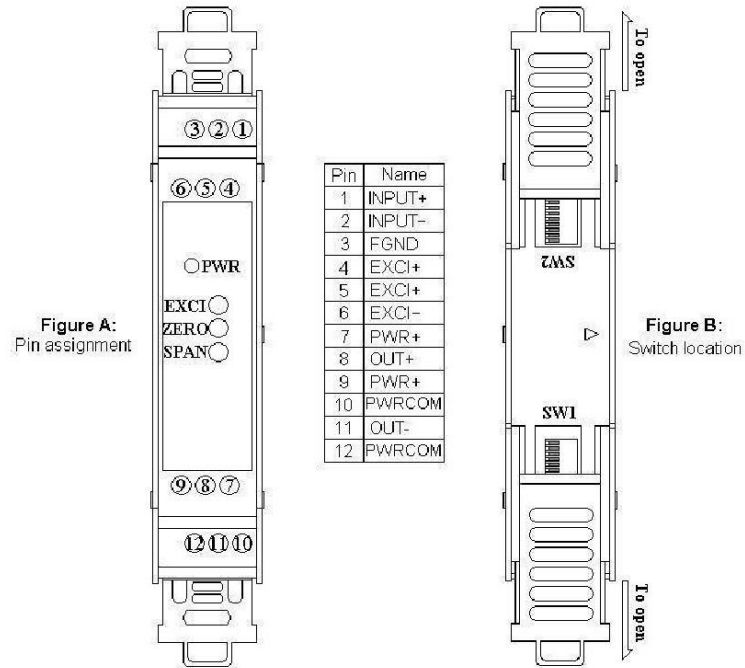
Supply Voltage

- Input Range: 10 ~ 30 V_{DC}
- Consumption: 1.44 W (voltage output)
1.74 W (current output)

Configure

The terminal wiring for the SG-3016 is shown in Figure A. Positive power terminals pin's 7 and 9 are internally connected, as are negative pins 10 and 12. Power can be connected through the adjacent modules, making wiring much easier. The SG-3016 uses a power input range of 10 ~ 30 Vdc.

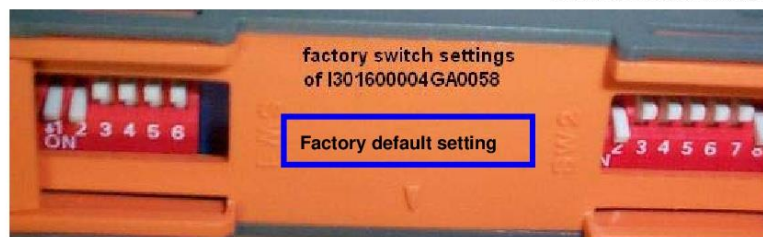
Table 1 and table 2 show the switch positions used to configure the input and output range. The I/O configuration switches are located inside the module. And can be accessed by removing the DIN-rail bracket covers by sliding them in the direction shown in Figure B.



Factory default setting and label

Switch setting : ■ ON □ OFF														
SG3016 Configuration	(SW1)						(SW2)							
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8
(INPUT)														
±10mV	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□
* ±20mV	□	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□
±30mV	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□
±50mV	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□
±100mV	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□
(OUTPUT)														
* ±0~10V	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■
±0~5V	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□
0~10V	■	■	□	□	■	■	□	□	□	□	□	□	■	□
0~5V	■	■	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	■	□
0~20mA	□	□	■	■	■	□	□	□	□	□	□	■	□	□

* Factory default setting



Ver1.6 · 2016/04/06 · ~3~

Tabla 4. Amplificador de Instrumentación.

	Conocimiento de las cargas	Conocimiento del esfuerzo	Conocimiento del entorno	Conocimiento del material	Factor de seguridad
1	Determinación precisa	Determinación precisa	Condiciones controlables	Muy conocido	1.25-1.5
2	Determinado fácilmente	Determinado fácilmente	Razonablemente constante	Muy conocido	1.5-2.0
3	Determinable	Determinable	Ordinario	Promedio	2.0-2.5
4	Promedio	Promedio	Promedio	Menos probado o frágil	2.5-3.0
5	Promedio	Promedio	Promedio	No probado	3.0-4.0
6	Incierto	Incierto	Incierto	Mejor conocido	3.0-4.0

Tabla 5. Factor de seguridad y circunstancias en las cuales se usan.

XCI series models:

		Model				Input (DC24V)	Output (R, T)
		AC Power		DC Power			
Type		Relay Output	Transistor Output	Relay Output	Transistor Output		
	N P N	XC3-16R-E	XC3-16T-E	XC3-16R-C	XC3-16T-C	8 points	8 points
XC3-24R-E		XC3-24T-E	XC3-24R-C	XC3-24T-C	12 points	12 points	
XC3-32R-E		XC3-32T-E	XC3-32R-C	XC3-32T-C	16 points	16 points	
P N P	XC3-16PR-E	XC3-16PT-E	XC3-16PR-C	XC3-16PT-C	8 points	8 points	
	XC3-24PR-E	XC3-24PT-E	XC3-24PR-C	XC3-24PT-C	12 points	12 points	
	XC3-32PR-E	XC3-32PT-E	XC3-32PR-C	XC3-32PT-C	16 points	16 points	

Tabla 6. Entradas y salidas del PLC Xinje.

ANEXO 3

MANUALES

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MÁQUINA
EMPACADORA

MANTENIMIENTO MECÁNICO

Antes del uso

Elemento de mantenimiento	Trabajo	Detalle u observaciones
Ejes guías de las mordazas del sellado horizontal	Lubricar	Aceite lubricante WD-40
Guías de desplazamiento del sistema de arrastre	Lubricar	Aceite lubricante WD-40
Formador de funda	Limpiar	Paño seco que no desprenda pelusa

Antes y después del uso

Elemento de mantenimiento	Trabajo	Detalle u observaciones
Tolva de almacenamiento	Limpiar residuos	Paño seco que no desprenda pelusa
Tolva de pesaje	Limpiar residuos	Paño seco que no desprenda pelusa
Bandeja Transportadora	Limpiar residuos	Paño seco que no desprenda pelusa

Semanal

Elemento de mantenimiento	Trabajo	Detalle u observaciones
Cuchillas	Inspeccionar el filo de la cuchilla	
Chumacera UCF 204-12	Lubricar	Aceite lubricante WD-40

Mensual

Elemento de mantenimiento	Trabajo	Detalle u observaciones
Mordazas de sellado horizontal	Ajuste y alineación	
Bocines	Lubricación	Aceite lubricante WD-40
Rodamientos 6000-2RSC3	Lubricar e inspeccionar su estado	Aceite lubricante WD-40
Pernos y tuercas	Realiza reajustes	

MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO

Mensual

Elemento de mantenimiento	Trabajo	Detalle u observaciones
Electroválvula 4V110-06	Comprobación de activación	Encendido del led interno
Celda de carga HBM pw6-c3-5	Comprobación de voltaje de salida	Variación de voltaje en multímetro
Amplificador de instrumentación	Calibración	Regirse al manual de calibración
Sensores magnéticos CS1-B1	Comprobación de respuesta	Encendido del led interno

Semestral

Elemento de mantenimiento	Trabajo	Detalle u observaciones
PLC S7-1200 AC/DC/Rly	Reajuste de conexiones	Regirse al diagrama circuital
Cableado	Reajuste de terminales	Comprobar continuidad

MANUAL DE DETECCIÓN DE FALLAS DE LA MÁQUINA EMPACADORA

Posibles Fallas	Posibles Razones	Acción
No enciende	Desconexión de red eléctrica	Conectar a la red eléctrica
	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación en las borneras de distribución
Cilindros no funcionan	Falta de presión	Ajustar a la presión adecuada en la unidad de mantenimiento.
	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación a las electroválvulas.
	Daño en la electroválvula	Reemplazo o mantenimiento de electroválvula.
Vibrador no funciona	Daño en la bobina	Reemplazo de la bobina
	Incorrecto ajuste del tornillo.	Calibrar tornillo.
Mala elaboración de fundas	Desalineación de la lámina de polipropileno	Calibrar los topes en los rodillos guía.
Mordazas no calientan	Daño en las resistencias	Reemplazo de resistencia
	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación al SSR
	Daño en relé de estado sólido (SSR)	Reemplazar SSR
No corta la funda	Cuchilla de corte sin filo	Reemplazo de cuchilla de corte
	Desplazamiento de cuchilla de corte	Calibrar desplazamiento.
Apagado instantáneo	Salto del breaker	Activar el breaker

MANUAL DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

1. Verifique que en la tolva de pesaje no se encuentre producto
2. Encienda la máquina desde la perilla del tablero de control
3. Abra la puerta del tablero de control
4. Ubique el terminal positivo del multímetro en el pin 4 del amplificador de instrumentación, y el negativo en el 6. Y verifique que el valor del voltaje sea de 4,54V. Caso contrario ajuste el potenciómetro EXCI.
5. Ubique el terminal positivo del multímetro en el pin 8 del amplificador de instrumentación, y el negativo en el pin 11.
6. Ponga el multímetro en el rango de los milivoltios corriente continua.
7. Verifique que los milivoltios visualizados sea lo más aproximado a 0, caso contrario reajuste este valor moviendo el potenciómetro ZERO del amplificador de instrumentación.
8. Ubique en la tolva de pesaje un elemento con peso conocido y realice la siguiente operación:

$$(Peso\ del\ elemento * 10)/5000$$

9. Con el valor obtenido ajustamos el potenciómetro SPAN del amplificador de instrumentación hasta obtener dicho valor
10. Saque el elemento puesto en la tolva de pesaje y apague la máquina.

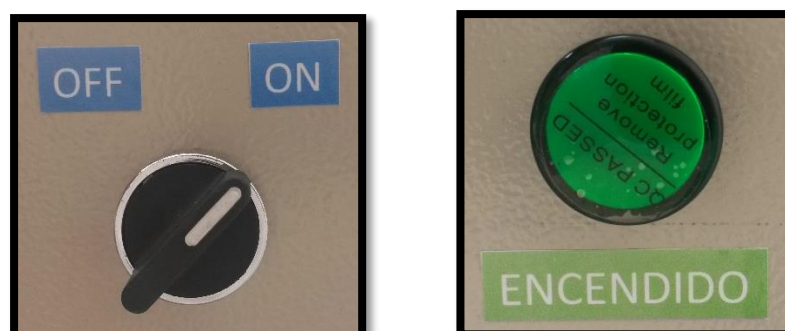
MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EMPACADORA

Encendido

1. Antes del encendido verificar que enchufe esté conectado a la red de alimentación 120 V.
2. Verificar que el Breaker que se encuentra dentro del panel de control este en la posición ON.
3. Verificar que la perilla de encendido este en la posición OFF, la cual también se podrá comprobar con la luz piloto de color rojo encendida.



4. Verificar que la puerta del panel de control esté cerrada, la cual se podrá comprobar con la luz piloto de color amarillo cuando se apague.
5. Dado todas las condiciones anteriores proceder a girar la perilla a la posición ON, realizado esta acción, se encenderá la luz piloto de color verde.



Antes de la puesta en marcha

1. Antes de presionar la puesta en marcha se debe ubicar la lámina de polipropileno en el eje porta bobinas.
2. Verificar que los conos de sujeción estén bien colocados y ajustados a los extremos de la lámina de polipropileno.
3. Conducir la lámina por los rodillos guías hasta el formador.
4. Alinear la lámina de polipropileno en el formador para tener la medida correcta del traslape para un buen sellado.
5. Verificar que la válvula de corredera esté abierta al paso de aire.
6. Halar la lámina de polipropileno a través del formador hasta sobrepasar la mordaza de sellado vertical y proceder a realizar el sello de forma manual presionando la electroválvula N° 2.
7. Después de haber sellado la lámina de polipropileno verticalmente, halar esta hasta las mordazas de sellado horizontal, luego se procede a sellar de forma manual presionando la electroválvula N° 3.

Puesta en Marcha

1. Una vez realizado la prepuesta en marcha dirigirse a la pantalla de presentación touch. Presionar el botón (SELECCIONAR PESO), el cual expande a un menú para seleccionar distintos pesos para la dosificación que son de: 70g, 90g 140g.



2. Dirigirse a los controladores de temperatura, y presionar el botón (<<AT) por 3 segundos y proceder a ajustar la temperatura a 120° con los botones

(↑y↓)



8. Una vez elegido el peso, solo queda presionar el botón (INICIO) y la maquina empezara a trabajar



9. El paro de emergencia suspende el funcionamiento de la máquina y al desactivarlo la maquina continua el proceso desde el punto en el que se realizó el paro de emergencia.



10. Para reinicia el proceso se debe girar la perilla a la posición OFF.



Apagado

1. Una vez culminado la jornada de trabajo, para proceder a apagar la máquina se debe girar la perilla a la posición OFF y desactivar el breaker que se encuentra dentro del panel de control.
2. De ser necesario desconectar la red de alimentación de 120V


Precauciones

1. No tocar ningún sistema de sellado (Horizontal o Vertical) mientras la máquina esté en funcionamiento.
2. No introducir la mano en las mordazas mientras la máquina esté funcionando.
3. No introducir la mano u otros objetos en la compuerta de la tolva de pesaje.
4. No abrir la puerta del panel de control mientras la máquina esté en funcionamiento.
5. No mojar las partes eléctricas de los diferentes sistemas.
6. Si nota alguna variación en el funcionamiento de la máquina empacadora de snack, apague la máquina y llame al técnico para revisión pertinente.

Aviso de seguridad

Esta sección contiene información sobre distintas señales de advertencia y su ubicación exacta en la máquina.

Aviso de seguridad 1

 <p>¡ATENCIÓN! ALTA TEMPERATURA</p>	<p>No opere este producto ni trabaje en él hasta que haya leído y comprendido todas las instrucciones y señales de advertencias que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia, puede producirse accidentes leves y</p>
--	---

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal y vertical.

Aviso de seguridad 2



En esta zona usted puede sufrir aplastamiento si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento, puede producirse accidentes leves y

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal y vertical, además se encuentra en la tapa de la tolva de pesaje.

Aviso de seguridad 3



En esta zona usted puede sufrir cortes si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento, puede producirse accidentes leves

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal.

ANEXO 4

**PROGRAMACIÓN PANTALLA TÁCTIL
TFT ARDUINO**

```
#include <UTFT.h>
#include <UTouch.h>
UTFT myGLCD(ITDB32WC,38,39,40,41);
UTouch myTouch( 6, 5, 4, 3, 2);
extern uint8_t SmallFont[];
extern uint8_t BigFont[];
int x, y;
char currentPage;
int LED=13;
int LED1=12;
int LED2=11;

void setup(){

    myGLCD.InitLCD();
    myGLCD.clrScr();
    myTouch.InitTouch();
    myTouch.setPrecision(PREC_MEDIUM);

    pinMode(LED,OUTPUT);
    pinMode(LED1,OUTPUT);
    pinMode(LED2,OUTPUT);

    drawHomeScreen();
    currentPage = '0';
}

void loop(){

    if (currentPage == '0') {
        if (myTouch.dataAvailable()) {
            myTouch.read();
            x=myTouch.getX();
```

```

y=myTouch.getY();

if ((x>=65) && (x<=255) && (y>=140) && (y<=200)) {

myGLCD.setColor(0,200,0);
myGLCD.fillRoundRect (65, 140, 255, 200);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (65, 140, 255, 200);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (63, 138, 257, 202);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackgroundColor(0, 200, 0);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.print("SELECCIONAR", CENTER, 152);
myGLCD.print("PESO", CENTER, 172);
delay(300);

myGLCD.clrScr();
currentPage = '2';
drawLedControl();
}
}

if (currentPage == '2') {
if (myTouch.dataAvailable()) {
myTouch.read();
x=myTouch.getX();
y=myTouch.getY();

// If we press 70g
if ((x>=20) && (x<=90) &&(y>=130) && (y<=188)) {
digitalWrite(LED,HIGH);

```

```
digitalWrite(LED1,LOW);
digitalWrite(LED2,LOW);
delay(10);

myGLCD.setColor(0, 200, 0);
myGLCD.fillRoundRect (20, 145,90,203);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.drawRoundRect (20, 145, 90, 203);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackColor(0, 200, 0);
myGLCD.print("70g", 34, 169);
Serial.println(digitalRead(LED));
delay(500);

myGLCD.clrScr();
currentPage = '0';
drawHomeScreen();
myGLCD.setColor(0, 0, 230);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 255);
myGLCD.print("70", 146, 210);
}
// If we press 90g
if ((x>=120) && (x<=190) &&(y>=130) && (y<=188)) {
digitalWrite(LED,LOW);
digitalWrite(LED1,HIGH);
digitalWrite(LED2,LOW);
delay(10);

myGLCD.setColor(0, 200, 0);
myGLCD.fillRoundRect (120, 145,190,203);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.drawRoundRect (120, 145,190, 203);
myGLCD.setFont(BigFont);
```

```
myGLCD.setBackColor(0, 200, 0);
myGLCD.print("90g", 134, 169);
Serial.println(digitalRead(LED1));
delay(500);

myGLCD.clrScr();
currentPage = '0';
drawHomeScreen();
myGLCD.setColor(0, 0, 230);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 255);
myGLCD.print("90", 146, 210);
}

// If we press 140g
if ((x>=220) && (x<=290) &&(y>=130) && (y<=188)) {
digitalWrite(LED,LOW);
digitalWrite(LED1,LOW);
digitalWrite(LED2,HIGH);
delay(10);

myGLCD.setColor(0, 200, 0);
myGLCD.fillRoundRect (220, 145,290,203);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.drawRoundRect (220, 145,290, 203);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackColor(0, 200, 0);
myGLCD.print("140g", 224, 169);
Serial.println(digitalRead(LED2));
delay(500);

myGLCD.clrScr();
currentPage = '0';
drawHomeScreen();
```

```
myGLCD.setColor(0, 0, 230);
myGLCD.setBackgroundColor(255, 255, 255);
myGLCD.print("140", 137, 210);
}

//Back button
if ((x>=10) && (x<=60) &&(y>=10) && (y<=36)) {

myGLCD.setColor(0, 0, 230);
myGLCD.fillRoundRect (10, 10, 60, 36);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (10, 10, 60, 36);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackgroundColor(0, 0, 230);
myGLCD.print("<-", 18, 15);
delay(300);

currentPage = '0';
myGLCD.clrScr();
drawHomeScreen();
}
}
}

void drawHomeScreen() {

myGLCD.fillScr(255,255,255);
myGLCD.setBackgroundColor(255,255,255);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("MAQUINA EMPACADORA", CENTER, 10);
```

```
myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.fillRoundRect (0, 55, 319, 60);

myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("DE SNACKS", CENTER, 35);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("UNIVERSIDAD", CENTER, 74);
myGLCD.print("TECNICA DEL NORTE", CENTER, 94);

myGLCD.setColor(0, 0, 230);
myGLCD.fillRoundRect (65, 140, 255, 200);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (65, 140, 255, 200);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (63, 138, 257, 202);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackgroundColor(0, 0, 230);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.print("SELECCIONAR", CENTER, 152);
myGLCD.print("PESO", CENTER, 172);
}

void drawLedControl() {
myGLCD.fillScr(255,255,255);
myGLCD.setColor(60, 60, 203);
myGLCD.fillRoundRect (10, 10, 60, 36);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (10, 10, 60, 36);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
```

```
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackgroundColor(60, 60, 203);
myGLCD.print("<", 18, 15);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackgroundColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("Regresar", 70, 18);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackgroundColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("DOSIFICACION", CENTER, 53);
myGLCD.print("PESO EN GRAMOS:", CENTER, 100);
```

```
myGLCD.setColor(255, 255, 0);
myGLCD.fillRoundRect (0, 78, 319, 83);
myGLCD.setColor(20, 20, 20);
myGLCD.drawRoundRect (0, 78, 319, 83);
```

```
//Button Peso 70g
```

```
myGLCD.setColor(16, 167, 103);
myGLCD.fillRoundRect (20, 145,90,203);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (20, 145, 90, 203);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackgroundColor(16, 167, 103);
myGLCD.print("70g", 34, 169);
```

```
//Button Peso 90g
```

```
myGLCD.setColor(16, 167, 103);
myGLCD.fillRoundRect (120, 145,190,203);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (120, 145,190, 203);
```



```
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackgroundColor(16, 167, 103);
myGLCD.print("90g", 134, 169);

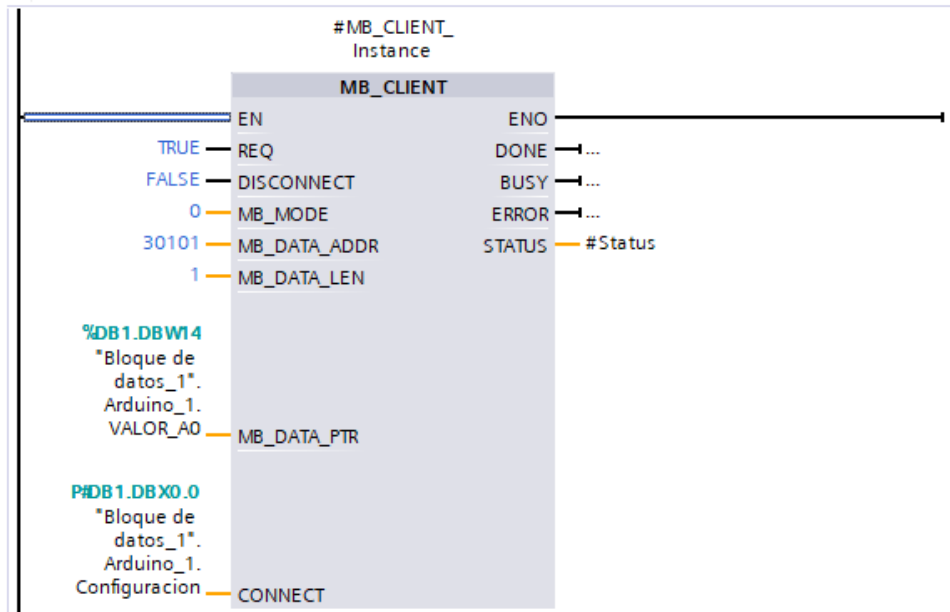
//Button Peso 140g
myGLCD.setColor(16, 167, 103);
myGLCD.fillRoundRect (220, 145,290,203);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawRoundRect (220, 145,290, 203);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackgroundColor(16, 167, 103);
myGLCD.print("140g", 224, 169);
}
```

ANEXO 5

PROGRAMACIÓN PLC Siemens

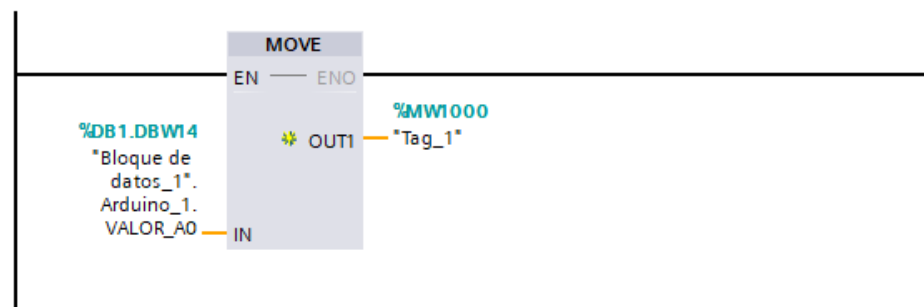
▼ Segmento 1:

Comentario



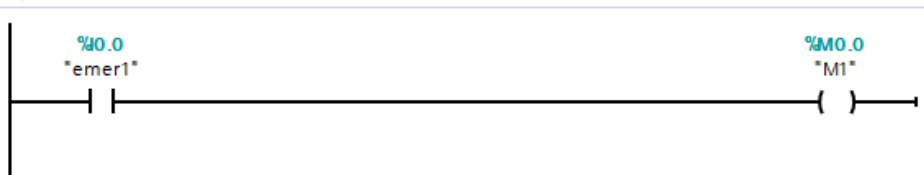
▼ Segmento 2:

Comentario



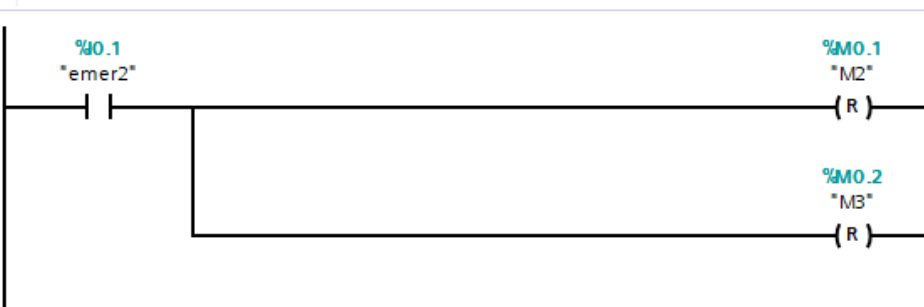
▼ Segmento 3:

Comentario



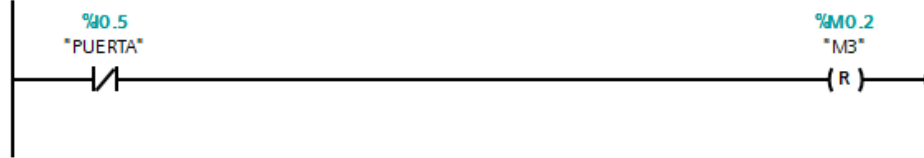
▼ Segmento 4:

Comentario



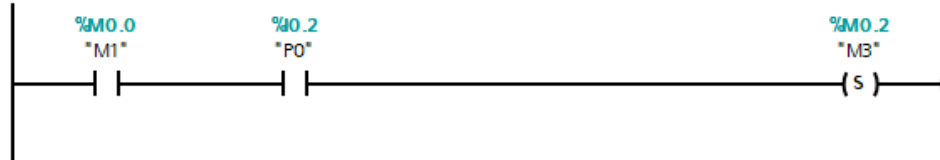
▼ Segmento 5:

Comentario



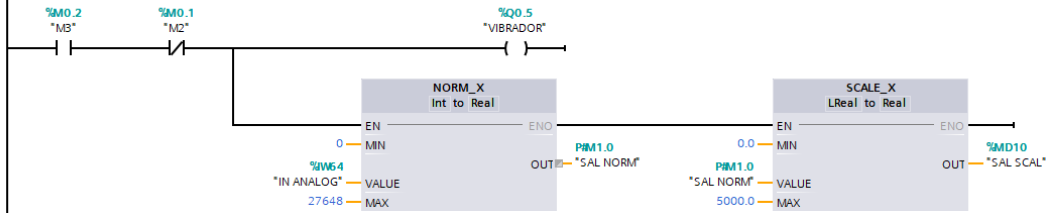
▼ Segmento 6:

Comentario



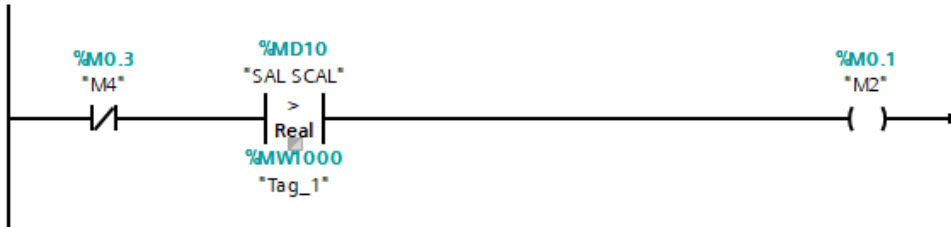
▼ Segmento 7:

Comentario



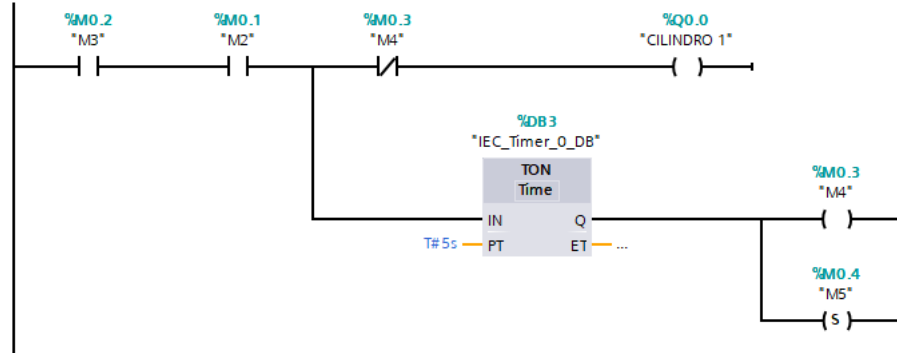
▼ Segmento 8:

Comentario



▼ Segmento 9:

Comentario



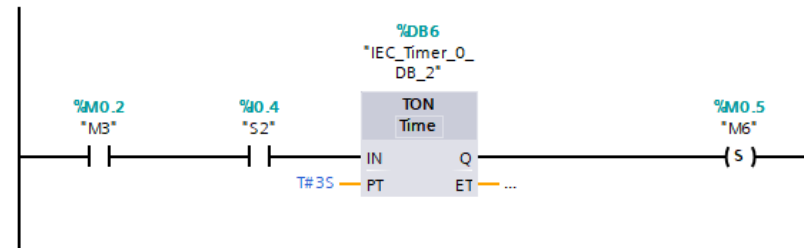
▼ Segmento 10:

Comentario



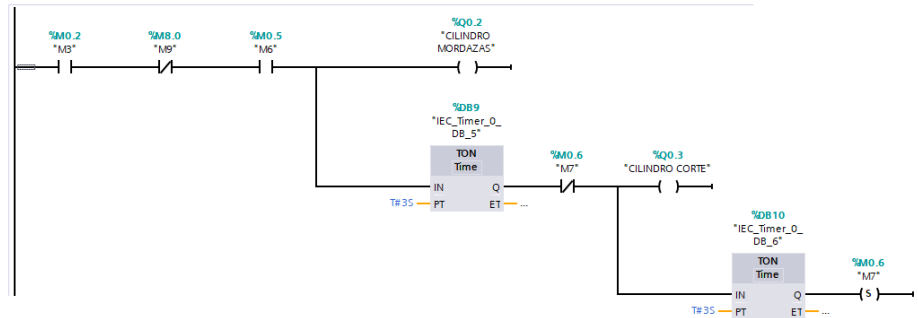
▼ Segmento 11:

Comentario



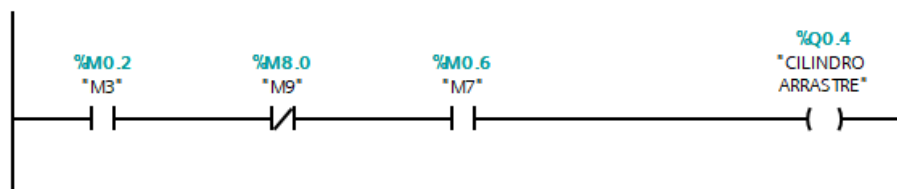
▼ Segmento 12: General

Comentario



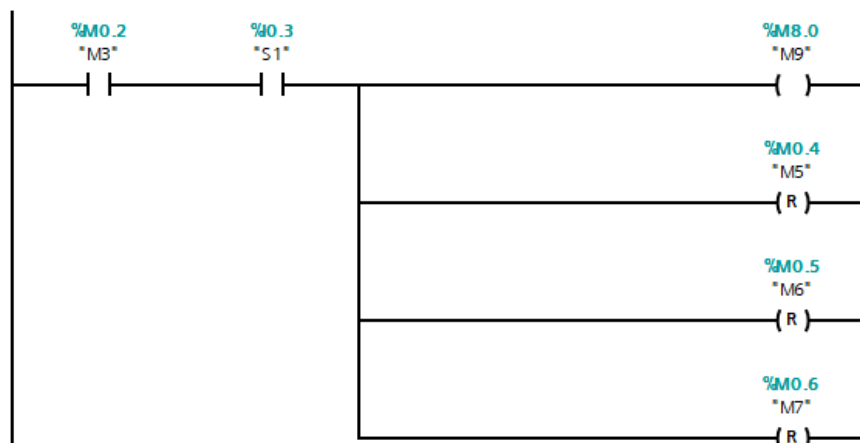
▼ Segmento 13:

Comentario



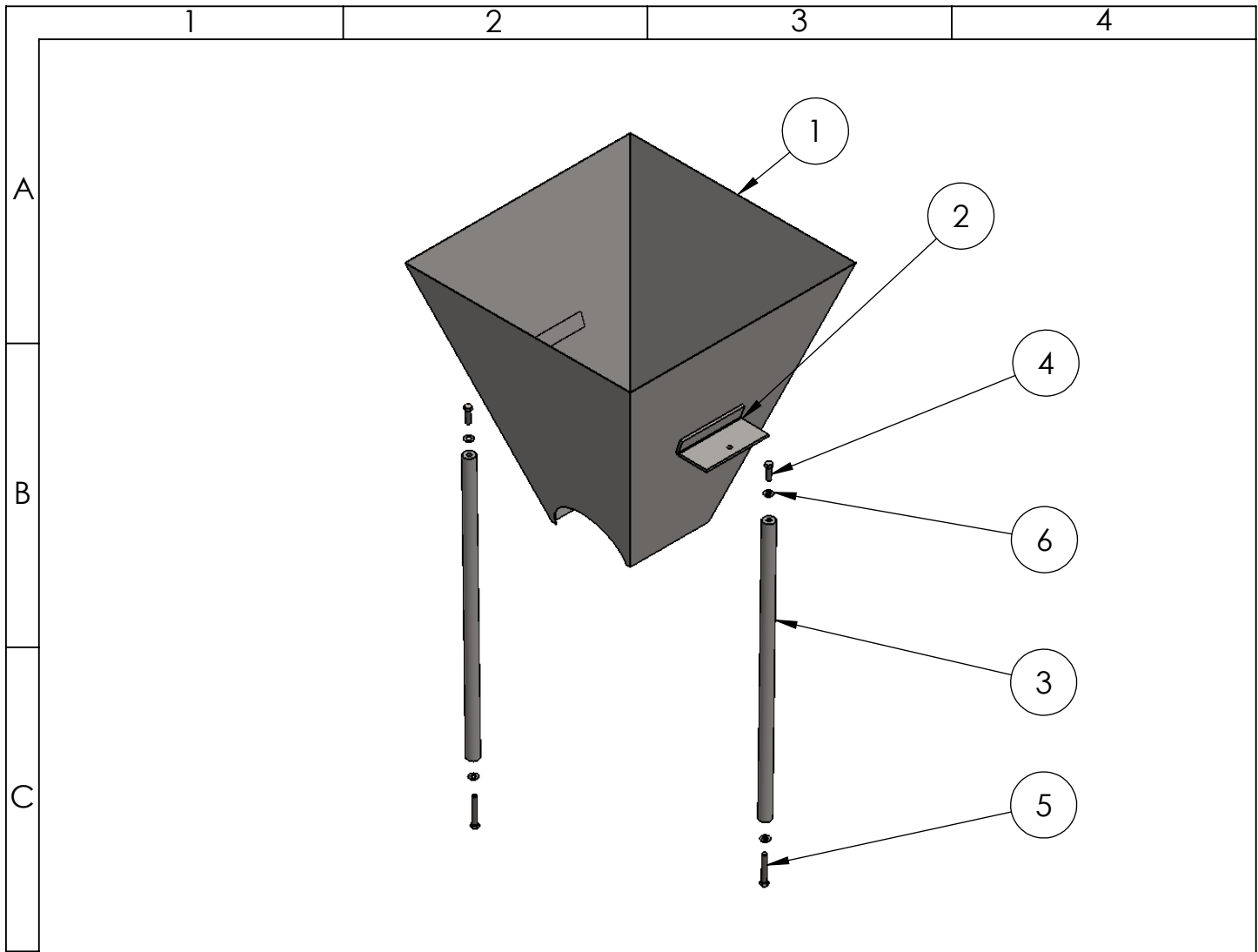
▼ Segmento 14:

Comentario



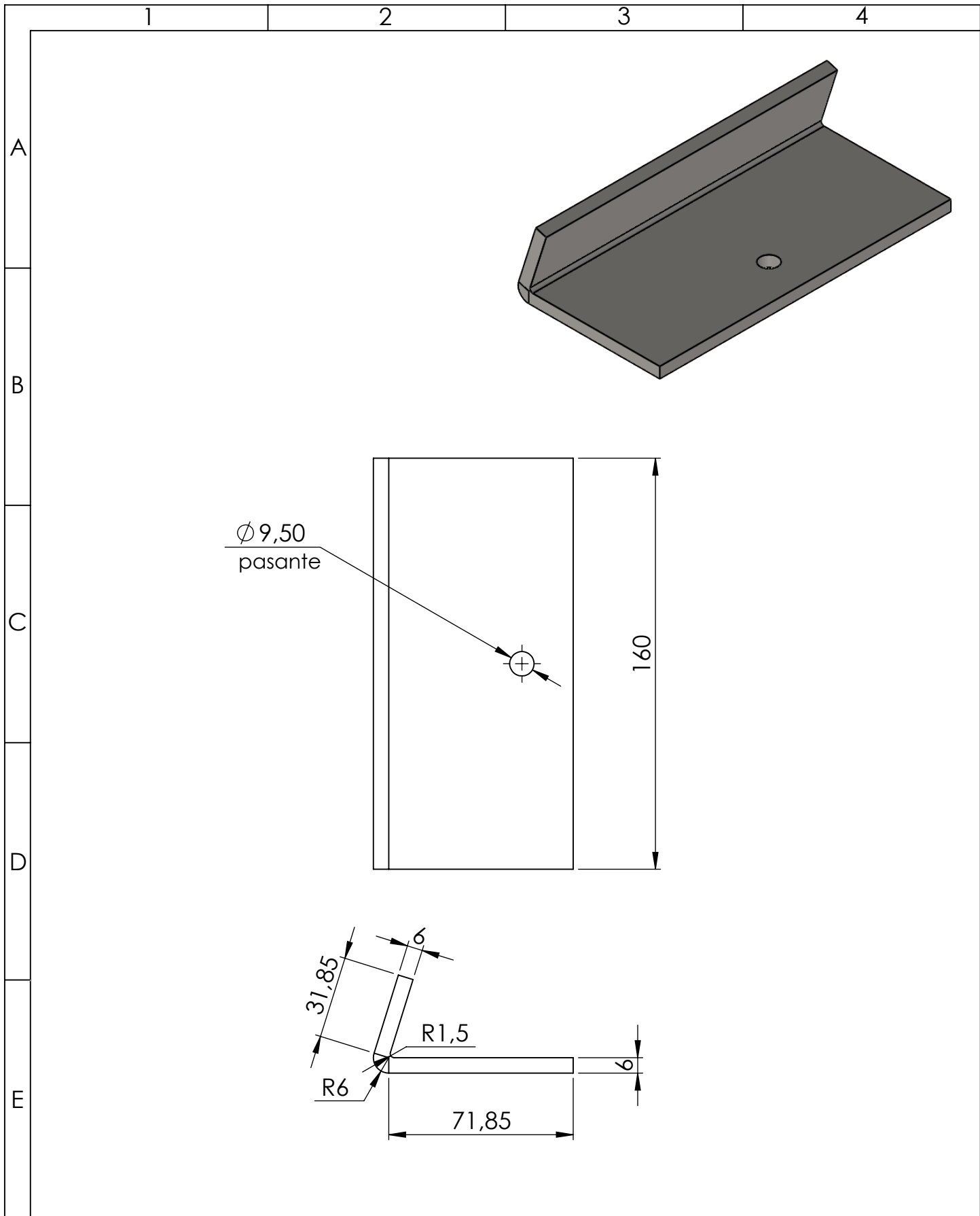
ANEXO 6

PLANOS

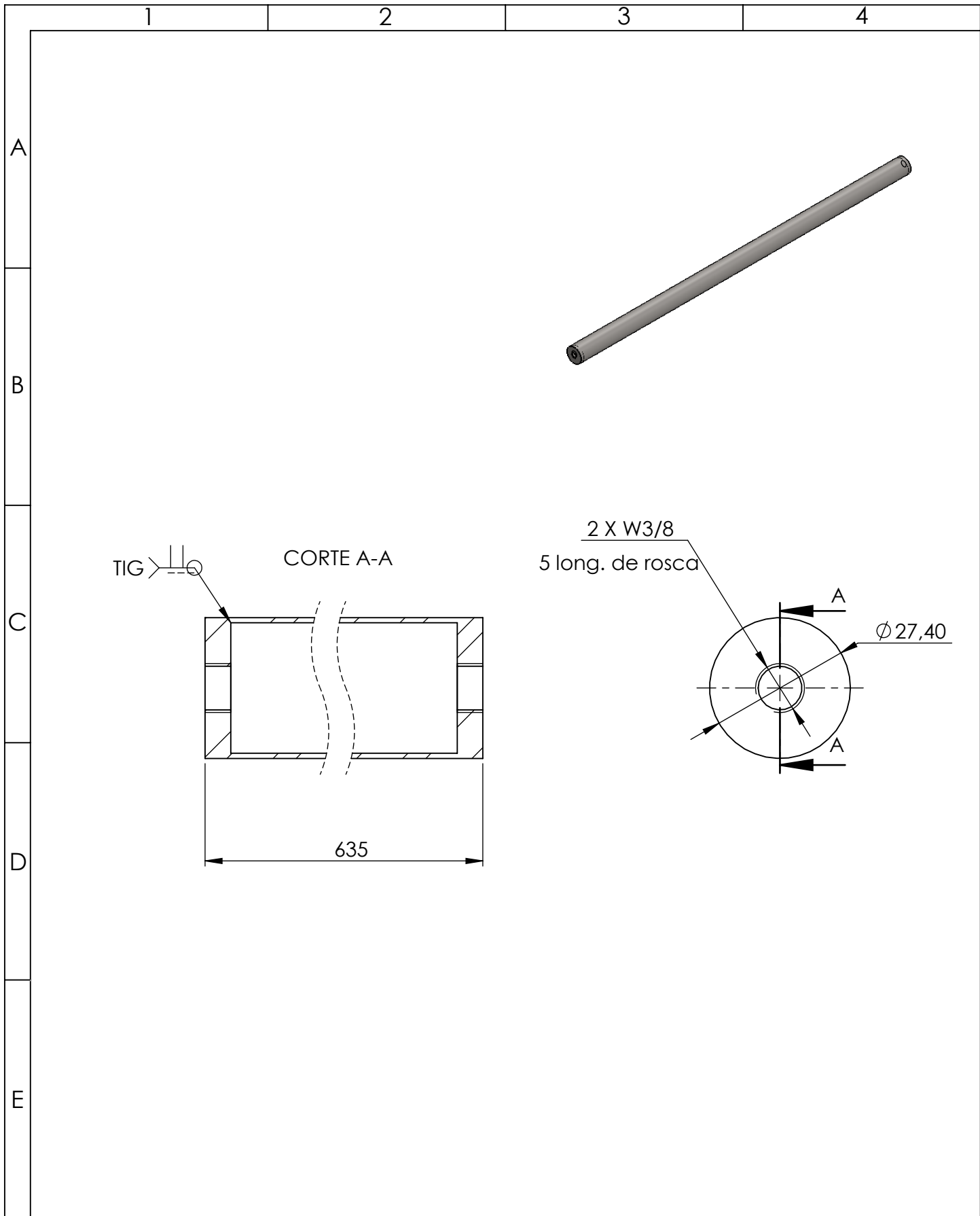


D	6	Arandela	ANSI B18.22.1	4	AISI 304	W 3/8
	5	Perno 2	ANSI B18.2.1	2	AISI 304	W 3/8x2.5
	4	Perno 1	ANSI B18.2.1	2	AISI 304	W 3/8x1.25
	3	Tubo redondo	FA17-DMSD-1-03	2	AISI 304	
	2	Soporte tolva	FA17-DMSD-1-02	2	AISI 304	
	1	Tolva de Almacenamiento	FA17-DMSD-1-01	1	AISI 304	
E	N.º de pieza	Descripción	N.º dibujo/norma	Cantidad	Material	Observaciones

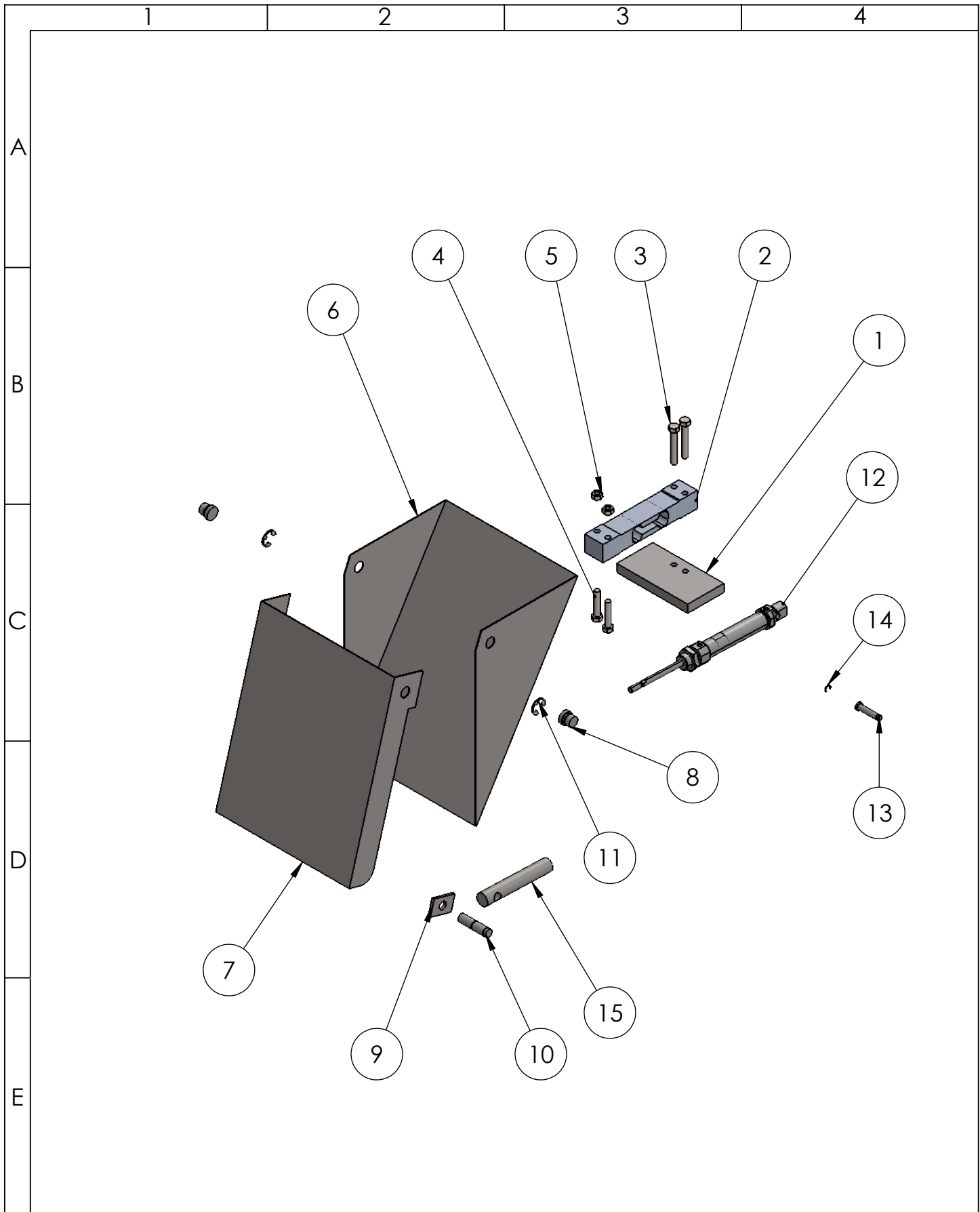
				Tolerancia:	Peso:	Material:	Hoja
						AISI 304	1/1
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib.	17/1/2018	Aguirre F.	1:12
				Rev.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
				Número de Dibujo:			Registro:
				FA17-DMSD-1-00			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:			



				Tolerancia:	Peso:	Material: AISI 304		
						Denominación: Soporte Tolva	Escala: 1:2	
				Dib.	17/1/2018		Aguirre F.	
				Rev.	17/1/2018		Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018		Ing. Víctor Erazo	
							Número de Dibujo: FA17-DMSD-1-02	Registro:
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	



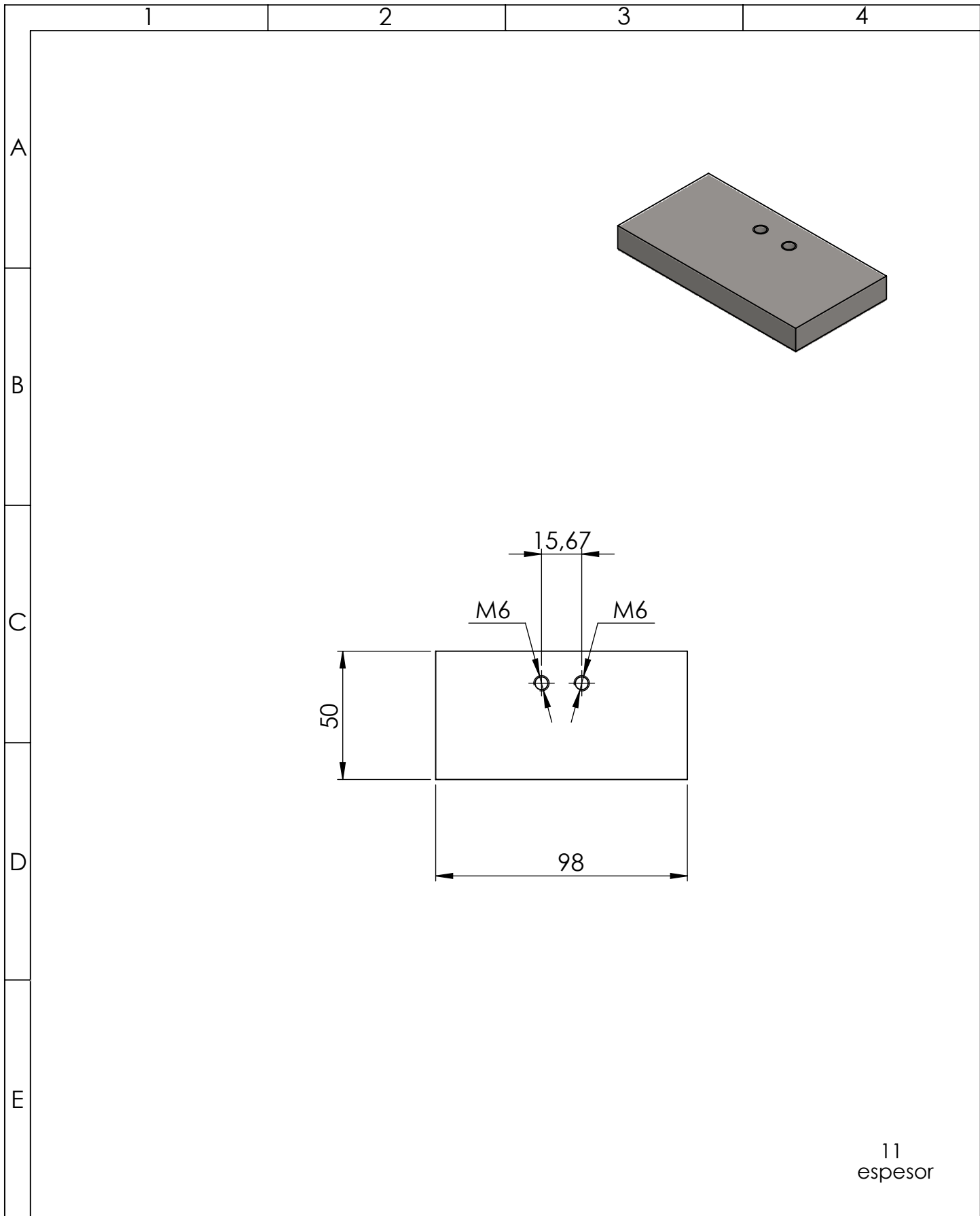
				Tolerancia:	Peso:	Material: AISI 304		
						Denominación: Tubo soporte de tolva	Escala: 1:7	
				Fecha	Nombre			
				Dib.	17/1/2018		Aguirre F.	
				Rev.	17/1/2018		Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
							Número de Dibujo: FA17-DMSD-1-03	Registro:
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	



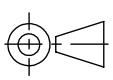
				Tolerancia:	Peso:	Material:	Hoja
							1/2
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	17/1/2018	Aguirre F.	Sistema de dosificación	1: 5
			Rev.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
			Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
						Número de Dibujo:	Registro:
						FA17-DMSD-2-00	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	

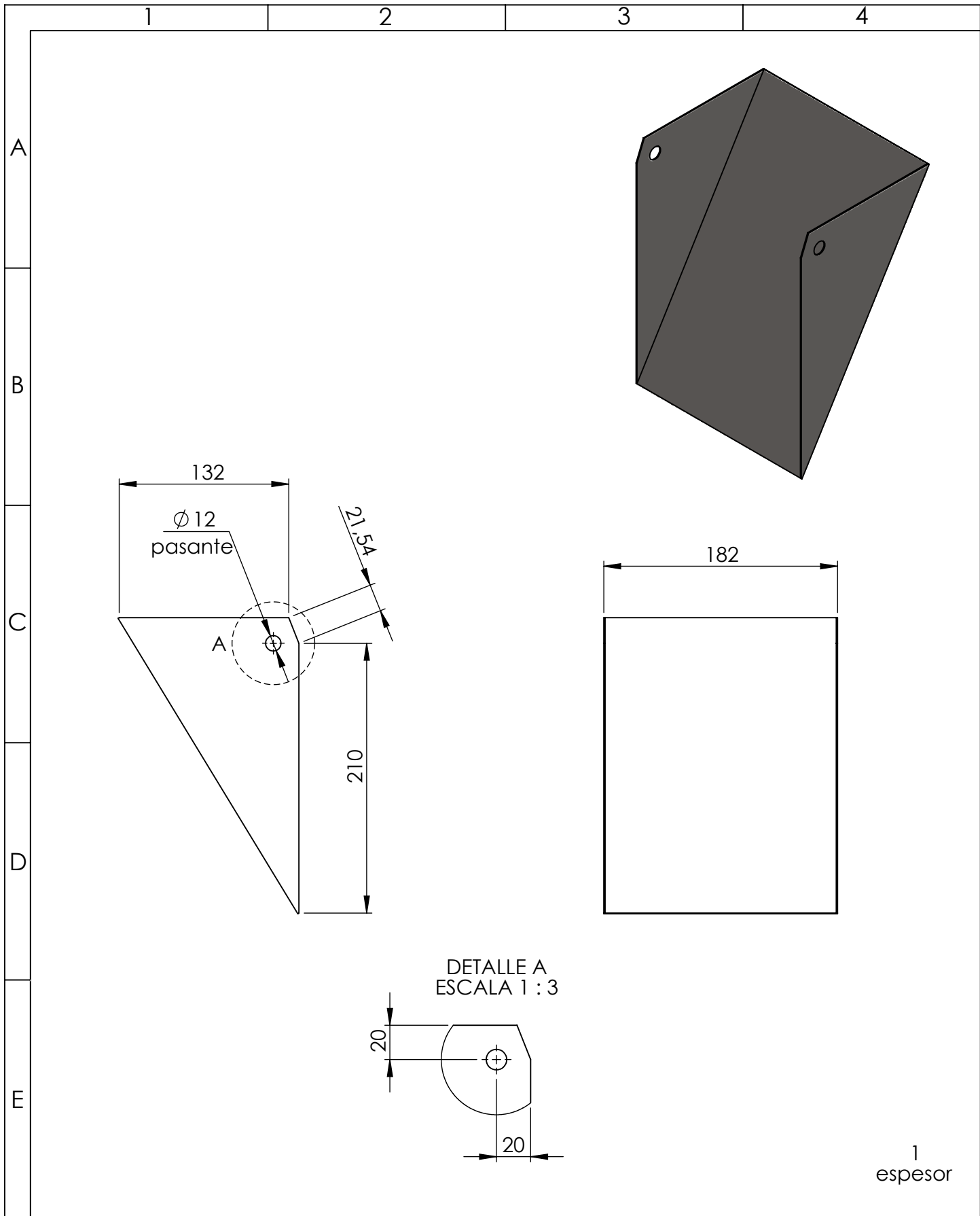
		1	2	3	4	
A	N.º de pieza	Descripción	N.º dibujo/norma	Cantidad	Material	Observaciones
	1	placa soporte celda	FA17-DMSD-2-01	1	AISI 304	
2	celda de carga		1	Aluminio	HBM PW6D	
3	Perno1	DIN 933	2	AISI 304	M6x40	
4	Perno 2	DIN 933	2	AISI 304	M6x30	
B	5	Tuerca	DIN 934	2	AISI 304	M6
	6	Tolva de pesaje	FA17-DMSD-2-06	1	AISI 304	
	7	Tapa tolva	FA17-DMSD-2-07	1	AISI 304	
	8	Pasador	FA17-DMSD-2-08	2	AISI 304	
	9	placa tapa	FA17-DMSD-2-09	1	AISI 304	
	10	eje tapa	FA17-DMSD-2-10	1	AISI 304	
C	11	Anillo de retención externo 1	DIN 471	2		B27.7M-3CM1-11
	12	Cilindro neumático	ISO 6432	1		MI 16X50SCA
	13	eje desplazamiento cilindro	FA17-DMSD-2-13	1	AISI 304	
	14	Anillo de retención externo 2	DIN 471	1		B27.8M-3FM1-6
D	15	eje desplazamiento tapa	FA17-DMSD-2-15	1	AISI 304	

				Tolerancia:	Peso:	Material:	Hoja
							2/2
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib.	17/1/2018	Aguirre F.	1: 5
				Rev.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
				Número de Dibujo:			Registro:
				FA17-DMSD-2-00			
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:			



11
espesor

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
						AISI 304	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib.	17/1/2018	Aguirre F.	Placa soporte celda
				Rev.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
						Número de Dibujo:	Registro:
						FA17-DMSD-2-01	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	



1
espesor

				Tolerancia:	Peso:	Material: AISI 304		
						Denominación: Tolva de pesaje	Escala: 1:4	
				Dib.	17/1/2018		Aguirre F.	
				Rev.	17/1/2018		Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018		Ing. Víctor Erazo	
							Número de Dibujo: FA17-DMSD-2-06	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	

1

2

3

4

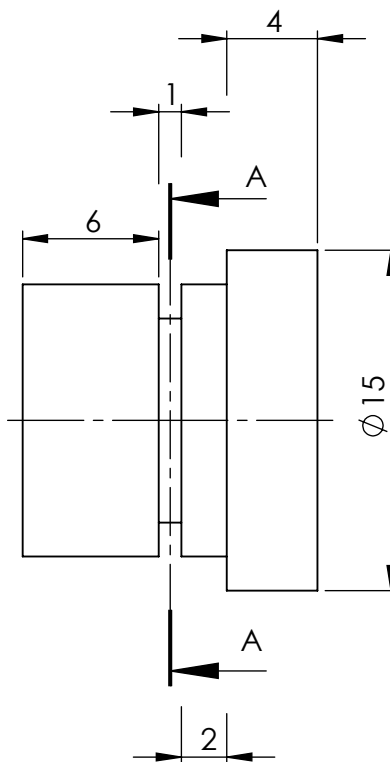
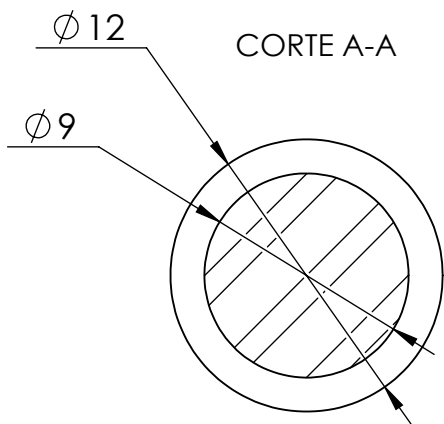
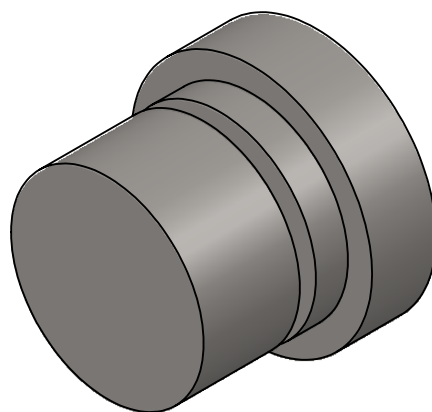
A

B

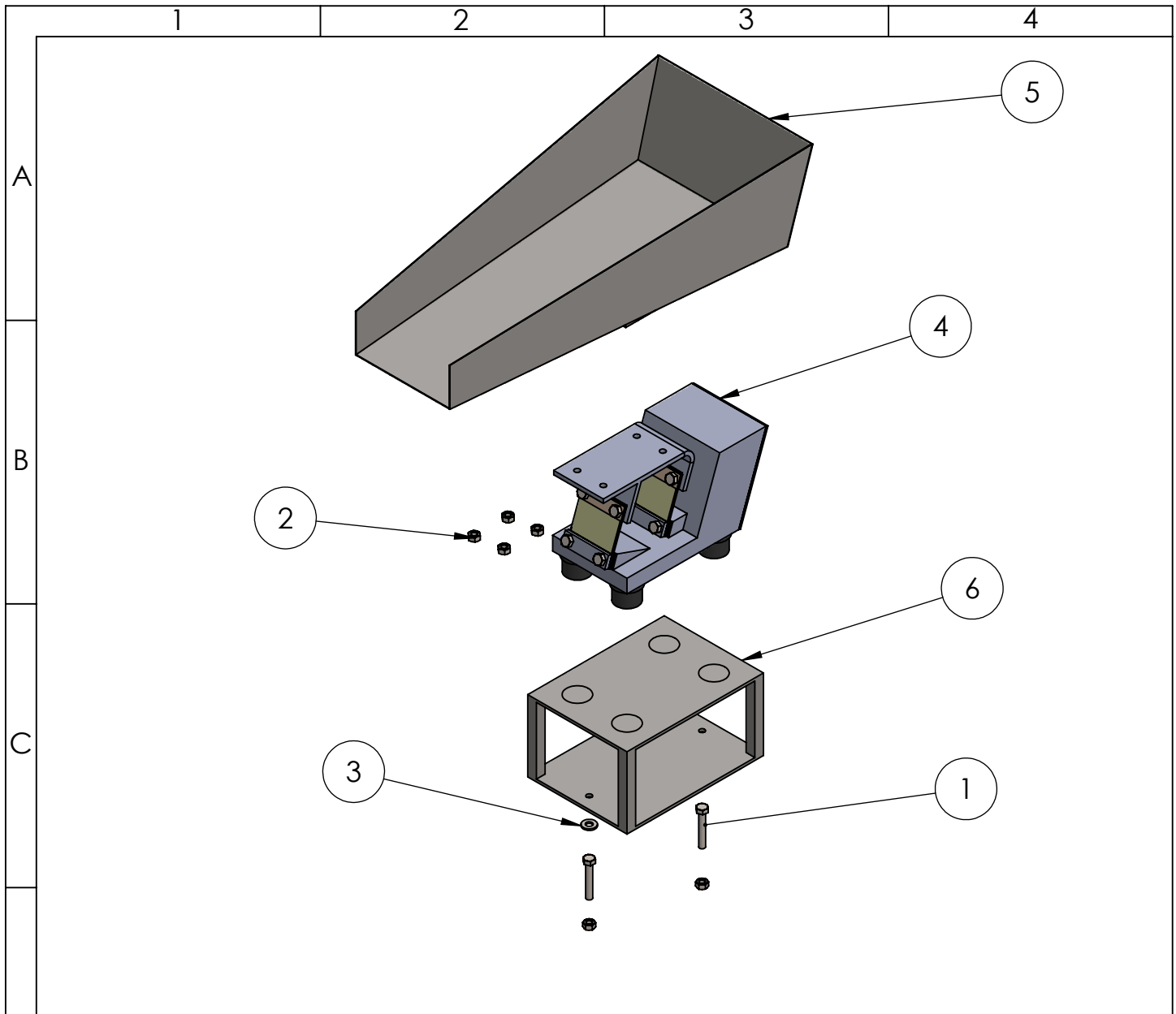
C

D

E

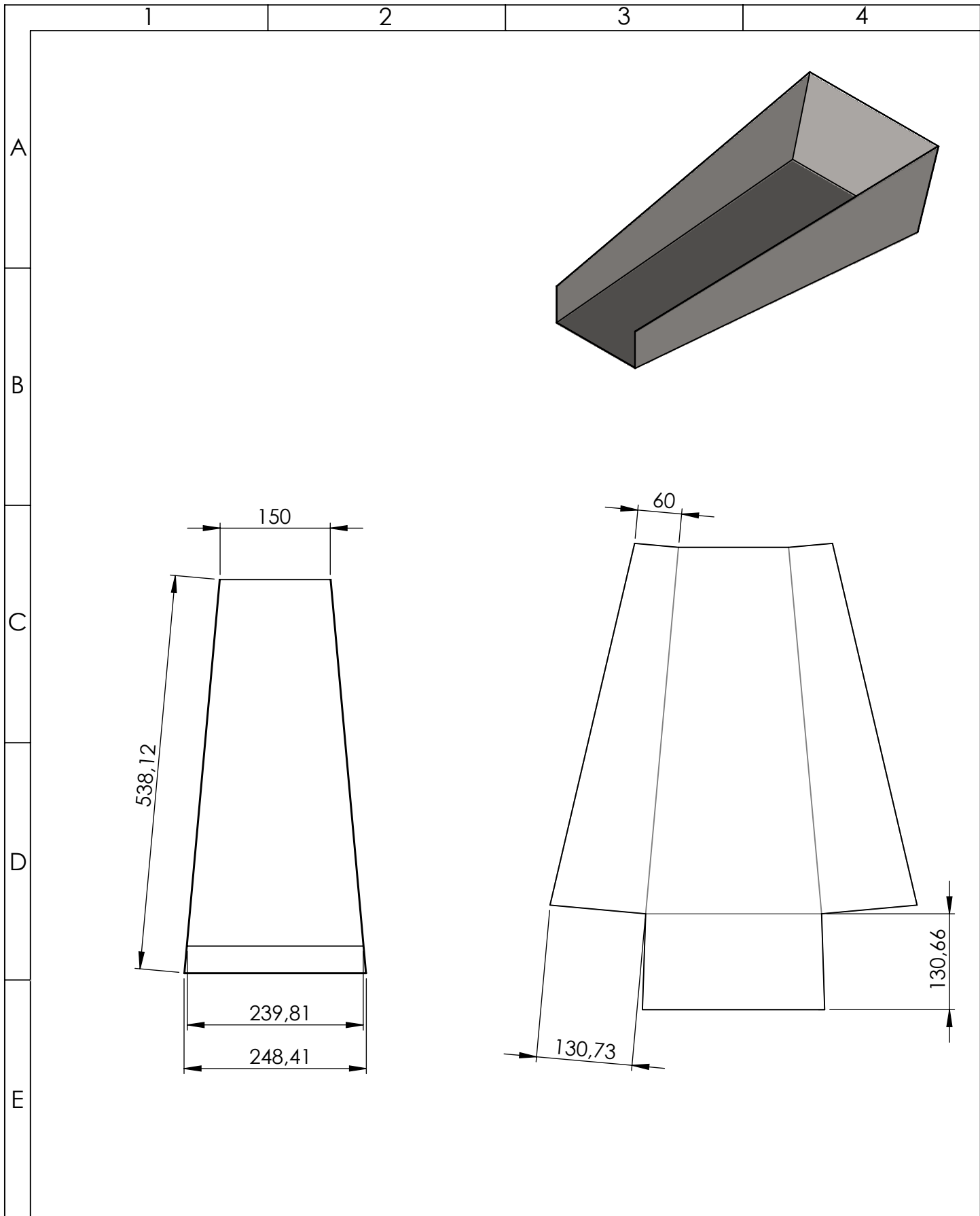


				Tolerancia:	Peso:	Material:		
						AISI 304		
					Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dib.	17/1/2018	Aguirre F.		
				Rev.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
							Número de Dibujo:	Registro:
							FA17-DMSD-2-08	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	

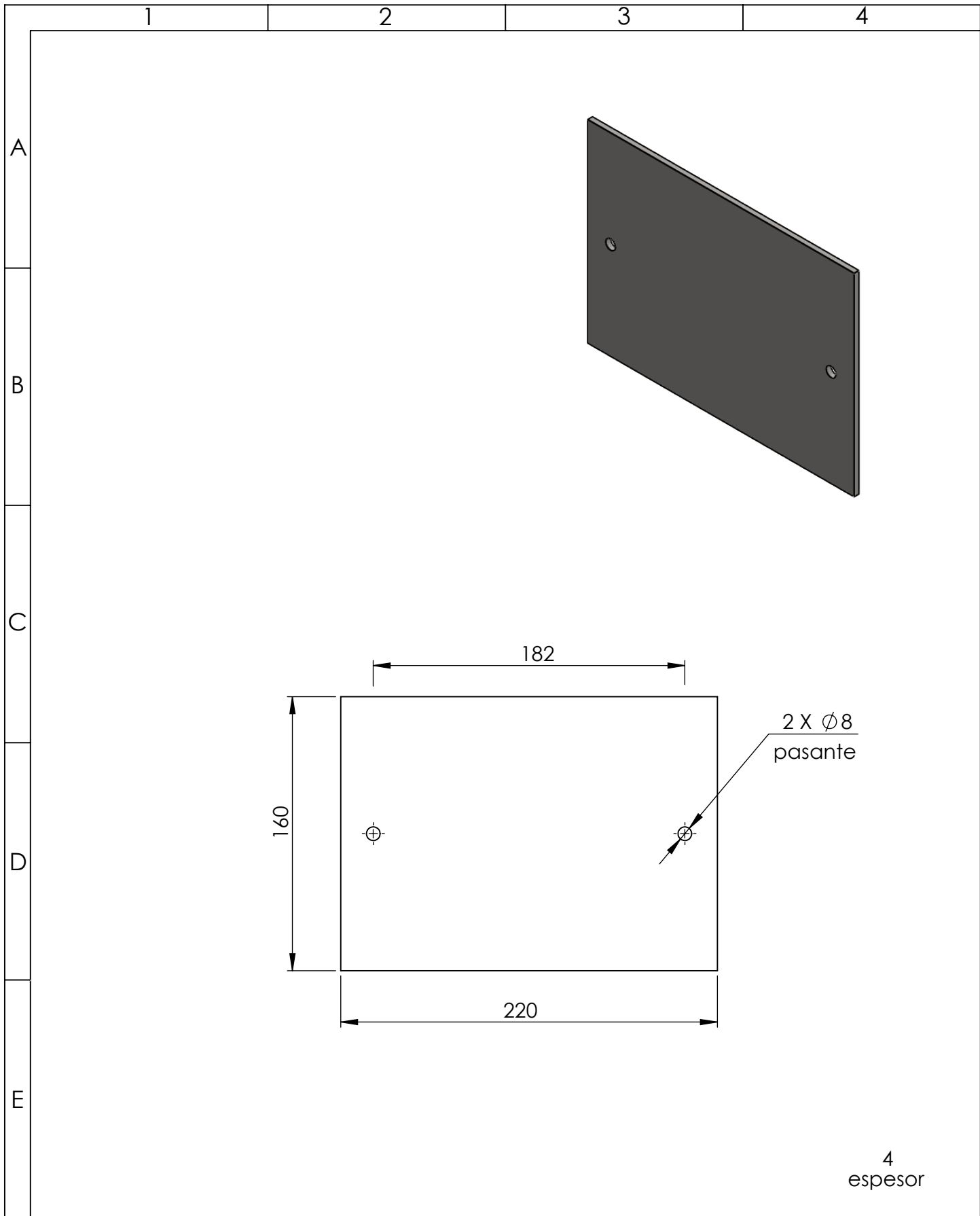


6	Base vibrador	FA17-DMSD-3-06	1	AISI 304	
5	Bandeja transportadora	FA17-DMSD-3-05	1	AISI 304	
4	Vibrador electromagnético		1	Acero gris	
3	Arandela	DIN 1440	2	AISI 304	M8
2	Tuerca	DIN 934	6	AISI 304	M8
1	Perno	DIN 933	2	AISI 304	M8X50
N.º de pieza	Descripción	N.º de dibujo/norma	Cantidad	Material	Observaciones

				Tolerancia:	Peso:	Material:	Hoja
							1/1
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dib.	17/1/2018	Aguirre F.	Sistema Vibratorio	1:7
			Rev.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
			Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
						Número de Dibujo:	Registro:
						FA17-DMSD-3-00	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	



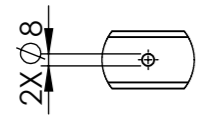
				Tolerancia:	Peso:	Material: AISI 304		
						Denominación: Bandeja transportadora despliegue	Escala: 1:7	
				Fecha	Nombre			
				Dib.	17/1/2018			Aguirre F.
				Rev.	17/1/2018			Ing. Víctor Erazo
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
							Número de Dibujo: FA17-DMSD-3-05	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	



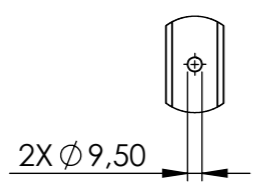
4
espesor

				Tolerancia:	Peso:	Material: AISI 304		
						Denominación: Platina 1	Escala: 1:3	
				Dib.	17/1/2018		Aguirre F.	
				Rev.	17/1/2018		Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo		
							Número de Dibujo: FA17-DMSD-3-06-01	Registro:
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	

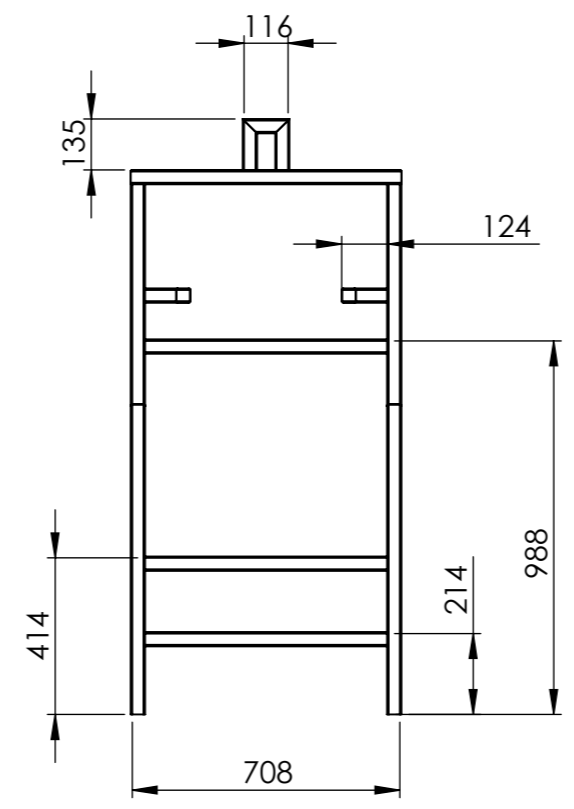
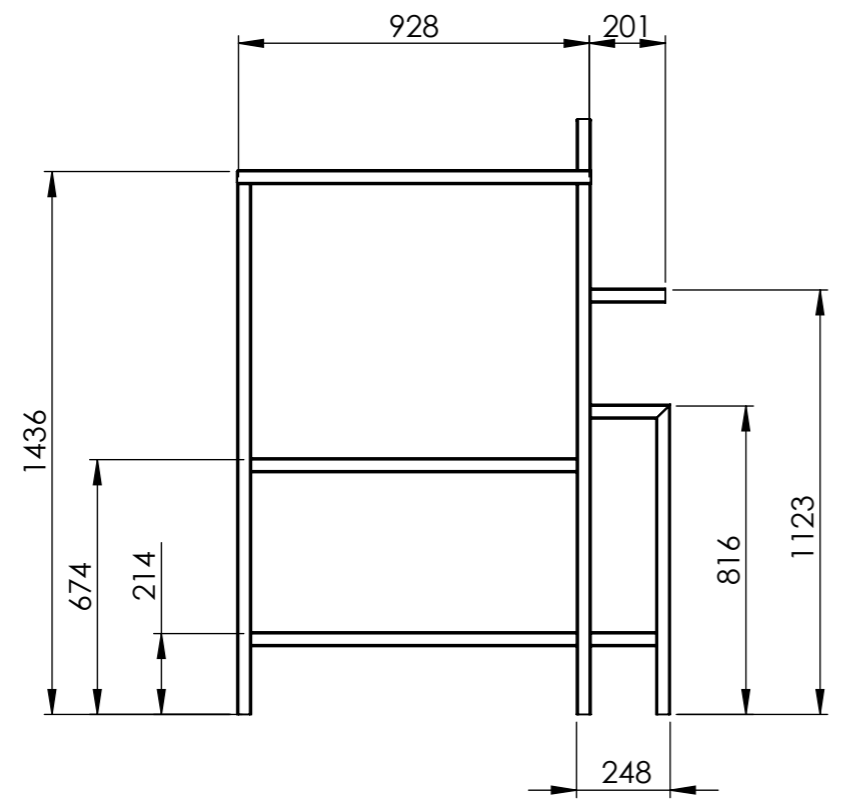
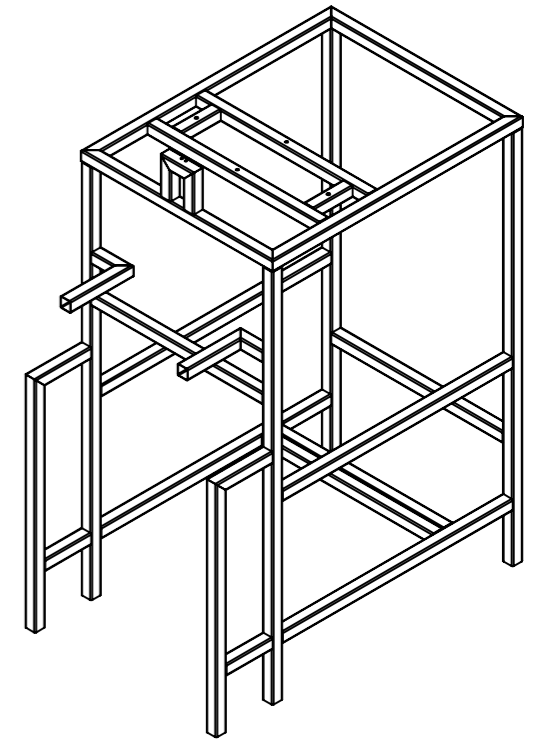
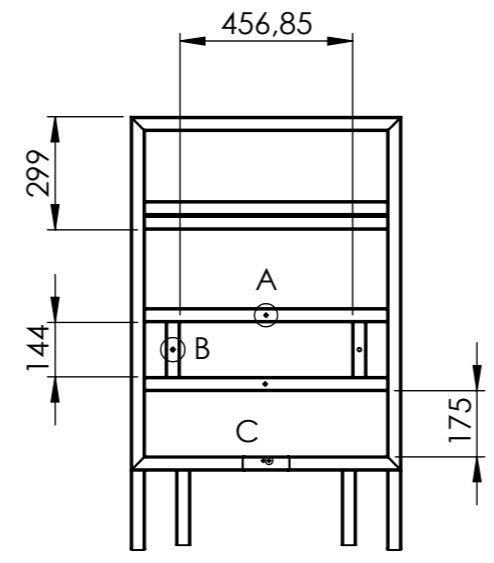
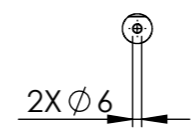
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



DETALLE B
ESCALA 1 : 5



DETALLE C
ESCALA 1 : 5



38,1 x 38,1 x 1,5
Tubo cuadrado

				Tolerancia:	Peso:	Material: AISI 304	
						Denominación: Estructura	
				Dib.	Fecha	Nombre	Escala: 1:20
				Rev.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
				Aprov.	17/1/2018	Ing. Víctor Erazo	
				Número de Dibujo: FA17-DMSD-4-00			Registro:
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:			