



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE MECATRÓNICA

**REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA
PARA PRODUCTOS DE ALTA VISCOSIDAD QUE FUNCIONAN A DIFERENTES
RANGOS DE TEMPERATURA**

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

AUTOR: DIANA PAOLA DAGUA POSADA
TUTOR: RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

Quito-Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diana Paola Dagua Posada con documento de identificación N°.1720591161 manifiesto que: Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de septiembre de 2023

Atentamente,



Diana Paola Dagua Posada

1720591161

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

Yo, Diana Paola Dagua Posada con documento de identificación No.1720591161, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Dispositivo Tecnológico: “Rediseño Y Acondicionamiento De Una Máquina Dosificadora Para Productos De Alta Viscosidad Que Funcionan A Diferentes Rangos De Temperatura”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 22 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Diana Paola Dagua Posada

1720591161

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N°1710597269, docente de la Universidad politécnica salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **REDISEÑO Y ACONDICIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA PARA PRODUCTOS DE ALTA VISCOSIDAD QUE FUNCIONAN A DIFERENTES RANGOS DE TEMPERATURA**, realizado por Diana Paola Dagua Posada con documento de identificación N°1720591161, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, M.Sc

1710597269

AGRADECIMIENTO

Con inmenso agradecimiento, deseo expresar mi reconocimiento a mis amados padres, cuyo amor incondicional y constante respaldo han sido la base de mi camino hacia el logro académico. A mis queridos hermanos, quienes han compartido tanto las risas como las lágrimas, y han sido un apoyo invaluable a lo largo de este desafiante recorrido. A mi increíble novio, cuyo amor, paciencia y aliento constante han sido un faro de luz en los momentos de duda y agotamiento. A mi leal compañera, Canela, cuyos lengüetazos y cariño desinteresado han sido un bálsamo en los momentos de estrés. Y a mi dedicado tutor del proyecto de titulación, cuya sabiduría, orientación y paciencia han sido esenciales en la culminación de este proyecto. A cada uno de ustedes, quiero expresar mi profunda gratitud por su apoyo inquebrantable, comprensión y palabras de aliento. Han sido mi fuerza motriz en este viaje y su contribución ha dejado una huella imborrable en este logro.

Diana Paola Dagua Posada

DEDICATORIA

A mis amados padres, incansables pilares de apoyo, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido la fuente de mi fortaleza y perseverancia. A mis leales amigos, cuyas risas, aliento y compañía han iluminado los días más oscuros y compartido las alegrías más brillantes. Y a mi amada pareja, cuyo amor inquebrantable, comprensión y aliento constante han sido el motor que impulsa mi éxito. A todos ustedes, infinitamente agradecido, dedico este logro que refleja nuestra conexión, confianza y amor inquebrantable. Juntos hemos forjado un camino de triunfo y hoy celebro nuestro lazo indeleble. ¡Gracias por ser mi mayor inspiración y por acompañarme en este memorable viaje!

Diana Paola Dagua Posada

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

CAPÍTULO 1	3
MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Marco teórico de la investigación.....	4
1.2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
1.2.2 Maní	6
1.2.3 Componente nutritivo del maní	6
1.2.4 Proceso de elaboración de la pasta de maní.....	7
1.2.5 Diagrama de flujo transformación de la pasta de maní.	8
1.3 Fundamentación de la investigación.....	9
1.4 Análisis de alternativas.	10
1.4.1 Parámetros de evaluación	10
1.4.2 Valoración de parámetros para la selección	10
1.4.3 Análisis de alternativas	11
1.4.4 Sistema de calentamiento.....	12
1.4.5 Sistema de agitación	13
1.4.6 Material de construcción.....	14
1.4.7 Parámetro de diseño.....	16
1.5 Estudio de alternativas	17
1.5.1 Funciones que puede desempeñar una tolva	17
1.5.2 Flujo tubular.....	17
1.5.3 Tolva másica	18
1.5.4 Sistema de calentamiento.....	18
1.5.5 Calentamiento por encamisado	18
1.5.6 Ventajas y desventajas de calentamiento por método de encamisado	19
1.6 Selección de alternativas.....	20
1.6.1 Estudio de alternativas	20
1.6.2 Tolva cónica.....	20
1.6.3 Calentamiento por resistencia eléctrica.	21
1.6.4 Dosificador.....	22
1.6.5 Dosificador de pistón.	22

1.6.6	Fluido	23
1.6.7	Viscosidad	23
1.7	Tipos de fluido	24
1.7.1	Fluido newtoniano.....	24
1.7.2	Fluido no newtoniano.....	24
1.7.3	Temperatura	25
1.8	Conclusiones del capítulo	25
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		26
2.1.	Introducción.....	26
2.2.	Diseño de la investigación	26
2.3.	Modalidad de la investigación	26
2.4.	Diagrama Causa – Efecto.....	27
2.5.	Operacionalización de las variables	27
2.6.	Técnicas e instrumentos.....	29
2.7.	Conclusiones del capítulo	29
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		30
3.1.	Introducción.....	30
3.2.	Descripción de la situación actual	30
3.3	Dimensión de la tolva principal de almacenamiento	31
3.3.1	Cálculos y Selección	31
3.3.2	Cálculo del espesor de la tolva principal.....	34
3.3.3	Diseño del encamisado de la tolva.	35
3.4.1	Selección del motor para el agitador de la tolva principal	42
3.4.2	Diseño de soportes del agitador	43
3.4.3	Cálculo y selección de pernos	45
3.6	Protecciones eléctricas	52
3.6.1	Protecciones para el motor 5IK120RGU-CF	52
3.7	Simulaciones del proceso.....	54
3.7.1	Tensión de Von Mises en la tolva de almacenamiento	55
3.7.2	Factor de seguridad de la tolva principal de almacenamiento	55
3.7.3	Tensión de Von Mises en la tolva del encamisado	56
3.7.4	Factor de seguridad de la tolva del encamisado.....	56
3.7.5	Tensión de Von Mises del soporte del agitador.....	57
3.7.6	Factor de seguridad del soporte del motor	58
3.7.7	Tensión de Von Mises del agitador.....	58

3.7.8	Factor de seguridad del agitador	59
3.7.9	Construcción de la máquina	59
3.8	Conclusiones del capítulo	66
ANÁLISIS ECONÓMICO		67
4.1.	Introducción.....	67
4.2.	Comprobación de la hipótesis.....	67
4.3.	Comprobación de Resultados.....	67
4.4.	Análisis de costos de la implementación del proyecto.....	69
4.5	Sistema mecánico.....	70
4.5.1	Sistema eléctrico	70
4.5.2	Mano de obra.....	71
4.5.3	Costos indirectos.....	73
4.6	Análisis económico.....	74
4.6.1	Ingresos mensuales	75
4.6.2	Flujo neto efectivo	75
4.7	Indicadores VAN Y TIR	77
4.7.1	Valor Actual Neto (VAN).....	77
4.7.2	Tasa interna de retorno (TIR)	77
4.7.3	Tiempo de recuperación de la inversión	78
4.8	Conclusiones del capítulo	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama del envasado de pasta de maní manualmente	5
Figura 2: Principales exportadores de maní en el mundo[1]	5
Figura 3: Diagrama de flujo de la transformación de pasta de maní.	8
Figura 4: Tipos de tolvas de flujo tubular [7].	17
Figura.5: Tipos de tolvas de flujo tubular [7].	18
Figura 6: Sistema de calentamiento por encamisado [8].	19
Figura 7: Tolva cónica de dosificadora [9].	21
Figura 8: Resistencia eléctrica de inmersiones rectas tubular. [10]	21
Figura 9: Resistencia eléctrica de inmersiones rectas tubular [10].	22
Figura 10: Dosificadora de pistón [11]	22
Figura 11: Tabla de viscosidades [13]	23
Figura 12: Clasificación fluidos esfuerzo de cizallamiento frente a velocidad de cizallamiento.....	25
Figura 13: Variación de la viscosidad con la temperatura para un fluido alimentario	25
Figura 14: Diagrama Ishikawa	27
Figura 15: Técnica del baño maría	30
Figura 16: Dimensionamiento del volumen de la tolva principal	32
Figura 17: Dimensionamiento de la tolva principal	33
Figura 18: Limite de fluencia AISI 304 [17]	35
Figura 19: Dimensionamiento del encamisado de la tolva.	36
Figura 20: Paleta superior.....	39
Figura 21: Paleta mediana	40
Figura 22: Paleta inferior.....	40
Figura 23: Catálogo de selección de eje[23]	41
Figura 24: Diseño agitador de paletas.	42
Figura 25: Planos del motor 5IK120RGU-CF [26]	43
Figura 26: Especificaciones técnicas del motor.[24]	43
Figura 27: Tabla de selección de espesor [25]	44
Figura 28: Soporte de Tolva principal.....	44
Figura 29: Dimensión del soporte de la tolva principal.....	45
Figura 30: Catalogo de pernos.....	46
Figura 31: Controlador de velocidad del motor agitador	47

Figura 32: Conexión controlador de velocidad [27].....	47
Figura 33: Conexión del motor y el control de velocidad.	47
Figura 34: Controlador XMTG-3000M [28]	48
Figura 35: Esquema PID del controlador	48
Figura 36: Esquema de conexión XMTG-3000M [28]	48
Figura 37: Relay Solido SSR-25DA [29]	49
Figura 38: Simbología del botón LA38-11 [30]	49
Figura 39: Botón LA38-11 [30].....	49
Figura 40: Termocupla tipo J [31]	50
Figura 41: Niquelina de cartucho	50
Figura 42: Esquema de conexión.....	51
Figura 43: Diseño final de la máquina.....	51
Figura 44: Esquema de potencia del motor	52
Figura 45: Placa del motor.....	52
Figura 46: Elementos de Protección.....	52
Figura 47: Conexión del termo- magnético con las niquelinas	53
Figura 48: Implementación de las protecciones	53
Figura 49: Tensiones de von Mises en la tolva de almacenamiento	55
Figura 50: Simulación del factor de seguridad en la tolva principal de almacenamiento ...	56
Figura 51: Análisis Von Mises en la tolva del encamisado.....	56
Figura 52: Simulación del factor de seguridad en la tolva del encamisado	57
Figura 53: Simulación de Von Mises en el soporte del agitador.....	57
Figura 54: Simulación del factor de seguridad del soporte del agitador	58
Figura 55: Simulación de Von mises del agitador.....	59
Figura 56: Simulación del factor de seguridad del agitador.....	59
Figura 57: Construcción de las paletas del agitador	60
Figura 58: Construcción del soporte del motor	60
Figura 59: Construcción del encapsulado de las niquelinas	61
Figura 60: Codo 1/2' para el ingreso del agua.....	62
Figura 61: Nivel del agua	62
Figura 62: Llave del desfogue del agua.....	63
Figura 63: Construcción del control eléctrico	63
Figura 64: Construcción final de la tolva.	64
Figura 65: Ensamble de la tolva y la dosificadora.....	65

Figura 66: Dosificado con la máquina.....	65
Figura 67: Dosificado Manual.....	65
Figura 68: Comprobación de peso del dosificado con máquina.....	66
Figura 69: Pruebas de dosificado.....	68
Figura 70: Proceso de dosificado.....	68
Figura 71: Comprobación de resultados y etiquetado	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes químicos del maní [4]	7
Tabla 2: Causa y Efecto.....	9
Tabla 3: Valoración de parámetros.....	11
Tabla 4: Análisis de las alternativas de tolvas.....	11
Tabla 5: Matriz para la selección de las alternativas de tolvas.....	12
Tabla 6: Análisis de alternativas para el calentamiento	13
Tabla 7:Matriz para la selección de las alternativas de tolvas.....	13
Tabla 8: Análisis de las alternativas del agitador	14
Tabla 9: Matriz para la selección de las alternativas de agitadores.....	14
Tabla 10: Análisis de alternativas de materiales para la construcción de la tolva y el encamisado.	15
Tabla 11: Matriz para la selección de las alternativas de los materiales a seleccionar.	15
Tabla 12: Especificaciones técnicas solicitadas para cliente e ingeniero.....	16
Tabla 13: Tabla de ventajas y desventajas por calentamiento método encamisado.....	19
Tabla 14: Selección de alternativas	20
Tabla 15: Operacionalización de las variables	28
Tabla 16:Técnicas de investigación.....	29
Tabla 17: Lineamiento para el factor de seguridad[16].....	38
Tabla 18: Tabla de resultados de selección	54
Tabla 19: Tabla de comparativas de tiempos al dosificar	64
Tabla 20: Tabla de costos.....	70
Tabla 21: Análisis de costos de la construcción mecánica.....	70
Tabla 22: Análisis de costos de la construcción eléctrica	71
Tabla 23: Detalle de precios por hora de máquinas.....	72
Tabla 24: Detalle de costo de mecanizado	72
Tabla 25: Detalles de los costos indirectos.....	73
Tabla 26: Sumatoria de costos del proyecto	74
Tabla 27:Egresos mensuales.....	75
Tabla 28: Flujo neto mensual	76
Tabla 29: Flujo neto de efectivo.....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Manual de operario y Mantenimiento

Anexo 2: planos de elementos

Anexo 3: Brida y empaque del dosificado

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidades
A	Área	m^2
D	Diámetro	m
d	Distancia	m
e	Espesor	m
E	Módulo de elasticidad	GPa
g	Gravedad de la tierra	$\frac{m}{s^2}$
H	Altura	m
Ing	Ingreso mensual	\$
$Inv.$	Inversión en la máquina	\$
L	Longitud	m
M	Masa	kg
P	Presión	N
P	Carga	KPa
r	Radio	mm
S	Valor del esfuerzo del material	Pa
T	Temperatura	$^{\circ}C$
Ti	Tiempo de recuperación de inversión	$Meses$
t	Espesor del tanque de preparación	m
v	volumen	m^3
W	Potencia	w

Símbolos griegos y contantes

σ_t	Esfuerzo tangencial ejercido por la pasta de maní	Pa
σ_l	Esfuerzo longitudinal ejercicio por la pasta de maní	Pa
ρ	Densidad	$\frac{g}{ml}$
ε	Coeficiente de deformación	Adimensional
π	Numero pi	Adimensional
σ_{nm}	Esfuerzo normal máximo	Pa

RESUMEN

El proyecto busca proponer una solución a un proceso de envasado manual mediante el rediseño y acondicionamiento de una máquina dosificadora. La implementación de esta máquina permitiría aumentar la producción al reducir la necesidad de intervención manual durante el proceso de envasado. Además, se espera mejorar la eficiencia y precisión del dosificado.

Adicionalmente, el proyecto incluirá un análisis económico detallado para determinar el costo final de la máquina y evaluar su rentabilidad. Esto implica considerar aspectos como los costos de los materiales, la mano de obra requerida para el rediseño y la fabricación, así como los posibles ahorros en términos de reducción de desperdicio y aumento de la productividad.

PALABRAS CLAVES: Dosificado, rediseño, maní.

ABSTRACT

The project seeks to propose a solution to a manual packaging process through the redesign and conditioning of a dosing machine. The implementation of this machine would allow increasing production by reducing the need for manual intervention during the packaging process. In addition, it is expected to improve the efficiency and precision of dosing.

Additionally, the project will include a detailed economic analysis to determine the final cost of the machine and evaluate its profitability. This involves considering things like material costs, labor required for redesign and manufacturing, as well as potential savings in terms of reduced waste and increased productivity.

Keywords: Dosed, redesign, peanut.

INTRODUCCIÓN

La pasta de maní es uno de los productos de mayor comercialización y producción en la industria alimenticia, lo que lo convierte en un producto de alta demanda y con un alto grado de rentabilidad. De esto surgen proyectos en la industria alimenticia para su producción en masa con un alto grado de calidad.

Debido a esta razón, ha surgido la necesidad de reconstruir la tolva para satisfacer las demandas de la industria en cuanto a la dosificación de la pasta de maní. Por este motivo, se ha llevado a cabo un rediseño mecánico y eléctrico de una máquina dosificadora de líquidos viscosos. Este proyecto tiene como objetivo principal mejorar el producto final al cumplir con las normativas aplicadas en la industria, lo que garantiza una mayor desinfección e higiene en el resultado final.

Este proyecto se enfoca directamente en la provincia de Manabí y sus alrededores, beneficiando especialmente al sector agrícola al impulsar la producción y agregarles valor a sus productos. Además, facilitará el proceso de envasado y la comercialización directa de la producción. La asociación de productores agropecuarios de Manabí en Ecuador será el principal beneficiario de este proyecto. Cabe destacar que el cultivo de maní se ha convertido en una actividad familiar en esta región, con una producción anual que oscila entre 591 y 909 kg. A pesar de estas cifras, no se logra satisfacer la demanda de consumo en la provincia.

El principal objetivo es fortalecer el proceso de envasado, mejorando su eficiencia e higiene, y evitar así el contagio de enfermedades como la salmonelosis y la campilobacteriosis, entre otras, generando otras desventajas como el retraso en la producción o desperdicios porque este producto se comercializa en la industria aceitera, y para consumo humano el maní en confitería y subproductos de la chocolatería y además estando muy presente en la gastronomía ecuatoriana. Desde un punto de vista económico y en busca de una mayor rentabilidad, las empresas nacionales suelen optar por máquinas de marcas reconocidas. Sin embargo, estas máquinas suelen ser muy costosas, lo que no resulta rentable para un emprendedor que intenta competir con ellas. Por esta razón, surge la idea de adaptar máquinas que no tengan un precio demasiado elevado, pero que sean eficientes para las microempresas y puedan competir en el mercado. Estas máquinas pueden ser aplicadas en una amplia gama de industrias, incluyendo la alimenticia, cosmética, médica, detergentes, fertilizantes, insecticidas, pinturas, lacas, entre otras.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los avances en ciencia y tecnología están obligando a industrializar el proceso de la pasta de maní. El mercado demanda presentaciones en tarrinas, doy pack y envases de vidrio pequeños de 100, 200 y 500 gramos.

El problema actual en la producción de la pasta de maní se encuentra principalmente en el proceso de dosificación y envasado, ya que es completamente manual y no hay un control efectivo de la cantidad que deben contener los envases. Este proceso ocasiona diversas dificultades, como la mala utilización de mano de obra, el desperdicio de masa, el trabajo excesivo de los empleados y el tratamiento innecesario de los productos, ya que este producto no se puede dosificar manualmente en su estado principal (sólido).

Al desear implementar un sistema de dosificación sólido, el costo se eleva y, por lo tanto, el precio en el mercado también es alto, lo que no satisface las demandas de clientes cada vez más exigentes. El envasado manual en la elaboración de la pasta de maní requiere un gran esfuerzo físico, lo cual afecta la ergonomía debido a la forma rudimentaria y repetitiva en que se realiza.

Al utilizar este método de producción, se obtiene un bajo rendimiento de los trabajadores en términos estéticos e higiénicos del producto. Al ser un proceso artesanal, se obtienen productos de menor calidad, largos tiempos de producción e insatisfacción del cliente.

Una dosificadora es una máquina que forma parte de la línea de producción. La función principal de este equipo es suministrar de forma rápida y precisa la cantidad de materia prima necesaria, sin desperdicios, optimizando los recursos y obteniendo un resultado final libre de contaminación.

En la actualidad, el sector microempresarial tiene la obligación de incursionar en la automatización de sus sistemas de producción con el fin de evolucionar las pequeñas y medianas empresas. Esto incrementa la necesidad de mejorar el sistema de dosificación para optimizar los recursos o la materia prima, reducir la mano de obra y la contaminación, y brindar oportunidades a estos empresarios a nivel nacional para lograr un mayor alcance.

Al tratarse de un producto como la pasta de maní, que tiene un nivel de viscosidad alto, surge un problema en el dosificado debido a esta característica.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las microempresas de las provincias de Manabí y Loja que empacan manualmente la pasta de maní tienen la obligación de mejorar su producción por la necesidad gastronómica que tienen estas provincias ya que este producto está muy presente en sus platos típicos esto genera que las personas que se dedican a la comercialización tengan la exigencia de construir un sistema de dosificación de sólidos.

El problema actualmente se detectó en la fabricación de la pasta de maní es principalmente el proceso de dosificado, este se desarrolla manualmente, lo cual no existe un control eficiente en la cantidad volumétrica exacta que debe tener o contener cada envase o donde se desee empacar, esto genera inconvenientes como la mano de obra rudimentaria.

Es evidente que los operarios no pueden igualarse a una máquina en términos de precisión. Esto resulta en cálculos incorrectos en las proporciones de los envases, lo que se traduce en pérdidas económicas y en tiempo invertido para verificar el peso de cada recipiente.

El proceso del envasado manual requiere un gran esfuerzo físico, esto afecta ergonómicamente en las operaciones de los trabajadores especialmente en los últimos turnos, esta técnica rudimentaria y repetitiva genera fatiga, cansancio, debilitando la columna y pérdida de flexibilidad con la mala circulación de las piernas, disminuyendo el ritmo cardíaco generando problemas a futuro.

Otro principal problema es la alta viscosidad que maneja este producto, generando pérdidas económicas por la mala manejo de la materia prima sometiendo a un proceso casero de baño maría haciendo que se tenga un mal manejo de temperaturas dañando el producto.

OBJETO DE ESTUDIO

El maní es uno de los cultivos más importantes del mundo ya que contribuye al desarrollo agrícola e industrial de los países donde se cultiva. Por este motivo es muy utilizado en la industria de snacks, confitería, praliné y pastelería. Los granos de maní se comen crudos, cocidos o tostados para hacer mantequilla de maní, aceite y otros subproductos dietéticos importantes.

Este cultivo representa un factor socioeconómico muy importante para los productores. Por esta razón, muchas familias en todo el mundo dependen de la producción de maní y, por esta razón, Se requiere un manejo adecuado para evitar pérdidas y beneficiar a quienes se dedican a producir este nutritivo producto.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para realizar el dosificado de la pasta de maní, primero se debe llevar a cabo el proceso de elaboración. Comienza con la selección de los granos de maní y la eliminación de los residuos que puedan contener. Luego, se procede al tostado de los granos seleccionados y se trituran para obtener la pasta de maní finalizada. Una vez que el producto se enfría, se procede al empaquetado final para conservar todos los beneficios que ofrece este producto.

En cuanto al empaquetado, actualmente se realiza de forma rudimentaria utilizando un método de baño maría y es llevado a cabo por una persona. Esta técnica de empaquetado manual puede generar problemas de postura y, con el tiempo, deteriorar la salud del trabajador. Además, al no contar con un dispositivo neumático que permita dosificar la cantidad exacta de producto, existe el riesgo de desperdiciar producto. Optimizar este proceso ayudaría a mejorar la eficiencia, ahorrar tiempo, materia prima y dinero.

La máquina se rediseño para sustituir un proceso demasiado tedioso, repetitivo, lento e inseguro como se observa en la Fig. 1. Con el empleo de esta reconstrucción se quiere lograr un envasado 100% automatizado aumentando el número de ventas logrando una mayor liquidez, utilizando la menor cantidad de tiempo y recursos.



Figura 1: Organigrama del envasado de pasta de maní manualmente

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Rediseñar y acondicionar de una máquina dosificadora para productos de alta viscosidad que funcionan a diferentes rangos de temperatura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis experimental del proceso para obtener un rango de temperaturas adecuadas que permita trabajar con las sustancias propuestas.
- Diseñar los elementos mecatrónicos necesarios para la implementación del rediseño.
- Realizar pruebas de campo para verificar el correcto funcionamiento del proceso.

Hipótesis de la investigación

Formulación de hipótesis

¿Cómo beneficia un sistema de dosificación para sólidos en una microempresa?

Hipótesis A

Un sistema de dosificado semiautomático para sólidos posibilita mejorar el rendimiento y la eficacia al momento de empacar el producto dando un notable ahorro de tiempo y mejorando la línea de producción.

Hipótesis B

Un sistema de dosificado semiautomático para sólidos no posibilita mejorar el rendimiento y la eficacia al momento de empacar el producto dando un notable ahorro de tiempo y mejorando la línea de producción.

Alcance de la investigación

Este proyecto se encuentra enfocado en el proceso de dosificado de la pasta de maní, este producto tiene un nivel alto de viscosidad, actualmente se calienta en baño maría y se empaca de forma manual por un operario provocándole malas posturas y molestias en la espalda haciendo que progresivamente le genere problemas de lumbares, se desea crear una solución adaptándole un doble encamisado a una tolva de dosificación para la solución de este problema así ahorrando tiempo, molestias físicas en un futuro, y sobre todo evitar el desperdicio de la materia prima, esta tolva tendrá un rango de temperatura de 0 a 100 °C con la incorporación del baño maría directamente incorporado este rango de temperatura bastante amplio permite la facilidad de utilizar la máquina en otro tipo de productos como la miel, el chocolate y otras sustancias que necesiten previamente utilizar el baño maría para su dosificación, la temperatura adecuada para tener una mejor maleabilidad y facilitar su dosificado es de 40 °C con esto ahorrando tiempo de empaquetado, evitando desperdicio garantizando un alto estándar de calidad e higiene, en los siguientes capítulos se verá el estudio y desarrollo de la presente máquina.

Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación

En este proyecto se realizó el diseño y acondicionamiento de una máquina dosificadora para productos de alta viscosidad que funciona a temperatura.

- En el capítulo I se tratan temas contextuales de la pasta de maní, su origen su componente nutritivo, características con la finalidad de conocer sobre el producto a dosificar y las alternativas para el rediseño sus ventajas y desventajas así seleccionando la mejor opción siendo económica de construir y buscando solucionar el problema de la dosificación.
- En el del capítulo II se desglosa la parte de metodología de investigación buscando el cómo y para se realiza en el proyecto.
- En el Capítulo III se presentan los cálculos detallados de cada componente mecánico antes de la fase de construcción. Debido a que se trata de un proceso relacionado con la manipulación de alimentos, se optó por utilizar acero AISI 304 en la mayoría de las modificaciones realizadas. Después de completar los cálculos, se procedió a simular el diseño en el software SolidWorks, lo cual permite verificar la idoneidad de los materiales empleados.
- En el Capítulo IV se lleva a cabo la investigación económica, considerando todos los materiales y la mano de obra necesarios para determinar el costo final de la máquina y su rentabilidad. El desarrollo de este proyecto resuelve el inconveniente que enfrentan algunas microempresas al realizar un dosificado manual o rudimentario, lo que resulta en pérdidas debido a una cantidad inadecuada de producto envasado. Además, al utilizar la técnica casera del baño maría, se expone a los empleados a posibles accidentes durante el proceso. Mediante este proyecto, se logra aumentar la producción con menos mano de obra involucrada.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

1.1 Introducción

La dosificación de sólidos se refiere al proceso de medir y mezclar sólidos en una proporción específica para producir un producto final. Este proceso es común en diversas industrias, como la alimentaria, farmacéutica y química. Existen varios métodos de dosificación de sólidos, entre ellos:

- Dosificación por volumen: Este método utiliza la medición del volumen de los sólidos para determinar la cantidad requerida. Por ejemplo, una máquina dosificadora puede medir el volumen de granos de café necesarios para una taza.
- Dosificación por peso: Este es el método más utilizado en la industria, ya que ofrece mayor precisión. La cantidad de material requerido se mide por su peso en una balanza adecuada.
- Dosificación por gravedad: Este método utiliza la gravedad para distribuir los sólidos. El material se coloca en una tolva y se descarga a través de un puerto de salida controlado.
- Dosificación por mezcla porcentual: En este método, los ingredientes se mezclan en una proporción específica para obtener una cantidad precisa del producto final.

El método de dosificación de sólidos utilizado depende de la industria, el tipo de material y la precisión requerida para obtener el producto final deseado.

Los dosificadores presentan varias ventajas, especialmente en la industria donde la dosificación precisa de los materiales es fundamental para la calidad del producto final.

Algunas de las ventajas de los dosificadores incluyen:

- Precisión: La dosificación precisa del material es fundamental para garantizar la calidad del producto final. Los dosificadores pueden medir y dispensar materiales con precisión, reduciendo el error humano y asegurando una mezcla uniforme.
- Ahorro de tiempo: Los dosificadores pueden dispensar grandes cantidades de

materiales rápidamente, reduciendo el tiempo necesario para fabricar productos y aumentando la productividad en la línea de producción.

- Reducción de residuos: La dosificación precisa de materiales ayuda a reducir los desperdicios al asignar solo la cantidad necesaria para la producción, lo que disminuye los costos de producción y mejora la eficiencia.
- Automatización: Los dosificadores automáticos mejoran la eficiencia y la seguridad en la línea de producción. Los operadores pueden monitorear y controlar el proceso de dispensación a través de una interfaz fácil de usar, reduciendo el error humano y mejorando la seguridad en el lugar de trabajo.
- Consistencia: La dosificación precisa de los ingredientes garantiza la consistencia del producto final, lo cual es especialmente importante en las industrias alimentaria y farmacéutica, donde la calidad del producto es crucial para la seguridad del consumidor.

De esta manera, los dosificadores pueden mejorar la precisión, eficiencia y seguridad en la línea de producción, lo que resulta en una reducción de costos y una mejora en la calidad del producto final.

1.2 Marco teórico de la investigación

En los siguientes puntos de desglosa los antecedentes de la investigación propuesta.

1.2.1 Antecedentes de la investigación

A nivel global, hay una escasez de investigaciones sobre el sistema de dosificación de productos viscosos a una temperatura específica. Los estudios existentes no abordan específicamente las necesidades de dosificación de ciertos tipos de productos y no satisfacen las demandas de nuestro entorno, especialmente en los países productores de maní, como es evidente en la Figura 2, se llevó a cabo una exploración inicial durante el inicio de la investigación para este estudio actual., se encontraron documentos que enfatizan la importancia de sistemas de dosificación de sólidos altamente eficientes. Con base en estos hallazgos, se emprendió el rediseño y reconstrucción de la máquina dosificadora. La utilización de conocimientos adquiridos de investigaciones previas puede ser una

herramienta valiosa para mejorar y aumentar el éxito de una empresa. Al aplicar estos conocimientos, una empresa puede mejorar sus productos, servicios y estrategias de producción, lo que a su vez mejora la satisfacción del cliente y aumenta la rentabilidad. Además, se evita la manipulación inadecuada de la materia prima. Con esto, se busca optimizar el proceso de dosificación de productos viscosos, brindando soluciones adaptadas a las necesidades específicas de la industria y mejorando la eficiencia y calidad de los productos resultantes.

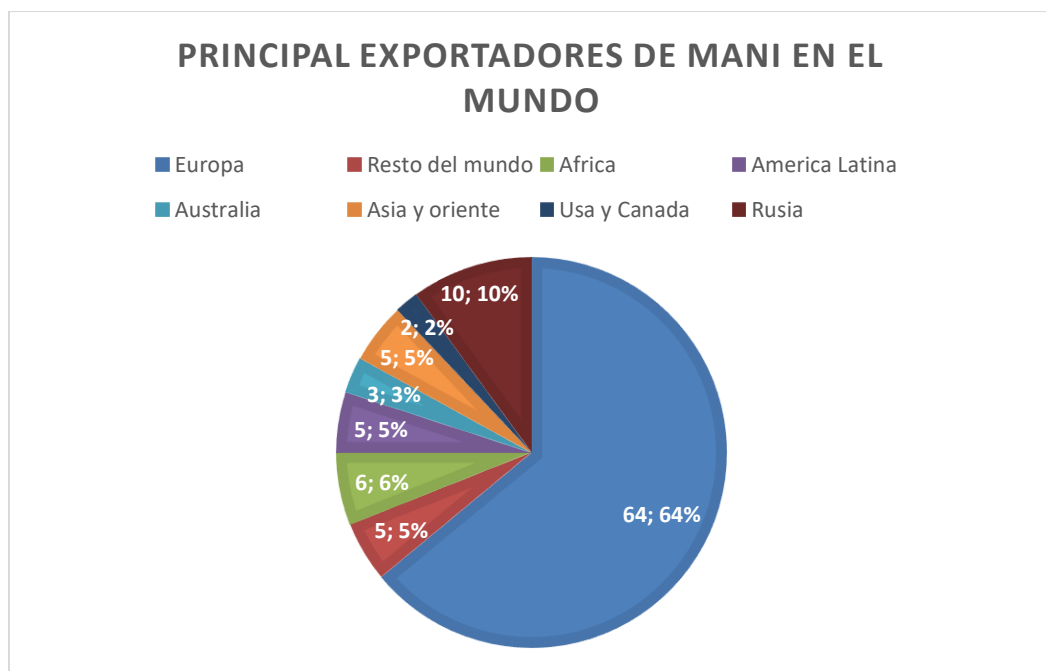


Figura 2: Principales exportadores de maní en el mundo[1]

Carpio Quito, Christian Vladimir menciona en su trabajo [2] “diseño y construcción de un máquina dosificadora de miel de abeja con capacidad de 100 l/h, para la asociación de apicultores Asoprime ubicada en la parroquia Tabacundo cantón Pedro Moncayo” que en su tesis de grado se basa en el diseño y construcción de la parte eléctrica, mecánica, neumática para la dosificación de miel para la solución de un problema de los apicultores de Asoprime en la parroquia de Tabacundo del cantón Pedro Moncayo.

Rodríguez José, Byron Tipantacig menciona en su trabajo[3] “Diseño y construcción de un prototipo de una máquina dosificadora y selladora para condimentos” que en su tesis de grado se basa en el diseño y construcción de la parte eléctrica, la parte mecánica para un prototipo de máquina diseño de la máquina se lo realiza con el fin de reducir el tiempo de llenado y sellado de los sachet, debido a que en la industria Ecuatoriana son pocas las

empresas que tienen este tipo de máquinas y por lo general el resto de las industrias dedicadas a este tipo de trabajo lo realizan de forma semi-manual.

1.2.2 Maní

El origen del maní es desconocido, pero se tiene constancia de su presencia desde el año 950 d.C. en América del Sur, especialmente en países como Perú y Brasil, donde es cultivado predominantemente. Durante la época de los conquistadores, el maní fue llevado a África y Europa, y posteriormente trasladado a América del Norte, donde se utilizó para alimentar a los esclavos en los barcos debido a su alto valor nutricional durante la época colonial. Desde entonces, en América del Norte, el maní ha sido empleado en la agricultura, alimentación, ganadería e industria farmacéutica durante varios años. La semilla de maní contiene una alta proporción de antioxidantes, grasas, proteínas, carbohidratos, fibras crudas, vitaminas y minerales, lo que lo convierte en un alimento esencial para la nutrición humana, especialmente en países en desarrollo. A nivel global, se produce una cantidad aproximada de 42.63 millones de toneladas de maní al año, siendo una de las principales fuentes para la producción de aceite vegetal comestible. Los principales países productores y exportadores son la India y Estados Unidos, mientras que en Sudamérica, Argentina, Brasil y Bolivia ocupan una posición destacada, siendo Bolivia el vigésimo entre 125 países en términos de producción de maní (*Arachis hypogaea* L.) según el artículo "Importancia nutricional y económica del maní".

1.2.3 Componente nutritivo del maní

El cacahuete, identificado también como "nueces de longevidad", "carne vegetal" y "leche verde" en el contexto chino, es ampliamente reconocido a nivel mundial como un alimento altamente beneficioso para la salud.[4]. Se posiciona como el cuarto cultivo oleaginoso más extenso a nivel global y representa una significativa fuente de proteínas, ocupando el tercer lugar en este aspecto[5]. La semilla de maní es altamente nutritiva, ya que posee un contenido aproximado del 38,0 al 60,0 % de grasas, del 24,0 al 36,0 % de proteínas, del 10,0 al 23,0 % de carbohidratos, alrededor de un 3,0 % de minerales y una variedad de ingredientes bioactivos como vitaminas y polifenoles, hidratos, polipidicarfina y holoficarfina activa. Los nutricionistas clasifican los cacahuetes como cultivos de Clase A, con la cáscara de todo el cacahuete constituyendo aproximadamente el 28,0-32,0%. Corresponde a cerca del 68.0-72.0 por ciento del cacahuete, en la semilla de este. En el grano de maní, la parte de la cáscara del grano es del 3,0 al 3,6 %, la parte de los cotiledones es del 62,1 al 64,5 % y la parte del embrión es del 2,9 al 3,9 %[4]). Los

principales componentes nutritivos de granos de maní corresponden a la proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales. cómo se visualiza en la tabla 1.

Tabla 1: Componentes químicos del maní [4]

cultivo	grasa	Proteína	Carbohidrato	Fibra cruda	Ceniza	Agua
Maní	44.24-	23.94-	9.89-23.62%	2.67-	1.75-	5.33-
	53.86%	36.35%		6.40%	2.58%	9.16%

1.2.4 Proceso de elaboración de la pasta de maní.

En el mundo se han utilizado varios métodos para hacer pasta de maní, los cuales han cambiado de acuerdo con la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Pero el proceso de producción se describe a continuación.

- **Recepción y selección de la materia prima**

Se recibe el grano de maní descascarado y seleccionado de esta forma ya es apto para el procesamiento[6].

- **Tostado**

El tostado es un paso importante en la producción pasta de maní que tiene el siguiente efecto sobre el grano: Reduce el contenido de agua del 5 % a menos del 1 % (el valor más utilizado es 0,5%). Esta reducción prolonga la vida útil al reducir la actividad microbiana y evita pérdida del gusto [6].

- **Enfriamiento**

Este paso en el proceso asegura el color y el sabor del maní. Debido a las altas temperaturas y concentraciones utilizadas en dicha operación se utiliza una cinta transportadora donde circula gran cantidad de aire [4].

- **Pelado**

El proceso de pelado asegura la eliminación de la piel de la maní tostado, las partes quemadas y las partículas extrañas que se producen durante el tostado, para que no queden manchas no deseadas en la pasta terminada. Este proceso se puede llevar a cabo mediante diferentes métodos, como el pelado en seco, juntos agua, aire y movimiento [4].

- **Molienda y mezclado**

Además, es importante mezclar los estabilizadores y las grasas en esta etapa porque la molienda rompe las paredes celulares del maní, liberando el aceite y calentándolo debido a

la fricción y la energía liberada en el molino [4]

- **Enfriamiento**

Este proceso se realiza para detener la reacción de estabilización y garantizar que se mantengan los enlaces formados; de lo contrario, la pasta de maní se volverá inestable. Se recomienda realizar este procedimiento rápidamente para asegurar la uniformidad del producto, La temperatura de enfriamiento depende del estabilizador utilizado [4].

- **Envasado**

La pasta de maní tiene una alta viscosidad, para esto se realiza previo un baño maría de la pasta para lograr un estado de licuación y así facilitar el empaclado esto puede ser en recipientes plásticos o de vidrio, el recipiente de vidrio tiene buen sellado y no permite el paso de oxígeno esto alarga la vida útil de la pasta de maní alrededor de 2 años [4].

1.2.5 Diagrama de flujo transformación de la pasta de maní.

La Figura 3: Se observa el proceso de la pasta de maní.

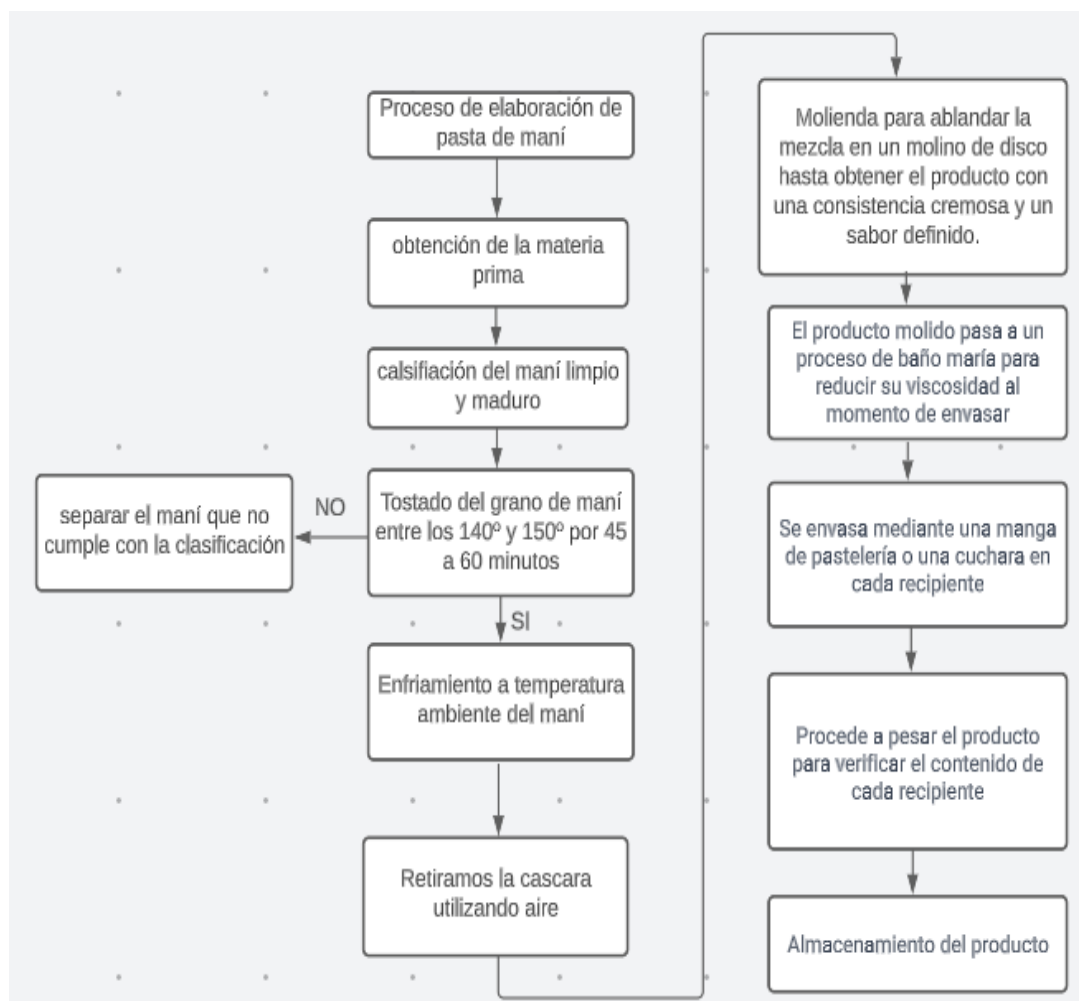


Figura 3: Diagrama de flujo de la transformación de pasta de maní.

1.3 Fundamentación de la investigación

El estudio se basa en problemas reales presentes en el entorno, centrándose en el dosificado de pasta de maní sólida para abordar los problemas identificados en la tabla 2 Contribuye al progreso científico y tecnológico de la sociedad.

- La falta de tecnología aplicada en el envasado de la pasta de maní resulta en un bajo aprovechamiento de las materias primas.
- La falta de implementación de un sistema de dosificación aumenta significativamente los costos de producción, lo que se traduce en un incremento en el precio del producto final (pasta de maní).
- La falta de productos de calidad por parte de la empresa genera insatisfacción entre los clientes.
- La implementación de un sistema de dosificación para productos sólidos permitirá que la empresa sea más competitiva y tenga la posibilidad de expandirse en el mercado, alcanzando a un mayor número de consumidores.
- Al implementar un nuevo sistema de calidad, se reducirán los accidentes laborales y se mejorará la higiene del producto final.

Tabla 2: Causa y Efecto

Causa	Efecto
El no implementar un sistema de dosificado, hace que los costos de producción suban su precio considerablemente por ende el precio del producto finalizado (pasta de maní) se incrementa.	Aumentan costos de producción afectando al momento de competir con otras marcas
La poca tecnología aplicada en el empaque de la pasta de maní hace que no haya un aprovechamiento de las materias primas	El desaprovechamiento de los recursos produce pérdidas económicas

1.4 Análisis de alternativas.

Los requisitos se inician al considerar las necesidades del usuario y los estándares existentes para determinar los materiales, el equipo y las cargas seleccionadas para la máquina. De esta manera, las necesidades del cliente definen la totalidad de la máquina, mientras que el diseñador ajusta el diseño o modifica las especificaciones para perfeccionar el modelo del proyecto.

La compañía necesita encontrar un método que automatice este procedimiento para incrementar tanto la producción como la calidad del producto. Cada alternativa será evaluada teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

1.4.1 Parámetros de evaluación

Función

- **Costo del material**

En este apartado se abordará el estudio de las funciones principales que debe llevar a cabo el sistema actual, que incluyen la tolva de dosificado, el sistema de calentamiento y el agitador.

- **Disponibilidad del material**

Al seleccionar los materiales, es importante que se considere la disponibilidad de estos en el mercado local y la facilidad de adquisición de todo lo necesario para su uso. Además, se debe tener en cuenta si los distribuidores locales se encuentran en cercanía, evitando así tener que recorrer largas distancias.

- **Construcción y Tiempo de construcción**

En este apartado se toma en consideración el tiempo requerido para construir cada uno de los elementos, con el objetivo de cumplir con el plazo establecido. Además, se busca que los elementos sean de fácil manejo y mantenimiento para el operador.

- **Mantenimiento**

No deben dificultar el mantenimiento y limpieza de los mismo.

1.4.2 Valoración de parámetros para la selección

La valoración será con una escala de 1 al 10 como se observa en la siguiente tabla 3

Tabla 3: Valoración de parámetros

Calificación	Descripción
1-2	Inaceptable
3-5	Malo
6-8	Aceptable
9-10	Excelente

Con base en los datos de la tabla 1, se procedió a evaluar y cuantificar cada alternativa, tal como se muestra en la tabla 4, con el objetivo de identificar la mejor opción que se adecue al proyecto

1.4.3 Análisis de alternativas

Para seleccionar la opción más adecuada de tolva, se analizaron distintos parámetros, detallados en la tabla 4, y posteriormente se eligió la alternativa óptima para este proyecto.

Tabla 4: Análisis de las alternativas de tolvas.

	Nombre	Funcionamiento	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Tolva cónica	El material ingresa por la parte de superior de la tolva esta al tener un cono en la parte inferior ayudando a conducir el producto a la máquina dosificadora facilitando su transportación.	Facilita la limpieza de las paredes por su forma de cono esta tolva es principalmente utilizada para elementos viscosos y de alta densidad.	Dependiendo del material al utilizar se deberá realizar un cono el cual puede ser tedioso por la dureza de este.
	Tolva cuadrada	El producto ingresa por la parte superior de la tolva esta al tener un diseño cuadrado tanto en su parte superior como inferior.	Esta tolva es utilizada principalmente para la transportación de granos para tener un control de vaciado.	Al utilizar esta tolva en productos de alta densidad y viscosidad se queda atorado en sus paredes por la forma característica que posee.

Alternativa 3	Tolva	El producto ingresa por la parte superior de la tolva esta al tener un diseño rectangular mucho más largo que la rectangular tanto en su parte superior como inferior.	Esta tolva es utilizada principalmente para la transportación de granos mucho más pequeño esta tolva posee un parte inferior de escaso tamaño en forma rectangular para tener un control de vaciado de un producto de menor tamaño.	El producto caería sin control quedaría atorado en sus paredes rectangulares difícil de limpiar y hacer manteniendo.
	Biselada			

Después de examinar diversas alternativas, se establecieron criterios específicos de evaluación mediante el sistema de análisis. cuantificación el cual se detalla a continuación en la tabla 5 de selección de alternativas de tolvas

Tabla 5: Matriz para la selección de las alternativas de tolvas.

<i>Análisis de alternativas</i>			
<i>Criterio</i>	Alt.1	Alt.2	Alt.3
<i>Construcción</i>	9	5	6
<i>tiempo de fabricación</i>	5	9	10
<i>Disponibilidad del material</i>	8	8	8
<i>Función</i>	10	5	2
<i>Mantenimiento</i>	10	8	3
<i>Costo de fabricación</i>	5	8	8

1.4.4 Sistema de calentamiento

Para el sistema de intercambiador de calor a través de un encamisado térmico, pero se debe determinar cuál alternativa es mejor para el calentamiento como se observa en la tabla 6 para general un baño María.

Tabla 6: Análisis de alternativas para el calentamiento

Nombre		Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Resistencias en serpentín	Al cubrir totalmente la tolva con las resistencias en forma de espiral con esto se tendrá un calentamiento uniforme en toda la tolva.	La manipulación de las niquelinas es complicada generando gastos y tiempo excesivo
	Resistencias tubulares o cartucho	No se genera demasiados gastos en la implementación o de estas resistencias.	Se calienta de forma independiente en u punto específico sin transferir el calor a toda la tolva

Los factores de ponderación que facilitan la selección del sistema de transferencia de calor en el recipiente principal se encuentran detallados en la Tabla 7.

Tabla 7: Matriz para la selección de las alternativas de tolvas.

<i>Análisis de alternativas</i>		
Criterio	Alt.1	Alt.2
Construcción	2	10
tiempo de fabricación	1	10
Disponibilidad del material	5	8
Función	10	5
Mantenimiento	5	10
Costo de fabricación	2	9

1.4.5 Sistema de agitación

Un sistema de agitación consiste en generar un movimiento circular en un recipiente o tanque para obligar a una sustancia a seguir ese patrón regularmente. Por otro lado, el término "mezclar" implica la combinación de dos fases previamente separadas para formar una sola fase, lo cual ocurre de manera aleatoria durante su distribución. Es importante destacar que la agitación y la mezcla son conceptos distintos, y se describen algunas alternativas a considerar propuestas en la tabla 8.

Tabla 8: Análisis de las alternativas del agitador

	Nombre	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Agitador de paletas	Eficaz para pequeños volúmenes fácil de fabricar y limpiar generando una mezcla suave.	Posee bajas revoluciones necesita un grupo o conjunto de varias paletas.
Alternativa 2	Agitador de turbina	Buenos para productos viscosos economiza energía por el uso de alabes.	Mayor costo por el equipo adicional que posee.
Alternativa 3	Agitador sin fin	Difícil de fabricar trabaja muy bien con productos de alta densidad puede agitar en sentido vertical o inclinado.	Mayor costo de fabricación trabaja en velocidades altas daña el producto.

Los parámetros de ponderación que ayudan a elegir el sistema del agitador en el recipiente principal se dan la ponderación en la Tabla 9.

Tabla 9: Matriz para la selección de las alternativas de agitadores.

<i>Análisis de alternativas</i>			
Criterio	Alt.1	Alt.2	Alt.3
Construcción	9	6	2
tiempo de fabricación	10	4	3
Disponibilidad del material	9	8	7
Función	9	9	10
Mantenimiento	10	7	4
Costo de fabricación	10	4	2

1.4.6 Material de construcción

Existe gran variedad de materiales para la construcción en la línea de producción alimentaria, estos son estandarizados para sanidad esto Se responsabiliza de asegurar que dicho material sea apto para ser utilizado, según lo descrito en la tabla 10.

Tabla 10: Análisis de alternativas de materiales para la construcción de la tolva y el encamisado.

	Material	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Acero AISI 304	Resistencia a la corrosión de agua, ácidos e intergranular también posee propiedades no magnéticas	Reduce la precipitación de carburo después de la soldadura
Alternativa 2	Acero AISI 201	Posee bajo contenido en carbono también posee propiedades no magnéticas mejorando puede ser aplicado en entornos de la corrosión severa	Tiene leve resistencia a la corrosión, con la implementación de una soldadura pierde propiedades impidiendo la corrosión.
Alternativa 3	Acero AISI 430	Tiene acabados 2B y N4 posee alta resistencia a la corrosión tienen estructura ferrítica estable	Pierde sus propiedades ante la soldadura y ferromagnética

Se llevó a cabo una evaluación de los diferentes materiales potenciales para utilizar, los cuales se encuentran detallados en la tabla 10 se realiza una matriz para la selección presente tabla 11 para determinar los materiales adecuados para la construcción de la máquina.

Tabla 11: Matriz para la selección de las alternativas de los materiales a seleccionar.

<i>Análisis de alternativas</i>			
Criterio	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Disponibilidad	9	7	3
Costo	7	5	2
Resistencia a la temperatura	9	8	8
Resistencia a la corrosión	9	9	10

Los resultados de la selección de alternativas en la Tabla 11 revelan que cada material es óptimo para diferentes aplicaciones. Sin embargo, para el desarrollo de este proyecto, se utilizará el AISI 304, ya que las piezas entrarán en contacto directo con la pasta de maní.

1.4.7 Parámetro de diseño

Para explorar diferentes alternativas, se ha determinado que la máquina se divide en dos sistemas básicos: el sistema de dosificado y la tolva. Estos sistemas se diseñan teniendo en cuenta los requisitos específicos del cliente, Como se puede apreciar en la Tabla 12

Tabla 12: Especificaciones técnicas solicitadas para cliente e ingeniero.

	Producto		Fecha	Página
	Pasta de maní		04/04/2023	1/1
Concepto	Propone	R/D		
Función	C	R	Dosificar Pasta de maní en recipientes de vidrio, doypack, tarrinas con capacidad de (50 – 500 ml)	
	C	R	Dosificar un mínimo de 50 (uni/min)	
	C+I	D	Funcionamiento continuo de la unidad de control de temperatura semiautomática 6 (horas/día) (solo 1 operador)	
Dimensiones	C	D	Dimensiones (1100 x 450 x 800) (mm)	
	C	R	Tolva (50) L	
Movimientos	I	R	Dosificado horizontal	
	I	R	Agitador	
Energía	C	R	Electricidad	
			Neumática	
Señales y control	C+I	R	Mandos de encendido y acondicionamiento	
	C+I	R	Actuadores neumáticos	
	I	R	Control de sensores de temperatura	
Fabricación montaje	y	C	D	Flexibilidad para aplicar a otro producto en un futuro
		C	R	Facilidad de transporte y movilidad
Vida útil mantenimiento	y	C	D	Fácil mantenimiento
Costes y plazos	C	R	Presupuesto 800 USD	
Aspectos legales	C	R	Cumplimiento de normativas de tratamiento de alimentos	

Propone: M=Márquetin, C=Cliente, D=Diseño, P=Producción, F=Fabricación.

R/D: R=Requerimiento, D=Deseo, MR=Modificación de Requerimiento

1.5 Estudio de alternativas

Para explorar diferentes alternativas, se determinó que la máquina se divide en dos sistemas principales que funcionan simultáneamente:

- El sistema de tolva
- El sistema de agitador.
- El sistema de calentamiento como parte integral del proceso.

El método de selección utilizado consiste en evaluar la calidad de las alternativas para cada sistema, teniendo en cuenta las especificaciones que el equipo debe cumplir de acuerdo con los requerimientos del cliente.

1.5.1 Funciones que puede desempeñar una tolva

Las tolvas desempeñan un papel crucial en la manipulación, transporte y procesamiento de productos sólidos en forma de gránulos o polvos. Estas pueden ser mejoradas y optimizadas mediante la incorporación de otros equipos, como batidores, vibradores, fondos vibratorios o líneas de aireación

1.5.2 Flujo tubular.

Se caracteriza por la presencia de un canal de flujo que coincide con la salida del puerto inferior. Este canal se encuentra rodeado por una región en la que el material inicialmente contenido se mantiene estacionario. El comportamiento del material varía según su nivel de adherencia. En caso de que el material sea altamente cohesivo, es decir, si las partículas del material o sustancia están muy próximas entre sí, la descarga puede detenerse, formando un canal hueco rodeado de material estacionario. Esta estructura se puede observar en la Figura 4. Por otro lado, si el material no se adhiere firmemente, se introducirá en el canal central, lo que provocará el colapso de las secciones superiores que están en contacto con la pared. [7].



Figura 4: Tipos de tolvas de flujo tubular [7].

1.5.3 Tolva másica

El flujo másico se caracteriza por poner en movimiento toda la materia durante la descarga. En este tipo de flujo, el material que está adherido a las paredes de la tolva se desliza a través de ellas y se mezcla con el resto del material, lo que reduce la presencia de zonas inactivas. Este flujo presenta diversas ventajas, como la eliminación de obstrucciones en el flujo, tal como se muestra en la Figura 5 que representa la estructura de las tolvas. Además, el flujo másico minimiza los impactos dimensionales, permite la innovación de materiales, ofrece un control y una homogeneidad del flujo, y maximiza la capacidad total del depósito. [7].



Figura.5: Tipos de tolvas de flujo tubular [7].

1.5.4 Sistema de calentamiento

El sistema de calefacción es un componente auxiliar de la dosificadora que cumple con los requisitos específicos según el tipo de producto que se está procesando, especialmente líquidos viscosos. Su objetivo es alcanzar la temperatura óptima de funcionamiento durante el proceso de dosificación, lo que garantiza una viscosidad operativa adecuada y evita posibles cambios de fase en el producto.

En términos generales, existen dos tipos de sistemas de calefacción que se pueden utilizar, dependiendo del diseño del dispensador:

- Calentamiento por encamisado
- Calentamiento por resistencia eléctrica

1.5.5 Calentamiento por encamisado

Este tipo de calentamiento se logra mediante la transferencia de calor desde un fluido térmico ubicado en una cámara adyacente a la bandeja del producto. El tipo de fluido térmico utilizado depende directamente del tipo de producto que se está procesando,

pudiendo ser gas, aceite caliente o incluso agua en estado líquido. La transferencia de calor tiene lugar a través de conducción a lo largo de las paredes que contienen el producto, como se puede observar en la Figura 6. Para facilitar este proceso, el recipiente del producto debe estar diseñado con una chaqueta o revestimiento metálico en su superficie, permitiendo que el fluido térmico circule en su interior.

Este tipo de calentamiento se utiliza comúnmente en industrias de gran escala que cuentan con sistemas de calderas y redes de tuberías para la distribución del fluido térmico. Esto lo convierte en un sistema rentable y limpio, especialmente adecuado para aplicaciones industriales de este tipo.

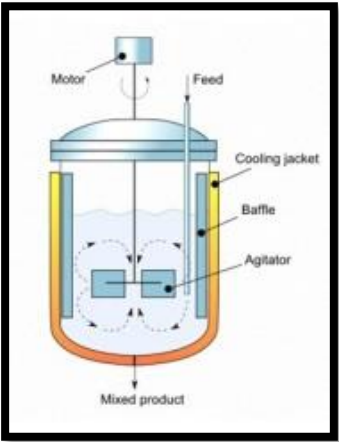


Figura 6: Sistema de calentamiento por encamisado [8].

1.5.6 Ventajas y desventajas de calentamiento por método de encamisado

En la siguiente tabla 13 se describen las ventajas y desventajas el método de calentamiento por encamisado.

Tabla 13: Ventajas y desventajas por calentamiento método encamisado

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Alto flujo de calor • Mayor salubridad 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo en producción de camisa • Fuente continua de agua caliente y/o vapor • Riesgo de fuga • Control de temperatura con mayor dificultad

1.6 Selección de alternativas

Tras realizar un estudio exhaustivo de métodos de selección de alternativas factibles, se ha buscado alcanzar un funcionamiento óptimo del sistema de dosificado de la pasta de maní mediante la implementación de un sobre encamisado, un agitador y una tolva de almacenamiento principal. Los detalles de estas alternativas se encuentran enumerados en la Tabla 14 de selección de alternativas.

Tabla 14: Selección de alternativas

Alternativa seleccionada	Función
Sistema de tolva principal en forma de cono	Depositar el producto dentro de la misma para dirigirlo a la máquina para el dosificado
Transferencia de calor por encamisado a la tolva principal	Realizar la transferencia de calor por medio de un sobre encamisado por niquelinas tubulares o de cartucho.
Agitador de paletas con en 3 niveles	Realiza el movimiento de la pasta de maní para que el producto este en constante transferencia de calor
Material que se va a utilizar AISI 304	Material para la construcción tanto de la tolva como del sobre encamisado de la misma.

1.6.1 Estudio de alternativas

En los siguientes puntos se detalla las alternativas para proceder a la selección de la mejor.

1.6.2 Tolva cónica

La tolva se encarga de recibir un producto en forma de polvo, como harina, azúcar, sal, entre otros, que es posteriormente transportado neumáticamente desde el silo de almacenamiento hasta el lugar de uso.

Características de las tolvas cónicas

- Tapa de cilindro con diferente diámetro según la capacidad.
- Fondo cónico que facilita la extracción del producto.
- Válvula de mariposa para vaciado manual o más a menudo automático.

- Sistemas apropiados para facilitar el desmontaje del producto
- Suministrado con células de carga para funciones de dosificación.
- Equipado con tela filtrante interna o filtro de bolsa para separar el producto y transportar el aire o para limpiar la contrapresión.



Figura 7: Tolva cónica de dosificadora [9].

1.6.3 Calentamiento por resistencia eléctrica.

La resistencia es un elemento que convierte la energía eléctrica en calor, por lo que el producto es calentado por estos elementos por contacto directo o indirecto. Requisitos del tipo de producto y tipo de contacto definido por el usuario.[10]

Existen dos tipos de resistencias eléctricas.

- Tubulares o cartuchos (Fig. 8)
- Forma de 3U (Fig. 9)

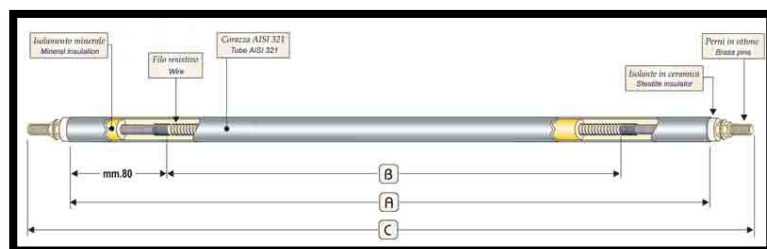


Figura 8: Resistencia eléctrica de inmersiones rectas tubular. [10]

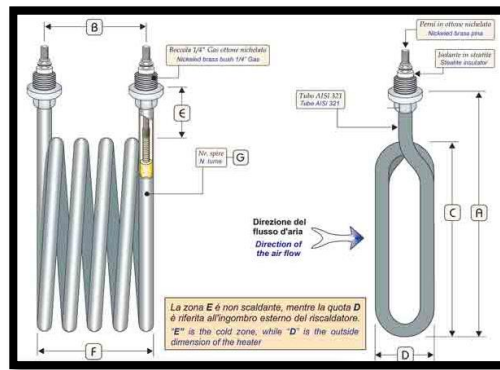


Figura 9: Resistencia eléctrica de inmersiones rectas tubular [10].

1.6.4 Dosificador

Un dosificador es un dispositivo que cumple una función esencial en una línea de producción. Su objetivo principal es suministrar de manera ágil la cantidad exacta de material o alimentación necesaria para garantizar el correcto funcionamiento de un sistema. Además, el dosificador desempeña un papel clave al proporcionar una dosificación precisa de sólidos o materiales, lo cual contribuye a mejorar los procesos y optimizar los recursos disponibles.

1.6.5 Dosificador de pistón.

El dosificador es empleado para líquidos y sustancias semilíquidas. Está compuesto por uno o varios recipientes herméticos que almacenan el líquido, y uno o varios pistones se encargan de elevar el producto desde el contenedor hacia una boquilla situada dentro de la bolsa que ha sido previamente generada por la máquina de envasado.[11] El dosificador de pistones es especialmente adecuado para productos líquidos espesos o viscosos, como champú, yogur, grasa, tomate triturado, jaleas, membrillo, entre otros ejemplos. Sin embargo, también se puede utilizar para líquidos más fluidos, como agua, zumos, vinos, y otros.



Figura 10: Dosificadora de pistón [11]

1.6.6 Fluido

En términos generales, se define un fluido como una sustancia que experimenta cambios constantes en su forma en respuesta a la fuerza cortante aplicada, sin ocasionar una deformación permanente.

1.6.7 Viscosidad

La viscosidad es una característica de los fluidos que explica la relación entre la fuerza aplicada para su movimiento y su velocidad. Al estudiar el desplazamiento de un fluido viscoso, es esencial considerar la superficie del fluido en movimiento en la ecuación.[12].

$$Ft = \mu * \frac{s*v}{y} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde

μ : es la viscosidad dinámica

Ft : fuerza tangencial

s : superficie

v : velocidad de una placa respecto a otra

y : espesor de la lámina líquida

Tabla de viscosidad dinámica (a la presión de 1 bar)		
Substancia	T °C	μ Pa·s
Aceite de castor	25	0,985
Aceite de oliva	25	0,081
Acetona	25	$3,06 \times 10^{-4}$
Ácido sulfúrico	25	0,0242
Agua	20	$1,003 \times 10^{-3}$
Agua	25	$8,91 \times 10^{-4}$
Aire	0	$17,4 \times 10^{-6}$
Argón	27	$22,9 \times 10^{-6}$
Benceno	25	$6,04 \times 10^{-4}$
Brea / pez / piche	25	$2,3 \times 10^5$
Crema de cacahuete /maní	25	250 000
Etanol (alcohol etílico)	25	$1,074 \times 10^{-3}$
Etilenglicol	25	0,0161
Glicerina (glicerol)	25	1,5
Helio	27	$19,9 \times 10^{-6}$
Hidrógeno	0	$8,4 \times 10^{-6}$
Jarabe de maíz	25	1,3806
Ketchup	25	50 000 - 100 000
Melaza	25	5000 - 10 000
Mercurio	25	$1,526 \times 10^{-3}$
Metano	27	$11,2 \times 10^{-6}$
Metanol	25	$5,44 \times 10^{-4}$
Miel	25	2000 - 10 000
Nitrobenceno	25	$1,863 \times 10^{-3}$
Nitrógeno	27	18×10^{-6}
Nitrógeno líquido	-196	$1,58 \times 10^{-4}$
Propanol	25	$1,945 \times 10^{-3}$
Sangre humana	37	3×10^{-3} - 4×10^{-3}
Sirope de chocolate	25	10 000 - 25 000
Xenon	0	$21,2 \times 10^{-6}$

Figura 11: Tabla de viscosidades [13]

1.7 Tipos de fluido

En los siguientes puntos se detalla los fluidos newtonianos, la pasta de maní corresponde a un fluido no newtoniano.

1.7.1 Fluido newtoniano

El flujo newtoniano se refiere a aquel que presenta una viscosidad constante para todas las velocidades de cizallamiento a las que se somete. La viscosidad, que mide la resistencia de un fluido o flujo, únicamente varía dependiendo de la temperatura. Algunos ejemplos de fluidos newtonianos son el agua, los azúcares solubles y la glicerina.

1.7.2 Fluido no newtoniano

Los fluidos no newtonianos son aquellos que presentan variaciones en su viscosidad en función de la temperatura y la carga a la que se someten durante su operación. Estos fluidos son especialmente sensibles a cambios de temperatura, lo que puede tener un impacto significativo en su comportamiento reológico. La temperatura tiene la capacidad de modificar la viscosidad de estos fluidos, y la presión también puede influir en esta propiedad. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que pequeños cambios en la temperatura y la presión pueden generar diferencias significativas en el comportamiento de los fluidos no newtonianos.

Características los fluidos no newtonianos

- Es una sustancia homogénea.
- Los fluidos pueden variar en función de la tensión que se les aplique.
- No tienen un valor de viscosidad definido o constante.
- El fluido cuando está en reposo se comporta como un fluido, y cuando se aplica una fuerza aumentan su factor de viscosidad como se observa en la Fig.12.
- La viscosidad de los fluidos no newtonianos depende completamente del tiempo.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Introducción

El enfoque de la investigación se centró en métricas numéricas., lo que implicó la realización de un estudio experimental. Se adoptó un enfoque de control de variables para analizar los efectos de los cambios químicos en los materiales, como se mencionó previamente. El rediseño y reconstrucción del contenedor dispensador de doble camisa estuvo en concordancia con el enfoque cuantitativo adoptado y fue una parte coherente de la investigación.

2.2. Diseño de la investigación

El nivel de investigación está dirigido a la adaptación de las empresas y microempresarios nacionales a la automatización de sus procesos, ayudando a resolver sus dificultades y al mismo tiempo, estas son afectadas por costos operativos innecesarios, ya que la mayoría de estas empresas utilizan diferentes métodos de llenado empírico o rudimentario para evitar las consecuencias de un proceso contaminante, se realizará un proyecto descriptivo para conocer el estado actual del envasado envases y la calidad final del producto con todas sus propiedades físicas y químicas, estableciendo prácticas estándares de higiene comercial.

2.3. Modalidad de la investigación

El proyecto de investigación propuesto consistirá en el rediseño y acondicionamiento de una máquina dosificadora especializada en productos de alta viscosidad que operan en diferentes rangos de temperatura. El objetivo principal de este proyecto es abordar problemas prácticos mediante el desarrollo e implementación de soluciones mecánicas que aporten beneficios significativos tanto a la industria como a la sociedad en general. Específicamente, el proyecto tiene como meta principal modernizar la tolva, incorporando un sistema de calentamiento por baño maría. Para lograr esto, se llevará a cabo una investigación exhaustiva basada en libros, artículos científicos y fuentes bibliográficas confiables, además de aprovechar la experiencia de otros productores que trabajan con recursos similares.

La realización exitosa de este proyecto será posible gracias a la aplicación de una

metodología de investigación aplicada, la cual implicará la colaboración estrecha con fabricantes y expertos en el campo.

A través de este trabajo en conjunto, se buscará obtener información valiosa que pueda no estar disponible en la literatura existente o que no esté documentada de manera adecuada.

Además, se espera que la implementación de un sistema de recubrimiento contribuya a mejorar y agilizar el proceso de producción en su conjunto.

2.4. Diagrama Causa – Efecto

Se observa el diagrama Ishikawa en la Figura 14.

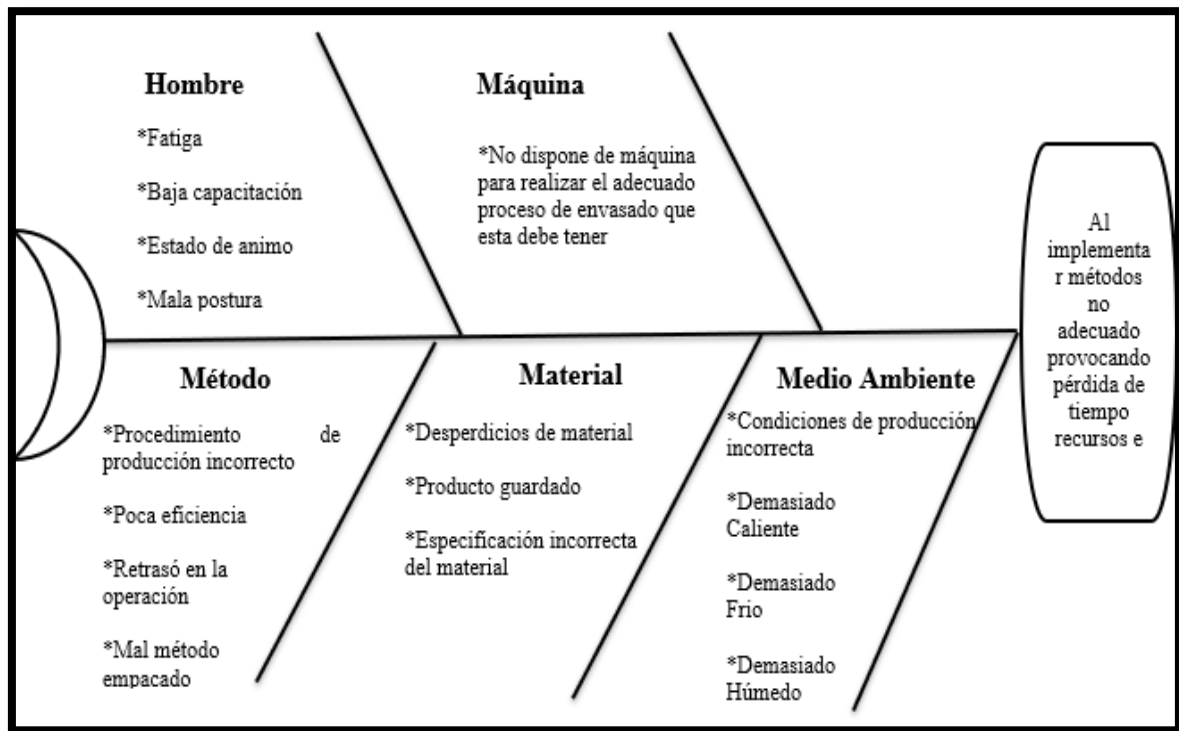


Figura 14: Diagrama Ishikawa

2.5. Operacionalización de las variables

En la tabla 15 se puede apreciar la operación de variables la cual consta de característica o cualidad, magnitud o cantidad susceptible de sufrir cambios y es objeto de análisis en este proyecto.

Tabla 15: Operacionalización de las variables

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos
El implementar una maquina dosificadora aumentaría la producción de las microempresas ayudando a tener más liquidez y poder competir con marcas reconocidas en el mercado	Dosificadora Liquidez Competir en el mercado	Rapidez de empackado Aumento de clientes Mejorando la calidad de presentación.	¿Las microempresas no disponen de la ayuda de un empackado rápido para el incremento de la liquidez, permitiendo la competencia con marcas de renombre?
Evitando el envasado manual a base de métodos caseros contribuye a una higiene más controlada, impidiendo el ingreso de bacterias en el producto final garantizando una alta calidad y aumentando su preservación.	Envasado manual Métodos caseros Higiene Preservación	Contacto manual Métodos rudimentarios	¿El contacto Manual y los métodos rudimentarios reducen considerablemente la conservación del producto final?
Al no tener control exacto de la materia prima al momento de dosificar artesanalmente se tiene desperdicios lo cual produce pérdidas económicas	Desperdicios Método artesanal Pérdidas económicas	Material regado Producto excesivo en los envases Gasto excesivo	¿Mantener producto excesivo por un mal dosificado genera pérdidas económicas?

2.6. Técnicas e instrumentos

Se recopiló información sobre el proyecto propuesto a través de una observación directa y estructurada, con el objetivo de identificar los problemas ocasionados por un sistema manual de dosificación y envasado de pasta de maní. Para llevar a cabo esta tarea, se empleó el tablero de observación como herramienta de registro detallado, como se muestra en la tabla 16. Además, se llevaron a cabo entrevistas con varios propietarios de fábricas que han logrado mejorar significativamente su proceso de dosificación. El principal objetivo de estas mejoras ha sido la automatización del envasado para agilizar el proceso. Para lograrlo, se han utilizado productos similares al proceso actual, y se han incorporado herramientas como niquelinas y reguladores digitales.

La principal razón para utilizar estos métodos y herramientas reside en su capacidad para recopilar información, analizarla, tabular los resultados y almacenarlos para su posterior análisis. Esto permite obtener una visión más precisa y detallada de los resultados, facilitando la toma de decisiones informadas durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 16: Técnicas de investigación

Técnica de investigación	Tipos	Instrumentos	Instrumentos de registro
Observación	- Directa	-Guía de	-Cámara
	- Indirecta	exploración	-Equipo de
	- De campo	-Escala de control	medición
	- Estructural		
Entrevistas	- Estructural	Guía de lo	-Cámara
	- No estructural	dialogado	-Equipo de
	- Focalizada		medición

2.7. Conclusiones del capítulo

En este capítulo se analizan la metodología de investigación las causas y efectos del proyecto, en el cual se detalla técnicas de posible solución en el siguiente capítulo se detallará minuciosamente la selección y dimensionamiento de estos.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Introducción

El propósito de este capítulo es presentar los resultados derivados de la implementación de los objetivos establecidos. Se busca satisfacer las necesidades y requisitos del usuario en relación con el análisis de los elementos neumáticos, electrónicos y mecánicos, así como brindar un detalle completo del proceso de baño maría y dosificación de la pasta de maní. El análisis e interpretación de los resultados se centra en la teoría del análisis cuantitativo, que implica la aplicación de un procedimiento sistemático para analizar los datos empíricos recopilados. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los datos con el fin de proporcionar una comprensión clara y precisa de los resultados obtenidos en el estudio.

3.2. Descripción de la situación actual

El desarrollo de este estudio es verificar si las microempresas que producen y exportan localmente, incurren en sobrecostos innecesarios debido a los métodos de empaque rudimentarios utilizados por la mayoría de estas empresas, así como las consecuencias de la contaminación del proceso manual en el producto, se coloca una imagen más completa de la situación actual en la producción de mantequilla de la pasta de maní[15]. Actualmente se realiza un proceso adicional como es el baño maría en contacto como se observa en la Figura 15 que consiste en introducir el producto en un recipiente más pequeño el cual toca el agua y el calor pasa del recipiente como se observa en la figura 15 la densidad de la pasta de maní a una temperatura de 18°C es de $1,1 \left[\frac{g}{cm^3} \right]$, el sistema tendrá contacto directo con productos destinados al consumo alimenticio se escoge el acero AISI 304 para buenas prácticas de manufactura

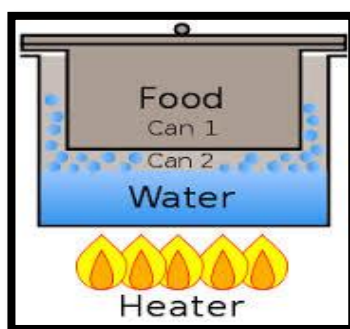


Figura 15: Técnica del baño maría

3.3 Dimensión de la tolva principal de almacenamiento

En los siguientes puntos se especifica los cálculos de los diferentes pates mecánicos como eléctricas.

3.3.1 Cálculos y Selección

Para determinar las dimensiones del tanque, es necesario conocer la cantidad de producto que se desea dosificar. En este caso, se requiere una capacidad de 100 gramos por empaque, con una velocidad de dosificación estimada de 85 unidades por minuto. Se basó en estos datos, se estima que se necesitará un volumen de aproximadamente 620 litros, lo que equivale a aproximadamente 680 kg de producto. Estos cálculos permitirán dimensionar adecuadamente el tanque necesario para el proceso de dosificación.

$$V_{tp} = \frac{M}{\rho} \quad \text{Ec (2)}$$

Donde:

ρ : Densidad de pasta de maní $1100 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$

M: Masa del producto a dosificar 680 [kg]

$$V_{tp} = \frac{680 [kg]}{1100 \left[\frac{kg}{m^3} \right]}$$

$$V_{tp} = 6,18 L$$

Para determinar el cono inferior de la tolva principal de almacenamiento se va a utilizar la Ec. (5)

$$V_{tolva} = \frac{\pi h}{3} [(R)^2 + (r)^2 + (Rr)] \quad \text{Ec (3)}$$

Donde

V_{tolva} = Volumen de la tolva

h = altura del fondo del tanque 500 mm

R=radio mayor 380 mm

r = radio menor 60 mm

$$V_{ftp} = 89430.70 \text{ mm}^3$$

$$V_{ftp} = 9 \text{ L}$$

El cuerpo del tanque se encuentra unido en la parte inferior, y estos dos sistemas formarán un volumen total que será calculado mediante la Ec. (2) y la Ec. (3), y luego se sustituirá en la Ec. (4).

$$V_{total} = V_{tp} + V_{ftp} \quad \text{Ec (4)}$$

$$V_{total} = 15.18 \text{ L}$$

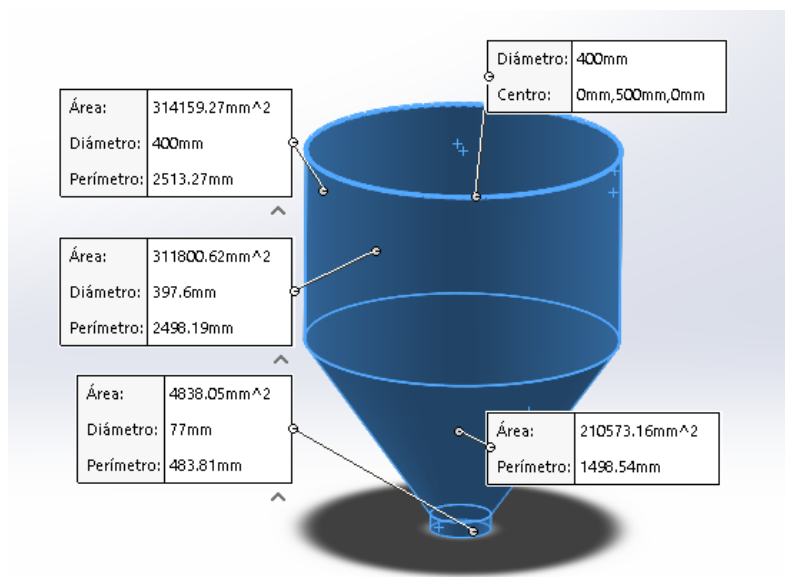


Figura 16: Dimensionamiento del volumen de la tolva principal

Para dimensionar la tolva principal, se deben tener en cuenta diversas condiciones, como el espacio disponible para la máquina. Además, se considera la altura adecuada para que el operario pueda manipularla con facilidad. En este caso, se establece una altura de la tolva de 500 mm. Asimismo, se requiere una capacidad de 15 litros, lo que implica que la tolva principal debe ser capaz de contener completamente esa cantidad de producto. Estos parámetros son fundamentales para el diseño y dimensionamiento adecuado de la tolva principal en el proyecto.

Volumen de la tolva

$$R^2 = \frac{V_{tp}}{\pi \times h} \quad \text{Ec (5)}$$

Donde:

V_{tp} : volumen de la tolva principal 61818 [m³]

h: Altura del cuerpo del tanque 500 [mm]

r: radio [mm]

$$R = \sqrt{\left(\frac{61818 \text{ cm}^3}{\pi \times 50 \text{ cm}}\right)}$$

$$R = \sqrt{383,54}$$

$$R = 19,83 \text{ cm}$$

$$\phi = 39.67 \text{ cm}$$

$$\phi = 390 \text{ mm}$$

Se muestra el boceto preliminar del tanque principal de almacenamiento, y utilizando la fórmula del volumen, se determina un diámetro de 390 mm, como se puede apreciar en la figura 17.

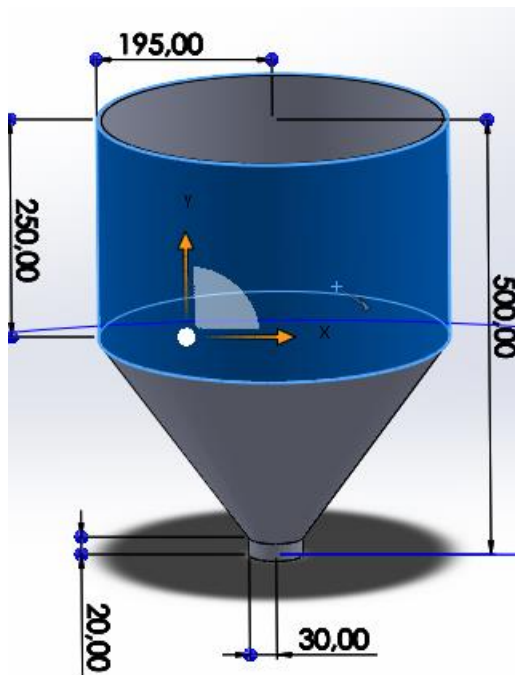


Figura 17: Dimensionamiento de la tolva principal

Para el cálculo de la presión ejercida por la pasta de maní den el tanque principal se debe tener en cuenta el fluido al momento de dosificarlo.

Para esto se realiza un análisis para determinar la cantidad de carga que realiza el fluido en la distribución en la superficie del tanque principal de almacenamiento

$$P = \rho \times G \times h \quad \text{Ec (6)}$$

Donde

P: presión [Pa]

ρ : densidad de la pasta de maní $1100 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

g: gravedad de la tierra $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$

h: altura del tanque principal 0.500 [m]

$$P = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.500 \text{ m}$$

$$P = 5390 \text{ [Pa]}$$

3.3.2 Cálculo del espesor de la tolva principal

Antes de calcular el espesor, es necesario obtener los esfuerzos tangenciales y el esfuerzo longitudinal generados por el fluido en el tanque. Esto se logra mediante el uso de la ecuación 8.

$$\sigma_t = \frac{p(de-t)}{2t} \quad \text{Ec (7)}$$

$$\sigma_l = \frac{pde}{4t} \quad \text{Ecu (8)}$$

Donde:

σ_t : Esfuerzo tangencial ejercido por la pasta de maní [Pa]

σ_l : Esfuerzo longitudinal ejercido por la pasta de maní [Pa]

P: Presión total ejercida por el encamisado y la tolva principal 10279 [Pa]

de: Diámetro exterior de la tolva principal 0.395 [m]

t: Espesor del cuerpo de la tolva principal

Se reemplaza los datos en las ecuaciones 9 y 10 correspondientemente

$$\sigma_t = \frac{10279 \text{ [Pa]} * (0,395 \text{ m} - t)}{2t} = \frac{5390}{t} = \frac{10279}{1}$$

$$\sigma_l = \frac{10279 \text{ [Pa]} * 0,395 \text{ m}}{4t} = \frac{5390}{t}$$

Para calcular el espesor de la pared del tanque, se emplea la teoría de esfuerzos cortantes, eligiendo el esfuerzo total, el cual se obtiene al dividir el esfuerzo de fluencia del acero inoxidable AISI 304 entre el factor de seguridad de acuerdo a Bydunas & Nisbett[16]

$$\sigma_t + \sigma_l = \sigma_T \quad \text{Ec (9)}$$

$$\sigma T = \frac{S_y}{2n} \quad \text{Ec (10)}$$

Donde:

S_y : Esfuerzo de Fluencia Acero inoxidable 304[Pa]

n: Factor de seguridad 5 (sobredimensionado)

Propiedades mecánicas			
Dureza, Brinell	123	123	Convertido de dureza Rockwell B.
Dureza, Nudo	138	138	Convertido de dureza Rockwell B.
Dureza, Rockwell B	70	70	
Dureza, Vickers	129	129	Convertido de dureza Rockwell B.
Resistencia a la tracción, máxima	505 MPa	73200 psi	
Resistencia a la tracción, rendimiento	215 MPa	31200 psi	con una compensación del 0,2 %
Alargamiento a la rotura	70 %	70 %	en 50mm
Módulo de elasticidad	193 - 200 GPa	28000 - 29000 ksi	
El coeficiente de Poisson	0.29	0.29	
Impacto Charpy	325J	240 libras-pie	
Módulo de corte	86 GPa	12500 ksi	

Figura 18: Limite de fluencia AISI 304 [17]

En el diseño de la tolva, se tuvo en cuenta el material seleccionado, que en este caso es el acero inoxidable AISI 304, con el objetivo de asegurar la higiene

$$\frac{p*(de-t)}{2t} + \frac{p*de}{4t} = \frac{sy}{n} \quad \text{Ec (11)}$$

$$\frac{10279 * (0.395 - t)}{2t} + \frac{10279 * 0.395}{4t} = \frac{215 \times 10^6 Pa}{2 * 5}$$

$$t = 0.00014 \text{ m} = 0.1 \text{ mm}$$

Para la tolva principal de almacenamiento se va a utilizar un material AISI 304 con un espesor de 1 mm se consigue comúnmente en el mercado soportando una presión de 5390 [Pa] dentro del interior de la tolva con las propiedades del material lo que garantiza una vida útil de la máquina. sin embargo, Los estándares de Buenas Prácticas de Manufactura [18] (GMP, por sus siglas en inglés) en el procesamiento para alimentos requieren usar de acero inoxidable AISI 304, que se recomienda para garantizar productos de alta calidad que estén libres de contaminantes alimentarios.[18]

3.3.3 Diseño del encamisado de la tolva.

En el diseño de la tolva, se consideró previamente el material seleccionado, que es el acero inoxidable AISI 304, con el propósito de garantizar la higiene del producto. Esto

es relevante, dado que la tolva estará en contacto con el entorno externo y los trabajadores se puede contaminar el maní al momento de cargar la tolva garantizando la sanidad en todo momento, este tendría una forma cilíndrica que facilita su construcción, está formado por dos cilindros y un cono el encamisado se utiliza agua como fuente de calentamiento hacia la tolva principal de almacenamiento y para este se calculará con la ecuación 12 la presión en la camisa.

$$P = \rho \times G \times h \quad \text{Ec (12)}$$

Donde

P: presión [Pa]

ρ : densidad del agua $997 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$

g : gravedad de la tierra $9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

h : altura del tanque principal 0.500 [m]

$$P = 997 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.500 m$$

$$P = 4885.285 [Pa]$$

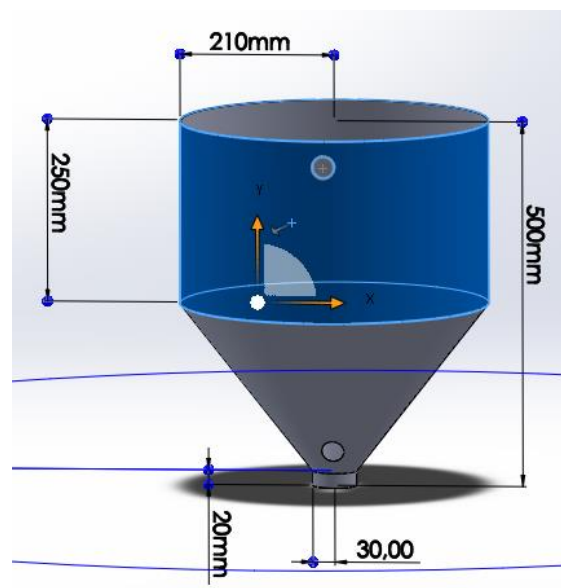


Figura 19: Dimensionamiento del encamisado de la tolva.

En el diseño del espesor de la pared del encamisado de la tolva principal, se consideran varias variables que son clave para asegurar su correcto funcionamiento. Estas variables incluyen la altura a la que se encuentra la pasta de maní, la presión y la densidad del fluido [19].

Se aplica un factor de seguridad para sobredimensionar la presión a la que estará

expuesto el encamisado. Se incrementa un 10% de la presión de trabajo, teniendo en cuenta tanto la presión del agua introducida como la del producto a dosificar, que se estima en 15954.2 [Psi] [20] Por lo tanto, la presión de trabajo se utiliza para determinar el espesor de la pared. Los resultados se redondean a 110 [MPa] para facilitar los cálculos del encamisado de la tolva [19].

Esta fórmula se utiliza para dimensionar el espesor de la pared del encamisado [20].

$$t = \frac{Pr}{SE-0.6P} \quad \text{Ec (13)}$$

Donde:

P: presión de diseño 4885.285 [Pa]

S: valor del esfuerzo del material 110×10^6 [Pa]

E: eficiencia soldadura a tope 0.3 [20]

r: radio interior 0.6 [m]

t: espesor de pared [m]

$$t = \frac{4885.285 * 0.6}{(110 \times 10^6 * 0.3) - 0.6(4885.285)}$$

$$t = 0.0009 \text{ m}$$

$$t = 0.9 \text{ mm}$$

El valor del espesor de la pared para el encamisado de acero AISI 304 se determina mediante el cálculo de la Ecuación (13), y se obtiene un espesor calculado de 0.9 mm. Sin embargo, se decide utilizar un espesor sobredimensionado de 1 mm para poder adquirirlo en el mercado local. Esta decisión se basa en la consideración de que el AISI 304 asegura la higiene en todo momento, ya que estará en contacto directo con el producto a dosificar.

En cuanto a la soldadura del AISI 304, se emplea el proceso de soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) con barra de tungsteno. Esta elección se debe a la buena resistencia a la corrosión que ofrece esta soldadura, así como a la ventaja de no requerir ningún tratamiento térmico posterior a la soldadura. Además, el AISI 304 demuestra un excelente rendimiento cuando se trabaja a temperaturas elevadas, en el rango de 800 a 900 °C.[21]

Para determinar el factor de seguridad, es necesario tener en cuenta las cargas asociadas con los materiales utilizados, no deben ser demasiado grandes, correspondientes a 2.5 los valores que se muestran en la tabla 17 a continuación.

Tabla 17: Lineamiento para el factor de seguridad[16]

Factor de seguridad	Lineamiento
<i>1,25 a 2</i>	El diseño de estructuras bajas cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño
<i>2 a 2,5</i>	Diseño de elementos de máquinas bajas cargas dinámicas una confianza promedio en todos los datos del diseño
<i>2,5 a 4</i>	Diseño de estructuras estáticas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o ambientes
<i>4 a más</i>	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzo o ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores

3.4 Selección del agitador

Como se mostró en el capítulo 1, se detallan algunos de los agitadores siendo la forma de paletas como se indica en la tabla 8 para garantizar que exista un buen movimiento debido a la alta densidad y viscosidad que se maneja.

El agitador ir directamente conectada a un motor, se debe tomar en cuenta que el agitador está directamente en contacto con el producto por esto se va a fabricar con acero inoxidable AISI 304, por la fuerza que ejerce el fluido en las paletas del agitador.

A base de la matriz de selección como se detalla en la tabla 9 se va a utilizar la forma de paletas que se muestra en la figura 22 se muestra el diseño planteado, este agitador tiene una variación de estructura por el tipo de tolva, el cual posee 3 niveles como se observa en la figura 22, en cada sección hay un grupo de paletas adheridas al eje central con el fin de tener una mezcla de producto uniforme, la tolva tiene una medida de 500 mm el agitador debe tener una dimensión menos para no tocar con el fondo de la tolva, equivalente a 430 mm para la selección del eje del agitados el cual es determina el área para seleccionar por catálogo el eje.

Se trabaja con una densidad de 850 kg/m³, la cual corresponde a una temperatura

promedio de 30°C. Es importante tener en cuenta que el tanque cuenta con un sistema de calentamiento, por lo que los cálculos se realizan utilizando la densidad real con la cual se trabajará. Para un tanque de 15 litros, la fuerza correspondiente es de 95.55 N. Con el fin de determinar el torque de cada paleta, se utiliza la ecuación 14.

Es necesario calcular el torque de la paleta superior empleando la ecuación 14.

$$\tau = F \times d \quad \text{Ec (14)}$$

Donde

F: Fuerza 95.55 [N]

d: Distancia 0.165 [m]

$$\tau = 95.55 [N] \times 0.165 [m]$$

$$\tau = 15.288 [Nm]$$

En la figura 20 se observa la paleta de la parte superior del eje.

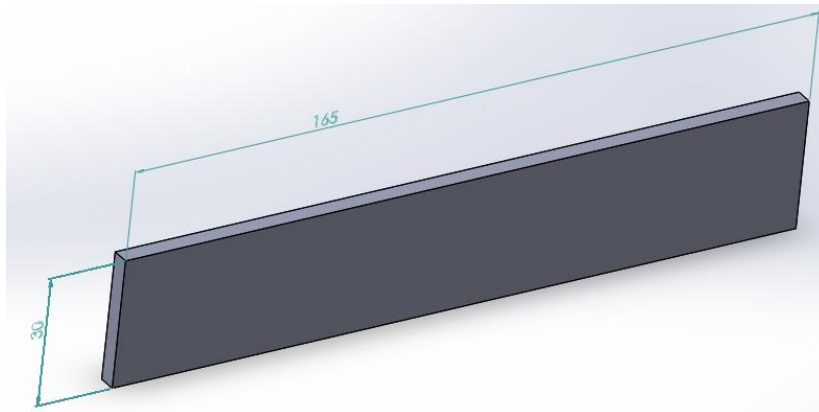


Figura 20: Paleta superior

Se determina el torque de la paleta mediana con la ecuación 14.

$$\tau = F \times d$$

Donde

F: Fuerza 95.55 [N]

d: Distancia 0.14 [m]

$$\tau = 95.55 [N] \times 0.14 [m]$$

$$\tau = 13.377 [Nm]$$

En la figura 21 se observa la paleta de la parte de la mitad del eje.

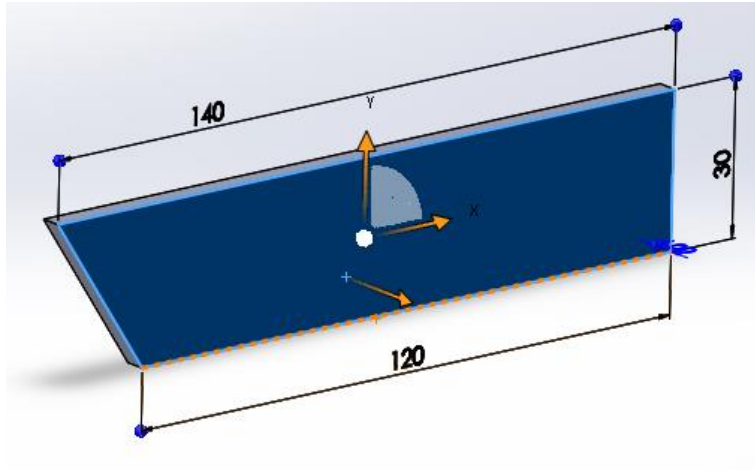


Figura 21: Paleta mediana

Se determina el torque de la paleta pequeña con la ecuación 14.

$$\tau = F \times d$$

Donde

F: Fuerza 95.55 [N]

d: Distancia 0.03 [m]

$$\tau = 95.55 [N] \times 0.03 [m]$$

$$\tau = 2.866 [Nm]$$

En la figura 22, se puede apreciar la paleta ubicada en la parte inferior del eje.

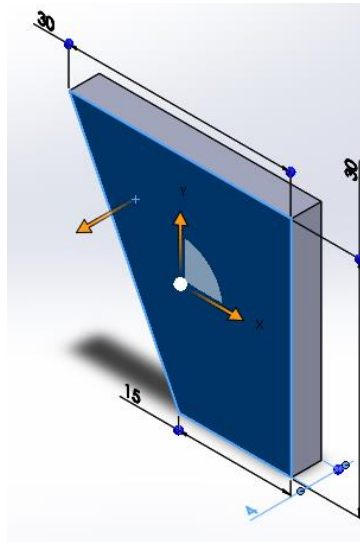


Figura 22: Paleta inferior

Cada paleta se multiplica por 2 ya que se necesita 2 paletas por nivel, para determinar el radio del agitador se va a utilizar la ecuación 15

$$r = \sqrt{\frac{F}{\sigma \times \pi}} \quad Ec (15)$$

Donde

F: Fuerza 95.55 [N]

σ : Esfuerzo de fluencia AISI 304 250 [Mpa] [22]

$$r = 0.22556 \text{ mm}$$

se utiliza la ecuación 16 para obtener el área con un radio de 22 mm de radio con esto se determina el área del eje y su selección por catálogo.

$$A = \pi * r^2 \quad \text{Ec (16)}$$

Donde

r: radio del eje 22 [mm]

π : Numero pi (3.1416)

$$A = 3.1416 * 22^2$$

$$A = 484 \pi (\text{mm})^2$$

$$A = 1519.76 (\text{mm})^2$$

Mediante el área del eje con la ayuda de un catálogo se logra seleccionar como se observa en la figura 23.







DIM (pulg.)	DIM (mm)				DIM (pulg.)	DIM (mm)			
	3.00	0.055	0.071	0.061	2	50.80	15.912	20.259	17.545
	3.50	0.076	0.096	0.083	2 1/16	52.39	16.923	21.547	18.660
	4.00	0.099	0.126	0.109	2 1/8	53.97	17.959	22.866	19.803
3/16	4.76	0.140	0.178	0.154	2 1/4	57.15	20.14	25.64	22.21
	5.00	0.154	0.196	0.170	2 3/8	60.32	22.43	28.56	24.74
	5.50	0.187	0.237	0.206	2 1/2	63.50	24.86	31.65	27.41
	6.00	0.222	0.283	0.245	2 12/16	69.80	30.04	38.25	33.12
1/4	6.35	0.249	0.317	0.274	2 7/8	73.00	32.86	41.83	36.23
4/16	7.00	0.302	0.385	0.333	3	76.20	35.80	45.58	39.48
5/16	7.94	0.389	0.495	0.429	3 1/4	82.50	41.97	53.43	46.27
3/8	9.52	0.559	0.711	0.616	3 1/2	88.90	48.73	62.04	53.73
	10.00	0.617	0.785	0.680	3 9/16	90.50	50.50	64.30	55.68
7/16	11.11	0.761	0.969	0.839		95.00	55.65	70.85	61.36
	12.00	0.888	1.130	0.979	4	101.60	63.65	81.04	70.18
1/2	12.70	0.994	1.266	1.097		110.00	74.61	94.99	82.26
9/16	14.29	1.259	1.603	1.388		115.00	81.54	103.82	89.91
5/8	15.87	1.553	1.977	1.712		120.00	88.79	113.04	97.90
11/16	17.46	1.880	2.393	2.073		125.00	96.34	122.66	106.23
3/4	19.05	2.238	2.849	2.467		130.00	104.20	132.67	114.90
13/16	20.64	2.627	3.344	2.896		140.00	120.85	153.87	133.25
7/8	22.22	3.044	3.876	3.357		152.00	142.45	181.37	157.08

Figura 23: Catálogo de selección de eje[23]

En la figura 24 se observa el diseño previo del agitador.

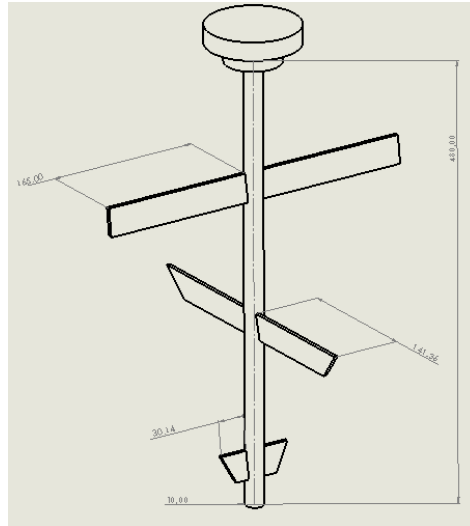


Figura 24: Diseño agitador de paletas.

Se utilizaron 3 niveles de paletas en el agitador para lograr un mayor alcance desde la parte superior hasta la parte inferior de la tolva, donde se encuentra la boquilla de dosificado. Todo este diseño se realiza utilizando AISI 304 debido al contacto directo que este material tiene con el producto.

Cada paleta está diseñada con una inclinación específica para generar un flujo axial, permitiendo así transmitir una mayor fuerza al fluido viscoso que se va a utilizar. El espesor de cada paleta es de 0.4 mm, ya que se trabajará con un producto de alta densidad.

3.4.1 Selección del motor para el agitador de la tolva principal

Para la selección del motor se va a considerar 150 rpm, el eje tiene una longitud de 430 mm y actúa una fuerza de 111.7 N correspondiente del producto y el agitador para determinar la potencia se utiliza la siguiente ecuación 17.

$$P = \tau * w \quad \text{Ec (17)}$$

Donde

w : Velocidad angular $15.7 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$

τ : Torque 77.95 [Nm]

$$P = 122.39 \text{ W}$$

Al realizar la conversión de los watts a caballos de fuerza corresponde 1/8 HP con este dato se procede a la selección del motor, este sistema va a realizar la recirculación del producto en la tolva para mantener un calor uniforme en todo el producto para esto se determinó utilizar un motor reductor con la relación de 10:1, el principal objetivo es generar un movimiento del agitador leve, el motor de transmisión 5IK120RGU-CF ver

figura 25 el viene incorporado un control de velocidad en la figura 26 se especifican las características técnicas del motor de 1/8 HP con una Velocidad nominal de 300 rpm.

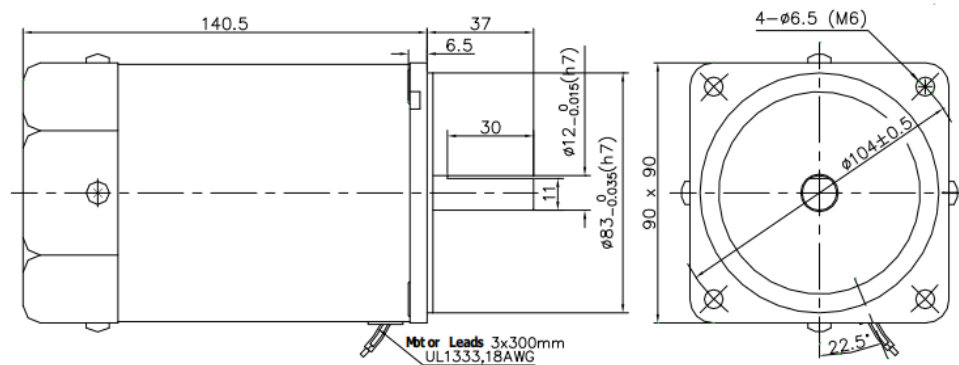


Figura 25: Planos del motor 5IK120RGU-CF [26]

Model		Output Power	Voltage	Freq.	Speed Range	Allowable Torque		Starting Torque	Current	Capacitor
Pinion Shaft	Round Shaft	W	Vac	Hz	r/min	1200rpm	90rpm	mN.m	Amp	μF/V
5IK120RGU-AF	5IK120RA-AF	120	1ph110	50	90~1400	750	330	530	3.5	30/250
				60	90~1700	490	160	35	0.28	
5IK120RGU-CF	5IK120RA-CF	120	1ph220	50	90~1400	750	330	530	1.5	7/450

Figura 26: Especificaciones técnicas del motor.[24]

Se determina el peso aproximado en kilogramos que el motor reductor puede soportar mediante el cálculo de la siguiente ecuación 18.

$$m = \frac{P}{g \times r \times \omega} \quad \text{Ec (18)}$$

Donde

P: potencia del motor 120 [w]

g: Gravedad $9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

r: Radio del eje 0.22 [m]

ω : frecuencia $\left[\frac{1}{t} \right]$

$$m = 17.7166 \text{ kg}$$

En la tolva principal está diseñada para soportar 15 kg y el motor estaría dispuesto a soportar 17.71 kg lo cual estaría dentro del rango permisible.

3.4.2 Diseño de soportes del agitador

La tolva principal de almacenamiento este tiene que soportar el agitador en la parte céntrica de la misma el cual tiene un soporte metálico en material ASI 304, el cálculo se

lo realiza a base del análisis de los componentes que debe soportar.

Peso del motor = 4.65 kg

Peso de las paletas del agitador = 1.80 kg

El total de las cargas aplicadas suma 6.45 kg, aproximadamente para facilitar los cálculos 6.50 kg esto corresponde a una carga axial 63.75 N va a soportar el sistema Para la selección del espesor y del dimensionamiento se recurrió al manual “Aceros Inoxidables y metales maquinables” con esto se va a determinar la estructura ver la figura 27.

CALIBRE	ESPESOR	PESO	PESO POR HOJA			
			kg			
			914 x 2438 mm	914 x 3048 mm	1219 x 3048 mm	1219 x 3048 mm
10	3.430	27.783	61.910	77.400	82.569	103.228
11	3.050	24.705	55.051	68.825	73.421	91.792
12	2.670	21.627	48.192	60.250	64.274	80.355
14	1.900	15.390	34.294	42.875	45.738	57.182
16	1.520	12.312	27.435	34.300	36.590	45.745
18	1.220	9.882	22.020	27.530	29.369	36.717
20	0.892	7.225	16.100	20.128	21.473	26.845
22	0.740	5.994	13.357	16.699	17.814	22.271
24	0.610	4.941	11.010	13.765	14.684	18.358
26	0.455	3.686	8.213	10.267	10.953	13.694
28	0.385	3.119	6.949	8.688	9.268	11.587
29	0.330	2.673	5.956	7.447	7.944	9.932

Figura 27: Tabla de selección de espesor [25]

Para determinar el espesor de la plancha ver figura 29 del soporte de la tolva principal por el peso que soporta de motor y las paletas agitadoras con el peso de 63.75 N, como se observa en la figura 28 se procede a seleccionar el calibre 28 de 0.4 mm de espesor para la plancha en material AISI 304 por el contacto indirecto que posee la pieza al producto.

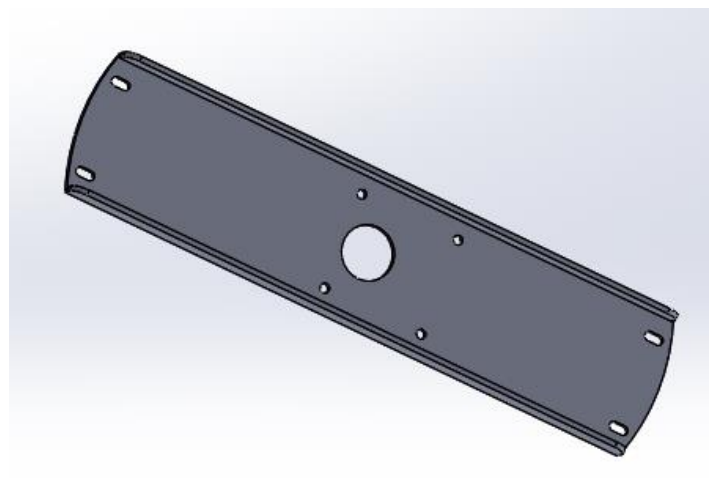


Figura 28: Soporte de Tolva principal

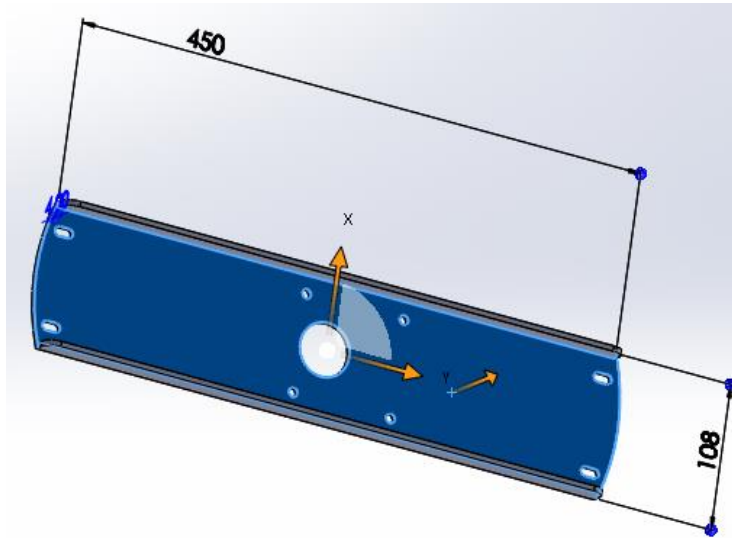


Figura 29: Dimensión del soporte de la tolva principal

3.4.3 Cálculo y selección de pernos

Para la selección de los pernos se tendrá en cuenta el peso que soporta cada una de las uniones en este caso solo se dispone de pernos en la parte del soporte ver figura 30 con una carga axial de 63.75 N que se va a distribuir en 4 pernos utilizando la ecuación 19

$$F' = \frac{Pt}{\varepsilon} \quad \text{Ec (19)}$$

Donde

Pt: Peso total 63.75 N

ε : número de pernos

$$F' = \frac{63.75 \text{ N}}{4}$$

$$F' = 15.93 \text{ N}$$

Con la ecuación 20 se determina el radio de los pernos

$$r = \sqrt{\frac{F'}{\pi \times \sigma}} \quad \text{Ec (20)}$$

Donde

F': Fuerza distribuida en cada perno 15.93 [N]

σ : Esfuerzo de fluencia AISI 304 250 [Mpa]

$$r = \sqrt{\frac{15.93 \text{ N}}{\pi \times 250}}$$

$$r = \sqrt{\frac{15.93 \text{ N}}{\pi \times 250 \text{ [Mpa]}}}$$

$$r = 0.14248 \text{ m}$$

Con respecto a la ecuación 20 se proporciona un diámetro de 3mm, para sobredimensionar la elección de los pernos se escogió un M4 el cual debe ser de material AISI 304 correspondiente al catálogo “Todo Tornillo” [26] ver figura 30.

		Tornillo Allen						
		Cabeza Cilíndrica Hexagonal Interior						
		Métrico Cuerda Fina						
		Inoxidable 304						
Largo	Diámetro							
	M3 0.5	M4 0.7	M5 0.8	M6 1	M8 1.25	M10 1.5	M12 1.75	M16 2
6mm	✓							
8mm	✓	✓						
10mm	✓	✓	✓	✓				
12mm	✓	✓	✓	✓	✓			
16mm	✓	✓	✓	✓	✓			
20mm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
25mm		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
30mm		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
35mm		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 30: Catálogo de pernos.

3.5 Sistema eléctrico

En los próximos puntos se detalla el sistema eléctrico detallando cada elemento a utilizar.

3.5.1 Control de velocidad del motor

En la parte eléctrica se tiene un motor mostrado en la figura 31, este ya que posee un controlador integrado mostrado en la, figura 33 este posee una regulación de velocidad, detallando su conexión en la parte posterior del control de velocidad se puede invertir el giro de este tanto sentido horario como antihorario se puede regular de 90 a 1400 rpm ver figura 32 según su ficha proporcionada por el fabricante [24].



Figura 31: Controlador de velocidad del motor agitador

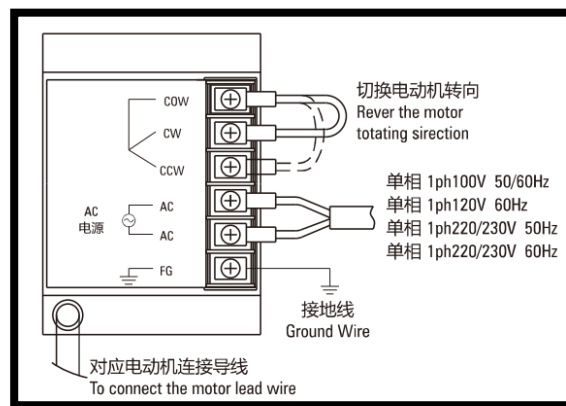


Figura 32: Conexión controlador de velocidad [27]



Figura 33: Conexión del motor y el control de velocidad.

3.5.2 Control de temperatura

Para el control de la temperatura, se ha implementado un controlador digital XMTG-3000M, como se muestra en la figura 34. Este controlador cuenta con un control PID interno, lo que facilita el ajuste preciso de la temperatura de las resistencias eléctricas, como se observa en la figura 35. Este controlador se utiliza específicamente para el calentamiento del encamisado de la tolva.

Una de las características destacadas de este controlador es la presencia de una pantalla que permite visualizar la temperatura deseada. Además, el controlador tiene una amplia capacidad de rango, que abarca desde -200°C hasta 1370°C , como ha sido recomendado por el fabricante. [28] en el caso del proyecto se maneja temperaturas máximas entre los $25 - 50^{\circ}\text{C}$.

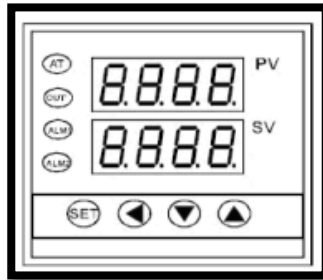


Figura 34: Controlador XMTG-3000M [28]

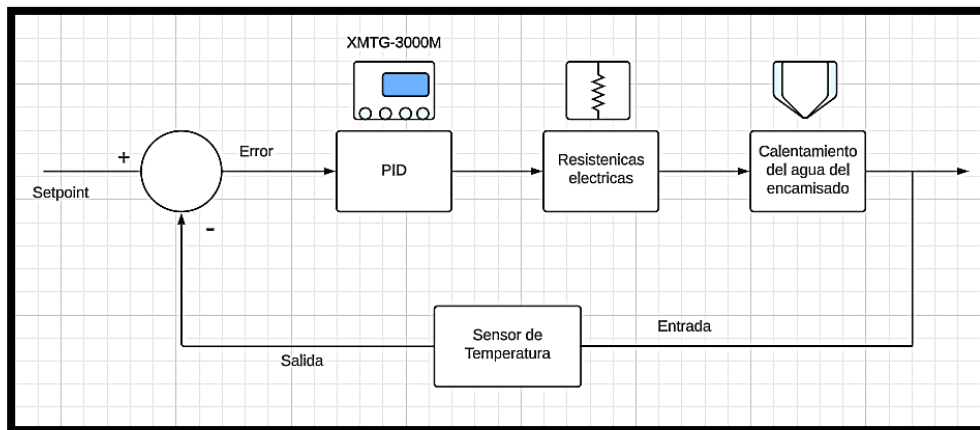


Figura 35: Esquema PID del controlador

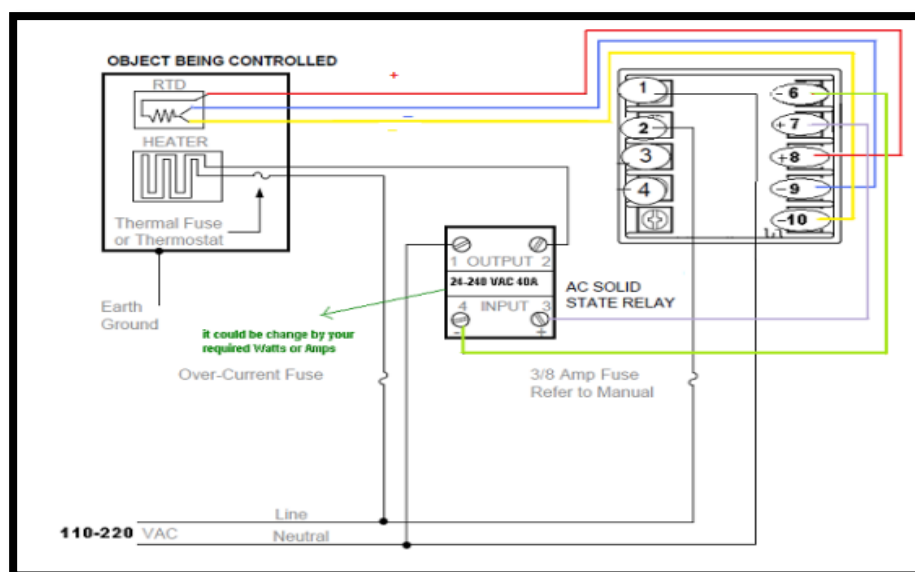


Figura 36: Esquema de conexión XMTG-3000M [28]

3.5.3 Auxiliar del control de temperatura

Para la utilización del controlador digital mencionado, se requiere la presencia de un relé de estado sólido SSR-25DA, tal como se puede observar en la figura 37. Este componente desempeña la función de un interruptor electromagnético y presenta diversas ventajas, incluyendo una alta velocidad de conmutación. El relé de estado sólido se conecta directamente al controlador digital y recibe la señal necesaria para la activación y control de las resistencias níquelinas utilizadas en el proceso de calentamiento.



Figura 37: Relay Solido SSR-25DA [29]

3.5.4 Elementos de mando

Para el control de mando, se utilizó un botón LA38-11, como se muestra en la figura 39. Este botón se utiliza para activar todo el sistema de control. La simbología correspondiente se puede observar en la figura 38. Además, el botón cuenta con un LED que indica el estado booleano del mismo.

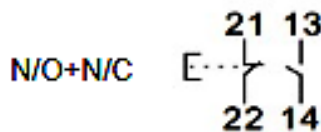


Figura 38: Simbología del botón LA38-11 [30]



Figura 39: Botón LA38-11 [30]

3.5.5 Elementos de recolección de datos.

El sensor de temperatura utilizado es del tipo J, tal como se muestra en la figura 40. Se compone de una aleación de cobre y níquel, y cuenta con un amplio rango de medición que va desde -210°C hasta 1200°C , lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones industriales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este tipo de sensor presenta algunas desventajas en términos de estabilidad y precisión en comparación con otros sensores disponibles en el mercado.

A pesar de estas limitaciones, el sensor de temperatura tipo J ofrece la ventaja de una respuesta rápida. Los datos utilizados en el estudio fueron obtenidos según la guía de selección de termopares[31] este sensor está construido de acero inoxidable para evitar la corrosión, con una rosa de $\frac{1}{2}$ " para el soporte del mismo en su ensamblaje.



Figura 40: Termocupla tipo J [31]

3.5.6 Niquelinas

Las niquelinas en cartuchos Durawatt tienen características de soportar altas vibraciones, humedad, fluidos encapsulado de acero inoxidable AISI 316, el cable resistor enrollado de un cuerpo cerámico rígido ver figura 41, estas resistencias proveen una distribución uniforme de calor manejando una temperatura máxima 1400°C catalogo del fabricante Kaulitool[32]

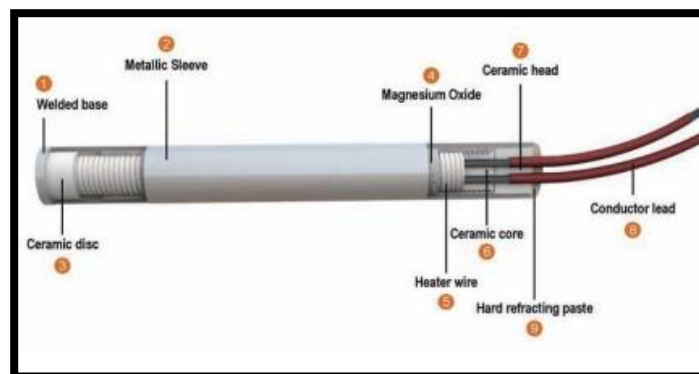


Figura 41: Niquelina de cartucho

En el presente capítulo se detalló los fundamentos teóricos, metodologías y resultados de la investigación, En el diagrama de la figura 42 la parte eléctrica del presente proyecto comprende del diseño, conexión se presenta la instalación de los componentes detallados. En la figura 42, se presenta la conexión total de los elementos mencionados previamente en este capítulo.

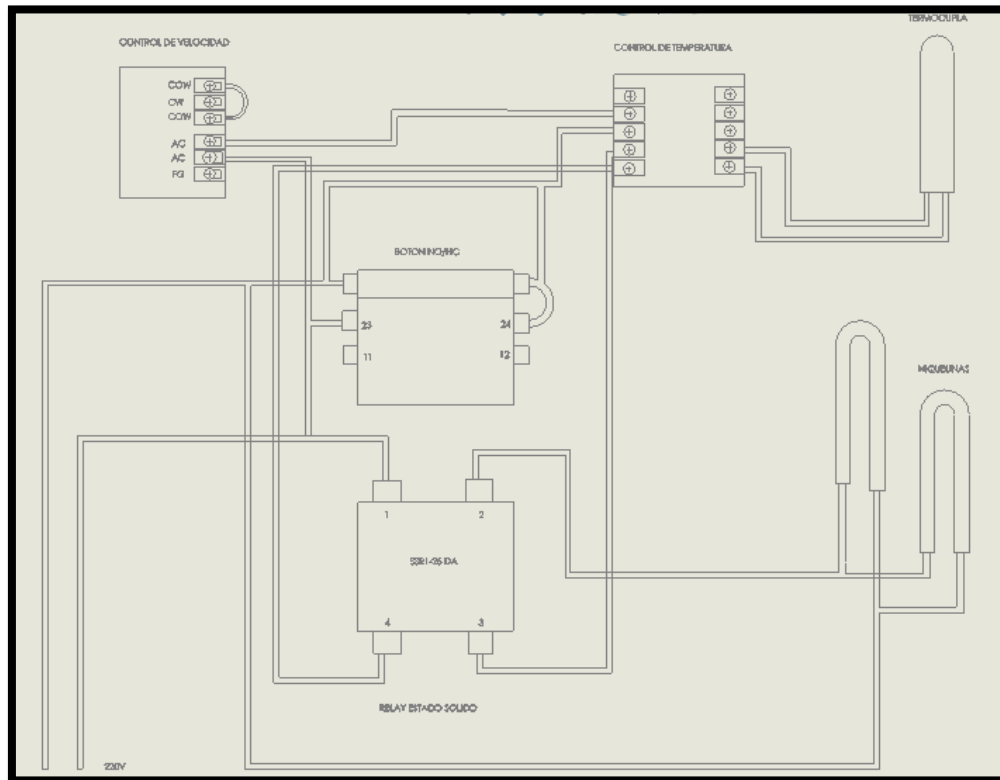


Figura 42: Esquema de conexión

En la figura 43 se puede observar el previo diseño final a la implementación.

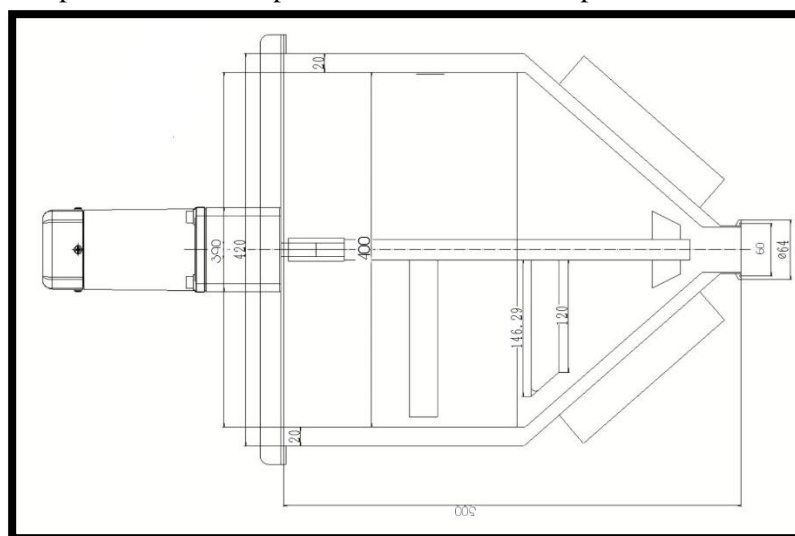


Figura 43: Diseño final de la máquina

3.6 Protecciones eléctricas

Se detalla en los siguientes puntos las protecciones del motor y las niquelinas.

3.6.1 Protecciones para el motor 5IK120RGU-CF

Según la placa del motor, se determina que su potencia nominal es de 120 W y su voltaje de funcionamiento es de 220 V ver figura 45, lo que resulta en una corriente nominal de 0.5454 A en condiciones normales. Sin embargo, al utilizar el motor en la tolva con una capacidad reducida de 11.5 litros para evitar desperdicios, lo que equivale a aproximadamente 12.65 kg de producto, y considerando que se trata de un producto viscoso, se estima que durante el primer giro del motor se requerirá una corriente cercana a 1.10 A. Para simplificar los cálculos, se tomará una corriente de referencia de 1.5 A. Con base en esta corriente estimada, se decide utilizar una protección en forma de caja porta fusible que actúa como interruptor de circuito para el riel DIM. El fusible recomendado para esta aplicación específica es de 2 A como se observa en la figura 44, el cual se instalará en los extremos de las líneas de carga del motor. Este fusible es capaz de cubrir la carga requerida por el motor y garantizar una protección adecuada ver figura 46 frente a cualquier eventualidad.

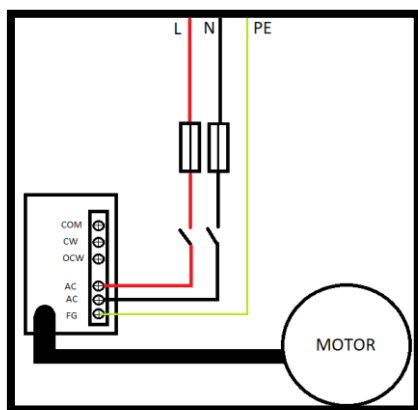


Figura 44: Esquema de potencia del motor



Figura 45: Placa del motor



Figura 46: Elementos de Protección

3.6.2 Niquelinas Durawatt

Se dispone de dos niquelinas, cada una con una potencia de 300 W, lo que en total suma 600 W. Considerando una tensión de alimentación de 220 V, se calcula una corriente total de 2.72 A. Para tener en cuenta un factor de sobrecarga del 10%, se multiplica esta corriente por 1.1, lo que resulta en una corriente de 2.992 A.

Con base en este valor, se selecciona una protección termomagnética de 32 A, tal como se muestra en la figura 47. La figura 48 ilustra la implementación práctica de esta protección en el sistema.

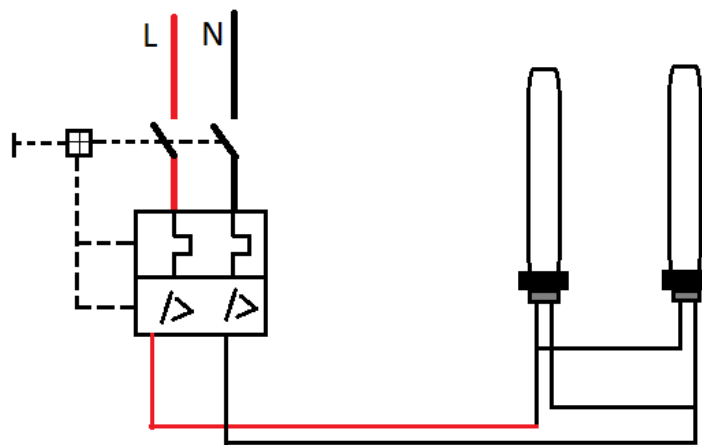


Figura 47: Conexión del termo- magnético con las niquelinas



Figura 48: Implementación de las protecciones

La selección de los equipos se sustenta en base a cálculos y tablas las cuales se detalla

en el capítulo, en la tabla 18 se presenta el resumen de la máquina dosificadora de pasta de maní que fueron seleccionados

Tabla 18: Resultados de selección

Equipo	Selección
Tolva principal de almacenamiento	Capacidad de la tolva: 15,18 L Radio mayor: 400.1 mm Radio menor: 30mm Material: AISI 304 Espesor: 1 mm
Encaminado de la tolva	Radio mayor: 420.1 mm Radio menor: 30mm Material: AISI 304 Espesor: 1mm
Motor reductor de engranes	Marca: partei Potencia: 1/8 Hp Velocidad: 300 Rpm Torque: 530 Nm
Agitador de paletas	Paleta de 3 niveles Material: AISI 304 Angulo de inclinación: 45° Espesor de las paletas:4 mm Longitud: 430 mm

3.7 Simulaciones del proceso

En los siguientes puntos se va a detallar la simulación de las tolvas tanto como de almacenamiento como de calentamiento o encamisado, el soporte del agitador y las paletas de movimiento de la tolva principal.

3.7.1 Tensión de Von Mises en la tolva de almacenamiento

Con la ayuda del software SolidWorks, se pueden realizar simulaciones para evaluar las resistencias de los materiales bajo cargas. En este caso, se realizaron simulaciones del esfuerzo de Von Mises para analizar la distribución de cargas aplicadas dentro de la tolva principal de almacenamiento, que está fabricada con acero 304 de grado alimenticio y soporta una presión de 110 MPa. Además, se llevó a cabo un cálculo previo del peso del producto, como se muestra en la Ec. (7), que resultó en un valor de 5.3955×10^{-3} MPa. La figura 49 muestra los resultados de la simulación, incluyendo la presión y el análisis correspondiente.

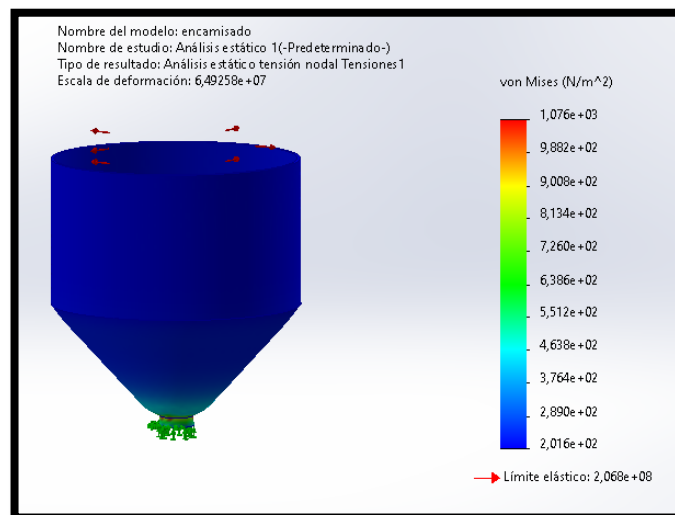


Figura 49: Tensiones de von Mises en la tolva de almacenamiento

A partir de la presión que se somete la tolva de almacenamiento a través de la simulación de SolidWorks para determinar la deformación de la tolva principal y comprobando que las dimensiones conjuntas a las cargas son adecuadas en la figura 39 se observa el límite elástico que posee la pieza, corresponde a $206 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$, por ende, la tolva principal de almacenamiento no tendrá riesgo de falla.

3.7.2 Factor de seguridad de la tolva principal de almacenamiento

En la figura 50 se presenta la simulación del factor de seguridad basado en la tensión máxima de Von Mises, calculada en el punto anterior. Los resultados revelan las condiciones extremas de deformación. Es importante destacar que la parte inferior de la

tolva presenta un alto porcentaje de carga, lo cual debe tenerse en cuenta durante la fase

de construcción

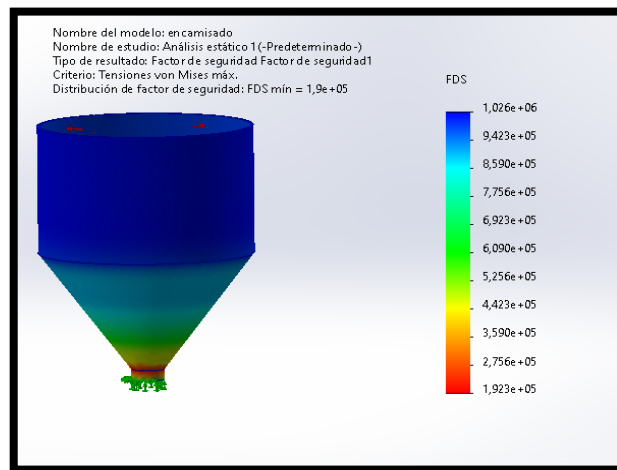


Figura 50: Simulación del factor de seguridad en la tolva principal de almacenamiento

3.7.3 Tensión de Von Mises en la tolva del encamisado

Se presenta una vista del encamisado de la tolva principal de almacenamiento ver figura 51, donde se puede apreciar el esfuerzo de Von Mises en el área de las niquelinas. Se observa que las niquelinas sobresalen de la tolva y se les aplicará indirectamente calor mediante el control de temperatura. El objetivo es mantener una temperatura promedio de 30°C para el maní, para lo cual se agrega agua al interior de la tolva. Con este enfoque, se demuestra que no hay deformación en la tolva al aplicar calor con presiones de 4883.6 Pa y una carga distribuida en su interior.

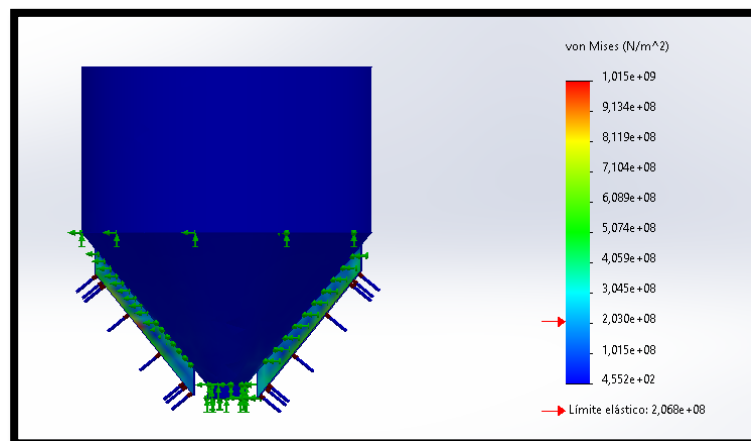


Figura 51: Análisis Von Mises en la tolva del encamisado

3.7.4 Factor de seguridad de la tolva del encamisado

El factor de seguridad se representa mediante el coeficiente de color rojo, como se observa en la figura 52. En este caso, el factor de seguridad es de 8.8 con una presión de 4883.6 Pa. Este valor

tan alto se debe al uso de materiales adecuados y al sobredimensionamiento de la tolva, que está diseñada para contener tanto el agua para el calentamiento como para soportar la temperatura a la que se expone. Por lo tanto, no se presentan problemas para su aplicación, ya que el factor de seguridad es amplio y proporciona un margen de seguridad satisfactorio.

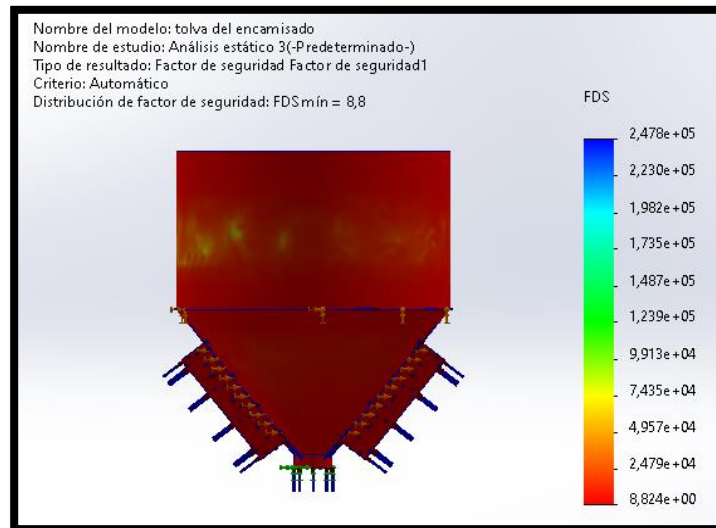


Figura 52: Simulación del factor de seguridad en la tolva del encamisado

3.7.5 Tensión de Von Mises del soporte del agitador

La simulación de Von Mises analiza la resistencia de la placa del agitador ante una carga de 63.75 N, distribuida de manera equitativa entre los 4 tornillos del soporte, lo que implica una carga de 15.80 N por tornillo. En la figura 53 se observa una deformación de 32.8012. Estos resultados confirman que el soporte del motor y los agitadores tienen la capacidad de resistir las cargas sin presentar fallos en la estructura o el material. Esto asegura la solidez y la seguridad del sistema en su conjunto.

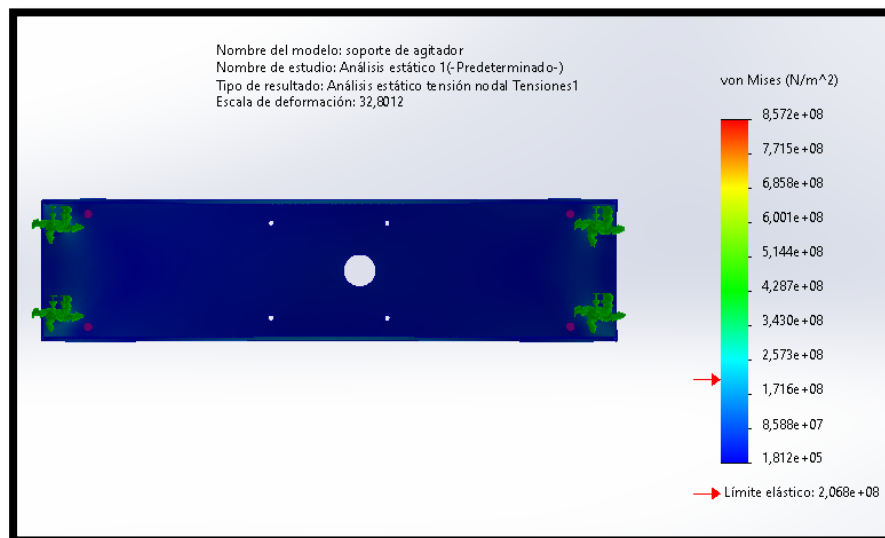


Figura 53: Simulación de Von Mises en el soporte del agitador.

3.7.6 Factor de seguridad del soporte del motor

En la Figura 54 se muestra el factor de seguridad del soporte del motor en conjunto con el agitador. El análisis revela que el factor de seguridad mínimo obtenido es de 1.4, lo cual indica que el diseño cumple con los requisitos necesarios de seguridad y resistencia para su implementación.

La carga aplicada de 63.21 N se distribuye de manera equitativa entre los 4 tornillos del soporte, asegurando una distribución uniforme de la fuerza y evitando posibles problemas estructurales. Estos resultados confirman que el diseño del soporte del motor con el agitador es sólido y confiable, sin presentar preocupaciones para su implementación exitosa ver figura 54.

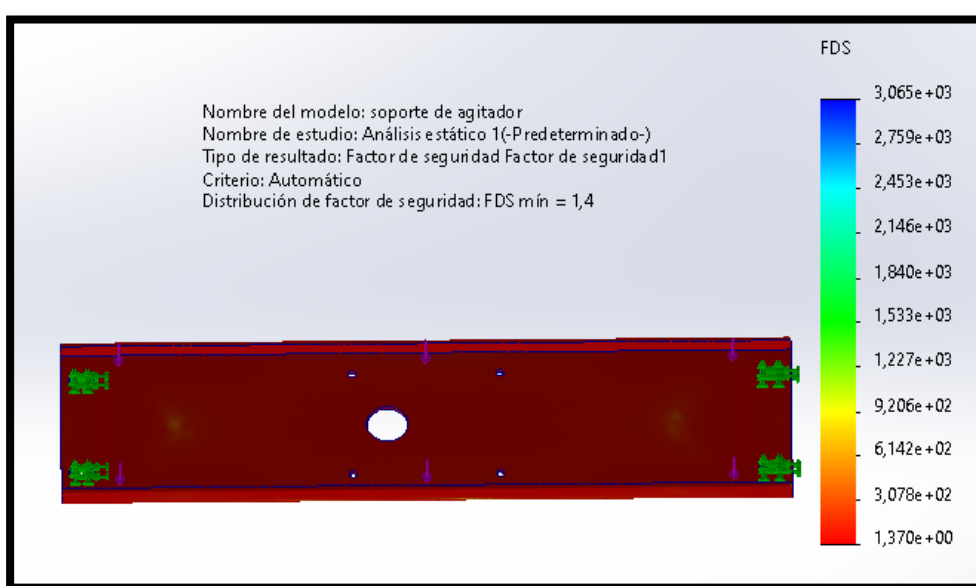


Figura 54: Simulación del factor de seguridad del soporte del agitador

3.7.7 Tensión de Von Mises del agitador

Se muestra la simulación de Von Mises del agitador ver la figura 55, con una escala de deformación de 5.22. Durante la simulación, se aplicó una fuerza directamente sobre las hélices de las paletas. Se observa que la deformación mínima obtenida es de 0.00439, mientras que la máxima deformación de 759 se presenta en la unión de las paletas con el eje en la parte superior. Estos resultados indican que el diseño del agitador es apropiado, ya que no se observan deformaciones significativas que puedan comprometer su funcionamiento. La distribución de fuerzas se mantiene dentro de los límites aceptables, lo que confirma la idoneidad de este diseño para su implementación exitosa.

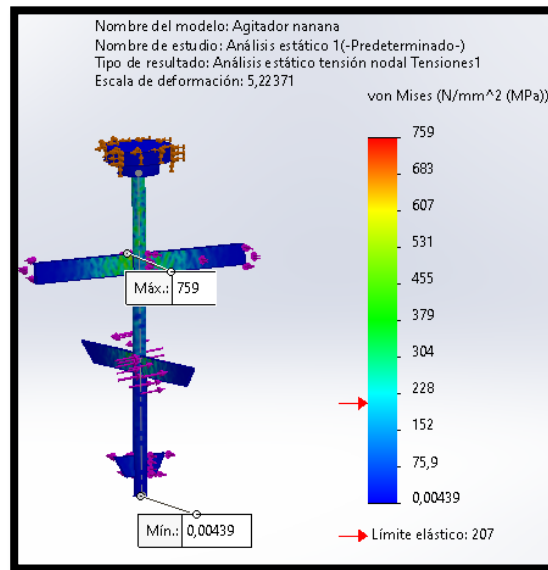


Figura 55: Simulación de Von mises del agitador

3.7.8 Factor de seguridad del agitador

El coeficiente de seguridad de las paletas y el sistema de agitación ver figura 56 se representa un factor de seguridad mínimo de 3.7 que se presenta a lo largo de la estructura del agitador el cual concluye es seguro implementar el modelo del agitador una fuerza de 5066.86 [Pa].

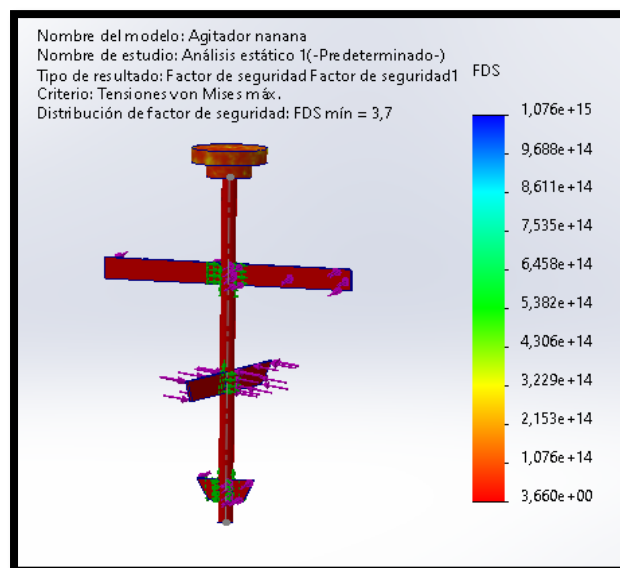


Figura 56: Simulación del factor de seguridad del agitador.

3.7.9 Construcción de la máquina

Tras realizar el análisis exhaustivo de todos los elementos mecánicos, se procede a la etapa de construcción de la máquina. En primer lugar, se lleva a cabo el diseño detallado de la máquina y se procede al corte de las piezas necesarias. A continuación,

se ensamblan las diferentes partes de la máquina utilizando técnicas y herramientas especializadas. Simultáneamente, se realiza la construcción de las paletas del agitador siguiendo las especificaciones precisadas en la figura 24. Se utiliza un proceso específico que garantiza la conformación adecuada de las paletas utilizando los materiales correspondientes. Finalmente, se concluye la construcción de la máquina y se puede apreciar el resultado final en la figura 57. En esta etapa, se verifica minuciosamente que todos los componentes estén ensamblados correctamente y que la máquina esté lista para su funcionamiento adecuado.



Figura 57: Construcción de las paletas del agitador

se realiza la construcción del soporte donde se sostiene el agitador y el motor con las dimensiones de la figura 27, con esto se deriva la construcción ver figura 53.

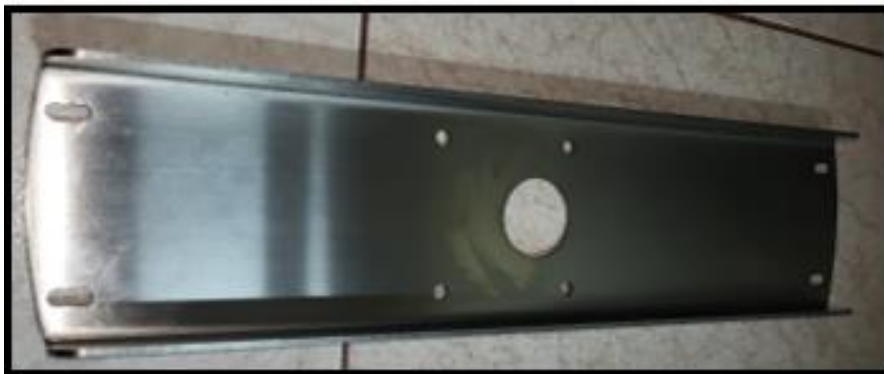


Figura 58: Construcción del soporte del motor

En la implementación del sistema, se coloca un encapsulado que contiene las niquelinas directamente en la tolva del encamisado, como se muestra en la figura 54. Este encapsulado está asegurado mediante un conector ubicado en la parte superior, lo que permite una conexión segura del cableado y evita posibles accidentes eléctricos.

Las niquelinas se conectan en paralelo para garantizar una distribución equitativa del voltaje en la carga. Además, se asegura que la conexión de las niquelinas se encuentre en la parte superior del encapsulado y que su cuerpo esté debidamente recubierto. Esta configuración se implementa con el objetivo de prevenir descargas eléctricas o quemaduras, proporcionando un entorno de funcionamiento seguro y confiable.



Figura 59: Construcción del encapsulado de las niquelinas

Adicionalmente a los detalles dados en la tolva del encamisado se decidió en incorporar un codo en la parte superior para la facilidad del ingreso del agua ver figura 60 el sistema de nivel para distinguir la altura del agua en el interior de la tolva ver figura 61 para el sistema de la salida del agua se incorporó una llave en la parte inferior de la tolva la cual facilita el proceso de desfogue del agua ver figura 62.



Figura 60: Codo 1/2' para el ingreso del agua



Figura 61: Nivel del agua



Figura 62: Llave del desfogue del agua

Para la parte eléctrica se construyó con respecto a la figura 42, considerando las especificaciones del fabricante de cada elemento utilizado ver figura 63 el sensor de temperatura fue incorporado en la parte del encamisado el cual estará en contacto directo con el agua en circulación.



Figura 63: Construcción del control eléctrico

Para la construcción final de la tolva con todos sus elementos se agregó tapas en la parte superior para evitar el ingreso de elementos externos dentro del producto a dosificar ver figura 64.



Figura 64: Construcción final de la tolva.

La máquina, junto con la parte de dosificado ver figura 65, fue ensamblada y se incorporó la caja de control en un costado. Con el fin de simplificar las conexiones eléctricas, se utilizó una única fuente de alimentación para el dosificado y la tolva. Al inicio del circuito se instaló un breaker de 10 A, dimensionado teniendo en cuenta la suma de las corrientes de todos los componentes de la máquina. Esto proporciona una protección general contra posibles sobrecargas.

Además, se llevó a cabo un análisis del dosificado a diferentes temperaturas, y los resultados se muestran en la siguiente tabla 19. Esta información permite observar el comportamiento del dosificado en distintas condiciones de temperatura.

Tabla 19: Comparativas de tiempos al dosificar

Cantidad	Dosificado manual (segundos)	Dosificado con la máquina (segundos)	Temperatura Empleada (°C)	Observaciones
1	22 segundos	10 segundos	26°	Consistencia espesa
1	23 segundos	9 segundos	33°	Consistencia menos espesa
1	23 segundos	7 segundos	37°	Consistencia casi líquida
1	23 segundos	5 segundos	39°	Consistencia más líquida
1	23 segundos	4.3. segundos	42°	Completamente líquida



Figura 65: Ensamble de la tolva y la dosificadora

Se pueden observar diferencias en el dosificado, principalmente en términos de su apariencia visual, como se muestra en la figura 66. En segundo lugar, se puede apreciar en la figura 67 una diferencia de 0.03 gramos entre la cantidad dosificada (0.48 gramos) y la cantidad indicada (0.45 gramos) ver figura 68, para un producto específico.

Como conclusión, se puede afirmar que se produce una pérdida de 0.02 gramos en el proceso de dosificado, lo cual implica una pequeña variación en la cantidad de producto dosificado.



Figura 66: Dosificado con la máquina



Figura 67: Dosificado Manual

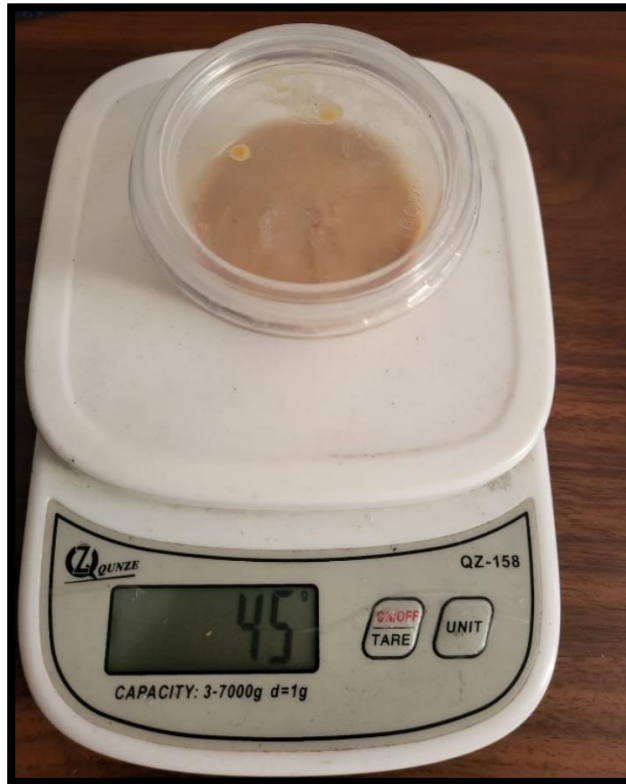


Figura 68: Comprobación de peso del dosificado con máquina.

3.8 Conclusiones del capítulo

En conclusión, la simulación mediante el uso de software proporciona una herramienta valiosa para identificar los componentes críticos y evaluar los esfuerzos del sistema. Esto permite visualizar previamente las deformaciones y los puntos críticos, lo que a su vez contribuye a incrementar la vida útil de los elementos y garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos por la agencia de regulación y control sanitario en Ecuador.

Además, se llevó a cabo la construcción y ensamblaje de cada elemento mecánico mencionado, siguiendo el diseño final. Esto permitió comparar tiempos de envasado y temperaturas para mejorar el proceso de dosificado. Estos resultados son fundamentales para optimizar el desempeño del sistema y garantizar la calidad del producto final.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Introducción

En el presente capítulo se exponen detalladamente los resultados de los análisis económicos. y experimentales realizados. Se examinaron los datos de temperatura y se analizó su influencia en la viscosidad.

4.2. Comprobación de la hipótesis

Con el estudio de cada uno de los elementos para implementar un sistemas de dosificado para productos de alta viscosidad teniendo un calentamiento previo para mejorar su maleabilidad, se comprueba que un sistema de dosificado semiautomático para productos viscosos posibilitando mejorar el rendimiento y la eficiencia al momento de empacar el producto dando un notable ahorro de tiempo y mejorando la línea de producción, es óptimo para la implementación beneficiando a las microempresas mejorando su calidad, y ahorro de materia prima generando el mínimo desperdicio.

4.3. Comprobación de Resultados

Con el presente trabajo, se detalló desde un inicio la problemática, se analizan los elementos para el rediseño de la tolva, se procede a seleccionar la mejor alternativa para su implementación, a través del método experimental, identificando los pros y los contras del proyecto desglosando en cada ítem, se compró cada elemento mecánico con sus respectivos cálculos y simulación de von mises y garantizando la resistencia y la seguridad de estos, desarrollando la parte eléctrica incorporando los resultados e implementando en la parte de construcción realizando pruebas de la parte mecánica, con el ensamble final del rediseño de la tolva en la máquina dosificadora como se observa en la figura 69 comprobando el proceso de dosificado mucho más fluido optimizando los recursos y tiempo cumpliendo con el propósito del proyecto, en la figura 70 se observa el proceso de dosificado con el rediseño de la tolva incorporado a un dosificador de pistón



Figura 69: Pruebas de dosificado

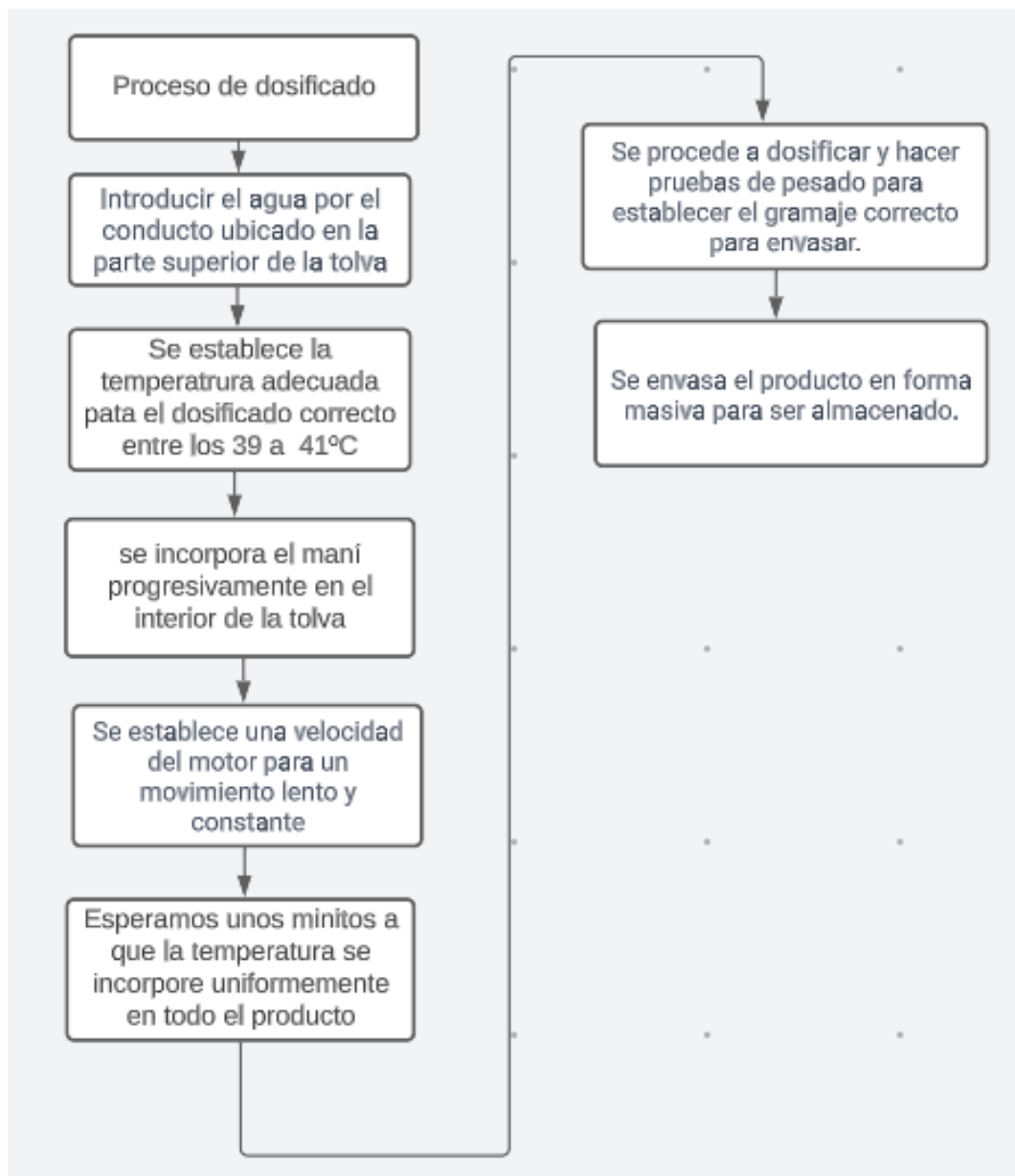


Figura 70: Proceso de dosificado



Figura 71: Comprobación de resultados y etiquetado

4.4. Análisis de costos de la implementación del proyecto

Los gastos económicos que tuvo la construcción del rediseño de la tolva, incluyendo los materiales, elementos electrónicos y mano de obra implicados para este proyecto observar tabla 20 (todos los valores detallados en las tablas 21 y tabla 22 son evaluados en dólares).

Tabla 20: Tabla de costos.

Costos directos	Costos indirectos
Costo materia prima	Materiales Consumibles
Costos de fabricación y maquinado	
Costos de mano de obra	

4.5 Sistema mecánico

Se detalla la lista de elementos mecánicos utilizados, con su costo detallado observar la tabla 21.

Tabla 21: Análisis de costos de la construcción mecánica

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	Precio total
1/2	Plancha AISI 304-1mm	140	140.00
1	Codo ½"	5.00	5.00
1	Eje del agitador 7/8"	8.00	8.00
1	Platina para las paletas 750 mm	4.00	4.00
1	Platina para el soporte agitador 50 x 15	13.00	13.00
1	Ferrule 2 ½"	8.00	8.00
2	Acople hembra 1"	3.50	7.00
1	Neplo ½"	3.50	3.50
1	Llave ½"	16.00	16.00
4	Tubería flexible ½"	3.00	12.00
3	Capuchón entrada de tubería flexible ½"	1.50	4.50
8	Pernos Allen acero inoxidable ¼"	0.05	0.40
4	Arandelas acero inoxidable ¼"	0.05	0.20
1	Visor de nivel de agua	30.00	30.00
Total			251.60

4.5.1 Sistema eléctrico

los elementos eléctricos utilizados, con su costo especificado ver la tabla 22. Todos los

elementos se encontraron en el país dentro de un rango de precios cotizados en varias distribuidoras.

Tabla 22: Análisis de costos de la construcción eléctrica

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	Motor reductor con engranes (incluye su control de velocidad) 5IK120GU-CF	214.69	214.69
1	Control de temperatura XMTG-2000	28.30	28.30
1	Relay solido SSR1-25 DA	10.0	10.00
1	Botón NA	1.0	1.00
1	Botón NC	1.0	1.00
1	Termopar tipo “J”	11.0	11.00
2	Resistencias Eléctricas	17.29	34.58
3	Cable hilos # 16 (metro)	0.89	2.67
10	Conectores capuchón	0.5	5.00
10	Otros elementos	0.50	5.00
Total			313.25

El rediseño y construcción de una tolva para productos de alta densidad con acoplamiento de un encamiso térmico a la tolva principal con calentamiento de niquelinas y control de temperatura mediante un PID se detalla los costos de los materiales en la tabla 21 y la tabla 22.

4.5.2 Mano de obra

Con el objetivo de calcular el costo de mano de obra para la fabricación y maquinado de los elementos mecánicos que conforman el sistema de dosificado, junto con el encamisado térmico y el agitador, se han considerado diversos factores importantes. En primer lugar, se ha tomado como referencia el precio promedio por hora/máquina utilizada en la industria para determinar el costo de la mano de obra. Asimismo, se ha evaluado el tiempo requerido para la fabricación y maquinado de cada componente, lo cual se encuentra detallado en la tabla 23. Con base en esta información, se han desglosado los costos correspondientes a la 71 fabricación y maquinado de cada elemento, como se muestra en la tabla 24. Estos cálculos brindan una estimación precisa del costo de mano de obra asociado a la

fabricación y maquinado de los elementos mecánicos del sistema de dosificado. Dicha información resulta fundamental para la planificación y elaboración del presupuesto del proyecto, así como para evaluar la viabilidad económica de la implementación del sistema en cuestión.

Tabla 23: Detalle de precios por hora de máquinas

Máquina de manufactura	Valor hora (\$USD)
Torno	15.00
Suelda Tig	30.00
Varoladora	12.00
Corte en plasma	10.00
Dobladora	1.00 (por doblez)

Tabla 24: Detalle de costo de mecanizado

Cantidad	Elemento	Torno [Hora]	Suelda Tig [Hora]	Varoladora [Hora]	Dobladora	Corte en plasma	Costo total
1	Tolva principal	--	0.50	0.50	--	--	21.00
1	Encamisado de tolva	--	0.50	0.50	--	--	21.00
2	Recipiente de niquelina	--	0.5	0.5	2	--	23.00
2	Acople hembra del encapsulado	--	0.25	--	--	0.25	10.00
1	Soporte del agitador	--	--	--	2	--	2.00
1	Soporte del eje agitador	1	--	--	--	--	15.00
1	Paletas del agitador	--	0.5	--	--	0.25	17.50
1	Llave del desfogue	--	0.25	--	--	0.25	10.00

1	Ferrule	--	0.50	--	--	--	15.00
1	Codo 1/2"		0.25	--	--	0.25	10.00
1	visor de nivel del agua	--	0.25	--	--	--	7.5
1	Neplos del visor de nivel 1/4"	--	0.25	--	--	0.25	10.00
Total							162.00

4.5.3 Costos indirectos

Los costos indirectos comprenden los gastos necesarios para la implementación del proyecto de trabajo que no están incluidos en los costos directos. Estos costos adicionales incluyen elementos como lijas, discos de corte, guaipe, ácido para limpiar soldaduras, brocas, entre otros. Se detallan los costos de estos elementos en la tabla 25, según se indica en la referencia[33].

Tabla 25: Detalles de los costos indirectos.

Elemento	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Lijas para metal	9	0.85	7.65
Discos de corte	5	1.60	8.00
Guaipes	15	0.10	1.50
Acido para limpiar soldadura	1	4.50	4.50
Brocas	3	3.60	1.20
Total			22.85

4.5.4 Pulido y Acabado

Los costos adicionales están relacionados con el pulido de la tolva, cuyo propósito es mejorar su apariencia final mediante la eliminación de marcas, manchas, rayaduras y detalles de soldadura. Este proceso de pulido es llevado a cabo por un profesional especializado, lo que contribuye a realzar tanto la estética como el valor del proyecto.

El costo de este servicio de pulido es de \$150. Al sumar este costo a los gastos de materia prima, elementos eléctricos y mecanizado, se obtiene el costo total del proyecto, tal como

se muestra en la tabla 26.

Tabla 26: Sumatoria de costos del proyecto

Descripción	Costo total
Costo de materia prima	251.60
Costo de elementos eléctricos	313.25
Costos de proceso de manufactura	162.00
Costos de pulido y acabado	150
Costos indirectos	22.85
Total	876.85

4.6 Análisis económico

Para evaluar la rentabilidad del proyecto, es fundamental llevar a cabo un análisis económico exhaustivo que contemple tanto las inversiones iniciales como los ingresos generados por la implementación de la máquina. Es esencial considerar la depreciación de este tipo de equipos, dado que se trata de maquinaria industrial. Se estima que la depreciación anual será del 10% durante un período de 10 años. Esta consideración permite reflejar de forma adecuada la disminución del valor del equipo a lo largo del tiempo en los cálculos de rentabilidad.

Esto significa que el valor del equipo decae al pasar los años ver ecuación 19.

$$\text{Despreciación anual de la máquina} = \frac{\text{Costo total del equipo}}{\text{Años de vida Útil}} \quad \text{Ec (19)}$$

$$\text{Depreciación anual de la máquina} = \frac{876.85}{10 \text{ años}}$$

$$\text{Depreciación anual de la máquina} = 876.85 \frac{\text{Dolares}}{\text{años}}$$

Los gastos de producción son una variable crítica que se debe tener en cuenta en el análisis del proyecto. Incluyen los costos de mano de obra, ya que el equipo será operado por un único trabajador, lo que permite estimar los gastos mensuales asociados. Asimismo, es importante considerar los gastos de servicios básicos y los costos de mantenimiento, los cuales deben llevarse a cabo de manera periódica para garantizar un buen funcionamiento y prolongar la vida útil del equipo. Todos estos gastos se consideran egresos en el contexto de la rentabilidad del proyecto.

4.6.1 Ingresos mensuales

La producción en la actualidad de la pasta de maní en la Asociación de Trabajadores Agrícolas Autónomos es de 5 quintales de maní, lo que equivale a 1000 envases de 100 gramos. Esta pasta se comercializa a un precio de venta al público (PVP) de 1,50 USD por envase. Sin embargo, el precio puede variar si la cantidad es al por mayor, siendo de 1,25 USD en ese caso. La asociación trabaja con grandes cadenas nacionales como Tía y Supermaxi, lo que genera ingresos mensuales de 1250 USD.

Con la implementación del sistema de dosificado y calentamiento de pasta de maní, se estima que la producción aumentará a 2000 envases mensuales, lo que resultaría en un ingreso mensual de 2500 USD. Esto representa un incremento del 100% en comparación con la producción actual. Estos datos permiten evaluar y analizar los indicadores financieros, como el Valor Actual Neto (VAN) anual y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Estos indicadores ayudarán a determinar la viabilidad económica del proyecto y su rentabilidad a largo plazo.

4.6.2 Flujo neto efectivo

Para determinar el flujo neto de efectivo se analiza se estima el dinero en un lapso donde se aplica una tasa de interés, ver tabla 27.

Tabla 27: Egresos mensuales

Detalle	Cantidad	Valor USD	Total, USD
Pasta de maní	500 kilos	0,92	460.00
Servicios básicos	1	40.00	40.00
Etiquetas	1500	0.10	150.00
Envases	1500	0.15	225.00
Extras	100	0.50	50.00
Total			925.00

La tabla 28 se muestran los egresos mensuales de efectivo se describe los gastos por la asociación de trabajadores agrícolas

Tabla 28: Flujo neto mensual

Mes	Ingresos mensuales USD	Egresos Mensuales USD	Depreciación mensual USD	Flujo de efectivo mensual USD
0	--	--	--	876.85
1	1250.00	925.00	87.685	789.165
2	1250.00	925.00	87.685	789.165
3	1250.00	925.00	87.685	789.165
4	1250.00	925.00	87.685	789.165

En la tabla 29 se presenta una representación de los ingresos y egresos de la asociación de trabajadores agrícolas. Esta información es fundamental para evaluar la rentabilidad del proyecto y determinar si se obtienen ganancias o se incurre en pérdidas. El análisis detallado de estos datos permite tomar decisiones informadas sobre la viabilidad económica del proyecto y realizar ajustes si es necesario.

Tabla 29: Flujo neto de efectivo.

Proyección de ingresos		Proyección de egresos		Depreciación Anual	Flujo neto de efectivo
Año	Ingreso Mensual	Ingreso Anual	Egreso Mensual	Egreso Anual	
0	--	--	--	--	-876.85
1	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
2	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
3	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
4	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
5	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
6	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
7	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
8	1250.00	15000.00	925.00	10000.00	87.685 4912.31
9	1250.00	15000.00	925.00	55140.00	87.685 4912.31
10	1250.00	15000.00	925.00	55140.00	87.685 4912.31

4.7 Indicadores VAN Y TIR

En los siguientes puntos se detalla el proceso para obtener los valores del VAN y TIR.

4.7.1 Valor Actual Neto (VAN)

“El valor neto actual se refiere al rendimiento actualizado de los flujos positivos y negativos originados por una inversión, es el criterio financiero que evalúa las inversiones” [34]

La Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) es un factor crucial que debe ser calculado para obtener el Valor Actual Neto (VAN), como se muestra en la ecuación 21. Es un elemento significativo en el análisis financiero, ya que establece el umbral mínimo de rentabilidad que se requiere para considerar un proyecto o inversión como viable.

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f2}{(1+i)^{n2}} + \frac{f3}{(1+i)^{n3}} + \frac{f4}{(1+i)^{n4}} \dots \dots \frac{fk}{(1+i)^{nk}} - I_0 \quad \text{Ec (21)}$$

Donde:

f: Circulación de efectivo de cada periodo

i: Interés

n: Número de periodo

I_0 : Valor del primer desembolso de la inversión

$$VAN = 920,8$$

4.7.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador utilizado en la evaluación de proyectos de inversión que permite calcular la tasa de rendimiento o interés que se obtiene de una inversión. La TIR proporciona información valiosa sobre la rentabilidad de un proyecto, al calcular la proporción de ganancia o pérdida asociada a la inversión realizada. Este indicador es ampliamente utilizado en el análisis financiero, ya que ayuda a comparar diferentes opciones de inversión y tomar decisiones informadas basadas en la rentabilidad esperada.[35] ver ecuación 22.

$$VAN = \frac{f1}{(1+TIR)^{n1}} + \frac{f2}{(1+TIR)^{n2}} + \frac{f3}{(1+TIR)^{n3}} + \frac{f4}{(1+TIR)^{n4}} \dots \dots \frac{fk}{(1+TIR)^{nk}} - I_0 \quad \text{Ec (22)}$$

Donde:

f: Circulación de efectivo de cada periodo

n: Número de periodo

I_0 : Valor del primer desembolso de la inversión

$$TIR = 48.46\%$$

4.7.3 Tiempo de recuperación de la inversión

El consumo actual de pasta de maní en Ecuador se distribuye principalmente en el mercado formal, abarcando aproximadamente el 33% del total. Esta pasta de maní es ampliamente utilizada en la gastronomía, especialmente en la zona costera del país. Según los datos presentados en la tabla 28, se estima que este mercado genera un ingreso de \$1250.00.

Con base en los análisis económicos realizados en las tablas anteriores, es posible estimar el tiempo requerido para recuperar la inversión utilizando la ecuación 23. Este cálculo proporcionará información relevante acerca de la viabilidad financiera del proyecto y permitirá tomar decisiones fundamentadas en cuanto a la inversión realizada.

Donde

Ti = Tiempo de recuperación de la inversión [meses]

Inv. = Inversión en la máquina [\$]

Ing = Ingresos mensuales [\$]

$$Ti = \frac{Ingr}{Inv} \quad Ec (23)$$

Se remplace en la ecuación 23.

$$Ti = \frac{1250.00 \frac{\$}{meses}}{876.85 \$}$$

$$Ti = 1.40 \text{ meses}$$

La inversión realizada se estima que se recuperará en aproximadamente 1 meses y 40 días. Este cálculo se fundamenta en el incremento de la producción, que alcanza casi el 100%, y en los indicadores financieros del TIR y VAN, los cuales confirman la viabilidad del proyecto. Estos resultados son alentadores y respaldan la decisión de invertir, ya que se espera obtener ganancias en un corto período de tiempo.

4.8 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se presentó el análisis económico el cual se deriva que tan rentero es la ejecución del proyecto el costo de este y el valor de rentabilidad obtenido.

CONCLUSIONES

- Se realizó una investigación con la finalidad de establecer la temperatura óptima para la dosificación de la pasta de maní. Los resultados indicaron que dicha temperatura se encuentra en un rango de 39 a 41°C. Es fundamental mantener una temperatura constante y evitar su elevación excesiva, ya que temperaturas altas pueden ocasionar la pérdida de propiedades y alterar el color del aceite natural del maní, lo cual se traduce en una consistencia más seca de la pasta de maní.
- El diseño apto para cumplir con el proceso de dosificación de pasta de maní posee: una tolva de almacenamiento principal donde se introduce La tolva principal de la pasta de maní tiene una capacidad de 15 litros, con un radio mayor de 390 mm y un radio menor de 60 mm. El espesor de la tolva principal y la del encamisado térmico corresponde a 1 mm en la parte superior tiene un soporte para el motor y las paletas del agitador este tiene dimensiones de 445mm*130mm, el agitador conformado por paletas distribuidas en 3 niveles del eje, esta tiene un grado de inclinación de 45° para poder distribuir en todo el tanque, estas serán impulsadas por un motor reductor de transmisión de 1/8 PH marcas MAILI , con una velocidad de 200 r/min , a esto también se le adicionó un codo de ½” en la parte superior para la introducción del agua a la tolva y visor de nivel de agua y una llave para el desfogue del agua del interior, para la parte de transferencia de calor se tiene 2 niquelinas en cada extremo del tanque esta tienen de una potencia de 300w, con el auxilio de la simulación de las partes mecánicas, fue posible determinar los esfuerzos máximos y mínimos, las presiones de trabajo de cada elemento, y realizar la verificación si es óptimo para la construcción de los elementos en la tolva principal se obtuvo un factor de seguridad de 1.92, en la tolva del encamisado se logró tener un mayor factor de seguridad de 8.8, en el soporte del agitador se presentó un factor de seguridad de 1.4 y como último elemento se obtuvo un 3.7 como factor de seguridad para el agitador.
- Durante las pruebas de campo llevadas a cabo, se verificó el funcionamiento integral del proceso, incluyendo el encamisado que asegura una temperatura constante del agua, lo cual facilita el dosificado al mantener una densidad óptima. Asimismo, el agitador garantiza un movimiento continuo del producto. Con la implementación del rediseño, se observaron mejoras significativas en la apariencia del producto, tal como se evidencia en las figuras 67 y 68. Estos resultados demuestran el éxito de las modificaciones realizadas en el sistema.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incorporar una banda transportadora para completar el proceso junto a sensores inductivo realizando el paro y llenado de cada envase así permite el ahorro de tiempo y errores humanos.
- Se recomienda incluir un sensor de temperatura en la parte interior de la tolva donde se encuentra el producto así se tendrá un mayor control de la temperatura del producto final.
- Se recomienda hacer un cambio entre el motor de transmisión por uno a pasos ya que este posee una vida mucho más alta que el de transmisión.
- La pasta de maní es un producto de origen natural esta es manipulada y consumida por el ser humano con esto es de gran importancia en el proceso de envasado considerar un alto índice en el estándar de higiene esto al utilizar materiales aptos para la industria alimenticia.

REFERENCIAS

- [1] Todo Maní, “Bolivia se encuentra entre los 20 mayores exportadores de MANÍ - Bolivia Emprende,” *Bolivia Emprende*, 2014.
- [2] P. Viana Gómez, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” *Tesis*, pp. 1–100, 2020, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18503%0Ahttp://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- [3] B. José and T. Quishpe, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA Y SELLADORA PARA CONDIME,” 2013.
- [4] Wang, “processing technology and product development,” *United Kingdom. Elsevier*, 2016.
- [5] Jamdar, *Influence of degree of hydrolysis on functional properties, antioxidant activity and ACE inhibitory activity of peanut protein hydrolysate*. 2010.
- [6] R. D. L. Arias, “Procesados de productos diversos,” *CUNSUR - USAC, INCAP*, 2001.
- [7] ALFREDO JESUS PAREDES GUERRA, “DISEÑO MECÁNICO DE TOLVAS INDUSTRIALES,” 2013.
- [8] entrada) a través del enfoque de sistemas puerto hamiltonianos Estabilización de CSTR perturbados (estado, “No Title,” *semanticscholar*. p. 2, 2017.
- [9] D. Reservados, “Silo de tolva,” *vibrosievingmachine*, 2019. <https://www.vibrosievingmachine.com/es/products/hopper-silo/>
- [10] T. “C”- EVERWATT, “Resistencias Eléctricas Tubulares,” 2010. <https://www.resistencias-electricas.com/productos/aire/resistencias-de-calentamiento-tubulares-y-aletas/resistencias-tubulareslisas/>
- [11] T. SAS, “Dosificadora para líquidos y viscosos de un pistón,” 2022.
- [12] C. A. Duarte Agudelo and J. R. Niño Vicentes, “Introducción a la mecanica de fluidos,” pp. 1–6, 2004, [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=P20J-7Czi1Y%0Ahttps://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=ETqRTGieUyYC&oi=fnd&pg=PP11&dq=tension+de+corte+fluidos&ots=O44Q_zK1Wc&sig=K-QvE5BdI_QfYKpziOoAqD2jLjs#v=onepage&q=tension+de+corte+fluidos&f=false
- [13] VaxaSoftware, “Tabla de viscosidad dinámica.” http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/viscosidad.pdf
- [14] R. A. González, “Análisis experimental de fluidos no newtonianos sometidos a impactos,” 2019.

- [15] J. M. A. Palacio, *Técnicos Especialistas de Laboratorio Del Servicio Vasco de Salud*. [Online]. Available: https://www.google.com.ec/books/edition/Tecnicos_Especialistas_de_Laboratorio_De/XihXgDoj0ogC?hl=es-419&gbpv=1&dq=tecnica+baño+maria&pg=PA349&printsec=frontcover
- [16] R. Bugynas, “DISEÑO DE INGENIERIA MECANICA,” vol. octava, 2008, [Online]. Available: <https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2015/03/disec3b1o-en-ingenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf>
- [17] L. MatWeb, “Acero inoxidable AISI tipo 304.” <https://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=mq304a>
- [18] P. S. Baquero Icaza, “Desarrollo de un manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la empresa Dulcifresa del cantón Cevallos, Tungurahua, con proyección económica para implementación,” 2018. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27786>
- [19] SÁNCHEZ REINOSO FABIÁN ANDRÉS, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA.”
- [20] E. F. Megyesy and R. García Díaz, *Manual de recipientes a presión : diseño y cálculo*. Limusa, 1998.
- [21] R. Carbonell Morales, “Comportamiento de la Soldadura TIG en acero inoxidable 304L con varilla 308L e INCONEL 625 frente a la corrosión bajo tensión,” pp. 53–55, 2019.
- [22] K. B. Laura Sáenz Palencia, Yurelis Avendaño, “Evaluación microestructural del acero inoxidable austenítico AISI 304 sometido a ensayos de Creep Microstructural evaluation of austenitic stainless steel AISI 304 at the Creep tests,” *Rev. Ing. Uc.*, vol. 14, no. 2, pp. 42–49, 2007.
- [23] BOHMAN, “Barras de acero,” *Página Web*, 2021. <https://bohman.com.ec/shop/product/acero-para-trabajo-en-frio-df2-aisi-01-barra-redonda-12133?category=202#attr=7009,7034>
- [24] S. Pinion, R. Shaft, A. Torque, and G. Ratio, “Speed Control Motors 120W (GU) □ Gear Motor-Torque Table □ Connection Diagrams : Capacitor :,” pp. 1–2, 2011, [Online]. Available: <http://hopgiamtoc.com.vn/wp-content/uploads/2018/07/2011-5IK-120W-GU-SP.pdf>
- [25] B. D. Benedetto Rodrigo and L. Federico, “Acer-os inoxidables,” p. 15, 2008.
- [26] “Tornillos Tornillo Hexagonal”.
- [27] “1587706213772807.pdf.”
- [28] S. Current, “CXT □ —3000 series Intelligent Controller Operation Manual I .,” no. 2, 1999.
- [29] DatasheetGo, “Hoja de datos de SSR-25DA: 25 A, relé de estado sólido,” 2021. <https://datasheetgo.com/ssr-25da-datasheet-pdf-789331/>

- [30] Docplayer, "Interruptor de botón serie LA38 - PDF Descargar libre.pdf."
- [31] D. E. Selecci, "Guía de selección".
- [32] Kualitool, "Catálogo Resistencias De Cartucho".
- [33] C. y Gallardo, "Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería," *Ucv*, pp. 0–116, 2017.
- [34] P. González, "¿Qué es Valor Actual Neto (VAN)?," 2016.
<https://www.billin.net/glosario/definicion-valor-actual-neto-van/>
- [35] C. Didier Vaquiro, "Tasa interna de retorno mejorada," *Generamás*, 2012.
<https://generamas.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir/%0Ahttp://www.expansion.com/diccionario-economico/tasa-interna-de-retorno-modificada.html>
- [36] Exxonmobil, "Cómo elegir la grasa para cojinetes." <https://www.mobil.com.mx/es-mx/lubricantes/industrial/lubricant-expertise/resources/choose-grease-electric-motor-bearings>

