

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE PASTOSOS A
BASE DE MAÍZ ENFOCADO EN EMPRESAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS

EDWIN SAMUEL SÁNCHEZ MOLINA
DIEGO FERNANDO MEDINA MEJÍA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2023

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE PASTOSOS A
BASE DE MAÍZ ENFOCADO EN EMPRESAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS

EDWIN SAMUEL SÁNCHEZ MOLINA
DIEGO FERNANDO MEDINA MEJÍA

Proyecto de grado para optar por el título de ingeniero Mecánico

Director:
RICARDO ALFONSO JAIMES ROLÓN
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2023

DEDICATORIA

A Dios, que me ha sostenido y acompañado en todo tiempo, me ha dado fuerza,
sabiduría y paz en los momentos de dificultad.

Proverbios 3: 5,6

A mi madre Flor Molina y mi padre Elibrando Sánchez, quienes han sido un pilar
fundamental en mi vida personal como académica. siempre me han dado lo mejor de sí.
que con su apoyo, esfuerzo, dedicación y sabiduría me ha sabido guiar.

A mi hermano Samuel Esteban quien es un gran amigo y compañero.

EDWIN SAMUEL SÁNCHEZ MOLINA

A las dos mujeres que más quiero, mi abuela y madre.
A todos mis tíos de quienes he recibido un gran apoyo.
Al resto de familia y amigos que también estuvieron presentes en este proceso.

DIEGO FERNANDO MEDINA MEJÍA

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por guiarme en este proceso, porque es un Dios que guarda sus promesas y cumple su palabra, que por su gracia he podido estudiar en la Universidad Industrial de Santander.

Agradezco profundamente a mis padres por su incondicionalidad durante esta etapa de mi vida. por ser personas honestas, responsables y trabajadoras que con su ejemplo han sido la fuente de mi motivación en cada actividad que realizo.

Agradecimiento especial a mi hermana Mónica Sánchez quien fue la persona que me motivó, ayudó y por la cual conocí la grandiosa Universidad Industrial de Santander.

Agradezco a mi padre por haberme apoyado, ofrecido su ayuda y conocimiento durante el proceso de construcción del prototipo del trabajo de grado.

Agradezco a la Escuela de Ingeniería mecánica y sus profesores quienes aportaron cosas muy valiosas en mi formación personal y académica. Compartieron sus conocimientos y experiencias siempre obrando en buena fe.

EDWIN SAMUEL SÁNCHEZ MOLINA

A mi abuela Clemencia quien ha sido padre y madre en mi vida, gracias a sus esfuerzos
he cumplido cada meta propuesta.

A mi hermosa madre quien me dio la vida y ha estado presente en el desarrollo de
todos mis estudios.

A tíos y tías que han sido un respaldo incondicional para poder cumplir esta meta de ser
ingeniero mecánico.

Al profesor Ricardo Alfonso Jaimes Rolon, ingeniero mecánico de la Escuela de
Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander quien asumió la
dirección del proyecto y ayudó para su desarrollo.

A nuestras familias quienes estuvieron en todos los momentos de nuestra carrera y
ayudaron a cumplir esta meta.

DIEGO FERNANDO MEDINA MEJIA

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. OBJETIVOS	22
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	22
2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.1.1 Dosificador.	23
2.1.2 Dosificador volumétrico de material viscoso.....	24
2.2 COMPONENTES DEL DOSIFICADOR.....	24
2.2.1 Tolva.....	24
2.2.2 Garganta de alimentación.	25
2.2.3 Actuador lineal.....	25
2.2.4 Cabezal.	25
2.2.5 Sistema divisor de masa.	25
2.2.6 Motor eléctrico.....	26
2.3 ESPECIFICACIONES DE UN DOSIFICADOR DE PASTOSOS.....	26
2.3.1 Sistema de dosificación de porciones.	26
2.3.2 Tolva de almacenamiento.	26
2.3.3 Sistema de control eléctrico.	27
2.3.4 Banda transportadora.....	27
2.4 TÉCNICAS DE DOSIFICACIÓN	27

2.4.1 Dosificador con un solo husillo.....	28
2.4.2 Dosificadores sin husillo.....	28
2.4.3 Dosificador volumétrico.....	29
2.4.4 Dosificador a pistón.....	29
2.4.5. Dosificador por gravedad.....	30
3. METODOLOGÍA.....	32
3.1 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA.....	32
3.1.1 Reseña del proceso.....	32
3.2 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.....	32
3.2.1. Definición de requerimientos.....	33
3.3 MATRIZ DE CALIDAD.....	34
3.3.1 Análisis de resultados de la matriz de calidad.....	35
3.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	36
3.4.1 Subsistema de Dosificación.....	36
3.4.1.1 Alternativa 1: Transportador de tornillo sin fin.....	36
3.4.1.2 Alternativa 2: Actuador lineal eléctrico.....	37
3.4.1.3 Alternativa 3: Mecanismo manivela, Biela, Corredera.....	38
3.4.2 Subsistema eléctrico: Lógica cableada.....	40
3.4.2.1 Alternativa 1: Control eléctrico con un interruptor que energice todo el sistema.	40
3.4.2.2 Alternativa 2: Control eléctrico con dos interruptores.....	40
3.4.2.3 Alternativa 3: Control eléctrico con dos interruptores y una parada de emergencia.....	41
3.4.3 Subsistema de almacenamiento: Tolva.....	42
3.4.3.1 Alternativa 1: Piramidal de abertura cuadrada.....	42

3.4.3.2 Alternativa 2: Cónica	43
3.4.3.3 Alternativa 3: Biselada.....	44
3.4.4 Subsistema transmisión de potencia de la banda transportadora	46
3.4.4.1 Alternativa 1: Engranajes con ejes paralelos.....	46
3.4.4.2 Alternativa 2: Poleas y correas	47
3.4.4.3 Alternativa 3: Cadenas con Piñones.....	47
3.5 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS	49
3.5.1 Definición de la alternativa ganadora.	50
3.6 MODELACIÓN CAD DE LA MÁQUINA.....	50
3.7 SELECCIÓN DE MATERIAL AVALADO POR INVIMA	52
3.8 CARACTERIZACIÓN DE MASA A BASE DE MAÍZ.....	53
3.8.1 Determinación de la densidad.	53
3.8.2 Determinación del peso del producto.	55
3.8.3 Clasificación de la materia prima.....	57
4. DISEÑO DE DETALLE.....	58
4.1 CÁLCULOS DE DISEÑO PARA COMPONENTES DEL PROTOTIPO.....	58
4.1.1 Velocidad de operación.	58
4.1.2 Diseño de la tolva de alimentación.....	59
4.1.3 Selección del material.	59
4.1.4 Requerimientos funcionales de la tolva.....	60
4.1.5 Dimensiones de la Tolva.	60
4.1.5.1 Cálculos de las dimensiones.....	61
4.1.5.2 Cálculo dimensiones del cilindro.	62
4.1.5.3 Cálculo dimensiones de un Cono truncado.....	63

4.1.5.4 Volumen total de la tolva.	64
4.1.6 Determinación de la inclinación de caída de la tolva.	64
4.1.7 Determinación del flujo de la Tolva.	66
4.1.7.1 Cálculo del flujo másico de la tolva.	67
4.1.8 Análisis estático de la tolva	68
4.1.8.1 Tensiones Von mises	68
4.1.8.2 Desplazamiento.....	69
4.1.8.3 Deformaciones Unitarias	70
4.1.8.4 Factor de Seguridad.....	71
4.1.9 Análisis estático del bastidor	72
4.1.9.1 Tensiones Von mises	72
4.1.9.2 Desplazamiento.....	73
4.1.9.3 Deformaciones Unitarias	74
4.1.9.4 Factor de Seguridad.....	75
4.2 CÁLCULO TRANSMISIÓN DE POTENCIA	76
4.2.1 Circuito en paralelo para dos motores.....	77
4.3 ANÁLISIS COSTO DE CONSUMO ELÉCTRICO	78
4.4 CÁLCULO DEL MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA.....	79
4.4.1 Selección del motor eléctrico.....	79
4.4.2 Cálculo de la velocidad del motor eléctrico	80
4.4.3 Cálculo de la velocidad de la banda transportadora.....	82
4.4.3.1 Velocidad Lineal	82
4.4.3.2 Revoluciones por minuto de la cinta transportadora.....	83
4.4.4 Selección de Rodamientos.....	84

4.4.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	85
4.5 SELECCIÓN DEL ACTUADOR LINEAL	87
4.5.1 Vida útil actuador lineal eléctrico	88
4.5.2 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO	92
4.6 DIMENSIONES DE LA CINTA TRANSPORTADORA	93
4.6.1 Selección del material de la cinta transportadora	94
4.6.1.1 Cinta PU (termoplástico Poliuretano)	94
5. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	96
5.1 EVIDENCIAS.....	96
5.1.1 Subsistema de dosificación	96
5.1.2 Tolva de almacenamiento	98
5.1.3 Estructura base	99
5.1.4 Banda transportadora.....	100
5.1.5 Subsistema de control eléctrico.....	100
6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	101
6.1 Dosificación.....	102
6.2 Control eléctrico	102
6.3 Banda transportadora.....	104
6.4 Vista del prototipo final	104
6.4.1. Video: Prueba de funcionamiento máquina dosificadora de productos pastosos	105
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	105
7.1 Cálculo mejora del tiempo de producción.....	109
7.2 Cálculo mejora por unidades producidas con 25 kg.....	110

8. ANÁLISIS ECONÓMICO Y MANUFACTURA	111
8.1 Costo de Materiales	111
8.2 Costo de construcción	112
9. CONCLUSIONES.....	113
10. RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	121

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Husillo de dosificación.....	28
Figura 2. Dosificador volumétrico.....	29
Figura 3. Dosificador de pistón.....	30
Figura 4. Dosificador por gravedad.....	31
Figura 5. Transportador de tornillo sin fin.....	36
Figura 6. Componentes de un actuador lineal eléctrico.....	37
Figura 7. Mecanismo manivela, Biela, Corredera.....	38
Figura 8. Circuito de control con un interruptor.....	40
Figura 9. Circuito de control con dos interruptores.....	41
Figura 10. Circuito de control con tres interruptores.....	41
Figura 11. Tolva piramidal.....	43
Figura 12. Tolva cónica.....	44
Figura 13. Tolva Biselada.....	44
Figura 14. Transmisión por engranajes.....	46
Figura 15. Transmisión con poleas y correas.....	47
Figura 16. Transmisión con cadenas y piñones.....	48
Figura 17. Modelado CAD de la máquina dosificadora.....	50
Figura 18. Modelado CAD de componentes máquina dosificadora.....	51
Figura 19. Pruebas experimental cálculo de la densidad.....	55
Figura 20. Peso por unidad dosificada manualmente.....	56
Figura 21. Dimensiones de la tolva.....	61
Figura 22. Determinación del ángulo de reposo.....	65
Figura 23. Ángulo de inclinación de la tolva.....	66
Figura 24. Tipos de flujo.....	67
Figura 25. Análisis de Tensiones Von mises - Tolva.....	68
Figura 26. Análisis de Desplazamiento - Tolva.....	69

Figura 27. Análisis de Deformaciones unitarias - Tolva	70
Figura 28. Factor de seguridad - Tolva	71
Figura 29. Tensiones Von mises	72
Figura 30. Desplazamiento	73
Figura 31. Deformaciones Unitarias	74
Figura 32. Factor de Seguridad.....	75
Figura 33. Circuito en paralelo con dos motores	77
Figura 34. Motor eléctrico para la banda transportadora.....	79
Figura 35. Dimensiones de la banda transportadora.....	82
Figura 36. Rodamiento 202.....	85
Figura 37. Selección del actuador lineal eléctrico	88
Figura 38. Diagrama de fuerzas sobre el recipiente cilíndrico.....	90
Figura 39. Dimensiones de la cinta transportadora	93
Figura 40. Diseño y construcción subsistema de dosificación	97
Figura 41. Cilindro de dosificación	98
Figura 42. Actuador lineal eléctrico utilizado	98
Figura 43. Construcción de la tolva	99
Figura 44. Estructura base de la máquina dosificadora	99
Figura 45. Construcción y montaje de la banda transportadora.....	100
Figura 46. Instalación de caja de control eléctrico.....	101
Figura 47. Prueba de funcionamiento de dosificación.....	102
Figura 48. Evidencia de funcionamiento de la caja de control eléctrico	103
Figura 49. Pedal eléctrico para controlar los movimientos del actuador eléctrico	103
Figura 50. Prueba de funcionamiento de la banda transportadora.....	104
Figura 51. Máquina dosificadora	104
Figura 52. Comparación dosificado artesanal vs máquina.....	108
Figura 53. Comparación Tiempo de producción.....	109
Figura 54. Comparación de unidades producidas	111

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valores de la matriz de calidad.....	34
Cuadro 2. Matriz de calidad.....	35
Cuadro 3. Resultados de la matriz de calidad.....	35
Cuadro 4. Valores de la matriz pugh.....	39
Cuadro 5. Matriz pugh selección de subsistema de dosificación.....	39
Cuadro 6. Matriz pugh selección de subsistema eléctrico.....	42
Cuadro 7. Matriz pugh selección de tolva de almacenamiento.....	45
Cuadro 8. Matriz pugh selección de transmisión de potencia.....	49
Cuadro 9. Componentes de la máquina dosificadora.....	52
Cuadro 10. Determinación de la densidad.....	54
Cuadro 11. Determinación del peso por unidad producida manualmente.....	56
Cuadro 12. Determinación de la velocidad de funcionamiento.....	59
Cuadro 13. Características motor del actuador lineal.....	76
Cuadro 14. Características del motor eléctrico para la banda transportadora.....	76
Cuadro 15. Datos de consumo de la máquina.....	78
Cuadro 16. Cálculo de la velocidad del motor eléctrico.....	80
Cuadro 17. Características de la caja de engranajes.....	80
Cuadro 18. Datos de funcionamiento de la banda transportadora.....	82
Cuadro 19. Velocidad de la banda transportadora.....	83
Cuadro 20. Selección de rodamientos.....	84
Cuadro 21. Dimensiones de los rodamientos.....	85
Cuadro 22. Datos de rendimiento de los rodamientos.....	86
Cuadro 23. Propiedades de los rodamientos.....	86
Cuadro 24. Características del actuador lineal eléctrico.....	87
Cuadro 25. Coeficientes de fricción estática.....	89
Cuadro 26. Resumen de datos para el cálculo de la fuerza ejercida.....	89

Cuadro 27. Ciclo de funcionamiento del actuador lineal en un minuto.....	92
Cuadro 28. Dimensiones de la cinta transportadora	93
Cuadro 29. Características de la cinta transportadora	94
Cuadro 30. Aplicaciones de la cinta transportadora	95
Cuadro 31. Beneficios del material de la cinta transportadora	95
Cuadro 32. Lista del orden de construcción del prototipo	96
Cuadro 33. Tiempo de producción (artesanal)	105
Cuadro 34. Promedio proceso (artesanal)	106
Cuadro 35. Tiempo de producción de dosificación por unidad (Máquina).....	107
Cuadro 36. Promedio proceso (Máquina)	107
Cuadro 37. Costos de materiales	111
Cuadro 38. Costos de construcción	112

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Gráfica de la corriente a la que funciona el actuador lineal	121
Anexo B. Ficha Técnica del acero inoxidable AISI 304	122
Anexo C. Planos de la máquina dosificadora	122

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE PASTOSOS A BASE DE MAÍZ ENFOCADO EN EMPRESAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS*

AUTORES: EDWIN SAMUEL SANCHEZ MOLINA
DIEGO FERNANDO MEDINA MEJIA**

PALABRAS CLAVE: DOSIFICADOR, PROCESADORA DE ALIMENTOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

DESCRIPCIÓN:

Las empresas procesadoras de alimentos juegan un papel fundamental en la sociedad, debido a que son las encargadas de la transformación de diferentes materias primas en productos comestibles que satisfacen una de las principales necesidades que requieren los seres humanos. Con el enfoque en permitir dar el primer paso para la tecnificación de procesos de dosificado en pequeñas y medianas empresas procesadoras de pastosos a base de maíz y en busca de obtener mejoras competitivas, se propone y realiza este proyecto.

Teniendo en cuenta la necesidad de tecnificar el proceso se diseña y construye una máquina dosificadora para que contribuya en la optimización de la materia prima, tiempo y facilitar el desarrollo de la actividad, garantizando un buen desempeño. Esta máquina cuenta con cuatro subsistemas que la componen los cuales son: Tolva de almacenamiento, subsistema de dosificado, subsistema de control eléctrico y subsistema de banda transportadora.

Para el subsistema de tolva de almacenamiento lo que se busca es garantizar un flujo óptimo para que el subsistema de dosificado siempre tenga material disponible, esta tolva se diseñó para una capacidad de 25 kg. El subsistema de dosificación se encarga de entregar porciones con unas características previamente definidas, con un peso de 112 ± 2 gr. En cuanto al subsistema de control eléctrico su función principal es darle al operario el dominio completo de la máquina y por último la máquina cuenta con un subsistema de banda transportadora con la cual se facilita el traslado de las unidades producidas.

Por último, la máquina dosificadora está construida con materiales avalados por INVIMA debido a que será utilizada en una empresa procesadora de alimentos.

* Proyecto de Grado

** Facultad De Ingenierías Fisicomecánicas Escuela De Ingeniería Mecánica Director: Ricardo Alfonso Jaimes Rolón Ingeniero Mecánico

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CORN-BASED PASTY DOSING MACHINE FOCUSED ON FOOD PROCESSING COMPANIES*

AUTHORS: EDWIN SAMUEL SANCHEZ MOLINA

DIEGO FERNANDO MEDINA MEJIA**

KEY WORDS: DISPENSER, FOOD PROCESSOR, DESIGN AND CONSTRUCTION.

DESCRIPTION:

Food processing companies play a fundamental role in society, since they are in charge of transforming different raw materials into edible products that satisfy one of the main needs that human beings require. With the focus on allowing the first step for the modernization of dosing processes in small and medium-sized companies that process maize-based pasty and in search of obtaining competitive improvements, this project is proposed and carried out.

Taking into account the need to modernize the process, a dosing machine is designed and built to contribute to the optimization of raw material, time and facilitate the development of the activity, guaranteeing good performance. This machine has four subsystems that make it up, which are: storage hopper, dosing subsystem, electrical control subsystem and conveyor belt subsystem.

For the storage hopper subsystem, what is sought is to guarantee an optimal flow so that the dosing subsystem always has material available. This hopper was designed for a capacity of 25 kg. The dosing subsystem is responsible for delivering portions with previously defined characteristics, with a weight of 112 ± 2 gr. Regarding the electrical control subsystem, its main function is to give the operator complete control of the machine and finally the machine has a conveyor belt subsystem with which the transfer of the produced units is facilitated.

Finally, the dosing machine is built with materials endorsed by INVIMA because it will be used in a food processing company.

* Proyecto de Grado

** Facultad De Ingenierías Fisicomecánicas Escuela De Ingeniería Mecánica Director: Ricardo Alfonso Jaimes Rolón Ingeniero Mecánico

INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos en Colombia es uno de los sectores económicos y sociales de mayor importancia, principalmente porque es la encargada del procesamiento y transformación de materias primas en productos alimenticios. los cuales satisfacen la demanda de alimentos básicos y de primera necesidad de los consumidores.

La importancia del maíz y de sus productos derivados son muy influyentes en el mundo, debido a que es uno de los cereales que más se consumen en la alimentación diaria del ser humano y algunos animales a lo largo de la historia, ocupando el tercer puesto después del trigo y el arroz. Teniendo en cuenta que, para la actualidad del país, el uso de este alimento no es la excepción, ya que el maíz es uno de los cultivos más representativos en el sector agroalimentario por lo que es el tercer cultivo que cuenta con más superficie de siembra, teniendo sólo por delante los cultivos de café y arroz.

Las características nutricionales del maíz y su facilidad para transformarlo y elaborar productos derivados del mismo, hace de esta materia prima un ingrediente esencial en las industrias de alimentos al igual que en la producción artesanal, además una de las ventajas que tiene es que se puede aprovechar significativamente para la fabricación de diversos productos como; harinas, bebidas alcohólicas, snacks salados, cereales, jarabes, tortillas, pan, entre otros. En los países donde la inflación económica interna aumenta significativamente el maíz se convierte en uno de los alimentos más consumidos.

Para el caso de la transformación y elaboración de productos derivados del maíz, se tiene presente que la mayoría de las empresas y microempresas que trabajan esta materia prima no cuentan con procesos muy industrializados y en algunos casos son poco tecnificados. Por lo mencionado anteriormente se propone el diseño y construcción de una máquina dosificadora de pastosos a base de maíz enfocado en empresas

procesadoras de alimentos, la cual tiene como objetivo el mejoramiento del tiempo en la producción de alimentos a base de masa de maíz. Permitiendo un aumento en la competencia de la empresa en el ámbito del mercado. Por otra parte, dicho proyecto ofrece y permite un amplio campo de innovación de productos con un valor agregado especialmente por la capacidad de entregar cantidades proporcionadas de masa de maíz con un peso cada vez igual, lo que representa una ventaja para la empresa el poder controlar efectivamente el producto que fabrica.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseño y construcción de una máquina dosificadora de pastosos que permita optimizar el proceso de elaboración y reducción del tiempo de fabricación de productos a base de masa de maíz en empresas procesadoras de alimentos del sector artesanal.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar la máquina con los siguientes requerimientos
 - Capacidad de procesamiento de pastosos a base de maíz de 25 kg/h.
 - Entrega de porciones de 50 gr en forma cilíndrica de un diámetro aproximado de ± 4 cm y espesor de $\pm 1/2$ cm.
 - Sistema auxiliar de banda transportadora para el traslado de las porciones de masa.
 - Fuente de energía por medio de un motor eléctrico de aproximadamente de $1/2$ HP.
- Construcción de la máquina con materiales según lo exige el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA).
- Diseño de un sistema de control que facilite la operación segura al usuario basado en lógica cableada.
- Elaboración del análisis de costos de fabricación de la máquina.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Dosificador. Un dosificador de alimentos es una máquina, la cual se encarga de la extrusión del material dándole un valor agregado ya que permite entregar cantidades exactas del producto en cada una de sus descargas.

La masa a base de maíz es forzada a transitar por medio de un recipiente cilíndrico el cual le da la forma y ayuda a darle consistencia al fluido viscoso que ingresa, esto por medio del empuje hacia abajo que ejerce la gravedad lo cual permite que el material que está almacenado en la tolva descienda y ocupe el espacio libre que hay en el recipiente dosificador.

Para esta máquina el sistema es abastecido de materia prima por medio de una tolva la cual cumple la función de almacenar temporalmente el material y mantenerlo disponible para que el sistema dosificador pueda abastecerse con cantidades necesarias para su correcto funcionamiento además de permitirle entregar la masa al final con un perfil geométrico preestablecido.

Durante el proceso de extrusión de la masa de maíz, se cuenta con un sistema de carga y descarga accionado por medio de un pedal eléctrico en el cual el sistema eléctrico diseñado permite que, al accionar dicho pedal, el sistema dosificador tenga un avance lineal hacia delante y entregue una descarga de material, una vez se elimine la fuerza aplicada en el pedal, el actuador lineal eléctrico volverá automáticamente a su posición inicial para volver a abastecerse de material.

La principal función de la máquina dosificadora es garantizar la entrega de masa a base de maíz en cantidades iguales lo que permite optimizar el proceso y reducir el desperdicio

de esta misma, cuenta con una velocidad de trabajo constante y su facilidad de uso permite que cualquier persona con o sin experiencia en esta área de producción pueda desempeñar esta labor.

2.1.2 Dosificador volumétrico de material viscoso. Para este equipo mecánico es necesario contar con un actuador lineal eléctrico y un sistema eléctrico que permita la extensión y contracción del vástago móvil. El cual tiene adaptado un recipiente cilíndrico el cual su función principal es dosificar el material.

La masa a base de maíz es agregada continuamente en la tolva de la máquina, esta es depositada sin ningún tipo de forma geométrica la cual queda a disposición del recipiente cilíndrico el cual la moldea y transporta con dirección hacia la boquilla con el objetivo de ser descargada.

Este tipo de máquinas ofrece una gran variedad de ventajas ya que facilitan esta etapa del proceso de producción y garantiza la entrega de porciones adecuadas de material, esto proporciona para el empresario una ventaja ya que cualquier persona puede laborar en dicho proceso solo con una breve inducción en el manejo del equipo. Por lo anterior estas máquinas dosificadoras son esenciales en el proceso de industrialización de una empresa.

2.2 COMPONENTES DEL DOSIFICADOR

2.2.1 Tolva. Este elemento cumple con la función de almacenamiento temporal, ya que sirve como contenedor de una cantidad del material que se necesita que esté a disposición de la máquina. Es necesario que este componente esté bien ensamblado con la garganta de alimentación.

2.2.2 Garganta de alimentación. parte fundamental ubicada debajo de la tolva, se debe tener en consideración que su función es permitir el ingreso de material a la sección del cilindro dosificador, por lo cual se debe diseñarse con características especiales dependiendo el tipo de material que se va a depositar en la tolva, todo lo anterior para asegurarse que el material depositado en la tolva pueda fluir sin ningún problema hacia los demás componentes de la máquina que lo requieran.

2.2.3 Actuador lineal. Su principal característica es que permite transmitir el movimiento entre diferentes componentes de una máquina, lo anterior se debe a que su diseño le facilita realizar movimientos lineales a una velocidad muy buena.

Este tipo de tecnología permite transportar con facilidad diferentes tipos de material por lo cual se ha convertido en un elemento importante al momento de diseñar y construir una máquina que requiera el arrastre de material entre dos puntos.

En la industria de alimentos es común ver diferentes máquinas donde el funcionamiento de equipos eléctricos y mecánicos son indispensables ya que se pueden adaptar en diferentes aplicaciones.

2.2.4 Cabezal. Para efectos del diseño de la máquina se denomina cabezal a la parte final de la máquina en el subsistema donde se ubica el actuador lineal eléctrico esta parte es la encargada de servir como soporte y guía al anillo cilíndrico que cumple la función de darle de cierto modo un perfil geométrico al material extruido.

2.2.5 Sistema divisor de masa. Este es un subsistema que se utiliza en la máquina dosificadora, para entregar porciones del tamaño y peso adecuado haciendo esta operación repetidas veces y en cada una entregando cantidades iguales. Principalmente su funcionamiento de corte es realizado por medio de una adaptación implementado en el recipiente cilíndrico el cual se encarga de cerrar e impedir el paso del material dispuesto

en la tolva, de este modo cuando el anillo cilíndrico dosificador está descargando el material, la tolva se encuentra temporalmente cerrada en su parte inferior.

2.2.6 Motor eléctrico. Los motores eléctricos son una alternativa esencial en la industria alimentaria ya que reduce los riesgos de contaminación de los alimentos debido a que no generan residuos gaseosos o sólidos durante su funcionamiento.

Su principal característica es que los motores eléctricos son capaces de transformar la energía eléctrica en energía mecánica rotativa, esta energía mecánica es la que será aprovechada por la máquina por lo tanto será transmitida por medio de ejes, engranajes y tornillo sin fin.

2.3 ESPECIFICACIONES DE UN DOSIFICADOR DE PASTOSOS

2.3.1 Sistema de dosificación de porciones. Para tomar una decisión respecto al diseño y elementos que conforman este sistema, se hace necesario definir el componente que será encargado de transportar la materia prima, la cual será porcionada y entregada por la máquina.

Para solucionar este problema, es necesario recopilar información sobre procesos industriales similares donde se utilicen este tipo de elementos para el arrastre y transporte de material.

En cuanto a los aspectos y parámetros necesarios a tener en cuenta para un proceso de dosificación de materiales pastosos, son: Velocidad máxima de funcionamiento, Carga máxima de funcionamiento y Voltaje de funcionamiento.

2.3.2 Tolva de almacenamiento. Una de las principales especificaciones de la tolva de almacenamiento es el ángulo de caída con el que será diseñado y construida la tolva ya

que este será el principal factor que garantiza el adecuado deslizamiento del material, para que fluya de manera continua y evitando las situaciones de atascamientos.

2.3.3 Sistema de control eléctrico. Es el sistema que permite al usuario tener el control y dominio absoluto sobre todos los movimientos mecánicos que pueda realizar la máquina, este sistema cuenta con una serie de componentes eléctricos que permitirán el funcionamiento individual o en conjunto de los diferentes subsistemas que conforman la máquina en general.

2.3.4 Banda transportadora. Tiene como objetivo principal el transporte eficiente del material entre dos puntos diferentes al interior de una planta de producción.

El funcionamiento de la banda transportadora consta principalmente de un motor eléctrico o un motorreductor el cual se encarga de transmitir la energía mecánica a la banda transportadora.

En el diseño de una banda transportadora se deben tener en cuenta principalmente dos variables como la velocidad y la capacidad de carga, las cuales dependen inicialmente del tipo de material que se desea transportar.

2.4 TÉCNICAS DE DOSIFICACIÓN

Las máquinas dosificadoras pueden ser diseñadas con diferentes técnicas para disponer materiales en cantidades y tiempo predeterminado. para cumplir con este objetivo el elemento dosificador toma de la tolva de almacenamiento el material y lo traslada a un recipiente colector.

Para el elemento dosificador es influyente la forma del material, las características del fluido y el principio de dosificación.

Entre los sistemas de transporte de material más comunes se encuentran: husillos, válvulas rotativas y por empuje. En cuanto a métodos técnicos sobresalientes en procesos de dosificado se destacan, gravimétrico y volumétrico.

2.4.1 Dosificador con un solo husillo. Es un tipo de tornillo largo, también nombrado como tornillo sin fin, fabricado en aluminio y acero inoxidable con el propósito de transmitir el movimiento de arrastre de manera continua.

Usualmente son utilizados en aplicaciones de alimentación, compresión y para dosificación¹.

Figura 1. Husillo de dosificación.



Fuente: MECANIZADOS MARSAL Husillo de dosificación [en línea] disponible en: <https://www.mecanizadosmarsal.com/project/husillo-de-dosificacion/>

2.4.2 Dosificadores sin husillo. Dependiendo el producto a dosificar existen equipos automatizados que dividen de manera exacta el material para después ser envasado, se presentan también diseños donde se combinan dichos equipos para una necesidad en especial.

¹ ACEROMAFE Husillo: función, características y ventajas para industrias [en línea] disponible en: <https://www.aceromafe.com/que-es-un-husillo/>

Algunos de los dosificadores sin husillo más comunes se describirán a continuación:

2.4.3 Dosificador volumétrico. Esta clase de dosificador está constituido por una tolva que almacena el producto a envasar y una cantidad específica de vasos telescópicos que contienen el volumen del producto que se suministrará en un envase. La tolva ofrece la posibilidad que sea alimentada por un individuo o por un elevador que es controlado de modo automático por la envasadora. El número de vasos está determinado en relación con el producto a envasar y los tamaños de la bolsa que la máquina efectuará. Este dosificador está fabricado para productos sólidos homogéneos como por ejemplo: azúcar, garbanzos, porotos, maíz, lentejas, confites, pan rallado, arroz, café en granos, sal, etc.²

Figura 2. Dosificador volumétrico.



Fuente: PACK SPAIN SL. Dosificador volumétrico vasos [en línea] disponible en: <https://www.packspainsl.com/portfolio/dosificador-volumetrico-vasos/>

2.4.4 Dosificador a pistón. Se emplea para productos líquidos y semilíquidos, este está conformado por uno o más recipientes herméticos donde se almacena el líquido y por medio de uno o más pistones el producto es retirado del recipiente y conducido hacia un

² BLOG ROZAGRAPISA Clases de dosificadores de empleo más común [en línea] 2023. disponible en: https://www.rozagrapisa.com/index.php?route=blog/post&post_id=159

pico que se localiza en el interior de la bolsa ya diseñada por la envasadora. Este dosificador es perfecto para productos líquidos densos o viscosos como shampoo, yogurt, grasa, tomate triturado, jalea, etc. Además puede emplearse para líquidos como agua, jugos, vinos, etc.³

Figura 3. Dosificador de pistón.



Fuente: TECNO EMBALAJE Dosificador de líquidos de alta viscosidad [en línea] disponible en: <https://tecnoembalaje.com/producto/dosificador-de-liquidos-de-alta-viscosidad-2/>

2.4.5. Dosificador por gravedad. Está constituido por un tanque donde se situará el líquido que tradicionalmente es alimentado por un tanque principal a través de un flotador que posee en el interior para activar o desactivar la alimentación del mismo. En la parte inferior dispone de una llave de paso que es manejada por la envasadora, el cual, facilita al paso del líquido en el instante exacto. Se emplea solamente para productos líquidos como agua, jugos, salmuera, vinos, etc.⁴

³ Ibid., p.30.

⁴ Ibid., p.31.

Figura 4. Dosificador por gravedad.



Fuente: DOTEKO. Doteco Compo Spa. [en línea] disponible en:
https://www.doteco.com/cataloghi_prodotti/spagnolo/doteco_compo_spa.pdf

3. METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA MÁQUINA

3.1.1 Reseña del proceso. El proceso de producción de la microempresa en la etapa final no cuenta con ningún tipo de maquinaria de dosificación por lo que esta actividad se realiza de manera manual. Esta condición genera tres dificultades las cuales son: movimientos repetitivos con afectaciones de la salud del trabajador, dependencia de personal con experiencia para desempeñarse en el puesto y es muy escaso, por último, no se puede tener el control de la cantidad de unidades por kilogramo de materia prima que se fabrican ya que el peso varía mucho de una a otra.

3.2 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO.

Teniendo en cuenta como base principal para el diseño y construcción de la máquina dosificadora, los requerimientos necesarios de acuerdo al consumidor por lo que se hacen necesarios suplir dentro del proceso de producción.

Se definió:

- Capacidad de dosificación: 25 kg/h
- Tamaño de la máquina para que se adecue en un espacio reducido.
- Facilidad de alimentación con materia prima.
- Facilidad de operación y realización del mantenimiento.
- Fabricación de bajo costo.
- Fabricación con materiales adecuados para el contacto con alimentos.
- Sistema de control eléctrico.
- Sistema auxiliar de transporte de porciones dosificadas.

3.2.1. Definición de requerimientos

Capacidad de dosificación: 25 kg/h: se hace necesario que la máquina dosificadora cumpla con una cantidad requerida de dosificación en el tramo de una hora, por lo anterior los subsistemas que intervienen en este parámetro para que se cumpla a satisfacción son: Tamaño de la tolva, Velocidad de dosificación, tamaño de la porción dosificada.

Tamaño de la máquina para que se adecue en un espacio reducido: Principalmente este aspecto de la máquina cuenta ya con unas medidas máximas de la máquina que se propone a diseñar, debido a que el espacio con el que se cuenta en la empresa está limitado por lo anterior el diseño tiene que ser cuidadoso de no sobrepasar ciertas medidas establecidas.

Facilidad de operación y realización del mantenimiento: Son requerimientos básicos que cualquier máquina construida debería ofrecer al usuario debido a que esto aporta en la reducción de costos en temas de capacitación de operarios y reduce costos en el tiempo de paradas de mantenimiento.

Fabricación de bajo costo: En la actualidad la industria de fabricación de maquinaria para alimentos no cuenta con máquinas dosificadoras de fluidos viscosos a un bajo costo monetario, por lo cual dificulta el acceso a ellas por parte de las microempresas. Al mismo tiempo no se cuenta con una máquina específicamente para este tipo de materia prima ya que es prácticamente una receta por lo cual las características son únicas en el caso para esta empresa.

Mencionado lo anterior se hace necesario que el diseño y construcción de la máquina dosificadora sea realizado en lo posible a un bajo costo.

Fabricación con materiales adecuados para el contacto con alimentos: Este requerimiento es muy importante ya que existe entidades y normas establecidas para la

construcción de maquinaria a utilizar en la industria de alimentos por lo cual se hace necesario fundamentarse en los lineamientos propuestos por INVIMA que es la entidad encargada del control y vigilancia de los equipos fabricados relacionados a la industria alimentaria.

Sistema de control eléctrico: Se hace referencia principalmente enfocado a la parte de seguridad ya que el usuario especifica que necesita tener el control absoluto de la máquina tanto para el encendido, funcionamiento y apagado de la misma.

Sistema auxiliar de transporte de porciones dosificadas: Subsistema encargado del transporte entre dos puntos definidos, esencialmente para el traslado de las porciones dosificadas.

3.3 MATRIZ DE CALIDAD

Cuadro 1. Valores de la matriz de calidad

Valoración utilizados en la matriz	
Relación	Valor
Fuerte	9
Media	3
Débil	1
Nula	0

Cuadro 2. Matriz de calidad

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE \ REQUERIMIENTOS DE DISEÑO		PRIORIDAD	TAMAÑO 60 X 50 X 80 (cm)		CAPACIDAD 25 Kg/Hora		POTENCIA		SISTEMA ELÉCTRICO		RIGIDEZ MECÁNICA		SEGURIDAD		MANTENIBILIDAD		PRODUCCIÓN MODULAR		COSTO	
Dimensiones	Tolva de almacenamiento de 25 Kg	4	9	36	9	36	0	0	0	0	1	4	3	12	1	4	9	36	3	12
	Tamaño de la estructura: 60 cm x 50 cm x 80 cm	10	3	30	1	10	0	0	1	10	3	30	1	10	1	10	3	30	3	30
	Banda transportadora máximo 100 cm de largo	5	3	15	3	15	3	15	3	15	9	45	3	15	3	15	9	45	3	15
	Máquina que sea Compacta	1	0	0	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Materiales	Fabricación con materiales aptos para alimentos	7	1	7	1	7	0	0	1	7	3	21	1	7	1	7	3	21	9	63
Operación	Sistema de Control Eléctrico	2	1	2	3	6	9	18	9	18	1	2	9	18	3	6	3	6	3	6
	Procesamiento continuo	11	0	0	1	11	3	33	3	33	0	0	1	11	1	11	1	11	1	11
	Facilidad de operación	8	1	8	0	0	9	72	3	24	0	0	3	24	1	8	0	0	1	8
	Seguridad para el operario	6	3	18	3	18	9	54	9	54	3	18	9	54	3	18	0	0	3	18
Vida útil	Velocidad de Trabajo	9	0	0	1	9	3	27	3	27	1	9	3	27	1	9	1	9	1	9
	Facilidad para realizar el mantenimiento	3	9	27	3	9	3	9	1	3	3	9	3	9	3	9	1	3	3	9
	Precio de fabricación	12	9	108	9	108	3	36	1	12	3	36	3	36	3	36	3	36	9	108
TOTAL				251		230		265		210		171		224		134		198		290

3.3.1 Análisis de resultados de la matriz de calidad. La matriz de calidad es una herramienta que facilita relacionar los requerimientos del usuario y en base a estos se prioriza los requerimientos del diseño, seguidamente esta información recolectada de la matriz de calidad se utiliza para tener en cuenta al momento de tomar decisiones o designar posibles alternativas.

Cuadro 3. Resultados de la matriz de calidad

CRITERIOS MÁS RELEVANTES SEGÚN LA MATRIZ DE CALIDAD (QFD)		
CRITERIO	PUNTAJE	PORCENTAJE (%)
Costo	290	20%
Potencia	265	18%
Tamaño	251	17%
Cacidad	230	16%
Seguridad	224	15%
Sistema eléctrico	210	14%
TOTAL	1470	100%

3.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Determinados los requerimientos de diseño, priorizados e identificados según su importancia dentro del proyecto, se procede a plantear alternativas.

3.4.1 Subsistema de Dosificación

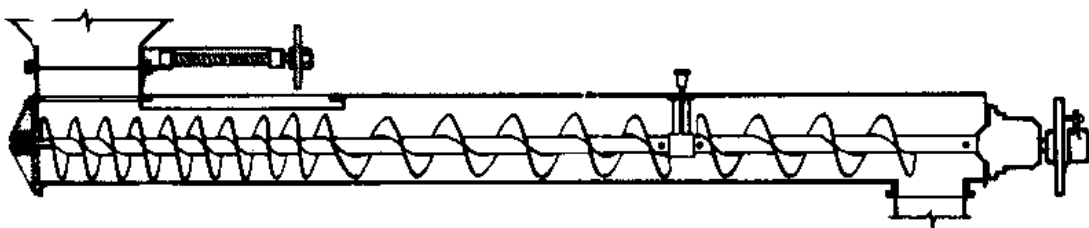
3.4.1.1 Alternativa 1: Transportador de tornillo sin fin.

La principal función de los tornillos sin fin es transmitir movimiento entre dos puntos, este es un tipo de mecanismo que se caracteriza por ser simple y ofrecer facilidad para mantenerse.

En el mercado existen diferentes tipos de tornillos sin fin los que permiten ser utilizados en una amplia gama de aplicaciones dependiendo el uso para el cual sea requerido.

Específicamente se plantea como alternativa ya que este componente pudiese funcionar como un tornillo transportador de materia prima por dentro de una camisa y entregar el material por medio de una boquilla.

Figura 5. Transportador de tornillo sin fin



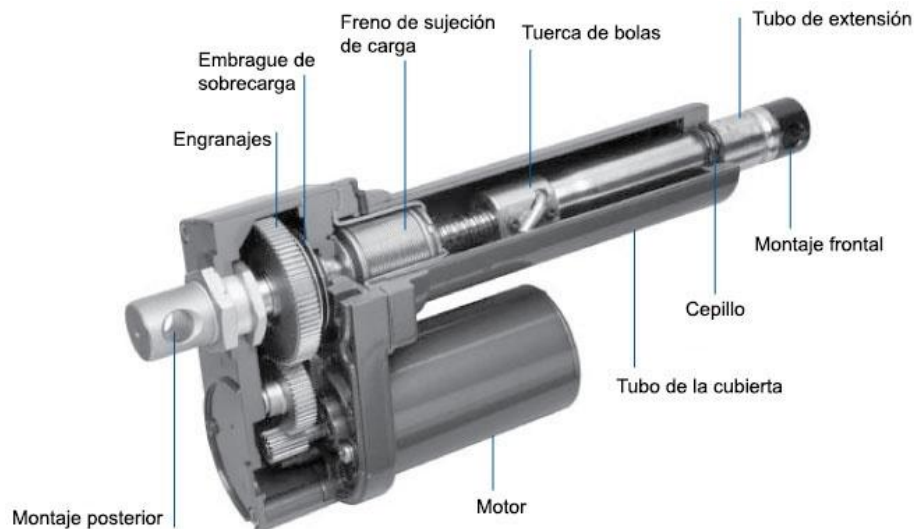
Fuente: OPEX LEARNING. Transportador de tornillo sin fin [en línea] disponible en: <https://opexlearning.com/resources/screw-conveyor/8433/>

3.4.1.2 Alternativa 2: Actuador lineal eléctrico.

Es una máquina eléctrica que transforma el movimiento de rotación de un motor en movimientos de tracción y empuje de manera lineal o recta. La utilidad de los actuadores lineales permite que sean empleados en una gran variedad de aplicaciones donde sea necesario tanto movimientos lineales como aplicaciones impulsadas con determinada fuerza.

Cuando se requiere una solución que sea segura y que ofrezca un movimiento sencillo la primera opción siempre será un actuador lineal eléctrico ya que permite un control total del dispositivo y de su movimiento uniforme⁵.

Figura 6. Componentes de un actuador lineal eléctrico



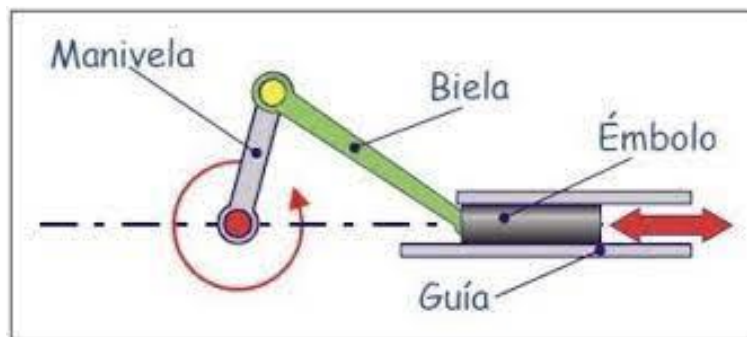
Fuente: THOM SON LINEAR Actuadores lineales [en línea] disponible en: <https://www.thomsonlinear.com/es/productos/actuadores-lineales/about-linear-actuators>

⁵ LINAK Linear actuators [en línea] disponible en: <https://www.linak.com/products/linear-actuators/#:~:text=What%20is%20a%20linear%20actuator,powered%20by%20hydraulics%20and%20pneumatics.>

3.4.1.3 Alternativa 3: Mecanismo manivela, Biela, Corredera.

Este tipo de mecanismo se caracteriza por tener un movimiento lineal de tracción y extensión el cual es generado por un movimiento rotativo continuo, también tiene la cualidad generar el proceso contrario, convierte el movimiento de traslación en movimiento de rotación⁶.

Figura 7. Mecanismo manivela, Biela, Corredera



Fuente: VICIANA GÁLVEZ Antonio Estudio y diseño de un modelo configurable de mecanismo de biela corredera para uso docente. [Proyecto fin de grado] Universidad de Jaén. Escuela Politécnica Superior de Linares. Linares, 2020. [en línea] disponible en: https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/12143/1/TFG_AVG_MECEBMC.pdf

MATRIZ DE PUGH

La matriz de pugh es una herramienta muy útil para tomar una decisión, para este caso se tienen varias alternativas con unos criterios definidos. Por lo anterior la matriz de pugh permite utilizar una técnica cuantitativa para calcular y definir cuál es sería la mejor opción.

⁶ VICIANA GÁLVEZ Antonio Estudio y diseño de un modelo configurable de mecanismo de biela corredera para uso docente. [Proyecto fin de grado] Universidad de Jaén. Escuela Politécnica Superior de Linares. Linares, 2020. [en línea] disponible en: https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/12143/1/TFG_AVG_MECEBMC.pdf

En conclusión, la alternativa seleccionada es el actuador lineal eléctrico ya que presenta mejores beneficios.

Cuadro 4. Valores de la matriz pugh

TABLA DE VALORES	
CRITERIO	VALOR
Positivo	1
Normal	0
Negativo	-1

Cuadro 5. Matriz pugh selección de subsistema de dosificación

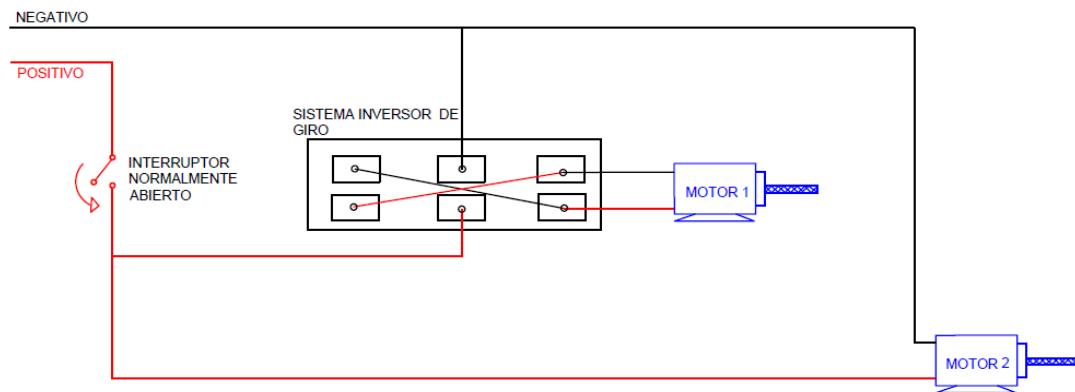
ALTERNATIVA CRITERIO	DOSIFICADOR		
	ACTUADOR LINEAL	TORNILLO SIN FIN	MANIVELA, BIELA, CORREDERA
Motor eléctrico	1	0	0
Tolva de alimentación	1	1	1
Boquilla	0	0	1
Correa de transmisión	1	0	-1
Interruptor On/Off	0	0	0
Interruptor de emergencia	0	0	0
Regulador de velocidad	1	-1	-1
Transmisión de velocidad con polea	0	-1	-1
Motor reductor de velocidad	1	-1	-1
Lubricación con agentes contaminantes	-1	1	1
Precio en el mercado	-1	0	0
¿Es necesaria su fabricación?	1	-1	-1
¿Se consigue fácilmente en el mercado?	0	-1	-1
POSITIVO	6	2	3
NORMAL	5	6	4
NEGATIVO	-2	-5	-6
NETO (+-)	4	-3	-3
SELECCIÓN FINAL	Si	No	No

3.4.2 Subsistema eléctrico: Lógica cableada.

3.4.2.1 Alternativa 1: Control eléctrico con un interruptor que energice todo el sistema.

La primera opción consiste en que la máquina sea compacta y solo tenga un interruptor el cual cuando sea accionado queda todo energizado, por lo anterior tanto la banda transportadora como el sistema dosificador funcionan al tiempo sin permitirle al operario encender o apagar un solo sistema de la máquina.

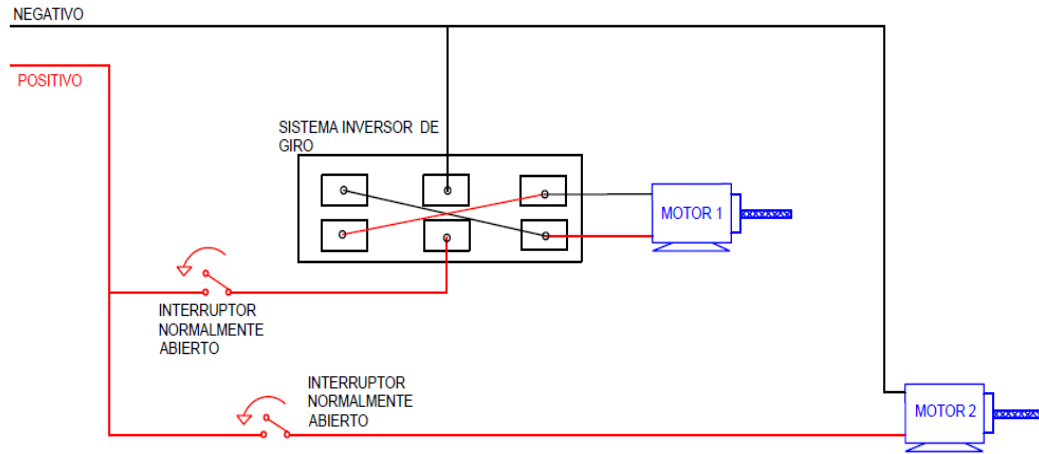
Figura 8. Circuito de control con un interruptor



3.4.2.2 Alternativa 2: Control eléctrico con dos interruptores

Esta alternativa consiste en tener independencia en los dos sistemas que tienen motor eléctrico en la máquina los cuales son la banda transportadora y el actuador lineal. Esto le ofrece al usuario la opción de poder utilizar solo una parte de la máquina mientras la otra está detenida.

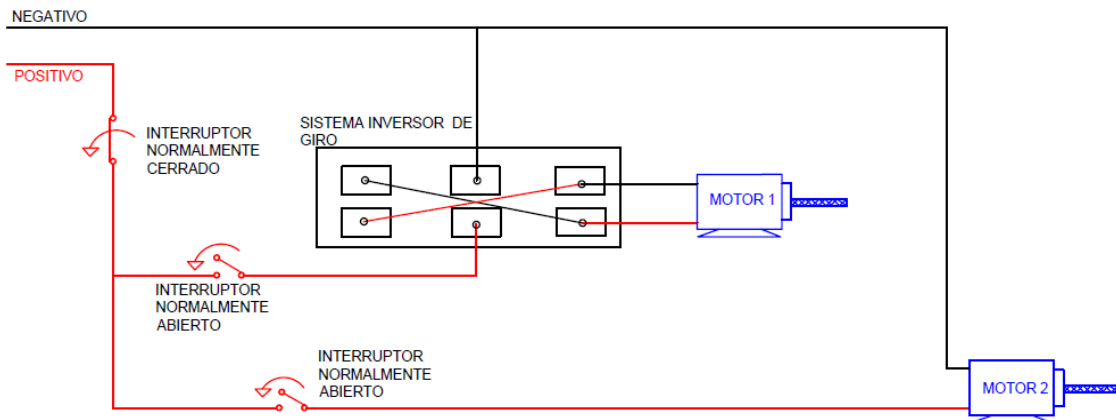
Figura 9. Circuito de control con dos interruptores



3.4.2.3 Alternativa 3: Control eléctrico con dos interruptores y una parada de emergencia.

Este circuito eléctrico está planteado para que ofrezca al operario total independencia de cada motor eléctrico que compone la máquina agregando un tercer interruptor que su principal característica es que funcionará como Botón de emergencia lo cual interrumpe completamente la energía eléctrica en toda la máquina sin la necesidad de utilizar los demás interruptores.

Figura 10. Circuito de control con tres interruptores



MATRIZ DE PUGH

Cuadro 6. Matriz pugh selección de subsistema eléctrico

ALTERNATIVA CRITERIO	CONTROL ELÉCTRICO		
	CON UN INTERRUPTOR	CON DOS INTERRUPTORES	CON TRES INTERRUPTORES
¿Permite energizar los dos motores electricos?	1	1	1
¿Permite energizar de manera independiente	-1	1	1
¿En caso de emergencia es facil detener todo el sistema?	1	-1	1
Diseño (Estetica de la máquina)	-1	0	1
¿Permite al operario identificar facilmente su funcionalidad?	-1	0	1
Precio en el mercado	1	0	-1
¿Es necesaria su Fabricación?	0	0	0
¿Se consigue facilmente en el mercado?	1	1	1
¿Fácil instalación ?	-1	0	1
Seguridad del sistema eléctrico	0	0	1
POSITIVO	4	3	8
NORMAL	2	6	1
NEGATIVO	-5	-1	-1
NETO (+-)	-1	2	7
SELECCIÓN FINAL	No	No	Si

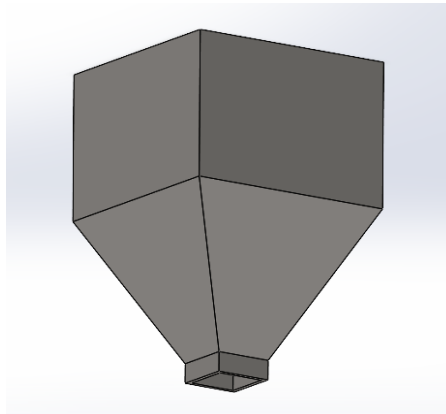
3.4.3 Subsistema de almacenamiento: Tolva

3.4.3.1 Alternativa 1: Piramidal de abertura cuadrada.

Se caracteriza por ser construida con una forma de rectángulo que converge a una sección transversal cuadrada. La tolva de almacenamiento de tipo piramidal es análoga a las tolvas de forma cónica debido a que el material converge desde todas las direcciones.

Una tolva diseñada de forma piramidal de abertura cuadrada es muy útil para aplicaciones donde el material necesite tener un flujo de embudo. Por otra parte se debe tener en cuenta que esta alternativa de tolva presenta una dificultad la cual es que debido a su diseño en la uniones de las paredes laterales y finales se presenta cierto nivel de complejidad al momento de realizarse una limpieza del material ya que esta unión de las paredes crean un ángulo de valle lo que genera que se produzca acumulación en dicho lugar⁷.

Figura 11. Tolva piramidal



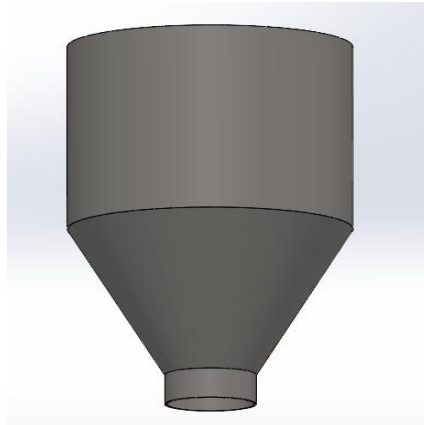
3.4.3.2 Alternativa 2: Cónica

En la industria de alimentos este tipo de tolva es la más común, debido a que converge desde todas las direcciones con destino a una salida que se encuentra ubicada justo en el centro. Una de las ventajas que ofrece este diseño de tolva es que generalmente permite al fabricante ahorrar significativamente en costos de producción a comparación de otros diseños.

⁷ POWDERB ULK SOLIDS All Hoppers Are Not Created Equal [en línea] disponible en: <https://www.powderbulksolids.com/storage/all-hoppers-are-not-created-equal>

En el diseño de una tolva cónica se debe tener presente el tipo de material que va a contener ya que para algunos productos puede generar dificultades en la manera de fluir⁸.

Figura 12. Tolva cónica



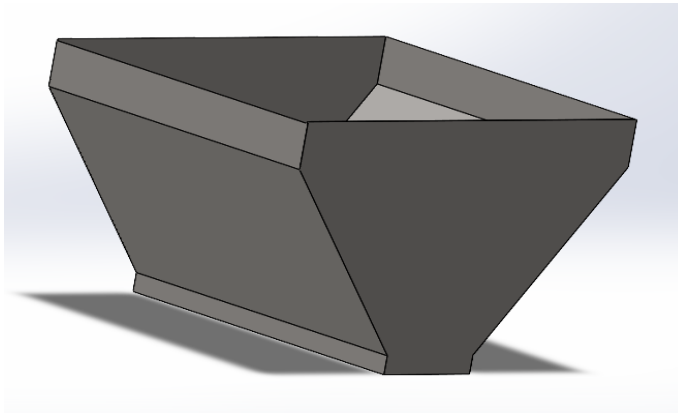
3.4.3.3 Alternativa 3: Biselada

Las tolvas biseladas se caracterizan por ser las más utilizadas en aplicaciones que se requiere el transporte de material con tornillos sin fin, debido a que cuenta con una ranura alargada que permite una gran entrega de material y es una ventaja para los tornillos sin fin debido a que pueden entrar en contacto con una mayor área del material.

Este tipo de diseño se distingue debido a que es construida en forma rectangular en la cual convergen sus dos paredes laterales por lo cual no pierde su forma rectangular.

Figura 13. Tolva Biselada

⁸ Ibid., p.40.



MATRIZ DE PUGH

Cuadro 7. Matriz pugh selección de tolva de almacenamiento

CRITERIO	TOLVA DE ALMACENAMIENTO		
	ALTERNATIVA PIRAMIDAL CON ABERTURA CUADRADA	CONICA	BISELADA
Fácil ajuste	0	1	-1
Material resistente y sin mantenimiento	1	1	1
¿ofrece drenaje completo?	-1	1	-1
¿Quedan residuos de material adheridos?	-1	0	-1
Fácil limpieza	0	1	0
Precio en el mercado	-1	1	-1
¿Es necesaria su Fabricación?	0	0	0
¿Se consigue facilmente en el mercado?	1	1	1
¿Fácil instalación ?	1	1	1
POSITIVO	3	7	3
NORMAL	3	2	2
NEGATIVO	-3	0	-4
NETO (+)	0	7	-1
SELECCIÓN FINAL	No	Si	No

3.4.4 Subsistema transmisión de potencia de la banda transportadora

3.4.4.1 Alternativa 1: Engranajes con ejes paralelos.

Los engranajes se caracterizan por ser ruedas dentadas, la transmisión por engranajes tiene dos factores principales los cuales son: Rueda conductora la cual está solidaria al eje del motor y la rueda conducida esta se encuentra solidaria al eje de salida y es a la que se transmite el movimiento.

En esta alternativa de transmisión de movimiento es posible armar juegos de engranajes los cuales las ruedas pueden tener diferentes diámetros manteniendo el mismo tamaño de los dientes lo cual se utiliza para reducir o aumentar las RPM del sistema, lo anterior dependiendo de la aplicación, teniendo en cuenta que los engranajes más pequeños tienden a tener un movimiento giratorio mayor en velocidad a comparación de los engranajes más grande dentro del mismo conjunto de transmisión⁹.

Figura 14. Transmisión por engranajes



Fuente: ÁREA DE INGENIERÍA MECÁNICA. UNIVERSITAT JAUME Reductor de velocidad [en línea] disponible en: http://www.mecapedia.uji.es/pages/reductor_de_velocidad.html

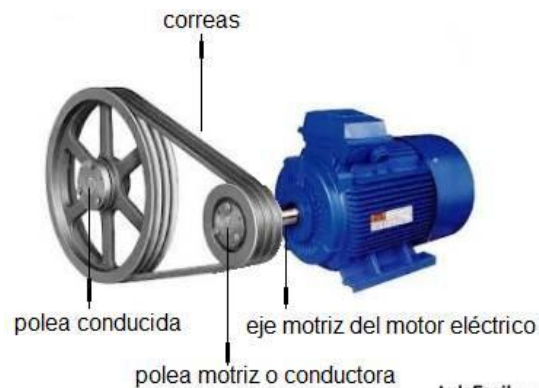
⁹ INGEMECÁNICA INGENIERÍA, CONSULTORÍA Y FORMACIÓN. Fundamentos de las Transmisiones por Engranajes [en línea] disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn150.html>

3.4.4.2 Alternativa 2: Poleas y correas

Los sistemas de transmisión por poleas con correas tienen como función principal la transmisión de potencia entre dos ejes en los cuales se sitúan las poleas al mismo tiempo que son unidas por una misma correa. las poleas están ubicadas a una distancia determinada. Estos sistemas pueden configurarse para que sean reductores o multiplicadores de velocidad.

Su principal ventaja respecto a otros sistemas de transmisión de potencia mecánica es que se desempeñan de una manera óptima cuando se requiere conectar dos ejes los cuales se encuentren demasiado separados¹⁰.

Figura 15. Transmisión con poleas y correas



Fuente: AULA FACIL Poleas de transmisión [en línea] disponible en: <https://www.aulafacil.com/cursos/fisica/dinamica-ii/poleas-de-transmision-l10481>

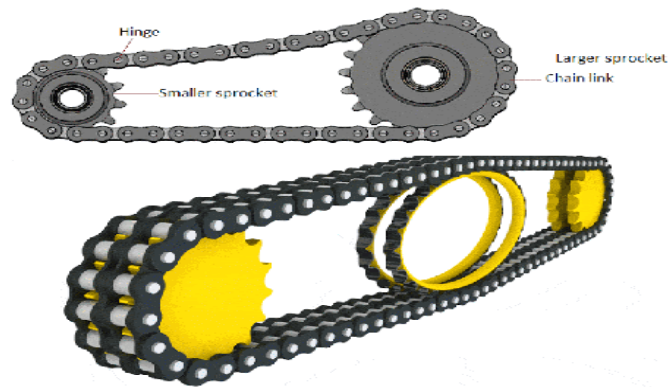
3.4.4.3 Alternativa 3: Cadenas con Piñones

Consiste en un conjunto formado por dos ruedas dentadas y una cadena en donde su función es la de transmitir movimiento entre dos puntos. Básicamente se transmite el empuje de los rodillos de la cadena sobre los dientes de la rueda dentada. Son una buena

¹⁰ LANDÍN Pedro Sistemas de transmisión de poleas con correa [en línea] 2011 Pelandintecno-Tecnología ESO. Disponible en: <http://pelandintecno.blogspot.com/2011/04/viadeos-transmision-por-cadena.html>

opción cuando la distancia entre las ruedas dentadas es demasiado pequeña para usar correas y muy largas para la aplicación de engranajes¹¹.

Figura 16. Transmisión con cadenas y piñones



Fuente: STUDENT LESSON Chain drive definition applications components types working [en línea] disponible en: <https://studentlesson.com/chain-drive-definition-applications-components-types-working/>

¹¹ ODETTO A.R. Cadenas de transmisión
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3_ano/mecanica_electrica/CADENAS_DE_TRANSMISION.pdf

MATRIZ DE PUGH

Cuadro 8. Matriz pugh selección de transmisión de potencia

ALTERNATIVA CRITERIO	TRANSMISIÓN DE POTENCIA		
	ENGRANAJES	POLEA CON CORREA	CADENA CON PIÑÓN
¿Produce vibraciones?	-1	1	-1
Eficiencia	1	0	1
Adaptabilidad al espacio disponible en la máquina	1	-1	0
Perdidas de potencia por fricción	1	-1	1
Capacidades mecánicas (Velocidad, Flexibilidad)	1	0	1
Características geométricas (Ejes, diámetros y longitud de separación)	-1	0	1
agentes que puedan contaminar los alimentos)	1	1	-1
Diseño (Estética de la máquina)	1	0	0
Mantenimiento	0	1	0
Precio en el mercado	1	0	-1
¿Es necesaria su Fabricación?	0	0	0
¿Se consigue fácilmente en el mercado?	1	1	1
¿Fácil instalación ?	1	0	0
Seguridad del sistema de transmisión	1	0	0
POSITIVO	10	4	5
NORMAL	2	8	6
NEGATIVO	-2	-2	-3
NETO (+-)	8	2	2
SELECCIÓN FINAL	Si	No	No

3.5 VALORACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se utilizó la matriz de calidad (QFD) la cual permitió identificar los criterios de diseño más relevantes para tenerlos presentes durante el proceso de selección de las alternativas de los diferentes subsistemas que componen la máquina dosificadora. por otra parte, se desarrolló la matriz de PUGH lo que permitió cuantificar la viabilidad de alternativas disponibles y tomar la mejor decisión en cuanto a los elementos que se utilizaran durante la construcción del dosificador de pastosos.

el factor más influyente en la selección de la alternativa ganadora en todos los subsistemas fue el criterio de costo, para poder optimizar y reducir gastos en el diseño y fabricación, lo cual conlleva a que el equipo diseñado y construido sea de bajo costo. de

igual manera se espera que dicho equipo sea en lo posible económico para atraer e interesar a más clientes.

3.5.1 Definición de la alternativa ganadora. Basándose en los resultados obtenidos anteriormente, se especifican los principales componentes que conformarán el diseño y construcción de la máquina dosificadora de pastosos los cuales son; para el subsistema de dosificación la alternativa ganadora fue implementar un actuador lineal eléctrico, en el subsistema de control eléctrico se decidió optar por el control eléctrico con dos interruptores y una parada de emergencia, lo cual permite manejar toda la máquina.

Por otra parte, para el subsistema de almacenamiento se eligió realizar el diseño con una tolva cónica ya que es la que mejor se adapta a los requerimientos de la máquina. por último, en el subsistema de transmisión de potencia para la banda transportadora la solución más viable según la matriz de pugh es la de utilizar un sistema de engranajes el cual permitirá reducir la velocidad de entrada en el eje del motor eléctrico y entregar una más adecuada al eje del rodillo de la banda transportadora.

3.6 MODELACIÓN CAD DE LA MÁQUINA

El modelado CAD permite realizar ilustraciones gráficas en 2D y 3D. Como una alternativa de diseños manuales, este tipo de herramientas es ampliamente utilizado en la ingeniería para diseños conceptuales y análisis de ensambles.

El CAD posibilita a los ingenieros elaborar de manera interactiva los diferentes diseños con el objetivo de reducir en lo posible la cantidad mínima de prototipos físicos.

Figura 17. Modelado CAD de la máquina dosificadora

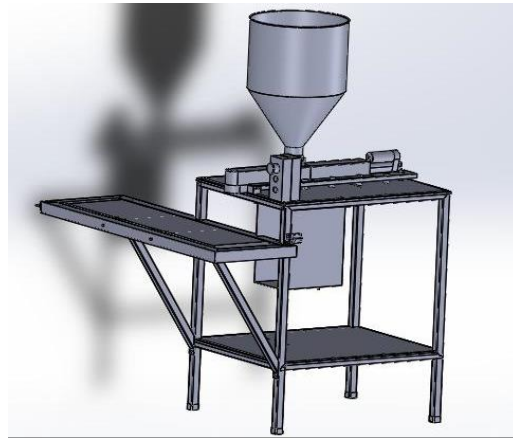
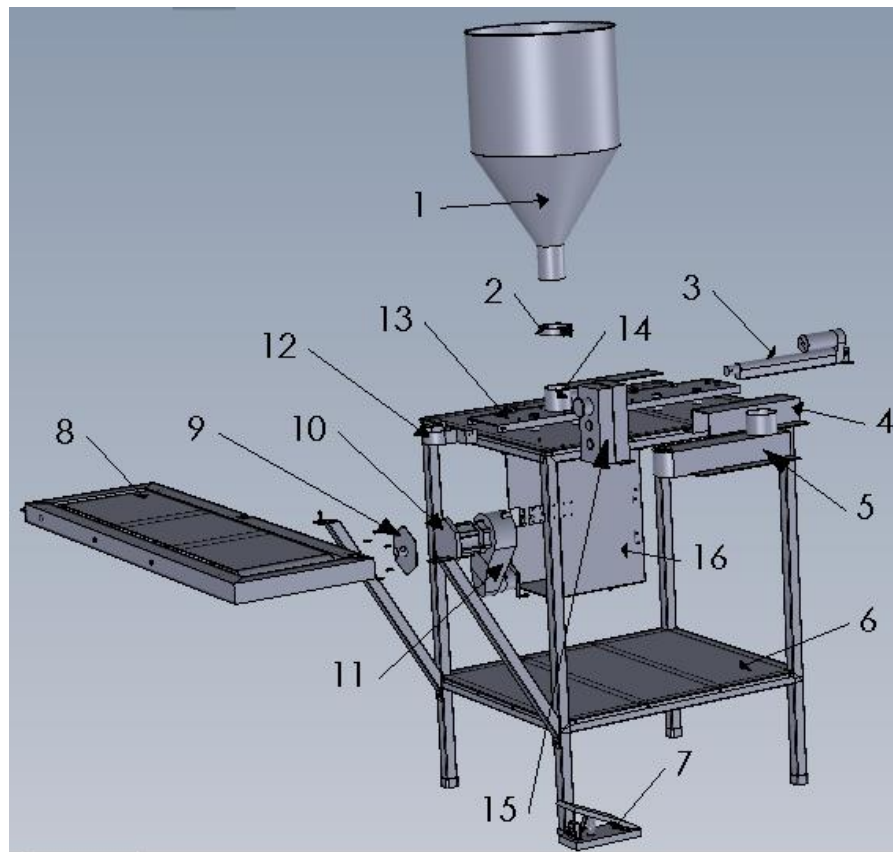


Figura 18. Modelado CAD de componentes máquina dosificadora



A continuación, explicaremos las partes señaladas con números de la máquina dosificadora (figura 39)

Cuadro 9. Componentes de la máquina dosificadora

Tabla explicativa	
1	Tolva
2	Abrazadera
3	Actuador
4	Protector del actuador
5	Guía del dosificador
6	Bastidor
7	Pedal
8	Banda transportadora
9	Placa transmisora del motor a la banda
10	Encaje de la placa con el motor
11	Motor para la banda
12	Protección salida de masa
13	Elevador
14	Vaso dosificador
15	Caja control eléctrico
16	Caja protectora del motor de banda

3.7 SELECCIÓN DE MATERIAL AVALADO POR INVIMA

Considerando las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) descritas por el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA). en la cual referencia los diferentes requerimientos de higiene e inocuidad en los procesos de fabricación de alimentos, infiere en el decreto 3075 de 1997, capítulo II, Artículo 11, se describe las condiciones específicas de los equipos y utensilios y los deben cumplir con ciertas características.

De igual manera para la selección de los materiales que se utilizan en la máquina se tuvo como referencia la resolución 4142 del 2012 en la cual se mencionan las materias primas autorizadas para el caso puntual de metales que pueden entrar en contacto con los

alimentos, basado en el artículo 7, ítem 10 de la resolución anteriormente enunciada se que son avalados los aceros y sus aleaciones inoxidables.

Por lo anterior se decide como solución en la parte de selección del material, utilizado acero inoxidable AISI 316 para los componentes que entran directamente en contacto con el alimento y para los componentes alrededor se utilizará un acero inoxidable AISI 430¹².

3.8 CARACTERIZACIÓN DE MASA A BASE DE MAÍZ

Actualmente existen muchos productos derivados del maíz en los cuales su proceso y transformación pueden variar en cada uno de los casos debido a las diferentes combinaciones o mezclas que se realizan con otros productos.

Específicamente el material para el cual se diseña la máquina dosificadora, se basa en una mezcla realizada por el fabricante el cual contiene en una mayor cantidad de masa de maíz blando, por lo cual se hace necesario determinar algunas características de esta materia prima como la viscosidad y densidad para efectos de diseño.

Este tipo de material se procesa a temperatura ambiente con adición de agua y azúcar en una menor cantidad por lo cual hace variar las características de la masa de maíz.

3.8.1 Determinación de la densidad. La densidad de un material se relaciona con la masa del cuerpo y el volumen que ocupa en el espacio, La densidad de un objeto está definida por una fórmula en la cual se divide la masa entre el volumen que este ocupa.

¹² COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 3075 de 1997. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%203075%20DE%201997.pdf

Para el proyecto se hace imprescindible determinar este factor para diseñar de una manera óptima el recipiente volumétrico necesario en el sistema de dosificación por esto se realizan varias pruebas experimentales a la materia prima para poder conocer su densidad promedio.

Estas pruebas y tomas de datos se realizaron con la materia prima fresca a temperatura ambiente, debido a que este producto en esta etapa de producción no se almacena ni sufre otro cambio físico químico de consideración¹³.

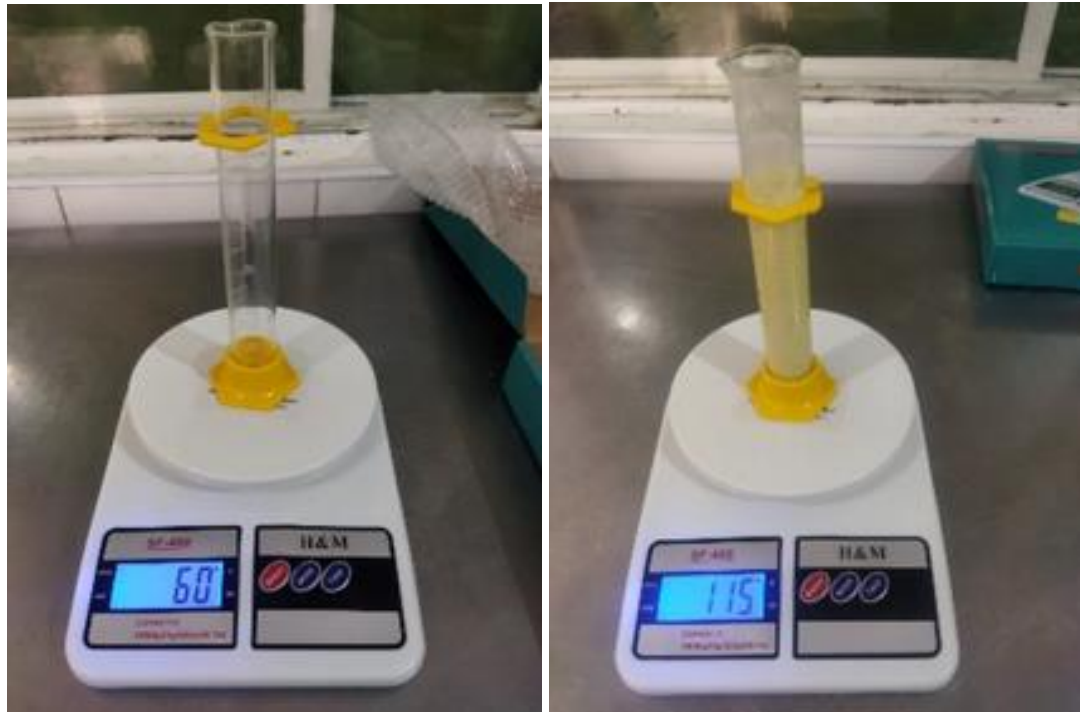
Cuadro 10. Determinación de la densidad

DATOS		
Muestra	Peso (gr)	Peso neto (gr)
1	115	55
2	116	56
3	115	55
4	115	55
5	115	55
6	115	55
7	115	55
8	114	54
9	115	55
10	115	55
11	115	55
12	116	56
13	115	55
14	116	56
15	115	55
16	115	55
17	115	55
18	115	55
19	115	55
20	115	55
Total peso de la muestra		1102

¹³ GCF GLOBAL Masa y densidad de un cuerpo [en línea] disponible en: <https://edu.gcfglobal.org/es/temas-basicos/masa-y-densidad-de-un-cuerpo/1/#>

Volumen de la probeta cm ³	50	Peso de la probeta (gr)	60	Peso promedio de la muestra (gr)	55,1
DENSIDAD	$\rho =$	$\frac{Masa}{Volumen}$	1,1	$\frac{gr}{cm^3}$	

Figura 19. Pruebas experimental cálculo de la densidad



3.8.2 Determinación del peso del producto. En el proceso de producción no se cuenta con algún sistema de dosificación o control de peso de cada unidad producida por esto no se optimiza la materia prima, tampoco se tiene un control de las unidades que se pueden fabricar con cierta cantidad de materia prima.

Entonces en busca de una solución a esta problemática y con énfasis en la optimización de la materia prima utilizada en este proceso, se realiza un muestreo de las unidades fabricadas con el método actual de la empresa el cual es de manera artesanal y las cantidades son dosificadas a criterio del operario.

Cuadro 11. Determinación del peso por unidad producida manualmente

Caracterización del peso óptimo de masa			
# Muestra	Peso total (gr)	peso hoja (gr)	peso masa (gr)
1	127	16	111
2	143	28	115
3	130	21	109
4	149	34	115
5	142	27	115
6	139	20	119
7	140	26	114
8	144	22	122
9	136	18	118
10	134	21	113
11	144	23	121
12	146	35	111
13	141	25	116
14	156	36	120
15	141	28	113
16	152	36	116
17	138	28	110
18	142	27	115
19	137	22	115
20	131	16	115
Promedio			115,15

Figura 20. Peso por unidad dosificada manualmente



Identificada la problemática de la variación de peso en la cantidad dosificada artesanalmente realizada por un operario con suficiente experiencia, se consideró tomar

la decisión que para la elaboración del producto es conveniente fabricar todas las unidades con un peso promedio de 112 ± 2 gr.

3.8.3 Clasificación de la materia prima. Con el objetivo de determinar la viscosidad de la masa a base de maíz, se realizaron pruebas experimentales con un viscosímetro por caída de bola basado en la ley de Stokes. en la cual se evidencio que el fluido presenta una gran viscosidad impidiendo realizar satisfactoriamente este laboratorio.

Por lo anterior se clasifica el fluido como no Newtoniano caracterizado como Pseudoplastico, ya que su viscosidad cambia con la temperatura y la tensión cortante. como resultado no posee un valor preciso y constante.

Algunos ejemplos de fluidos pseudoplásticos son: ketchup, mostaza, algunas pinturas y suspensiones acuosas de arcilla¹⁴.

¹⁴ UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL FRANCISCO DE MIRANDA Reología. Área de Tecnología Complejo Docente “El Sabino” Programa Ingeniería Química Cátedra: Fenómeno de Transporte [en línea] disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://marcanord.files.wordpress.com/2012/11/reologc3ada-1.pdf&ved=2ahUKEwiRh_HAwfb9AhUzSjABHcO5Dy04KBAWegQICxAB&usg=AOvVaw1PG0uHpJmpQae9vi_r-qke

4. DISEÑO DE DETALLE

4.1 CÁLCULOS DE DISEÑO PARA COMPONENTES DEL PROTOTIPO

4.1.1 Velocidad de operación. Se determinó el factor de velocidad adecuada para el funcionamiento de la máquina dosificadora teniendo en cuenta la etapa del proceso de fabricación en el que será utilizada, este factor se resolvió teniendo presente el tiempo que utiliza un operario con experiencia realizando la actividad de manera manual. Cabe resaltar que también la máquina dosificadora está principalmente diseñada para que pueda ser utilizada por un operador sin experiencia en el tema.

por lo anterior la velocidad de operación del prototipo está estrechamente relacionado con la velocidad y tiempo que utiliza para desarrollar la actividad el personal actual de la empresa.

Identificada la necesidad se procedió a tomar y tabular el tiempo que se utiliza en desarrollar esta etapa de la producción.

Cuadro 12. Determinación de la velocidad de funcionamiento.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN	
Prueba	Tiempo (Seg)
1	15
2	16
3	15
4	14
5	15
6	15
7	14
8	14
9	15
10	16
11	16
12	16
13	16
14	15
15	15
16	15
17	14
18	15
19	15
20	15
Promedio	15,05

4.1.2 Diseño de la tolva de alimentación. En el presente trabajo, el producto con el que se va a trabajar es la masa proveniente del maíz tierno, la misma no presenta resistencia debido a su característica pastosa, por ende, los esfuerzos a los cuales va a estar sometida la tolva de alimentación son mínimos.

4.1.3 Selección del material. Para la selección del material adecuado se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones.

El acero inoxidable es indispensable en la fabricación de implementos para la industria alimenticia, hospitalaria, electrodoméstica, entre otras. Ya que no se pica, no se corroe,

ni se oxida, ni tampoco reacciona con ningún alimento y no los decolora ni produce malos olores.

Por las razones citadas, se selecciona como material de construcción para la tolva un acero inoxidable semi brillante de referencia 430.

4.1.4 Requerimientos funcionales de la tolva. Los requerimientos funcionales de la dosificadora establecen que se debe dosificar la cantidad exacta por cada 15 ± 2 segundos para lo cual se debe disponer de un volumen de masa de maíz tierno de $101,3 \text{ cm}^3$, para un peso de 112 ± 2 (gr) y una densidad de $1,1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$.

4.1.5 Dimensiones de la Tolva. Conociendo la cantidad de materia prima que se requiere procesar, se calcula las dimensiones adecuadas para solucionar este requerimiento, por lo anterior se obtiene el volumen necesario de la tolva, donde:

$$v_{TOTAL} = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

Donde

Vtotal = Volumen total de la tolva

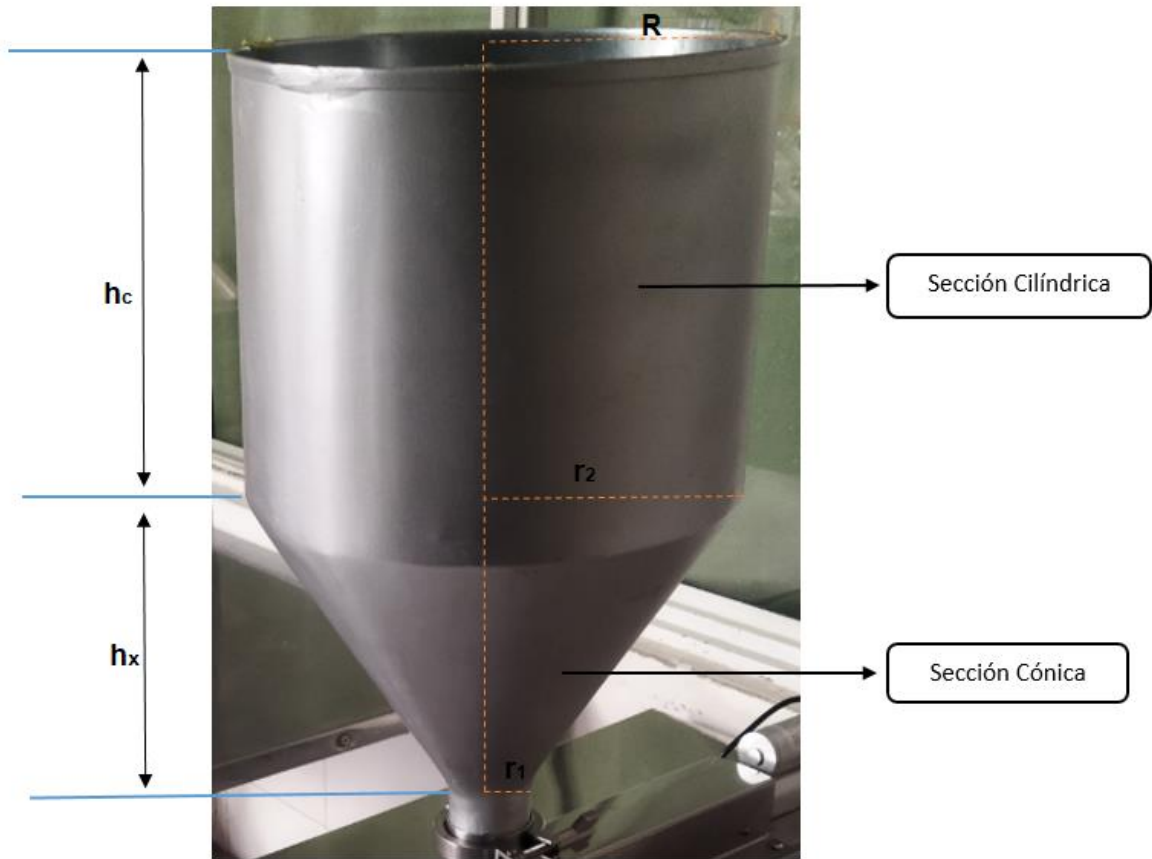
m = Masa del alimento a dosificar (masa de maíz tierno), 25 [kg]

ρ = Densidad del alimento, $1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$v_{TOTAL} = 0.02272 \text{ [m}^3\text{]} = 22727.2 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Conociendo el valor del volumen mínimo requerido que será necesario y teniendo presente que el diseño de la tolva seleccionada es de geometría cónica, se procede realizar los cálculos para la distribución de los volúmenes ya que las tolvas cónicas se caracterizan por estar compuesta de dos secciones, en donde su parte superior es de geometría cilíndrica y la parte inferior es en forma de cónica.

Figura 21. Dimensiones de la tolva



4.1.5.1 Cálculos de las dimensiones.

Como la tolva de almacenamiento se conforma de dos figuras geométricas y el objetivo es que pueda almacenar mínimo 25 kg de materia prima, determinando el volumen podemos al mismo tiempo conocer las dimensiones que satisfacen el criterio anterior, se define la fórmula para el Volumen de la tolva como:

$$V_{total} = V_{cilindro} + V_x \quad (2)$$

Donde

Vtotal = Volumen total de la tolva

VCilindro = Volumen sección cilíndrica

Vx = Volumen sección cónica

4.1.5.2 Cálculo dimensiones del cilindro.

Se resuelven los siguientes cálculos para la primera parte de la tolva, que en este caso es cilíndrica por lo cual se determina el volumen para dicha figura.

$$V_{cilindro} = \pi * (R)^2 * hc \quad (3)$$

Donde

VCilindro = Volumen sección cilíndrica

R = Radio sección cilíndrica

hc = Altura sección cilíndrica

$$V_{cilindro} = \pi * (15 \text{ cm})^2 * 25 \text{ cm}$$

$$V_{cilindro} = 5625 * \pi [\text{cm}]^3$$

Para comprobar la capacidad en kilogramos se procede a convertir centímetros cúbicos a kilogramos con la siguiente fórmula.

$$\text{Gramos} = \text{Centímetros cúbicos} * \text{Densidad del material} \quad (4)$$

$$\text{Gramos} = 5625 * \pi [\text{cm}^3] * 1.1 \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right]$$

$$\text{Gramos} = 19438.60454 [\text{gr}]$$

$$\text{Kilogramo} = 19438.60454 [\text{gr}] * \frac{1 \text{ Kg}}{1000[\text{gr}]}$$

$$\text{Kilogramo} = 19.44 [\text{Kg}]$$

4.1.5.3 Cálculo dimensiones de un Cono truncado.

La segunda sección de la tolva para este diseño de tolva, se definió la parte baja por lo cual se utiliza la fórmula (5) para encontrar el volumen de un cono truncado y a la vez desarrollando este problema se pueden conocer las dimensiones tentativas que pueden conformar esta parte de la tolva.

$$Vx = \frac{\pi * [(r2)^2 + (r1)^2 + r2 * r1] * hx}{3} \quad (5)$$

Donde

Vx = Volumen sección cónica

r2 = Radio superior del cono

r1 = Radio inferior del cono

hx = Altura del cono

$$Vx = \frac{\pi * [(15 \text{ cm})^2 + (2.54 \text{ cm})^2 + 15 \text{ cm} * 2.54 \text{ cm}] * (20 \text{ cm})}{3}$$

$$Vx = 5645.48 [\text{cm}^3]$$

Para comprobar la capacidad en kilogramos se procede a convertir centímetros cúbicos a kilogramos con la siguiente fórmula.

$$\text{Gramos} = \text{Centímetros cúbicos} * \text{Densidad del material} \quad (6)$$

$$\text{Gramos} = 5645.48 [\text{cm}^3] * 1.1 \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right]$$

$$\text{Gramos} = 6210 [\text{gr}]$$

$$\text{Kilogramo} = 6210 [\text{gr}] * \frac{1 \text{ Kg}}{1000[\text{gr}]}$$

$$\text{Kilogramo} = 6.21 [\text{Kg}]$$

4.1.5.4 Volumen total de la tolva.

Volviendo a utilizar la primera fórmula **(1)** y sustituyendo los valores conocidos se obtiene:

$$\begin{aligned}V_{total} &= V_{cilindro} + V_x \\V_{total} &= (17671.5 + 5645.48) [cm^3] \\V_{total} &= 23316.98 [cm^3]\end{aligned}$$

Por otra parte, se verificó que las medidas determinadas para la construcción de las diferentes secciones de la tolva cumplen con el requerimiento que permita almacenar 25 kg.

Capacidad total de almacenamiento

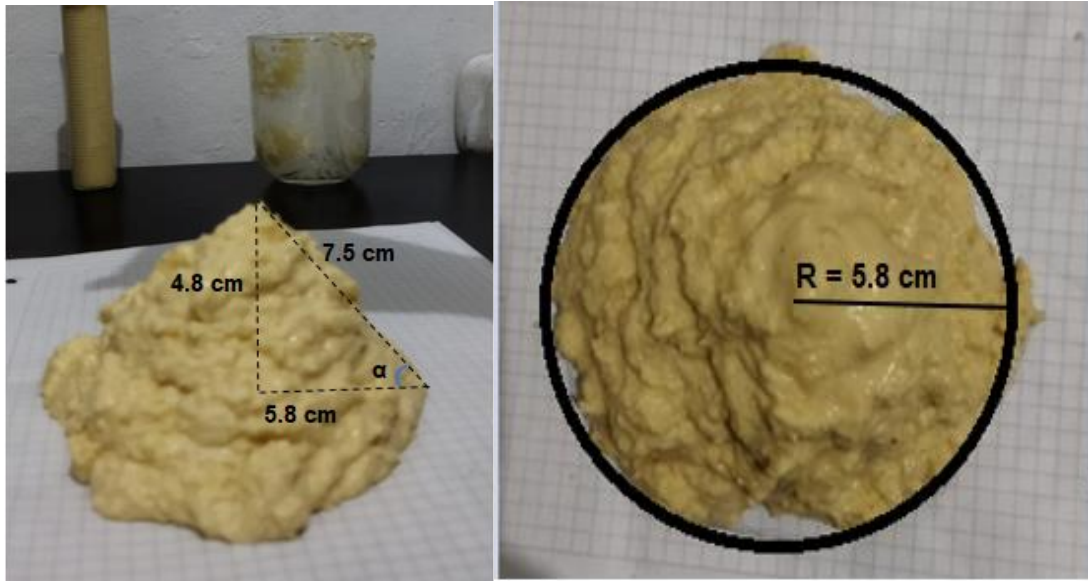
$$Cap = Kilogramos\ cilindro + Kilogramo\ cono\ truncado \quad (7)$$

$$\begin{aligned}Cap &= (19.44 + 6.21) [Kg] \\Cap &= 25.65 [Kg]\end{aligned}$$

4.1.6 Determinación de la inclinación de caída de la tolva. Un factor de importancia en el diseño de la tolva, es garantizar un óptimo flujo del material dentro de esta. por lo cual para solucionar esta incógnita se determina el ángulo de reposo sumándole 15 grados, que aproximadamente son los necesarios para obtener una fluidez del material.

Experimentalmente se determina el ángulo de reposo para la masa a base de maíz, ya que sus cualidades permiten que se comporte como un semisólido.

Figura 22. Determinación del ángulo de reposo



Entonces se determina el ángulo de reposo

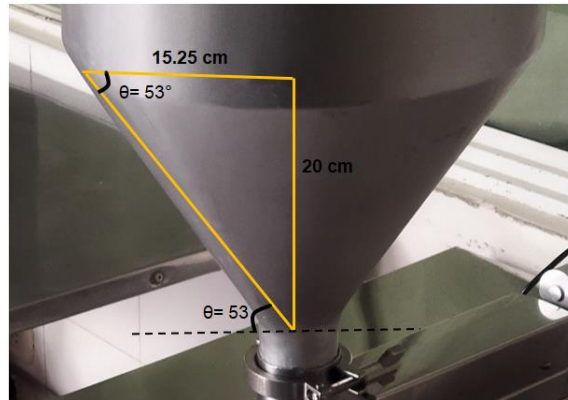
$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{4.8}{5.8}\right)$$
$$\alpha = 39^\circ$$

Se determina el ángulo de la tolva con la siguiente fórmula.

$$\text{Ángulo de inclinación} = \alpha + 15^\circ \quad (8)$$

$$\alpha = 39^\circ + 15^\circ$$
$$\alpha = 54^\circ$$

Figura 23. Ángulo de inclinación de la tolva

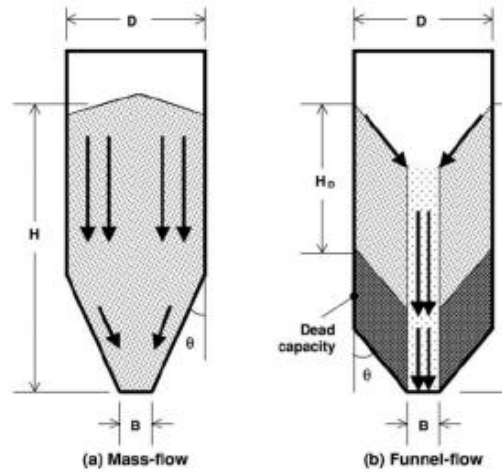


4.1.7 Determinación del flujo de la Tolva. La descarga de material se comporta dentro de la tolva como un flujo másico, este tipo de flujo se distingue porque todo el material se mueve a la vez. Desde el principio de la descarga muy pocas partículas del material permanecen en su posición inicial.

El caudal y la densidad del material durante el vaciado, varían mucho menos que en el caso de un flujo tubular. Por otra parte este tipo el flujo másico presenta una reducción en los inconvenientes asociados a la segregación, los cuales pueden aparecer durante la carga de la tolva¹⁵.

¹⁵ AMORÓS J.L., MALLOL G., SÁNCHEZ E., GARCÍA J. Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. problemas asociados a la operación de descarga. Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) [en línea] disponible en: <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0013041s.pdf>

Figura 24. Tipos de flujo



Fuente: CRIBA Capítulo 13. Almacenamiento. Silos [en línea] disponible en: <http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo13.pdf>

4.1.7.1 Cálculo del flujo másico de la tolva.

Para determinar el flujo másico que se genera en la tolva se utilizan las medidas geométricas y la ecuación de Johanson para flujo másico.

$$\dot{m} = \rho^{\circ} * A * \sqrt{\frac{B * g}{2(1 + m) * \text{Tan}(\theta)}} \quad (9)$$

Donde

θ = Ángulo de la tolva

\dot{m} = Tasa de descarga (kg/s)

ρ° = Densidad del material (kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad(m/s²)

Parámetro	Tolva Cónica	Tolva Rectangular
B	D, Diámetro de salida (m)	W
A	$\frac{\pi}{4} D^2$	WL
m	1	0

Resolviendo

$$\dot{m} = \left(1100 \frac{kg}{m^3}\right) * \frac{\pi}{4} (0.055m)^2 * \sqrt{\frac{(0.055m) * (9.81 \frac{m}{s^2})}{2(1+1) * \tan(54)}}$$

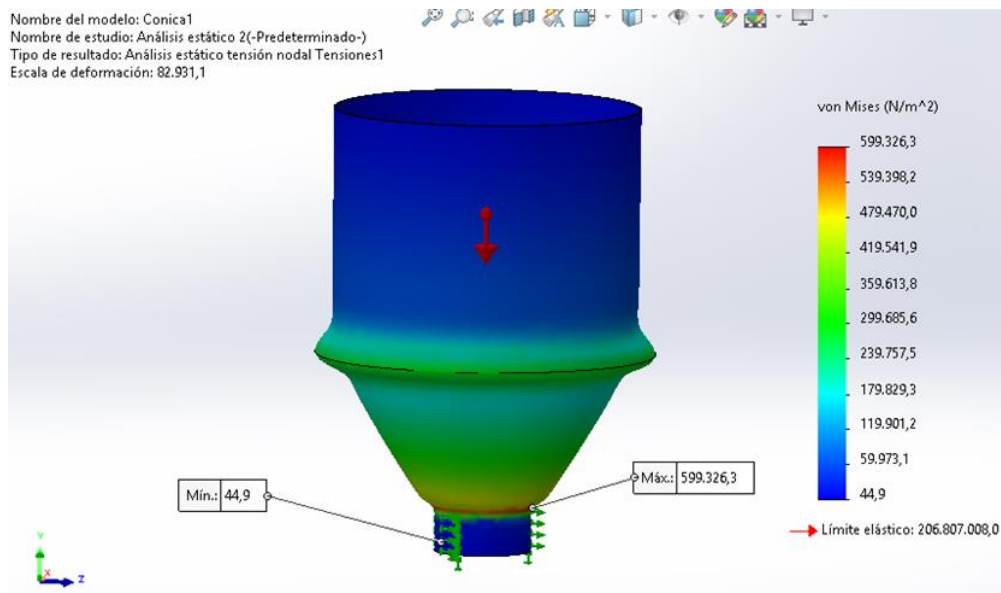
$$\dot{m} = 0.8181 \frac{kg}{s} * \frac{1000gr}{1kg}$$

$$\dot{m} = 818.1 \frac{gr}{s}$$

4.1.8 Análisis estático de la tolva

4.1.8.1 Tensiones Von mises

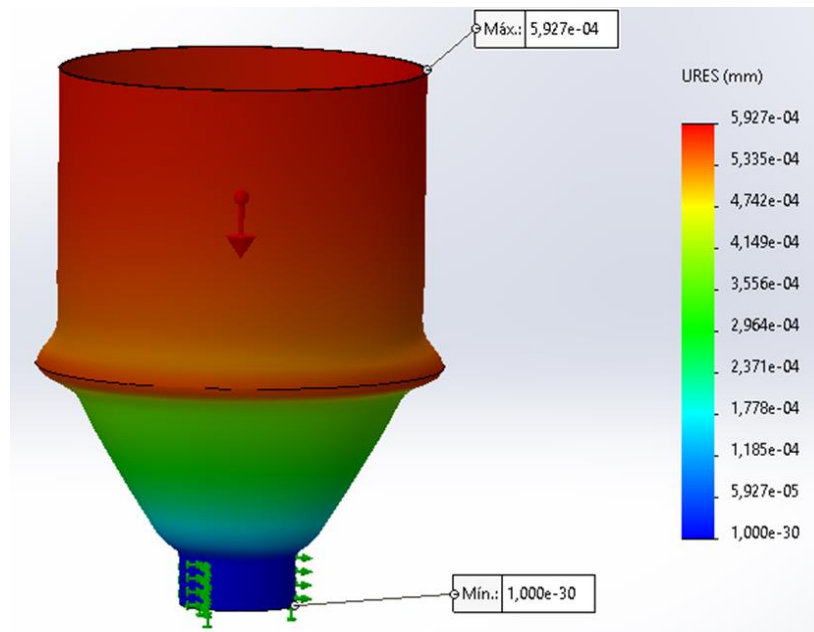
Figura 25. Análisis de Tensiones Von mises - Tolva



Por medio del software Solidworks se realiza un análisis de tensiones y deformaciones considerando las características del sólido en estudio, dicho programa revela el límite elástico y la zona donde se localiza, de esto se concluye que pasándose de ese valor el material se irá deformando, en este caso si sobrepasa los 206,807 MPa. También se determina la distribución de las fuerzas internas que actúan, gracias a la teoría de Von Mises, siendo un máximo de 599,326 MPa y un mínimo de 44,9 MPa, los colores que se pueden observar van de un color azul que sería el menos cargado y cambiando su escala hasta un color rojo que sería el máximo, se ubica en la zona que por su geometría el área aumenta o disminuye, tensionándose una más que otra, generando así las deformaciones si sobrepasa el límite ya mencionado.

4.1.8.2 Desplazamiento

Figura 26. Análisis de Desplazamiento - Tolva

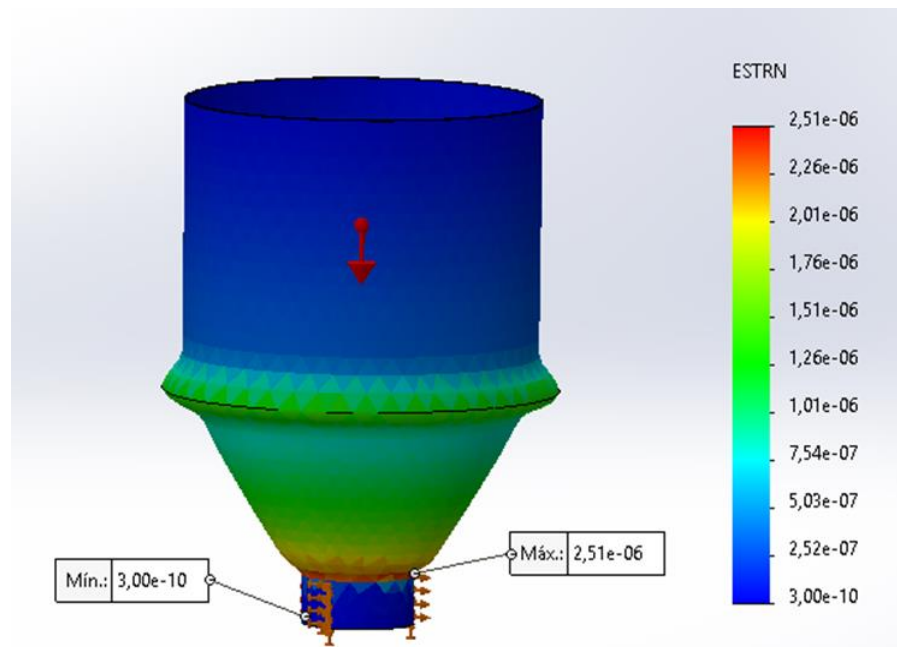


Los desplazamientos también están representados por una gráfica y una escala de color, allí se evidencia dónde habrá desplazamientos y su valor respectivo, las medidas están dadas en milímetros, el área de color rojo es la que presenta más desplazamiento teniendo como máximo 5.927mm, el color azul por ser el área donde se sujeta la tolva

presenta el valor mínimo (1.000mm), los valores de máximo y mínimo que proporciona el software son muy difíciles de ver a simple vista debido al material y dimensiones de la tolva, el área de sujeción es el pivote de movimiento, desde allí el color va sufriendo transformaciones así como su medida, dando a entender que partes tienen comportamiento estático y dinámico.

4.1.8.3 Deformaciones Unitarias

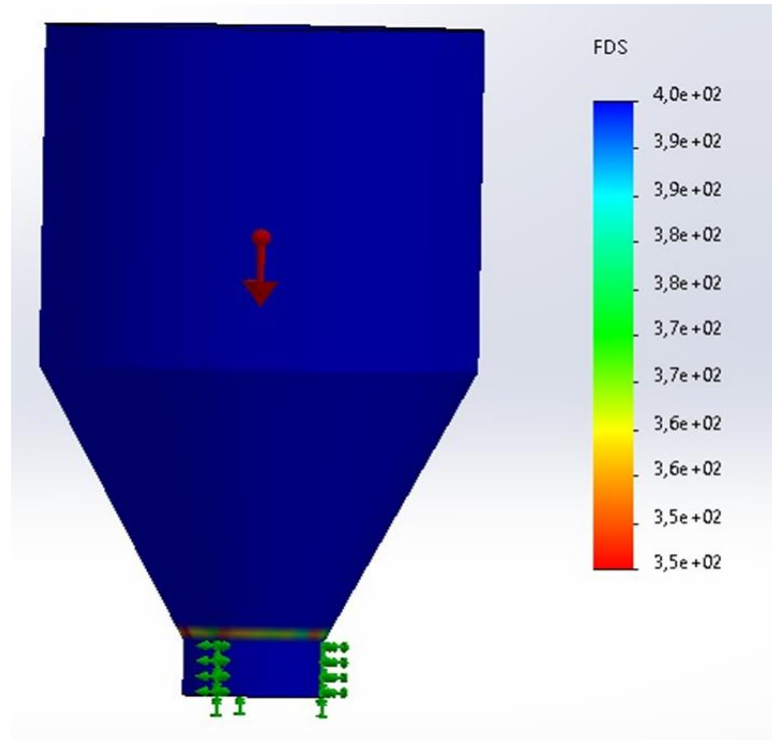
Figura 27. Análisis de Deformaciones unitarias - Tolva



Las tensiones se concentran en las zonas de menor área y cambio de sección, por consiguiente, los resultados del análisis de las deformaciones son muy similares, por medio del factor tensión y deformación unitaria (ESTRN). Se evidencia que parte de la tolva sufrirá la máxima y mínima deformación, el mayado que tiene el gráfico y los colores proporcionan la información más detallada, el color rojo es la deformación máxima (2,51) y el azul la de menor deformación (3,00), la escala de colores y su variación demuestra junto con su respectivo valor cada detalle de las deformaciones en el sólido.

4.1.8.4 Factor de Seguridad

Figura 28. Factor de seguridad - Tolva

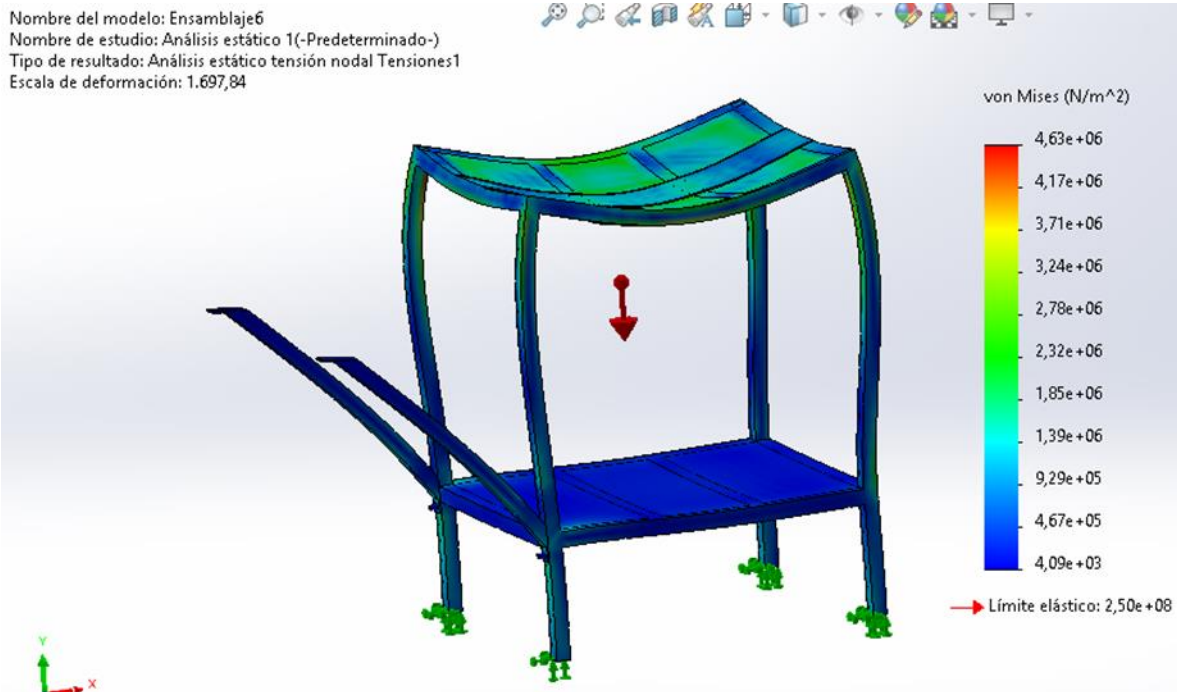


El color rojo al ser un color llamativo nos advierte que algo puede pasar, aquí los valores que estén cerca de esta zona tiene altas probabilidades de falla, por lo contrario el color azul al ser un color menos vistoso indica la seguridad que no hay probabilidad de que falle, así los colores que van cambiando en la escala brindan también que tan segura es cada sección, el valor mínimo de seguridad de dicho diseño es (3,5) muy cercano al rojo, de estas zonas tenemos que estar más pendientes cuando esté en funcionamiento porque si sobrepasa estos valores falla.

4.1.9 Análisis estático del bastidor

4.1.9.1 Tensiones Von mises

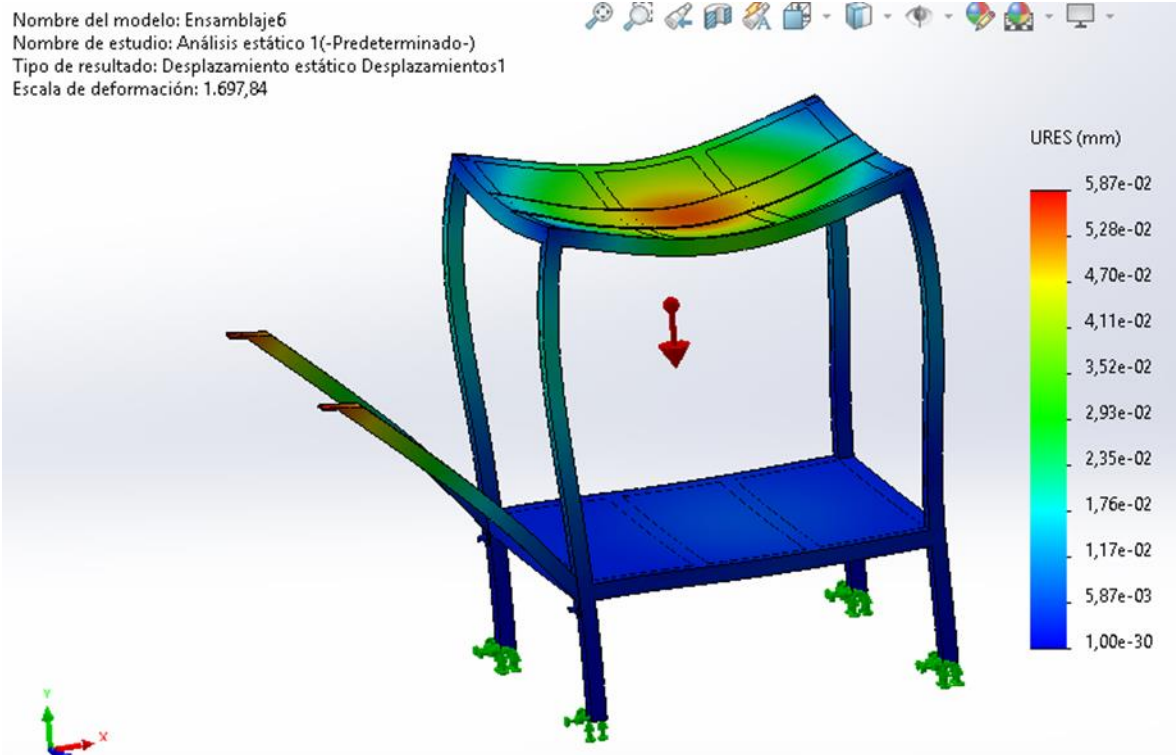
Figura 29. Tensiones Von mises



Por la forma y el lugar de aplicación de la fuerza se observa que las tensiones provocan el pandeo de la estructura, las zonas de colores más vivos como se observa desde el verde quedan más cargadas, desde este tono de color se observa el límite elástico 250 MPa, si se sobrepasa este límite el material no tendrá la capacidad de volver a sus dimensiones originales, el análisis permite entender que la estructura es resistente y no presentara deformaciones permanentes.

4.1.9.2 Desplazamiento

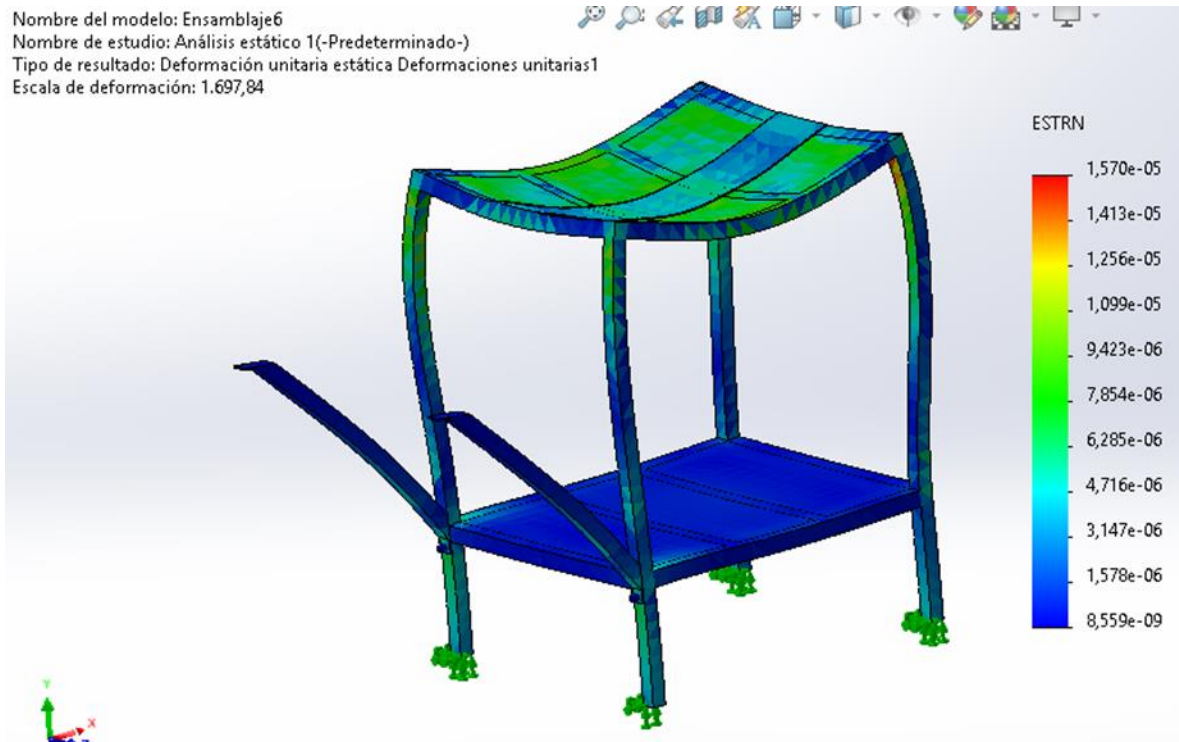
Figura 30. Desplazamiento



Las partes de la estructura que sostienen los subsistemas de dosificación y transporte del material a dosificar que sería la masa del maíz tierno se puede evidenciar de color rojo, la carga en aquellas zonas genera movimientos mientras está en funcionamiento, por ser un material tan resistente los valores son muy pequeños y difíciles de observar, los colores azules son prácticamente un cero, los rojos presentan medidas de centésimas de milímetro muy difíciles de percibir por el ojo humano, por lo cual es necesario utilizar estos software de diseño para saber que partes pueden inducir un movimiento.

4.1.9.3 Deformaciones Unitarias

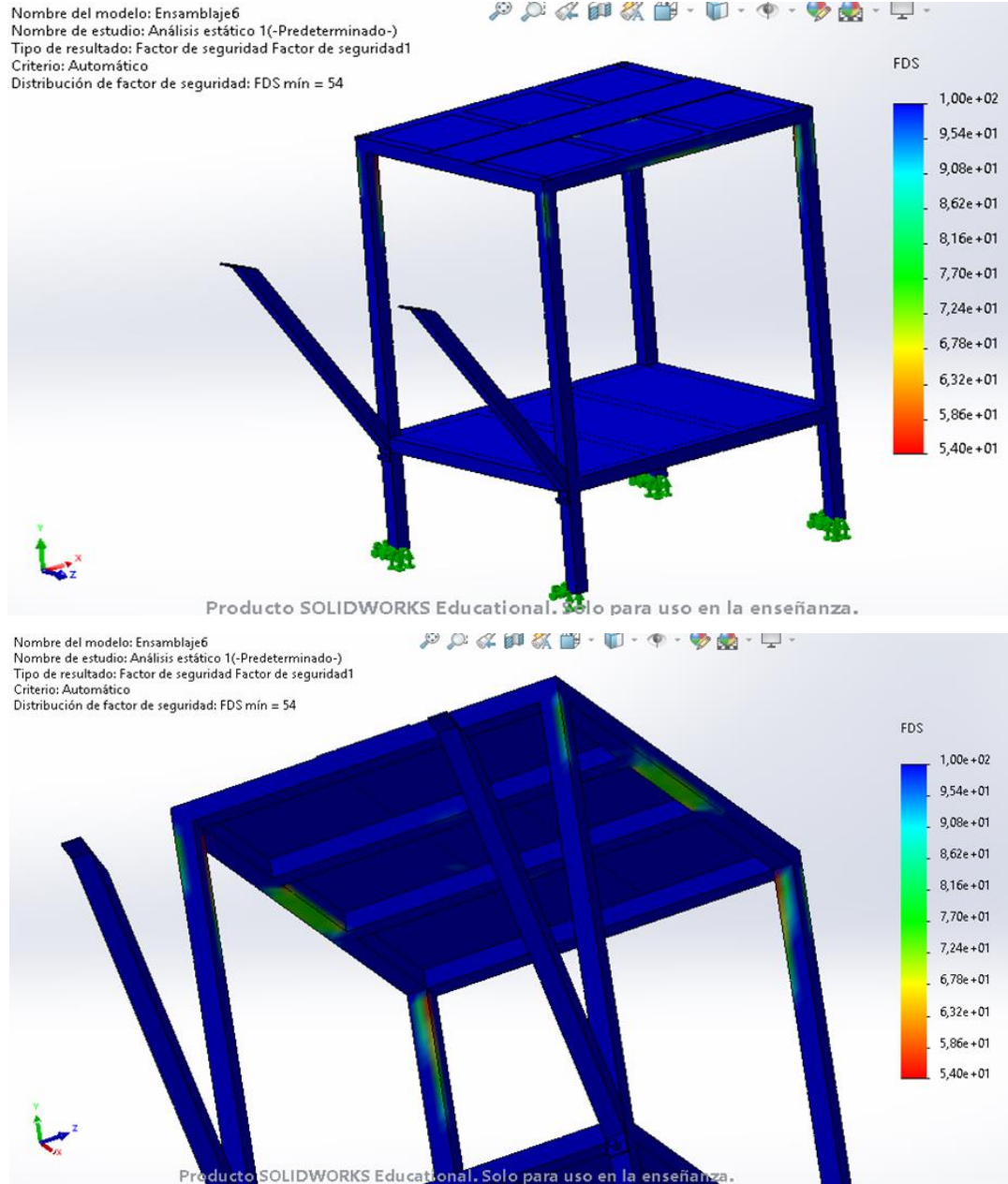
Figura 31. Deformaciones Unitarias



El módulo de elasticidad aproximado del acero inoxidable es de 187,5 y comparando los valores de la escala que muestran los colores, se concluye que los valores son demasiado pequeños por ser el material tan resistente, la ilustración permite hacer un análisis y entender que zonas pueden llegar a presentar deformaciones si la carga en algún momento de su operación supera estos valores, de lo contrario la estructura conservará su forma hasta que haya una fuerza que supere el módulo elástico.

4.1.9.4 Factor de Seguridad

Figura 32. Factor de Seguridad



El color azul en casi toda la estructura revela que es muy segura de operar, no presenta ningún riesgo de colapsar por cargas aplicadas mientras está funcionando, existen algunas zonas que por su diseño puedan concentrar esfuerzos cambiando un poco el valor del factor, no se tiene en cuenta este cambio pues es pequeño y se puede despreciar,

los valores a medida que crece el número indica que la estructura no se fatiga tendiendo a una vida infinita.

4.2 CÁLCULO TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Cálculos de la potencia de los dos motores

Motor eléctrico del actuador lineal.

Cuadro 13. Características motor del actuador lineal

Características eléctricas	
Tipo	TFLA38-200
Tensión	12 v [Dc]
Corriente	1 - 3 A
Frecuencia	20%
Velocidad	900 [mm/s]

$$Potencia1 = V * I \quad (10)$$

$$Potencia1 = 12 (V) * 3 (A)$$

$$Potencia1 = 36 [watts]$$

$$Potencia1 = 36 [w] * \frac{1 hp}{745.7 [W]}$$

$$Potencia1 = 0.0483 [Hp]$$

Motor eléctrico de la banda transportadora.

Cuadro 14. Características del motor eléctrico para la banda transportadora

Características eléctricas	
Tensión	12 v [Dc]
Corriente	1 - 3 A
Rpm	9000

$$\begin{aligned}
 \text{Potencia2} &= 12 \text{ (V)} * 3 \text{ (A)} \\
 \text{Potencia2} &= 36 \text{ [watts]} \\
 \text{Potencia2} &= 36 \text{ [w]} * \frac{1 \text{ hp}}{745.7 \text{ [W]}} \\
 \text{Potencia2} &= 0.0483 \text{ [Hp]}
 \end{aligned}$$

Cálculo de la potencia total utilizada en el funcionamiento de la máquina compacta.

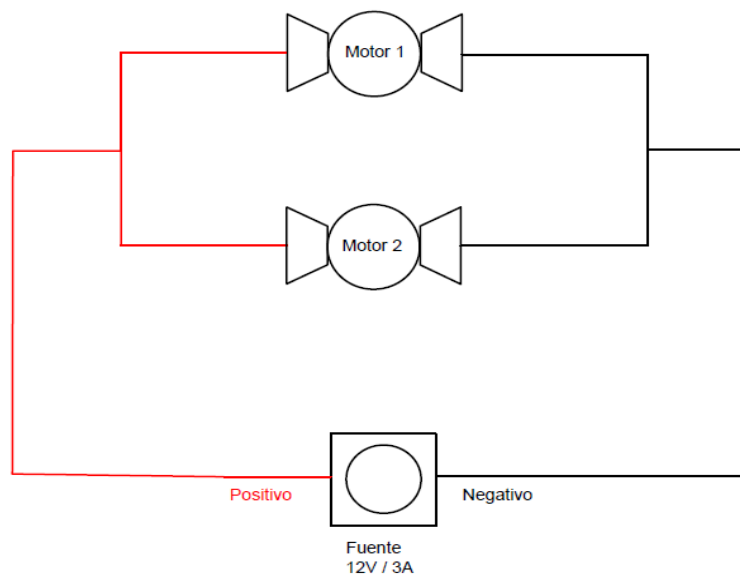
$$P_{total} = \text{Potencia1} + \text{Potencia2} \quad (11)$$

$$P_{total} = (0.0483 + 0.0483) \text{ [Hp]}$$

$$P_{total} = 0.097 \text{ [Hp]}$$

4.2.1 Circuito en paralelo para dos motores. El diseño de los planos eléctricos en donde se representa el circuito seleccionado para que funcionen los dos motores eléctricos utilizados en el prototipo, están conectados para que funcionen en paralelo, alimentados por una fuente eléctrica fija.

Figura 33. Circuito en paralelo con dos motores



4.3 ANÁLISIS COSTO DE CONSUMO ELÉCTRICO

Un factor relevante es el costo de funcionamiento del prototipo, por lo anterior se hace necesario realizar el análisis teniendo en cuenta los siguientes datos:

La máquina dosificadora funciona con una fuente fija de alimentación de 12V y 3A, esto se realiza por medio de un reductor de voltaje el cual ejecuta esta tarea tomando directamente de la red eléctrica de las instalaciones de operación, esta llega a 120V.

El tiempo de operación de la máquina dosificadora, actualmente es de 2 horas al día.

Cuadro 15. Datos de consumo de la máquina

DATOS	
Potencia	330 [watt]
Tiempo de operación	2 [h]
Precio de energía en Sogamoso	\$ 720 [kwh]

Para el cálculo de la energía que es utilizada se resuelve la siguiente fórmula.

$$\epsilon = Potencia * Tiempo \quad (12)$$

$$\epsilon = 330 [watt] * \frac{1 [kw]}{1000 [watt]} * 2 [h]$$

$$\epsilon = 0.66 [kwh]$$

Ahora se debe determinar el costo de funcionamiento para 1 jornada de trabajo y luego el total de costo para un mes.

$$Consumo = \frac{0.66 [kwh] * \$ 720}{1 [kwh]}$$

$$Consumo = \$ 475.2 \text{ por jornada de 2 horas.}$$

$$Consumo = \$ 475.2 * 30 \text{ días}$$

$$Consumo = \$ 14.256 \text{ Costo al mes.}$$

4.4 CÁLCULO DEL MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Este es un componente primordial para el funcionamiento de la banda transportadora, debido a que es el dispositivo encargado de convertir la energía eléctrica en mecánica para posteriormente ser aprovechada por medio de un rodillo de eje fijo el cual a su vez transmite la energía giratoria a la cinta transportadora por medio de la fuerza de fricción.

4.4.1 Selección del motor eléctrico

Para realizar la selección de este elemento es necesario tener como referencia que la banda transportadora para este proceso de producción, requiere de bajas revoluciones por minuto (RPM).

Cotizando en el mercado se encuentran diferentes opciones con diferentes características, al igual que el precio varío entre estos. A consideración del diseñador teniendo en cuenta la distancia disponible para la cinta transportadora y la velocidad de producción se opta por seleccionar el primer criterio que es el de la velocidad transmitida al rodamiento de eje fijo, para que la cinta transportadora tenga una distancia en un tiempo determinado y sea adecuado al proceso donde se adapta. El anterior criterio mencionado debe ser como mínimo más rápido que el tiempo que gasta un operario en desarrollar la dosificación de una unidad lo cual ronda entre 10 a 15 segundos.

Para darle solución a este requerimiento se utiliza un motor de 12 voltios - 2 Amperios con 9000 RPM el cual entrega en el eje de salida, Este motor tiene adaptado una caja reductora de velocidad por medio de engranajes, la cual reduce la velocidad y la entrega a la banda transportadora a 90 RPM.

Figura 34. Motor eléctrico para la banda transportadora



Fuente: MERCADO LIBRE Motor eléctrico para la banda transportadora [en línea] disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-824209353-2pcs-rs550-12v-23000rpm-motor-electrico-para-ninos-_JM

4.4.2 Cálculo de la velocidad del motor eléctrico

Cuadro 16. Cálculo de la velocidad del motor eléctrico

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR	
Voltaje de alimentación	12 [V] DC
Corriente	3 [A]
Revoluciones Por Minutos	9000 [rpm]

Cuadro 17. Características de la caja de engranajes

CARACTERÍSTICAS DE LA CAJA DE ENGRANAJES	
Velocidad de salida	90 [rpm]
Velocidad de entrada	9000 [rpm]
Piñón motor (conductor)	Z1 - 10 (dientes)
Rueda (Conducida)	Z2 - 66 (dientes)
Piñón (conductor)	Z3 - 12 (dientes)
Rueda (conducida)	Z4 - 52 (dientes)
Piñón (conductor)	Z5 - 12 (dientes)
Rueda de engranaje de arrastre (conducida)	Z6 - 42 (dientes)

Para calcular la relación de transmisión de la caja de engranajes se procede a utilizar la siguiente fórmula, donde la relación se calcula dividiendo las velocidades de las ruedas conductoras sobre las ruedas conducidas.

$$i = \frac{W_s}{W_e} = \frac{Z_e}{Z_s} \quad (13)$$

Donde

i = Relación de transmisión

W_s = Velocidad de salida

W_e = Velocidad de entrada

Z_s = Número de dientes de engranajes conducidos

Z_e = Número de dientes de engranajes conductores

$$i = \frac{10 * 12 * 12}{66 * 52 * 42} = 0.01$$

Teniendo en cuenta que la reducción es inversa a la relación de transmisión, entonces tenemos.

$$\begin{aligned} \text{Reducción} &= \frac{1}{i} \\ \text{Reducción} &= \frac{1}{0.01} = 100 \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que el motor eléctrico tiene 9000 Revoluciones Por Minuto (r.p.m), se calcula la velocidad de salida de este sistema de engranajes.

$$\begin{aligned} i * W_e &= W_s \\ W_s &= 9000 * 0.01 \\ W_s &= 90 [r.p.m] \end{aligned}$$

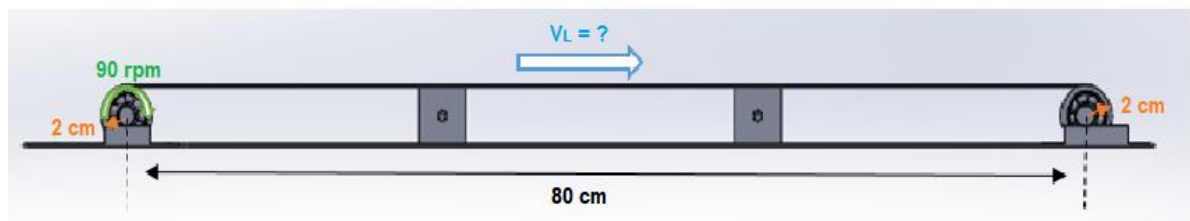
Como resultado se determina que los juegos de engranajes funcionan en reducción debido a que la relación de transmisión es menor que 1, además se establece que la velocidad de salida que se entrega al rodillo principal de la banda transportadora es de 90 revoluciones por minuto (rpm).

4.4.3 Cálculo de la velocidad de la banda transportadora.

Cuadro 18. Datos de funcionamiento de la banda transportadora

DATOS DE FUNCIONAMIENTO	
Radio rodillo de mando	2 [cm]
Radio rodillo final (Libre)	2 [cm]
Rodillo de mando (conductor)	90 [r.p.m]
Longitud entre los centros de los Rodillos	75 [cm]

Figura 35. Dimensiones de la banda transportadora



4.4.3.1 Velocidad Lineal

$$R1 = R2 = 2 \text{ (cm)}$$

$$\text{Longitud entre centros} = x = 80 \text{ (cm)}$$

Fórmula

$$V_L = \frac{(N \text{ [rpm]}) (\pi * D \text{ [m]})}{60 \text{ (s)}} \quad (14)$$

Donde

V_L = Velocidad Lineal (m/s)

N = Velocidad angular (rpm)

D = Diámetro de los rodillos (m)

Reemplazando

$$VL = \frac{(90 [rpm])(\pi * 0.04 [m])}{60 (s)}$$

$$VL = 0.189 \left[\frac{m}{s} \right]$$

4.4.3.2 Revoluciones por minuto de la cinta transportadora.

Con los datos obtenidos anteriormente se puede determinar cuánto tiempo tarda la cinta transportadora en dar una vuelta completa.

Cuadro 19. Velocidad de la banda transportadora

Datos	
Velocidad Lineal	0.189 [m/s]
Longitud lineal de la cinta transportadora	1.72 [m]

Entonces se calcula cuánto tiempo se tarda la cinta transportadora en recorrer una vuelta completa.

Donde

x = Tiempo en dar una vuelta completa

$$0.189 [m] = 1 \text{ seg}$$

$$1.72 [m] = ?$$

$$x = \frac{1.72 [m] * 1 [seg]}{0.189 [m]}$$

$$x = 9.1 [seg]$$

Conociendo que la cinta transportadora tarda 9.1 segundos en realizar una vuelta completa, se calcula cuántas vueltas dará en 1 minuto.

Donde

y = Vueltas en un minuto

$$9.1 [seg] = 1 \text{ Vuelta}$$

$$60 [seg] = y ?$$

$$y = \frac{60[seg] * 1 \text{ Vuel}}{7.2 [seg]}$$

$$y = 7 [rpm]$$

4.4.4 Selección de Rodamientos.

Los rodamientos son elementos que también son muy conocidos con el nombre de balero o cojinete, esta pieza sirve como un soporte a un eje, en el cual brinda la posibilidad de que cualquiera de los dos componentes gire.

Para el proyecto un factor fundamental y determinante en la selección de rodamiento, es el espacio disponible en el marco estructural de la banda transportadora donde se ubicará dicho elemento para efectos de reducción de fricción entre otras piezas que pueden presentar desgaste prematuro si no se implementan rodamientos.

Cuadro 20. Selección de rodamientos

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RODAMIENTOS		
1	Requisitos de rendimiento y condiciones de funcionamiento	✓
2	Tipo de rodamiento y disposición	✓
3	Lubricación	×
4	Tamaño del rodamiento	✓
5	Temperatura y velocidad de funcionamiento	×
6	Interfaces del rodamiento	×
7	Sellado, montaje y desmontaje	✓
8	Versión del rodamiento	×

Fuente: SKF. Performance and operating conditions [en línea] disponible en: <https://www.skf.com/ar/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/bearing-selection-process/performance-and-operating-conditions>

Donde

✓ = Es necesario tener presente el criterio

✗ = No es necesario tener presente el criterio

El subsistema de banda transportadora se implementa para unas condiciones en las cuales las revoluciones por minuto y el peso de carga sobre la cinta transportadora son mínimos por lo cual se tendrán en cuenta sólo algunos aspectos para la selección del rodamiento.

El rodamiento seleccionado teniendo en cuenta rendimiento, tipo de rodamiento, tamaño, sello y precio. Fue un rodamiento NU 202 ECP del fabricante SKF.

Figura 36. Rodamiento 202



Fuente: RS ONLINE Rodamientos de bola [en línea] disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/rodamientos-de-bola/1440859>

4.4.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Cuadro 21. Dimensiones de los rodamientos

Dimensiones	
Ancho	11 [mm]
Diámetro exterior	35 [mm]
Diámetro interno	15 [mm]

Cuadro 22. Datos de rendimiento de los rodamientos

Rendimiento	
Capacidad de carga dinámica básica	12.5 [kN]
Capacidad de carga estática básica	10.2 [kN]
Velocidad de referencia	22000 [r/min]
Velocidad límite	26000 [r/min]

Fuente: SKF Productid UN [en línea] disponible en:
<https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/roller-bearings/cylindrical-roller-bearings/single-row-cylindrical-roller-bearings/productid-NU%20202%20ECP>

Cuadro 23. Propiedades de los rodamientos

Propiedades	
Cantidad de hileras	1
Cantidad de pestañas del aro exterior	2
Cantidad de pestañas del aro interior	0
Capacidad de desplazamiento axial	En ambas direcciones
Característica de re lubricación	Sin
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Jaula	No metálico
Juego radial interno	CN
Lubricante	Ninguna
Pestaña suelta	Ninguna
Pieza del rodamiento	Rodamiento completo
Recubrimiento	sin
Sellado	Rozante en ambos lados
Tipo de agujero	Cilíndrico

Fuente: SKF Productid UN [en línea] disponible en:
<https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/roller-bearings/cylindrical-roller-bearings/single-row-cylindrical-roller-bearings/productid-NU%20202%20ECP>

4.5 SELECCIÓN DEL ACTUADOR LINEAL

Un actuador lineal eléctrico es un dispositivo el cual convierte la energía de rotación generada por un motor en un movimiento lineal recta de tracción y de empuje, lo cual sirve para elevar o desplazar la carga aplicada.

En el proceso de selección se debe investigar las diferentes opciones disponibles en el mercado teniendo en cuenta la fuente de alimentación, velocidad lineal máxima, carga mecánica y precio.

Principalmente debido a la aplicación en la que se desea utilizar se requiere que el actuador lineal se destaque principalmente por tener una buena velocidad lineal.

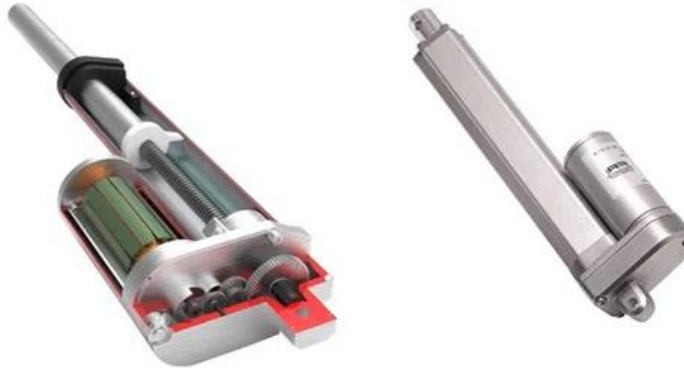
La mejor opción encontrada en el mercado fue un actuador lineal eléctrico con las siguientes características.

Cuadro 24. Características del actuador lineal eléctrico

Características	
Longitud de recorrido	200 [mm]
Voltaje de operación	12 [v]
Amperaje	1 - 3 [A]
Carga máxima	88.9 [N] (20 Lbf)
Velocidad máxima	90 [mm/seg]
Referencia	X 0042-200 MMA

Fuente: DIDACTICAS ELECTRÓNICAS Actuador Lineal 200mm 12Vdc 88.9N (20Lbf) [en línea] disponible en: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/elementos-electromecanicos/motores-y-solenoides-1/actuadores-lineales/fin-de-carrera/linear-actuator-200mm-stroke-length-actuador-lineal-actuadores-lineales-x0042-200mma-de-200mm-12vdc-88-9n-20lbf-pistones-gatos-hidraulicos-finales-de-carrera-pist%C3%B3n-gato-hidraulico-de-200mm-detail>

Figura 37. Selección del actuador lineal eléctrico



Fuente: FIRGELLI AUTO Whats is a linear actuator [en línea] disponible en: <https://www.firgelliauto.com/es/pages/what-is-a-linear-actuator>

4.5.1 Vida útil actuador lineal eléctrico. Para los diseñadores de cualquier máquina se hace necesario determinar la vida útil del dispositivo, estos cálculos se basan en los elementos que componen la máquina.

Para calcular la vida útil de un actuador lineal eléctrico, comúnmente se puede utilizar la fórmula de vida L10 con la cual se puede obtener un valor estimado.

La vida L10 es un cálculo en el que se puede esperar que falle el 10% de los rodamientos ya que es el componente móvil crítico de un actuador lineal eléctrico. Este cálculo suministra una valoración teórica la cual se basa en datos estadísticos, por lo anterior se entiende que los resultados no garantizan el rendimiento del dispositivo, pero si es una fuente que sirve como guía para estimar la vida útil esperada¹⁶.

Determinación de la fuerza aplicada por el actuador lineal, necesaria para poder mover el cilindro dosificador.

¹⁶ TOLOMATIC, INC. Life Estimate in Days = [en línea] disponible en: [https://www.tolomatic.com/blog/how-to-calculate-electric-linear-actuator-service-life/#:~:text=Estimate%20in%20Days%20%3D-\(L10%20%2F%20L\)%20%2F%20%5B\(CpM\)%20X%2060,actuator%20in%20units%20of%20time](https://www.tolomatic.com/blog/how-to-calculate-electric-linear-actuator-service-life/#:~:text=Estimate%20in%20Days%20%3D-(L10%20%2F%20L)%20%2F%20%5B(CpM)%20X%2060,actuator%20in%20units%20of%20time)

Cuadro 25. Coeficientes de fricción estática.

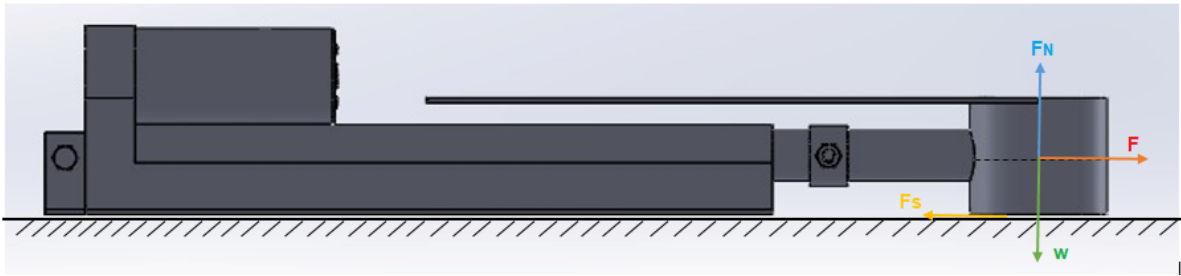
Superficie 1	Superficie 2	Coefficiente de fricción estática
Aluminio	Aluminio	1.05 - 1.35
Aluminio	Acero	0.61
Acero	Acero	0.74
Caucho	Pavimento	1.00
Cobre	Acero	0.53
Cobre	Cobre	1.00
Cobre	Vidrio	0.90
Diamante	Diamante	0.10
Grafito	Acero	0.10
Grafito	Grafito	0.10
Hielo	Hielo	0.02 - 0.10
Hielo	Madera	0.05 - 0.10
Hierro	Hierro	1.00
Latón	Acero	0.50
Madera	Cuero	0.50
Madera	Ladrillo	0.60
Madera	Madera	0.25 - 0.50
Madera	Metal	0.20 - 0.60

Fuente: CALCUVIO Fuerza fricción [en línea] disponible en: <https://www.calcuvio.com/fuerza-friccion>

Cuadro 26. Resumen de datos para el cálculo de la fuerza ejercida

Datos	
Peso	112 gr
fricción	0.74
Gravedad	9.8 (m/s)

Figura 38. Diagrama de fuerzas sobre el recipiente cilíndrico



Primera ley de Newton **(6)** y **(16)**

$$\sum F_y = 0 \quad (15)$$

$$F_N - w = 0$$

$$F_N = w$$

$$\sum F_x = 0 \quad (16)$$

$$F - F_s = 0$$

$$F = F_s$$

$$F = \mu_s * N$$

$$F = \mu_s * (m * g)$$

$$F = 0.74 * (0.112 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 0.81 \text{ [N]}$$

Segunda ley de Newton **(17)**

$$\sum F_y = m * a_x \quad (17)$$

$$F - F_s = 0$$

$$F = F_s$$

Entonces el análisis del resultado es que el actuador necesita realizar mínimo 0.81 [N] de fuerza para poder mover el cilindro con la porción dosificada.

CÁLCULO DE VIDA ÚTIL

Fórmula de vida L10 **(18)**

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P_e}\right)^3 * L \quad (18)$$

C = Clasificación de carga dinámica (lbf) o (N)

Pe = Carga equivalente (lbf) o (N)

L = Distancia de recorrido

$$L_{10} = \left(\frac{88.9 N}{1 N}\right)^3 * 200 \text{ mm}$$

$$L_{10} = 140'519.074 \text{ mm}$$

Luego se determina los ciclos de vida útil

$$1 \text{ ciclo} = 400 \text{ mm}$$

$$1 \text{ ciclo} = 140'519.074 \text{ mm}$$

$$\# = 351.297 \text{ Ciclos}$$

Estimación de vida en días.

CpM = Número de ciclos por minuto

HpD = Número de horas operadas por día

DpY = Número de días de operación por año

L = Distancia de recorrido

$$\begin{aligned} \text{Días de operación} &= \left(\frac{L10}{L}\right) / [(Cpm) * 60 \frac{\text{min}}{h} * (HpD)] \\ \text{Días de operación} &= \left(\frac{140'519.074 \text{ mm}}{400 \text{ mm}}\right) / \left[\left(4 \frac{\text{Ciclo}}{\text{min}}\right) * 60 \frac{\text{min}}{h} * \left(1.5 \frac{h}{\text{día}}\right)\right] \\ \text{Días de operación} &= 975.8 \text{ días} \end{aligned}$$

Estimación de vida en años.

$$\begin{aligned} \text{Años de operación} &= \left(\frac{L10}{L}\right) / [(Cpm) * 60 \frac{\text{min}}{h} * (HpD) * (DpY)] \\ \text{Años de operación} &= \left(\frac{140'519.074 \text{ mm}}{400 \text{ mm}}\right) / \left[\left(4 \frac{\text{Ciclo}}{\text{min}}\right) * 60 \frac{\text{min}}{h} * \left(1.5 \frac{h}{\text{día}}\right) * \left(240 \frac{\text{día}}{\text{año}}\right)\right] \\ \text{Años de operación} &= 4.066 \text{ años} \end{aligned}$$

4.5.2 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO

Usualmente el rendimiento de estos dispositivos se calcula con el ciclo de trabajo, para un actuador lineal se encuentra entre el 10 y el 75% y fundamentalmente esto depende de su carga. Para determinar el ciclo de trabajo se utiliza una relación entre el tiempo de funcionamiento de encendido y apagado.

El actuador lineal en un ciclo de operación tarda 4 segundos en funcionamiento y 11 segundos estático (apagado). Conociendo estos datos se realiza una estimación del rendimiento de funcionamiento.

Cuadro 27. Ciclo de funcionamiento del actuador lineal en un minuto

Ciclo de funcionamiento en un minuto	
15 seg (on)	1 minuto
12 seg (off)	3 minutos

$$\frac{1 \text{ min}}{3 \text{ min} + 1 \text{ min}} * 100\% = 25 \%$$

Analizando el resultado se concluye que el actuador lineal eléctrico está realizando un ciclo de trabajo del 25% de su capacidad.

4.6 DIMENSIONES DE LA CINTA TRANSPORTADORA

La cinta transportadora es un componente fundamental el cual es el encargado de transportar la materia prima en el proceso de dosificación, para la industria de alimentos es importante que estos elementos tengan buen grado de inocuidad e higiene.

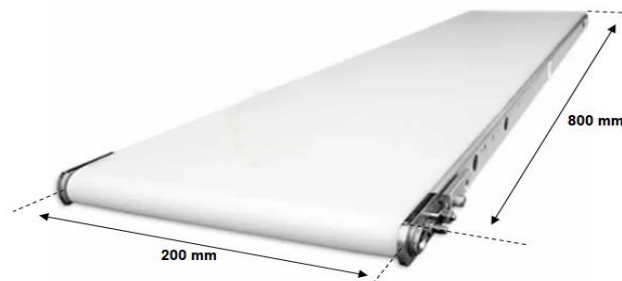
Esencialmente se identifican las dimensiones óptimas y admisibles para la construcción de la banda transportadora, debido a que el espacio de ubicación es limitado dentro de la empresa. por lo cual de esto dependen las medidas requeridas para la adquisición de la cinta transportadora.

Cuadro 28. Dimensiones de la cinta transportadora

ESPECIFICACIONES	
Largo	800 [mm]
Ancho	200 [mm]
Espesor	1.5 [mm]
Perímetro	1720 [mm]

Teniendo los datos anteriores se procede a cotizar en el mercado para encontrar el mejor precio y tiempo de entrega del producto.

Figura 39. Dimensiones de la cinta transportadora



Fuente: BELTCOL Banda transportadora en poliuretano [en línea] disponible en: <https://beltcol.com/nuestros-productos/bandas-transportadoras-sinteticas/banda-transportadora-en-poliuretano/>

4.6.1 Selección del material de la cinta transportadora. Las cintas transportadoras son utilizadas en diferentes procesos y para desplazar variedades de materiales por lo que se hace indispensable conocer en qué proceso será utilizada y el tipo de materia prima que transportará, para seleccionar la mejor alternativa entre las existentes se tiene en cuenta que debe cumplir con las normas nacionales de higiene y sanidad (INVIMA).

Para esta aplicación como alternativa seleccionada se adquirió una cinta transportadora con las siguientes características.

Cuadro 29. Características de la cinta transportadora

Especificaciones	
Referencia	TT12 AS/MATT PU BLANCO MATE
Material	Poliuretano (PU)
Número de capas (Lonas)	x2
Color	Blanco Mate
Unión	Vulcanizado en caliente (sin fin)

4.6.1.1 Cinta PU (termoplástico Poliuretano)

Las cintas transportadoras de Poliuretano (PU) usualmente son utilizadas en los procesos de las empresas procesadoras de alimentos ya que su conformación no porosa es ideal para soportar diferentes tipos de grasas como animal, vegetal y minerales, con la cualidad de no contaminar el producto. Además este tipo de material cumple con las normas internacionales de higiene y sanidad (FDA)¹⁷.

¹⁷ BELTCOL Banda transportadora en poliuretano [en línea] disponible en: <https://beltcol.com/nuestros-productos/bandas-transportadoras-sinteticas/banda-transportadora-en-poliuretano/>

Cuadro 30. Aplicaciones de la cinta transportadora

Características
Resistente a temperaturas entre -15° y 60° centígrados
Resistente al corte y la abrasión
Excelente resistencia a grasas animales, vegetales y minerales.
Antiestáticas
Usos
Panadería y galletería
Chocolate y confitería
Cárnica y avícola
Industria pesquera
Frutas y verduras
Farmacéutico

Fuente: BELTCOL Banda transportadora en poliuretano [en línea] disponible en: <https://beltcol.com/nuestros-productos/bandas-transportadoras-sinteticas/banda-transportadora-en-poliuretano/>

Cuadro 31. Beneficios del material de la cinta transportadora

Beneficios
Buena liberación de productos
Evita la acumulación y permite fácil limpieza
Alta resistencia en la cobertura inferior por lo que permite trabajar sobre rodillos
Previene la formación de biofilms. efecto antimicrobiano de larga duración
asegura la higiene y salubridad de los alimentos
Los tejidos internos quedan protegidos de la humedad.

Fuente: ESBELT Dos telas doble cobertura de TPU [en línea] disponible en: <https://www.esbelt.com/bandas-alimentarias/dos-telas-doble-cobertura-de-tpu/>

5. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El proceso de construcción del prototipo se realizó con un orden el cual permitiera ir comprobando los subsistemas fabricados, de igual manera se empezando por los subsistemas que se consideraron más complicados y que requieren mayor tiempo en su construcción debido a diferentes factores como herramientas, disponibilidad de piezas en el mercado y mano de obra.

Cuadro 32. Lista del orden de construcción del prototipo

ORDEN DE CONSTRUCCIÓN	
1	Subsistema de dosificado
2	Tolva de almacenamiento
3	Estructura base
4	Banda transportadora
5	Subsistema de control Eléctrico

5.1 EVIDENCIAS

5.1.1 Subsistema de dosificación

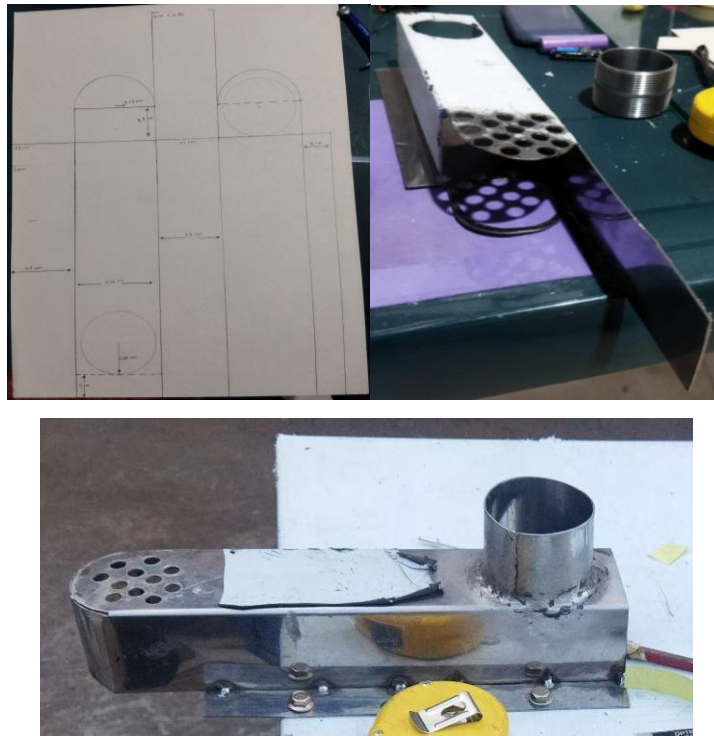
El subsistema de dosificación en su diseño, principalmente se enfocó en tres elementos que lo componen los cuales son: actuador lineal eléctrico, recipiente cilíndrico volumétrico y caja guía.

La función fundamental de este subsistema es la de recibir la cantidad exacta con el recipiente cilíndrico el cual tiene definido previamente el volumen máximo que puede almacenar, luego por medio del movimiento lineal de extensión y retracción que genera el actuador lineal el recipiente ya cargado con material dosificado es trasladado con un

movimiento hacia delante el cual va por dentro de la caja guía para que al final del recorrido sea descargada.

Se comenzó realizando un plano en físico para poder transmitir la idea con los operarios de las diferentes empresas donde se adquirieron algunos servicios como la dimensión de la lámina en acero inoxidable, posteriormente se llevó la pieza a una dobladora en la cual se le dio la forma deseada y por último se llevó la pieza para que fuese soldada con soldadura de acero inoxidable.

Figura 40. Diseño y construcción subsistema de dosificación



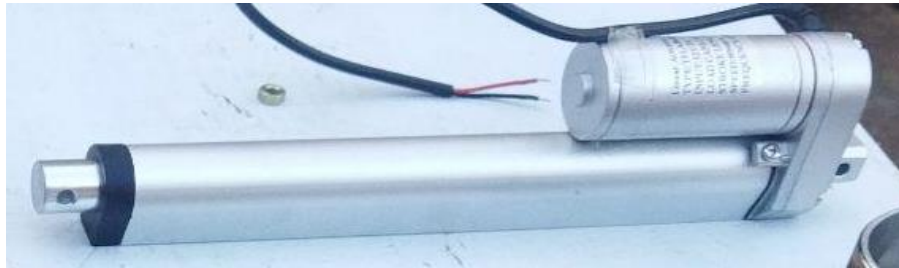
El recipiente cilíndrico volumétrico fue determinado según los resultados calculados teniendo en cuenta la densidad del material el cual va a llenar el espacio interior, por lo anterior una vez obtenidas las dimensiones necesarias se garantizó que el volumen de materia prima que puede contener es de 112 ± 2 gr, se procedió a conseguir el pedazo de forma cilíndrica y en acero inoxidable.

Figura 41. Cilindro de dosificación



El actuador lineal eléctrico fue comprado teniendo en cuenta ciertas características necesarias como la velocidad y fuerza que ofrece, para esta aplicación se hace necesario que el actuador lineal ofrezca más velocidad que fuerza.

Figura 42. Actuador lineal eléctrico utilizado



5.1.2 Tolva de almacenamiento

Según el diseño la máquina lleva una tolva cónica, para la fabricación se utilizó como material acero inoxidable 316, este tiene la función de almacenar temporalmente la materia prima y luego entregarla al recipiente cilíndrico el cual dosifica las porciones.

Figura 43. Construcción de la tolva



5.1.3 Estructura base

Es una estructura compacta y sólida la cual está conformada por un tubo cuadrado en acero de 1" y sus partes forradas son de material en acero inoxidable 430 ideal para maquinaria procesadora de alimentos. Su diseño se basó dependiendo del espacio disponible en la empresa ya que el cliente solicitó que se adaptara al lugar que se tiene disponible.

Figura 44. Estructura base de la máquina dosificadora



5.1.4 Banda transportadora

Es un sistema auxiliar que conforma la máquina dosificadora, esencialmente está diseñada con dos rodillos, una banda de poliuretano la cual es apta para resistir y entrar en contacto con diferentes alimentos, un sistema flexible para transmitir potencia de un motor eléctrico hacia el rodillo de salida y por último su respectiva estructura que tiene la función de unir todos los componentes internos, así como el de hacerse solidaria con la estructura principal del dosificador.

Figura 45. Construcción y montaje de la banda transportadora

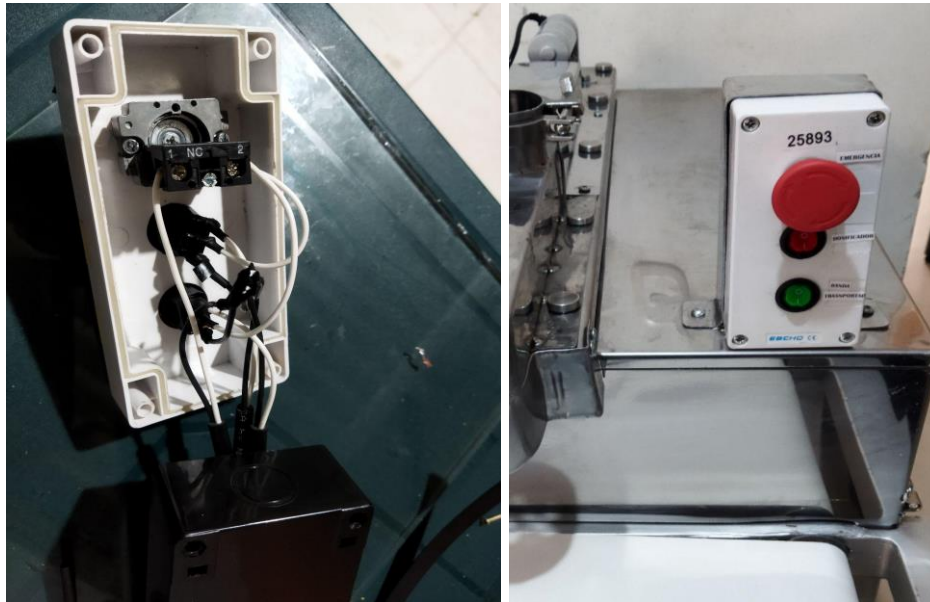


5.1.5 Subsistema de control eléctrico

El sistema eléctrico de la máquina es abastecido a 12 Voltios ya que los componentes eléctricos principales funcionan a dicho voltaje, la máquina dosificadora cuenta con dos motores eléctricos los cuales fueron conectados en paralelo además para el control de estos se implementó interruptores independientes para cada motor y se agregó un tercer botón el cual es un interruptor de emergencia.

Para tener organizado este subsistema y ubicarlo en un lugar accesible y visible, se compró una caja para interruptores en la cual están puestos los elementos necesarios para el control eléctrico de la máquina dosificadora.

Figura 46. Instalación de caja de control eléctrico



6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En esta etapa del proyecto se verificó que la máquina dosificadora de pastosos a base de maíz diseñada y construida, cumpliera con los requerimientos principalmente del usuario para que se desempeñe de una manera óptima en el puesto de trabajo.

Se inspeccionaron los principales subsistemas de la máquina como: dosificación, Control eléctrico y banda transportadora. en donde se obtuvieron los siguientes resultados.

6.1 Dosificación.

La máquina entrega porciones dosificadas en forma de discos con un peso de 112 ± 2 y dimensiones de 4.6 cm de alto y diámetro de 5.3 cm.

Figura 47. Prueba de funcionamiento de dosificación



6.2 Control eléctrico

Se realizaron ensayos al sistema de control eléctrico para verificar su correcto funcionamiento, en donde se probó cada uno de los tres interruptores y el pedal eléctrico.

Las pruebas consistieron en comprobar que el interruptor de emergencia detuviera el flujo eléctrico lo cual genera como consecuencia que todos los elementos eléctricos de la máquina dejen de funcionar. Se verificó que el sistema de dosificado y sistema de banda transportadora funcionan de manera totalmente independiente.

por último, se ensayó el sistema del pedal eléctrico en el cual se inspecciona que al ser accionado permite que el actuador lineal tenga un movimiento lineal hacia delante y una vez se levanta el pie de este dispositivo, el actuador lineal automáticamente regresa a su posición inicial para cargar nuevamente la porción dosificada.

Figura 48. Evidencia de funcionamiento de la caja de control eléctrico



Figura 49. Pedal eléctrico para controlar los movimientos del actuador eléctrico



6.3 Banda transportadora

En este sistema se evidencio su adecuado funcionamiento el cual fue satisfactorio.

Figura 50. Prueba de funcionamiento de la banda transportadora



6.4 Vista del prototipo final

Figura 51. Máquina dosificadora



6.4.1. Video: Prueba de funcionamiento máquina dosificadora de productos pastosos

Se filmó un video de la prueba de funcionamiento de la máquina dosificadora como recurso para ilustrar el desempeño del equipo fabricado, en dicha grabación durante los primeros minutos se explica brevemente los componentes que lo conforman y su respectiva operación, a partir del minuto 3:00 hasta el final del video se puede observar a plenitud el funcionamiento completo de la máquina.

Adjunto el enlace del video en YouTube.

https://youtu.be/9RYUkAN_zAU

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Apyados en los ensayos elaborados, se procede a examinar los resultados obtenidos.

En la metodología utilizada se procede a tabular los tiempos y el peso por unidad de producto, esto se realiza en la fase de producción de manera artesanal y posteriormente con la máquina dosificadora. con el fin de poder comparar la dinámica en ambos procesos.

Cuadro 33. Tiempo de producción (artesanal)

Tiempo de producción		
Item	Tiempo de fabricación (seg)	Peso (gr)
1	10	111
2	12	115
3	13	109
4	12	115
5	12	115

6	13	119
7	12	114
8	13	122
9	13	118
10	13	113
11	14	121
12	12	111
13	13	116
14	13	120
15	13	113
16	12	116
17	12	110
18	10	115
19	10	115
20	12	115

Cuadro 34. Promedio proceso (artesanal)

Tiempo de fabricación (seg)	12.2 (seg)
Peso (gr)	115.15 (gr)

Cálculo del tiempo estimado para el procesamiento de manera artesanal de 25 kg de materia prima en una hora.

Donde

T1 = tiempo proceso artesanal

Uni1 = Unidades fabricadas

$$12.2 \text{ (seg)} = 115.15 \text{ (gr)}$$

$$T1? = 25000 \text{ (gr)}$$

$$T1 = \frac{25000 \text{ (gr)} * 12.2 \text{ (seg)}}{115.15 \text{ (gr)}} * \frac{1 \text{ (min)}}{60 \text{ (seg)}}$$

$$T1 = 44.2 \text{ min}$$

Cálculo de unidades fabricadas de manera artesanal de 25 kg de materia prima.

$$Uni1 = \frac{25000 (gr)}{115.15 (gr)}$$

$$Uni1 = 217$$

Cuadro 35. Tiempo de producción de dosificación por unidad (Máquina)

Dosificación			
Item	Tiempo de transporte (seg)	Tiempo de descarga (seg)	Peso de porción dosificada (gr)
1	3	1	114
2	3	2	114
3	3	2	113
4	3	2	114
5	3	2	111
6	3	2	111
7	3	2	113
8	3	2	113
9	3	2	111
10	3	2	111
11	3	2	111
12	3	2	113
13	3	2	112
14	3	2	114
15	3	2	114
16	3	2	114
17	3	2	114
18	3	2	113
19	3	2	113
20	3	2	114

Cuadro 36. Promedio proceso (Máquina)

Tiempo de transporte	3 (seg)
Tiempo de descarga	2 (seg)
Tiempo de alistamiento (seleccionando Hoja)	4 (seg)
Tiempo de producción total	9 (seg)
Peso de porción dosificada	112.75 (gr)

Cálculo del tiempo estimado para el procesamiento de 25 kg de materia prima en una hora, con la máquina dosificadora.

Donde

T2 = tiempo proceso máquina

Uni2 = Unidades fabricadas

$$9 \text{ (seg)} = 112.75 \text{ (gr)}$$

$$T1? = 25000 \text{ (gr)}$$

$$T2 = \frac{25000 \text{ (gr)} * 9 \text{ (seg)}}{112.75 \text{ (gr)}} * \frac{1 \text{ (min)}}{60 \text{ (seg)}}$$

$$T2 = 33.3 \text{ min}$$

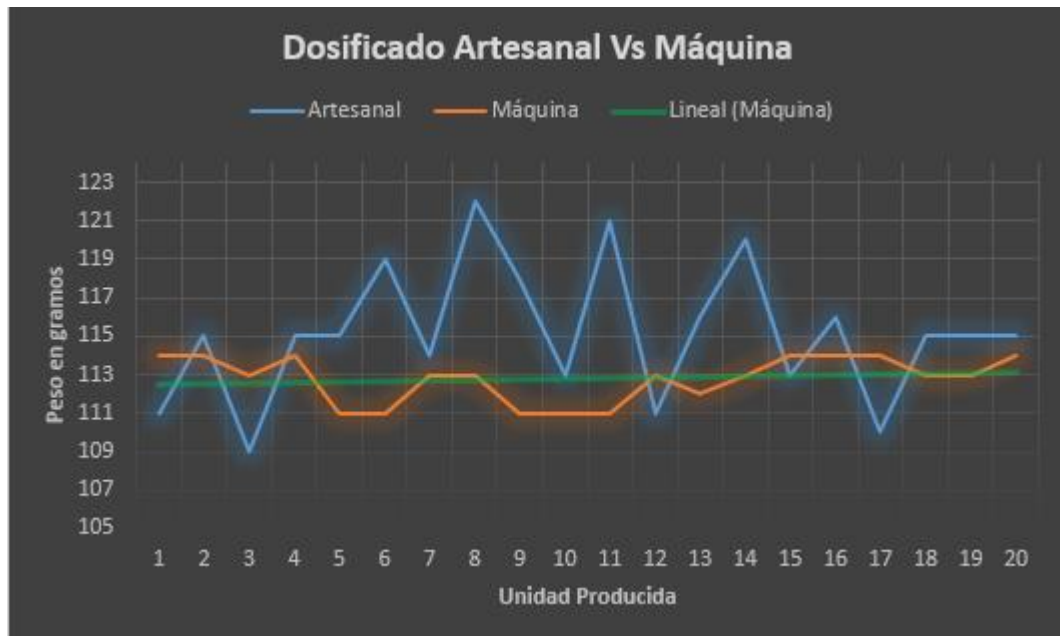
Cálculo de unidades fabricadas por la dosificadora de 25 kg de materia prima.

$$Uni2 = \frac{25000 \text{ (gr)}}{112.75 \text{ (gr)}}$$

$$Uni2 = 221.7$$

Basados en los resultados anteriores se observa un rendimiento de mejora en cuanto al tiempo de procesamiento y la optimización de unidades producidas en 25 kg de materia prima.

Figura 52. Comparación dosificado artesanal vs máquina



7.1 Cálculo mejora del tiempo de producción

$$T_{mejora} = T1 - T2 \quad (19)$$

$$T_{mejora} = (44.2 - 33.3) \text{ min}$$

$$T_{mejora} = 10.9 \text{ (min)}$$

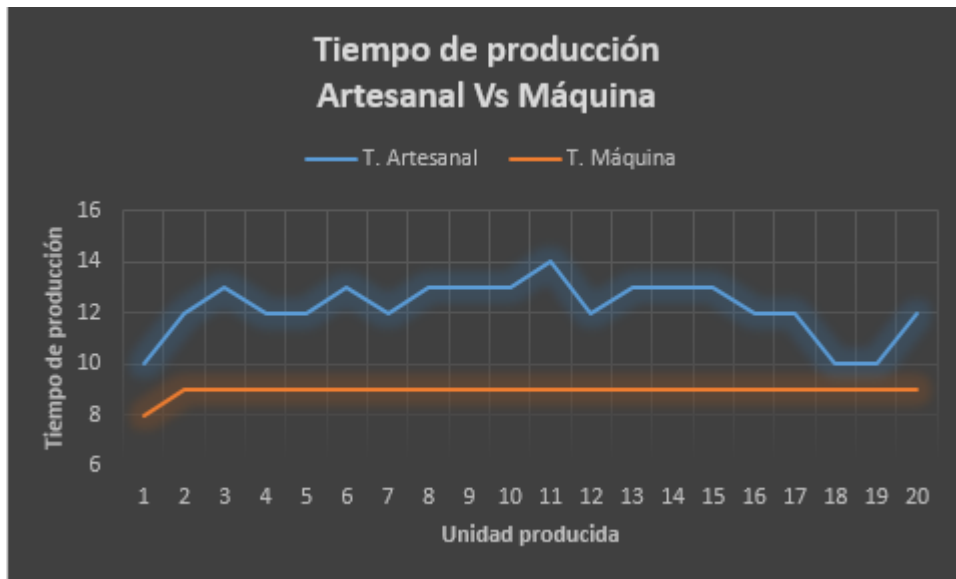
Porcentaje de mejora

$$\%mejora = \frac{10.9 * 100}{44.2}$$

$$\%mejora = 24.66 \%$$

El tiempo del proceso mejora en 10.9 (min), lo que representa un aumento en la velocidad de producción de 24.66 %.

Figura 53. Comparación Tiempo de producción



7.2 Cálculo mejora por unidades producidas con 25 kg.

$$U_{mejora} = (Uni2 - Uni1) \tag{10}$$

$$U_{mejora} = (221.7 - 217)$$

$$U_{mejora} = 4.7$$

Teniendo como beneficio en el procesamiento de 25kg, 4.7 unidades.

Cálculo del indicador de eficacia en producción (Máquina dosificadora).

$$Eficacia = \frac{\text{Resultados obtenidos}}{\text{Resultados deseados}} * 100\%$$

$$Eficacia = \frac{221.7}{217} * 100\%$$

$$Eficacia = 102.17\%$$

Se puede evidenciar que la producción tuvo un aumento en un 2.17% debido a optimizar y estandarizar el peso de cada unidad fabricada.

Figura 54. Comparación de unidades producidas



8. ANÁLISIS ECONÓMICO Y MANUFACTURA

El factor económico juega un papel de gran importancia en este proyecto, debido a que lo que se busca es optimizar en lo posible los gastos en su diseño y construcción. Teniendo en cuenta que en el mercado existen máquinas dosificadoras de productos viscosos, pero tienen un alto costo lo que dificulta la adquisición por parte de pequeñas empresas. Por lo anterior surge como necesidad la fabricación de una máquina dosificadora de bajo costo, especialmente para el proceso de dosificación de masa a base de maíz.

8.1 Costo de Materiales

El análisis de costos de materiales hace énfasis a los productos adquiridos los cuales son tangibles.

Cuadro 37. Costos de materiales

COSTOS DE MATERIALES		
ITEM	DESCRIPCIÓN ARTÍCULO	VALOR TOTAL
1	Acero inoxidable 304	\$ 187.260
2	Acero inoxidable 430	\$ 125.000
3	Tubo cuadrado en acero HR - 50	\$ 104.000
4	Actuador lineal eléctrico	\$ 371.532
5	Elementos eléctricos	\$ 98.000
6	Motor eléctrico + reductor de velocidad	\$ 80.000
7	Rodillos + Rodamientos	\$ 53000
8	Cinta transportadora	\$ 260.000
9	Abrazadera + elevadores en acero inoxidable	\$ 55.200
10	Otros	\$ 169.900
TOTAL DE GASTOS EN MATERIALES		\$1'503.892

8.2 Costo de construcción

En el desarrollo del análisis de costos de construcción se valoraron todos los gastos intangibles que fueron necesarios para ejecutar el proyecto.

Cuadro 38. Costos de construcción

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN				
CARGO	NOMBRE	TIEMPO DE TRABAJO (Horas)	VALOR HORA	TOTAL
Diseñador	Edwin Sánchez	70	\$ 4.833	\$338.310
Investigador	Diego Medina	70	\$ 4.833	\$338.310
Operario	Soldador	166	\$ 4.833	\$ 802.278
TOTAL DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN				\$ 1'478.898

9. CONCLUSIONES

- En busca de solucionar problemas reales en la industria y aplicando conceptos de ingeniería se diseñó y construyó una máquina dosificadora de productos pastosos a base de maíz, con la cual se pudo optimizar el tiempo de fabricación y estandarizar el peso por unidad producida. utilizando diferentes componentes como: actuador lineal, banda transportadora, motor eléctrico y control eléctrico con lógica cableada.
- El prototipo fue elaborado con elementos apropiados para entrar en contacto con alimentos según lo establecido por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), lo cual garantiza su inocuidad y salubridad.
- Se aplicaron diferentes técnicas para la selección de las alternativas de diseño como matriz de calidad (QFD) la cual permite realizar un análisis cuantitativo en el cual se prioriza los criterios del cliente con respecto a los del diseñador. También se utilizó la matriz de Pugh para el análisis comparativo de ventajas y desventajas entre varias alternativas.
- Realizando una comparación de costos totales de fabricación respecto a máquinas similares disponibles en el mercado, se pudo verificar el beneficio de ahorro económico para el cliente, además el prototipo cuenta con un diseño personalizado específicamente para el proceso de producción de la empresa.
- La máquina dosificadora se diseñó y se fabricó teniendo presente las principales necesidades de la empresa, por lo cual el tamaño de las porciones entregadas es de 112 ± 2 gr en forma cilíndrica de un diámetro aproximado de ± 5 cm y espesor de ± 4.6 cm.
- El sistema de energía eléctrica con el cual funciona el componente principal de la maquina dosificadora, influyo en la potencia (HP) necesaria para un buen desempeño

por lo anterior se utilizaron dos motores eléctricos de 12 V DC con una potencia total de 0,097 Hp, aproximadamente.

- Con la implementación de este tipo de maquinaria se evidencio que el tiempo del proceso mejora en 10.9 (min), lo que representa un aumento en la velocidad de producción de 24.66 %. Por otra parte, y de igual manera se observa que la producción tuvo un aumento en un 2.17% debido a que se optimizo y estandarizo el peso de cada unidad fabricada.

- La implementación de dicha máquina en esta fase del proceso de producción trae consigo otros beneficios que favorecen principalmente al operario ya que se erradican movimientos repetitivos los cuales a largo plazo pueden generar efectos negativos en los trabajadores, al igual que permite al operario poder trabajar cómodamente utilizando silla en el puesto de trabajo o de pie.

10. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que la industrialización es una etapa por la cual se desea que todas las pequeñas y medianas empresas (PYME) pasen por este proceso, se recomienda al cliente el cual implementara la máquina en su línea de producción, que tenga presente el voltaje de 12V el cual es el adecuado para que funcionen todos los componentes eléctricos.

La máquina está diseñada para que sea totalmente desmontable y facilite el mantenimiento de manera fácil y rápida, por lo anterior para efectos de mantenimiento asegurarse que la máquina no esté conectada a ninguna fuente eléctrica.

La máquina cuenta con algunos elementos de protección para el operario por lo cual se recomienda verificar después del mantenimiento que todos los componentes estén correctamente instalados.

Es importante sugerir que el suministro de materia prima el cual sea utilizado en la máquina esté lo más fresco posible a temperatura ambiente ya que las características fisicoquímicas pueden variar al estar muy caliente o frío, lo cual puede generar inconvenientes en la etapa de abastecimiento dentro de la tolva.

BIBLIOGRAFÍA

ACEROMAFE Husillo: función, características y ventajas para industrias [en línea] disponible en: <https://www.aceromafe.com/que-es-un-husillo/>

AMORÓS J.L., MALLOL G., SÁNCHEZ E., GARCÍA J. Diseño de silos y tolvas para el almacenamiento de materiales pulverulentos. problemas asociados a la operación de descarga. Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) [en línea] disponible en: <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0013041s.pdf>

ÁREA DE INGENIERÍA MECÁNICA. UNIVERSITAT JAUME Reductor de velocidad [en línea] disponible en: http://www.mecapedia.uji.es/pages/reductor_de_velocidad.html

AULA FACIL Poleas de transmisión [en línea] disponible en: <https://www.aulafacil.com/cursos/fisica/dinamica-ii/poleas-de-transmision-l10481>

BELTCOL Banda transportadora en poliuretano [en línea] disponible en: <https://beltcol.com/nuestros-productos/bandas-transportadoras-sinteticas/banda-transportadora-en-poliuretano/>

BLOG ROZAGRAPISA Clases de dosificadores de empleo más común [en línea] 2023. disponible en: https://www.rozagrapisa.com/index.php?route=blog/post&post_id=159

CALCUVIO Fuerza fricción [en línea] disponible en: <https://www.calcuvio.com/fuerza-friccion>

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 3075 de 1997. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones.

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%203075%20DE%201997.pdf

CRIBA Capítulo 13. Almacenamiento. Silos [en línea] disponible en: <http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo13.pdf>

DIDACTICAS ELECTRÓNICAS Actuador Lineal 200mm 12Vdc 88.9N (20Lbf) [en línea] disponible en: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/elementos-electromecanicos/motores-y-solenoides-1/actuadores-lineales/fin-de-carrera/linear-actuator-200mm-stroke-length-actuador-lineal-actuadores-lineales-x0042-200mma-de-200mm-12vdc-88-9n-20lbf-pistones-gatos-hidraulicos-finales-de-carrera-pist%C3%B3n-gato-hidraulico-de-200mm-detail>

DOTECO. Doteco Compo Spa. [en línea] disponible en: https://www.doteco.com/cataloghi_prodotti/spagnolo/doteco_compo_spa.pdf

ESBELT Dos telas doble cobertura de TPU [en línea] disponible en: <https://www.esbelt.com/bandas-alimentarias/dos-telas-doble-cobertura-de-tpu/>

FIRGELLI AUTO Whats is a linear actuator [en línea] disponible en: <https://www.firgelliauto.com/es/pages/what-is-a-linear-actuator>

GCF GLOBAL Masa y densidad de un cuerpo [en línea] disponible en: <https://edu.gcfglobal.org/es/temas-basicos/masa-y-densidad-de-un-cuerpo/1/#>

INGEMECÁNICA INGENIERÍA, CONSULTORÍA Y FORMACIÓN. Fundamentos de las Transmisiones por Engranajes [en línea] disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn150.html>

LANDÍN Pedro Sistemas de transmisión de poleas con correa [en línea] 2011
Pelandintecno-Tecnología ESO. Disponible en:
<http://pelandintecno.blogspot.com/2011/04/viadeos-transmision-por-cadena.html>

LINAK Linear actuators [en línea] disponible en: <https://www.linak.com/products/linear-actuators/#:~:text=What%20is%20a%20linear%20actuator,powered%20by%20hydraulic%20and%20pneumatics.>

MECANIZADOS MARSAL Hursillo de dosificación [en línea] disponible en:
<https://www.mecanizadosmarsal.com/project/husillo-de-dosificacion/>

MERCADO LIBRE Motor eléctrico para la banda transportadora [en línea] disponible en:
https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-824209353-2pcs-rs550-12v-23000rpm-motor-electrico-para-ninos-_JM

ODETTO A.R. Cadenas de transmisión
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/3_anio/mecanica_electrica/CADENAS_DE_TRANSMISION.pdf

OPEX LEARNING. Transportador de tornillo sin fin [en línea] disponible en:
<https://opexlearning.com/resources/screw-conveyor/8433/>

PACK SPAIN SL. Dosificador volumétrico vasos [en línea] disponible en:
<https://www.packspainsl.com/portfolio/dosificador-volumetrico-vasos/>

POWDERB ULK SOLIDS All Hoppers Are Not Created Equal [en línea] disponible en:
<https://www.powderbulksolids.com/storage/all-hoppers-are-not-created-equal>

RS ONLINE Rodamientos de bola [en línea] disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/rodamientos-de-bola/1440859>

SKF Productid UN [en línea] disponible en: <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/roller-bearings/cylindrical-roller-bearings/single-row-cylindrical-roller-bearings/productid-NU%20202%20ECP>

SKF. Performance and operating conditions [en línea] disponible en: <https://www.skf.com/ar/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/bearing-selection-process/performance-and-operating-conditions>

STUDENT LESSON Chain drive definition applications components types working [en línea] disponible en: <https://studentlesson.com/chain-drive-definition-applications-components-types-working/>

TECNO EMBALAJE Dosificador de líquidos de alta viscosidad [en línea] disponible en: <https://tecnoembalaje.com/producto/dosificador-de-liquidos-de-alta-viscosidad-2/>

THOM SON LINEAR Actuadores lineales [en línea] disponible en: <https://www.thomsonlinear.com/es/productos/actuadores-lineales/about-linear-actuators>

TOLOMATIC, INC. Life Estimate in Days = [en línea] disponible en: [https://www.tolomatic.com/blog/how-to-calculate-electric-linear-actuator-service-life/#:~:text=Estimate%20in%20Days%20%3D-\(L10%20%2F%20L\)%20%2F%20%5B\(CpM\)%20X%2060,actuator%20in%20units%20of%20time](https://www.tolomatic.com/blog/how-to-calculate-electric-linear-actuator-service-life/#:~:text=Estimate%20in%20Days%20%3D-(L10%20%2F%20L)%20%2F%20%5B(CpM)%20X%2060,actuator%20in%20units%20of%20time)

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL FRANCISCO DE MIRANDA Reología. Área de Tecnología Complejo Docente “El Sabino” Programa Ingeniería Química Cátedra: Fenómeno de Transporte [en línea] disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://marcanord.files.wordpress.com/2012/11/reologc3ada->

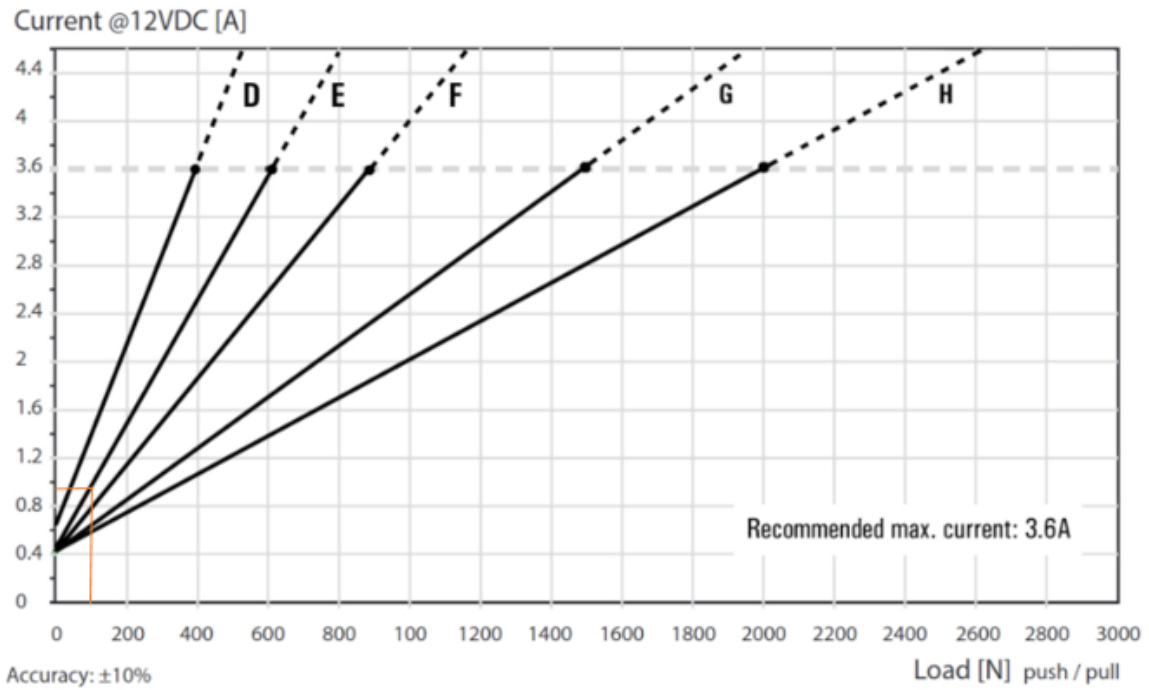
1.pdf&ved=2ahUKEwiRh_HAwfb9AhUzSjABHcO5Dy04KBAWegQICxAB&usg=AOvVaw
1PG0uHpJmpQae9vi_r-qke

VICIANA GÁLVEZ Antonio Estudio y diseño de un modelo configurable de mecanismo de biela corredera para uso docente. [Proyecto fin de grado] Universidad de Jaén. Escuela Politécnica Superior de Linares. Linares, 2020. [en línea] disponible en: https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/12143/1/TFG_AVG_MECBMC.pdf

ANEXOS


Anexo A. Gráfica de la corriente a la que funciona el actuador lineal

Fuerza/Corriente



Fuente: <https://www.easye.us/products/easye35/>

Anexo B. Ficha Técnica del acero inoxidable AISI 304

		ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AL Cr-Ni-Mo ACX 250						
		DESIGNACIÓN EN			DESIGNACIÓN ASTM			
		1.4401			316			
X5CrNiMo17-12-2			S31600					
DESCRIPCIÓN	Los aceros inoxidable austeníticos del grupo Cr-Ni-Mo contienen Mo para incrementar la resistencia a la corrosión por picaduras.							
COMPOSICIÓN QUÍMICA	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
	≤0,050	≤0,75	≤2,00	≤0,040	≤0,015	16,50-18,00	10,50-12,00	2,00-2,50
APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> - Industria química y petroquímica - Industria alimentaria, farmacéutica y textil - Adornos arquitectónicos - Aplicaciones con soldadura - Tubos y calderería - Cisternas de vehículos 							
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO DE RECOCIDO	Rp_{0,2}	> 240 N/mm ²						
	Rm	540 - 680 N/mm ²						
	Alargamiento	> 45%						
	Dureza	< 200 HB						
PROPIEDADES FÍSICAS	A 20°C presenta una densidad de 8 kg/dm ³ y un calor específico de 500 J/kg·K							
	20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C		
Módulo de elasticidad (GPa)	200	194	186	179	172	165		
Coefficiente medio dilatación térmica entre 20°C (10⁻⁶ x K⁻¹) y	-	16	16,5	17	17,5	18		
Conductividad térmica (W/m·K)	15	16	17,5	19	21	22,5		
Resistividad eléctrica (Ω·mm²/m)	0,75	0,82	0,95	1,05	1,12	1,19		
SOLDADURA	Los consumibles recomendados son los siguientes:							
	Electrodos revestidos	Alambres y varillas			Electrodos huecos			
	E 19 12 3 L	G 19 12 3 L (GMAW)			T 19 12 3 L			
	ER 316L (Si)	W 19 12 3 L (GTAW)			ER 316L (Si)			
	ER 317L (Si)	P 19 12 3 L (PAW)			ER 317L (Si)			
		S 19 12 3 L (SAW)						
		ER 316 (Si)						
		ER 317 (Si)						
ORROSIÓN POR PICADURAS E INTERSTICIAL	El acero ACX 250 es más resistente a la corrosión por picaduras y a la corrosión intersticial que el ACX 120. Los inoxidable de la familia Cr-Ni se pueden emplear en medios que contengan hasta 200 ppm de iones cloruros mientras que los de la familia Cr-Ni-Mo pueden estar en contacto con soluciones de hasta 1000 ppm.							



ACX 250 / ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AL Cr-Ni-Mo

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	<p>Los aceros inoxidable austeníticos de la familia Cr-Ni-Mo, presentan mejores propiedades de resistencia a la corrosión generalizada y atmosférica que los aceros inoxidable Cr-Ni.</p> <p>Presentan una velocidad de corrosión inferior a 0,10 mm/año cuando están en contacto con los siguientes medios:</p> <ul style="list-style-type: none">- Ácido fosfórico al 20% en ebullición.- Ácido sulfúrico al 20% a temperatura ambiente.- Ácido tartárico al 60% a 80°C.- Ácido acético al 50% en ebullición.- Ácido fórmico al 100% a 60°C.- Cerveza.- Leche.- Ácido oleico al 100% a 180°C.- Gasolina.
CORROSIÓN BAJO TENSIONES	<p>La corrosión bajo tensiones puede ocurrir en los aceros inoxidable austeníticos cuando están sometidos a esfuerzos de tracción en medios con iones cloruros y temperaturas superiores a 60°C.</p>
CORROSIÓN INTERGRANULAR	<p>Convendría evitar el uso de este acero inoxidable en el rango de temperaturas de 450 a 850°C, o en operaciones de soldadura con riesgo de sensibilización. Para estos casos se recomienda ACX 240 o ACX 260 (aleaciones con bajo C) y el ACX 280 (estabilizado Ti) para así minimizar el riesgo de corrosión intergranular.</p>
RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN EN CALIENTE	<p>La máxima temperatura de servicio para estos tipos de aceros en aplicaciones continuas es de 920°C. Para ciclos térmicos intermitentes, la máxima temperatura de servicio es de 870°C.</p>

MANTENIMIENTO SUPERFICIAL	<p>Es imprescindible realizar periódicamente unas adecuadas prácticas de limpieza para conservar las superficies de forma indefinida y obtener las mejores prestaciones del acero inoxidable.</p> <p>Para la correcta limpieza, se recomienda el empleo de agua y jabones de tipo neutro aplicados con una bayeta o cepillo que no arañe al inoxidable. Finalizar siempre la operación con un buen enjuagado con agua para conseguir la completa eliminación del producto limpiador empleado.</p> <p>Se deben evitar los productos clorados. En caso de que sea imprescindible su uso, el contacto ha de ser mínimo y tiene que ir seguido por un abundante enjuagado con agua.</p>
ESPECIFICACIONES	<p>Los aceros inoxidable austeníticos del grupo Cr-Ni-Mo están incluidos en las principales normas internacionales.</p> <p>Pueden ser suministrados de acuerdo a los requerimientos de las normas EN, ASTM, ASME, AMS, QQS, MILS.</p> <p>Los inoxidable del grupo Cr-Ni-Mo están homologados según:</p> <ul style="list-style-type: none">- PED (Pressure Equipment Directive), DGRL 97/23/EG de acuerdo con EN 10028-7 y AD2000 Merkblatt W2 y W10.- Lloyd's Register of Shipping. <p>Cumplen con los requisitos de las directivas europeas de:</p> <ul style="list-style-type: none">- Industria alimentaria, RE 1935/2004.- Cromo hexavalente, ROHS.- Aparatos eléctricos, ROHS.

Fuente: ACERINOX [en línea] disponible en:
<https://www.acerinox.com/export/sites/acerinox/.content/galerias/galeria-descargas/galeria-documentos-producto/ACX250.pdf>

Anexo C. Planos de la máquina dosificadora.