

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE
EMBOTELLADO DE JUGOS PASTEURIZADOS**

**ÁNGEL ANDRÉS VÁSQUEZ OSPINA
KRISTHIAN ALBERTO CORTÉS ANGEL**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
INGENIERIA MECATRONICA
PEREIRA
2014**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE
EMBOTELLADO DE JUGOS PASTEURIZADOS**

**ÁNGEL ANDRÉS VÁSQUEZ OSPINA
KRISTHIAN ALBERTO CORTÉS ANGEL**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

**Director
JUAN FELIPE ARROYAVE
INGENIERO MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
INGENIERIA MECATRONICA
PEREIRA
2014**

NOTA ACEPTACIÓN

PRESIDENTE JURADO

JURADO

JURADO

Pereira, abril de 2014

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a nuestros padres, quienes con gran sacrificio nos dieron la mejor herencia que una persona puede dar, y es la posibilidad de trascender en la sociedad con bases éticas y morales muy fuertes, el valor por el trabajo, el esfuerzo por mejorar en cada prueba de la vida, el desprendernos de la mediocridad, y la virtud de no aferrarnos a nuestras adversidades y errores en la vida y así dar lo mejor de nosotros mismos en cada tarea que hacemos para propender lo mejor para nosotros nuestras familias y la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Al programa de Ingeniería Mecatrónica, por acogernos como estudiantes y trabajar de forma constante en lograr en sus estudiantes, profesionales de éxito con los conocimientos necesarios para lograr sus metas.

A la Universidad Tecnológica de Pereira por brindarnos programas de calidad certificados, un campus universitario con todos los laboratorios, espacios y un programa de bienestar estudiantil que brindan a la comunidad de estudiantes las garantías para su desarrollo profesional.

Al SENA por prestarnos sus laboratorios con tecnologías de punta para el desarrollo de este proyecto.

Al instructor Rodolfo Ramírez, por brindarnos su apoyo y asesoría durante la manufactura de todas las partes fabricadas con tecnologías CNC en este proyecto.

A todos los docentes que nos brindaron sus conocimientos para lograr alcanzar todos los retos que se nos propusieron durante el curso del programa.

Al ingeniero Felipe Arroyave director de este proyecto de grado, por brindarnos su tiempo y asesoría durante el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	12
Objetivos.....	12
General.....	12
Específicos.....	12
Marco teórico-conceptual	13
1. DIFERENTES TECNOLOGÍAS EN EL LLENADO DE ENVASES.....	15
1.1. Tipos de llenadoras.....	15
1.1.1. Máquinas paso a paso.....	15
1.1.2. Máquina rotativa.....	16
1.1.3. Máquina universal (anaconda)	17
1.2. Tecnologías para el control del llenado	18
1.2.1. Control de llenado a nivel	18
1.2.2. Control de llenado Volumétricas	18
1.2.3. Control de llenado Ponderal	19
2. DISEÑO DE INGENIERIA APLICADO A LA MÁQUINA ENVASADORA.....	20
2.1. Diseño conceptual de la máquina envasadora	20
2.2. Metodología de diseño Pahl y Beitz.....	20
2.2.1. Fase 1. Especificaciones	20
2.3. Diseño Conceptual	22
2.4. Análisis estructura funcional.....	23
2.4.1. Transportar	24
2.4.2. Almacenar	24
2.4.3. Conducir	25
2.4.4. Llenar.....	25
2.4.5. Transportar	25
2.4.6. Tapar	25
2.4.7. Almacenar	25

2.5.	Generación de alternativas	25
2.6.	Metodología de evaluación y resultados	26
2.7.	Descripción de la ruta de solución	30
3.	MODELADO Y DISEÑO DE DETALLE DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE LA MÁQUINA CON HERRAMIENTAS CAD.....	31
3.1.	Diseño de la máquina envasadora	31
3.2.	Análisis de presiones dentro del sistema hidráulico de la envasadora	32
3.3.	DISEÑO DE LAS ELECTROVALVULAS.....	35
3.3.1.	Cuerpo principal.....	36
3.3.2.	Salida de boquilla (Desviación de flujo)	37
3.3.3.	Vástago.....	37
3.3.4.	Tapa Cuerpo Cilindro.....	38
3.3.5.	Camisa Vástago	38
3.3.6.	Soporte Bobina.....	39
3.3.7.	Bobina	39
3.3.8.	Tapa soporte bobina	39
3.3.9.	Extensión vástago	40
3.4.	Funcionamiento de la electroválvula.....	40
3.5.	Diseño de los elementos adicionales de la máquina envasadora.	42
3.5.1.	Mesa soporte	42
3.5.2.	Tanque de pre-llenado.....	42
3.5.3.	Estructura de soporte	43
3.5.4.	Regleta porta boquillas	44
3.6.	Bomba hidráulica	44
3.7.	Manguera hidráulica	45
3.8.	Análisis por elementos finitos (cae) de los sistemas sometidos a presión	45
3.8.1.	Mangueras del sistema hidráulico	45
3.8.2.	Tanque de pre-llenado.....	45
3.8.3.	Electroválvula.....	46
4.	DISEÑO DE DETALLE DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL DE LA MÁQUINA ENVASADORA.....	48

4.1.	Esquema Eléctrico	48
4.1.1.	Descripción del circuito.....	49
4.1.2.	Elementos utilizados en el circuito	49
4.2.	Circuito detector de nivel.....	50
4.2.1.	Funcionamiento del circuito detector de nivel.....	50
4.3.	El transistor Darlington y su estructura	52
5.	PROCESO DE MANUFACTURA DE LAS PARTES DE LA MAQUINA ENVASADORA	53
5.1.	Descripción de los procesos de manufactura, máquinas y herramientas empleadas en la manufactura de las distintas partes de la maquina envasadora.	53
5.1.1.	Torneado CNC	53
5.1.2.	Fresado CNC.....	54
5.1.3.	Herramientas de corte utilizadas en los procesos de torneado y fresado.	55
5.1.4.	Formulas y datos técnicos requeridos para el cálculo de los parámetros de corte en el mecanizado	57
5.2.	Manufactura de las electroválvulas.....	59
5.3.	Manufactura de los soportes de las electroválvulas	70
5.4.	Manufactura estructura soporte	70
5.5.	Manufactura tarjetas electrónicas control de nivel.....	71
6.	PRUEBAS Y MEJORAS DE LA MAQUINA ENVASADORA.....	74
6.1.	Análisis del funcionamiento del sistema de bombeo	75
6.1.1.	Análisis de fallas en el sistema de bombeo	75
6.1.2.	Propuesta de mejora del sistema de bombeo	75
6.2.	Análisis del funcionamiento del tanque de pre-llenado.....	76
6.2.1.	Análisis de fallas en el tanque de pre-llenado	76
6.2.2.	Propuesta de mejora en el tanque de pre-llenado.....	76
6.3.	Análisis al funcionamiento de las electroválvulas.	77
6.3.1.	Análisis de fallas en las electroválvulas.....	77
6.3.2.	Propuesta de mejora de las electroválvulas	79
6.4.	Análisis del sistema de control de llenado.....	81
6.4.1.	Análisis de fallas en el control de llenado.....	81
6.4.2.	Propuesta de mejora para el control de llenado	82

6.4.3.	Esquema Eléctrico del proceso temporizado:.....	82
6.4.4.	Descripción del circuito.....	84
6.4.5.	Elementos utilizados en el circuito	84
6.5.	Ensamble del sistema con los nuevos diseños y mejoras.....	85
6.5.1.	Ensamble del sistema de electroválvulas:	85
6.5.2.	Modificaciones al sistema eléctrico	86
6.5.3.	Pruebas y conclusiones del funcionamiento de la máquina envasadora	87
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
	BIBLIOGRAFÍA.....	90
	ANEXOS	91
	Anexo A Planos técnicos.	91
	Anexo B Informe análisis CAE.	91
	Anexo C Hoja de datos elementos normalizados en la máquina envasadora.....	91
	Anexo D Manual de programación Maquinas CNC.	91

Lista de figuras.

	Pág.
Figura 1 Máquina paso a paso.....	15
Figura 2 Máquina rotativa	16
Figura 3 Máquina universal.....	17
Figura 4 Control de llenado a nivel	18
Figura 5 Control de llenado volumétrico	19
Figura 6 Control de llenado Ponderal	19
Figura 7 Esquema estructural metodología Pahl y Beitz	21
Figura 8 Caja negra (embotelladora)	23
Figura 9 Estructura funcional máquina envasadora.....	24
Figura 10 Concepto final de la máquina de embotellado	30
Figura 11 Diseño en detalle máquina envasadora.....	31
Figura 12 Identificación del sistema hidráulico.....	33
Figura 13 Diseño electroválvula.....	36
Figura 14 Diseño cuerpo principal electroválvula.....	37
Figura 15 Diseño salida boquilla electroválvula	37
Figura 16 Diseño vástago electroválvula	37
Figura 17 Diseño tapa cuerpo cilindro electroválvula.....	38
Figura 18 Diseño camisa vástago electroválvula	38
Figura 19 Diseño soporte bobina electroválvula	39
Figura 20 Bobina electroválvula.....	39
Figura 21 Diseño tapa soporte bobina electroválvula	40
Figura 22 Diseño extensión vástago electroválvula	40
Figura 23 Funcionamiento de la electroválvula.....	41
Figura 24 Mesa soporte	42
Figura 25 Tanque de pre-llenado.....	43
Figura 26 Estructura soporte	43
Figura 27 Regleta porta boquillas.	44
Figura 28 Características bomba hidráulica.....	44
Figura 29 Manguera hidráulica tipo sanitaria	45
Figura 30 Análisis CAE tanque de pre-llenado.	46
Figura 31 Analisis CAE electroválvulas	47
Figura 32 Esquema eléctrico máquina envasadora	48
Figura 33 Circuito esquemático detector de nivel	51
Figura 34 Manufactura de la máquina envasadora.....	53
Figura 35 Torno CNC CK6032.....	54
Figura 36 Herramienta multipropósito (cilindrado y refrentado)	55
Figura 37 Herramienta para cilindrado interno (alesado).....	56
Figura 38 Herramienta para roscado exterior	56
Figura 39 Herramienta para roscado interior	56
Figura 40 Herramienta para acabado exterior	56
Figura 41 Herramienta para acabado exterior	56

Figura 42 Electroválvula fabricada.....	59
Figura 43 Soporte electroválvulas.....	70
Figura 44 Estructura soporte.....	70
Figura 45 Ruteadora CNC Bungard.....	72
Figura 46 Tarjeta electrónica del control de nivel.....	72
Figura 47 Tablero de control de la máquina envasadora.....	73
Figura 48 Máquina envasadora totalmente ensamblada	74
Figura 49 Problemas sistema de bombeo	75
Figura 50 Modificación al sistema de bombeo	76
Figura 51 Problema caída de presión en boquillas	76
Figura 52 Solución al tanque de pre-llenado	77
Figura 53. Puntos de fuga en electroválvulas.	77
Figura 54 Punto de fuga de la electroválvula	78
Figura 55 Desalineación entre la camisa del vástago y el cuerpo principal.	78
Figura 56 Características técnicas electroválvula nueva.	79
Figura 57. Adaptaciones a la nueva electroválvula.....	80
Figura 58 Montaje del nuevo sistema de llenado.....	80
Figura 59 Sistema de control de llenado.....	81
Figura 60 Esquema eléctrico de potencia del sistema de temporizado.	83
Figura 61 Esquema eléctrico de control del sistema temporizado	83
Figura 62 nuevo sistema de llenado.	85
Figura 63 Montaje del nuevo sistema de bombeo	86
Figura 64 Montaje del nuevo sistema eléctrico.....	86

Lista de tablas.

	Pág.
Tabla 1 Requerimientos del cliente sobre el producto	22
Tabla 2 Matriz morfológica.....	26
Tabla 3 Matriz de puntuación.....	27
Tabla 4 Análisis elementos transportar	27
Tabla 5 Análisis elementos a almacenar	28
Tabla 6 Análisis elementos conducir.....	28
Tabla 7 Análisis elementos llenar	28
Tabla 8 Análisis elementos transportar	28
Tabla 9 Análisis elementos tapar	29
Tabla 10 Análisis elementos almacenar	29
Tabla 11 Matriz morfológica solución ideal.	29
Tabla 12 Propiedades mecánicas acero inoxidable	35
Tabla 13 Elementos utilizados en el circuito	49
Tabla 14 Características técnicas 38 Máquina CK6032 Torno CNC	54
Tabla 15 Velocidad de corte para diferentes tipos de aceros.	58
Tabla 16 Ruta de mecanizado cuerpo principal	60
Tabla 17 Ruta de mecanizado salida de boquilla.....	62
Tabla 18 Ruta de mecanizado salida de boquilla.....	63
Tabla 19 Ruta de mecanizado tapa cuerpo cilindro	64
Tabla 20 Ruta de mecanizado camisa vástago	65
Tabla 21 Ruta de mecanizado soporte bobina	66
Tabla 22 Ruta de mecanizado tapa soporte bobina.....	68
Tabla 23 Ruta de mecanizado tapa extensión vástago	69
Tabla 24 Elementos utilizados en el circuito temporizador.	84

INTRODUCCIÓN

Este proyecto describe el proceso de desarrollo de un producto desde el planteamiento del problema general, hasta su construcción y validación, se detalla la metodología de diseño conceptual *Pahl and beitz* incluyendo el diseño detallado de cada pieza, con procesos de ingeniería, validación y tecnologías de control numérico CNC.

La empresa SAVIDA S.A.S, dedica su actividad empresarial a la producción y embotellado de jugos naturales sin azúcar endulzados a partir del aloe vera, y pasteurizados a altas temperaturas. La empresa presentaba un inconveniente en el proceso de embotellado, debido a que no existía en ella un equipo para esto y lo debían de realizar manualmente con recipientes plásticos; esto demanda gran dedicación y esfuerzo por parte de los empleados y hacía el proceso muy lento; por otro lado la técnica de pasteurización por calor requiere el embotellado a temperaturas muy altas, lo que supone un alto riesgo para los operarios, que conducen a accidentes por quemaduras muy frecuentes en este proceso.

El reto consiste en desarrollar un equipo para solucionar estos inconvenientes a la empresa de forma eficiente y económica.

Objetivos

General

Diseñar y construir el prototipo de una máquina de embotellado de jugos pasteurizados

Específicos

Implementar una metodología de diseño conceptual que permita identificar todos los requerimientos del cliente y evaluar la mejor solución para satisfacer de forma eficiente sus necesidades.

Implementar sistemas CAD-CAE (Diseño Asistido por Computador – Ingeniería Asistida por Computador) para el diseño y la simulación del prototipo virtual de la máquina de envasado.

Implementar sistemas CAM (Manufactura Asistida por Computador), y equipos de manufactura CNC (Control Numérico Computarizado) para el mecanizado de las diferentes partes de la máquina de embotellado.

Diseñar un sistema electrónico para el control del proceso de embotellado.

Realizar pruebas ensayos y acciones de mejora sobre el prototipo ya construido y generar informes de resultados.

Marco teórico-conceptual

El diseño de máquinas y equipos es una actividad de cualquier ingeniero, que busca brindar soluciones al sector productivo, y los trabajos desarrollados en esta área deben ser afines a esta necesidad.

Las técnicas de envasado buscan ofertar productos higiénicamente frescos lo que ha llevado a la diversificación de estos métodos, los materiales y los tipos de tratamientos de conservación. A esto se le une el interés de los consumidores por la seguridad alimentaria, lo que ha hecho que en el momento actual, este tema sea centro de atención de todos los agentes que intervienen en esta industria. De los muchos procedimientos de conservación de los alimentos que se emplean, solo unos pocos (pasterización y esterilización por calor) actúan esencialmente, ocasionando la muerte de los microorganismos¹.

Las nuevas técnicas de manufactura CNC(control numérico computarizado) han logrado mayor rapidez y calidad en la construcción y fabricación de equipos para diferentes industrias, el conocimiento de sus aplicaciones suponen gran ventaja para los diseñadores que pueden plantear sus trabajos pensados en el uso de estas herramientas y su integración con software CAD(diseño asistido por computadora).

El diseño como tarea consiste en pensar (idear) y describir una estructura que aparece como una portadora de características deseadas (particularmente funciones); el diseño como proceso consiste en transformar información de las condiciones, necesidades y requisitos a la descripción de una estructura que las satisfaga. De esta manera, se podría entender al individuo que diseña, como un medio de transformación de información, que proviene inicialmente del cliente, pero que se alimenta también de conocimiento propio del diseñador y conocimiento adquirido durante el proceso, para dar lugar a una estructura imaginada que una vez hecha realidad, confirma las características con las que se pensó.

El PLM (Product Lifecycle Management) es una solución informática empresarial que permite implementar una estrategia de gestión de toda la información relacionada con el producto, desde la primera idea hasta su retirada del mercado. Es preciso remarcar que PLM no es tanto una tecnología o sistema informático como una estrategia que saca provecho de esta tecnología, en la que los procesos son tan importantes como los datos que se gestionan.

¹ Tomado de la Publicación “Tecnología de Envasado y Conservación de Alimentos” de R .López Alonso, T. Torres Zapata y G. Antolin Giraldo realizado por el Laboratorio de Procesos Químicos de CARTIF sponible en internet en [http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/Envasado%20y%20Conservacion%20de%20Alimentos%20\(1\).pdf](http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/Envasado%20y%20Conservacion%20de%20Alimentos%20(1).pdf) “

Los sistemas PLM integran las islas de información existentes en las empresas, provocadas por unos procesos secuenciales, fragmentados, basados en papeles y archivos desperdigados con mucha intervención manual. Sin PLM, los lanzamientos de nuevos productos son lentos, consumidores de recursos que son escasos, tienen poca visibilidad, y son difíciles de gestionar y controlar.

Un sistema PLM gestiona entre otras cosas: información, personas y procesos.

Estos últimos años los sistemas PLM han incorporado funcionalidades específicas, tales como el soporte a normativas reguladoras gubernamentales como la FDA norteamericana, la gestión de requerimientos y las ayudas a la ingeniería de sistemas. Todo esto los hace ahora muy atractivos para sectores bien alejados de sus orígenes tradicionales. Así pues, se están implantando a gran velocidad entre los productores de bienes de consumo tales como el textil, los complementos de moda, el calzado y la gran distribución.

También las empresas de proceso han entendido las ventajas estratégicas del PLM y se utiliza en farmacia, química fina, perfumería y alimentación.

Los sistemas PLM destinados a grandes corporaciones tienen características propias, que permiten la ejecución de sofisticados procesos transversales, y que en general no se requieren para una empresa mediana o pequeña².

² Tomado de la página web oficial KONOTEC "<http://www.konotec.com/enovia-v6-plm.jsp>"

1. DIFERENTES TECNOLOGÍAS EN EL LLENADO DE ENVASES

El llenado de una botella consiste en la transferencia de un líquido desde el tanque que lo contiene hacia la misma. Uno de los parámetros más importantes en el llenado de envases es controlar el volumen de llenado lo que distingue una tecnología de otra, como vemos en la tesis profesional “*Diseño de una llenadora automática con capacidad para llenar 25000 botellas de 475mm*” Presentada por David Díaz Barriga, existen en el mercado distintas tecnologías desarrolladas según necesidades puntuales del cliente, a continuación se toman extractos de su trabajo identificando cada una de estas.

1.1. Tipos de llenadoras³.

Existen actualmente en el mercado llenadoras que cubren los requerimientos para distintos tipos de aplicaciones y capacidades. Una clasificación general de estas es:

- Máquinas paso a paso.
- Máquinas rotativas.
- Máquinas universales (Anaconda).

1.1.1. Máquinas paso a paso

Es una máquina lineal conformada por un transportador que conduce los envases para posicionarlos bajo los dosificadores, estos son detenidos por un lapso de tiempo en el cual son llenados. La ventaja de esta máquina llenadora es que permite tener un producto diferente en cada dosificador lo que hace flexible al sistema de llenado para el caso una variedad de producto. Son ocupadas para producciones moderadas, en la figura 1 se observa la forma de este tipo de máquinas.

Figura 1 Máquina paso a paso



Fuente Trabajo de grado *Diseño de una llenadora automática con capacidad para llenar 25000 botellas de 475mm capítulo 2.1.*

³ Tomado de la Universidad de las Américas Puebla Tesis profesional presentada por David Díaz Barriga “*Diseño de una llenadora automática con capacidad para llenar 25000 botellas de 475mm*” Capítulo2.

1.1.2. Máquina rotativa

Esta máquina de llenado está diseñada para altas producciones, opera por medio de un circuito circular por el cual pasan las botellas, dicho circuito tiene una pequeña elevación que obliga a subir las botellas por medio de unos pistones de una manera suave. En la parte superior de la máquina existe un carrusel o revolver en el cual están sujetas las válvulas. Dicho carrusel está alineado con respecto al circuito en el eje "y", de manera que cuando las botellas suben, las boquillas de las botellas coinciden con las válvulas haciendo que se abran. El llenado se realiza durante el tiempo de recorrido sobre el circuito, así que al cumplirse un ciclo completo, las botellas bajo el revolver son llenadas, la figura 2 exhibe la forma de una máquina rotativa.

Figura 2 Máquina rotativa

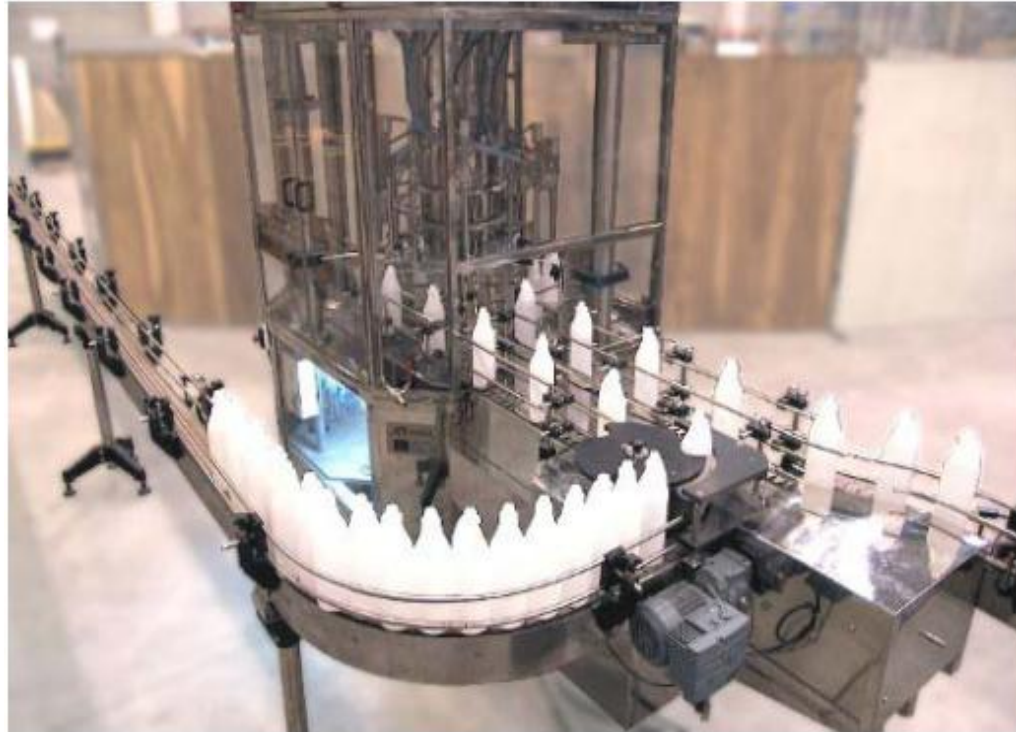


Fuente Trabajo de grado *Diseño de una llenadora automática con capacidad para llenar 25000 botellas de 475mm capítulo 2 figura 2.2*

1.1.3. Máquina universal (anaconda)

Este tipo de máquina permite trabajar a altas velocidades y lo más importante es que no requiere accesorios extras para ajustar para diferentes tipos de envase. La desventaja que presenta, es que es más usado para lavado de envases y estos solo reciben un chorro de una mezcla de jabón a alta presión que los lava, la figura 3 muestra una maquina universal.

Figura 3 Máquina universal



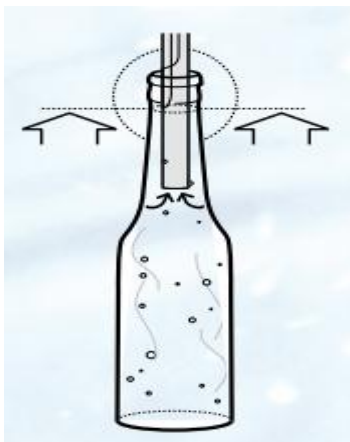
Fuente Trabajo de grado *Diseño de una llenadora automática con capacidad para llenar 25000 botellas de 475mm capítulo 2 figura 2.3*

1.2. Tecnologías para el control del llenado⁴

1.2.1. Control de llenado a nivel

Tradicional y de aplicación común, en este tipo de Llenadoras, el nivel queda determinado por la longitud de la cánula que se introduce en la botella durante la fase de llenado. Modificar el nivel en la botella implica, en general, cambiar la cánula, la figura 4 ilustra el funcionamiento de este tipo de tecnología.

Figura 4 Control de llenado a nivel



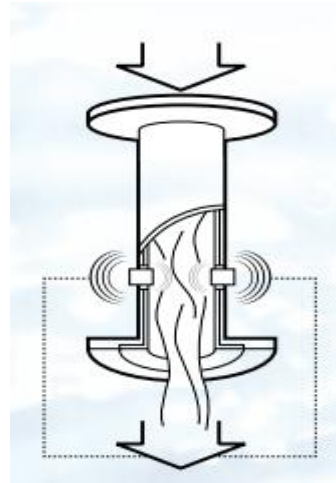
Fuente www.ocme.com/website/get_download.aspx?ctrb_id=574.

1.2.2. Control de llenado Volumétricas

En este tipo de Llenadoras se mide el volumen del producto que entra en la botella mediante un medidor de caudal (sensor magnético o de caudal másico) instalado en cada boca de llenado. Se conocen como “Llenadoras electrónicas”, la figura 5 ilustra el funcionamiento de este tipo de tecnología.

⁴ Tomado de la página Web <http://es.scribd.com/doc/206364806/Llenadora-Es>

Figura 5 Control de llenado volumétrico

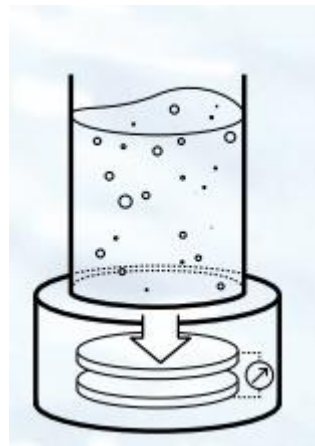


Fuente www.ocme.com/website/get_download.aspx?ctrb_id=574.

1.2.3. Control de llenado Ponderal

En este tipo de Llenadoras se pesa el producto que entra en la botella tras haber calibrado el sensor con la tara correspondiente. Una celda de carga por cada válvula de llenado cumple la función programada. Son las Llenadoras electrónicas por excelencia, la figura 6 ilustra el funcionamiento de este tipo de tecnología.

Figura 6 Control de llenado Ponderal



Fuente www.ocme.com/website/get_download.aspx?ctrb_id=574.

2. DISEÑO DE INGENIERIA APLICADO A LA MÁQUINA ENVASADORA

2.1. Diseño conceptual de la máquina envasadora

Debido a que existe una alta gama de posibilidades las cuales definen el tipo de embotelladora requerida, se emplea en este trabajo la metodología Pahl y Beitz , la cual permite delimitar, definir y evaluar las posibilidades, a fin de obtener la mejor solución para el problema, la figura 7 muestra la metodología para el diseño conceptual aplicado a la máquina.

2.2. Metodología de diseño Pahl y Beitz

Esta metodología permite realizar un estudio del producto a desarrollar, basado en un procedimiento organizado, que comienza analizando las especificaciones del cliente, análisis de tecnologías similares, conceptualización, ponderación de alternativas, hasta desarrollar un concepto elaborado con todas las partes del producto. Presenta las siguientes fases, las cuales se desarrollan detalladamente.

Fase 1. Especificaciones.

Fase 2. Diseño conceptual.

Fase 3. Diseño de ingeniería.

Fase 4. Diseño de detalle.

A continuación se realiza el desarrollo de la máquina envasadora siguiendo cada uno de los pasos de esta metodología en detalle.

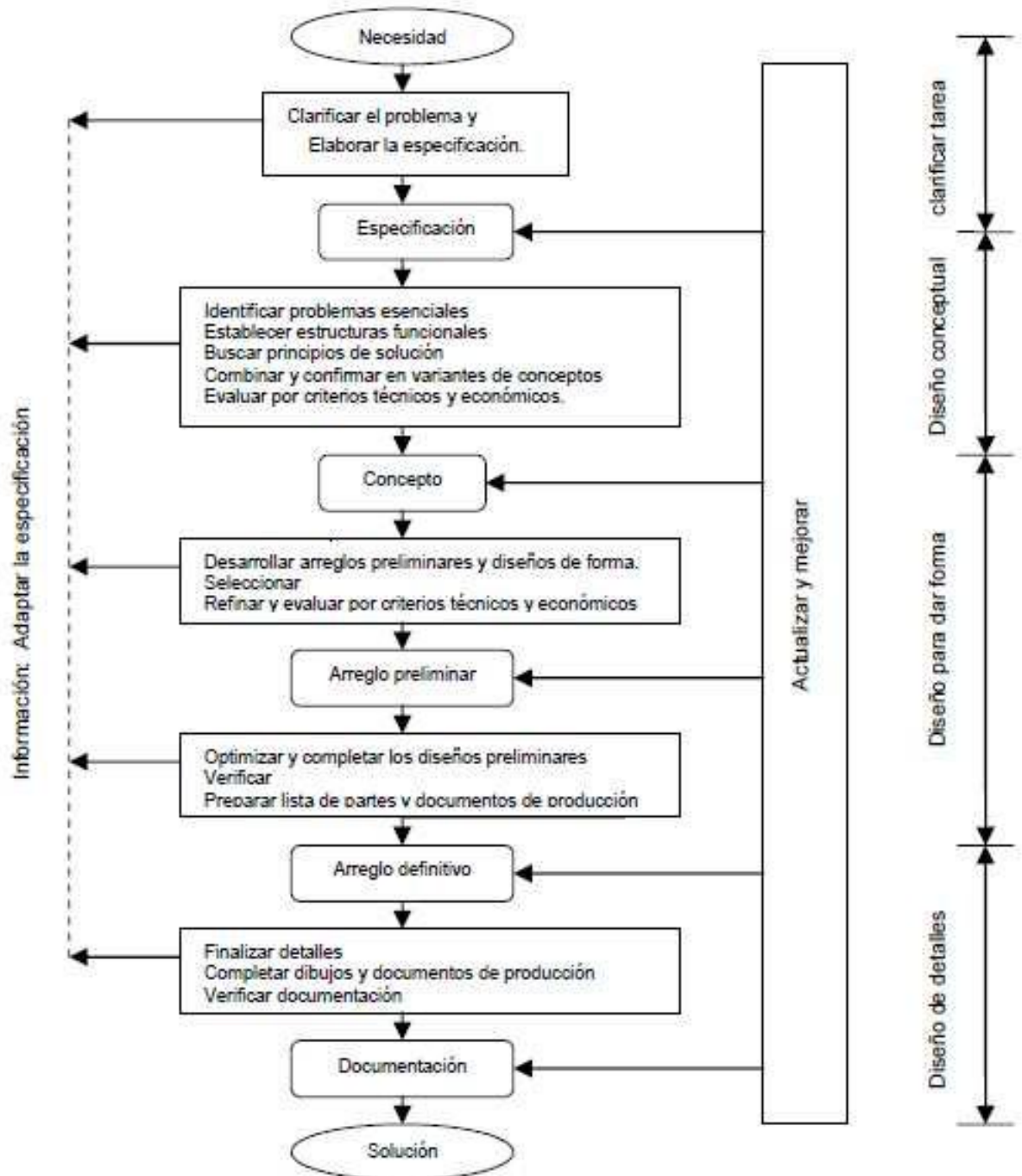
2.2.1. Fase 1. Especificaciones

Las especificaciones son aquellos atributos del producto que el cliente, el entorno laboral, social, y la misma legislación ofrecen para delimitar y evaluar las diferentes posibilidades a fin de llegar a una viabilidad, además de un funcionamiento óptimo del sistema a desarrollar.

Estos atributos, que pueden ser funcionales, estéticos, geométricos, dimensionales, económicos, entre otros, se deben obtener de las necesidades del cliente, es por ello de vital importancia, que el diseñador realice una encuesta detallada de las necesidades del cliente, en primera mano, con las personas que interactúan con el equipo a diseñar, además verificar la normatividad que rige a la empresa para determinar cuáles normas las rigen y no cometer errores “fatales en el concepto del producto” que puedan poner en riesgo todo el proyecto.

La tabla 1 enumera las sugerencias del cliente, a partir de estas se realiza una interpretación técnica que lleva a un atributo del producto.

Figura 7 Esquema estructural metodología Pahl y Beitz



Fuente: CROSS, Nigel. Métodos de Diseño: (1999 p.37)

Tabla 1 Requerimientos del cliente sobre el producto

Concepto del cliente	Tipo de atributo	interpretación técnica
Que le permitiera cumplir con los pedidos	funcional	Del estudio del proceso productivo se determinó cual era la eficiencia requerida en el llenado para cumplir con las metas de la empresa
Que le permitiera llenar altas cantidades	funcional	Que a la eficiencia pueda superar las metas de la empresa
Que funcione con máximo 2 operarios	funcional	La operación si bien no es automatizada debe ser sencilla, práctica y rápida con mandos al alcance del operario.
Que no tenga malas posturas en su operación	Dimensional	Análisis ergonómico, que sea cómodo y con posiciones que cumplan la legislación en seguridad ocupacional.
Que cumpla con el registro de INVIMA	Legislación	Materiales y tecnologías apropiadas para la industria de alimentos.
Que pueda trabajar a temperaturas de 100°C	Funcional	Materiales y tecnologías resistentes al calor
Que la temperatura de entrada del jugo a la botella sea de mínimo 82°C	Funcional	Que el líquido no pierda temperatura durante el proceso
Que se pueda lavar todas sus partes internas constantemente	Mantenimiento	Fácil y rápido acceso a todas las partes internas por donde transita el jugo
Bajo presupuesto	Económico	Recursos limitados, tecnologías básicas, bajo nivel de automatización.
Que funcione sobre una mesa dada por el cliente	Dimensional	Delimitación dimensional de funcionamiento y altura dada por el área de la superficie de trabajo de la mesa

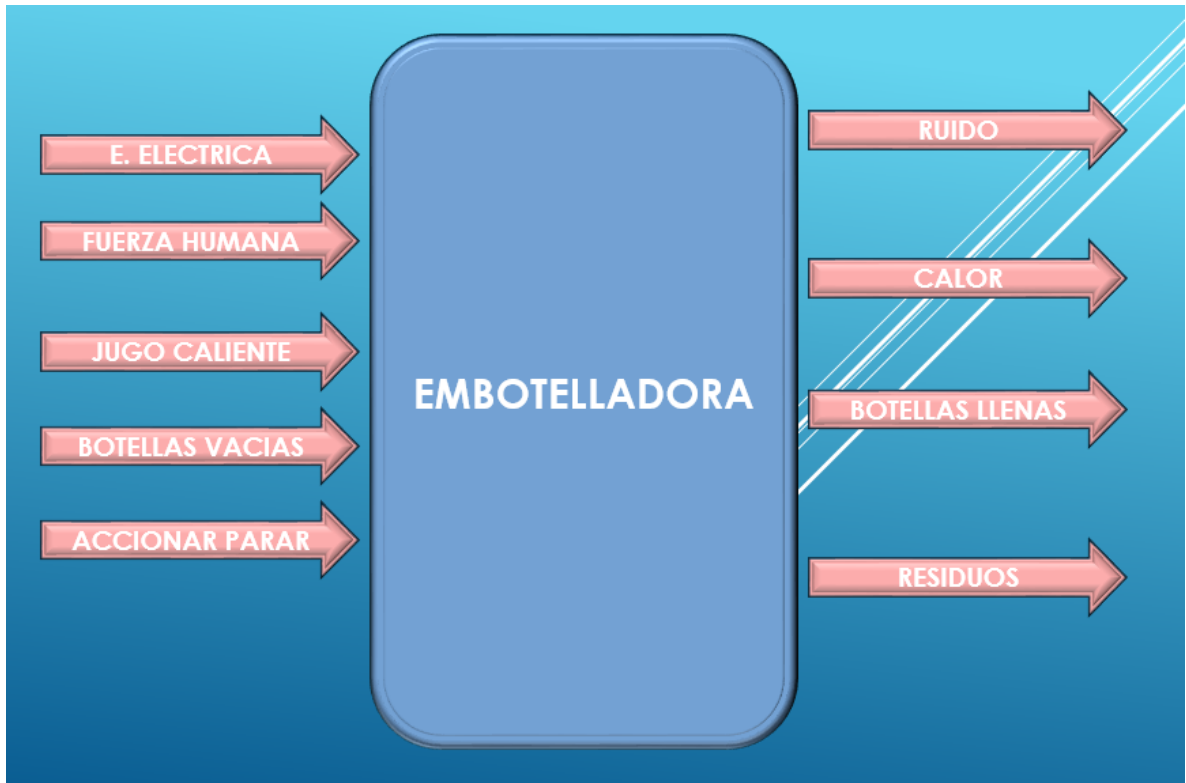
2.3. Diseño Conceptual

Para la metodología Pahl y Beitz el diseño conceptual, empieza definiendo un esquema de bloques donde se tiene una caja central denominada “caja negra”⁵

⁵ ULRICH, Karl T. Diseño y desarrollo de productos. 3 ed. México: Mc Graw Hill, 2004

en la cual existe a la derecha unas entradas (energía, producto, o señales) y a la izquierda salidas (con iguales características). Al interior de esta caja negra se encuentra la solución la cual se desglosará en una estructura funcional más adelante. La figura 8 muestra la estructura de la caja negra con sus entradas y salidas.

Figura 8 Caja negra (embotelladora)



A partir de la caja negra, se pueden inducir de las entradas y las salidas, los diferentes sistemas que permitirán transformar la energía y productos iniciales en el producto deseado.

2.4. Análisis estructura funcional

Una vez estructurada la caja negra se deben deducir las diferentes acciones (verbos) que llevaran a cabo dicha transformación, y se podrá deducir cuales son los diferentes elementos que podrían ejecutar estas acciones, a este cuadro se le conoce como estructura funcional⁶. En la figura 9 se muestra el desglose de acciones y la estructura funcional para la máquina envasadora.

⁶ ULRICH, Karl T. Diseño y desarrollo de productos. 3 ed. México: Mc Graw Hill, 2004

mínima de temperatura en líquido, pues este debe de ingresar a la botella por lo menos a 80°C, para garantizar el proceso de pasteurizado.

2.4.3. Conducir

Después de almacenado el jugo, este debe de ser conducido a las boquillas de inyección, para ello es necesario tener un elemento de conducción que sea permitido para transportar alimentos (sanitario), adicional a esto debe de soportar una temperatura de trabajo mínima de 100°C, y debe de tener una flexibilidad que permita variar constantemente la posición de los jugos.

2.4.4. Llenar

El jugo es conducido a unas boquillas, estas cumplen con la función de llenado, están a cargo de introducir el jugo dentro de la botella, además deben de tener alguna especie de control que permitan la dosificación precisa de jugo, garantizando la homogenización del procesos, pues es necesario que todas las botellas queden con la misma cantidad exactamente, por procesos de calidad.

2.4.5. Transportar

Después de llenadas las botellas se deben desplazar de las zonas de las boquillas, y otras botellas nuevas se deben de posicionar allí, esto se debe de realizar con la mayor velocidad posible, garantizando que las nuevas boquillas queden en la posición exacta para el nuevo proceso de llenado.

2.4.6. Tapar

Una vez desplazadas de la posición de llenado las botellas deben de ser tapadas rápidamente, para evitar perdida de calor, además deben de ser enfriadas súbitamente para garantizar el proceso de pasteurizado.

2.4.7. Almacenar

Después de tapadas las botellas deben de ser almacenadas en cajas para ser llevadas al cuarto frio, esto para garantizar la preservación del producto, es necesario verificar que la botella contenga la cantidad d producto exacta referenciada en la etiqueta, por ello se debe de realizar un proceso de verificación para garantizar la calidad del producto.

2.5. Generación de alternativas

Es necesario, determinar para cada uno de elementos del análisis funcional, cuáles serían las posibles alternativas de solución, esto para analizar las posibles soluciones al problema planteado y dar con la solución ideal.

Para plantear estas posibles soluciones, se deben generar hasta 4 alternativas por cada elemento y luego se evalúan para determinar la mejor solución de cada una de ellas, a esta matriz se denomina matriz morfológica. La tabla 2 muestra la tabla de generación de alternativas “matriz morfológica”.

Tabla 2 Matriz morfológica

Elemento funcional	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Transportar	Bomba eléctrica	Bomba manual	Gravedad	Operario
Almacenar	Tanque acero inoxidable	Tanque plástico		
Conducir	Tubería PVC	Tubería acero inoxidable	Manguera sanitaria	
Llenar	Electroválvulas	Válvulas de paso		
Transportar	Banda Transportadora	Cilindro	Operario	
Tapar	Sistema automático	Operario		
Almacenar	Banda Transportadora	Operario		

2.6. Metodología de evaluación y resultados

Después de haber generado la matriz morfológica, se procede a evaluar las alternativas de solución planteadas con el fin de reducir las opciones de solución a uno o dos conceptos más completos del producto, los cuales posteriormente se evaluarán para llegar al concepto solución.

Para ello se toma de la tabla 1 los referentes de evaluación, mediante los cuales se determina en cada elemento cual sería la solución más adecuada.

La tabla 3 muestra un esquema de ponderación con cual se analizan los elementos que vayan a integrar la matriz morfológica y se les asigna un valor para determinar la mejor solución.

Tabla 3 Matriz de puntuación.

Puntuación	Eficiencia	Costo	Mantenimiento	Autonomía
1	Produce menos que el sistema actual.	Supera el presupuesto.	Prácticamente inaccesible.	Requiere de más de 2 operarios constante.
2	Se acerca al nivel de producción actual.	Se acerca el precio establecido.	Manipular múltiples herramientas para su acceso.	requiere de 2 operarios constantemente
3	Produce igual que el sistema actual.	Igual al precio establecido.	Acceso mediante uso de una sola herramienta.	Requiere un operario constante.
4	Mejor producción que el sistema actual.	Costo muy bajo al establecido.	Uso de tornillería para su acceso.	Requiere un operario frecuente.
5	Supera las metas propuestas por el cliente.	Ningún costo.	Acceso rápido.	No requiere operarios

Si bien esta matriz es muy subjetiva, permite dar una aproximación real a la combinación de los elementos más apropiados para la máquina que se pretende diseñar. A continuación las tablas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, muestran el análisis del valor asignado de cada uno de los elementos de la matriz morfológica.

Tabla 4 Análisis elementos transportar

TRANSPORTAR				
Elemento	Eficiencia	Costo	Mantenimiento	Autonomía
Bomba eléctrica	5	3	4	5
Bomba manual	3	4	3	3
Gravedad	3	4	5	3

Tabla 5 Análisis elementos a almacenar

ALMACENAR				
Elemento	eficiencia	costo	mantenimiento	autonomía
tanque acero inoxidable	5	3	5	x
tanque plástico	3	5	3	x

Tabla 6 Análisis elementos conducir

CONDUCCION				
Elemento	eficiencia	costo	mantenimiento	autonomía
tubería pvc	3	5	3	
tubería acero inoxidable	5	3	3	
manguera sanitaria	5	4	5	

Tabla 7 Análisis elementos llenar

LLENAR				
Elemento	eficiencia	costo	mantenimiento	autonomía
electroválvula	5	3	4	5
válvula de paso	5	5	3	3

Tabla 8 Análisis elementos transportar

TRANSPORTAR				
Elemento	eficiencia	costo	mantenimiento	autonomía
Banda Transportadora	5	1	3	5
Cilindro	3	2	3	5
Operario	5	5	5	1

Tabla 9 Análisis elementos tapar

TAPAR				
Elemento	eficiencia	costo	mantenimiento	autonomía
Sistema automático	5	1	3	5
Operario	5	5	5	1

Tabla 10 Análisis elementos almacenar

ALMACENAR				
Elemento	eficiencia	costo	mantenimiento	autonomía
Banda Transportadora	5	1	3	5
Operario	5	5	5	1

De las tablas anteriores se puede deducir un camino ideal para la matriz morfológica obteniendo, las soluciones más óptimas, para tomarlas como punto inicial del diseño de ingeniería. La tabla 11 muestra la ruta de solución ideal para el desarrollo de la maquina envasadora.

Tabla 11 Matriz morfológica solución ideal.

Elemento funcional	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Transportar	Bomba eléctrica	Bomba manual	Gravedad	Operario
Almacenar	Tanque inoxidable	Tanque plástico		
Conducir	Tubería PVC	Tubería acero inoxidable	Manguera sanitaria	
Llenar	Electroválvulas	Válvulas de paso		
Transportar	Banda Transportadora	Cilindro	Operario	
Tapar	Sistema automático	Operario		
Almacenar	Banda Transportadora	Operario		

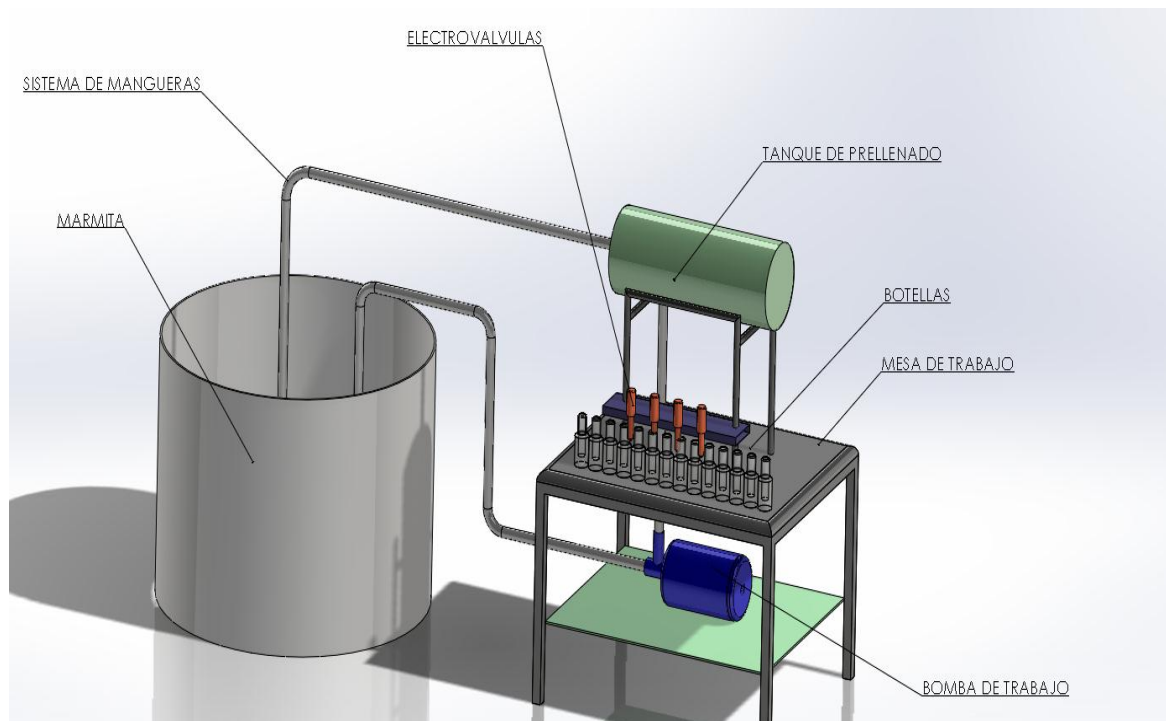
2.7. Descripción de la ruta de solución

Esta ruta de solución, debida en gran parte a las limitaciones económicas, implica gran uso de la mano de obra del operario, ya que los insumos para la automatización son normalmente costosos, y justificados para procesos de producción que impliquen gran volumen de producto, en este caso el volumen es relativamente bajo debido a que la empresa está en proceso de desarrollo inicial, además la principal urgencia del análisis de la primera parte, es que el jugo ingrese a la botella a la temperatura adecuada, que el proceso sea lo más sanitario posible, evitando la manipulación por parte del operario con este.

Adicional a esto, el proceso más delicado y complejo que es el de embotellado, se encuentra realizado por electroválvulas, lo que garantiza velocidad precisión y cumple con los requerimientos sanitarios exigidos por el INVIMA.

La figura 10 muestra la máquina pensada de acuerdo a la solución obtenida de la matriz morfológica, la cual consiste de un tanque de pre-llenado, una mesa de trabajo, un riel que porta las 4 electroválvulas, una bomba eléctrica, y una estructura de soporte para todo el sistema.

Figura 10 Concepto final de la máquina de embotellado

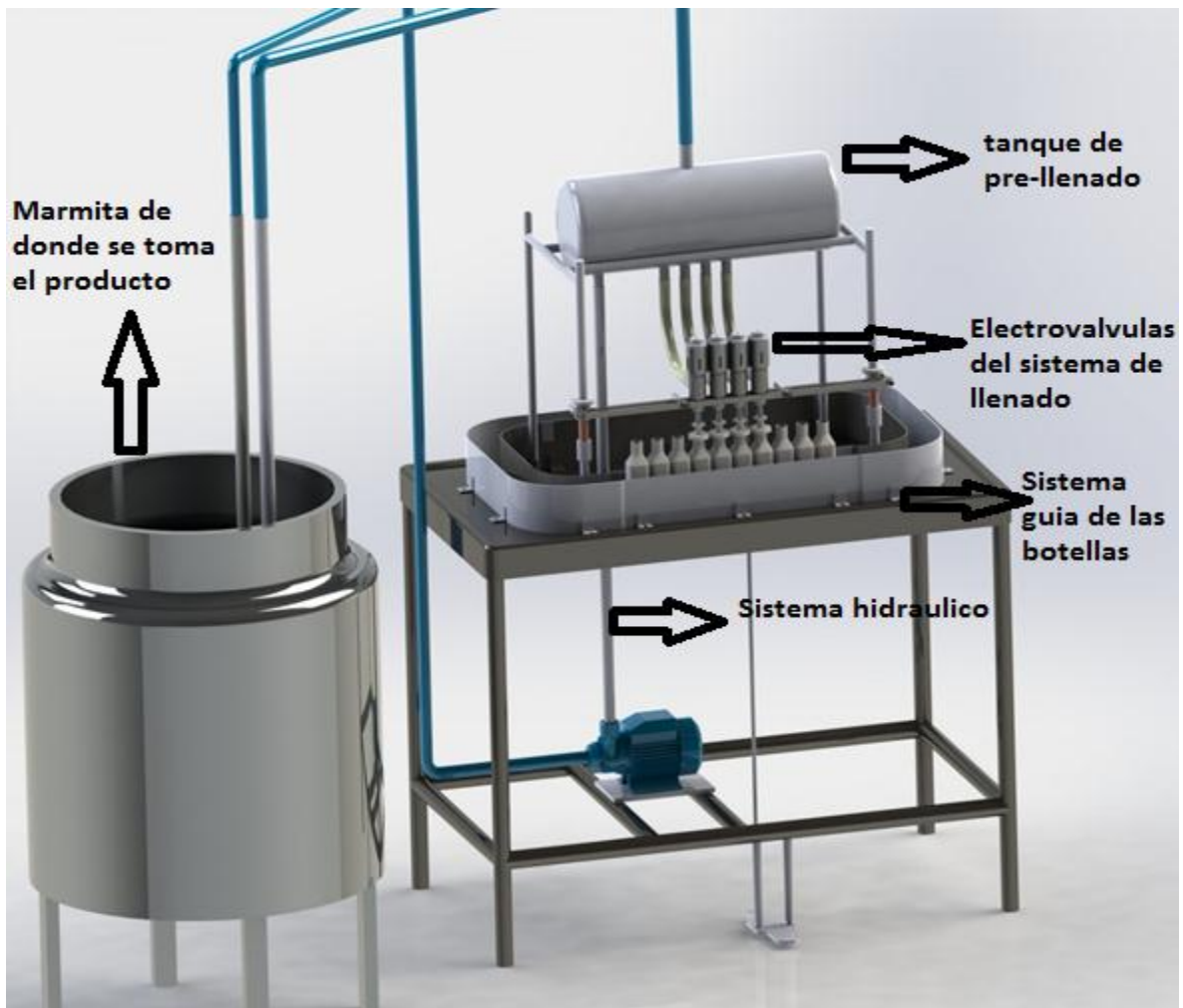


3. MODELADO Y DISEÑO DE DETALLE DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE LA MÁQUINA CON HERRAMIENTAS CAD

3.1. Diseño de la máquina envasadora

El diseño de la máquina envasadora consta de un sistema hidráulico, un sistema de llenado, y una estructura de soporte. En la figura 11 se muestra una imagen con el diseño en detalle de la máquina envasadora en donde se muestran los diferentes sistemas diseñados y construidos. En el anexo A se entregan los planos detallados de todos los sistemas de la máquina envasadora.

Figura 11 Diseño en detalle máquina envasadora.



El sistema ensamblado en su totalidad funciona a partir de la bomba que succiona el producto de la marmita la cual está hirviendo a 100°C, y lo envía hasta el tanque de pre-llenado, este lo almacena y tiene 4 salidas conectadas a las 4 boquillas, una vez se genere la suficiente presión, el operario con un botón acciona las 4 electroválvulas las cuales llenan las botellas, un circuito de nivel se encarga de mandar un pulso a la electroválvula una vez esté llena la botella para cerrar el paso del líquido, el operario desplaza las botellas y llena las siguientes. Para evitar una sobrepresión en el tanque de pre-llenado este tiene una válvula de alivio que retorna parte del líquido a la marmita evitando cualquier accidente por sobrepresión en el tanque.

Para empezar el modelo detallado del sistema, se debe tomar elemento por elemento, y analizar cómo debe de ser constituido, si es necesario fabricarlo, o si por el contrario ya existen elementos en el mercado que puedan ejercer dicha función, la idea en todo diseño es minimizar al máximo la cantidad de elementos a mecanizar, existen actualmente elementos en el mercado que son, generalmente, más confiables y económicos que un elemento mecanizado.

3.2. Análisis de presiones dentro del sistema hidráulico de la envasadora

Para validar el diseño, el primer paso es analizar el sistema de presiones dentro de los diferentes elementos que transportan el producto, para ello se analiza paso a paso desde la salida de la bomba hasta el tanque de pre-llenado, las mangueras del sistemas hidráulico, las boquillas, y la presión requerida en estas para lograr envasar el producto en los tiempos estipulados por el cliente. La figura numero 12 expone las líneas del sistema hidráulico.

Identificación de las condiciones iniciales:

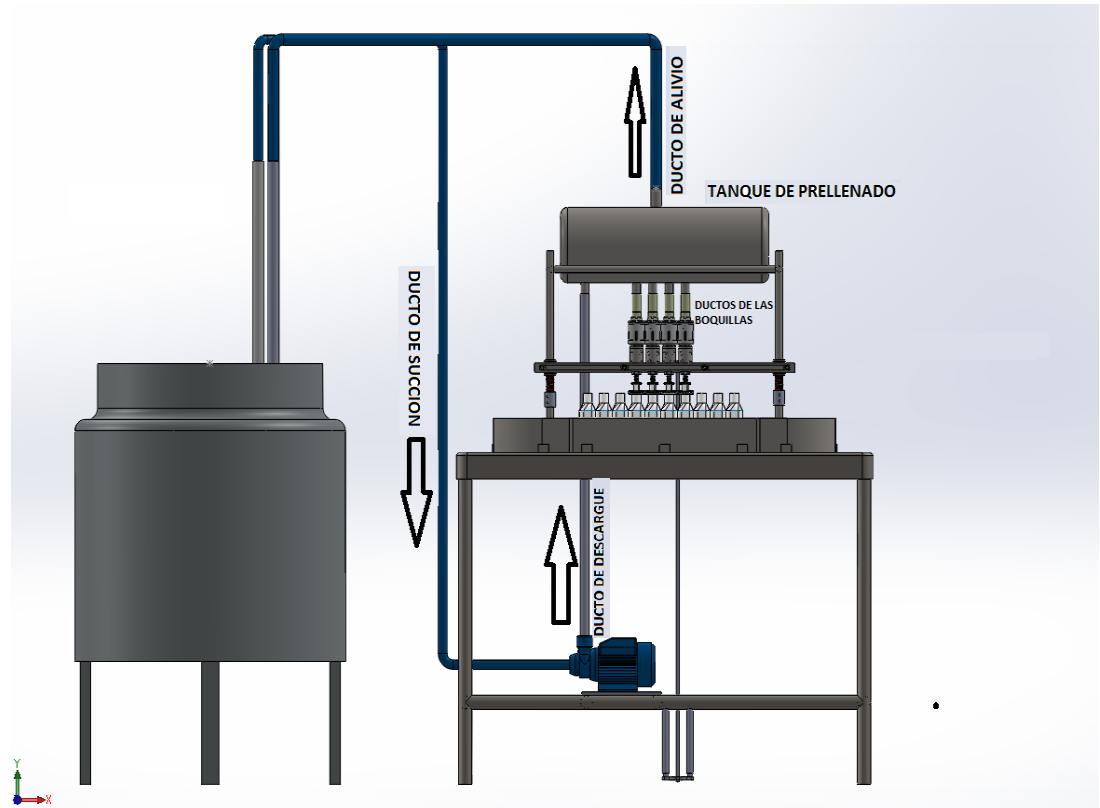
- a. Volumen de la botella a llenar $V_b = 350 \text{ cm}^3$
- b. Tiempo de llenado de la botella $T_b = 3 \text{ s}$
- c. Área de la boquilla $A_b = 0,000050265 \text{ m}^2$
- d. Densidad producto a envasar $D_p = 1,4 \text{ g/cm}^3$

Cálculo del caudal Q_b requerido para llenar la botella en el tiempo estipulado por el cliente:

$$Q_b = \frac{V_b \text{ cm}^3}{T_b \text{ 3s}}$$

$$Q_b = 116,667 \text{ cm}^3$$

Figura 12 Identificación del sistema hidráulico



Cálculo de fuerza en N para mover el caudal x unidad de tiempo calculado:

$$Masa \text{ en Kg} = \frac{Dp \times Vb}{1000}$$

$$Masa = \frac{1,4 \text{ g/cm}^3 \times 350 \text{ cm}^3}{1000}$$

$$Masa = 0,16333334 \text{ Kg}$$

$$Fuerza \text{ N} = Masa \times aceleración$$

$$N = 0,16333334 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$N = 1,6 \text{ Newtons}$$

Cálculo de la presión necesaria para impulsar esa masa por el área de la boquilla de salida en la unidad de tiempo establecida:

$$Presión = \frac{Fuerza}{Area \text{ boquilla.}}$$

$$P_b = \frac{1,6N}{0,000050265m^2}$$

$$P_b = 31844,5572 \text{ Pascales}$$

Cálculo de la presión total del sistema, debido a que la presión calculada inicialmente cumple para una sola boquilla y el sistema posee 4 boquillas.

$$\text{Presión total del sistema} = P_b \times 4$$

$$EP_t = 31844,5572 \text{ Pa} \times 4$$

$$P_t = 127378,2288 \text{ Pa}$$

Esta es la presión que debe desarrollar en el tanque de pre-llenado para que puedan las boquillas llenar las botellas en el tiempo estipulado por el cliente.

Ahora para determinar si la bomba (la cual es suministrada por el cliente) es capaz de suministrar dicha presión, se calcula la presión máxima que esta puede desarrollar en el tanque de pre-llenado.

Condiciones iniciales:

- a. Caudal generado por la bomba $Q_p = 40L/min$
- b. Altura máxima con una salida de 1" $H = 40m$
- c. Potencia 1/2HP.

Conversión de las unidades de potencia HP en $Lb \cdot f \cdot pie/min$ a $N \cdot m/s$

$$H_p = 550Lbf \cdot pie/min \quad \text{Ecuación 1}$$

$$H_p = 12,42 N \cdot m/s \quad \text{Ecuación 2}$$

Paso de las unidades de caudal en L/min a m^3/s

$$Q_p = 40L/min$$

$$Q_p = 0,00067m^3$$

Cálculo de la presión máxima en pascales:

La presión máxima está determinada por la expresión

$$Presion\ maxima = \frac{Potencia}{Caudal} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$Pa = \frac{12,42 N * m/s}{0,00067m^3}$$

$$Pa = 556166,98N/M2 \text{ o } 80,52 PSI$$

Se determina entonces que la bomba es capaz de suministrar la presión necesaria para el sistema, obteniéndose un consumo de apenas el 10% de lo que genera la bomba, se selecciona esta, estimando a futuro triplicar el número de electroválvulas de la máquina y ampliar su capacidad.

Ya que la presión máxima que se puede generar en el sistema es de 556166,98 Pascales, se determina, si los elementos en la cadena del sistema hidráulico son capaces de soportar dicha presión.

3.3. DISEÑO DE LAS ELECTROVALVULAS

El diseño propone una forma simplificada y eficiente de sus componentes, buscando reducir los costes que tiene una electroválvula convencional, manejar fluidos más viscosos, y permitir un rápido y completo mantenimiento y limpieza entre los diferentes recambios de materia prima.

Esta electroválvula funciona como una electroválvula convencional, con una recámara que recibe el fluido que en este caso es el jugo (a una temperatura que oscila entre los 90°C y los 95°C), un vástago de forma cónica impide su salida por un agujero (de forma cónica también) en el asiento del cuerpo principal, el cual está conectado a una boquilla que conduce el líquido hasta su recipiente final, todos estos elementos fabricados en acero AISI 304, cuyas propiedades se muestran en la tabla 12.

Tabla 12 Propiedades mecánicas acero inoxidable

Tabla 2. Propiedades mecánicas acero inoxidable AISI304.
Table 2. Mechanical properties stainless steel AISI 304

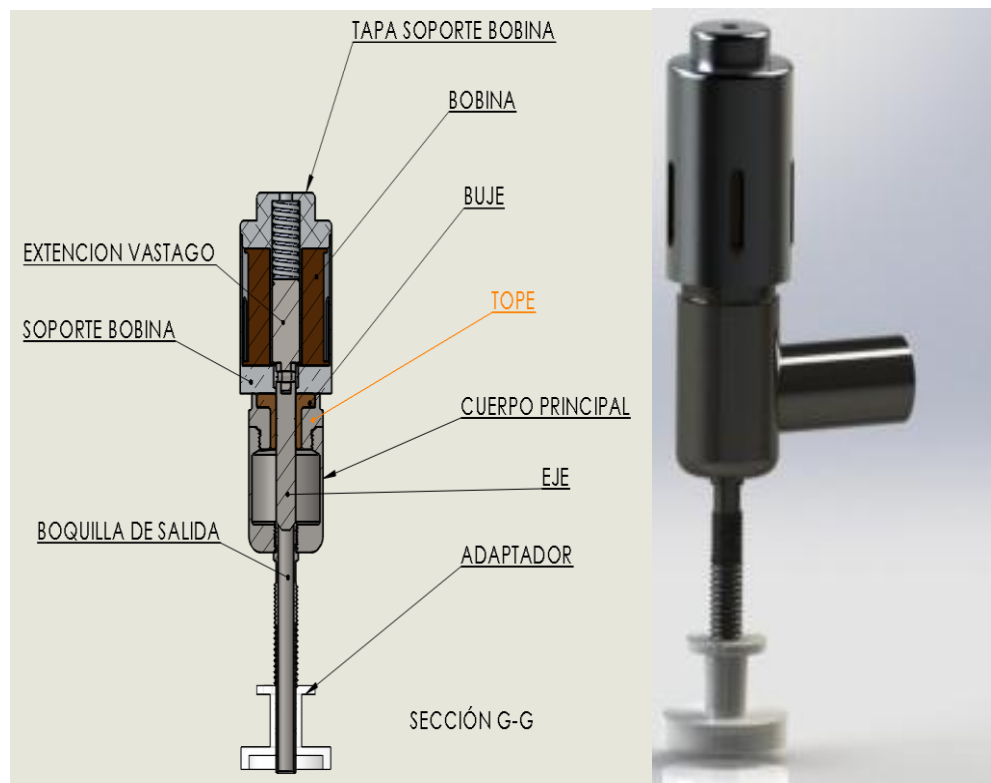
Nombre de propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	1.9e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.29	NA
Módulo cortante	7.5e+010	N/m ²
Densidad	8000	kg/m ³
Límite de tracción	5.1702e+008	N/m ²
Límite elástico	2.0681e+008	N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica	1.8e-005	/Kelvin
Conductividad térmica	16	W/(m.K)
Calor específico	500	J/(kg.K)

Fuente <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25792/39438>

El vástago es accionado para permitir el paso del fluido por la abertura en el asiento del cuerpo principal, por medio de una bobina de 20W que se encuentra ubicada en la parte superior de la electroválvula sobre la tapa del cuerpo principal, la cual se encuentra roscada al cuerpo principal, esto para permitir limpiar constantemente el interior del cuerpo principal y mantener las condiciones higiénicas del producto.

La figura 13 muestra el diseño con todos los componentes de la electroválvula.

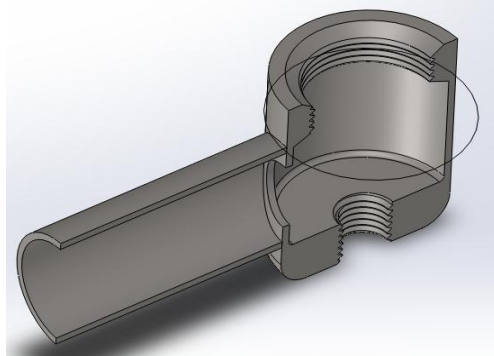
Figura 13 Diseño electroválvula



3.3.1. Cuerpo principal

Se encarga de recibir el fluido y alojarlo antes de pasar por el asiento al envase, está fabricado en acero inoxidable AISI-304, y lleva roscado en la base la boquilla por donde sale el jugo y en la parte superior rosca la tapa que aloja el buje del vástago, todos estos elementos se pueden desmontar del cuerpo principal para permitir el acceso fácil a su interior y poder lavarlo constantemente.

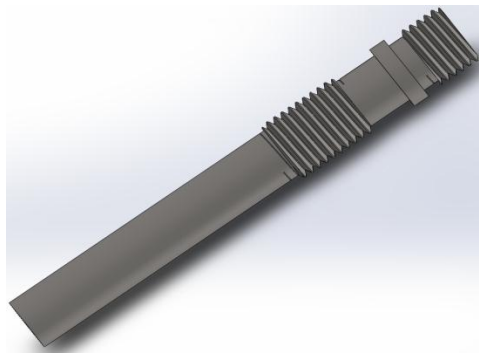
Figura 14 Diseño cuerpo principal electroválvula



3.3.2. Salida de boquilla (Desviación de flujo)

Es la parte por donde sale el fluido, y se encarga de canalizarlo hasta el recipiente que lo va a contener, posee rosca NPT para garantizar el sello y el escape de fluido.

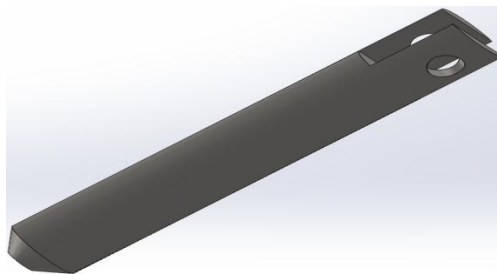
Figura 15 Diseño salida boquilla electroválvula



3.3.3. Vástago

Es la extensión del actuador que permite abrir o cerrar paso del fluido hacia la salida de la boquilla, produce un sello cónico con el asiento del cuerpo principal.

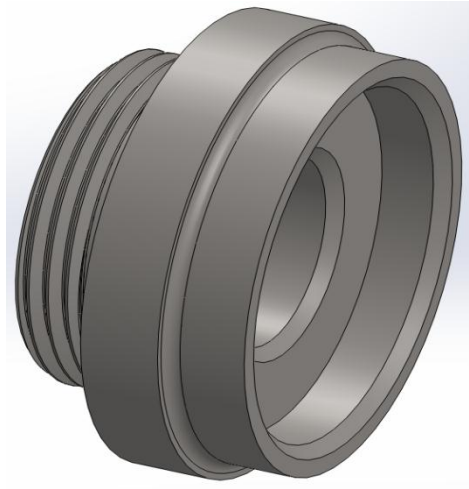
Figura 16 Diseño vástago electroválvula



3.3.4. Tapa Cuerpo Cilindro

Elemento roscado a la parte superior del cuerpo principal que tiene por objeto poder acceder de forma libre a la parte interna del cuerpo principal y realizarle el mantenimiento, limpieza que este requiera de forma rápida y segura, también aloja el buje de soporte del vástago.

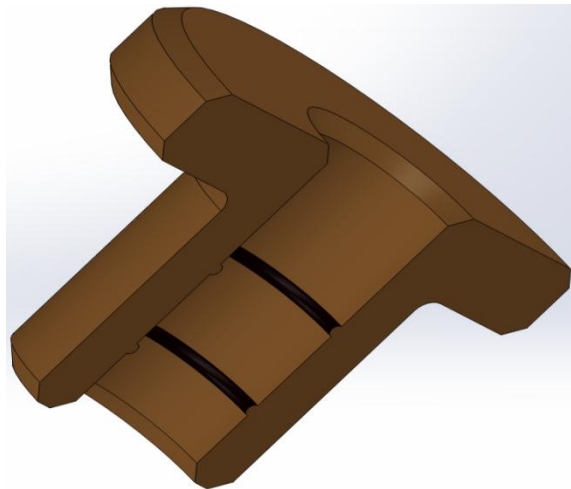
Figura 17 Diseño tapa cuerpo cilindro electroválvula



3.3.5. Camisa Vástago

Es un buje que va incrustado en la tapa del cuerpo principal por el cual desliza el vástago, debe permitir el desplazamiento de este, pero sin permitir el escape de líquido por el agujero de ajuste. Para ello lleva un retenedor (oring) que es el que realiza el sello.

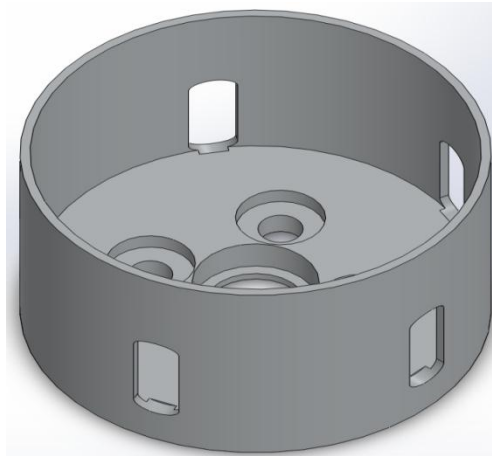
Figura 18 Diseño camisa vástago electroválvula



3.3.6. Soporte Bobina

Es un recipiente cilíndrico apernado sobre la tapa del cuerpo, y cuya función es contener la bobina de accionamiento del vástago, fabricado en aluminio y con entradas de ventilación, se fabricó lo más liviano y compacto posible para evitar vibraciones y recalentamiento de la bobina.

Figura 19 Diseño soporte bobina electroválvula



3.3.7. Bobina

Es el actuador que permite que el vástago abra o cierre el paso del fluido a través de la boquilla de salida, es una bobina de 20 Watts a 110v, utilizadas comúnmente en electroválvulas comerciales, la cual fue adquirida en casa alemana.

Figura 20 Bobina electroválvula

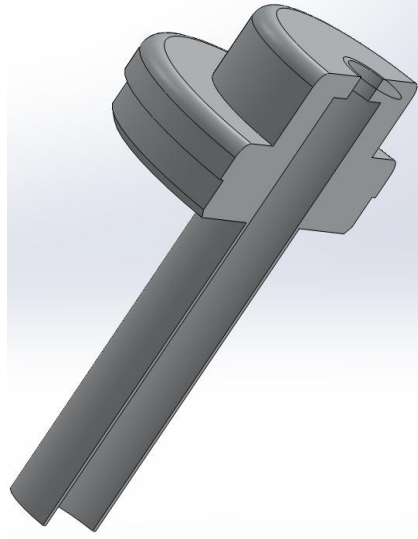


3.3.8. Tapa soporte bobina

Es la que se encarga de mantener en posición la bobina, además de dar centro al vástago, y aloja el muelle de retorno del vástago, pues, la válvula tiene un

accionamiento de simple efecto a la abertura, y el cierre se realiza por medio de un resorte.

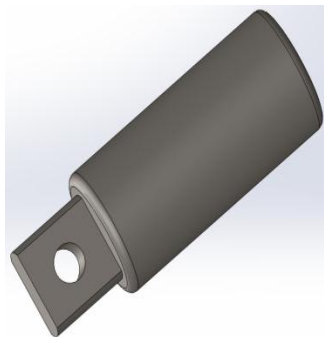
Figura 21 Diseño tapa soporte bobina electroválvula



3.3.9. Extensión vástago

Es una extensión del vástago que está en contacto con la bobina, debido a que el vástago es en acero inoxidable, este no es accionado por el electromagnetismo, por ello se le acopla una extensión en acero sin aleantes, (acero AISI-SAE 10-45) para que pueda ser accionado por el actuador.

Figura 22 Diseño extensión vástago electroválvula

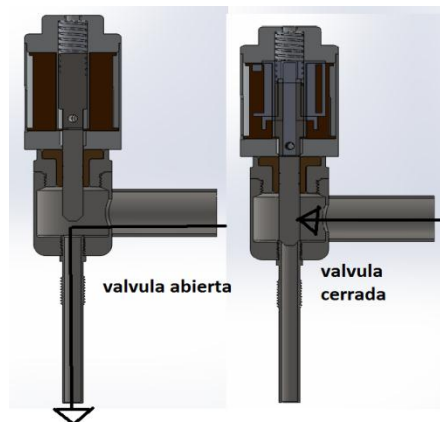


3.4. Funcionamiento de la electroválvula

En esta electroválvula el vástago es accionado por medio de una bobina de 20W para abrir la abertura por donde sale el producto, esta bobina se encuentra ubicada en la parte superior de la electroválvula sobre la tapa del cuerpo principal,

la cual se encuentra roscada al cuerpo principal, esto para permitir limpiar constantemente el interior del cuerpo principal y mantener las condiciones higiénicas del producto. Para determinar si la bobina es capaz de elevar el vástago y vencer al resorte, se calcula la fuerza mecánica que puede ejercer la electroválvula. La figura 23 muestra el funcionamiento de la electroválvula.

Figura 23 Funcionamiento de la electroválvula.



- Potencia de la bobina de 20 Watt
- Expresar potencia en $N \cdot m/s = 20 N \cdot m/s$

Ahora se debe determinar la distancia y la velocidad que debe de recorrer el vástago para que cumpla con las especificaciones del diseño.

- Desplazamiento del vástago en milímetros: 500mm
- Tiempo de desplazamiento en segundos: 1s.
- Velocidad del desplazamiento 500mm/s

Una vez determinados estos valores, (asumidos por el diseñador) se debe realizar el cálculo para determinar la masa máxima que debe tener el vástago.

$$Fuerza\ máxima\ de\ la\ bobina = \frac{Potencia}{Velocidad} \quad Ecuación\ 4$$

$$F = \frac{20N \cdot m/s}{0,5m/s}$$

$$F = 40N$$

Sabiendo la fuerza máxima que puede realizar la bobina (en condiciones ideales falta restar perdidas por ineficiencia) es de 40N, calcularemos ahora la fuerza necesaria para vencer al resorte, y la diferencia de este con la fuerza de la bobina es la masa que es posible elevar con la bobina.

- El coeficiente K del resorte es de 38,65N/m como el recorrido es de 0,50m la fuerza necesaria para vencer el resorte es de 19,325N.
- La fuerza máxima que puede realizar la bobina es de 40N por lo tanto la fuerza que queda para la masa del vástago es de 20N.

El vástago tiene una masa total de 200g es decir que requiere de una fuerza de 0,2Kg-f o 0,98N para ser desplazado, teniendo en cuenta las pérdidas de la bobina estamos en un margen de trabajo óptimo para esta.

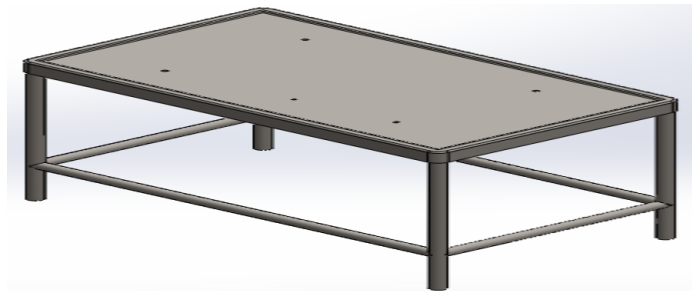
3.5. Diseño de los elementos adicionales de la máquina envasadora.

3.5.1. Mesa soporte

La mesa soporte es la encargada de soportar todo el sistema de embotellado, debe de sostener el tanque de pre llenado, las boquillas de llenado, las botellas, la bomba y las guías.

La figura 24 muestra las dimensiones de la mesa que son de 890mm de altura, con un área de 1200mm x 700mm, sus soportes son 4 tubos verticales de acero inoxidable de 2" de diámetro, y unidos por unos laterales del mismo diámetro, su superficie es una hoja de madera aglomerada recubierta con una lámina de acero inoxidable calibre 18.

Figura 24 Mesa soporte



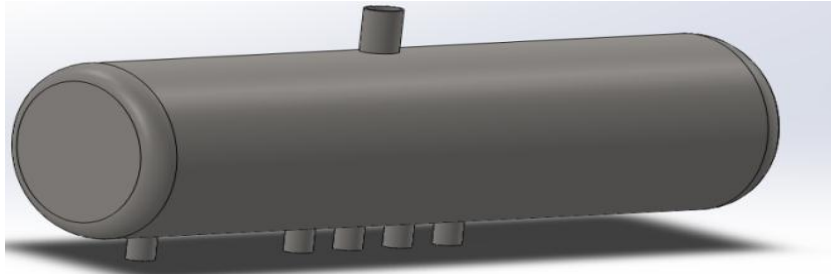
3.5.2. Tanque de pre-llenado

Es el recipiente que se encarga de recibir el producto que viene de las marmitas y almacenarlo antes de ser distribuido por unos ductos (mangueras) a las diferentes electroválvulas, este recipiente tiene una capacidad de almacenamiento de 6 litros, y está fabricado en lámina de acero inoxidable, cuenta con una boquilla superior y 5 boquillas inferiores.

La boquilla superior es una salida de alivio de presión regulada por una llave de paso, las 5 boquillas inferiores son: la primera para el ingreso del producto

bombeado desde la base de la mesa, los 4 restantes son para las mangueras que conducen el producto hasta las electroválvulas de embazado.

Figura 25 Tanque de pre-llenado

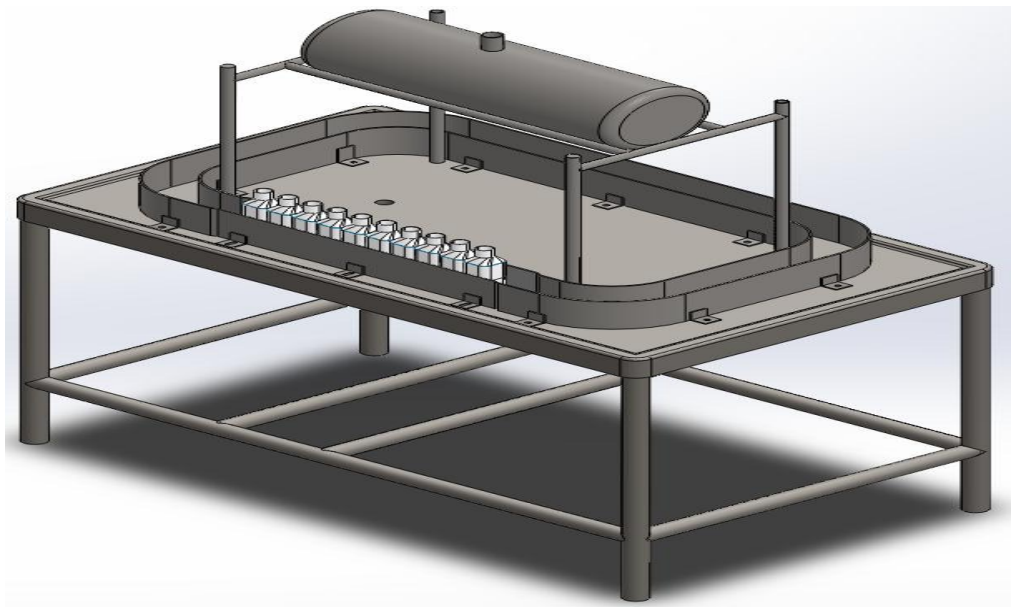


3.5.3. Estructura de soporte

Es la estructura que soporta el tanque, contiene unos rieles por los cuales deslizan las botellas que van a ser llenadas por el sistema. Consta de tubos de $\frac{3}{4}$ " de acero inoxidable, los cuales se encuentran soldados de forma tal que soporte la carga ejercida por el tanque lleno.

Los rieles son las láminas que forman un ovalo las cuales constituyen una pista de deslizamiento para las botellas, de tal forma que el operario empuje una sola y mueva todo el sistema sin mayor esfuerzo, además posicionan las botellas debajo de las boquillas para el proceso de llenado.

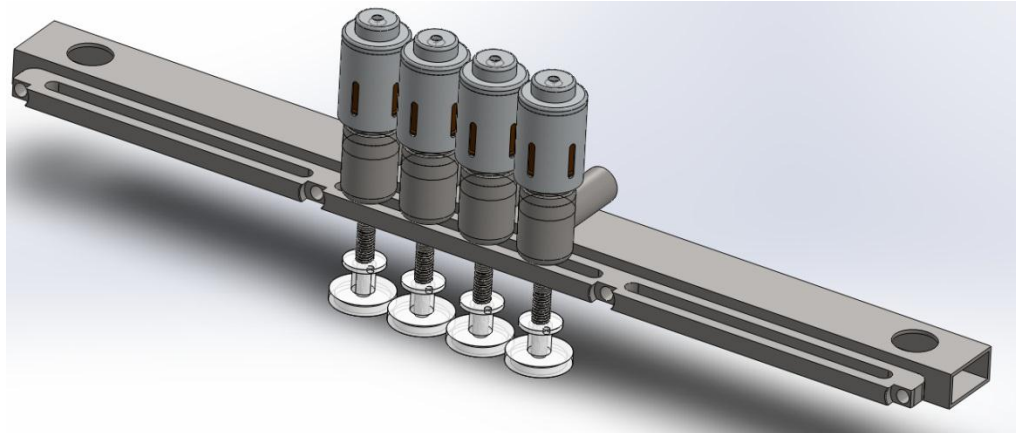
Figura 26 Estructura soporte



3.5.4. Regleta porta boquillas

Se encarga de sostener las boquillas, se encuentra formada por un tubo rectangular de 2"x 1" y de 800mm de longitud y un barra mecanizada de 30mm x 12mm x 800mm sobre la cual se posicionan las boquillas, esta permite graduar su posición y esta diseñada para incrementar la cantidad de boquillas si la empresa lo requiere en algún momento.


Figura 27 Regleta porta boquillas.



3.6. Bomba hidráulica

Esta es una bomba marca PEDROLLO de 0.5HP, funciona con un voltaje AC de 110V y una corriente de 5,5 Amp, con un caudal máximo de 40 Lts/min, tiene una columna máxima de 40mts, de fácil montaje, con boquillas roscada para la succión y la descarga para racor de 1 pulgada NPT. Para más detalles ver anexo C.

Figura 28 Características bomba hidráulica

Producto	Electrobomba periférica PKm60						
Referencia de Fabrica							
Grupo	LINEA HIDRAULICA						
Marca	PEDROLLO						
							
Modelo	HP	Fases	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	S x D	H (máx.) (mts)	Q (máx.) (Lts/min)
PKm60	0,5	1	110	5,5	1"x1"	40	40

Fuente Página oficial casa Alemana Pereira.

3.7. Manguera hidráulica

Para el sistema hidráulica se escogió manguera sanitaria capaz de trabajar con temperaturas de hasta 120°C con una presión de hasta 150 psi y de ¾ pulgadas de diámetro, reglamentada para uso de productos para el consumo humano. Para más detalles ver anexo C.

Figura 29 Manguera hidráulica tipo sanitaria



Fuente <http://www.allen.cl/site/mangueras/>

3.8. Análisis por elementos finitos (cae) de los sistemas sometidos a presión

3.8.1. Mangueras del sistema hidráulico

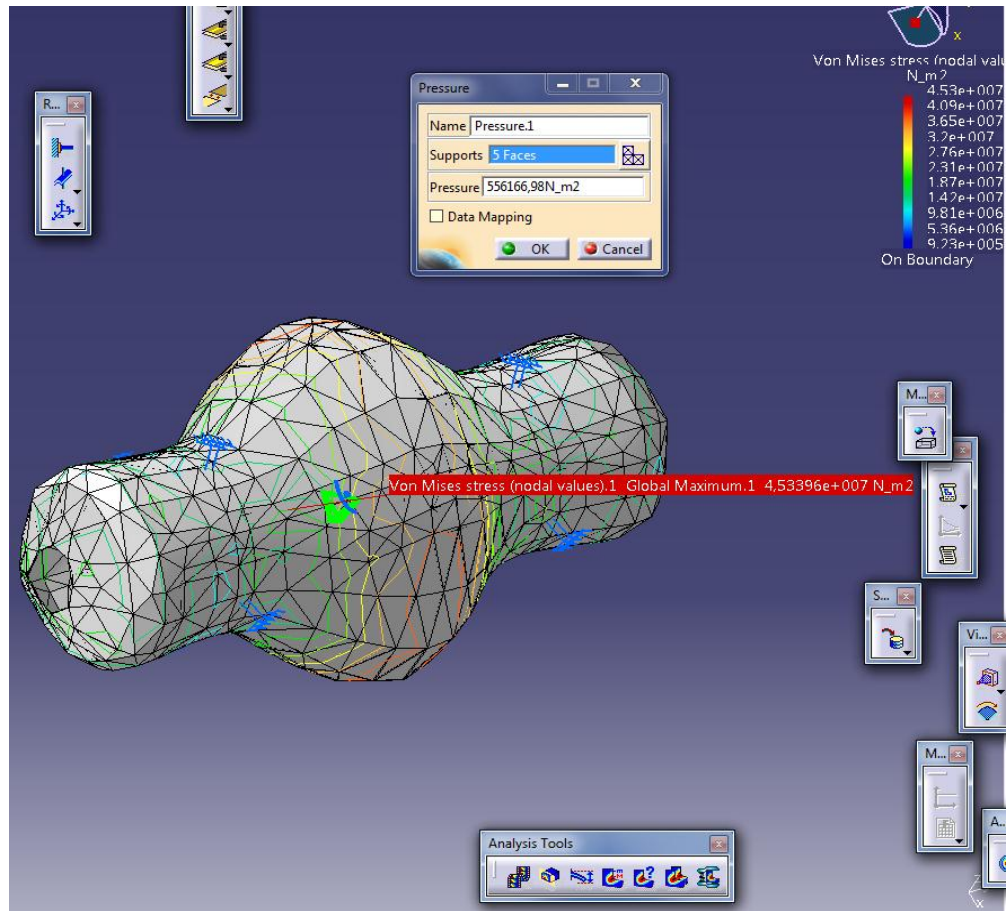
De acuerdo al numeral 4.5.6 estas mangueras deben ser capaces de trabajar con presiones de hasta 150 psi y de acuerdo a lo calculado, la presión máxima del sistema es de 80,52PSI por lo tanto las mangueras no tendrán ningún inconveniente.

3.8.2. Tanque de pre-llenado

Este tanque podría concentrar la presión total del sistema, si bien el ducto de alivio no permitirá que toda la presión del sistema se centre en el tanque, por condiciones de seguridad se realiza un análisis por elementos finitos estático, simulando la presión total generada por la bomba, para comprobar si el tanque podría estallar, y se convertiría en un elemento de seguridad vital para el sistema.

La figura 30 muestra que la tensión máxima que se produce en el sistema es de 4,53E7pa y el límite elástico de este material es de 2,068E8pa por lo tanto no supone ningún riesgo esta presión para el tanque, es decir, aunque el operario deje la llave de alivio cerrada, la presión generada dentro del tanque no será capaz de estallar.

Figura 30 Análisis CAE tanque de pre-llenado.

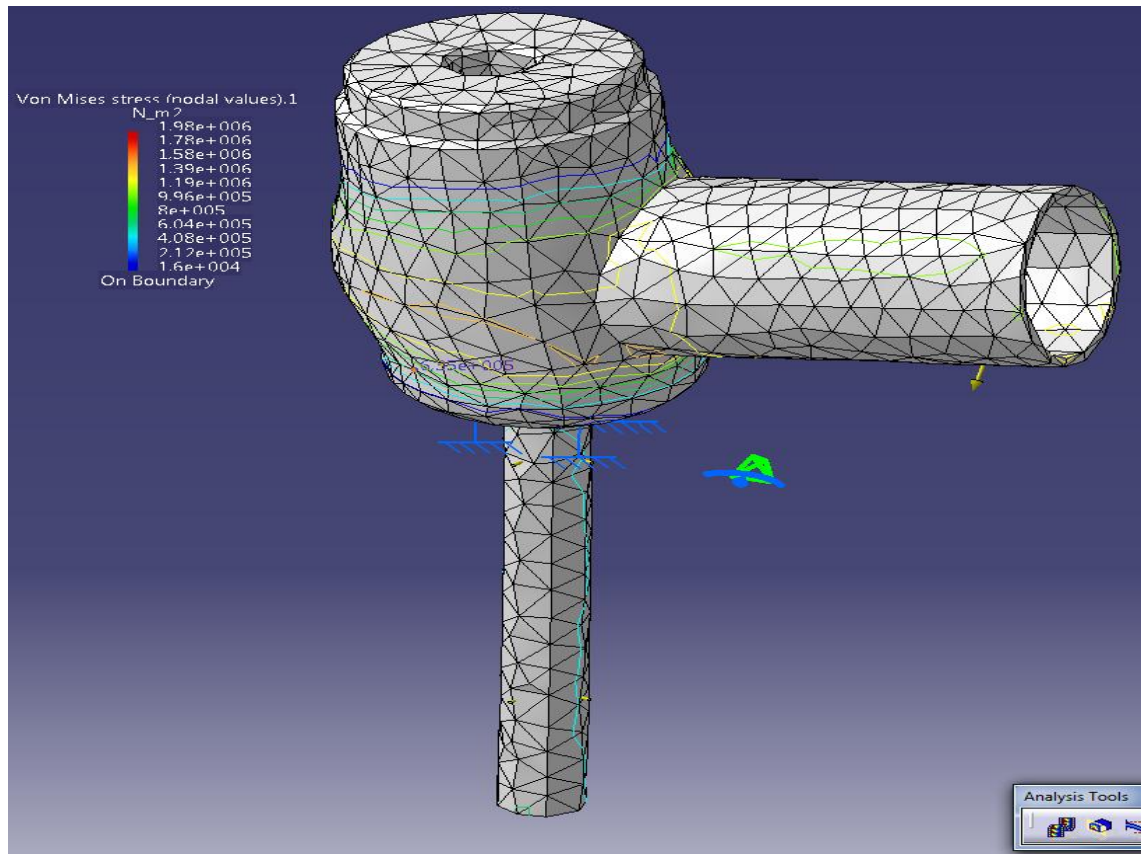


3.8.3. Electroválvula

Estas se encuentran fabricadas en acero AISI 304 mecanizado, en las electroválvulas la presión máxima que se podría obtener es la presión máxima del sistema dividido por 4 es decir $139041,745 \text{ N/m}^2$, para determinar si el diseño es capaz de soportar las condiciones de presión a los que será sometido, analizaremos mediante un estudio de elementos finitos estático, las implicaciones de dicha presión sobre el cuerpo de la electroválvula.

La figura 31 muestra el análisis de la electroválvula mostrando que la tensión máxima a la que será sometida es de $1,98\text{E}6\text{Pa}$ y el límite elástico del material es de $2,068\text{E}8\text{Pa}$, por lo tanto no sufrirá ningún riesgo. Los informes generados por el software se especifican en detalle en el anexo B.

Figura 31 Analisis CAE electroválvulas



Adjunto a este documento se entregan los informes con los análisis entregados por el software de las partes sometidas a esfuerzo.

4. DISEÑO DE DETALLE DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL DE LA MÁQUINA ENVASADORA

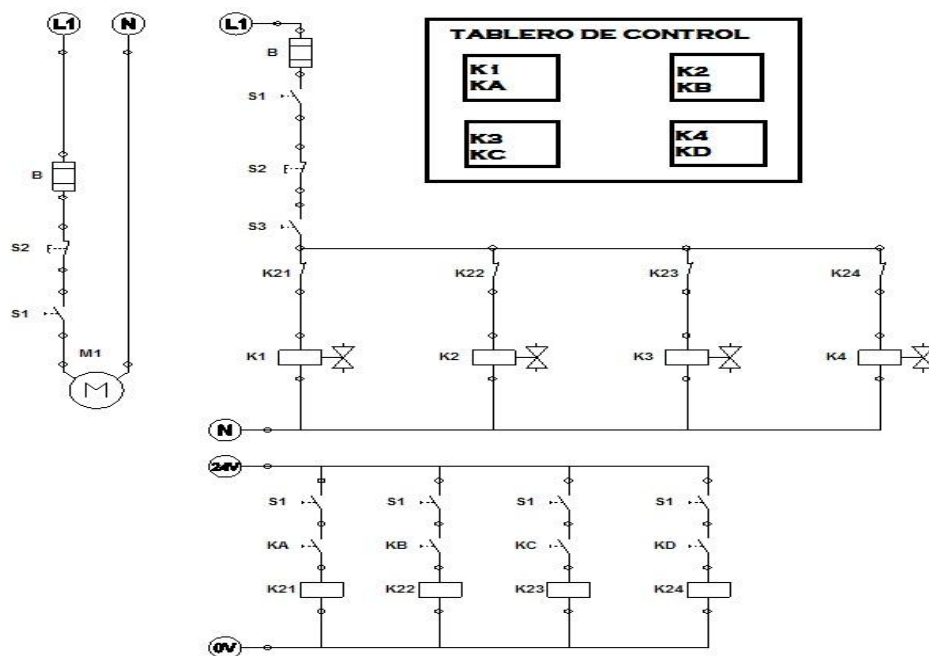
4.1. Esquema Eléctrico

EL proceso de llenado debe tener la capacidad de hacer control del volumen de líquido que llena la botella, esto para garantizar procesos de calidad y normatividad. Para lograr esto se da inicio a la implementación de un sistema automático que permita lograr un volumen de llenado uniforme en todo el proceso, que evite la pérdida de materia prima, que acelere el proceso de producción y sea de fácil operación.

Para diseñar el sistema eléctrico se detalla paso a paso el funcionamiento del proceso:

- La materia prima es llevada a un cuarto frio para su conservación térmica.
- Se agrega la materia prima a una marmita, en el que se realiza el proceso de pasteurización.
- El líquido es bombeado desde la marmita al tanque de pre-llenado.
- Se posicionan los recipientes en cada estación de llenado bajo las válvulas solenoides, se realiza de manera manual por los operadores del sistema.
- Para iniciar el proceso de llenado se pulsa un botón de inicio de llenado.
- El control del volumen de llenado se realiza mediante los sensores de nivel posicionados en la boquilla de salida de cada electroválvula.

Figura 32 Esquema eléctrico máquina envasadora



4.1.1. Descripción del circuito

- A. Se utiliza el botón de marcha (S1) para dar inicio al funcionamiento de la bomba (M) y al circuito de control.
- B. Para iniciar el llenado se pulsa un botón de marcha (S3) que activa los relés K21 hasta el K24 el cual da paso de corriente con auto retención a los solenoides K1, K2, K3, K4.
- C. Los sensores de nivel o los electrodos cierran el circuito de control cuando detecta el nivel de jugo requerido para energizar los relés y así des – energizar las solenoides K1, K2, K3, K4, interrumpiendo el paso de líquido hacia las botellas.
- D. El operario remueve las botellas llenas y posesiona las nuevas debajo de las boquillas.
- E. Activa el proceso de llenado nuevamente pulsando el botón de marcha (S2).
- F. Para des-energizar todo el sistema se obtura el botón de start para abrir el circuito.
- G. Un botón de parada de emergencia (S2) se encuentra ubicado cerca al operario para des-energizar el sistema.
- H. Para proteger el sistema eléctrico se utiliza un Braker (B).

4.1.2. Elementos utilizados en el circuito

Tabla 13 Elementos utilizados en el circuito

	NOMENCLATURA	DESCRIPCION
ELEMENTOS DE CONTROL (Contactos, pulsadores)	S1	BOTON MARCHA BOMBA M1 Y CONTROL
	S2	BOTON EMERGENCIA
	S3	BOTON START
	K21	CONTACTO RELE K21
	K22	CONTACTO RELE K22
	K23	CONTACTO RELE K23
	K24	CONTACTO RELE K24
	KA	CONTACTO ELECTRODO KA
	KB	CONTACTO ELECTRODO KB
	KC	CONTACTO ELECTRODO KC
	KD	CONTACTO ELECTRODO KD
ELEMENTOS DE POTENCIA (Bobinas, Solenoides,	L	LINEA DE ALIMENTACION 110VAC
	N	NEUTRO
	24V	ALIMENTACION CORRIENTE

Motor,)		CONTINUA
	0V	COMUN
	M	MOTOR O BOMBA MONOFASICA
	K21	RELE DE LA SOLENOIDE 1
	K22	RELE DE LA SOLENOIDE 2
	K23	RELE DE LA SOLENOIDE 3
	K24	RELE DE LA SOLENOIDE 4
	KA	ELECTRODO 1
	KB	ELECTRODO 2
	KC	ELECTRODO 3
	KD	ELECTRODO 4
	K1	SOLENOIDE 1
	K2	SOLENOIDE 2
	K3	SOLENOIDE 3
	K4	SOLENOIDE 4

4.2. Circuito detector de nivel

4.2.1. Funcionamiento del circuito detector de nivel

El circuito detector de nivel se compone de varios elementos electrónicos relevantes, tales como, los transistores 2N3906 que combinados permiten estructurar una configuración Darlington, los electrodos y el relé.

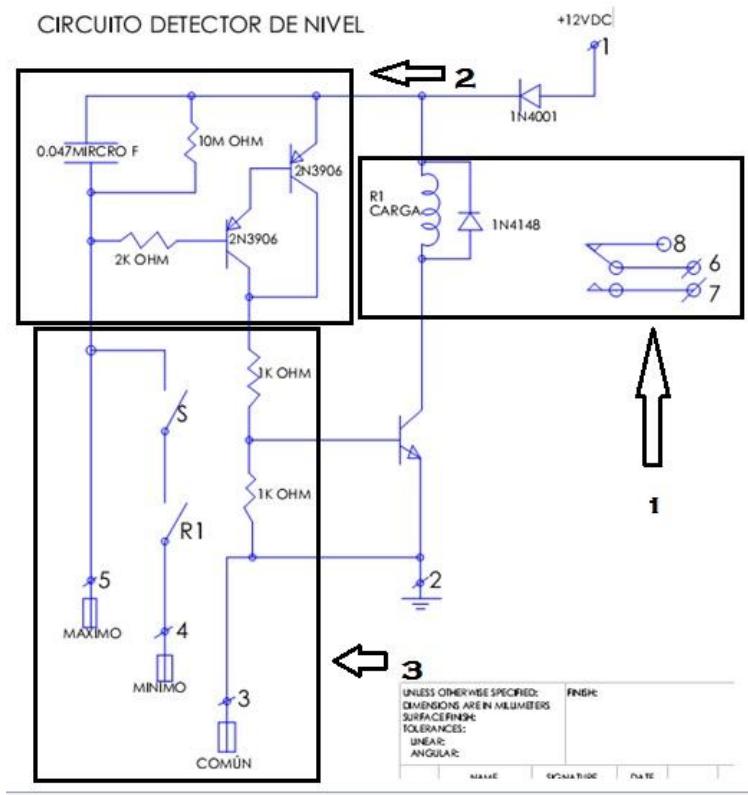
- A. El circuito cuenta con alimentación eléctrica regulada a 12 VDC, el cual se toma un voltaje alterno (110 VAC) y por medio de diodos se transforma la corriente alterna a continua, finalizando con un integrado (MC7812CT) se regula el voltaje a 12VDC con una salida de corriente de 1 A¹.
- B. Al seguir la línea de salida de los 12 VDC se encuentra un diodo 1N4001, el cual cumple la función de protector, el cual no permite la circulación de corrientes parasitas en dirección opuesta al diodo.
- C. En el recuadro 1 de la figura 33 se encuentra un diodo zener 1N4148 el cual permite regular el voltaje de la entrada de la bobina del relé de 12 VDC que está conectado en paralelo al mismo.
- D. Siguiendo la secuencia del circuito, en el recuadro 2 de la figura 33, se encuentra en el circuito una combinación de transistores 2N3906, estructurando de esa manera la configuración Darlington, esta configuración sirve para que el dispositivo sea capaz de proporcionar una gran ganancia de corriente y, al estar todo integrado, requiere menos

espacio que dos transistores normales en la misma configuración, el cual permite que la poca corriente emitida por los electrodos que se ven en el recuadro 3 obtenga más ganancia y así conmutar el relé de 12VDC para interrumpir la apertura de las válvulas solenoides.

- E. En el recuadro 3, se encuentran los electrodos que realizan contacto físico con el líquido, estos funcionan como detectores de nivel que emiten una corriente pequeña hacia los transistores Darlington. Los contactos R1 (contacto del relé) y S (contacto del pulsador de reset) permiten interrumpir el circuito manual y automático en el proceso.

La figura 33 muestra el diagrama del circuito con todos los elementos del circuito detector de nivel.

Figura 33 Circuito esquemático detector de nivel



4.3. El transistor Darlington y su estructura⁷

El transistor T1 entrega la corriente que sale por su emisor a la base del transistor T2.

La ecuación de ganancia de un transistor típico es: $IE = \beta \times IB$ (Corriente de colector es igual a beta por la corriente de base).

- Ecuación del primer transistor es: $IE1 = \beta1 \times IB1$
- Ecuación del segundo transistor es: $IE2 = \beta2 \times IB2$
- La corriente de emisor del transistor (T1) es la misma que la corriente de base del transistor T2.
- Entonces $IE1 = IB2$ (Entonces utilizando la ecuación 10 y la ecuación 11 se obtiene: $IE2 = \beta2 \times IB2 = \beta2 \times IE1$)

Reemplazando en la ecuación 9 el valor de $IE1$ se obtiene la ecuación final de ganancia del transistor Darlington.

- Ganancia total del sistema Darlington $IE2 = \beta2 \times \beta1 \times IB1$
- Como se puede deducir, este amplificador tiene una ganancia mucho mayor que la de un transistor corriente, pues aprovecha la ganancia de los dos transistores. (Las ganancias se multiplican).

Si se tuvieran dos transistores con ganancia 100 ($\beta = 100$) conectados como un transistor Darlington y se utilizara la fórmula anterior, la ganancia sería, en teoría: $\beta2 \times \beta1 = 100 \times 100 = 10000$. Como se ve es una ganancia muy grande. En la realidad la ganancia es menor.

Se utilizan ampliamente en circuitos en donde es necesario controlar cargas grandes con corrientes muy pequeñas.

Muy importante: La caída de tensión entre la base y el emisor del transistor Darlington es 1.4 voltios que resulta de la suma de las caídas de tensión de base a emisor del primer transistor B1 a E1 (0.7 voltios) y base a emisor del segundo transistor B2 y E2 (0.7 voltios).

⁷ Tomado de la página web http://www.unicrom.com/tut_darlington.asp

5. PROCESO DE MANUFACTURA DE LAS PARTES DE LA MAQUINA ENVASADORA

El proceso de manufactura de la máquina envasadora se centró principalmente en la fabricación de las electroválvulas con procesos de tornado y fresado, los demás elementos que la constituyen fueron subcontratados o adquiridos, la figura 34 muestra una imagen de la máquina en proceso de ensamble con sus partes ya manufacturadas.

Figura 34 Manufactura de la máquina envasadora



5.1. Descripción de los procesos de manufactura, máquinas y herramientas empleadas en la manufactura de las distintas partes de la máquina envasadora.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron tornos y fresadoras con tecnología CNC, herramientas convencionales, los cuales se detallan a continuación.

5.1.1. Torneado CNC

Este proceso de arranque de viruta se realizó con un torno CNC CK6032 Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd (HNC) equipado con sistema de “control Century star” el cual es una derivación del control FANUC, la unidad de accionamiento cuenta con un servo AC, posee torreta eléctrica para 4 herramientas y un sistema de lubricación automática. Permite realizar procesos de cilindrado, torneado cónico, torneado esférico, refrentado, ranurado y mecanizado

de roscas, ideal para el procesamiento de productos en series de pequeñas y mediana, cantidad⁸. La figura 35 muestra la imagen de este tipo de torno.

Figura 35 Torno CNC CK6032



Las características técnicas de la máquina se ven en la tabla 14 a continuación.

Tabla 14 Características técnicas 38 Máquina CK6032 Torno CNC

Item	Unit	Parameter
Maximum swing over bed	mm	320
Maximum swing over carrier	mm	140
Maximum workpiece length	mm	600
Diameter of spindle bore	mm	Φ38
Taper of tail-stock		Mohs 5
Spindle speed range	r/min	80 to 700 or 700 to 2500
Spindle motor power	kW	3
X/Z travel	mm	170/750
X/Z rapid movement speed	m/min	3/5
Minimum setting unit (X/Z)	mm	0.001/0.001
Net weight of machine	kg	650
Dimension	mm	1960 x 1140 x 2040

Fuente Web oficial del fabricante Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd (HNC)

5.1.2. Fresado CNC

Este proceso de arranque de viruta se realizó con la máquina de fresado vertical XK7132 Wuhan Huazhong Numerical Control Co., Ltd (HNC), la cual presenta las siguientes características:

- Eje X / Y / Z Longitud de recorrido: ≥ 400 mm / ≥ 300 mm / ≥ 360 mm

⁸ Tomado de la página WEB <http://www.huazhongcnc.com/en/Product/CNC-M.aspx>.

- El tamaño de la mesa de trabajo: $\geq 600 \times \geq 300$ mm
- Potencia del husillo: $\geq 2,2$ KW
- Husillo con control de velocidad de giro: 60 - 3000 rpm
- Precisión de posicionamiento (toda la distancia): 0,04 mm
- X / Y / Z eje del motor servo de la CA: $\geq 4,5$ Nm / $\geq 4,5$ Nm / ≥ 6 Nm
- velocidad de movimiento rápido en el / dirección axial Y / Z X: ≥ 8 / ≥ 8 / ≥ 8 m / min
- Portaherramientas Manual.

Figura N°39 Maquina XK7132 fresado vertical



5.1.3. Herramientas de corte utilizadas en los procesos de torneado y fresado.

Figura 36 Herramienta multipropósito (cilindrado y refrentado)



Profundidad de corte máxima 2mm y avance 0,3mm/r

Figura 37 Herramienta para cilindrado interno (alesado)



Profundidad de corte máxima 1mm y avance 0,3mm/r

Figura 38 Herramienta para roscado exterior



Profundidad de corte máxima 0,6mm

Figura 39 Herramienta para roscado interior



Profundidad de corte máxima 1mm

Figura 40 Herramienta para acabado exterior



Profundidad de corte máxima 1mm y avance 0,3mm/r

Figura 41 Herramienta para acabado exterior



Profundidad de corte máxima 1mm y avance 0,3mm/r

5.1.4. Formulas y datos técnicos requeridos para el cálculo de los parámetros de corte en el mecanizado

$$n = \frac{V_c * 1000}{d * \pi} * \left(\frac{1}{\text{min}}\right)$$

$$V_c = \frac{d * \pi * n}{1000} * \left(\frac{m}{\text{min}}\right)$$

$$F_z = \frac{V_f}{z * n} * \left(\frac{mm}{U}\right)$$

$$V_f = F_z * Z * n * (\text{mm/min})$$

$$Q = \frac{a * a_p * V_f}{1000} * \left(\frac{cm^3}{\text{min}}\right)$$

Z= número de dientes de la herramienta.

D= número de filos de corte.

N= revoluciones del husillo.

V_c= velocidad de corte.

F_z= avance por filo de la herramienta.

V_f= Avance de la herramienta.

Q=Tasa de arranque de material.

Tabla 15 Velocidad de corte para diferentes tipos de aceros.

Grupos de materiales Grupos de materiais	Material Material	DIN	Especificaciones E-specificações	v_c DSR / DSF m/min	v_c DSRF m/min	v_c DSRR m/min	
I	Acero al carbono Aço carbono	1.0161	SI37-2 SI50-2 C45 C60 9SiMn28K	160-200	250-300		
		1.0050					
		1.0503					
		1.0601					
		1.0715					
II	Acero de herramientas Aço de Ferramentas	1.2312	40CrMnMoS8-6 X38CrMoV5-1 X155CrVMo12-1 X40NiCrMo4	70-90	110-150		
		1.2343					
		1.2379					
		1.2767					
		1.2080					
III	Acero inoxidable Aço inoxidável	1.2083	X210Cr12 X42Cr13 100MnCrW4 X5CrNi18-10 X5CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-12-2 X3CrNiMo17-13-3 X6CrNiTi18-10	90-110	150-180	70-100	
		1.2510					
		1.4301					
		1.4401					
		1.4404					
IV	Acero aleado Aço de liga alta	1.4436	X14CrMoS17 X8CrNiS18-9	100-130	150-200	120-150	
		1.4541					
		1.4104					
V	Aluminio Alumínio	1.7131	16MnCr5 42CrMoS4 34CrAlMo5	90-120			
		1.7227					
		1.8507					
	Materiales sintéticos Materiais sintéticos	3.2315	AlMgSi1 AlZnMgCu1,5				
		3.4365					

Fuente <http://www.phorn.com/mex/products/special-tools/>

5.2. Manufactura de las electroválvulas

En la figura 42 se observa la electroválvula ya fabricada y ensamblada con todas sus partes lista para empezar las pruebas de funcionamiento.

Figura 42 Electroválvula fabricada.



A continuación se muestra el detalle de la fabricación de cada una de las piezas de la electroválvula, los programas de mecanizado y cálculos, en el anexo D se entrega el manual de programación de estas máquinas, por ello la conceptualización en cuanto a los procedimientos para el mecanizado, explicación de parámetros de compensado de herramientas, se omitirá y sólo se explicará la ruta de mecanizado de cada pieza.

Para cada pieza se elaboró la ruta de mecanizado, que incluye los parámetros de corte, montajes y programas de mecanizado, luego se realiza la simulación del mecanizado en el simulador para torno y fresa HNC que fue suministrado por el fabricante, y una vez verificado el programa se procede a realizar el mecanizado real en máquina.

Las tablas 16 A 23 exponen la ruta de mecanizado de las diferentes partes que componen las electroválvulas.

Tabla 16 Ruta de mecanizado cuerpo principal

Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
				V_c $\frac{m}{min}$	n $\frac{rev}{min}$	p mm	f $\frac{mm}{rev}$		
	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS		Hoja 1 de _	Nombre de la pieza: CUERPO PRINCIPAL VALVULA					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Acero SAE-304		Medidas: 1-1/2" x 50mm			
				Máquina: Torno-Fresa-Soldadura		Cantidad: 4			
	10	2	Montaje 1r lado: Montar la pieza en bruto de 2" de diámetro x 48mm de longitud. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular para preparar la operación de taladrado. Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y posteriormente se perfora con broca de 20mm a una profundidad de 35mm.	70	350	No aplica	0.1	Mandril, broca de centro N°3, broca de 20mm	No aplica
	2	3	Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano. Ciclo cilindrado interior (alezado): se cilindra internamente la pieza a partir de la cavidad perforada hasta un diámetro de 26 para el posterior roscado. Ciclo roscado: Se realiza el ciclo de roscado M28 x 1.5 a una longitud de 10mm según especificación del plano.	70	800	0.1-0.5	0.3	Herramienta de cilindrado, Herramienta de alezado, Herramienta de roscado.	

	3	<p>Montaje 2do lado: Montar pieza con el primer mecanizado listo, por el lado que sigue en bruto.</p> <p>Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular para preparar la operación de taladrado y a la pieza quede de la longitud especificada en el plano.</p> <p>Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y posteriormente se perfora con broca de 10mm pasante..</p>	70	350	0.1-0.5	0.3	de Mandril, broca de centro N°3 broca de 10mm	No aplica
	4	<p>Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano.</p> <p>Ciclo roscado: Se realiza el ciclo de roscado M30 x 2 a una longitud de 10mm según especificación del plano.</p>	70	800	0.1-0.5	0.3	de Mandril, broca de centro N°3 cilindrado, Herramienta de roscado.	
	5	<p>Montaje: Montar pieza en la fresa, ajustando y centrando bien la herramienta.</p> <p>Ciclo contorneado: Realizar un contorno circular generando una cavidad de 15mm para que encaje un tubo que será soldado al cuerpo principal.</p>	70	600	0.1-0.5	0.3	Herramienta de Mandril, broca de centro N°3 cilindrado, Herramienta de roscado.	NO APLICA
		<p>Soldadura: Soldar el tubo de entrada de producto al cuerpo principal de la boquilla mediante proceso TIC, garantizando el selle completo de la pieza.</p>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	NO APLICA-
			PIEZA YA MANUFACTURADA.					

Tabla 17 Ruta de mecanizado salida de boquilla


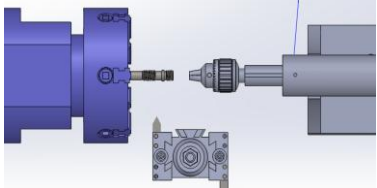
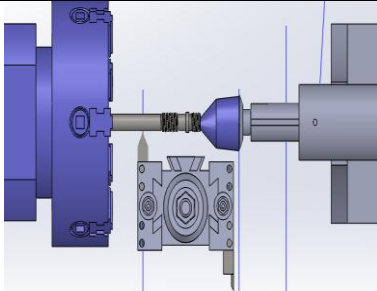


	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS		Hoja 2 de _	Nombre de la pieza: SALIDA DE BOQUILLA					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Acero SAE-304	Medidas: barra 1/2" x 100mm		Máquina: Torno-fresa		Cantidad: 4
Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
				V_c $\frac{m}{min}$	n $\frac{rev}{min}$	p mm	f $\frac{mm}{rev}$		
	1	2	Montaje: Montar la pieza en bruto de 1/2" de diámetro x 100mm de longitud. Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y posteriormente se perfora con broca de 8mm pasante..	70	500	No aplica	0.1	Mandril, broca de centro N°3 broca de 8mm	No aplica
	2	5	Montaje: Montar la pieza en bruto de 1/2" de diámetro x 100mm de longitud. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano. Ciclo roscado 1: Se realiza el ciclo de roscado M12 x 1.75 a una longitud de 10mm según especificación del plano. Ciclo roscado2: Se realiza el ciclo de roscado M30 x 2 a una longitud de 10mm según especificación del plano. Ciclo tronzado: se tronza la pieza a una longitud de 90mm.	70	1000	0.1-0.5	0.3	Herramienta de cilindrado, broca de roscado, Herramienta de tronzado.	
			PIEZA YA MANUFACTURADA						

Tabla 18 Ruta de mecanizado salida de boquilla


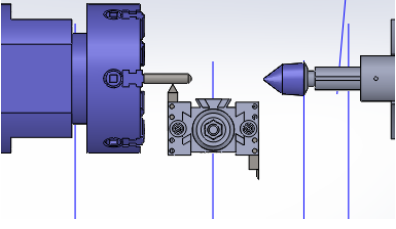
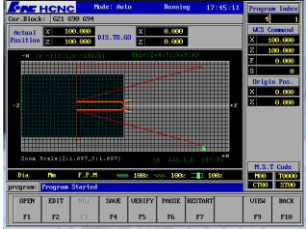
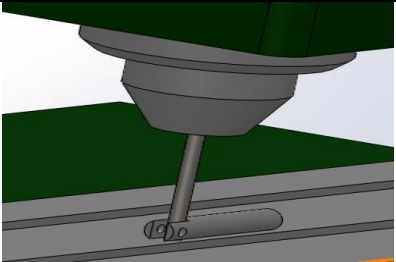

Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
				$\frac{V_c}{m/min}$	$\frac{n}{rev/min}$	p mm	$\frac{f}{mm/rev}$		
									
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS			Hoja 2 de _	Nombre de la pieza: VASTAGO					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Acero SAE 304		Medidas: barra de 1/2" x 70mm			
				Máquina: Torno-FRESA		Cantidad: 4			
									
	1	3	Montaje: Montar la pieza en bruto de 1/2" de diámetro x 70mm de longitud. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano. Ciclo tronzado: se tronza la pieza a una longitud de 60mm.	70	1000	0.1-0.5	0.3	Herramienta de cilindrado, Herramienta de tronzado.	
	2		Montaje: Montar la pieza ya mecanizada en la fresadora y sujetar con prensa. Fresado: Se fresa una de las caras de la pieza para generar la cavidad de encaje con el eje del solenoide según especificaciones del plano. Perforado: Se perfora una de las caras de la pieza para el orificio de encaje con el eje del solenoide.	70	600	0.1-0.5	0.3	Fresa de 5mm, broca de 6mm.	NO APLICA
				PIEZA Y AMANUFACTURADA					

Tabla 19 Ruta de mecanizado tapa cuerpo cilindro


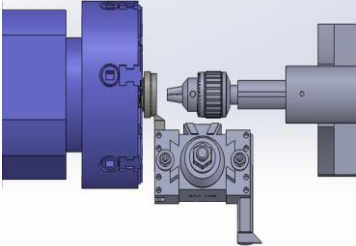
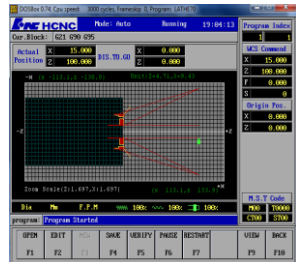
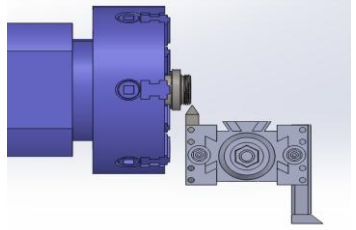
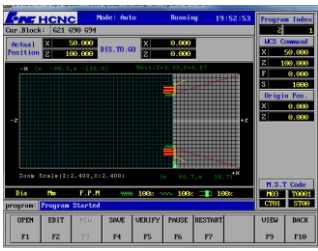

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS		Hoja 2 de _	Nombre de la pieza: TAPA CUERPO CILINDRO					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Acero SAE-304	Medidas: 1-1/2" X 25mm				
			Máquina: Torno	Cantidad: 4					
Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
				$\frac{V_c}{m/min}$	$\frac{n}{rev/min}$	p mm	$\frac{f}{mm/rev}$		
	1	4	Montaje 1r lado: Montar la pieza. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular. Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y se perfora con broca de 16mm pasante. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano.	70	350	0.1-0.5	0.1	Herramienta de cilindrado, Broca de 16mm, broca de centro N°2 mandril	
	2	4	Montaje 1r lado: Montar la pieza. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano. Ciclo roscado 1: Se realiza el ciclo de roscado M12 x 1.75 a una longitud de 10mm según especificaciones.	70	800	0.1-0.5	0.1	Herramienta de cilindrado, Herramienta de roscado	
			PIEZA YA MANUFACTURADA						

Tabla 20 Ruta de mecanizado camisa vástago


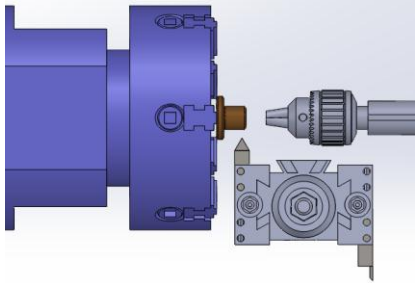
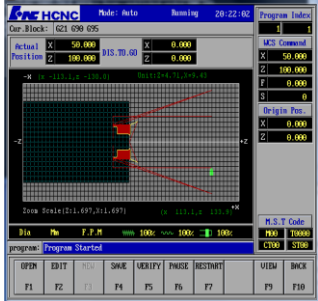
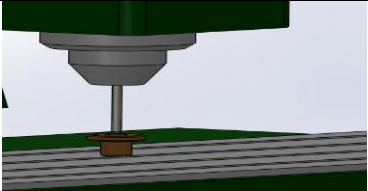
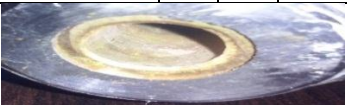

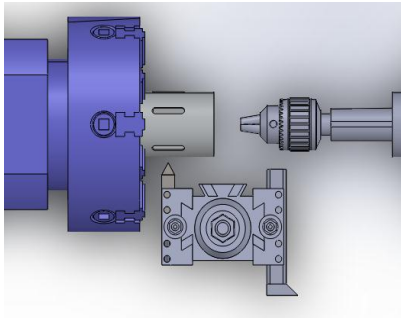
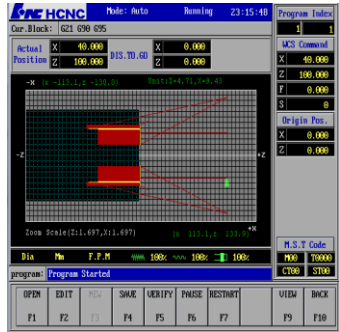
Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
				V_c $\frac{m}{min}$	n $\frac{rev}{min}$	P mm	f $\frac{mm}{rev}$		
									
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS			Hoja 2 de _	Nombre de la pieza: CAMISA VASTAGO					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Aluminio SAE 65	Medidas: Barra de 1-1/4" x 25mm		Cantidad: 4		
				Máquina: Torno-fresa					
	1	5	Montaje 1r lado: Montar la pieza en bruto. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y posteriormente se perfora con broca de 10mm pasante. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano. Ciclo tronzado: se tronza la pieza a una longitud de 60mm.	120	1500	0.3-1	0.5	Herramienta de cilindrado, Broca de 10mm, broca de centro N°2 mandril	
	2		Montaje: Montar la pieza ya mecanizada en la fresadora. Montaje: Montar la pieza ya mecanizada en la fresadora. Perforado: Se perfora una de las caras de la pieza para el orificio de encaje con el eje del solenoide.	120	600	0.3-1	0.5	Buril HSS para desbastar	NO APLICA.
				PIEZA YA MANUFACTURADA					

Tabla 21 Ruta de mecanizado soporte bobina

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS		Hoja 2 de _	Nombre de la pieza: SOPORTE BOBINA					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Aluminio	Medidas: Barra de 2" x 60mm				
			Máquina: Torno-Fresa		Cantidad: 4				
Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
				$\frac{V_c}{m/min}$	$\frac{n}{rev/min}$	p mm	$\frac{f}{mm/rev}$		
	1	5	Montaje 1r lado: Montar la pieza en bruto. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular para preparar la operación de taladrado. Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y posteriormente se perfora con broca de 20mm a una profundidad de 47mm. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones exteriores contenidas en el plano. Ciclo cilindrado interior (alezado): se cilindra internamente la pieza a partir de la cavidad perforada hasta un diámetro de 45mm.	150	1600	1	0.5	Mandril, broca de centro N°3 broca de 20mm herramienta de cilindrado, herramienta de alazar.	

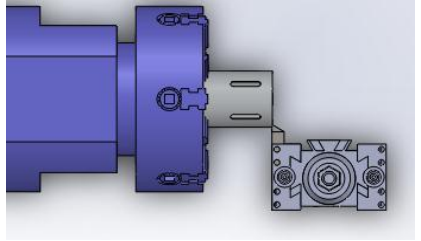
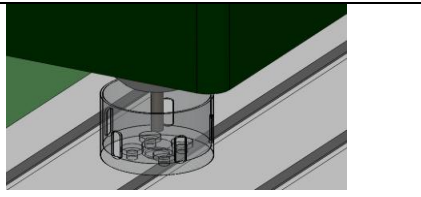

	2	1	<p>Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular y la pieza quede a la longitud de 57mm.</p>	150	1200	1	0.5	Herramienta para refrentar	NO APLICA
	18		<p>Montaje: Montar la pieza ya mecanizada en la fresadora y sujetar con prensa.</p> <p>Perforado: Se realizan los orificios con caja que tiene el soporte en la base con fresa plana, para mejorar la cilindridad y acabado de los agujeros.</p>	150	800	1	0.5	Fresa de 6mm, Fresa de 10mm, fresa de 1/2"	NO APLICA
	PIEZA YA MANUFACTURADA								

Tabla 22 Ruta de mecanizado tapa soporte bobina


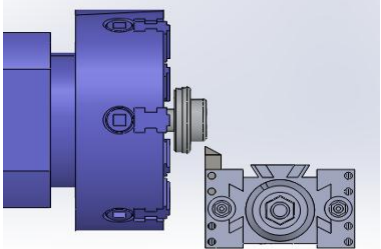
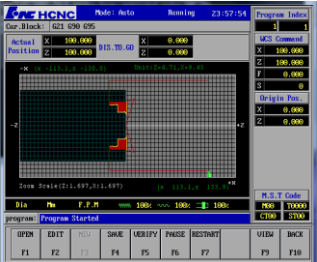
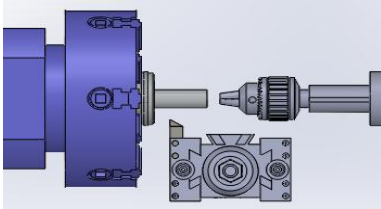
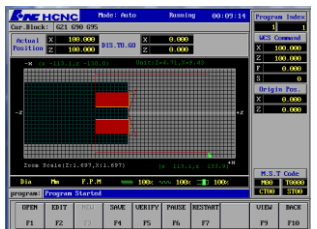


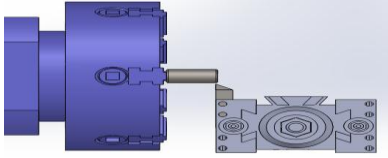
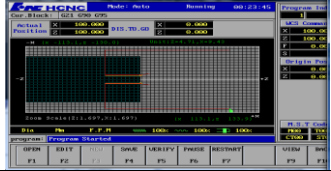
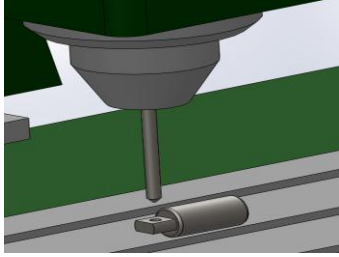

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS		Hoja 2 de _	Nombre de la pieza: TAPA SOPORTE BOBINA					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Aluminio	Medidas: Barra de 2"x 65mm				
			Máquina: Torno		Cantidad: 4				
Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
				$\frac{V_c}{m/min}$	$\frac{n}{rev/min}$	p mm	$\frac{f}{mm/rev}$		
	1	4	Montaje 1r lado: Montar la pieza. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular. Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y posteriormente se perfora con broca de 6.5mm a una profundidad de 10mm. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones especificadas en el plano.	150	1600	1	0.5	Mandril, broca de centro N°3 broca de 6.5mm herramienta de cilindrar.	
	2	2	Montaje 2do lado: Montar la pieza en bruto. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular para preparar la operación de taladrado. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones especificadas. Perforado: Se perfora la pieza con broca de centro número 3 y posteriormente se perfora con broca de 14mm a una profundidad de 55mm.	150	800	1	0.5	buriles para acabar con radio de nariz , micrómetro o 25 mm, cilindradora	
	PIEZA YA MANUFACTURADA								

Tabla 23 Ruta de mecanizado tapa extensión vástago

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA ESCUELA DE TECNOLOGÍAS		Hoja 2 de _	Nombre de la pieza: EXTENCION VASTAGO					
			Hoja de trabajo por: ANGEL ANDRES VASQUEZ	Material: Acero 1045		Medidas: Barra redonda de 5/8" x 45mm			
				Máquina: Torno		Cantidad: 4			
Esquema	Operación	Pasos	Trabajo a realizar	Condiciones de corte				Herramientas y accesorios	Simulación y código CNC
	22		Montaje 1r lado: Montar la pieza. Refrentado: Se refrenta la cara hasta que toda la superficie quede regular. Ciclo cilindrado exterior: Se cilindra la pieza dejando las dimensiones especificadas en el plano.	$\frac{Vc}{m/min}$	$\frac{n}{rev/min}$	p mm	f $\frac{mm}{rev}$	del herramienta cilindrar.	
	23		Montaje: Montar la pieza ya mecanizada en la fresadora y sujetar con prensa. Fresado: Se fresa las caras de la pieza para generar la cavidad de encaje con el vástago según especificaciones del plano. Perforado: Se perfora una de las caras de la pieza para el orificio de encaje vástago.	70	600	0.1-0.5	0.1	Fresa de 12mm, Broca de 4mm	NO APLICA
			PIEZA YA MANUFACTURADA						

5.3. Manufactura de los soportes de las electroválvulas

La figura 43 muestra los soportes de las electroválvulas ya mecanizados, estos se componen de las piezas regleta porta boquillas, barra de deslizamiento, los cuales se fabricaron a partir de una chapa acero inoxidable y un tubo rectangular de aluminio respectivamente, se fabricaron en fresadora CNC.

Figura 43 Soporte electroválvulas.

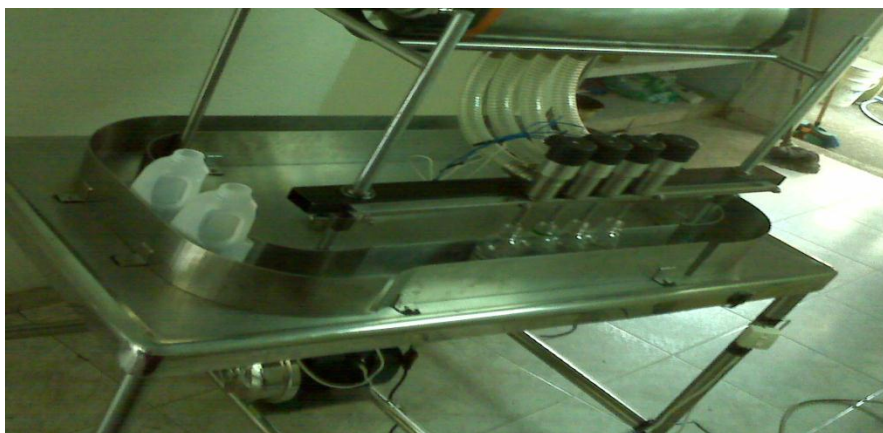


La manufactura de estos elementos fueron subcontratados, por ello no se muestra ruta de trabajo para su fabricación.

5.4. Manufactura estructura soporte

La figura 44 muestra la estructura de soporte, la cual está compuesta por la mesa de trabajo, la estructura que sostiene el tanque y las láminas guías de la botellas, estas fueron cortadas y soldadas en la empresa Ingeniar Inoxidables S.A con procesos de soldadura TIC para acero inoxidable.

Figura 44 Estructura soporte.



5.5. Manufactura tarjetas electrónicas control de nivel

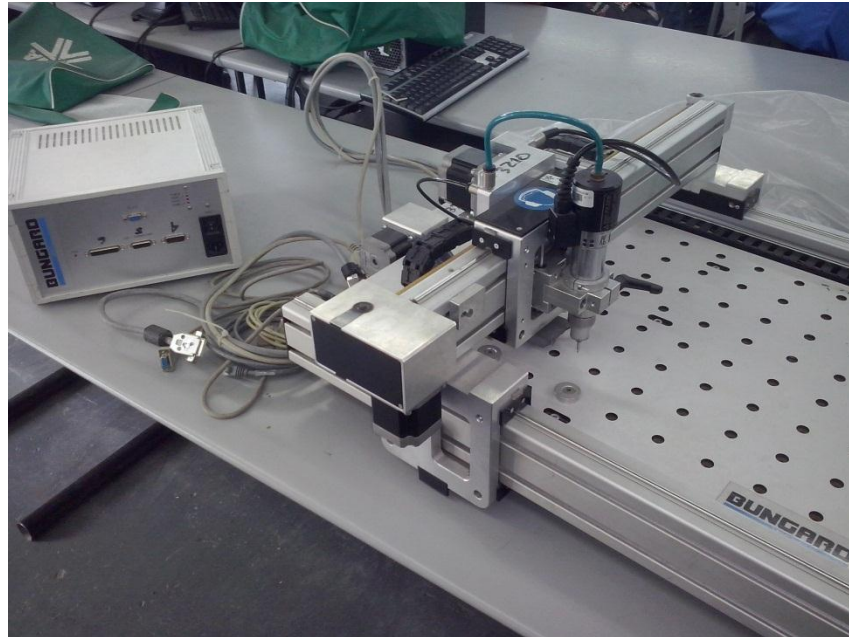
Para la fabricación de las tarjetas electrónicas del control de nivel se implementó una ruteadora CNC marca Bungard CCD/ATC, el cual es un taladro de control numérico con cambio de herramienta automático de alta calidad. Este aparato permite taladrar, fresar, aislar pistas, rebajar, dispensar pasta soldar, fresado/rebajado de plásticos, aluminio o paneles de otros materiales.

La máquina tiene las siguientes características:

- Unidad mecánica: construcción rígida y uniforme con pesos de bajo movimiento y husillos de alta calidad para posicionados a alta velocidad.
- Base de la máquina con sistemas de fijación universal, válidos para anclajes y pines de referencia.
- Motor de alta velocidad KaVo, 140 W, incluye boquilla de hasta 3,175 mm (1/8")
- Velocidad del cabezal hasta 60000 rpm controlados por software.
- Freno de actuación rápida (1s) y control de carga electrónico.
- Motor paso a paso de alta robustez en el eje Z para una capacidad de fresado fiable y una velocidad de las herramientas correcta.
- Área de trabajo útil: 325 x 495 x 30mm.
- Cambio de herramienta automático para trabajar de forma simultánea con 14 herramientas + 1 de testeo de las 99 que pueden usarse en un trabajo
- Detector para paro de broca.
- Diámetro de broca mínimo: 0.3mm.
- Limitador de profundidad integral para aislado de pistas y grabado sobre superficies irregulares.
- Unidad de control independiente (rack de 19") conectable a cualquier PC estándar con un puerto de serie libre
- Software para para lectura en tiempo real de datos Excellon, Sieb & Meyer o HP/GL; control de la máquina on-line, con interface de uso agradable, incluyendo estadísticas de las herramientas y control de plausibilidad.
- Todos los parámetros de la máquina están controlados a través de software y son configurables.
- Función de "teach-in" de fácil manejo.
- Definición de paso: 1 mil (0.0254 mm); precisión +/- 1 paso.
- Velocidad máxima de los ejes: 90 mm/scision +/- 1 step.
- Velocidad de taladrado: 5 golpes/seg. (1800 agujeros por hora).
- Alimentación: 110-240 V, 50-60 Hz + aspirador 230 V 1400W.
- Dimensiones: aprox. 79 x 68 cm.
- Tamaño mínimo de la mesa de trabajo: aprox. 120 x 80 cm.
- Peso: aprox. 32 kg.

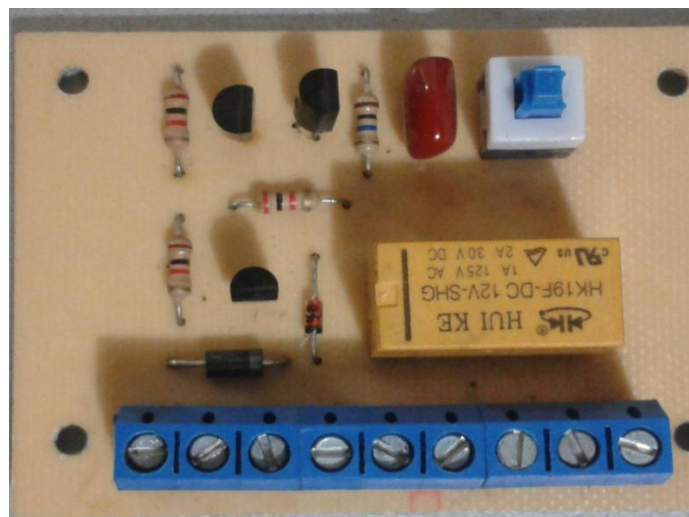
La figura 45 muestra una imagen de la ruteadora Bungard.

Figura 45 Ruteadora CNC Bungard



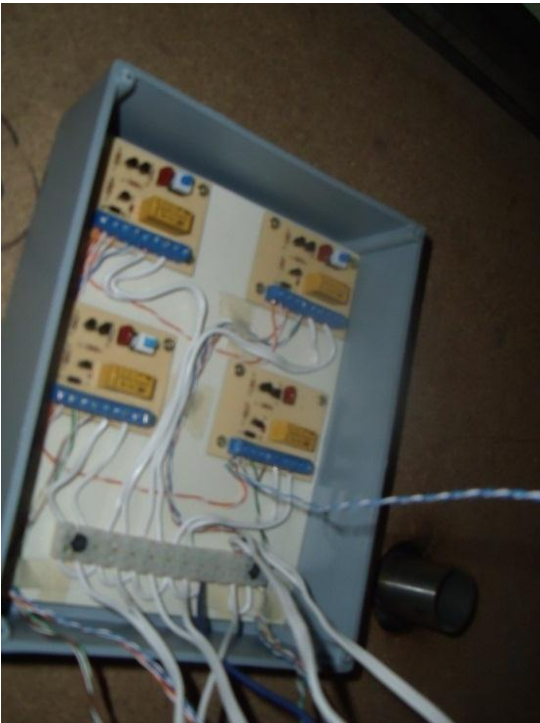
Para la fabricación de la tarjeta se hizo el diseño de la misma en el software Eagle, buscando la forma más eficiente de ubicar los elementos dentro de la tarjeta y el software de control de maquina reconoce los trayectos y realiza el ruteado de forma automático. La figura 46 muestra la tarjeta electrónica lista y ensamblada con sus componentes.

Figura 46 Tarjeta electrónica del control de nivel.



Una vez fabricadas y ensambladas las cuatro tarjetas se procedió a ensamblar el tablero de control donde se montarían y saldrían las líneas a las diferentes electroválvulas. La figura 47 muestra el montaje del tablero de control.

Figura 47 Tablero de control de la máquina envasadora.



6. PRUEBAS Y MEJORAS DE LA MAQUINA ENVASADORA

Teniendo todas las partes de la máquina envasadora se procede a su ensamble total, en la figura 48 se puede observar la máquina totalmente ensamblada y lista para realizar las primeras pruebas de validación.

Figura 48 Máquina envasadora totalmente ensamblada



Para las pruebas se decidió llenar la marmita con agua y proceder a poner en marcha el equipo, analizar su funcionamiento en todos los sistemas desde el bombeo hasta el llenado, poniendo especial atención en las fugas.

Después de poner a funcionar el equipo y observar su funcionamiento, hacer pruebas de llenado, analizar la interacción del equipo con el usuario, se escribe un

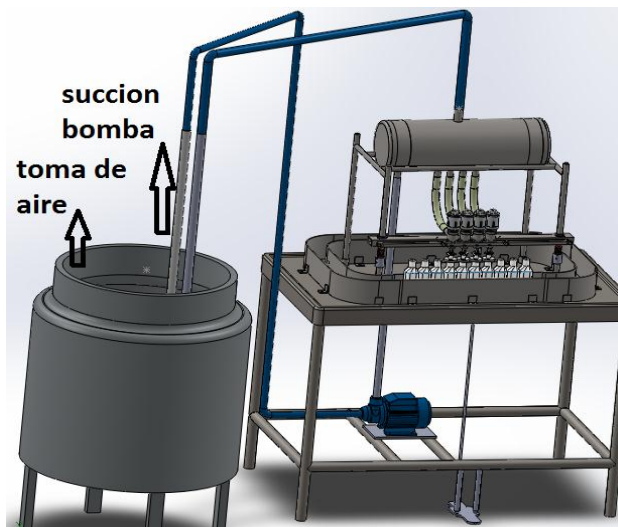
informe de cada uno de los sistemas describiendo las dificultades que presenta y las soluciones para mejorarlas.

6.1. Análisis del funcionamiento del sistema de bombeo

6.1.1. Análisis de fallas en el sistema de bombeo

Debido al fenómeno de cavitación, el sistema de bombeo presentó vibraciones e irregularidades en la inyección del fluido, produciendo salpicaduras y derrame de líquido. Esto se generó debido a que el recorrido de la manguera entre la boca de succión de la bomba y el punto de succión en la marmita tenía demasiada longitud (2,3m), con una elevación de 1,5m respecto a la bomba ingresando a la marmita por la parte superior, haciendo que cada vez que se introducía la manguera a la marmita entrara aire al sistema. Debido a este inconveniente la bomba debía ser cebada cada vez que se recargaba la marmita lo que hacía que el procedimiento fuera complejo y tomara demasiado tiempo (la bomba se cebó llenando la manguera de succión con el producto a bombear). La figura 49 expone la posición de la bomba y la forma de succión.

Figura 49 Problemas sistema de bombeo

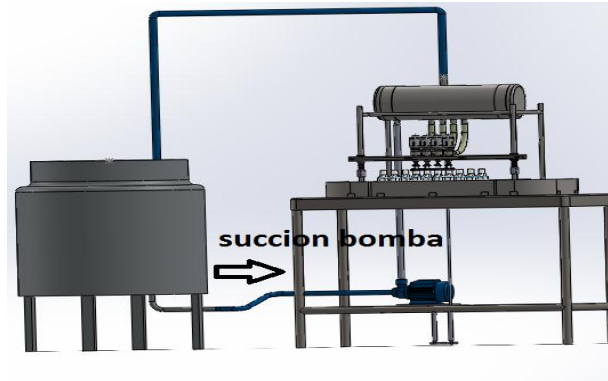


6.1.2. Propuesta de mejora del sistema de bombeo

Para solucionar este inconveniente, se propuso que la manguera de succión tome el producto a través de un codo que se suelda a la base de la marmita, reduciendo la longitud de la manguera (2.3m a 1m), y evitando que la manguera de succión entre en contacto con el aire y se genere el fenómeno de cavitación. También se logró que el sistema se auto-cebara, pues el líquido restante en la manguera permitía un suministro constante de producto a la bomba.

La figura 50 muestra una imagen con la solución propuesta, para evitar este problema.

Figura 50 Modificación al sistema de bombeo

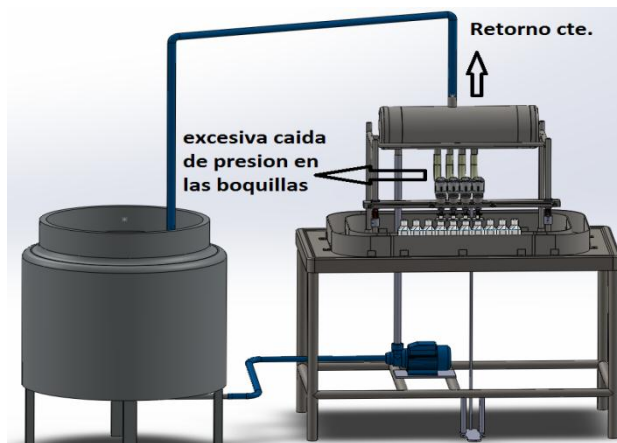


6.2. Análisis del funcionamiento del tanque de pre-llenado.

6.2.1. Análisis de fallas en el tanque de pre-llenado

No presenta fugas ni fallas estructurales, pero no fue posible controlar la presión que se generaba en el tanque, debido a que la mayor parte del caudal retornaba a la marmita de forma constante, generando inconvenientes en el llenado, por la caída de presión en las boquillas. En la figura 51 se muestra el problema señalado.

Figura 51 Problema caída de presión en boquillas



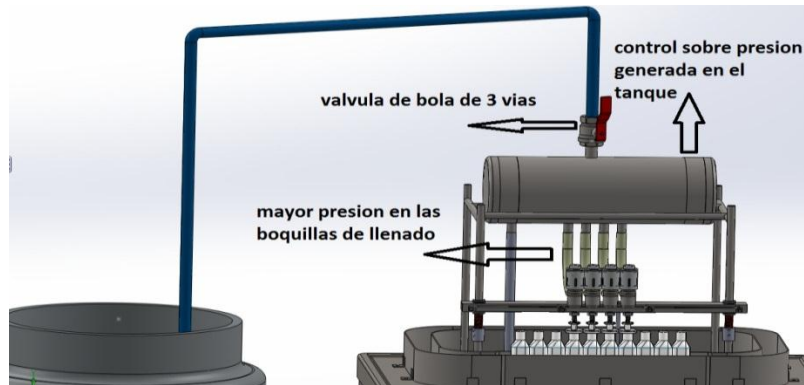
6.2.2. Propuesta de mejora en el tanque de pre-llenado

Para solucionar este inconveniente, se plantea el uso de una válvula manual tipo mariposa, en el ducto del retorno a la marmita, que permita regular el caudal de

retorno, lo que lograría incidir en la presión que se genera en el tanque y así tener control sobre el sistema.

Por restricciones económicas del cliente, y disponibilidad en la empresa, lo que se implementó fue una válvula de bola manual de 2 vías de 1-1/2", si bien este tipo de válvula genera poco control sobre el caudal de retorno (pues su función es on-off no es proporcional), logro incidir para que se elevara la presión en el tanque de pre-llenado y mejorar la inyección del líquido. En la figura 52 se muestra la solución al problema señalado.

Figura 52 Solución al tanque de pre-llenado

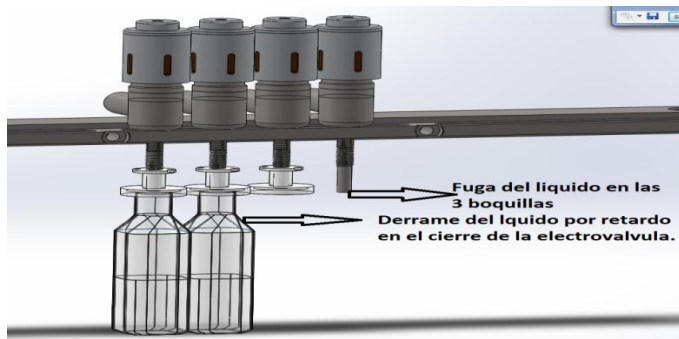


6.3. Análisis al funcionamiento de las electroválvulas.

6.3.1. Análisis de fallas en las electroválvulas

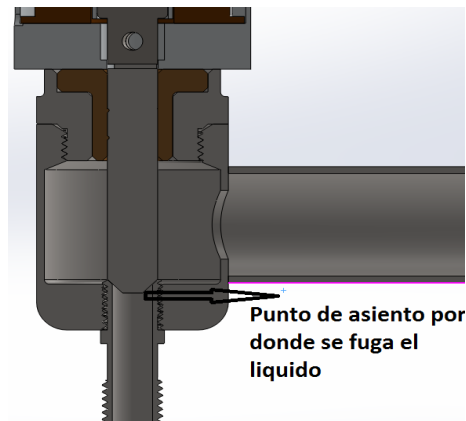
Estas presentaron fugas por la boquilla de salida cuando el sistema se presurizaba, además la respuesta del sistema de detección de nivel fue lenta, lo que hacía que el líquido se derramara antes de que la electroválvula cerrara el paso del líquido. En la figura 53 se muestra los puntos de fuga en la maquina envasadora.

Figura 53. Puntos de fuga en electroválvulas.



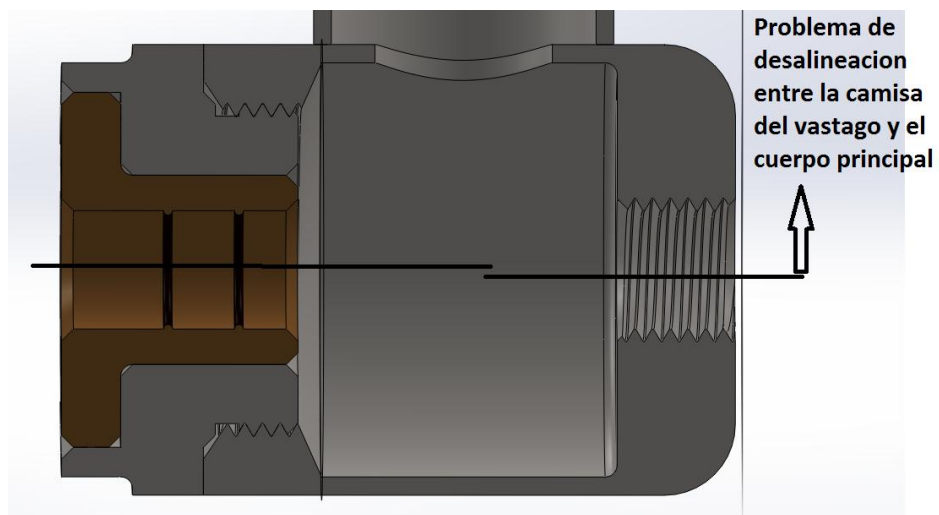
Un análisis al funcionamiento de la electroválvula, mostro que el problema radicaba en que el vástago no asentaba bien en la cavidad cónica del cuerpo principal, por donde saldría el líquido. En la figura 54 se muestra el punto de asiento que no está funcionando bien.

Figura 54 Punto de fuga de la electroválvula



Esta falla es una consecuencia de algún procedimiento mal realizado durante la manufactura de las diferentes piezas de la electroválvula. Al inspeccionar la pieza en físico se logró determinar que los agujeros del buje de la tapa del cuerpo principal (camisa vástago) y el asiento cónico del agujero por donde sale el líquido a la boquilla de salida en el cuerpo principal estaban desalineados, es decir no eran concéntricos, por centésimas de milímetro, lo que hacía que el vástago no pudiera llegar bien a su asiento causando la fuga del líquido. La figura 55 muestra el problema de desalineación en el cuerpo principal.

Figura 55 Desalineación entre la camisa del vástago y el cuerpo principal.



La desalineación se produce debido a que en las 3 piezas que forman el ensamble se realizaron los agujeros por separado, y al llevar un ensamble roscado existe una alta probabilidad que los agujeros no queden concéntricos. El procedimiento correcto para evitar este problema, es manufacturar las piezas sin el agujero, realizar el ensamble para finalmente realizar la cavidad garantizando la linealidad de las 2 y por ende el sello de la pieza.

6.3.2. Propuesta de mejora de las electroválvulas

Después de determinar los diferentes problemas que presentaban las electroválvulas, que para corregirlos, había que volver a manufacturar una gran cantidad de piezas, se procedió a conseguir electroválvulas comerciales, que suplieran las necesidades que teníamos en base a material específico, temperatura de funcionamiento y presión de trabajo.


Se seleccionaron electroválvulas marca SHAKO de la serie SPU220A-04, la cual se ajustaba muy bien a las especificaciones de diseño del sistema ya manufacturado, funcionando con los mismos voltajes que presentaba el sistema eléctrico, y con la posibilidad de agregarle los aditamentos mecánicos para que se integre a la máquina. En la figura 56 se muestra las características técnicas de la nueva electroválvula. Para más detalles ver anexo C.

Figura 56 Características técnicas electroválvula nueva.

22 WAY SOLENOID VALVES

Features

- * Direct acting.
- * Quick response.
- * Stainless steel body and stem provide exceptional durability.
- * Flange type is available for JIS 10K, ANSI 150LB and PN16.
- * Ex-proof coil T4 as optional accessory.
- * Timer for setting on/off time as optional accessory.



How to order

SPU220 A E F - 04 N - S 1 LED E

Stainless steel	Series	Diaphragm	Flange type	Port size	Thread	Solenoid	Voltage	LED	Ex-proof coil
22 way direct acting	A	E	F	04	1/2"	PS	1 110VAC	Blank W/O LED	
	B	NBR	F3	06	3/4"	N	2 220VAC		
			F4				9 24VDC		

Specifications

Model	SPU220A04	SPU220A06
Port size	1/2"	3/4"
Fluid	Compressed air (light oil, water)	
Orifice	13mm	20mm
Sectional area	76mm ²	162mm ²
Acting	Direct acting	
Construction	Diaphragm	
Operating pressure range AC	0 ~ 7 kgf/cm ²	
Operating pressure range DC	0 ~ 6 kgf/cm ²	0 ~ 5 kgf/cm ²
Max. operating pressure	10 kgf/cm ²	
Body material	Stainless steel SUS316	
Fluid temperature	-10°C ~ 185°C	-10°C ~ 90°C
Ambient temperature	-20°C ~ 60°C	-10°C ~ 60°C
Installation	Horizontal	
Duty cycle	100% ED	
Coil type	DIN	
Protection class	IP65 (DIN 40 050)	
Insulation class	F	
Voltage tolerance	±10%	
Standard voltage	220VAC, 110VAC, 24VDC The other voltage is optional	
Power consumption	AC110V: 17.6VA, AC220V: 18.1VA, DC: 15W	
Net weight	715g	920g

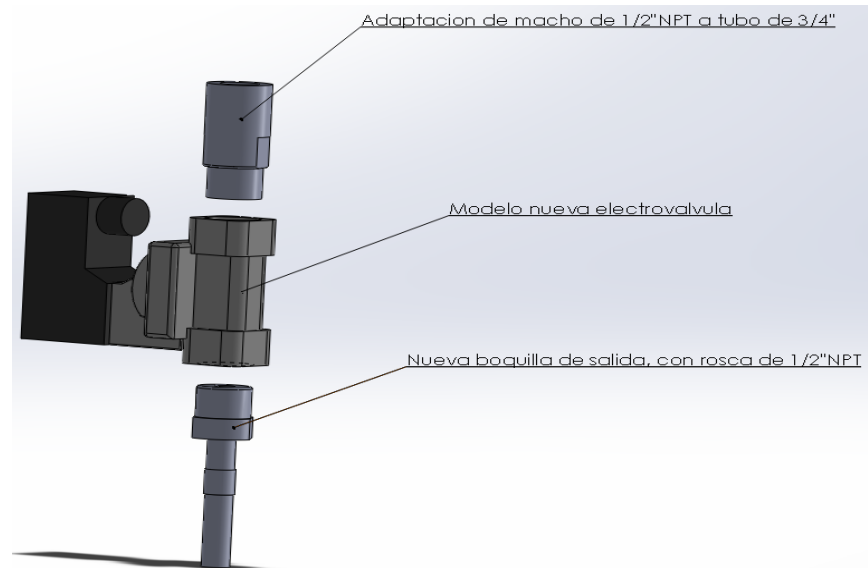
Fuente Shako Co., Ltd. www.shako.com.tw

Una vez definidas las nuevas electroválvulas se modelaron y se procedió a plantear el rediseño del sistema de envasado, diseñando las piezas necesarias para integrarlas al sistema, que fueron una adaptación de un macho de 1/2" NPT

79

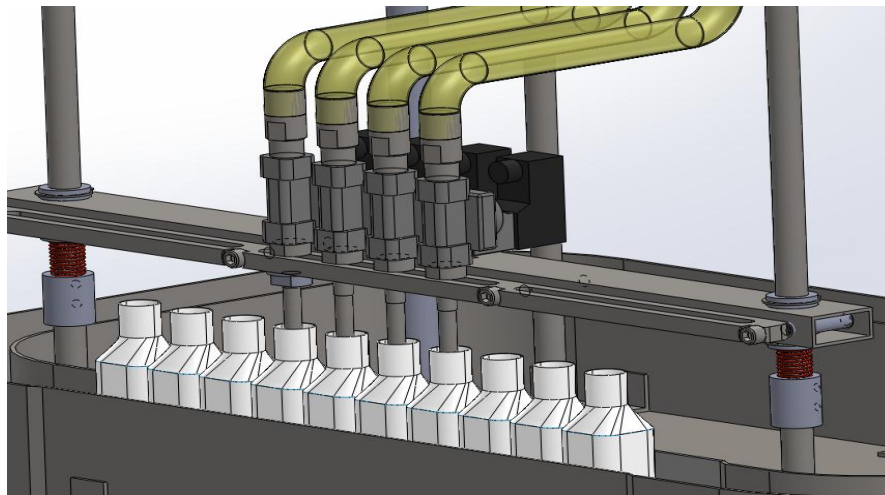
para que en la otra punta tuviera un tubo de $\frac{3}{4}$ " que encajara la manguera que portaba el líquido del tanque de pre-llenado a la electroválvula, y la otra pieza que es un rediseño de la boquilla de salida muy similar a la anterior con una modificación en la rosca de encaje que ya es de $\frac{1}{2}$ "NPT. En la figura 57 se muestra una figura con el nuevo diseño propuesto.

Figura 57. Adaptaciones a la nueva electroválvula.



Una vez establecido el nuevo diseño de la electroválvula se plantea el montaje del nuevo sistema con las regletas de soporte que se habían establecido en el diseño anterior para asegurar su compatibilidad y si el sistema era funcional. En la figura 58 se muestra el montaje completo de las 4 electroválvulas con todo el sistema de embotellado listo.

Figura 58 Montaje del nuevo sistema de llenado.



6.4. Análisis del sistema de control de llenado.

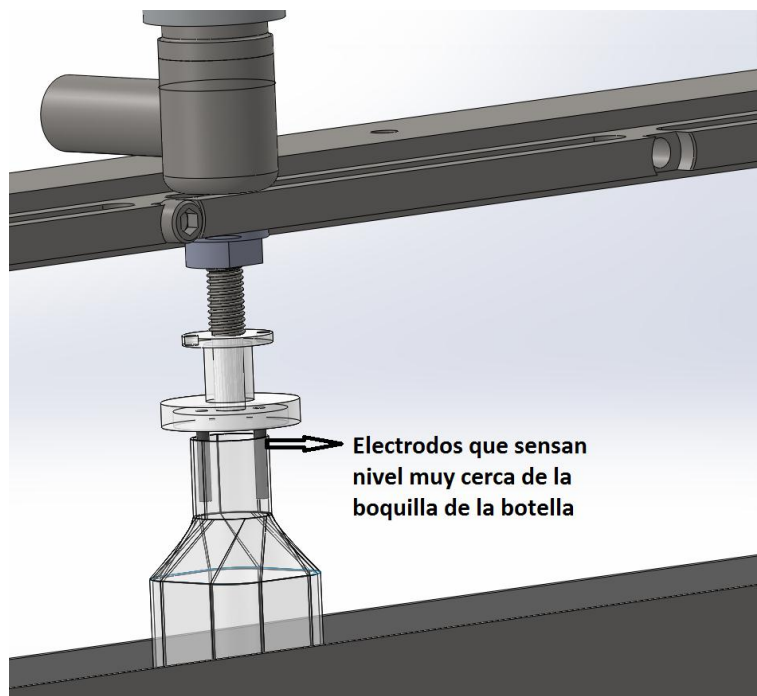
6.4.1. Análisis de fallas en el control de llenado

El sistema de control de nivel con los electrodos y el puente Darlington funciona de forma lenta pues desactivaba el pulso de la electroválvula cuando el líquido ya se desbordaba por la botella, si bien el problema se hubiera podido solucionar calibrando la longitud del electrodo para que censara el nivel con mayor tiempo, el cliente encontró problemas adicionales que hicieron inviable esta alternativa.

El primer problema adicional era que el producto entraba en contacto con un elemento externo que estaba en contacto con el aire que podría restar sanidad al proceso e inclusive, ser un inconveniente para lograr el registro INVIMA.

El segundo inconveniente era el tiempo que le toma al operario alinear las botellas debajo de los electrodos, pues la distancia entre los electrodos era muy similar al diámetro de la boquilla de la botella, lo que hacía que la alineación fuera muy precisa para que estos pudieran entrar bien en la botella. En la figura 59 se ilustra bien esta dificultad.

Figura 59 Sistema de control de llenado



6.4.2. Propuesta de mejora para el control de llenado

Para mejorar el sistema se decidió cambiar el sistema de detección de nivel por un sistema de temporización, que sea menos complejo en su implementación, más fácil de manejar para el usuario, y que represente más sanidad para el proceso.

El circuito de temporización consta de 4 relés el cual sus contactos no conmutan inmediatamente después que su bobina es energizada; antes, hay un lapso de tiempo programable entre uno y otro evento llamado retardo, por medio de este sistema, cada válvula solenoide que dispensa el líquido en cada botella es controlado por el operario de la máquina, los temporizadores que se usaron para el proceso tienen configuración off – delay o a la desconexión, es decir ,en este caso, los contactos se hallan desactivados (abiertos), pero al energizar la bobina se cierran inmediatamente; al terminar el retardo se abren nuevamente. Al desenergizar la bobina no ocurre nada en los contactos puesto que ya se han desenergizado.

6.4.3. Esquema Eléctrico del proceso temporizado:

Se empezara con el explicar paso a paso el funcionamiento del proceso:

- A. La materia prima es llevada a un cuarto frio para su conservación térmica.
- B. Se agrega la materia prima a una marmita, la cual realiza un proceso térmico a altas temperaturas llamado pasteurización.
- C. El líquido es llevado al tanque de pre-llenado por medio de una bomba hidráulica a través de mangueras especiales para soportar el calor.
- D. Se utilizan las electroválvulas para dispensar el volumen de líquido a llenar en cada botella.
- E. Para controlar la apertura de las solenoides se implementaron temporizadores con retardo a la conexión (Off – Delay), calculando el tiempo en que se demora en llenar cada botella.
- F. La colocación de los recipientes en cada solenoide se realiza de manera manual por los operadores del sistema.

Figura 60 Esquema eléctrico de potencia del sistema de temporizado.

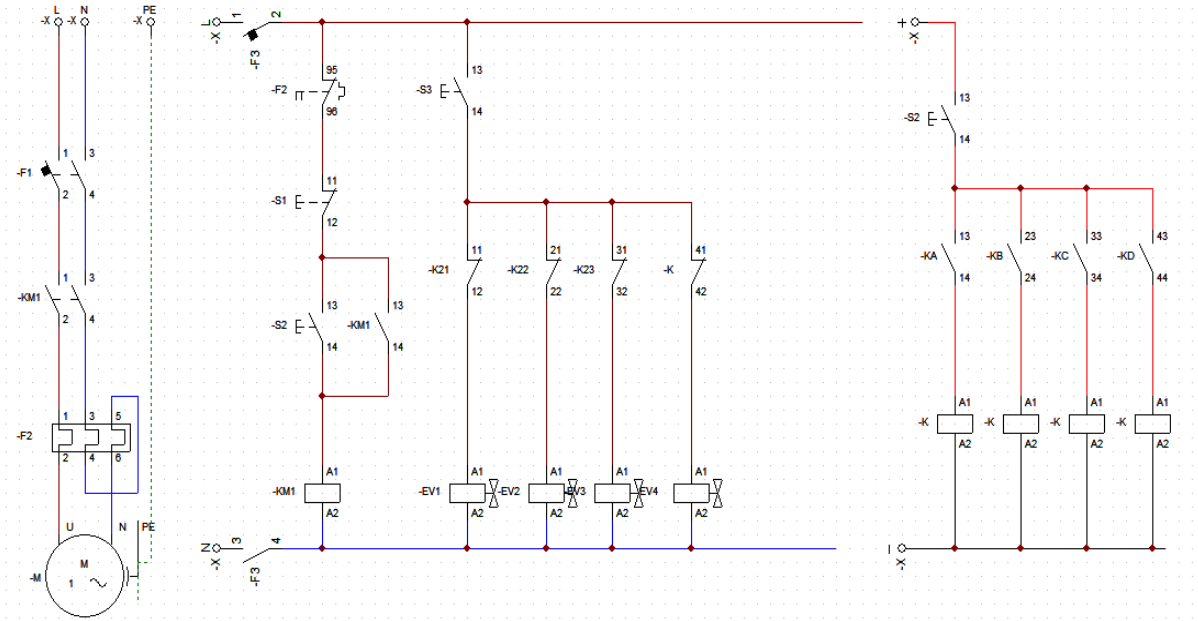
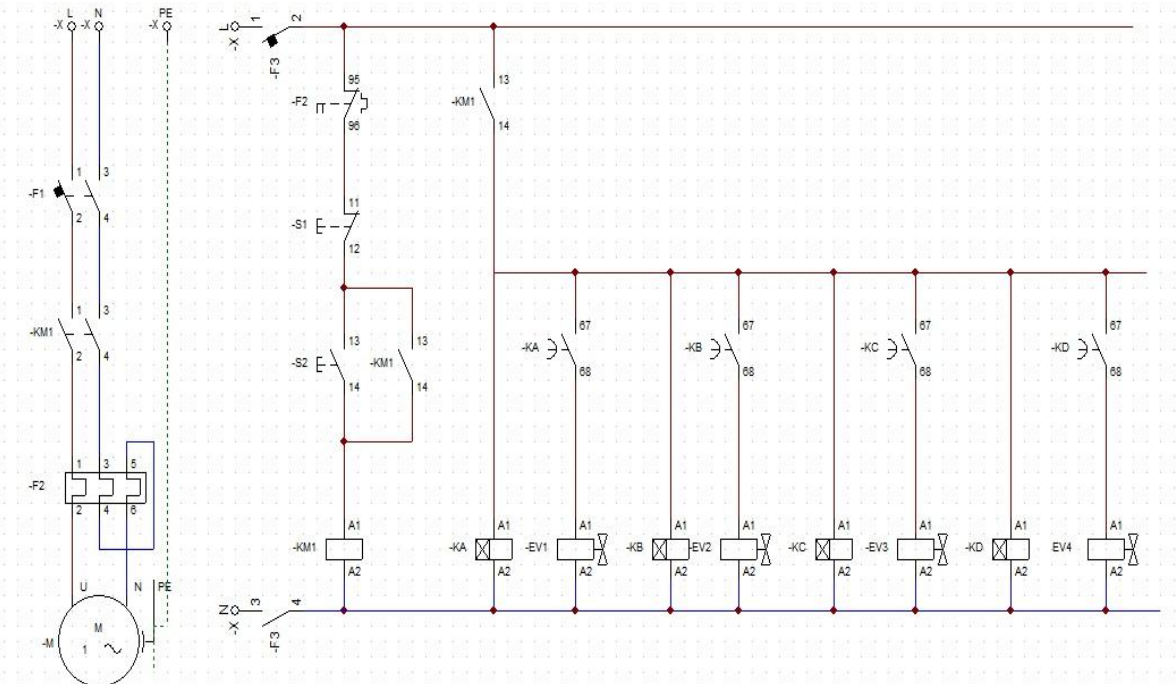


Figura 61 Esquema eléctrico de control del sistema temporizado



6.4.4. Descripción del circuito

A. Se utiliza el botón de Start (S1) para dar inicio al funcionamiento de la bomba (M) y al circuito de control.

B. Al iniciar el circuito se energizan los 4 temporizadores Off – Delay (KA, KB, KC, KD) y a la vez las 4 solenoides (K1, K2, K3, K4).

C. Las electroválvulas empiezan a distribuir el líquido para cada recipiente.

D. Al culminar el tiempo regulado en los temporizadores, se des-energizan las 4 solenoides, interrumpiendo el paso del líquido para cada botella.

E. El operador retira los recipientes y de nuevo coloca otras 4 botellas para iniciar o través el proceso.

F. Se presiona de nuevo el botón de Start para dar inicio al proceso nuevamente.

H. Para inhabilitar el circuito de potencia se debe obturar el botón de Stop (S2) o paro de emergencia.

H. Para proteger el sistema eléctrico se utilizó un Braker (B).

6.4.5. Elementos utilizados en el circuito

La tabla 24 muestra la nomenclatura de todos los elementos que van a ser implementados en el circuito temporizador del llenado de las botellas.

Tabla 24 Elementos utilizados en el circuito temporizador.

	NOMENCLATURA	DESCRIPCION
ELEMENTOS DE CONTROL (Contactos, pulsadores)	S1	Botón de Start
	S2	Botón de Stop
	B	Breaker
	KA	Contacto del temporizador KA
	KB	Contacto del temporizador KB
	KC	Contacto del temporizador KC
	KD	Contacto del temporizador KD
ELEMENTOS DE POTENCIA (Bobinas, Solenoides, Motor, Pilotos de	L	Línea de alimentación
	N	Neutro
	M	Motor o Bomba monofásica
	KA	Temporizador KA
	KB	Temporizador KB

señalización)	KC	Temporizador KC
	KD	Temporizador KD
	K1	Bobina o Solenoide K1
	K2	Bobina o Solenoide K2
	K3	Bobina o Solenoide K3
	K4	Bobina o Solenoide K4
	H1	Piloto de la solenoide K1
	H2	Piloto de la solenoide K2
	H3	Piloto de la solenoide K3
H4	Piloto de la solenoide K4	

6.5. Ensamble del sistema con los nuevos diseños y mejoras

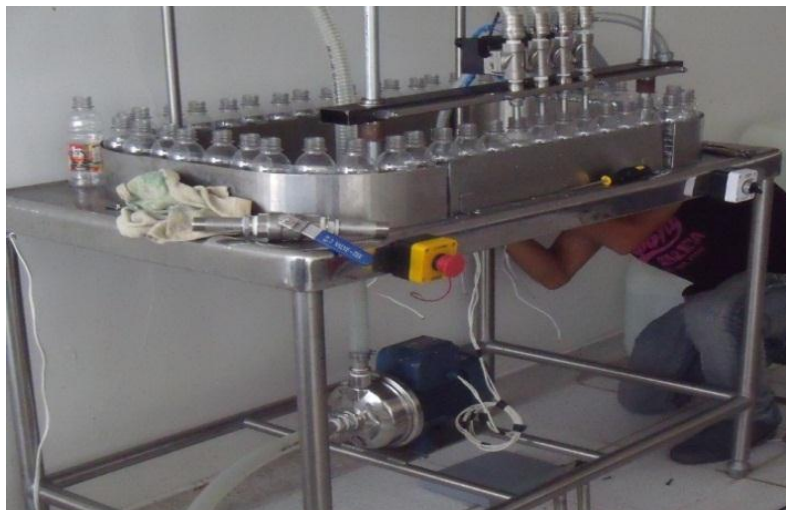
6.5.1. Ensamble del sistema de electroválvulas:

Para montar las nuevas electroválvulas al sistema de regletas ya diseñado, se ensamblaron a las electroválvulas nuevas adaptaciones de machos de 1/2" NPT y boquillas de salida roscadas en 1/2" NPT. La figura 61 muestra el ensamble de las nuevas electroválvulas en las regletas que ya estaban fabricadas.

Figura 62 nuevo sistema de llenado.



Figura 63 Montaje del nuevo sistema de bombeo



6.5.2. Modificaciones al sistema eléctrico

Para el nuevo sistema de temporizadores, se decidió armar una caja con los relés temporizadores independientes, para que el operario pudiera tener fácil acceso al sistema y calibrar de forma rápida los tiempos de cada electroválvula y lograr el llenado ideal para cada botella. Este sistema está calibrado en segundos y consta de una perilla para calibrar el tiempo de paso del líquido por la electroválvula. La figura 60 muestra una imagen de la ubicación del sistema de relés temporizadores.

Figura 64 Montaje del nuevo sistema eléctrico.



Finalmente montado el sistema se procede a realizar nuevas pruebas para verificar la confiabilidad con todos estos nuevos cambios a la máquina, mirando que los aspectos señalados anteriormente mejoren y que el cliente la pueda utilizar en sus productos de manera fácil y segura.

6.5.3. Pruebas y conclusiones del funcionamiento de la máquina envasadora

Luego de montadas en la maquina todas las modificaciones se procedió a poner en funcionamiento la máquina para verificar que los cambios realizados tuvieran el efecto esperado.

Una vez en funcionamiento la máquina y luego de realizar varias pruebas se lograron observar los siguientes aspectos:

- El funcionamiento de las nuevas electroválvulas es mucho más confiable y eficiente que las que se habían fabricado previamente, logrando así cero fugas y una buena respuesta en el sistema de control de llenado.
- Con la válvula de 2 vías controlando el paso del fluido en la línea de retorno del tanque de pre-llenado a la marmita, se logró tener control sobre el tiempo de llenado de las botellas al cerrar el paso de la válvula y generar mayor presión en las electroválvulas, se logra tiempos de llenado más cortos, pero se aumenta la posibilidad de goteo por sobre-presión, y al abrir el paso de la válvula se logra disminuir la presión en el sistema de electroválvulas, y se incrementa el tiempo requerido para el llenado, pero el proceso es menos turbulento.
- Al eliminar los electrodos que censan el llenado y por ende, eliminar la necesidad de elevar o bajar la regleta con las electroválvulas, además de evitar la tarea de alinear las botellas con los electrodos de las electroválvulas que censan el nivel de llenado, el proceso de operación de la maquina se hizo más versátil, y rápido pues el operario debe de controlar muy pocos procesos y solo poner la botella bajo la boquilla, ya con mayor holgura pues la boca de la botella es más grande que la de la electroválvula, además de apoyarse en un tope mecánico que garantiza la posición de estas.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El éxito en el desarrollo de un proyecto de diseño, se encuentra en delimitar muy bien las necesidades del cliente, sus alcances y todos los aspectos económicos, funcionales, culturales y políticos que se requieran para lograr a satisfacción cumplir con un producto eficiente.
- A la hora de decidir que tecnologías implementar en el desarrollo de un producto es de vital importancia realizar un análisis profundo de las capacidades de cada una, pues una mala escogencia puede terminar en un retraso, encarecimiento y hasta poner en riesgo el desarrollo mismo del proyecto.
- Las herramientas CAD son muy eficientes en la elaboración de diseños y planos de un producto, pero no son garantía que las relaciones mecánicas geometrías y partes de un sistema funcionen tal cual se expresan o simulan en una herramienta de estas, siempre el conocimiento experiencias y vivencias del desarrollador son importantes a la hora establecer la funcionalidad, eficiencia y facilidad en la manufactura de un sistema, es por ello recomendable a desarrolladores con poca experiencia, someter a evaluación y análisis el diseño de un producto por parte de personas con más trayectoria, que puedan dar mayor certeza sobre las posibilidades de un producto en fase de diseño.
- Los análisis por elementos finitos son una herramienta que ayuda en la toma decisiones sobre la seguridad y funcionalidad pues dan una aproximación cercana al comportamiento de un sistema, sin embargo por si solas no son una garantía de seguridad si el analista no determina bien los procesos físicos a analizar.
- A la hora de establecer los elementos que van a integrar un producto, es de vital importancia seleccionar la mayor cantidad de objetos normalizados, la industria de hoy ofrece una amplia gama de elementos, que por ser manufacturados a gran escala, son más económicos, eficientes y confiables que las partes mecanizadas, esto garantiza el éxito de un proyecto haciéndolo más económico y rápido de desarrollar.
- La selección de materiales es importante a la hora de desarrollar un producto, pues hay que tener en cuenta aspectos funcionales, estructurales y hasta legales a la hora de definir el tipo de material dependiendo de su función, por otra parte, sobredimensionar un material en su resistencia o

dureza hace que sea más difícil su manufactura haciendo la relación costo-beneficio menos eficiente en el proceso.

- A la hora de diseñar piezas que van a ser mecanizadas, es importante que el diseñador o desarrollador conozca los detalles, montajes y alcances de los diferentes procesos de manufactura existentes, pues a la hora de definir las geometrías o partes que forman el sistema, se pueden incurrir en formas muy complejas de mecanizar y por ende costosas, en elementos que no requieren tal complejidad.
- Las tecnologías basadas en CNC son más versátiles, eficientes y precisas que el mecanizado convencional, pero también son costosas, es por ello necesario definir el tipo de tecnología requerido según la complejidad de la pieza para no incurrir en gastos excesivos en partes que no los requieren.
- A la hora de establecer las rutas de trabajo para el mecanizado de piezas que son ensambladas y que requieren alta precisión en la alineación de sus piezas, relaciones concéntricas o paralelas en placas superpuestas o elementos roscados, de ser posible, es mejor mecanizarlos ensamblados, ya que si se mecanizan por separado y luego se ensamblan puede que estas tolerancias geométricas se pierdan en el sistema.
- El análisis de la escogencia de los materiales eléctricos a utilizar cumplen una parte importante en la optimización de un proceso automático, debido a que ayuda a reducir tiempos, costos y reduce la tolerancia de algún riesgo de tipo humano.
- El cumplir con reglas o normativas es trabajar con calidad y así califica a cualquier empresa o compañía en los estándares más altos en el mercado nacional y mundial, por ello, toda la maquinaria y equipos utilizados en cualquier proceso deben ser avanzados y a la vez seguros para el empleador y empleado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Barriga, David Díaz. Diseño de una llenadora automática con capacidad para llenar 25000 botellas de 475mm. Universidad de las Américas Puebla. Disponible en <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/diaz_b_d/capitulo2.pdf>
- [2] [En línea] <<http://es.scribd.com/doc/206364806/Llenadora-Es>>.
- [3] NIGEI, Cross. Métodos de Diseño. BIACI.TA179 C76
- [4] ULRICH, Karl T. Diseño y desarrollo de productos. 3 ed. México: Mc Graw Hill, 2004.
- [5] [En línea] <<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25792/39438>>
- [6] [En línea] <<http://www.allen.cl/site/mangueras/>>
- [7] VÁSQUEZ ANGULO, José. Análisis y Diseño de Piezas con Catia V5 2ª Ed. Marcombo S.A. 288pag. ISBN: 8426717489 ISBN-13: 9788426717481
- [8] JENSEN, Cecil, HELSEL, Jay, SHORT, Dennis, Dibujo y diseño en ingeniería, sexta edición, McGraw Hill.
- [9] [En línea] <http://www.unicrom.com/tut_darlington.asp>
- [10] HUAZHONGCNC S.A. Catálogo de máquinas. Noviembre 2013 [En línea]. Disponible en: <<http://www.huazhongcnc.com/en/Product/CNC-M.aspx>>
- [11] HORN. Consultas técnicas. Noviembre de 2013. [En línea]. Disponible en: <<http://www.phorn.com/mex/products/special-tools/>>
- [12] HUAZHONGCNC S.A. Century star TORNADO CNC MANUAL DE PROGRAMACIÓN V3.4. 159pag. SENA Regional Valle Centro de Diseño Tecnológico Industrial. Revisado por Isidro Ortiz Cabrera 2011.
- [13] BUNGARD ELEKTRONIK. Catálogo de máquinas. Febrero 2014 [En línea]. Disponible en: <http://www.bungard.de/old/deutsch1/spanisch/seiten/p-ccd_atc.htm>
- [14] SHAKO Ltda. Catálogo de productos. Febrero 2014 [En línea]. Disponible en: <<http://www.shako.com.tw/>>
- [17] ARSA, Catálogo comercial para rodamientos lineales, Almacén Rodamientos S.A.

ANEXOS

Anexo A Planos técnicos.

Documento adjunto “planos técnicos de los diferentes sistemas de la maquina envasadora”.

Anexo B Informe análisis CAE.

Documento adjunto “Informe del análisis por elementos finitos entregado por el software CATIA de los diferentes sistemas de la maquina envasadora”.

Anexo C Hoja de datos elementos normalizados en la máquina envasadora.

Documento adjunto “Data-sheet elementos normalizados en la máquina envasadora”.

Anexo D Manual de programación Maquinas CNC.

Documento Adjunto “TORNO CNC MANUAL DE PROGRAMACIÓN V3.4”.