

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención de:
INGENIERA MECÁNICA E INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE
SHAMPOO CON CAPACIDAD DE 100 LITROS/HORA PARA LA
“FUNDACIÓN FAMILIA SALINAS”**

**AUTORES:
TATIANA GABRIELA ANDRADE CHILQUINGA
ALEX MAURICIO HERNÁNDEZ GORDON**

**TUTOR:
MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

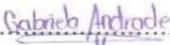
Quito, febrero del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.

Nosotros Tatiana Gabriela Andrade Chilibuinga y Alex Mauricio Hernández Gordon, con documentos de identificación N° 1718022278 y N° 1726835273, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SHAMPOO CON CAPACIDAD DE 100 LITROS/HORA PARA LA “FUNDACIÓN FAMILIA SALINAS” ”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico e Ingeniera Mecánica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, febrero del 2019.

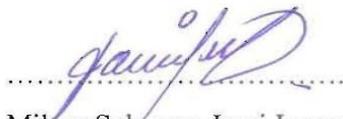

.....
Tatiana Gabriela Andrade Chilibuinga
C.I.: 1718022278


.....
Alex Mauricio Hernández Gordon
C.I.: 1726835273

DEDICATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA DOSIFICADORA DE SHAMPOO CON CAPACIDAD DE 100 LITROS/HORA PARA LA “FUNDACIÓN FAMILIA SALINAS”**, realizado por Tatiana Gabriela Andrade Chiliquinga y Alex Mauricio Hernández Gordon, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2019.



Milton Salomon Jami Lema

C.I.: 1707254171

DEDICATORIA

A Dios, quien me brindó la oportunidad de llegar hasta donde estoy. A mi madre que es la piedra angular de mi vida, con su apoyo incondicional y su esfuerzo logró sacarme adelante para convertirme en la mujer que soy. A mi papá, Carlitos por sus consejos, palabras de aliento y por el apoyo que nos brinda a mi madre y a mí. A mi padre Luis quien me inculco valores desde niña y me animó para que culminará mi Carrera. Por último, a mi compañero de Trabajo de Titulación, quien con su carisma logro que la espera para entregar este Trabajo se volviera más corta; además, por su confianza puesta en mí... ¡Gracias a todos!

Tatiana Gabriela Andrade Chilibingua.

Dedico este triunfo a mis padres, quienes fueron un apoyo incondicional a lo largo de las distintas etapas de mi vida, brindándome su apoyo y a la vez dándome consejos de vida que me permitieron ser mejor persona; a mi hermano quien con su ejemplo y amor me enseñó el valor de la verdadera amistad; a toda mi familia, quienes me ayudaron con su granito de arena para culminar con mis aspiraciones y; por último, a mi compañera de Trabajo de Titulación, quien se esforzó al máximo para brindarme su apoyo para que este proyecto saliera a flote. A todos ellos... mis más sinceros agradecimientos.

Alex Mauricio Hernández Gordon.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana quien fue Templo del Saber, para formarnos profesionalmente, a los docentes quienes compartieron sus conocimientos los cuales nos sirvieron de gran ayuda para realizar este Trabajo; al personal administrativo, en especial, a la Secretaría, quienes siempre brindaron su ayuda cuando la necesitábamos.

Agradezco al Ingeniero Milton Salomón Jami Lema quien fue nuestro tutor, parte fundamental para la realización de nuestro Trabajo de Titulación. Gracias a sus conocimientos brindados y gran experiencia en el campo laboral fue de gran ayuda para la culminación del proyecto. Aquellos consejos nos servirán para nuestra vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
GLOSARIO DE TERMINOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
El objetivo general es diseñar y construir una máquina dosificadora de shampoo con capacidad de 100 litros/hora para la “Fundación Familia Salesiana Salinas”.	xv
CAPITULO I.....	1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1 Historia del shampoo.....	1
1.2 Elaboración de shampoo en la provincia de Bolívar, parroquia Salinas de Guaranda.	1
1.3 Producción de shampoo	3
1.3.1 El shampoo.....	3
1.4 Producción del shampoo artesanal	3
1.4.1 Extracción de plantas naturales de la zona.....	3
1.4.2 Proceso de destilado de la esencia	4
1.4.3 Proceso de mezcla de ingredientes.....	4
1.4.4 Dosificado del shampoo	5
1.5 Máquinas dosificadoras industriales	6
1.5.1 Tipos de dosificadores	6
1.5.1.1 Dosificadores volumétricos.....	6
1.5.1.2 Dosificadores por pistón	6
1.6 Tolvas de almacenamiento	7
1.6.1 Tolva con dosificador de pistón.	7
1.7 Sistema neumático	8
1.7.1 Actuadores neumáticos	8

1.8 Válvulas neumáticas.....	9
1.8.1 Válvula biestables	9
1.8.2 Válvula reguladora de caudal.....	10
1.8.3 Válvula estranguladora de presión	11
1.8.4 Unidad de mantenimiento	11
1.8.4.1 Filtro de aire	11
1.8.4.2 Regulador de presión	11
1.9 Materiales y accesorios a utilizar en la dosificadora de shampoo	12
1.9.1 Acero inoxidable 304	13
1.9.2 Acero inoxidable 316	13
1.10 Soldadura	14
1.10.1 Soldadura en AISI 316.....	14
1.10.1.1. Varilla de aporte E316L.....	14
1.10.2 Soldadura en AISI 304	14
1.10.2.1. Varilla de aporte E 308	15
CAPÍTULO II	16
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DEL SHAMPOO	16
2.1 Análisis de alternativas	16
2.1.1 Dosificadora mecánica.....	16
2.1.1.1 Ventajas de la dosificadora mecánica	18
2.1.1.2 Desventajas de la dosificadora mecánica.....	18
2.1.2 Dosificadora neumática.....	18
2.1.2.1 Ventajas de la dosificadora neumática.....	19
2.1.2.2 Desventajas de la dosificadora neumática.....	20
2.2 Selección de la alternativa apropiada.....	20
2.3 Selección de elementos normalizados.....	21
2.3.1 Estudios y selección de alternativas.....	21
2.3.1.1 Diseño de la Estructura	22
2.3.1.2 Sistema de Almacenamiento	24
2.3.1.3 Sistema Neumático.....	25
2.3.1.4 Sistema de bloqueo	27
2.3.1.5 Sistema de sujeción.....	29
2.3.2 Ponderaciones para la elección de alternativas propuestas	31

2.3.2.1 Diseño de la estructura	31
2.3.2.2 Sistema de almacenamiento	32
2.3.2.3 Sistema Neumático.....	32
2.3.2.4 Sistema de bloqueo	33
2.3.2.5 Sistema de sujeción	34
CAPITULO III.....	35
CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA DOSIFICADORA DE SHAMPOO	35
3.1. Introducción	35
3.2. Diseño de la tolva de alimentación	35
3.3 Cálculo de la presión ejercida por el fluido en la tolva.....	38
3.4 Diseño del resorte de compresión	42
3.5 Cálculo del sistema de dosificación	48
3.5.1 Cálculo del cilindro dosificador	48
3.6 Selección del cilindro neumático	50
3.7 Diseño de la estructura	56
3.8 Cálculo de las paredes de los soportes del cilindro.....	59
3.9 Diagrama electroneumático de funcionamiento.....	64
.....	65
3.10 Selección del compresor.	66
CAPITULO IV.....	68
4.1 Análisis financiero y económico.....	68
4.2 Análisis económico del proyecto	77
4.3 Ingresos mensuales.....	77
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Destilador industrial para aceites esenciales modelo AE-10	2
Figura 2. Líneas de shampoo del Salinerito.....	2
Figura 3. Recolección de plantas medicinales para la extracción de la esencia	3
Figura 4. Proceso de destilación de esencia por arrastre de vapor	4
Figura 5. Proceso de mezclado de los ingredientes del shampoo.....	5
Figura 6. Proceso de envasado del shampoo.....	5
Figura 7. Dosificadora de pistón	7
Figura 8. Dosificadores con pistón	7
Figura 9. Montefacto de los actuadores neumáticos	8
Figura 10. Cilindro de doble efecto	9
Figura 11. Válvulas biestables	10
Figura 12. Válvula neumática biestable de 5/2 vías, con corredero longitudinal – dibujo en sección y símbolo	10
Figura 13. Válvula estranguladora de presión	11
Figura 14. Regulador de presión	12
Figura 15. Varilla de aporte E316L	14
Figura 16. Aporte ER 308L-16	15
Figura 17. Grafico esquemático de la Dosificadora mecánica.....	17
Figura 18. Esquema dosificadora neumática.....	19
Figura 19. Base Inox AISI 304.....	23
Figura 20. Base de ASTM 26.....	23
Figura 21. Tolva cuadrada	24
Figura 22. Tolva Cónica.....	25
Figura 23. Cilindro de simple efecto	26
Figura 24. Cilindro doble efecto	27
Figura 25. Resorte cónico.....	28
Figura 26. Válvula de bloqueo (Bypass)	29
Figura 27. Abrazadera cierre rápido	30
Figura 28. Uniones Roscadas.....	30
Figura 29. Dimensionamiento de la tolva.....	36
Figura 30. Propiedades mecánicas del acero inoxidable 316 y 316 L	40
Figura 31. Simulación de esfuerzos von mises en la tolva de almacenamiento.....	41

Figura 32. Factor de seguridad en la tolva de almacenamiento.	42
Figura 33. Constantes A y m para determinar la resistencia de tensión mínima	43
Figura 34. Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte [46].	45
Figura 35. Fórmulas para calcular las dimensiones de los resortes [46].	45
Figura 36. Simulación de un resorte cónico sometido a compresión.	48
Figura 37. Dimensiones de tubería en acero inoxidable	49
Figura 38. Boceto del cilindro dosificador.	50
Figura 39. Tabla de selección de cilindros	54
Figura 40. Tabla de selección de datos para la masa móvil acorde a su carrera	55
Figura 41. Configuración de la bancada.	56
Figura 42. Carga distribuida.	56
Figura 43. Diagrama de esfuerzos cortantes.	57
Figura 44. Diagrama de momentos.	57
Figura 45. Tabla de selección de perfiles angulares	58
Figura 46. Desplazamientos a los que está sometida la estructura.	59
Figura 47. Configuración del soporte para el cilindro dosificador.	60
Figura 48. Factor de Von Mises de acuerdo a la carga aplicada al soporte del cilindro.	61
Figura 49. Representación del cordón de soldadura en el soporte del cilindro dosificador.	62
Figura 50. Propiedades mecánicas de los electrodos	62
Figura 51. Diagrama de conexión en Festo.	64
Figura 52. Encendido general de la máquina.	65
Figura 53. Accionamiento del switch de pedal.	65
Figura 54. Fin del ciclo del cilindro neumático.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección de materiales.....	12
Tabla 2. Propiedades del Acero AISI 304.....	13
Tabla 3. Propiedades del Acero AISI 316.....	13
Tabla 4. Evaluación de alternativas.	21
Tabla 5. Valoración del diseño de la estructura.	31
Tabla 6. Valoración del sistema de almacenamiento.	32
Tabla 7. Valoración del sistema neumático.	33
Tabla 8. Valoración del sistema bloqueo.	33
Tabla 9. Valoración del sistema de sujeción.....	34
Tabla 10. Lineamientos para elegir el factor de seguridad.	40
Tabla 11. Costo de diseño.	69
Tabla 12. Detalle del costo de cada material.....	70
Tabla 13. Detalle del costo de materiales neumáticos.	71
Tabla 14. Detalle del costo de materiales eléctricos.	72
Tabla 15. Detalle del costo total de materia prima.....	72
Tabla 16. Detalle del costo de fabricación y mecanizado.....	74
Tabla 17. Detalle del costo de fabricación y mecanizado.....	75
Tabla 18. Detalle de los costos no recuperables	75
Tabla 19. Detalle de costos de los elementos consumibles.....	76
Tabla 20. Detalle del costo total de fabricación de la máquina.	76

GLOSARIO DE TERMINOS

Bancada: Basamento firme para una maquina o conjunto de ellas [1].

Cilindro dosificador: Es la cámara donde se almacena el fluido. Ideal para el llenado de los siguientes líquidos como son shampoo, bálsamos y cremas [2].

Cilindro neumático: Es aquel elemento que empuja al cilindro dosificador por medio de la presión del aire comprimido [3].

Compresor: Es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido [4].

Dosificar: Graduar la cantidad o porción de algunas cosas [5].

Estructura: Es una configuración a base de perfiles estructurales que permite soportar todos los elementos que componen la máquina dosificadora de shampoo [6].

Plan de mantenimiento: Son tareas que se dignan en cierto tiempo determinado para realizarlas en una instalación con la finalidad de alargar la vida útil de la misma [7].

Proceso de moleteado: Este proceso trata de realizar marcas en las piezas que sean resbaladizas con la finalidad de que no resbalen los dedos al momento de desmontarlas, permite una mejor sujeción [8].

Tiempos muertos: Son los tiempos en que no se realiza ningún tipo de tarea productiva [9].

Tolva de almacenamiento: Es donde se va almacena todo el fluido a dosificar [10].

RESUMEN

El presente proyecto está conformado por el diseño y la construcción de una máquina dosificadora de shampoo neumática con capacidad de llenado de 100 litros en una hora, para el uso de la Empresa “Fundación Familia Salesiana Salinas”. Como primera instancia a tratar se realizó un estudio previo para conocer la situación actual de la Empresa relacionado con el ámbito de recursos naturales y mano de obra utilizados por la Empresa para la producción de shampoo natural con hierbas medicinales.

Se realizó un análisis de viabilidad de las posibles alternativas que favorecen el aumento de la producción de shampoo, llegando a un consenso final que la dosificadora neumática es la opción más indicada para cumplir con las necesidades requeridas por la Empresa; inicialmente se determinó los materiales indicados para la fabricación de la máquina así como también su dimensionamiento, en el caso de los elementos que se encuentran en contacto directo con el shampoo como son la tolva, el cilindro dosificador la boquilla y el resorte se optó por seleccionar acero inoxidable de la Norma AISI 316 y AISI 304; para la generación de movimiento se utilizó un sistema neumático el cual comprende del compresor actuando como la fuente productora de aire comprimido y el actuador para generar el movimiento, en este caso, un cilindro neumático el mismo que debe cumplir con las necesidades de producción.

Por último se usó como recurso de dimensionamiento y simulación paquetes de modelado 3D como son *inventor* y *solidworks* que son los más utilizados por su variedad de aplicaciones.

Palabras clave: producción, dosificadora neumática, aire comprimido, actuador, dimensionamiento, modelado.

ABSTRACT

The present project is composed of the design and construction of a pneumatic shampoo dosing machine with a capacity of 100 liters in one hour, for the use of the company "Fundación Familia Salesiana Salinas". As a first point to be discussed, a preliminary study was carried out to know the current situation of the company related to the field of resources and labor used by the company for the production of natural shampoo of medicinal herbs.

A feasibility analysis of the possible alternatives favoring the increase of shampoo production was carried out, reaching a final consensus that the pneumatic dispenser is the best option to meet the needs required by the company, initially the indicated materials were determined for the manufacture of the machine as well as its dimensioning, in the case of the elements that are in direct contact with the shampoo such as the hopper, the dosing cylinder, the nozzle and the spring, it was decided to select stainless steel of the AISI standard 316, for the generation of movement a pneumatic system was used which comprises the compressor acting as the source of compressed air and the actuator to generate the movement in this case a pneumatic cylinder which must meet the production needs.

Finally, 3D modeling packages such as inventor and solidworks were used as dimensioning and simulation resources, which are the most used for their variety of applications.

Keywords: production, pneumatic metering, compressed, air, actuator, sizing, modeling.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en la Fundación Familia Salesiana Salinas ubicada en la Provincia de Bolívar, Cantón Guaranda se fabrican varios productos artesanales, uno de ellos es el shampoo de hojas medicinales naturales del sector. La temática a tratar es el método utilizado para llenar los envases de shampoo, el mismo que se realiza de forma manual. Este no es eficiente por el hecho que no se tiene precisión al momento de envasar y el volumen de producción es bajo por lo que no satisface las necesidades. Uno de los factores más relevantes a considerar es qué método se puede utilizar para automatizar el proceso de envasado del shampoo.

El problema, además, se enfoca en la manipulación incorrecta del producto ya que los trabajadores están en contacto directo con el shampoo lo que puede ocasionar un nivel alto de contaminación del producto, lo cual es factible en artículos de higiene personal porque entran en contacto con el sujeto que los utiliza. Con la dosificadora de shampoo se busca evitar este tipo de riesgo directo.

La investigación propuesta busca implementar los conocimientos adquiridos a lo largo de la Carrera, para encontrar una mejora en el proceso de producción de envasado, con el fin de satisfacer la necesidad de producción requerida por la “Fundación Familia Salesiana”. Para llevar a cabo este objetivo planteado es necesario diseñar una máquina dosificadora que aumente el proceso de envasado y mejore de manera considerable los niveles de producción de la Empresa. La importancia de llevar a cabo el proyecto es la de brindar un mejor servicio a los consumidores debido a que el producto que se va a comercializar es de consumo masivo y existe mucha competencia en el mercado. Es importante implementar una máquina dosificadora que sea viable en cuanto a los costos de inversión y de esta manera recuperar la inversión inicial en un tiempo prudente, generando de esta manera mayores ganancias a la “Fundación Familia Salesiana”.

Hoy en día con el continuo desarrollo de la tecnología, se ha buscado mejorar los procesos de producción por medio de la implementación de maquinaria automatizada, para así lograr aumentar los estándares de producción con respecto a la calidad del producto y a la capacidad productiva de la fábrica, como es el caso de la “Fundación

Familia Salesiana”, la cual se dedica a la elaboración y venta de productos de aseo personal.

Uno de los productos principales que produce la “Fundación Familia Salesiana” es el shampoo de hierbas medicinales, en el cual el proceso de envasado es una parte fundamental en el producto terminado, para este proceso se utiliza un proceso manual, el cual no satisface las necesidades de producción requeridas por la fábrica ya que el proceso carece de utilización de tecnología por el hecho que es realizado de forma manual, lo que limita la precisión y capacidad de envasado del producto.

Este estudio tiene como objeto implementar un mecanismo automatizado que remplace el método actual de envasado utilizado por la fábrica, para lo cual se realizará la presente investigación, observando qué método es el óptimo para este proceso. Entonces se realizarán algunas propuestas con la finalidad de obtener la más viable y que cumpla con las necesidades de la Empresa.

El objetivo general es diseñar y construir una máquina dosificadora de shampoo con capacidad de 100 litros/hora para la “Fundación Familia Salesiana Salinas”.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar el proceso de envasado del shampoo de hojas medicinales en la Fundación Familia Salesiana Salinas.
- Diseñar una máquina dosificadora de shampoo, con el apoyo de un software especializado.
- Seleccionar los materiales y componentes que cumplan con las normas requeridas, con la ayuda de catálogos técnicos para verificar las propiedades de cada material y sus aplicaciones.
- Verificar el adecuado funcionamiento de la dosificadora de shampoo a base de pruebas de campo.
- Evaluar la rentabilidad de la dosificadora automática en la planta Fundación Familia Salesiana Salinas.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Historia del shampoo

El shampoo nació por la necesidad de aliviar problemas de salud causados por la acumulación de partículas contaminantes en el cuero cabelludo, las cuales producían irritación en la piel.

El shampoo es un producto relativamente joven, cuyo uso se debe a un peluquero alemán que vivió en el siglo XX, el objetivo de crear el shampoo era el de substituir a la ceniza de las chimeneas que se utilizaba en ese entonces para limpiar el cabello.

Después de haber realizado varios experimentos con diferentes sustancias, el hombre elaboró una mezcla de polvos de jabón los cuales se podían disolver con facilidad en agua; sin embargo, la sustancia utilizada en ese entonces era muy distinta a la que se conoce en la actualidad, pues está no producía espuma [11].

1.2 Elaboración de shampoo en la provincia de Bolívar, parroquia Salinas de Guaranda.

A partir del año 1970, el pueblo de Salinas de Guaranda ubicada en el centro sur del país, apostó al Cooperativismo de la Comunidad Salinas para de esta manera enfrentar la pobreza y marginación. Con la ayuda de voluntarios extranjeros, la Misión Salesiana y el impulso que ofreció la iglesia en la del Monseñor Candido Rada.

En el año 1997 gracias a la Ingeniera Martha Alessandrini (Cubana) se comenzó a implementar los objetivos que tenían, valorizando los vegetales de la zona, pero sobre todo, las esencias de los mismos. Con el asesoramiento técnico del Ingeniero Alfredo Cattán se logró instalar el primer destilador. Por medio de su trabajo, la Empresa de Aceites Esenciales valoriza los recursos naturales que ofrece el páramo andino y de esta manera se rescata la medicina natural y tradicional [12].



Figura 1. Destilador industrial para aceites esenciales modelo AE-10 [13]

La variedad de productos que producen como infusiones (arquitecto, ataco, chuquiragua, hierba luisa, ñachag, mashua, menta, ortiga, te de la vida y toronjil), aceites esenciales (ciprés, eucalipto, hierba luisa, palo santo, pino, romero y verbena), pomadas (baba de caracol, ciprés, eucalipto, pino y verbena) y shampoo de (aguacate, ñachag ortiga y romero) [12].



Figura 2. Líneas de shampoo del Salinerito. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

El shampoo de hierbas naturales es un producto que se comercializa recientemente. Este tiene un reconocimiento importante debido a las propiedades medicinales de las plantas utilizadas para su fabricación como es el romero, la ortiga, ñachag y las hojas del aguacate.

1.3 Producción de shampoo

1.3.1 El shampoo

Según la Norma INEN 2867, el shampoo es considerado un producto cosmético. Se define como una sustancia o formulación de aplicación local, utilizada en las diferentes partes superficiales del cuerpo humano como: epidermis, sistema capilar y sistema piloso, cuya finalidad es la de limpiar, modificar, proteger y prevenir olores corporales.

De manera más general, el shampoo es un producto para el cuidado del cuero cabelludo, usado para limpiarlo de la suciedad, grasa acumulada en las glándulas sebáceas, escamas de la piel y limpieza profunda de partículas contaminantes del ambiente que se encuentran en el cabello [14].

1.4 Producción del shampoo artesanal

1.4.1 Extracción de plantas naturales de la zona

El primer paso para la elaboración artesanal del shampoo consiste en la recolección de plantas silvestres de la zona, las cuales son recolectadas por agricultores de la zona con experiencia en plantas silvestres; algunas de las principales que se utilizan para el proceso de fabricación del shampoo son la ortiga y el romero.



Figura 3. Recolección de plantas medicinales para la extracción de la esencia [15]

1.4.2 Proceso de destilado de la esencia

Como paso siguiente se procede a la extracción de la esencia, el método que utiliza la “Fundación Familia Salinas” para extraer los aceites esenciales es la destilación por arrastre de vapor. A partir de este método, la materia prima al ponerla en contacto con vapor de agua sin la utilización de algún agente químico asegura una alta calidad y pureza de la esencia extraída. [16].



Figura 4. Proceso de destilación de esencia por arrastre de vapor [16]

1.4.3 Proceso de mezcla de ingredientes

Una vez que se ha obtenido las esencias de las plantas medicinales en este caso el romero y la ortiga, se procede a realizar la mezcla de forma manual ya que si se utiliza un mecanismo para hacerlo puede producir una perturbación en la mezcla (espuma), se utilizan compuestos para dar fragancia agradable, proporcionar limpieza y dejar el cabello lustroso. Son las características que debe cumplir el shampoo.



Figura 5. Proceso de mezclado de los ingredientes del shampoo. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

1.4.4 Dosificado del shampoo

El último proceso a realizarse es el envasado del shampoo en los envases plásticos de 240 y 400 ml, para ello se utiliza la ayuda de un embudo el cual se coloca en el envase para proceder a introducir el contenido del envase en este caso el shampoo. Este proceso es el que conlleva mayor cantidad de tiempo por el hecho de que se lo realiza de forma manual, provocando que no haya una precisión y control del ritmo de producción adecuado por lo que se produce un cuello de botella en esta parte del proceso de fabricación de shampoo. El shampoo se encuentra en un recipiente de 15 litros que es donde se realiza todo el proceso de mezcla, tarda alrededor de un minuto para ser envasado de forma manual sin contar que no siempre se obtiene el mismo tiempo de llenado.



Figura 6. Proceso de envasado del shampoo. . Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

1.5 Máquinas dosificadoras industriales

Según García [17], el principio de funcionamiento de una dosificadora es controlar la concentración del producto y asegurar una mezcla homogénea como resultado final.

Un dosificador se encarga de regular de manera uniforme el llenado o envasado de algún producto que puede ser sólido, líquido o gaseoso de acuerdo a la aplicación para lo cual se lo requiera, por medio de este dispositivo se busca tener precisión en el envasado.

1.5.1 Tipos de dosificadores

De manera que menciona García [17], para seleccionar el dosificador más eficiente se debe tomar en consideración los siguientes parámetros más importantes:

- Características de la sustancia que se va a manipular.
- Precisión deseada.
- Despacho de componentes.
- Cantidad del producto necesaria.
- Modo de uso.

1.5.1.1 Dosificadores volumétricos.

Se utiliza, principalmente, para dosificar productos homogéneos como pueden ser algunos cereales, diferentes granos, líquidos viscosos y polvos [18].

1.5.1.2 Dosificadores por pistón

Los dosificadores por pistones trabajan según el principio de dosificación volumétrica, es decir, el volumen de material descargado viene determinado mecánicamente por la geometría y la elevación del cilindro correspondiente. El cilindro se rellena con material de encapsulado mediante la carga por parte de la unidad de alimentación de material correspondiente [19].

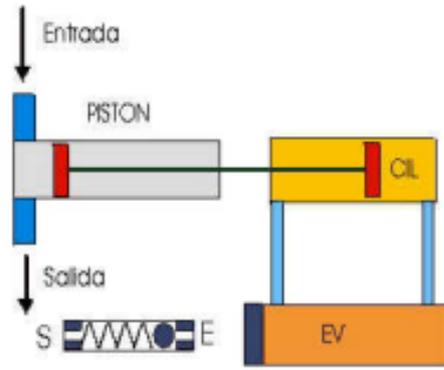


Figura 7. Dosificadora de pistón [19]

1.6 Tolvas de almacenamiento

Son aquellos dispositivos que su función es almacenar un producto y descarga del mismo, se utiliza en diferentes tipos de industrias. Existe una variedad de formas geométricas entre las más comunes tenemos circulares, rectangulares y cónicas. La capacidad de una tolva depende de las necesidades que tenga la empresa que va a utilizarla [20].

1.6.1 Tolva con dosificador de pistón.

Se utiliza para el abastecimiento de alimentos líquidos y semilíquidos. En este caso la tolva es hermética conteniendo en su interior líquido que se va a distribuir por medio del desplazamiento del pistón por el interior de la tolva. Se puede utilizar para líquidos viscosos y líquidos normales [21].



Figura 8. Dosificadores con pistón [21]

1.7 Sistema neumático

Según Condoy [22] un sistema neumático es aquel que requiere de una alimentación por medio de aire comprimido, la cual es generada por un compresor de aire. Este tiene como propósito la transmisión de energía para mover y hacer funcionar mecanismos, dicha transmisión de energía produce una fuerza mediante los actuadores lineales o rotativos, fines de carrera, sensores y captadores, y se efectúa mediante válvulas exclusivamente neumáticas; es decir el mando, la regulación y la automatización es totalmente neumática.

1.7.1 Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos son aquellos mecanismos que transforman la energía del aire comprimido en trabajo mecánico por medio de un movimiento lineal o de motores. Estos se clasifican en [22] :

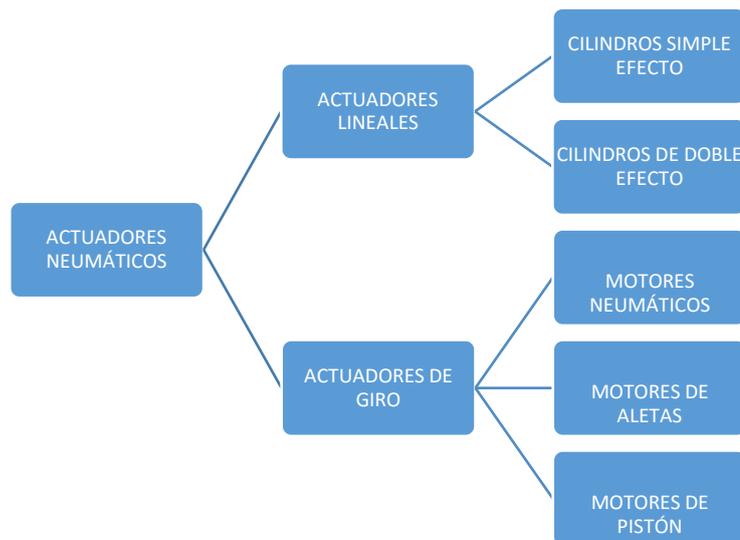


Figura 9. Menefacto de los actuadores neumáticos [22]

Los actuadores neumáticos son los generan una fuerza lineal, según menciona Condoy [22] transforma su energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo. Esto quiere decir que su velocidad, aceleración son constantes. Poseen fines de carrera de avance y retroceso de la misma.

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que

emplean las dos caras del embolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos [23].

Las direcciones con las que procede a ejecutarse el cilindro doble efecto son las siguientes [22]:

- 1-2 Aire comprimido empuja al embolo hacia afuera.
- 2-1 Aire comprimido empuja al embolo hacia dentro.

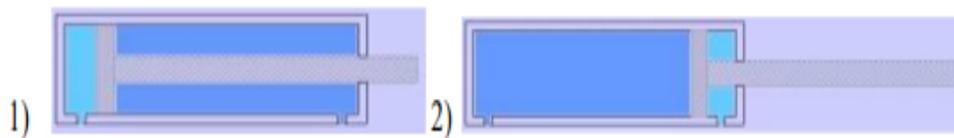


Figura 10. Cilindro de doble efecto [24]

1.8 Válvulas neumáticas

Son aquellos dispositivos que permiten el control y la regulación del flujo de aire comprimido. Su función es análoga a la que realizan los interruptores y conmutadores en los circuitos eléctricos, de forma que permiten gobernar el estado de los actuadores neumáticos y controlar el funcionamiento del circuito [25].

1.8.1 Válvula biestables

Son aquellas que no tienen una única posición de reposo; es decir, que aunque se anule la señal que provocó la posición en la que se encuentra, la válvula seguirá en esa misma posición hasta que se active la señal correspondiente a una nueva posición [26].

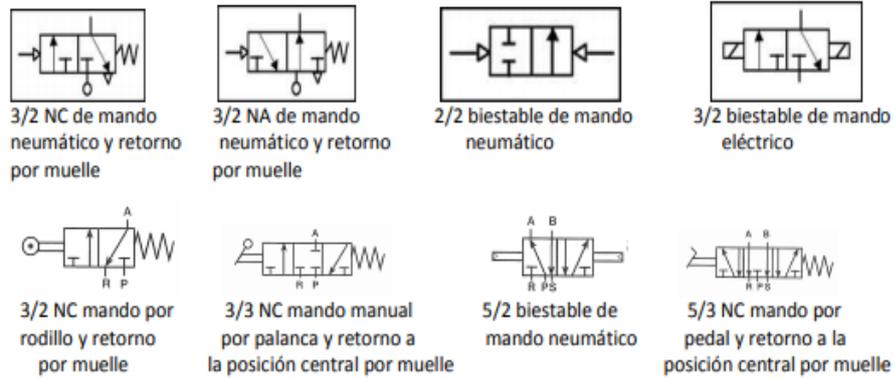


Figura 11. Válvulas biestables [26]

La válvula neumática biestable de 5/2, es accionada por aire comprimido en ambos lados, memorizar su estado de conmutación. Las válvulas conmutan a conexión 14 o 12 al recibir señales neumáticas alternas. Al retirar la señal, el estado de conmutación se mantiene hasta que la válvula vuelve a recibir una señal [27].

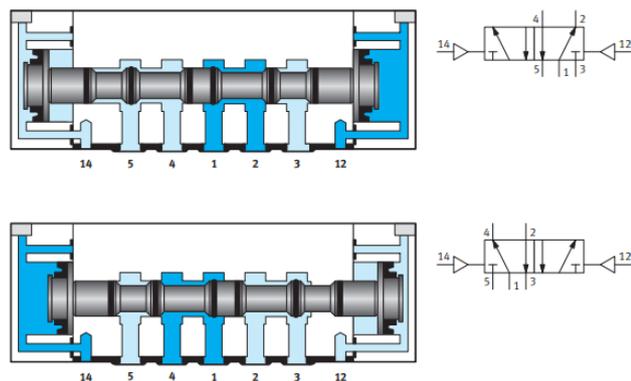


Figura 12. Válvula neumática biestable de 5/2 con corredero longitudinal- dibujo en sección y símbolo [27]

1.8.2 Válvula reguladora de caudal

Este tipo de válvulas, permiten inyectar mayor o menor cantidad de aire a componente de un circuito neumático. Esto se logra mediante una estrangulación variable en un alojamiento; por este, circula el aire comprimido que se desea regular [28].

1.8.3 Válvula estranguladora de presión

Las válvulas estranguladoras se utilizan en su preferencia para las instalaciones hidráulicas y que fluyen en el caudal gracias a un estrechamiento ajustable de sección, según la norma DIN-ISO 1219. El caudal de estas válvulas depende de la presión diferencial y de la viscosidad [29].

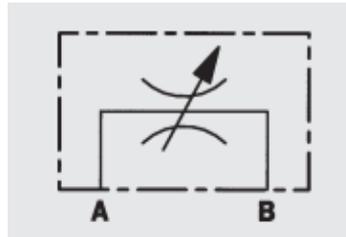


Figura 13. Válvula estranguladora de presión [29]

1.8.4 Unidad de mantenimiento

Es un circuito neumático que requiere de una alimentación para trabajar. En este caso se alimenta de aire comprimido; este tiene que pasar por una etapa llamada acondicionamiento, previo a ser entregado al circuito, se realiza esto para evitar daños en los componentes neumáticos que componen la unidad de mantenimiento y a su vez para extender su vida útil [28].

1.8.4.1 Filtro de aire

Su función principal es extraer del aire comprimido todas las impurezas (Partículas de metal, agentes extraños, suciedad, etc.) y el agua condensada. En la actualidad las maquinas actuales que se alimentan de aire requieren de un aire de excelente calidad, de lo contrario las impurezas podrían causar daños en sus partes internas, por lo que es de suma importancia conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido [30].

1.8.4.2 Regulador de presión

Es aquel que disminuye la presión que entra a los elementos neumáticos, desde el compresor, es decir, si el compresor trabaja con 150PSI pero la maquina funciona a 80PSI con la ayuda del manómetro disminuye la presión sobrante del compresor, normalmente se deja a la presión que el fabricante sugiere para tener una operación correcta [31].



Figura 14. Regulador de presión [31]

1.8.4.3 Trampas de aire

Son aquellas que descargan continuamente el condensado de las tuberías de aire, tanques acumuladores, sistemas de aire y gas comprimido.

La mayoría de ellas pueden ser suministradas con una tubería de balance de presión para asegurar que el aire escape del cuerpo de la trampa y prevenir el bloqueo por aire [32].

1.9 Materiales y accesorios a utilizar en la dosificadora de shampoo

Al optar y conseguir los materiales y accesorios se debe tomar en consideración que se comercialicen en el país. Teniendo en cuenta la oferta y la demanda de los mismos. En la Tabla 1 se muestra la selección para la construcción de la dosificadora de shampoo.

Tabla 1. Selección de materiales

Detalle	Acero inoxidable AISI 304	Acero inoxidable AISI A-316	Perfil Estructural ASTM A-36	Alambre de acero inoxidable	Poliduro
Estructura			X		
Tolva		X			
Resorte cónico				X	
Sellos mecánicos					X
Empaques del cilindro					X
Cilindro dosificador		X			
Boquilla		X			
Abrazaderas de fijación	X				

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

1.9.1 Acero inoxidable 304

Este acero tiene propiedades adecuadas para variedad de aplicaciones. Se utiliza en la industria alimenticia y farmacéutica, ya que es resistente a la corrosión. El tipo 304 contiene baja cantidad de carbono lo que se evita la precipitación de carburos durante periodos prolongados de alta temperatura. Se considera un material muy satisfactorio para la mayoría de las aplicaciones con soldadura [34].

Tabla 2. Propiedades del Acero AISI 304 [34]

Propiedades		
Descripción	Valor	Unidades
Resistencia a la fluencia	45	KSI
Resistencia máxima	90	KSI
Alargamiento máximo	50	Mm
Reducción del área	40	%
Módulo de elasticidad	29000	KSI
Densidad	0,28	Lb/in ³

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

1.9.2 Acero inoxidable 316

Es un acero inoxidable de cromo níquel austenítico que contiene molibdeno. Lo que aumenta la resistencia a la corrosión particularmente contra ácidos sulfúricos, hidroclorehidrico, etc. Soporta altos niveles alcalinos y se utiliza especialmente en la industria alimenticia y farmacéutica [35].

Tabla 3. Propiedades del Acero AISI 316 [36].

Propiedades		
Descripción	Valor	Unidades
Resistencia a la Fluencia	30	KSI
Límite elástico	74	KSI
Alargamiento máximo	40	Mm
Reducción del área	40	%
Módulo de elasticidad	27000	KSI
Densidad	0,28	Lb/plg ³

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

1.10 Soldadura

1.10.1 Soldadura en AISI 316

El acero inoxidable AISI 316 se puede soldar con los diferentes tipos de soldadura, entre ellos la soldadura eléctrica con electrodo revestido (E316L) o proceso SMAW, el proceso de soldadura TIG con barra de Tugsteno, argón como gas protector y en el caso de requerir metal de aporte se usa (316 L-16) para inoxidable y el proceso MIG de alambre tubular continuo con gas protector inerte CO₂ [37].

1.10.1.1. Varilla de aporte E316L

Buena liga en soldadura de aceros inoxidables tipo 316 y 316L, para piezas donde existe corrosión activa por sustancias orgánicas, reactivas y fermento. Para reconstrucción de piezas sometidas a corrosión masiva y temperatura como turbinas compresores intercambiadores de calor [38].

Para el caso de la dosificadora de shampoo el fluido que se va a almacenar posee sustancias reactivas que aumentan la corrosión, de manera que el material de aporte E316L, nos permita tener una mayor confiabilidad en el diseño.



Figura 15. Varilla de aporte E316L [38]

1.10.2 Soldadura en AISI 304

El acero inoxidable tipo 304 requiere menos calor para producir la fusión, lo que esto significa que la soldadura es más rápida para el mismo calor aportado por la fuente de soldeo, o bien, requiere emplear menos calor para la misma velocidad de soldeo [39] . Para el proceso de soldadura del AISI 304 es necesario usar la soldadura TIG con la varilla de aporte E 308.

1.10.2.1. Varilla de aporte E 308

Se recomienda para la soldadura de metales base de composición similar. Para soldadura de aceros inoxidable que contienen 16-21% Cr, 8-13% Ni y altos contenidos de carbono, tipo 304H. Se utiliza en donde el acero inoxidable está sometido a temperaturas de servicios inferiores a 750 °C [40].



Figura 16. Aporte ER 308L-16 [41]

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DEL SHAMPOO

2.1 Análisis de alternativas

La finalidad del presente proyecto es solucionar las necesidades que se encuentran presentes en la producción de la “Fundación Familia Salesiana Salinas”, que se encuentra ubicada en el centro sur del Ecuador, en la Provincia de Bolívar, Capital Guaranda - Parroquia Salinas.

El proceso utilizado, actualmente, para el envasado del shampoo es manual, por lo siguiente no se puede satisfacer la demanda del mercado, de tal manera que la Empresa busca la necesidad de semiautomatizar su proceso con la finalidad de aumentar el volumen de producción y mejorar la calidad del producto al momento de envasar.

Para este proyecto se establecerá dos posibles alternativas:

- Dosificadora Mecánica.
- Dosificadora Neumática.

2.1.1 Dosificadora mecánica

El principio de funcionamiento de la dosificadora mecánica es la transformación del movimiento circular en movimiento lineal. Esto con la ayuda del mecanismo yugo escocés el cual consta de un disco con un eje en posición perpendicular con respecto al disco, el cual rota dentro de una corredera lineal de manera que al girar el disco el eje se desplaza por la corredera la cual toma un movimiento lineal.

El disco se encuentra conectado a un motor reductor, por medio de un sistema de poleas o catarinas, que son encargados de generar el movimiento rotacional, las revoluciones de salida del motor para este sistema influyen en la velocidad de dosificado; es decir que a mayor revoluciones se obtendrá una mayor velocidad lineal en el pistón el mismo que se encuentra unido a la corredera.

La dosificadora, además, consta de un cilindro perfecto, dentro del cual se encuentra el pistón que es el encargado de empujar el fluido ya dosificado previamente almacenado en la tolva, el sistema mecánico posee un *bypass* que permite el paso del fluido esto para regular la cantidad necesaria a envasar.

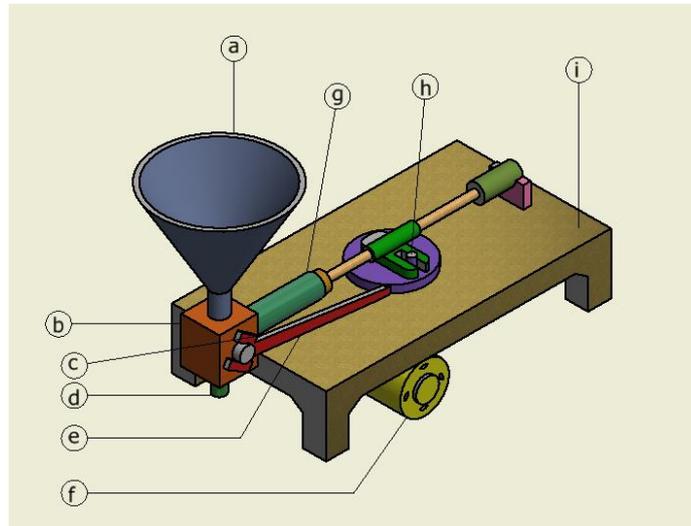


Figura 17. Grafico esquemático de la Dosificadora mecánica. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Componentes principales de la dosificadora mecánica:

- a. Tolva.
- b. Dado del bypass.
- c. Boquilla.
- c. Resorte del eje del balancín.
- d. Motor.
- e. Eje del balancín.
- f. Cilindro de succión.
- g. Pistón - embolo.
- h. Mecanismo leva de disco - seguidor.
- i. Estructura.

2.1.1.1 Ventajas de la dosificadora mecánica

Las ventajas principales de una dosificadora mecánica son:

- Se puede manipular las velocidades del motor eléctrico manualmente.
- Transmite una gran potencia proporcionada por el motor eléctrico para el movimiento de la máquina, tomando en cuenta que el diámetro de la leva sea mayor.
- Los elementos mecánicos utilizados poseen una vida útil más prolongada que algunos sistemas neumáticos.

2.1.1.2 Desventajas de la dosificadora mecánica

Las desventajas principales de una dosificadora mecánica son:

- Para manipular las velocidades del motor eléctrico se necesita de un variador velocidad que debería ser implementado en el motor lo que genera mayores gastos.
- Sus componentes tienen un grado de complejidad mayor, ya que en su fabricación es más complicada que la dosificadora neumática.
- Debido a que su movimiento es mecánico, no posee una alta confiabilidad, y esto hace que su eficiencia disminuya por el movimiento continuo.
- Para este sistema es indispensable utilizar un reductor de velocidad, como son los motores reductores, sistemas de poleas o engranes.

2.1.2 Dosificadora neumática

La alternativa de la dosificadora neumática, trabaja con el mismo principio de una dosificadora mecánica, la diferencia radica en que la dosificadora neumática posee un pistón neumático que es el encargado de mover el embolo dosificador, es decir que para este sistema es necesario el uso del aire comprimido, el mismo que es suministrado por el compresor, el control del nivel dosificado se encuentra a cargo de las válvulas y los reguladores de presión.

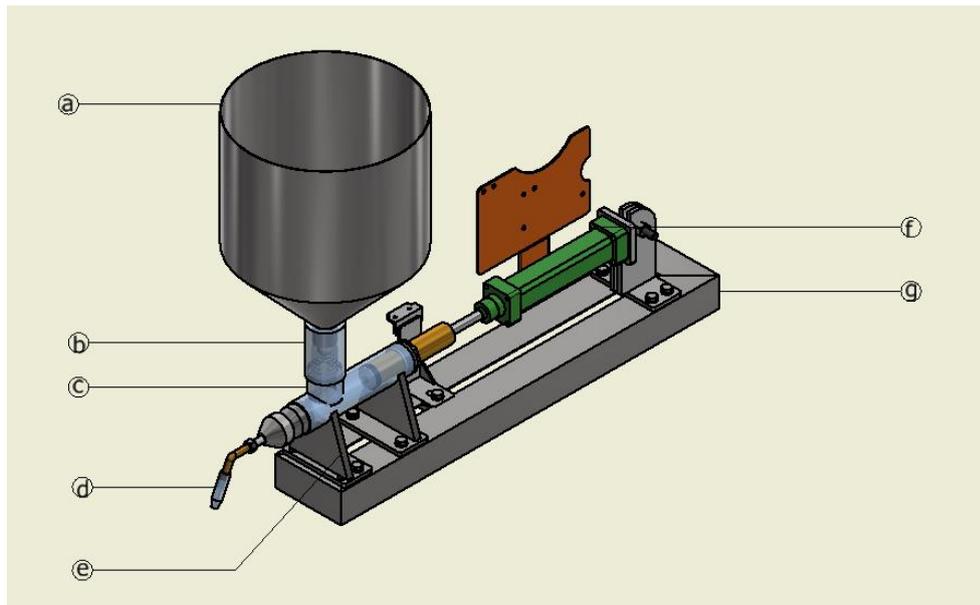


Figura 18. Esquema dosificadora neumática. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Partes principales de la dosificadora neumática.

- a. Tolva.
- b. Acople de tolva.
- c. Válvula T.
- d. Boquilla.
- e. Férula.
- f. Cilindro perfecto.
- g. Sujetador.
- h. Cilindro principal.
- i. Estructura.

2.1.2.1 Ventajas de la dosificadora neumática

Las principales ventajas de la dosificadora neumática son:

- El tipo de ensamble es más sencillo, debido que todos sus componentes son desmontables y su peso relativamente menor que los elementos de la dosificadora mecánica.
- El aire comprimido proporciona un consumo de energía adecuado, garantizando que no exista paros en la producción y evitando desperdicio de material.

- Los elementos neumáticos pueden estar saturados con el aire comprimido hasta llegar a una cierta presión, sin correr el riesgo de sobrecarga o calentamiento.
- Corto tiempo de fabricación.

2.1.2.2 Desventajas de la dosificadora neumática

Las principales desventajas de la dosificadora neumática son:

- Para el correcto mantenimiento del sistema es importante la supervisión de un técnico.
- El aire comprimido debe permanecer alejado de suciedad y la condensación no debe estar presente.
- Se requiere una buena preparación para el uso del aire comprimido.
- Cuando existen fugas de aire, la emisión puede ser perjudicial al sistema auditivo.
- Algunos elementos neumáticos poseen una vida útil más corta, que los elementos que se maquinan.

2.2 Selección de la alternativa apropiada.

Para seleccionar la alternativa más apropiada, se toma en consideración los factores más importante, tales como:

- a.** Su tamaño.
- b.** El peso.
- c.** Los costos de fabricación.
- d.** El tiempo de fabricación.
- e.** Facilidad de montaje y desmontaje.
- f.** Operación.
- g.** Mantenimiento.
- h.** Resistencia a la corrosión
- i.** El ruido que genera.

De tal manera analizando los factores que inciden para la elaboración de la dosificadora, de ha realizado la siguiente tabla 4, evaluando las alternativas propuestas y comparándolas entre ellas.

Tabla 4. Evaluación de alternativas.

FACTORES DE APROBACION DE LAS ALTERNATIVAS.						
N°	Criterios de Ponderación	Factor de Importancia	Alternativa Ideal	Alternativa ideal ponderada	Evaluación	
					Dosificadora Mecánica	Dosificadora Neumática
1	Tamaño	0,9	10	9	7	8
2	Peso	0,5	10	5	6	5
3	Costos	0,9	10	9	9	8
4	Tiempo de fabricación	0,9	10	9	4	7
5	Facilidad Montaje	0,6	10	6	4	7
6	Operación	0,9	10	9	6	8
7	Mantenimiento	0,8	10	8	6	5
8	Resistencia a la corrosión	0,6	10	6	4	6
9	Ruido	0,7	10	7	6	5
	TOTAL		90		52	59
					2	1
	ORDEN DE SELECCIÓN					

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Observando los resultados obtenidos del cuadro comparativo, se llegó a la conclusión que la alternativa 1, dosificadora neumática, es la más favorable para la construcción.

2.3 Selección de elementos normalizados

2.3.1 Estudios y selección de alternativas

Para la selección de los elementos que conforman la máquina, se debe tener en cuenta ciertos factores importantes, tales pueden ser: costos, vida útil, tiempo de fabricación, facilidad del montaje, productibilidad, mantenimiento, entre otros y condiciones que no alteren al proceso productivo como temperatura o velocidad del fluido.

Para verificar un correcto análisis, la dosificadora se subdivide en los siguientes grupos de elementos:

- Diseño de la estructura.
- Sistema de almacenamiento.
- Sistema Neumático.
- Sistema de bloqueo.
- Sistema de sujeción.

2.3.1.1 Diseño de la Estructura

Para el diseño de la estructura de la dosificadora es muy importante ya que se hace una búsqueda de un diseño óptimo, necesario para acoger a todos los elementos de la dosificadora para el correcto funcionamiento de la misma.

Para analizar el diseño más adecuado, se hará el análisis de dos alternativas propuestas perfectamente aplicables:

- **Alternativa A:** Estructura con acero inoxidable.
- **Alternativa B:** Estructura con perfiles ASTM A36.

Alternativa A.

La estructura con acero inoxidable posee características que lo diferencia como pueden ser: alta resistencia a la oxidación y corrosión. Resistiendo a medios ácidos y temperaturas elevadas.

- **Ventajas:**

Mayor durabilidad.

Es resistente para ambientes húmedos.

Mantenimiento más fácil.

- **Desventajas:**

Elevados costos de fabricación.

Es necesario usar suelda especial para unir los elementos.

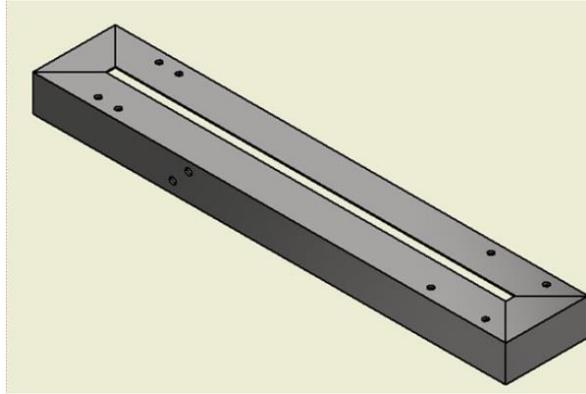


Figura 19. Base Inox AISI 304. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Alternativa B.

La estructura con perfiles ASTM A36 son aleaciones de carbono, se caracterizan por su gran firmeza y la mayor resistencia.

- Ventajas:

Rapidez de montaje.

Permite soportar deformaciones (Ductilidad).

Absorbe grandes cantidades de energía (Tenacidad).

Es más económico para su construcción.

- Desventajas:

No soporta ambientes abiertos (sufre de corrosión).

Elevados costos de mantenimiento, por lo que están expuestos a la corrosión. debe estar pintados periódicamente.

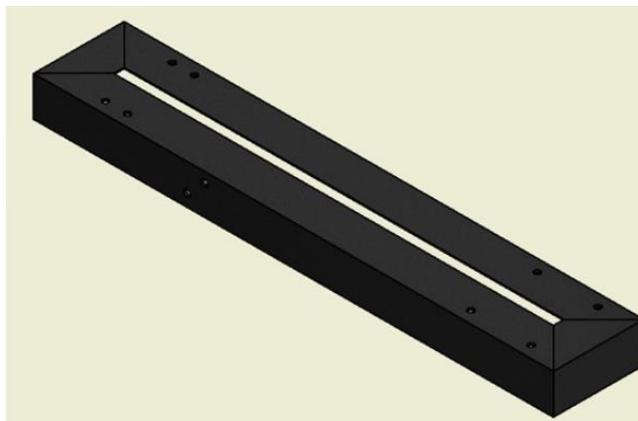


Figura 20. Base de ASTM 26. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

2.3.1.2 Sistema de Almacenamiento

Siendo el sistema de almacenamiento un elemento principal para la dosificadora, se presenta las siguientes alternativas, considerando la capacidad que debe soportar la tolva para almacenar el líquido a dosificar.

- **Alternativa A:** Tolva cuadrada.
- **Alternativa B:** Tolva cónica.

Alternativa A.

Posee una forma geométrica cuadrada en la parte superior, a la cual se le suelda una parte inferior en forma de pirámide, que es la que permite el paso para la descarga del producto a dosificar.

- **Ventajas:**

Su fabricación es más simple.

Fácil de reparar.

La capacidad de carga es mayor.

- **Desventajas:**

Mayor resistencia al rozamiento.

Más acumulación de producto.

Mayor cantidad de suelda para su construcción, lo que implica un costo más elevado.



Figura 21. Tolva cuadrada [42]

Alternativa B.

La tolva cónica se utiliza de preferencia para almacenar líquidos, está formada por una parte superior en forma de cilindro y un aparte inferior cónica, la cual permite la descarga del producto, su configuración permite el paso continuo del fluido a dosificar.

- Ventajas:

Menos cantidad de material para su fabricación.
No hay acumulación del producto en las paredes.
Vida útil larga.

- Desventajas:

Construcción más compleja.
Mayor desperdicio de material.
Se requiere de mayor precisión para unir sus partes.

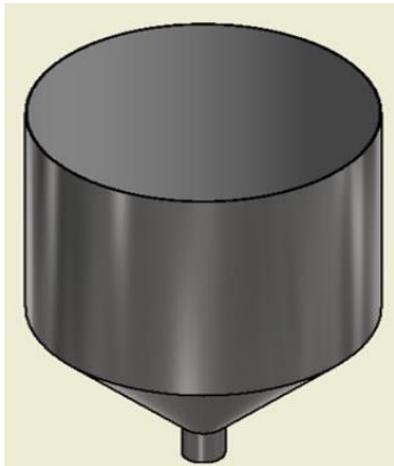


Figura 22. Tolva Cónica. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

2.3.1.3 Sistema Neumático

Son aquellos que utilizan aire u otro gas como medio de funcionamiento, permite transformar el aire comprimido en trabajo (energía mecánica), esta energía da movimiento al actuador, el mismo que se utiliza para diferentes aplicaciones.

- **Alternativa A:** Cilindro simple efecto.
- **Alternativa B:** Cilindro doble efecto.

Alternativa A.

En los cilindros simple efecto solo se puede aplicar la presión del aire comprimido a un lado del embolo, ya sea a la entrada o salida del cilindro.

Estos cilindros generan trabajo en un solo sentido, el retorno del vástago se da por medio de un muelle.

- Ventajas:

Menor consumo de aire.

Menos costosos debido a su configuración.

Instalación más reducida.

- Desventajas:

Las carreras de los vástagos son limitadas, debido que la elongación de los muelles no soportar deformaciones altas.

Vida útil reducida.

Menor precisión al momento de controlar las carreras en el cilindro.



Figura 23. Cilindro de simple efecto [43]

Alternativa B.

En los cilindros doble efecto la presión del aire comprimido se aplica en las dos cámaras del cilindro entrada y salida, el trabajo realizado por el cilindro es en ambos sentidos. La fuerza de avance es mayor que la fuerza de retroceso. Esto se debe a que en el retroceso el área efectiva es menor.

- **Ventajas:**

La carrera en estos cilindros puede ser de hasta 500mm.

El control es más exacto en la entrada y salida del vástago.

Vida útil más confiable.

- **Desventajas:**

Mayor consumo de aire comprimido.

Su costo es más elevado.

Se necesita más accesorios para su instalación.



Figura 24. Cilindro doble efecto [43]

2.3.1.4 Sistema de bloqueo

El sistema de bloqueo es el encargado de cortar el paso del fluido, con la finalidad de obtener un volumen determinado y evitar las pérdidas del producto al momento del dosificado.

- **Alternativa A:** Resorte cónico.
- **Alternativa B:** Bypass.

Alternativa A

Este sistema de bloqueo trabaja con un resorte de compresión, el mismo que permite el paso del fluido cuando se aplica una fuerza de succión, la cual actúa como una fuerza normal perpendicular al resorte haciendo que este se deforme.

- **Ventajas:**

Costo de fabricación reducido.

Mantenimiento más sencillo.

La instalación no requiere de accesorios externos.

- **Desventajas:**

Los resortes tienden a perder su elasticidad con el uso.

Se requiere una mayor fuerza para deformar al resorte.

La sincronización debe ser perfecta con respecto a la succión del cilindro.

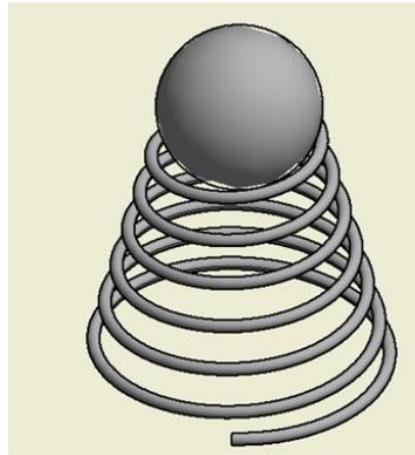


Figura 25. Resorte cónico. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Alternativa B.

El sistema de bypass está conformado por un dado en el cual internamente se encuentra un codo interno de 90°, el cual está conectado a un cilindro neumático permitiendo así la rotación del mismo para dar paso o bloquear el fluido.

- **Ventajas:**

La confiabilidad de funcionamiento es más alta, debido a su precisión.

Se reduce la pérdida de producto.

La vida útil es más alta.

- **Desventajas:**

Costos de fabricación elevados.

Se requiere mayor cantidad de accesorios externos para su instalación.

Su mantenimiento es más complejo.

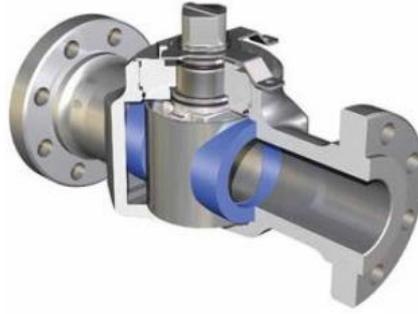


Figura 26. Valvula de bloqueo (Bypass) [44]

2.3.1.5 Sistema de sujeción

Los sistemas de sujeción son los encargados de posicionar y unir los componentes que se van a ensamblar, su principal característica es la de mantener fijas las uniones y en este caso crear hermeticidad para que no exista fugas del producto.

- **Alternativa A:** Abrazaderas de acople rápido.
- **Alternativa B:** Uniones roscadas.

Alternativa A.

Son elementos de sujeción los cuales tienen diferentes configuraciones, el principio de funcionamiento es el de aplicar presión para crear un cierre en la abrazadera que nos permita sujetar un componente, para ello se necesita de un elemento que produzca la fuerza de cierre.

- **Ventajas:**

Instalación sencilla.

Mantenimiento más económico.

Son elementos estandarizados por lo que poseen una mayor precisión.

- **Desventajas:**

Vida útil no es muy prolongada.

No son muy comunes en el mercado, por lo que su adquisición es compleja.

Los costos son elevados.



Figura 27. Abrazadera cierre rápido [45]

Alternativa B.

Son sistemas de fijación por medios de roscas, las cuales nos permite acoplar dos elementos, por el principio de tuerca y tornillo. Las roscas poseen crestas uniformes en forma de hélice las mismas que deben tener un paso determinado para una correcta unión.

- Ventajas:

Vida útil es más prolongada.

Facilidad de montaje.

Permite la unión de elementos con materiales diferentes.

- Desventajas:

Costos de fabricación más elevados.

Los elementos quedan comprimidos en la unión.

Con el tiempo y la corrosión puede existir un deterioro en la unión lo que dificulta al desmontaje.



Figura 28. Uniones Roscadas. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

2.3.2 Ponderaciones para la elección de alternativas propuestas

Este método de evaluación es la búsqueda de las alternativas más viables, partiendo del diseño conceptual y descartando las alternativas menos factibles del diseño ordinario. Valorizando el peso de cada criterio propuesto, de tal manera obteniendo resultados favorables y significativos.

2.3.2.1 Diseño de la estructura

Para la valoración y puntuación de cada una de las alternativas propuestas se debe considerar los siguientes criterios propuestos:

- **Fiabilidad:** El diseño debe albergar todas las partes de la dosificadora, brindando seguridad y estabilidad de la misma.
- **Facilidad del diseño y del montaje:** El diseño debe tener una configuración simple, permitiendo facilidad y rapidez en la instalación.
- **Costos:** Garantizar el diseño de la estructura desempeñe alto nivel de seguridad a bajos costos, lo que refleja un buen diseño.
- **Peso:** La estructura debe tener un peso proporcional a la dosificadora, ya que esta va albergar todas sus partes.

Tabla 5. Valoración del diseño de la estructura.

CRITERIOS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	TOTAL
Fiabilidad	1	0,6	1,6
Diseño	0,8	0,8	1,6
Costo	0,7	0,8	1,5
Peso	0,8	0,9	1,7
TOTAL	3,3	3,1	

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Conclusión: Realizando el análisis del método de evaluación, se determina que la alternativa más viable es la opción A, la cual menciona a la estructura con acero inoxidable (Tabla 5).

2.3.2.2 Sistema de almacenamiento

Para la valoración y puntuación de cada una de las alternativas propuestas se debe considerar los siguientes criterios propuestos:

- **Fiabilidad:** El sistema de almacenamiento debe brindar soporte a todo el fluido que va albergar.
- **Facilidad del diseño y del montaje:** El sistema de almacenamiento debe tener una configuración simple, permitiendo facilidad del desmontaje para realizar la limpieza óptima del mismo.
- **Costos:** Garantizar el correcto almacenamiento del producto a bajo costo.
- **Peso:** El sistema de almacenamiento debe ser ligero, pero a su vez ser muy resistente, ya que en este se almacena todo el fluido a dosificar.

Tabla 6. Valoración del sistema de almacenamiento.

CRITERIOS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	TOTAL
Fiabilidad	0,8	0,7	1,5
Diseño	0,6	0,7	1,3
Costo	0,7	1	1,7
Peso	0,7	1	1,7
TOTAL	2,8	3,4	

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Conclusión: Mediante el método de evaluación se concluye que la alternativa B es la más viable, debido a su forma cónica que permite el paso continuo del fluido a dosificar (Tabla 6).

2.3.2.3 Sistema Neumático

Para la valoración y puntuación de cada una de las alternativas propuestas se debe considerar los siguientes criterios propuestos:

- **Fiabilidad:** El sistema neumático debe garantizar un desplazamiento óptimo y seguro de los cilindros para la dosificadora.
- **Funcionalidad:** El comportamiento de los cilindros neumáticos, es garantizar el movimiento a un actuador, con cualquier tipo de fluido.
- **Costo:** Los cilindros neumáticos que se ofertan en el mercado nacional deben estar en precios convenientes, garantizando la calidad de ellos.

- **Peso:** Se debe tener en consideración la capacidad que se desea en los cilindros neumáticos, observando en los catálogos que ofrece el mercado nacional.

Tabla 7. Valoración del sistema neumático.

CRITERIOS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	TOTAL
Fiabilidad	0,6	0,8	1,4
Funcionalidad	0,6	0,8	1,4
Costo	1	1	2
Peso	1	1	2
TOTAL	3,2	3,6	

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Conclusión: Mediante el método de evaluación, se llegó a la conclusión que la alternativa más factible es la B, brindando una mayor garantía a momento de su uso (Tabla 7).

2.3.2.4 Sistema de bloqueo

Para la valoración y puntuación de cada una de las alternativas propuestas se debe considerar los siguientes criterios propuestos:

- **Fiabilidad:** El sistema de bloqueo brinda la seguridad de que no se desperdicie el fluido.
- **Funcionalidad:** El sistema de bloqueo impide el paso del fluido, para evitar pérdidas del producto al momento del dosificado.
- **Costo:** Garantizar un buen desempeño en el sistema de bloqueo a bajo costo.
- **Peso:** El sistema de bloqueo no debe exceder el peso, ya que es parte de la dosificadora.

Tabla 8. Valoración del sistema bloqueo.

CRITERIOS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	TOTAL
Fiabilidad	0,7	0,8	1,5
Funcionalidad	0,7	0,7	1,4
Costo	0,7	0,8	1,5
Peso	1	1	2
TOTAL	3,1	3,3	

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Conclusión: Mediante el método de evaluación, se concluye que la alternativa B es la más adecuada para el diseño de la dosificadora, evitando que haya pérdidas del producto.

2.3.2.5 Sistema de sujeción

Para la valoración y puntuación de cada una de las alternativas propuestas se debe considerar los siguientes criterios propuestos:

- **Fiabilidad:** Los sistemas de sujeción permiten mantener fijas las uniones, creando hermeticidad para que no existan fugas del producto.
- **Funcionalidad:** El sistema de sujeción son encargados de posicionar y unir los componentes que se van a ensamblar
- **Costo:** Garantizar un buen desempeño en el sistema de sujeción a bajo costo.
- **Peso:** El sistema de sujeción no deberá exceder el peso, ya que es parte de la dosificadora.

Tabla 9. Valoración del sistema de sujeción.

CRITERIOS	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	TOTAL
Fiabilidad	0,8	0,8	1,6
Funcionalidad	0,7	0,8	1,5
Costo	0,7	1	1,7
Peso	1	1	2
TOTAL	3,2	3,6	

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Conclusión: Analizando mediante el método de evaluación, alternativa B es la fiable ya que brinda mayor seguridad y facilidad del montaje al diseño.

CAPITULO III

CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA DOSIFICADORA DE SHAMPOO

3.1. Introducción

En este capítulo se detalla de manera minuciosa, los componentes más influyentes en el proceso de dosificado de shampoo, así como los criterios que se deben cumplir para un correcto diseño y funcionamiento, tomando en consideración que se propone una máquina que tenga una vida útil muy prolongada, para lo cual es necesario seleccionar los materiales más idóneos para la fabricación, estos parámetros se deben seguir para que la máquina sea eficiente y aumente la producción.

3.2. Diseño de la tolva de alimentación

El diseño de la tolva de alimentación se debe considerar la densidad del shampoo, la cual previamente fue analizada en el Laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, para realizar el cálculo se debe tomar en cuenta las propiedades del material seleccionado en este caso el acero inoxidable AISI 316, el cual es adecuado para el uso de instalaciones farmacéuticas y alimenticias, soportan altos niveles de alcalinidad, es más resistente a la corrosión, por lo tanto cumple con las necesidades requeridas.

Otro criterio muy importante para la selección del material, es la de evitar que exista una contaminación del producto final que se va a entregar, por el hecho que el shampoo siempre entrará en contacto con la tolva y la alcalinidad del producto puede afectar la composición del acero, para ello con la ayuda de catálogos técnicos se selecciona el material más indicado que soporte la corrosión.

El dimensionamiento de la tolva va de acuerdo a la cantidad de producto que se desea envasar, el parámetro planteado al inicio es obtener una capacidad de 100 litros en una hora, los envases son de 400 ml, es decir que un minuto es capaz de llenar 4 botellas, la masa requerida para cargar la tolva se ha determinado de acuerdo al recipiente donde se realiza la mezcla del shampoo el mismo que abarca una cantidad de 15 litros, lo que da como resultado un valor de 15,78 kilogramos de producto, para efecto de cálculos

se toma un valor de 16 kilogramos, para determinar el volumen se utiliza la ecuación (1)

$$V_{tolva} = \frac{m}{\delta} \quad (1)$$

Donde:

δ : Densidad del shampoo 1052,3 $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$.

m : Masa del producto a dosificar 16 [Kg].

$$V_{tolva} = \frac{16 \text{ Kg}}{1052,3 \frac{\text{Kg}}{m^3}} = 0,0152 m^3$$

$$V_{tolva} = 15,2 \text{ Lt}$$

En la Figura 29 se muestra el bosquejo de la tolva, las dimensiones se las calculara de acuerdo al volumen establecido, como dato se tiene que se requiere un diámetro de 32 mm, para que embone en el acople de la tolva.

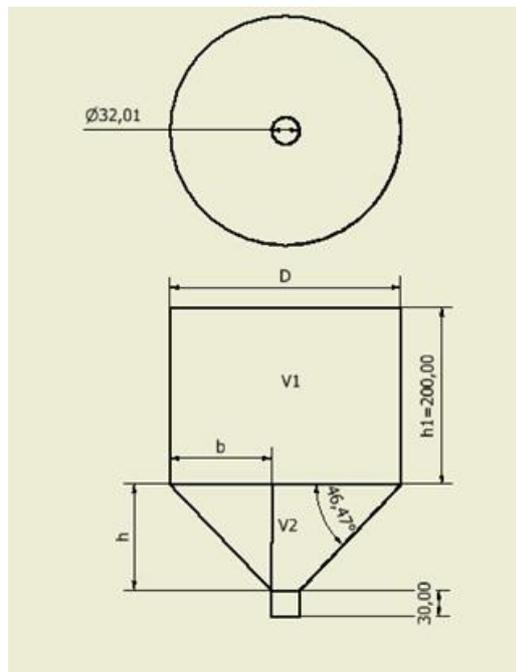


Figura 29. Dimensionamiento de la tolva. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Para determinar el diámetro mayor de la tolva se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = V_1 + V_2 \quad (2)$$

$$V = \left(\pi \frac{h}{3} \times (R^2 + r^2) + (R \times r)\right) + \frac{\pi}{4} (D^2 \times h_1)$$

Para determinar la altura (h), mostrada en la figura 29 se utiliza la siguiente expresión:

$$\tan \alpha = \frac{b}{h} = \frac{R-r}{h} = \frac{R-0,016m}{h} \quad (3)$$

Donde:

α : Ángulo de inclinación de la tolva de almacenamiento [45°]

b : Diferencia entre radio mayor y radio menor de la tolva [mm]

h : Altura de la tolva de almacenamiento [mm]

Despejando la ecuación (3) se obtiene la ecuación (4)

$$\tan 45^\circ = \frac{R - 0,016m}{h}$$

$$h = \frac{R - 0,016m}{1} \quad (4)$$

Igualando la ecuación (2) con la ecuación (4) se obtiene la dimensión del radio mayor de la tolva.

$$1,047 R^3 - 0,628 R^2 + 2,68 \times 10^{-4} R - 0,015 = 0 \quad (5)$$

Resolviendo la ecuación (5) se determina el valor del radio mayor de la tolva.

$$R = 0,139 m = 139 m \quad (6)$$

$$D = 278 \text{ mm}$$

El diámetro sugerido para la tolva es de 278 mm, para facilidad de fabricación el diámetro de la tolva se tomó de 260 mm, esto con el fin de aprovechar las dimensiones en las que viene las planchas de acero inoxidable.

Para determinar la altura necesaria de la tolva se reemplaza la ecuación (6) en la ecuación (3) y se tiene lo siguiente:

$$h = \frac{0,13-0,016m}{0,456} = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm} \quad (7)$$

Para verificar el volumen que abarca la tolva, se utilizó el software *solidworks*, en el esquema mostrado en Anexo 3 , se visualiza el volumen en cada sección de la tolva dando como resultado la suma de los dos volúmenes un total de 16 litros que es aproximadamente lo que se calculó anteriormente.

3.3 Cálculo de la presión ejercida por el fluido en la tolva

Al considerar que el fluido se encuentra estático dentro de la tova se debe realizar el respectivo análisis hidrostático para diseñar la tolva con un espesor adecuado que soporte las cargas distribuidas ejercidas por el shampoo, la ecuación $P = \delta \times g \times h$, es la que sugiere Budynas & Nisbett [46] , es la más común en el análisis hidrostático.

$$P = \delta \times g \times h \quad (8)$$

Donde:

δ : Densidad del shampoo $1052,3 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$.

g : Gravedad de la tierra $9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$.

h : Altura de la tolva de almacenamiento $0,45 \text{ [m]}$.

$$P = 1052,3 \frac{Kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,45 \text{ m}$$

$$P = 4645,37 \text{ [Pa]}$$

Se determina el t (espesor) de la pared que debe ser el recipiente donde se almacena el fluido se realiza un análisis hidrostático en donde se analizan los esfuerzos a los que se encuentra sometido el recipiente, y de acuerdo al material seleccionado se determina el espesor, para ello es necesario utilizar las siguientes ecuaciones.

$$\sigma_t = \frac{P(de-t)}{2t} \quad (9)$$

$$\sigma_l = \frac{Pde}{4t} \quad (10)$$

Donde:

σ_t : Esfuerzo tangencial ejercido por el fluido [Pa].

σ_l : Esfuerzo longitudinal ejercido por el fluido [Pa].

P : Presión ejercida por el fluido 4645,37 [Pa].

de : Diámetro exterior del recipiente o tolva 0,26 [m].

t : Espesor de pared de la tolva [m].

$$\sigma_t = \frac{4645,37 \text{ Pa} \times (0,26 \text{ m} - t)}{2t} = \left(\frac{603,9}{t} - \frac{2322,7}{1} \right) \quad (11)$$

$$\sigma_l = \frac{4645,37 \text{ Pa} \times 0,26 \text{ m}}{4t} = \frac{301,94}{t} \quad (12)$$

Para determinar el espesor de la pared, se utilizara la teoría de esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles, debido a que esta teoría es un predictor aceptable pero conservador de la falla, la cual consta de varios ítems de los cuales se debe seleccionar el más indicado.

$$\sigma_t = \sigma_A \quad (11)$$

$$\sigma_l = \sigma_B \quad (12)$$

El caso utilizado según la teoría del esfuerzo cortante máximo el cual detalla Budynas, Nisbett [46], es el mencionado en la ecuación (13).

$$\sigma_A + \sigma_B = \frac{S_y}{n} \quad (13)$$

Donde:

S_y: Esfuerzo de fluencia acero inoxidable AISI 316

n: Factor de seguridad.

El acero seleccionado para fabricar la tolva de almacenamiento va de acuerdo al fluido con el que va a estar en contacto, como se sabe que el shampoo posee alcalinidad entonces es necesario un material que sea más resistente a la corrosión como es el caso del acero inoxidable A-316, el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 206 MPa según se muestra en la Figura 30.

Propiedades Mecánicas:				
Grado	Resistencia a la Tracción Mpa. (RT)	RT (kgf/mm2)	RT (ksi)	Límite de Fluencia Mpa. (LF)
316	510	52	74	206
316L	481	49	70	176

Figura 30. Propiedades mecánicas del acero inoxidable 316 y 316 L [36]

Para determinar el factor de seguridad Robert Mott [47], recomienda utilizar una tabla gradual la cual se indica en la Tabla 10, se seleccionó un factor de 2,5 ya que la carga bajo la que opera la máquina es muy baja.

Tabla 10. Lineamientos para elegir el factor de seguridad [47]

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

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Remplazando la ecuación (11) y (12) en la ecuación (13) se obtiene lo siguiente:

$$\frac{603,9}{t} - \frac{2322,7}{1} + \frac{301,94}{t} = \frac{Sy}{n}$$

$$\frac{603,9}{t} - \frac{2322,7}{1} + \frac{301,94}{t} = \frac{206 \times 10^6 \text{ Pa}}{2,5}$$

$$t = 1,099 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$t = 0,011 \text{ mm}$$

El espesor obtenido es muy pequeño debido a que el shampoo no produce mayor esfuerzo sobre la tolva de almacenamiento, por efectos de fabricación ya que la tolva debe ser soldada, se utilizó un espesor de 1,5 mm, en la Figura 31 se muestra un análisis de fluencia realizado en el programa *solidworks* donde se muestra el esfuerzo de von mises de acuerdo a la distribución del fluido hidrostático.

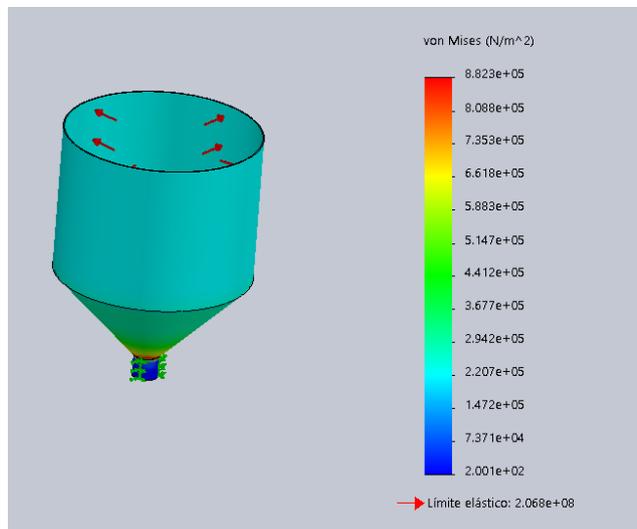


Figura 31. Simulación de esfuerzos von mises en la tolva de almacenamiento. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Según la teoría de energía de distorsión, Budynas y Nisbett [46], mencionan que la fluencia del material ocurre cuando el esfuerzo von mises supera el límite de fluencia del material, y se denota por la ecuación (14).

$$\sigma' \geq Sy \tag{14}$$

$$0,882 \text{ MPa} \geq 206 \text{ MPa}$$

Como se aprecia en la simulación el esfuerzo máximo de von mises es relativamente bajo por lo que la tolva de almacenamiento no tiene una deflexión considerable en ningún punto, esto a su vez nos da un factor de seguridad muy elevado como se visualiza en la Figura 32.

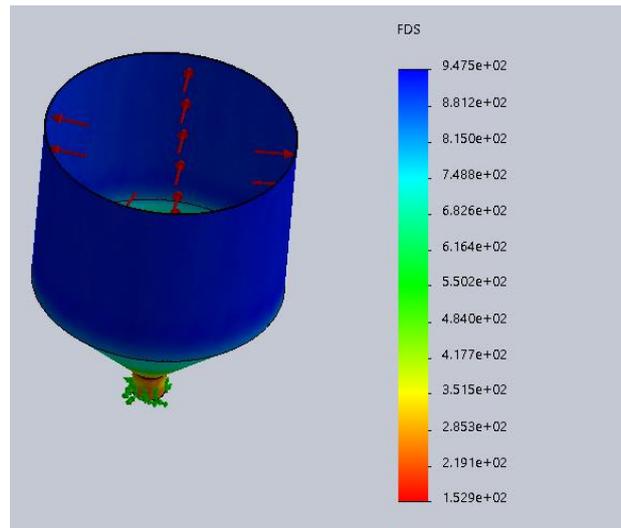


Figura 32. Factor de seguridad en la tolva de almacenamiento. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Como se puede apreciar en la Figura 32 los factores de seguridad son elevados y varían de acuerdo a los puntos más críticos de la tolva de almacenamiento como resultado el factor de seguridad más bajo es de 152, lo que da una conclusión que la vida útil para este componente es muy prolongada, tomando en cuenta que la sobremedida se da por efectos de fabricación ya que con un espesor más delgado el proceso de soldadura no se puede dar.

3.4 Diseño del resorte de compresión

Para el sistema de bloqueo de paso del fluido se utilizó un mecanismo de bola con resorte cónico, esto debido a que el resorte cónico tiene mayor estabilidad, para este diseño se debe tomar en cuenta que el resorte debe soportar la carga ejercida por el fluido sin deformarse, para que la fuerza de succión del cilindro actúe como una fuerza extra aplicada al resorte creando la acción de deformación para permitir el paso del fluido, en la ecuación (15) se muestra las variables necesarias para calcular la fuerza

de acuerdo a la carga estática correspondiente al esfuerzo de fluencia del material, mencionado por Budynas & Nisbett [47].

$$F = \frac{\pi \times d^3 \times S_{sy}}{8 \times K_B \times D} \quad (15)$$

Donde:

d: Diámetro del alambre 1,5 [mm].

S_{sy}: Esfuerzo de fluencia a la torsión [MPa].

K_B: Factor de curvatura adimensional.

D: Diámetro medio del resorte 30,5 [mm].

Para iniciar con el diseño lo primero es determinar el material con el que se va a trabajar en este caso debe ser alambre de acero inoxidable, en la figura 33 se muestra una tabla para elegir los factores necesarios para el cálculo de acuerdo al material seleccionado.

Material	ASTM núm.	Exponente <i>m</i>	Diámetro, pulg	A ₁ kpsi · pulg ^m	Diámetro, mm	A ₁ MPa · mm ^m	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite [†]	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro [†]	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio [§]	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio [¶]	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302*	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.100-20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.200-40	90	5-10	2 911	

Figura 33. Constantes A y m para determinar la resistencia de tensión mínima [46]

Material seleccionado alambre inoxidable 302, cabe recalcar que estos valores también se utilizan para el inoxidable AISI 304, AISI 316, AISI 316L, de los cuales el que se trabaja es el AISI 316.

$$d = 2 \text{ mm}$$

$$A = 1867 \text{ MPa} \times \text{mm}^m$$

$$m = 0,146$$

De los datos obtenidos de la figura 33, se utiliza la ecuación (16) para determinar el esfuerzo último a la tracción

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{1867 \text{ MPa} \times \text{mm}^m}{(2 \text{ mm})^{0,146}} \quad (16)$$

$$S_{ut} = 1687 \text{ [MPa]}$$

Remplazando la ecuación (16) en la ecuación (17) se tiene lo siguiente:

$$S_{sy} = 0,45 S_{ut} = 759 \text{ [MPa]} \quad (17)$$

Para encontrar el factor de curvatura del resorte se utiliza la ecuación (18).

$$K_B = \frac{4C+2}{4C-3} \quad (18)$$

El valor de C se determina relacionado el diámetro medio del resorte y el diámetro del alambre como se muestra en la ecuación (19).

$$C = \frac{D}{d} = \frac{32 \text{ mm} - 2 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} \quad (19)$$

$$C = 15$$

Remplazando la ecuación (19) en la ecuación (18) se tiene lo siguiente:

$$K_B = \frac{(4 \times 15) + 2}{(4 \times 15) - 3} = 1,08 \quad (20)$$

Para determinar la fuerza se reemplaza las ecuaciones (20) y (18) en la ecuación (15).

$$F = \frac{\pi \times (0,002 \text{ m})^3 \times 759 \text{ MPa}}{8 \times 1,06 \times 0,030 \text{ m}} = 73,59 \text{ N}$$

Para calcular la deflexión se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$y = \frac{F}{k} \quad (21)$$

$$k = \frac{d^4 \times G}{8 \times D^3 \times N_a} \quad (22)$$

Donde:

G : Módulo de rigidez del acero inoxidable 316 [GPa].

N_t : Número de vueltas del resorte 6 [vueltas].

k : Razón del resorte $\left[\frac{N}{mm}\right]$.

Para determinar el módulo de rigidez se considera el dato de la tabla mostrada en la figura 33, se selecciona el valor para el acero inoxidable 313, el número de espiras activas se calcula con ayuda de la tabla mostrada en la figura 34.

Material	Limite elástico, porcentaje de S_{UT} tensión, torsión		Diámetro d , pulg	E		G	
				Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0	82.7
			0.033-0.063	29.0	200	11.85	81.7
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75	81.0
			>0.125	28.0	193	11.6	80.0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7	80.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6	80.0
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5	79.3
			>0.125	28.5	196.5	11.4	78.6
Templado en aceite A239	85-90	45-50	28.5	196.5	11.2	77.2	
Resorte de válvula A230	85-90	50-60	29.5	203.4	11.2	77.2	
Cromo vanadio A231	88-93	65-75	29.5	203.4	11.2	77.2	
A232	88-93		29.5	203.4	11.2	77.2	
Cromo silicio A401	85-93	65-75	29.5	203.4	11.2	77.2	
Acero inoxidable							
A313*	65-75	45-55	28	193	10	69.0	
17-7PH	75-80	55-60	29.5	208.4	11	75.8	

Figura 34. Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte [46].

Según menciona Budynas & Nisbett [46], el valor del módulo de rigidez del acero inoxidable A313, también es el mismo para el AISI 316, por lo tanto el módulo de rigidez es 69 GPa.

Término	Tipo de extremos de resortes			
	Plano	Plano y esmerilado	A escuadra y cerrado	A escuadra y esmerilado
Espiras de extremo, N_e	0	1	?	2
Espiras totales, N_t	N_a	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, l_0	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$>N_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud sólida, l_s	$d(N_t + 1)$	dN_t	$d(N_t + 1)$	dN_t
Paso, p	$(l_0 - d)/N_a$	$l_0/(N_a + 1)$	$l_0 - 3d)/N_a$	$(l_0 - 2d)/N_a$

Figura 35. Fórmulas para calcular las dimensiones de los resortes [46].

Para determinar el número de espiras activas es necesario conocer el paso con el que trabaja el resorte, para este caso el diámetro del alambre para fabricar el resorte es de 2 mm, el tipo de resorte más eficiente es el “a escuadra” y esmerilado, entonces se utiliza las fórmulas de la última columna mostrado en la figura 34, el número de vueltas del resorte es 6, con estos datos se puede determinar las dimensiones del

resorte, la deflexión y el paso del resorte, en la ecuación (3.23) se muestra la fórmula para determinar el número de espiras activas del resorte.

$$Nt = Na + 2 \quad (23)$$

$$Na = Nt - 2$$

Resolviendo la ecuación (23) se obtiene lo siguiente:

$$Na = 4 \text{ espiras} \quad (24)$$

Para determinar la constante del resorte se reemplaza la ecuación (24) y el valor de módulo de rigidez en la ecuación (22) se tiene el siguiente resultado.

$$k = \frac{(0,002 \text{ m})^4 \times 69 \text{ GPa}}{8 \times (0,030 \text{ m})^3 \times 4} = 1277,7 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (25)$$

Ecuación (25) en ecuación (21):

$$y = \frac{73,59 \text{ N}}{1277,7 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,057 \text{ m} = 57,6 \text{ mm}$$

Para determinar las longitudes del resorte se utilizan las formulas de la tabla de la figura 34, para la longitud solida del resorte se utiliza la ecuación (26).

$$Ls = (d \times Nt) = 2 \text{ mm} \times 6 = 12 \text{ mm} \quad (26)$$

La longitud inicial se determina por medio de la ecuación (27).

$$Lo = y + Ls = 57,6 \text{ mm} + 12 \text{ mm} = 69,6 \text{ mm} \quad (27)$$

El paso del resorte se calcula con la siguiente ecuación:

$$p = \frac{Lo - 2d}{Na} = \frac{69,6 \text{ mm} - 4 \text{ mm}}{4} = 16,4 \text{ mm} \quad (28)$$

Para determinar el diámetro menor del resorte debido a que es un resorte cónico se utiliza la siguiente expresión.

$$k = \frac{d^4 \times G}{16 N a (R_1 + R_2) \times (R_1^2 + R_2^2)} \quad (29)$$

Donde:

R₁: Radio mayor del resorte [mm].

R₂: Radio menor del resorte [mm].

$$1277,8 \frac{N}{m} = \frac{(0,002 \text{ m})^4 \times 69 \times 10^9 \frac{N}{m^2}}{16 \times (4) \times (0,016 \text{ m} + R_2) \times ((0,016 \text{ m})^2 + R_2^2)}$$

$$R_2^3 + 0,016 R_2^2 + 2,56 \times 10^{-4} R_2 - 9,404 \times 10^{-6} = 0 \quad (30)$$

Resolviendo la ecuación (30), se obtiene lo siguiente:

$$R_2 = 0,013 \text{ m} = 13 \text{ mm}$$

Por lo tanto el diámetro menor del resorte cónico es de 26 mm, para su fabricación también es necesario determinar la inclinación adecuada que debe tener el resorte para cumplir con los parámetros antes planteados, para ello se utiliza la siguiente ecuación.

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{D_1 - D_2}{2 \times L_0} \right] \quad (31)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{32 \text{ mm} - 26 \text{ mm}}{2 \times 69,6 \text{ mm}} \right] = 2,47^\circ$$

Para finalizar con el diseño del resorte se tiene en la figura 36 la simulación de las cargas ejercidas sobre el resorte en donde se observa el desplazamiento máximo del resorte debido a la carga.

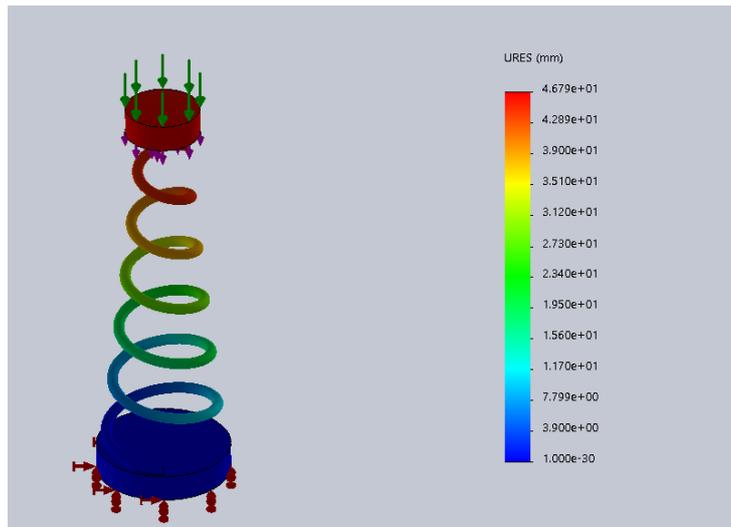


Figura 36. Simulación de un resorte cónico sometido a compresión.
Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Como se puede observar en la imagen la deformación máxima del resorte es de 46,7 mm, en el cálculo se determinó que la longitud inicial del resorte era de 69,6 mm, esto quiere decir que la deformación es menor que la longitud inicial del resorte quiere decir que el diseño es factible.

3.5 Cálculo del sistema de dosificación

Como se mencionó en el capítulo anterior de las alternativas, la más factible en cuanto a eficiencia y fabricación es la del sistema neumático, en este caso es necesario determinar los parámetros necesarios del pistón para realizar el trabajo de succión y empuje del fluido, tomando en cuenta que este varía de acuerdo a la densidad del fluido y la capacidad requerida.

3.5.1 Cálculo del cilindro dosificador

Para determinar el volumen que debe tener el cilindro dosificador es necesario conocer el volumen que tienen los moldes que van a ser llenados en este caso los recipientes tienen un volumen de 400 ml y 250 ml, con lo cual la selección debe hacerse para el recipiente de 400 ml que es el de mayor capacidad.

Una vez conocido el volumen que se desea llenar se procede a calcular la longitud o recorrido que deberá tener el cilindro, por efectos se decidió seleccionar una tubería de 1 pulgada que son muy comerciales en acero inoxidable, la Figura 37 muestra una tabla del catálogo de selección de la tubería.

DN (Inch.)	SCHEDULE 5S				SCHEDULE 10S			
	Ø Ext. A (mm.)	Ø Int. B (mm.)	Espesor Pared C (mm.)	Kg. / Metro	Ø Ext. A (mm.)	Ø Int. B (mm.)	Espesor Pared C (mm.)	Peso Kg. / Metro
1/2"	21.30	18.03	1.65	0.80	21.30	17.12	2.11	1.00
3/4"	26.70	23.37	1.65	1.03	26.70	22.45	2.11	1.28
1"	33.40	30.10	1.65	1.30	33.40	27.86	2.77	2.08
1,1/2"	48.30	44.96	1.65	1.91	48.30	42.72	2.77	3.11
2"	60.30	57.02	1.65	2.40	60.30	54.78	2.77	3.93
3"	88.90	84.68	2.11	4.51	88.90	82.80	3.05	6.44
4"	114.30	110.08	2.11	5.83	114.30	108.20	3.05	8.32

Figura 37. Dimensiones de tubería en acero inoxidable [48]

En la tabla de la Figura 37, la tubería de 1 pulgada se puede seleccionar con diferente espesor de acuerdo a la cedula, aplicando la fórmula de volumen del cilindro se puede obtener la longitud necesaria de la tubería.

$$V = \pi r^2 h \quad (32)$$

Donde:

r: Radio del cilindro dosificador 15 [mm].

h: Longitud del cilindro dosificador [mm]

V: Volumen necesario para el llenado de un envase 0,0005 [m^3]

Despejando h de la ecuación (32) y resolviéndola se tiene lo siguiente.

$$5 \times 10^{-4} m^3 = \pi(0,015)^2 \times h \quad (33)$$

$$h = 707 \text{ mm}$$

Debido al diámetro del cilindro dosificador la longitud del cilindro es muy grande, por efectos de diseño y costos la longitud propuesta es de 200 mm, la longitud efectiva de operación es de 150 mm, para cumplir con la capacidad de llenado se debe tomar en cuenta los ciclos necesarios del cilindro para hacer el llenado de los envases, realizando una regla de tres simple inversa se tiene lo siguiente.

$$707 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ ciclo}$$

$$150 \text{ mm} \rightarrow X$$

$$X = \frac{707 \text{ mm} \times 1 \text{ ciclo}}{150 \text{ mm}} = 4,66 \text{ ciclos}$$

El resultado práctico que se debe tomar en consideración es realizar 5 ciclos del cilindro neumático para el proceso de llenado, con lo que se cumpliría el llenado de envases de 400 ml, para los envases de 250 se necesita de dos carreras del cilindro, en la figura 38 se muestra un bosquejo de las dimensiones y configuración del cilindro dosificador.

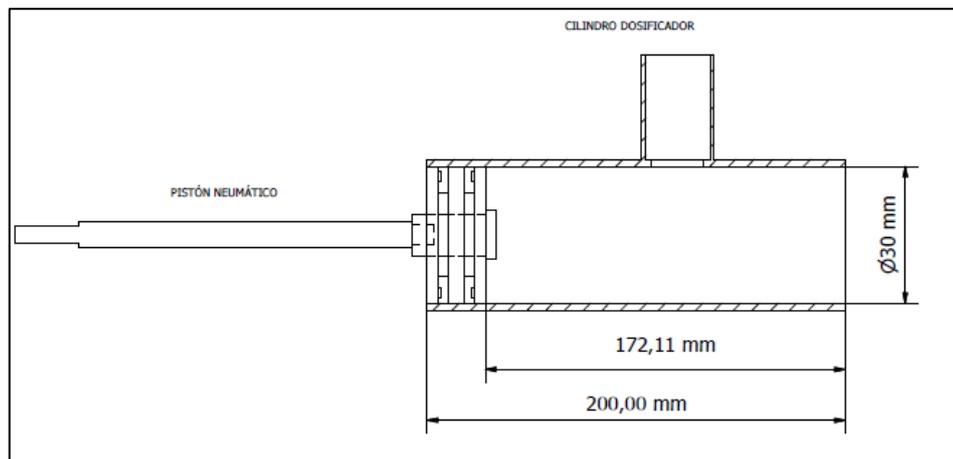


Figura 38. Boceto del cilindro dosificador. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

3.6 Selección del cilindro neumático

Para la selección del cilindro neumático se requiere conocer la fuerza necesaria que debe tener el cilindro para realizar la deformación del resorte para permitir el paso del fluido localizado en el cilindro dosificador.

Otro factor importante para la selección del cilindro es verificar que la velocidad lineal del cilindro neumático este acorde con la velocidad del flujo volumétrico que se va a dosificar para ello se utiliza la siguiente ecuación.

$$Q = v \times A \quad (34)$$

Donde:

Q: Caudal o capacidad de la dosificadora de shampoo $\left[\frac{m^3}{min}\right]$.

v: Velocidad del fluido $\left[\frac{m}{s}\right]$.

A: Área de la sección transversal del cilindro dosificador $[m^2]$.

$$Q = 100 \frac{Lt}{h} \times \frac{1h}{60 min} \times \frac{0,001 m^3}{1 Lt} = 1,66 \times 10^{-3} \frac{m^3}{min}$$

La capacidad de la máquina es llenar 250 botellas de 400 ml en el lapso de una hora, reduciendo el cálculo para obtener la cantidad de botellas en un minuto se tiene lo siguiente:

$$\begin{array}{lcl} 250 \text{ unidades} & \rightarrow & 60 \text{ min} \\ X & \rightarrow & 1 \text{ min} \end{array}$$

$$X = \frac{250 \text{ unidades} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 4,16 \text{ unidades}$$

$$X = 4,16 \frac{\text{unidades}}{\text{min}} \approx 4 \frac{\text{unidades}}{\text{min}}$$

Es necesario seleccionar un cilindro que permita llenar 4 botellas en un minuto y que realice los ciclos necesarios para cumplir con el proceso de dosificado.

Despejando la velocidad de la ecuación (34) se tiene lo siguiente:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,66 \times 10^{-3} \frac{m^3}{min}}{\pi \times (0,015 m)^2}$$

$$v = 0,039 \frac{m}{s} \quad (34)$$

El siguiente parámetro que se debe considerar es la fuerza necesaria del cilindro, para este caso se tiene una fuerza de succión y una fuerza de empuje, se debe considerar la de mayor valor para verificar que el cilindro cumpla con lo requerido según el catálogo, la cual se determina con la ecuación (35).

$$F_{empuje} = m \times a \quad (35)$$

Donde:

F_{empuje} : Fuerza teórica necesaria para empujar la masa.

m : Masa del shampoo localizada en el cilindro perfecto.

a : Aceleración del fluido $7,34 \left[\frac{m}{s^2}\right]$.

Para determinar el volumen real del cilindro se trabaja con la longitud de cámara de llenado y su diámetro como se muestra en la ecuación (3.36).

$$V_{cilindro\ dosificador} = \pi \times r^2 \times h \quad (36)$$

$$V_{cilindro\ dosificador} = \pi \times (0,015\ m)^2 \times 0,16\ m$$

$$V = 1,22 \times 10^{-4} m^3 = 0,122\ Lt$$

Para determinar la masa que cabe dentro del cilindro dosificador se utiliza la ecuación (37).

$$m = \delta \times V_{cilindro\ dosificador} \quad (37)$$

$$m = 1052,3 \frac{Kg}{m^3} \times 1,22 \times 10^{-4} m^3 = 0,128\ Kg \quad (38)$$

Remplazando la ecuación (38) en la ecuación (35) se obtiene la siguiente expresión:

$$F = 0,128\ Kg \times 7,34 \frac{m}{s^2} = 0,94\ N$$

La fuerza de succión es la calculada anteriormente en el diseño del resorte, la cual es la necesaria para deformar el resorte y permitir el paso del fluido.

$$F_{succión} = 74 \text{ N}$$

Con los datos obtenidos de fuerza, la presión de trabajo que son 3 bares comúnmente se puede determinar el área necesaria del cilindro neumático, para determinar su diámetro, una vez obtenidos estos parámetros se puede seleccionar el cilindro.

$$P = \frac{F_{succión}}{A} \quad (39)$$

Despejando el área de la ecuación (39) se tiene lo siguiente:

$$A = \frac{F_{succión}}{P} = \frac{74 \text{ N}}{300000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 2,46 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = \pi \times r^2 \quad (40)$$

Para obtener el diámetro del embolo se despeja el radio de la ecuación (40).

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{2,46 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{\pi}} = 0,009 \text{ m} = 9 \text{ mm}$$

$$d = 18 \text{ mm}$$

El diseño platea un cilindro con un émbolo de 18 mm de diámetro, en este caso se utilizara un embolo de 40 mm por efectos de diseño ya que no existen cilindros con el diámetro del pistón tan pequeño, también para tener una mayor confiabilidad y en caso de necesitar dosificar fluidos más densos como cremas o pastas, con la fuerza que posee este cilindro se puede realizar diversos procesos de envasado.

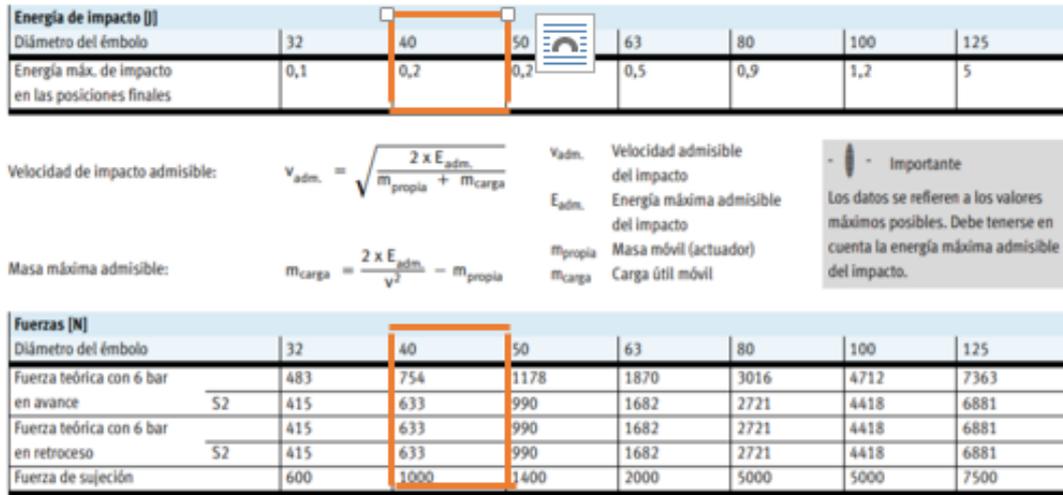


Figura 39. Tabla de selección de cilindros [49]

Como se observa en la Figura 39 para la selección del cilindro con diámetro 40 del émbolo se tiene una fuerza máxima en la succión de 633 Newton la cual es mayor que la requerida para el resorte, entonces el cilindro cumple con el parámetro de fuerza, el siguiente dato que se debe verificar es la velocidad admisible por el cilindro neumática, esta debe ser mayor que la calculada para el flujo volumétrico en el cilindro dosificador, la Figura 37 muestra la fórmula utilizada para el cálculo de velocidad admisible del cilindro neumático.

$$v_{adm} = \sqrt{\frac{2 \times E_{adm}}{m_{prop} + m_{carga}}} \quad (42)$$

El valor de masa móvil del actuador (m_{prop}), se obtiene de la figura 38, estos valores van de acorde a la carrera del cilindro, el valor seleccionado para la carrera es de 150 mm, ya que se necesita de 200 mm para realizar el proceso de dosificado, tomando en cuenta la longitud extra de la cámara del cilindro neumático el valor de la carrera es de 255 mm en total está se puede apreciar en el Anexo 1, donde se muestra un plano general de los cilindros neumáticos.

Pesos [g]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Tipo básico							
Peso con carrera de 0 mm	517	800	1260	1709	2790	4653	6771
Peso adicional por 10 mm de carrera	30	45	64	73	106	115	168
Masa móvil con carrera de 0 mm	162	307	538	663	1131	1544	2809
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	38	38	63

Figura 40. Tabla de selección de datos para la masa móvil acorde a su carrera [49]

De la Tabla de la Figura 40 se considera los valores recomendados para la masa móvil, de acuerdo al diámetro del émbolo del cilindro neumático en este caso 40 mm, se tiene la siguiente ecuación.

$$m_{prop} = 307 \text{ gr} + (45 \text{ gr} \times 15) = 982 \text{ gr} \quad (41)$$

$$v_{adm} = \sqrt{\frac{2 \times 0,2 \text{ J}}{0,982 \text{ Kg} + 20,5 \text{ Kg}}} = 0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (42)$$

Para verificar que el cálculo de velocidad admisible está dentro del rango de la velocidad requerida por el sistema se utiliza la siguiente ecuación.

$$v_{adm} \geq v \quad (43)$$

Remplazando la ecuación (34) y la ecuación (42) en la ecuación (43), se corrobora que la relación sea correcta.

$$0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}} \geq 0,039 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La relación se cumple lo que quiere decir que el cilindro es capaz de soportar la velocidad lineal requerida por el sistema para realizar el llenado, ya que soporta velocidades de hasta $0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ y la requerida por el sistema para cumplir con la capacidad de 250 botellas de 400 ml en una hora es de $0,039 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

3.7 Diseño de la estructura

Los componentes que conforman la máquina deben apoyarse sobre una estructura metálica que permita soportar el peso de los componentes, la carga se encuentra de manera distribuida por toda la estructura ya que esta se encuentra forrada con planchas de acero inoxidable, las cuales cubren toda la perfilería, para el diseño se debe considerar las cargas ejercidas sobre la estructura así como el peso que debe soportar, en la Figura 41 se muestra la estructura final.

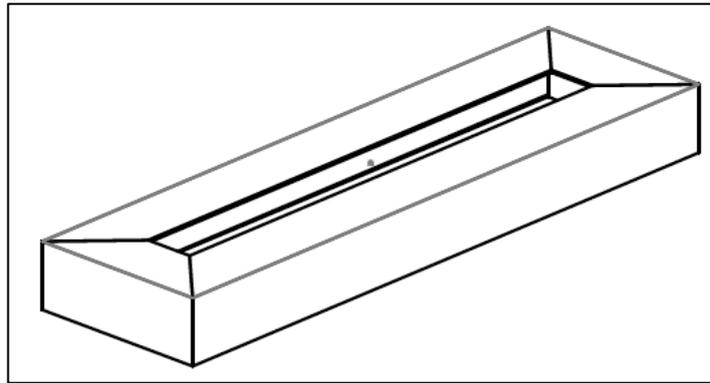


Figura 41. Configuración de la bancada. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

$P = \text{Fuerza perpendicular que ejerce el cilindro} + \text{peso de la máquina}$

$$P = 70 \text{ N} + 294,3 \text{ N} = 364,3 \text{ N}$$

En la Figura 42, se muestra la carga distribuida por el perfil angular de la bancada, la cual es ejercida sobre ella el peso de los componentes.

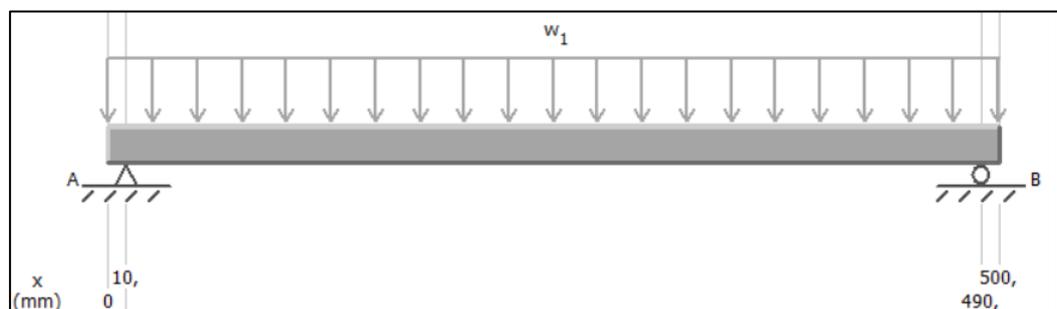


Figura 42. Carga distribuida. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

En la Figura 43 se visualiza los esfuerzos cortantes presentes en la bancada, de los elementos que se encuentran sujetos en ella.

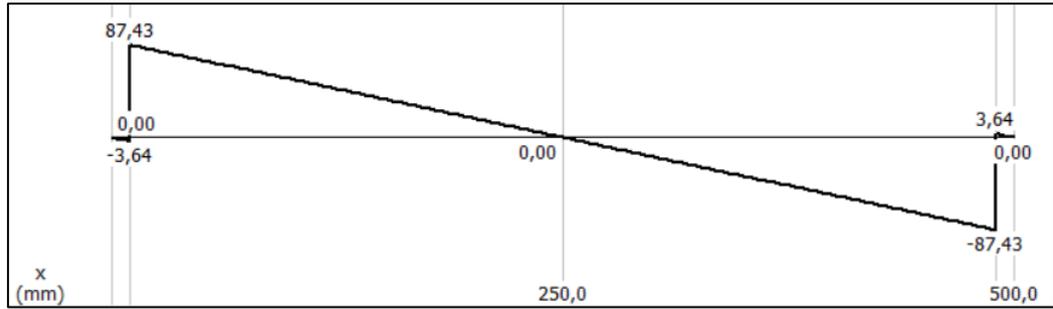


Figura 43. Diagrama de esfuerzos cortantes. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

En la Figura 44 se observa la distribución de los momentos a lo largo de la viga en [N-m].

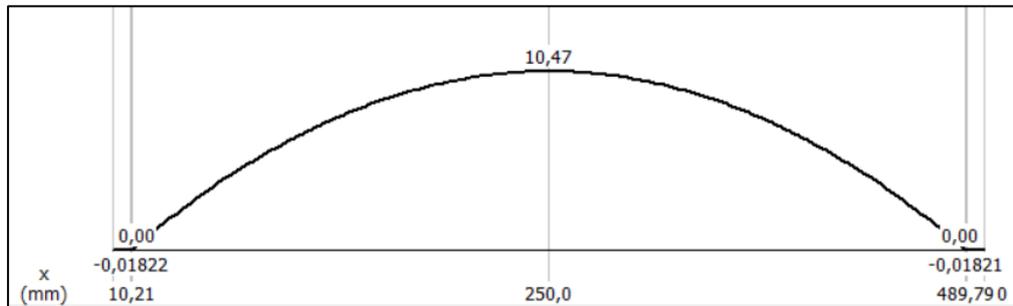


Figura 44. Diagrama de momentos. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Para determinar el perfil necesario para la estructura se necesita el módulo de la sección, el cual se representa en la siguiente ecuación 44:

$$S = \frac{M}{\sigma} \quad (44)$$

Donde:

S: Módulo de la sección [plg^3].

M: Momento máximo [$N - m$].

σ : Esfuerzo a flexión del acero A36 [Ksi].

El esfuerzo a flexión se determina de acuerdo al perfil seleccionado en este caso para el A36 se tiene un esfuerzo de fluencia de 36 [Ksi], en la ecuación (45), se muestra el factor que se debe utilizar para determinar el esfuerzo a flexión.

$$\sigma = 0,66 S_y = 24 \text{ Ksi}$$

$$M = 10,47 \text{ N} - m$$

$$M = 92,66 \text{ Lb} - \text{plg}$$

Remplazando los valores en la ecuación (44) se obtiene lo siguiente:

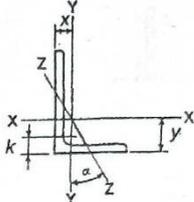
$$S = \frac{M}{\sigma}$$

$$S = \frac{93 \text{ Lb} - \text{plg}}{24 \text{ Ksi}}$$

$$S = 0,0038 \text{ plg}^3$$

Una vez obtenido el módulo de la sección se procede a elegir un perfil de acuerdo al manual de acero de construcción, en la Figura 43 se muestra una tabla para perfiles angulares.

ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing



Size and Thickness	k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z		
				I	S	r	y	I	S	r	x	r	Tan α	
In.	In.	Lb.	In. ²	In. ⁴	In. ³	In.	In.	In. ⁴	In. ³	In.	In.	In.	In.	
L 1¼x1¼x¼	½	2.77	0.813	0.227	0.227	0.529	0.529	0.227	0.227	0.529	0.529	0.341	1.000	
	⅜	2.12	0.621	0.179	0.144	0.537	0.506	0.179	0.144	0.537	0.506	0.343	1.000	
L 1½x1½x¼	⅞	2.34	0.688	0.139	0.134	0.449	0.466	0.139	0.134	0.449	0.466	0.292	1.000	
	⅝	1.80	0.527	0.110	0.104	0.457	0.444	0.110	0.104	0.457	0.444	0.293	1.000	
L 1¼x1¼x¼	⅞	1.92	0.563	0.077	0.091	0.369	0.403	0.077	0.091	0.369	0.403	0.243	1.000	
	⅝	1.48	0.434	0.061	0.071	0.377	0.381	0.061	0.071	0.377	0.381	0.244	1.000	
L 1½x1½x½	⅝	0.900	0.266	0.032	0.040	0.345	0.327	0.032	0.040	0.345	0.327	0.221	1.000	
L 1 x1 x½	¼	0.800	0.234	0.022	0.031	0.304	0.296	0.022	0.031	0.304	0.296	0.196	1.000	

Figura 45. Tabla de selección de perfiles angulares [49]

Como se observa en la Figura 45, se tienen los diferentes perfiles angulares que existen en el mercado, en este caso se elige un perfil que posea el módulo de la sección igual al que se calculó o a su vez puede ser mayor, en el caso de la estructura de la máquina se seleccionó un perfil de 2 plg × 2 plg × 1/8 plg, esto debido a que la configuración de la estructura es pequeña y para tener una mayor estabilidad se optó por seleccionar

perfiles más robustos, en la Figura 45 se muestra un análisis de la carga distribuida en la estructura, donde se determina en que punto se produce una deformación considerable.

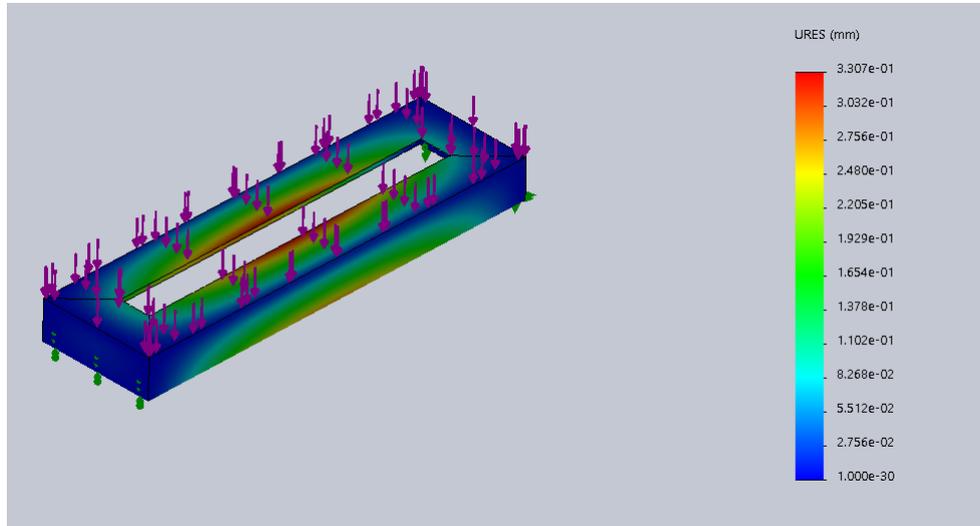


Figura 46. Desplazamientos a los que está sometida la estructura. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

3.8 Cálculo de las paredes de los soportes del cilindro

El cálculo de las paredes de los soportes se toma en consideración debido a que son los encargados de soportar la mayor cantidad de peso, además brindan estabilidad a la tolva por lo que deben ser adecuadas para que no exista un fallo debido a la fatiga.

Para ello es necesario conocer el esfuerzo permisible del material con el que se va a trabajar en este caso el acero inoxidable AISI 304, el cual posee un esfuerzo permisible de 276 MPa, también es necesario determinar las fuerzas ejercidas por las cargas hacia los soportes para ello se utiliza la ecuación (45) y se tiene lo siguiente.

$$F = \text{Fuerza Vertical} + \text{peso del material} \quad (45)$$

$$F = 70 \text{ N} + 245 \text{ N}$$

$$F = 315 \text{ N}$$

Para determinar el espesor de la pared se utiliza la ecuación de esfuerzo permisible, de la cual se puede determinar el área, con este dato se puede dimensionar el espesor de pared del soporte.

$$\sigma_s = \frac{F}{A} \quad (46)$$

Donde:

F: Fuerza ejercidas por las cargas [N]

A: Área del soporte del cilindro dosificador [m^2]

σ_s : Esfuerzo permisible del acero inoxidable AISI 304 [276 MPa]

Despejando el área de la ecuación (46) se tiene lo siguiente.

$$A = \frac{F}{\sigma_s} = \frac{315 \text{ N}}{276 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 1,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \quad (47)$$

A continuación se utiliza la ecuación (47), en la cual se determina el área de un trapecio, en la Figura 47 se muestra la configuración del soporte del cilindro dosificador.

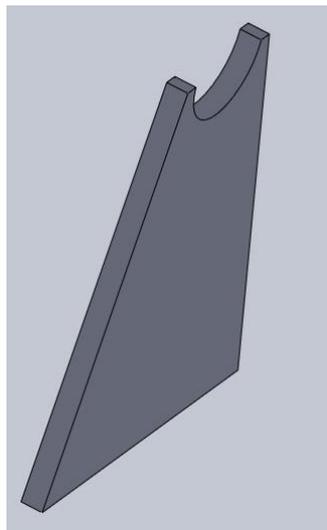


Figura 47. Configuración del soporte para el cilindro dosificador. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

En la ecuación (48) se muestra la ecuación para determinar el área del semicírculo del soporte del cilindro.

$$A = b \times t \quad (48)$$

Donde:

b: Base de la placa del soporte [44 mm].

t: Espesor de la pared [mm].

$$t = \frac{A}{b} = \frac{1,14 \times 10^{-6} m^2}{0,044 m}$$
$$t = 0,025 mm$$

El espesor obtenido en este caso es muy pequeño debido a que la carga ejercida por los elementos no es considerable, para poder realizar el diseño se tomará un valor de 5 mm de espesor esto por efectos de soldadura y diseño, a continuación se muestra la simulación del soporte sometido a dichas cargas.

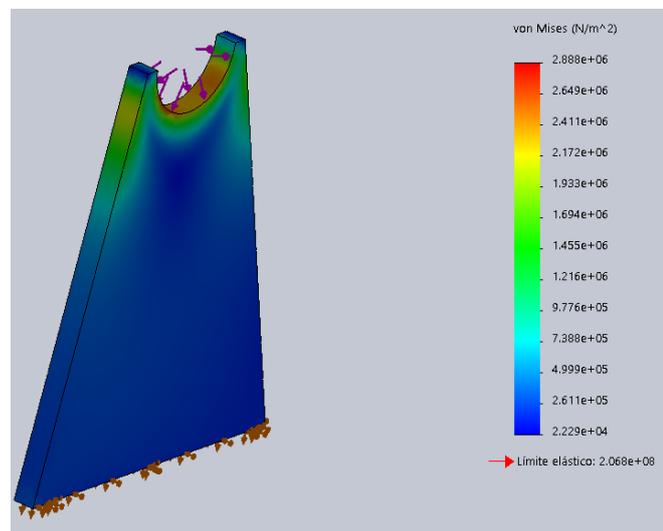


Figura 48. Factor de Von Mises de acuerdo a la carga aplicada al soporte del cilindro.
Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

En la Figura 48 se observa un factor de Von Mises máximo de 2,88 MPa, el cual al compararlo con el límite de fluencia del acero inoxidable AISI 304, este es mayor, esto quiere decir que el elemento soportara las cargas a las que está sometido.

3.8.1 Cálculo de soldadura en las paredes del soporte del cilindro dosificador

Una vez que se determina el espesor de la pared, a continuación se deberá determinar si la soldadura en los soportes para la sujeción en la estructura principal es adecuada y soporta las cargas ejercidas por los elementos que debe soportar, además la fuerza axial ejercida por el cilindro neumático, en la Figura 47 se muestra la configuración del soporte del cilindro dosificador.

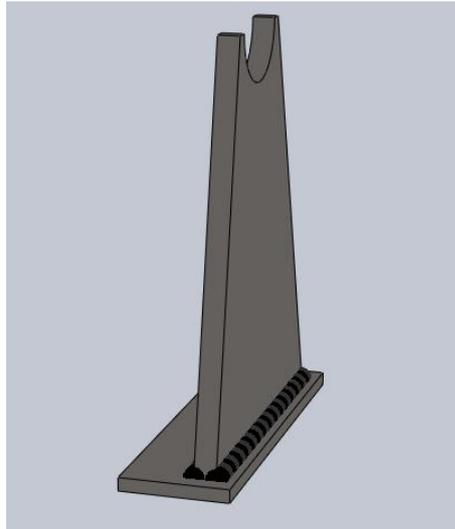


Figura 49. Representación del cordón de soldadura en el soporte del cilindro dosificador.

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Para determinar la fuerza que soporta la soldadura se debe determinar el esfuerzo permisible del material de aporte con el cual se realizara el proceso de soldadura, para este caso se utiliza el electrodo ER 308L, indicado para soldar acero inoxidable AISI 304, en la figura 50 se muestra las propiedades principales del este electrodo.

PROPIEDADES MECÁNICAS⁽¹⁾. Tal como se requiere por AWS A5.9/A5.9M: 2006

	Resistencia a la Cedencia ⁽²⁾ MPa (ksi)	Resistencia a la Tensión MPa (ksi)	Elongación %	Charpy V-Notch J (pies•lbft) -196°C (-320°F)	Expansión Lateral milésimas pulg. (mm) -196°C (-320°F)
Requerimiento AWS ER308, ER308L Tal como se soldó con 100% Argón	No especificado				
Resultados Típicos ⁽³⁾ . Tal como se soldó con 100% Argón	430 (62)	590 (86)	42	62 (84)	38 (0.97)

Figura 50. Propiedades mecánicas de los electrodos [37]

Para determinar el esfuerzo que ejerce la carga aplicada en la soldadura del soporte se utiliza la ecuación (48).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (48)$$

Donde:

F: Fuerza aplicada en el soporte del cilindro perfecto [N].

A: Área de la soldadura

$$A = 1,414 h \times d \quad (49)$$

Se reemplaza los valores de la ecuación 49 se obtiene lo siguiente:

$$A = 1,414 \times (4 \text{ mm}) \times (110 \text{ mm})$$

$$A = 622,16 \text{ mm}^2$$

Resolviendo la ecuación (48) con el valor de área calculado se determina el esfuerzo que ejerce la carga en los soportes del cilindro.

$$\sigma = \frac{315 \text{ N}}{622,16 \text{ mm}^2} = 0,5 \text{ [MPa]}$$

$$430 \text{ Mpa} \geq 0,5 \text{ MPa}$$

Según el cálculo del esfuerzo permisible, como se puede apreciar, el valor es mínimo en relación al esfuerzo de fluencia que soporta el material de aporte ER 308L, lo que quiere decir que este trabajar de manera eficiente y con una vida útil prolongada.

3.9 Diagrama electroneumático de funcionamiento

Para el diagrama de control, es necesario conocer la secuencia que debe realizar el cilindro, para poder proceder con la conexión, en la Figura 51 muestra un diagrama de los elementos conectados para el funcionamiento de la máquina.

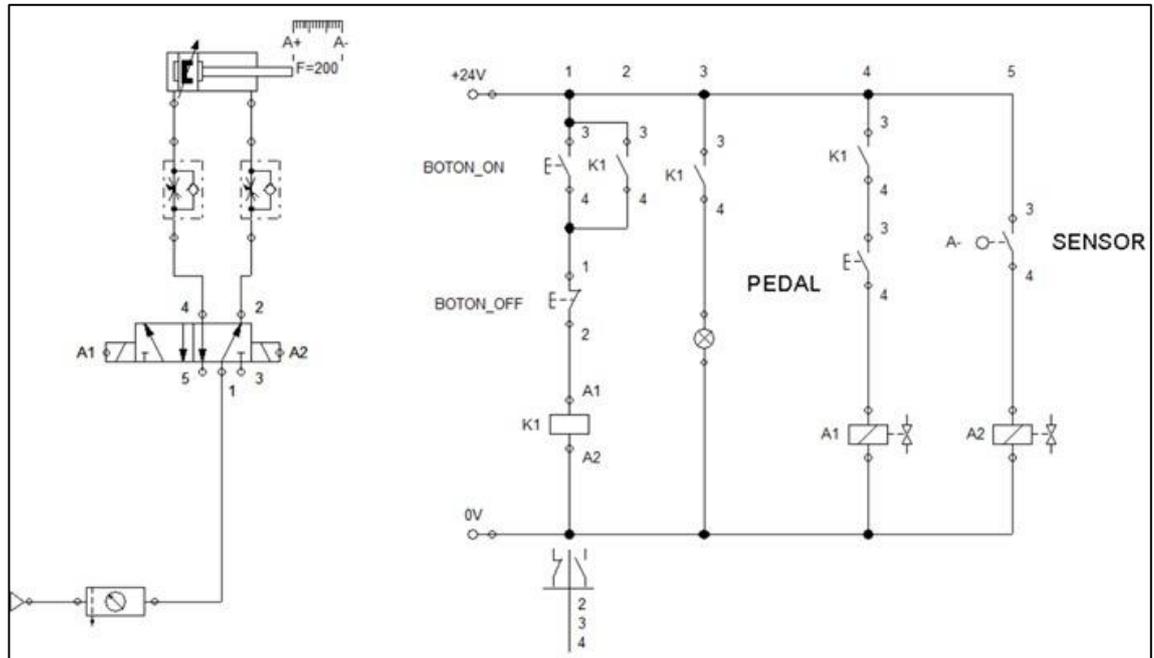


Figura 51. Diagrama de conexión en Festo. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

En el primer paso se debe realizar el encendido general de la máquina, esto permite energizar todo el sistema y existe una luz indicadora de color verde que nos muestra que la máquina se encuentra encendida como indica en la Figura 52.

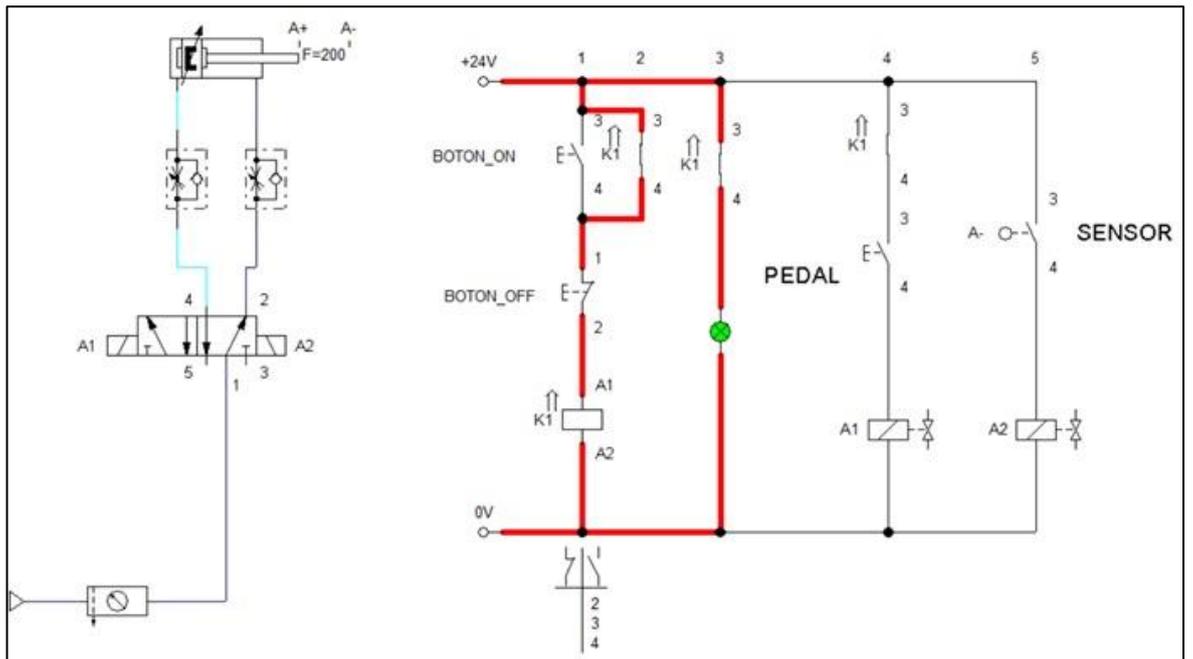


Figura 52. Encendido general de la máquina. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Una vez que el sistema se encuentra energizado el accionamiento del cilindro neumático se realiza con la ayuda de un *switch* de pedal el cual envía una señal a la bobina A1 mostrada en la Figura 53, esta envía un pulso a la electroválvula para realizar el cambio de posición y permitir el paso del aire.

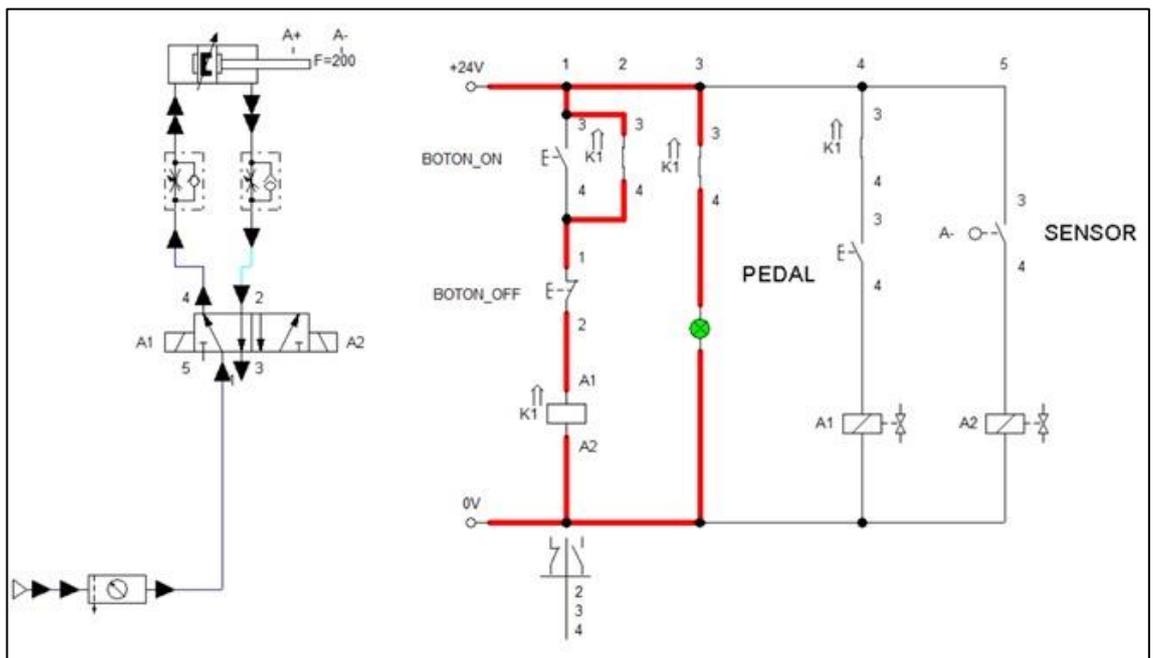


Figura 53. Accionamiento del switch de pedal. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Por último para finalizar el ciclo la desconexión del cilindro se realizar por medio del sensor fin de carrera el cual envia la señal a la bobina A2, permitiendo que este envíe el pulso eléctrico para realizar el cambio de posición de la electrovalvula permitiendo el paso de aire por la otra entrada del cilindro realizando de esta manera el retorno del cilindro.

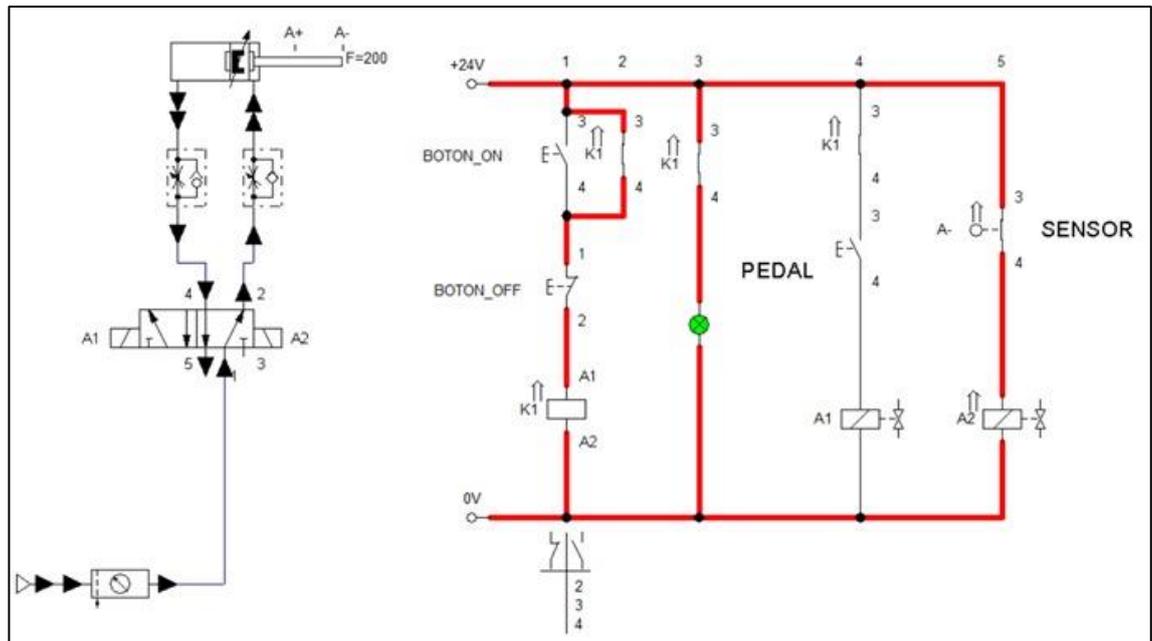


Figura 54. Fin del ciclo del cilindro neumático. Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

3.10 Selección del compresor.

Para determinar el compresor necesario que se debe utilizar como fuente de alimentación de los elementos neumáticos de la máquina dosificadora es necesario conocer el flujo volumétrico que requiere el cilindro neumático para funcionar así como la presión de trabajo.

El flujo volumétrico que necesita el cilindro neumático está determinado por Q_1 flujo volumétrico para la fuerza de empuje del cilindro y Q_2 flujo volumétrico a la fuerza de retroceso del cilindro.

$$Q_1 = v \times A \quad (50)$$

Donde:

v : Velocidad del cilindro neumático $[0,13 \frac{m}{s}]$

A_1 : Área del cilindro neumático $[0,00125 m^2]$

$$Q_1 = 0,13 \frac{m}{s} \times 0,00125 m^2$$

$$Q_1 = 1.63 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

Para determinar el flujo volumétrico en el área que ocupa el vástago se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Q_2 = v \times A_2 \quad (51)$$

A_2 : Área del cilindro neumático $[9,42 \times 10^{-4} m^2]$

$$Q_2 = 0,13 \frac{m}{s} \times 9,42 \times 10^{-4} m^2$$

$$Q_2 = 1.22 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$Q_T = 2.85 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

Una vez que se obtiene el flujo volumétrico total se verifica en el catálogo de compresores para seleccionar el más adecuado, la presión de trabajo que sugiere el catálogo de cilindros neumáticos es de 3 a 6 Bares. En la Ficha Técnica 4 se muestra los datos del compresor seleccionado con un flujo volumétrico de 3.9 Cfm y una presión de trabajo de 3 a 9 Bares.

$$3.9 \text{ cfm} = \frac{pie^3}{min} * \frac{0.3048 \text{ min}^3}{1 pie^3} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$1.84 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} \geq 2.85 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

El flujo volumétrico que posee el compresor es mayor que el requerido por el cilindro, es decir que el compresor abastece las necesidades del flujo de aire del cilindro.

CAPITULO IV

COSTOS

4.1 Análisis financiero y económico.

Para poder determinar el costo total que implica la fabricación de la dosificadora de shampoo es necesario considerar algunos parámetros importantes, que se deben considerar en lo referente a la adquisición de materia prima para su construcción, a continuación se detallan los siguientes:

Costos directos:

- Costo de diseño
- Costo de materia prima
- Costo de fabricación y maquinado
- Costo de mano de obra

Costos indirectos:

- Costos no recuperables
- Costos de materiales consumibles

Tomando en cuenta todos los costos que implican la construcción de la dosificadora, se detallan cada uno de ellos.

4.1.1 Costos directos

Son aquellos costos que se considera cuando se elabora el producto deseado o se desea brindar un servicio, por ejemplo se tiene: diseño, materia prima, fabricación y maquinado y el costo de mano de obra.

Los costos de las materias primas y consumibles son brindados por los proveedores más influyentes en los medios tales como son: ferreterías, distribuidores de aceros, distribuidores de equipos neumáticos entre otros.

Los valores de las tarifas como son mano de obra y servicios son proporcionados por el taller mecánico MAYPROM, el cual brinda una tabla con los costos mencionados.

4.1.1.1 Costo de diseño

Para el costo de diseño se considera el tiempo total que se tardó en dimensionar y calcular los diversos elementos que conforman la máquina, para el cual es necesario determinar el tiempo total necesario para realizar el diseño y un costo de diseño por hora, en la Tabla 11 se muestra el coste total por el diseño.

Tabla 11. Costo de diseño.

Horas trabajadas en el diseño	Costo por cada hora
60	\$10
Total	\$600

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

4.1.1.2 Costo de materia prima

Al decir materia prima se refiere al material que se compra en dimensiones brutas para luego ser transformada en una parte o componente de una máquina, de acuerdo a las especificaciones que se requieren, en la Tabla 12 se presenta el detalle del costo de cada material.

Tabla 12. Detalle del costo de cada material.

Costo de materia prima para fabricación						
Denominación	Cant.	Material	Longitud [mm]	Ancho [mm]	Espesor/ Diámetro [mm]	Costo [\$]
Tolva de almacenamiento	1	Acero inoxidable 316	250	520	1,5	181,6
Cilindro dosificador	1	Acero inoxidable 316	200	-	32	80
Unión roscada para boquilla	1	Acero inoxidable 316	50	-	42	7,0
Acople para la tolva	1	Acero inoxidable 316	70	-	40	30
Esfera	1	Acero inoxidable 316	30	-	20	4
Soporte cilindro dosificador	2	Acero inoxidable 304	100	70	8	40
Soporte cilindro neumático	2	Acero inoxidable 304	150	40	8	60
Boquilla	1	Acero inoxidable 316	130	-	12	4
Guía cilindro neumático	1	Acero inoxidable 304	160	50	2	5
Estructura	1	Acero inoxidable 304	600	50.8	3	70
Pistón cilindro dosificador	1	Acero inoxidable 316	60	-	35	5,0
Tuerca del cilindro dosificador	1	Acero inoxidable 304	40	40	60	12
Punta cónica	2	Duraaluminio	60	-	40	6,0
Sujeción del cilindro neumático	1	Acero inoxidable 304	130	40	8	10
Resorte cónico	1	Acero inoxidable 316	50	-	2	10,0
Retenedores	2	Poliduro	10	-	32	2,1
Oring	4	Poliduro	3	-	25	1,20
TOTAL						527,9

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

La máquina, a su vez, consta de un sistema neumático para su funcionamiento y un sistema eléctrico. A continuación en la Tabla 13 y la Tabla 14 se detalla los costos de cada uno de los componentes.

Tabla 13. Detalle del costo de elementos neumáticos.

Costo de materiales neumáticos			
Denominación	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
Cilindro doble efecto	1	150	150
Válvula 5/2 biestable	1	250	250
Unidad de mantenimiento	1	180	180
Manguera de conexión	3 m	10	30
Válvula reguladora de caudal 5/16 MPT	2	6,5	13
Sensor fin de carrera	1	15	15
Silenciador 1/8 de bronce	2	0,85	1,7
Bobina electroválvula estándar 110 VAC	2	6,5	13
Conector en T 1/8	2	1	2
Conector codo 1/8	2	1	2
TOTAL			656,7

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Tabla 14. Detalle del costo de materiales eléctricos.

Costo de materiales eléctricos			
Denominación	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Costo Total [\$]
Selector de dos posiciones	1	12,5	12,5
Switch de pedal	1	14	14
Cable eléctrico flexible No 10.	1 m	0,95	0,95
Luz piloto verde 110 VAC	1	1,25	1,25
Botón paro de emergencia	1	4	4
Porta fusibles	1	8	8
Fusibles	1	0,5	0,5
TOTAL			41,2

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

El costo total de materia prima está dado por la suma de los costos de materia prima, material neumático y material eléctrico en la Tabla 15 se muestran el costo total de materia prima.

Tabla 15. Detalle del costo total de materia prima.

Costo total materia prima	
Descripción	Costo [\$]
Costo materia prima.	527,9
Costo neumático.	656,7
Costo material eléctrico.	41,200
TOTAL	1225,8

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

4.1.1.3 Costo de fabricación y maquinado

Para determinar el coste de fabricación de los elementos que conforman la dosificadora, es necesario conocer los precios de hora/máquina más comunes que se tienen en la industria, de acuerdo con esto y el tiempo que tardará la fabricación de

cada uno de los elementos, se procede a determinar el costo total de fabricación y maquinado.

La maquinaria necesaria para el mecanizado de los componentes se detalla a continuación con su respectivo costo por hora, en el caso de la soldadura el costo está determinado por cada metro de cordón de soldadura.

Torno paralelo 12.00 $\frac{USD}{hr}$

Fresadora universal 15.00 $\frac{USD}{hr}$

Suelda TIG 180 $\frac{USD}{m}$

Tabla 16. Detalle del costo de fabricación y mecanizado.

Costo de fabricación						
Denominación	Cant.	Fresadora Universal [Horas]	Torno Paralelo [Horas]	Suelda MIG [m]	Suelda TIG [m]	Costo [\$]
Tolva de almacenamiento	1	0	0	0	0,6	108,00
Cilindro dosificador	1	0	5	0	0	60,00
Unión roscada para boquilla	1	0	2	0	0	24,00
Acople para la tolva	1	0	4	0	0	48,00
Esfera	1	0	1	0	0	12,00
Soporte cilindro dosificador	2	2	0	0	0,15	34,50
Soporte cilindro neumático	2	4	0	0	0,1	63,00
Boquilla	1	0	4	0	0	48,00
Guía cilindro neumático	1	1	0	0	0	15,00
Estructura	1	2	0	0,5	0	35,00
Pistón cilindro dosificador	1	0	4	0	0	48,00
Vástago del cilindro dosificador	1	0	3	0	0	36,00
Tuerca del vástago	1	2	1	0	0	42,00
Punta cónica	1	0	3	0	0	36,00
Sujeción del cilindro neumático	1	4	0	0	0,1	61,50
TOTAL						671,00

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

4.1.1.3 Costo de mano de obra

El costo de mano de obra se determina de acuerdo al salario del trabajador, en el caso de Ecuador el ministerio de trabajo determinó un salario mínimo de 386 dólares, con lo cual se tiene un valor de mano de obra de 1,60 dólares la hora, en el caso de un técnico especialista el salario por hora es de 2,50 la hora, estimando un sueldo mínimo de 600 dólares mensuales, en la Tabla 16 se muestra el coste de mano de obra de la máquina.

Tabla 17. Detalle del costo de fabricación y mecanizado.

Costo mano de obra			
Descripción	Horas	Costo/hora	Costo subtotal
Fabricación de elementos	70	\$2,50	\$175,00
Montaje de todos los componentes	24	\$4,00	\$96,00
TOTAL			\$271,00

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

4.1.2 Costos indirectos

Son todos aquellos costos que se producen en el proceso de elaboración del producto o servicio en la organización, que no pueden ser asociados al producto[50].

En el caso de la máquina dosificadora de shampoo tenemos, principalmente, como costos indirectos los elementos consumibles los cuales se utilizan en el proceso de fabricación y montaje, además de los costos no recuperables.

4.1.2.1 Costos no recuperables

Los costos no recuperables son aquellos los cuales es difícil cuantificar el costo por hora o a su vez no es factible hacerlo, dentro de estos se encuentran la utilización de herramientas o accesorios necesarios para la fabricación de la máquina, a continuación en la Tabla 18, se detallan cada uno de estos.

Tabla 18. Detalle de los costos no recuperables

COSTOS NO RECUPERABLES			
DETALLE	PERIODO DE TRABAJO	VALOR HORA [USD]	TOTAL [USD]
Taladro de pedestal	2	3,5	7
Taladro de mano	6	3,5	21
Cizalla	1	2	2
Esmeril	10	1	10
Amoladora	10	0,9	9
Instrumentos de medidas	80	0,4	32
Varoladora de planchas	1	3,5	3,5
TOTAL			84,5

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

4.1.2.2 Costos de elementos consumibles

Los elementos consumibles son todos los destinados a una transformación, de los cuales no se pueden identificar con el producto terminado, son difíciles de cuantificar debido a que en la mayoría de los casos no se sabe a ciencia cierta la cantidad exacta que se va a utilizar, en la tabla 19 se muestran los detalles de cada elemento.

Tabla 19. Detalle de costos de los elementos consumibles

COSTOS DE ELEMENTOS CONSUMIBLES			
DETALLE	CANTIDAD USADA	VALOR UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
Lijas No 150	8	0,45	3,6
Guantes	2	1,5	3
Gafas	1	4	4
Caja de electrodo ER 308 L	2	45	90
Limpiador desoxidante	1	3,5	3,5
Disco de lija	4	4,75	19
Guaípe	10	0,1	1
TOTAL			124,1

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

4.1.2 Costo total de fabricación

Para determinar el costo total que requiere la fabricación del equipo, se deben tomar en consideración todos los gastos realizados, en la Tabla 20 se detallan todos los gastos y el costo total de fabricación.

Tabla 20. Detalle del costo total de fabricación de la máquina

COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA	
DETALLE	COSTO
Costo de diseño	600
Costo de materia prima	1225,8
Costo de fabricación y maquinado	671
Costo de mano de obra	271
Costo no recuperable	84,5
Costo de elementos consumibles	124,1
TOTAL	2976,4

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

4.2 Análisis económico del proyecto

Para determinar la rentabilidad que conlleva realizar el proyecto, es necesario realizar un análisis económico en donde se muestren los detalles de inversión inicial y las ganancias anuales que implican la implementación de esta máquina, tomando en cuenta la depreciación que poseen este tipo de maquinarias, para este caso es de 10 años por ser maquinaria industrial con una tasa anual del 10 %, es decir el valor de una maquinaria decae con el pasar de los años.

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo total de la máquina}}{\text{Años de vida útil}}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{2441 \text{ dólares}}{10 \text{ años}} = 244,1 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}$$

Además de la depreciación es importante considerar otros parámetros como son los costos de mano de obra de producción, al ser un solo trabajador que gana el sueldo básico se puede realizar un estimado de gastos anuales, además de los servicios básicos y los gastos de mantenimiento que se deben realizar de manera periódica, todos estos valores egresos.

4.3 Ingresos mensuales

Los ingresos mensuales de la “Fundación Familia Salinas” en la actualidad son de 1500 botellas de shampoo producidas al mes con un precio establecido de \$ 4, 00 c/u lo que nos da como ingreso mensual 6000 dólares.

Con la implementación de la máquina dosificadora de shampoo se tiene un aumento en la producción del envasado del shampoo de un 50 %, lo que da como resultado un ingreso mensual de 1.2000 dólares al mes, este aumento de producción en el proceso de envasado permite evaluar la viabilidad del proyecto, es decir que este análisis debe considerar el valor actual neto que se tiene con cada año así como la tasa interna de retorno y el periodo en que tarda recuperar la inversión inicial hecha para la adquisición de la máquina dosificadora.

Este análisis se detalla en la Tabla 21, donde se muestra los valores mencionados para un determinado número de años.

Tabla 21. Detalle de flujo de caja anual proyectado

Años	1	2	3	4
Ingresos	12000	12000	12000	12000
Costo de envasado	600	600	600	600
Egresos	6364,1	6364,1	6364,1	6364,1
Mano de obra	4800	4800	4800	4800
Servicios Básicos	720	720	720	720
Depreciación	244,1	244,1	244,1	244,1
Mantenimiento	600	600	600	600
Flujo efectivo	5635,9	5635,9	5635,9	5635,9
Flujo de caja	-2441,4	3194,5	8830,4	14466,3
VAN				\$16.379,38
TIR				210%
PAY BACK				1,20345

Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

El periodo de recuperación estimado es 1,2 años, aproximando el valor el estimado sería de 2 años lo que quiere decir que existe rentabilidad en la implementación del proyecto, tomando en cuenta que los valores de ventas crecen anualmente por el aumento de la producción y obteniendo un resultado positivo en el TIR (Tasa Interna de Retorno) se puede llegar a la conclusión que la inversión realizada es viable para el crecimiento de la “Fundación Familia Salinas”.

CONCLUSIONES

- La máquina dosificadora se construyó para que sobrepasará la capacidad de 100 litros/hora, se proyecta que va a envasar 6 envases de 400ml por minuto y con el proceso de envasado actual se logra envasar 3 envases por minuto, teniéndose un incremento de 50% de envasado del producto
- Mediante el proceso semiautomático de la máquina dosificadora, el envasado tendrá menos contacto físico con el operario u otros objetos que puedan dañar sus propiedades, lo que dará una mejor calidad del producto.
- El material seleccionado para la fabricación de los componentes de la máquina dosificadora, posee una confiabilidad alta, debido a que los esfuerzos que actúan sobre los elementos son menores que el factor límite de fluencia que en el caso de acero inoxidable 304 es de 260 MPa, obteniéndose como resultado un factor de seguridad alto.
- Se determinó mediante pruebas de campo, y se logró llegar a la conclusión que el tiempo de envasado de una botella de 400 ml dura 10 segundos y con 5 ciclos realizados por el cilindro, es decir que el volumen en la cámara del cilindro dosificador es de 80 ml en cada ciclo, obteniéndose 6 botellas en un lapso de un minuto.
- Del análisis económico se concluye que la inversión inicial que requiere la máquina dosificadora de shampoo es viable, debido a que con el aumento de producción los ingresos anuales son mayores y esto a su vez da valores positivos a la tasa interna de retorno teniéndose un total de 210 % en 4 años, a su vez el período de recuperación de la inversión retorna en un tiempo de 2 años, el cual está dentro del rango establecido.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar una banda transportadora, con el fin de automatizar la línea de producción de envasado en una mayor escala.
- Se recomienda automatizar el sistema de dosificado con la implementación de más cilindros neumáticos para la secuencia de dosificado, con ayuda de un PLC que es el encargado de controlar el sistema, con esto se puede mejorar el alcance de la máquina.
- Tomar en consideración los períodos para realizar los mantenimientos preventivos propuestos para llevar un buen control de cada elemento y evitar paros intempestivos.
- Se recomienda estudiar otras alternativas que puedan resultar más viables en cuanto a precisión y a volumen de producción, tomando en cuenta que existen varios métodos que pueden ajustarse a los aplicados en esta investigación
- Se recomienda que cada 6 meses se debe hacer un desmontaje de la máquina dosificadora con personal calificado para realizar un mantenimiento total y verificar si existen algunas partes que se deban reparar o ser reemplazadas.
- Se recomienda implementar un sistema que se solventado en cuanto a lo que refiere cargar la tolva cada determinado tiempo, es decir un sistema de bombeo que succione directo el fluido hacia la cámara de dosificado.

BIBLIOGRAFÍA

- 1] «que-significa.com,» [En línea]. Available: <https://que-significa.com/significado.php?termino=bancada>.
- 2] «Tirelli,» [En línea]. Available: www.tirelli.net/es/area/19/56-cilindros_dosificadores.
- 3] «ElHinel,» 2018. [En línea]. Available: http://www.elhinel.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1190&Itemid=500.
- 4] «Mundo Compresor.com,» [En línea]. Available: <https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/compresor>.
- 5] «Real Academia Española,» 2017. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=EAJoSak>.
- 6] «ConceptoDefinicion.de,» [En línea]. Available: <https://conceptodefinicion.de/estructura/>.
- 7] «RENOVETEC,» [En línea]. Available: <http://www.renovetec.com/597-planos-de-mantenimiento/112-planos-de-mantenimiento/294-ejemplo-de-plan-de-mantenimiento>.
- 8] J. Perez, «Taller Mecánico,» Achus, [En línea]. Available: <http://www.jperez.net/mecanica/moleteado.asp>.
- 9] «EMPRENDEDOR XXI,» [En línea]. Available: http://www.emprendedorxxi.coop/html/creacion/crea_pempresa_art9b.asp.
- 10] «PULVEX,» [En línea]. Available: <http://maquinariapulvex.com/tolvas-de-almacenamiento.html>.
- 11]

- M. E. Moura, «Salud y Medicinas,» 08 Abril 2016. [En línea]. Available: <http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/alergias/articulos-relacionados/breve-historia-del-shampoo.html>. [Último acceso: 30 Abril 2018].
- 12] Fundación Familia Salesiana Salinas, «Salinerito,» [En línea]. Available: <http://www.salinerito.com/blog?limitstart=0>. [Último acceso: 30 Abril 2018].
- 13] Agri, «Destiladores para aceites esenciales,» 29 Mayo 2011. [En línea]. Available: <http://destiladoresparaaceitesesenciales.blogspot.com/2011/05/destiladores-para-aceites-esenciales.html>. [Último acceso: 01 Mayo 2018].
- 14] «Enciclopedia Culturana,» 03 Mayo 2013. [En línea]. Available: <https://edukavital.blogspot.com/2013/05/shampoo-definicion-de-shampoo-concepto.html>. [Último acceso: 1 mayo 2018].
- 15] M. Rios y R. Foster, «Plantas Medicinales de Salinas de Guaranda, Ecuador,» 10 2008. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Montserrat_Rios/publication/280569702_Plantas_Medicinales_de_Salinas_de_Guaranda_Ecuador/data/55ba825808aed621de0ad20d/Medicinal-Plants-Salinas-Rapid-Color-Guides.pdf. [Último acceso: 13 05 2018].
- 16] L. Dalton, Destilación por arrastre con vapor, Química Orgánica I (1311).
- 17] E. García , «Diseño y construcción de un prototipo con sistema SCADA aplicado al control del micro clima y dosificación del producto almacenado en silos,» 2012. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1902/5/04%20Diseno%20construccion%20dosificadores.pdf>. [Último acceso: 14 05 2018].
- 18] C. Pinto y H. Durán, «Diseño, modelamiento y simulación de una máquina dosificadora de alimento granulado para animales,» Bogota D.C., 2006.
- 19] «Scheugenpflug,» [En línea]. Available: <https://www.scheugenpflug.de/es/productos/dosificadores/dosificadores-por-pistones.html>.
- 20] G. Moncada y B. Zorro, «Diseño de los diseños automáticos de envasado y tapado de productos de la línea de producción N°2 de la empresa Capill France,» Bogotá D.C., 2006.
- 21]

A. Suarez Castrillon, G. Osorio Contrera y S. Suarez Castrillon, «Diseño de una Línea de Molienda de Carbón Mineral,» Ingenio Ufpsi, 2014.

- 22] M. Ballon Gomez, «SlideShare,» 17 05 2015. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/mauricioantonio1291/tolvas>. [Último acceso: 28 05 2018].
- 23] C. I. Agila Condoy, «DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE NEUMÁTICA EN EL LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL DE LA CARRERA DE EDUCACIÓN TÉCNICA DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR,» Quito, 2013.
- 24] M. J. Escalera Tornero y A. J. Rodriguez Fernandez, «Actuadores Neumáticos,» España, 2009.
- 25] [En línea]. Available: automatastr.galeon.com.
- 26] M. A. Hernández O y S. E. Méndez B, «Diseño y Construcción de un Manipulador Neumático de Configuración Cilíndrica,» Universidad De El Salvador, San Salvador, 2010.
- 27] [En línea]. Available: <http://jgvaldemora.org/blog/tecnologia/wp-content/uploads/2011/03/apuntes-de-circuitos-neum%C3%A1ticos-completo-9-10.pdf>. [Último acceso: 18 Abril 2018].
- 28] F. Ebel, S. Idler, G. Prede y D. Scholz, «Neumática Electroneumática,» *Festo Didactic GmbH & KG*, n° 573031, p. 208, 2009.
- 29] F. I. C. F.. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_b_ii/capitulo2.pdf. [Último acceso: 2018 06 15].
- 30] «Válvulas estranguladoras y antirretorno estranguladoras DVP, DRVP,» *HYDAC INTERNATIONAL*, p. 8.
- 31] «UNIDADES DE MANTENIMIENTO FRL,» [En línea]. Available: <http://www.hnsa.com.co/unidades-de-mantenimiento-frl/>. [Último acceso: 15 06 2018].
- 32] T. E. Lopez, «GRUPO DELPIN,» 8 DICIEMBRE 2016. [En línea]. Available: <https://www.grupodelpin.com/2016/12/08/vas-a-trabajar-con-aire-comprimido/>.

- 33] «MIYAWAKI,» [En línea]. Available: <https://www.miyawaki.net/index.php/productos/trampas-de-aire.html?lang=es>.
- 34] [En línea]. Available: http://www.iminox.org.mx/downloads/publicaciones/manual_caracteristicas_y_clasificacion.pdf.
- 35] G. MORILLO, «AISI datos».
- 36] NKS de Mexico, «NKS de Mexico,» [En línea]. Available: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/>. [Último acceso: 07 Noviembre 2018].
- 37] E. Gamboa y R. Álvarez, «ACERO INOXIDABLE 316 y 316 L PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS,» 20121.
- 38] «Acero Inoxidable 304 y 304L,» NKS, [En línea]. Available: http://www.nks.com/es/distribuidor_de_acero_inoxidable/acero_inoxidable_304.html. [Último acceso: 2018 Julio 05].
- 39] Rangel, «Rangel todo para soldar,» [En línea]. Available: http://www.todoparasoldar.com.mx/product.php?id_product=311. [Último acceso: 2018 Julio 05].
- 40] «ingemecánica,» Soldadura de los Aceros Inoxidables, [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html>. [Último acceso: 05 Julio 2018].
- 41] M. Ibarra, E. Nuñez y J. M. Huerta, «Manual de ACEROS INOXIDABLES PARA SOLDADORES,» INDURA S.A., Cerrillos, 2010.
- 42] «RANGEL TODO PARA SOLDAR,» [En línea]. Available: <http://www.todoparasoldar.com.mx/aporte-er308/53-aporte-er308l-1-8.html>. [Último acceso: 05 Julio 2018].
- 43] [En línea]. Available: <https://www.boletinindustrial.com/producto.aspx?pid=69257>. [Último acceso: 20 Julio 2018].
- 44] «FESTO,» [En línea]. Available: <https://www.festo-didactic.com/int-es/servicios/printed-media/data-sheets/neumatica/cilindro-de-simple-efecto->

152887.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4zMj4xMDg3LjUxNTI. [Último acceso: 20 Agosto 2018].

- 45] «ECI Equipos y Controles Industriales,» [En línea]. Available: <http://www.eci.co/es/prods/valvulas-de-bola>. [Último acceso: 20 Agosto 2018].
- 46] «Coperflex,» [En línea]. Available: <http://coperflex.com/producto/abrazadera-industrial-acero-al-carbon/>. [Último acceso: 20 Agosto 2018].
- 47] R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Mexico D.F.: McGraw-Hill, 2008.
- 48] R. Mott, Diseño de elemntos de máquinas, Mexico D.F: Pearson Educación, 2006.
- 49] «Provindus,» 11 2016. [En línea]. Available: http://www.provindus.com.py/wp-content/uploads/2016/11/Tubos_Inoxidables.pdf. [Último acceso: 15 10 2018].
- 50] FESTO, «Cilindros Normalizados DNC, ISO 15552,» 2018.
- 51] FAEDIS, «UNIDAD 4. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN,» Nueva Granada, 2016.

Anexo 1: PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento consiste en realizar los ajustes programados para prolongar la vida útil de la máquina, realizando tareas preventivas al momento de su instalación, para cumplir los objetivos planteados, garantizando la fiabilidad y aumentando al máximo la productividad del equipo.

a. Mantenimiento preventivo

Se debe realizar un mantenimiento preventivo con el objetivo de anticipar posibles averías en el equipo, evitando falla en el arranque, fugas de aire, caídas de presión, etc. Todos aquellos problemas que reduzcan la vida útil de los elementos neumáticos. Podemos recalcar a continuación los inconvenientes más comunes en la dosificadora:

- Problemas de fugas.
- Chequeo del filtro de aire.
- Control del regulador de presión.
- Perdida de elasticidad en el resorte.
- Limpieza de la tolva.
- Limpieza del cilindro dosificador.

b. Problemas de fugas

Uno de los problemas más visibles en un sistema neumático son los problemas de fugas del aire comprimido, que se producen en los empaques, ocasionando un elevado problema de ruido que puede ser perjudicial al sistema auditivo. Por lo que se debe tomar en cuenta que cuando exista un problema de fugas se debe cambiar los empaques o a su vez verificar si se encuentran conectados correctamente, ya que puede ser una de las causas de la fuga de aire.

c. Chequeo del filtro de aire

El chequeo del filtro de aire se debe revisar continuamente ya que este alberga y limpia todas las impurezas que se extrae del aire comprimido. Para solucionar el problema de

daño del filtro de aire si ya no está funcionando correctamente se recomienda cambiarlo por uno nuevo o si se encuentra sucio con impurezas se recomienda limpiarlo para que vuelva a cumplir sus funciones.

d. Control del regulador de presión

Para el correcto control de la válvula de presión (regulador de presión) se debe mantener una presión constante, comprobar periódicamente el nivel de aceite del compresor.

e. Pérdida en la elasticidad del resorte

El trabajo prolongado del resorte hace que este pierda su coeficiente de elasticidad, para este caso se debe realizar un cambio periódico del resorte cada 6 meses, para evitar que existan fugas en el sistema de bloqueo, también se debe realizar un mantenimiento mensual que consiste realizar una limpieza exhaustiva del componente.

f. Limpieza de la tolva.

La limpieza de la tolva es muy importante ya que en esta se alberga todo el líquido a dosificar. Y la limpieza consiste con chorros de presión de agua, usando disolventes o líquidos limpiadores que ayude al desprendimiento de residuos adheridos en las paredes de la tolva.

g. Limpieza del cilindro dosificador.

La limpieza del cilindro dosificador debe ser de manera periódica ya que este existe la posibilidad de que se concentre mayores cantidades de residuos del shampoo, el mismo que al secarse puede producir daños en los componentes móviles dentro de este, es recomendable haber una limpieza semanal y en el caso que no se utilizar mantener todas sus partes limpias.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Realizado por _____

Dirección _____

Fecha _____

Reporte de ultimo mantenimiento _____

Mantenimiento Diario		3 – 5			
Ítem de Chequeo	1 -2	Semana	6-10	10-20	20-30
	Semana	s	Semanas	Semanas	Semanas
Seguridad de operación	X	X	X	X	X
Nivel de aceite del compresor			X		
Problemas de fugas	X				
Chequeo del filtro de aire		X		X	
Control del regulador de presión		X		X	
Perdida de elasticidad en el resorte					X
Limpieza de la tolva	X	X	X	X	X
Limpieza del cilindro dosificador	X	X	X	X	X
Limpieza general de todos los elementos			X		

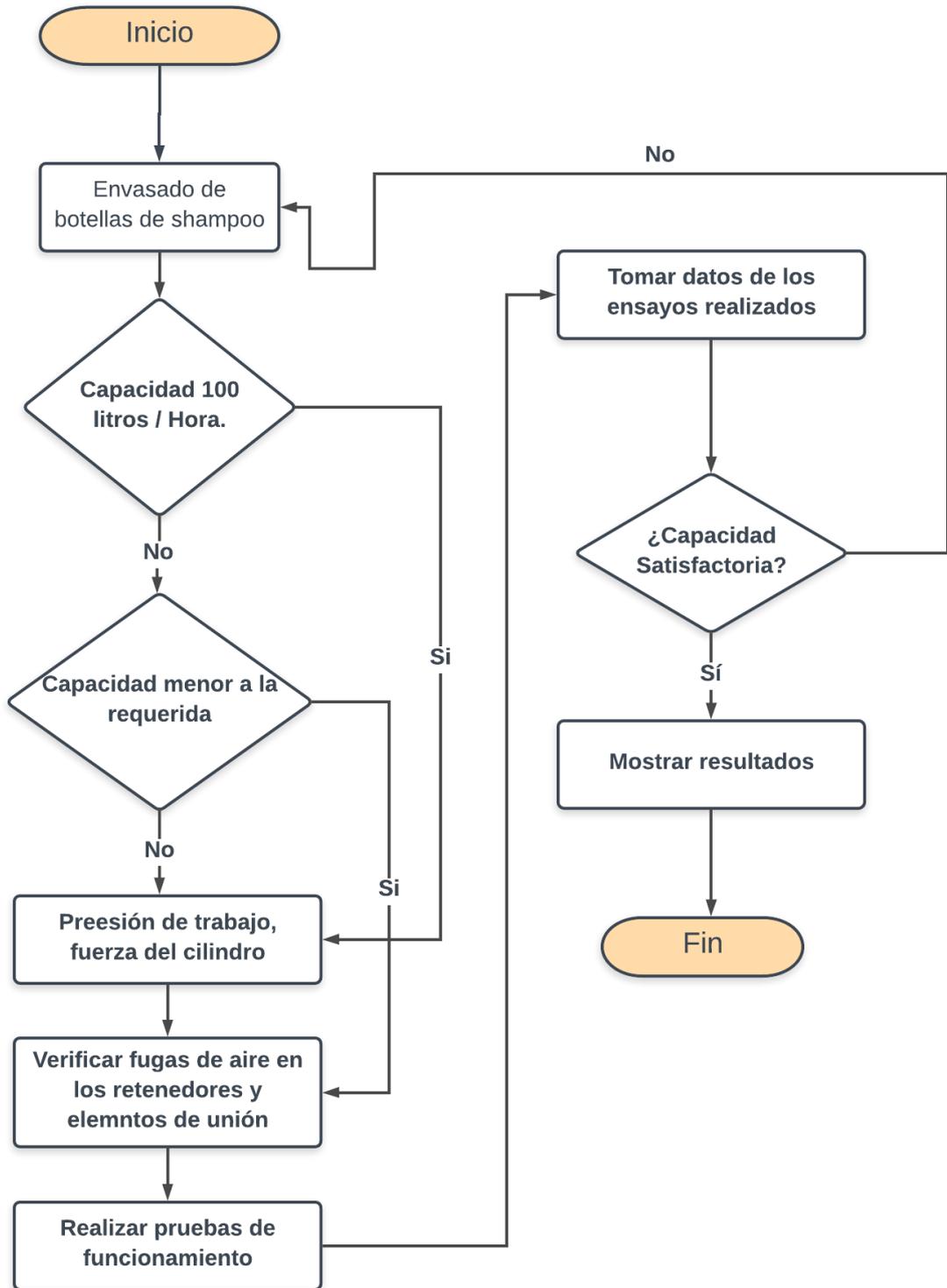
Reporte Técnico

Observaciones

Firma del técnico encargado

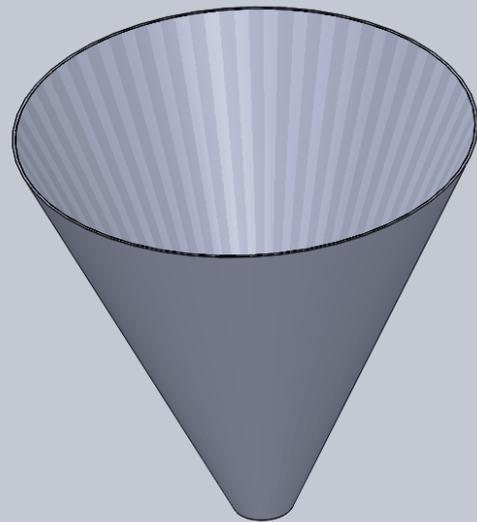
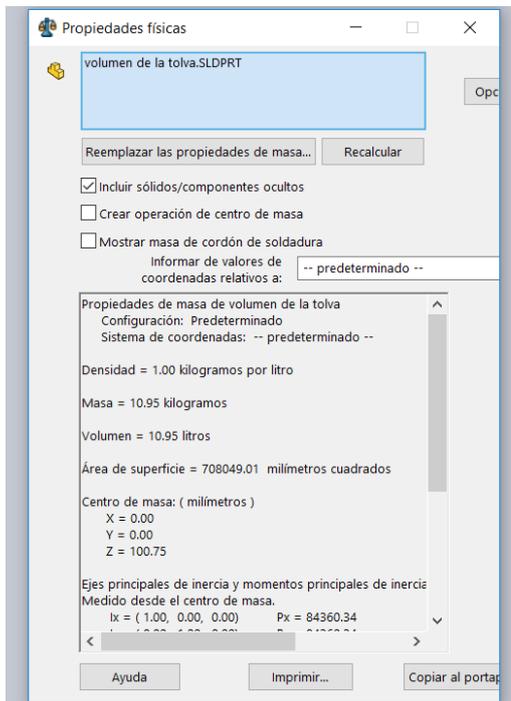
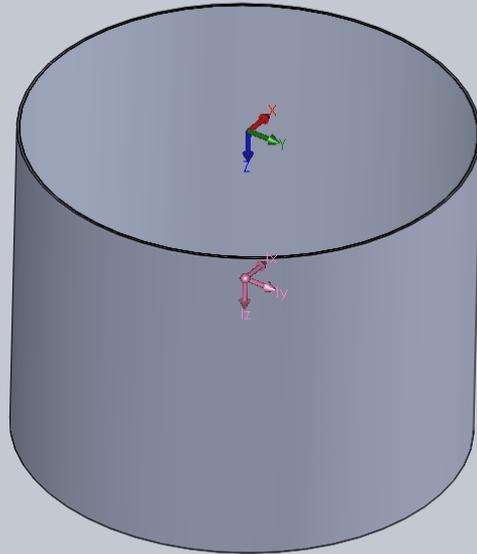
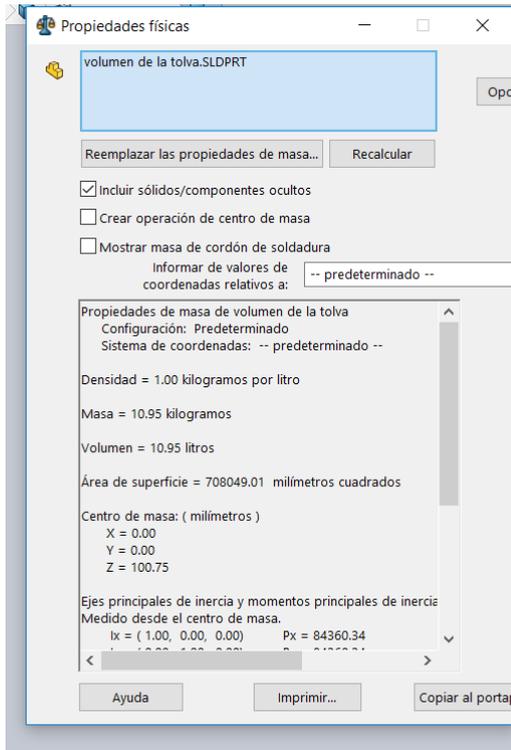
Cliente

Anexo 2: DIAGRAMA DE FLUJO



Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Anexo 3: VERIFICACION DEL VOLUMEN DE LA TOLVA

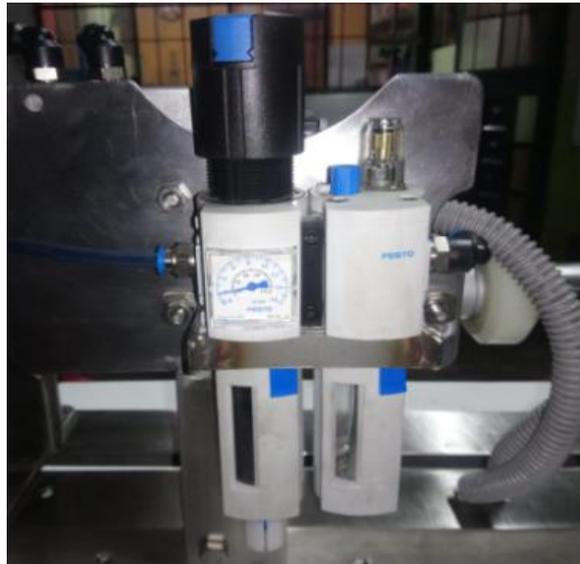


Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Anexo 4: FOTOS

Foto 1.

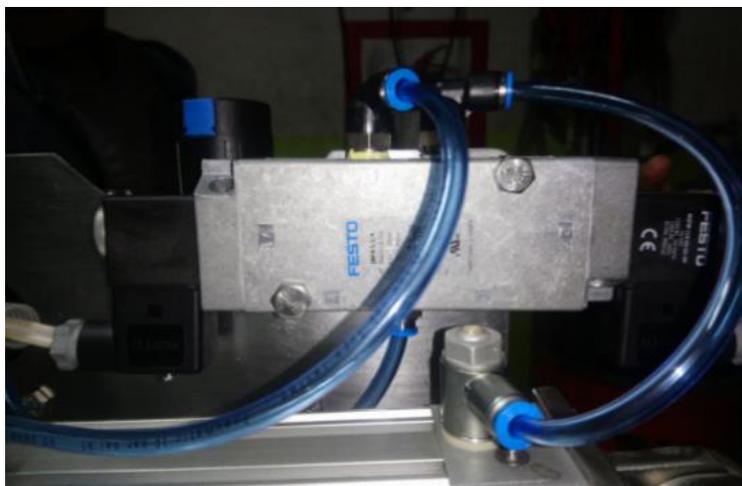
La unidad de mantenimiento posee algunos componentes como son el filtro, lubricador y el regulador, estos componentes permiten regular el caudal del aire y a su vez la calidad con el que este debe ingresar hacia los elementos neumáticos.



Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Foto 2.

La electroválvula biestable de 5 vías y dos posiciones se encarga de permitir el paso hacia cada entrada del cilindro neumático lo que permite realizar el ciclo de avance y retroceso.



Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Foto 3.

La cámara del cilindro dosificador es en donde se almacena todo el volumen del producto que se va a dosificar, este está unido mediante una rosca hacia un acople donde ingresa la tolva.



Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Foto 4.

Máquina dosificadora de shampoo ensamblada y realizando pruebas de funcionamiento.



Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Foto 5.

Boquilla de la máquina dosificadora realizando el proceso de dosificado de shampoo en envases de 400 ml.



Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Foto 6.

Entrega de la dosificadora de shampoo en la “Fundación Familia Salesiana Salinas” en la provincia de Bolívar, parroquia Salinas.



Elaborado por: Gabriela Andrade & Alex Hernández

Anexo 5: PLANOS