

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO
PARA EL SELLADO TÉRMICO”.**

SÓCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA.

LUIS SANTIAGO FREIRE BONILLA.

TESIS DE GRADO.

**Previa la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO.**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Riobamba – Ecuador.

2009

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Julio, 27 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

SÓCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO
PARA EL SELLADO TÉRMICO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) ING. GILBERTO ZABALA N.

f) ING. IVÁN CANTOS C.

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SÓCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA.

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO PARA EL SELLADO TÉRMICO”

Fecha de Examinación: Julio, 27 del 2009.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VASQUEZ B.			
ING. GILBERTO ZABALA N.			
ING. IVÁN CANTOS C.			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Julio, 27 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

LUIS SANTIAGO FREIRE BONILLA

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO
PARA EL SELLADO TÉRMICO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) ING. GILBERTO ZABALA N.

f) ING. IVÁN CANTOS C.

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS SANTIAGO FREIRE BONILLA.

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO PARA EL SELLADO TÉRMICO”

Fecha de Examinación: Julio, 27 del 2009.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VASQUEZ B.			
ING. GILBERTO ZABALA N.			
ING. IVÁN CANTOS C.			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior politécnica de Chimborazo.

f) Sócrates Miguel Aquino Arroba.

f) Luis Santiago Freire Bonilla.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

DEDICATORIA.

El presente trabajo lo dedico a Dios, a
Mi querida madre Miriam Arroba A.
A mis estimados abuelitos Francisco y
Corina, a mi hermana Liana quienes han
sido mi pilar fundamental e inspiración
en mi vida , de manera especial un
dedicatoria especial a todos mis amigos
que estuvieron a mi lado en este proceso
de aprendizaje profesional.

S.M.A.A.

Este arduo trabajo esta dedicado a todas
aquellas personas que estuvieron conmigo
en mis triunfos y fracasos de manera
especial a Dios por darme la fuerza
necesaria, a mis padres Rigoberto y
Erlinda, a mis queridas hermanas
Alexandra y Gisela, a mi esposa Verónica
que con sus sacrificios y esfuerzos
realizados y por el apoyo incondicional,
haciendo de mi una persona útil para mi
familia y la sociedad.

L.S.F.B.

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
2. ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE LA MANIPULACIÓN DE LÍQUIDOS DE CONSUMO HUMANO	
2.1 El negocio de las bebidas.....	3
2.2 Tipos de bebidas líquidas de mayor consumo.....	3
2.2.1 Bebidas no alcohólicas.....	4
2.2.2 Bebidas alcohólicas.....	9
2.3 Higiene en la manipulación de líquidos de consumo humano.....	10
2.3.1 Requerimiento sanitario para la manipulación de bebidas destinadas al consumo humano.....	10
2.3.2 Materiales empleados en manejo de bebidas destinadas para el consumo humano.....	12
3. DISEÑO DEL SISTEMA TÉRMICO, MECÁNICO, HIDRÁULICO, NEUMÁTICO Y DE CONTROL.	
3.1 Parámetros de diseño.....	18
3.1.1 Análisis y selección de los líquidos a sellarse térmicamente.....	18
3.1.2 Disponibilidad de equipos y materiales.....	19
3.1.3 Análisis de alternativas para el diseño.....	20
3.1.4 Equipos automáticos de accionamientos neumáticos.....	22
3.1.5 Tipos de dosificadores.....	30
3.1.6 Alternativas para el moldeo de los embases.....	34
3.1.7 Alternativas de alimentación del material.....	36
3.1.8 Materiales adecuados para el embase y preservación de líquidos alimenticios.....	37
3.2 Selección del tipo de equipo.....	38
3.2.1 Metodología del diseño.....	38
3.2.2 Estructura de funciones.....	39
3.2.3 Bosquejo y descripción de prototipos.....	41
3.2.4 Evaluación técnico-económica.....	43
3.2.5 Características del equipo a ser diseñado y construido.....	46
3.2.6 Descripción de funcionamiento del equipo.....	48
3.3 Diseño hidráulico.....	50
3.3.1 Determinación de caudales, tuberías y accesorios.....	50
3.3.2 Diseño del recipiente alimentador o dosificador.....	56
3.3.3 Control del nivel en el dosificador.....	58
3.4 Diseño mecánico.....	58
3.4.1 Diseño del sistema de sellado y corte horizontal.....	58
3.4.2 Diseño del sistema de moldeo de los envases de plástico.....	73

3.4.3	Diseño del sistema de arrastre del plástico.....	74
3.4.4	Diseño de la forma de alimentación del plástico.....	99
3.4.5	Diseño del sistema de sellado vertical.....	107
3.4.6	Verificación de la estructura del equipo.....	116
3.5	Diseño neumático.....	119
3.5.1	Descripción del funcionamiento.....	119
3.5.2	Selección de cilindros neumáticos.....	121
3.5.3	Selección de elementos neumáticos y tubería.....	131
3.5.4	Selección de la unidad técnica de mantenimiento (UTM).....	134
3.5.5	Determinación de las características del compresor.....	136
3.6	Diseño térmico.....	137
3.6.1	Determinación del calor térmico para el sellado.....	137
3.6.2	Selección del aislamiento térmico.....	139
3.6.3	Funcionamiento de las niquelinas caloríficas.....	143
3.7	Diseño del control.....	144
3.7.1	Estudio y selección de alternativas de control.....	144
3.7.2	Selección de la alternativa para el control del equipo.....	148
3.7.3	Diseño del circuito de control.....	151
4.	ANÁLISIS, DEFINICIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.	
4.1	Máquinas herramientas y equipo utilizado.....	156
4.2	Proceso de construcción.....	157
4.3	Operaciones tecnológicas de construcción.....	160
5.	PRUEBAS DEL EQUIPO CONSTRUIDO.	
5.1	Pruebas de tiempos en el sellado térmico.....	169
5.2	Calibración del volumen a llenarse.....	170
5.3	Tiempo de espera.....	172
5.4	Evaluación y comprobación de sellados y corte en el proceso.....	172
5.5	Características y medidas de la funda terminada.....	173
6.	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.	
6.1	Costos directos.....	174
6.2	Costos totales.....	180
6.3	Análisis de costos por operación y mantenimiento.....	181
6.4	Otros.....	183
6.5	Análisis financiero.....	185
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
7.1	Conclusiones.....	187
7.2	Recomendaciones.....	189

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 VALOR NUTRITIVO DEL YOGUR.....	6
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL VIDRIO.....	14
3.1 LÍQUIDOS CON SELLADO TÉRMICO DE MAYOR CONSUMO EN EL ECUADOR.....	18
3.2 MATERIALES USADOS EN EL EMBASADO DE LÍQUIDOS.....	37
3.3 LISTA DE CARACTERÍSTICAS (C) Y EXIGENCIAS (E).....	38
3.4 ESTRUCTURA DE FUNCIONES.....	39
3.5 MATRIZ MORFOLÓGICA.....	41
3.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	44
3.7 EVALUACIÓN TÉCNICA.....	44
3.8 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO A CONSTRUIRSE.....	46
3.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS LÍQUIDOS A SELLARSE TÉRMICAMENTE (20°C).....	52
3.10 PÉRDIDAS EN ACCESORIO.....	52
3.11 RESULTADOS DE CAUDAL PARA VARIOS LÍQUIDOS.....	55
3.12 ELEMENTOS SELECCIONADOS PARA EL EQUIPO.....	55
3.13 ELEMENTOS SELECCIONADOS PARA LA ESTRUCTURA.....	117
3.14 CARGAS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA.....	117
3.15 DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS.....	120
3.16 CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO DE CORTE Y SELLADO.....	123

3.17	CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO DE SELLADO VERTICAL.....	126
3.18	CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO DE DOSIFICADO.....	130
3.19	SELECCIÓN DE ELECTROVALVULAS (VERTICAL Y HORIZONTAL).....	131
3.20	SELECCIÓN DE ELECTROVALVULAS (DOSIFICADO).....	132
3.21	SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CAUDAL.....	133
3.22	TUBO DE POLIURETANO.....	133
3.23	CONECTO RÁPIDO T.....	134
3.24	CONECTO RÁPIDO RECTO.....	134
3.25	SILENCIADOR.....	134
3.26	SELECCIÓN DEL UTM.....	135
3.27	PÉRDIDAS EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	136
3.28	PROPIEDADES DEL COMPRESOR.....	137
3.29	RANGO DE TEMPERATURA DEL SELLADO VERTICAL.....	138
3.30	RANGO DE TEMPERATURA DEL SELLADO Y CORTE HORIZONTAL.....	139
3.31	CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN DEL AISLANTE TÉRMICO.....	142
3.32	CARACTERÍSTICAS DE LAS NIQUELINAS CALORÍFICAS.....	143
3.33	REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS.....	144
3.34	ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC.....	155
4.1	MÁQUINAS HERRAMIENTAS Y EQUIPO UTILIZADO.....	156
4.2	PARTES CONSTITUTIVAS.....	157

4.3	OPERACIONES TECNOLÓGICAS EJECUTADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA ENFUNDADORA.....	160
5.1	DIFERENTE TAMAÑO DE FUNDAS.....	173
6.1	COSTOS DE MATERIALES Y ACCESORIOS MECÁNICOS.....	174
6.2	COSTOS DE MATERIALES EN EL DOSIFICADO.....	177
6.3	COSTOS DE MATERIALES NEUMÁTICOS.....	178
6.4	COSTOS DE MATERIALES Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN EL DOSIFICADO.....	178
6.5	COSTO TOTALES POR MATERIAL.....	179
6.6	COSTOS DE MAQUINARIA Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	179
6.7	COSTOS DE MANO DE OBRA	180
6.8	COSTOS POR TRANSPORTE.....	180
6.9	VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS.....	180
6.10	COSTO INDIRECTOS.....	180
6.11	DIFERENCIA ECONÓMICA DE LOS DISTINTOS EQUIPOS.....	181
6.12	DATOS OBTENIDOS CON LA CENTRAL DE MEDIDA.....	182
6.13	CONSUMO ELÉCTRICO.....	182
6.14	COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	182
6.15	DEPRECIACIÓN ANUAL DEL EQUIPO	184
6.16	COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO.....	185
6.17	EGRESOS MENSUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE LA LECHE.....	185
6.18	INGRESOS MENSUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE LA LECHE.....	185

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
3.1 Selladora con Dosificador Isobárico.....	24
3.2 Selladora con Dosificador Isobárico (2).....	25
3.3 Selladora con Dosificador a Pistón	26
3.4 Selladora con Dosificador a Tornillo Sin Fin	27
3.5 Selladora con Dosificador Volumétrico	28
3.6 Selladora para Productos Unitarios	29
3.7 Selladora Vertical de Tubo Inclinado	30
3.8 Dosificador Isobárico	31
3.9 Dosificador a Pistón	32
3.10 Dosificador Volumétrico	32
3.11 Dosificador a Tornillo Sin Fin	33
3.12 Dosificador Gravimétrico (a balanzas).....	34
3.13 Tipos de Embase Mediante Alas de Moldeo	35
3.14 Mediante Anillo de Moldeo	35
3.15 Alimentación por Medio de Rodillos de Arrastre	36
3.16 Alimentación por Medio de Mordazas y Cilindro de Avance	37
3.17 Estructura de Funciones	39
3.18 Propuestas de Estructura de Función.....	40
3.19 Equipo Automático (arrastre del plástico mediante rodillos).....	42
3.20 Equipo Mecánico (arrastre del plástico mediante rodillos).....	42
3.21 Equipo Neumático (arrastre del plástico mediante cilindro neumático).....	43
3.22 Selección de la Mejor Alternativa	45
3.23 Esquema Funcional del Equipo	47

3.24 Esquema General del Equipo Automático	49
3.25 Sistema de Dosificación	50
3.26 Presión Hidrostática	56
3.27 Distribución de Presiones	57
3.28 Distribución del Factor de Seguridad (FDS).....	57
3.29 Boya Flotadora	58
3.30 Sistema de Sellado y Corte horizontal	59
3.31 Prensa Horizontal y Placa Soporte	60
3.32 Dimensiones de la Placa (mm).....	61
3.33 Placa Soporte Fija.....	63
3.34 Fluctuación a Fatiga	64
3.35 Ejes Guías (medidas en mm).....	68
3.36 Fuerzas Actuantes en los Ejes Guías.....	69
3.37 Bocines de Deslizamiento de la Placa Móvil.....	73
3.38 Alas de Moldeo o Conformado del Envase	74
3.39 Diseño del Sistema de Arrastre de Plástico	75
3.40 Arrastre del Plástico	76
3.41 Tensiones en la Cadena	80
3.42 Fuerzas en el Eje 2 (longitud en mm)	81
3.43 Diferentes Tipos de Chavetas	86
3.44 Chavetas Rectangulares o Paralelepípedos	87
3.45 Fuerzas en el Eje 1 (longitud en mm)	91
3.46 Fuerzas en los Muelles del Sistema de Arrastre	94
3.47 Elementos Constitutivos de los Muelles.....	95
3.48 Alimentación del Plástico	100

3.49 Fuerzas en el Eje de Alimentación del Plástico (longitud en mm).....	101
3.50 Dimensionamiento del Mecanismo de Sellado Vertical.....	108
3.51 Diagrama de Trayectorias	109
3.52 Diagrama de Velocidades en Forma Analítica	109
3.53 Diagrama de Aceleraciones	111
3.54 Carera del Vástago (prensado).....	112
3.45 Diagrama de Velocidades en el Prensado Mediante Software	111
3.56 Diagrama de Aceleraciones en el Prensado Mediante el Software.....	113
3.57 Carera del Vástago (retorna a la posición inicial)	114
3.58 Diagrama de Velocidades en la Posición Inicial del Vástago Mediante el Software.	114
3.59 Diagrama de Aceleraciones en la Posición Inicial del Vástago Mediante Software	115
3.60 Estructura del Equipo (software SAP 2000).....	116
3.61 Verificación del Diseño Estructural (SAP2000).....	118
3.62 Circuito Neumático.....	119
3.63 Diagrama de Fase.....	121
3.64 Fuerzas que Actúan en el Cilindro Neumático	122
3.65 Verificación a Pandeo	125
3.66 Sistema de Dosificado.....	127
3.67 Fuerzas que Actúan en el Cilindro Neumático	128
3.68 Polietileno Termosellable.....	138
3.69 Aislamiento Térmico.....	140
3.70 Niquelina de Sellado Vertical.....	141
3.71 Niquelina de Sellado y Corte Horizontal.....	142

3.72 Controlador Lógico Programable	145
3.73 Montaje y Cableado del Zelio	149
3.74 Control del Proceso	152
3.75 Programa del Equipo	154
4.1 Proceso Constructivo (bancada y elementos de sujeción)	166
4.2 Proceso Constructivo (sistema de dosificado)	167
4.3 Proceso Constructivo (arrastre y conformado de la funda)	167
4.4 Proceso Constructivo (sellado térmico).....	168
5.1 Determinación del Volumen en Función del Tiempo (T8)	169
5.2 Determinación del Volumen en Función del Tiempo (T9).....	170
5.3 Determinación del Volumen en Función del Tiempo (TA).....	171
5.4 Determinación del Volumen en Función del Tiempo (TB).....	171
5.5 Determinación del Volumen en Función del Tiempo (T7).....	172
5.6 Verificación del Sellado Térmico	173
6.1 Central de Medida	181

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Coeficientes de Resistencia de Entrada
- ANEXO 2:** Coeficientes de Resistencia en Accesorios
- ANEXO 3:** Rugosidad Relativa de los Materiales de las Tuberías y Factor de Fricción
- ANEXO 4:** Factores de Fricción para Cualquier Tipo de Tubería Comercial
- ANEXO 5:** Propiedades de Metales Ferrosos
- ANEXO 6:** Factor de Concentración de Tensiones
- ANEXO 7:** Sensibilidad a la Muesca
- ANEXO 8:** Factor de Acabado Superficial para Distintos Procesos de Manufactura.
- ANEXO 9:** Factor de Tamaño
- ANEXO 10:** Factor de Confiabilidad
- ANEXO 11:** Factor de Temperatura
- ANEXO 12:** Factor de Efectos Varios
- ANEXO 13:** Dimensiones de Cadenas Estándar
- ANEXO 14:** Factores de Servicio para Cadenas de Rodillos (Ks)
- ANEXO 15:** Capacidad o Potencia Nominal (Hp) de Cadenas de Rodillos de Paso Simple y un Solo Cordón con Rueda Dentada de 17 Dientes
- ANEXO 16:** Factores de Corrección para los Dientes (K1)
- ANEXO 17:** Factores para Cadenas de Cordones Múltiples (K2)
- ANEXO 18:** Rodamientos Rígidos de Bolas
- ANEXO 19:** Ajustes Para Ejes Macizos de Acero
- ANEXO 20:** Tolerancias de los Ejes Según ISO
- ANEXO 21:** Valores de Rugosidad Superficial
- ANEXO 22:** Ajustes para Alojamientos de Fundición y Acero

- ANEXO 23:** Tolerancias de los Alojamientos Según ISO
- ANEXO 24:** Propiedades Generales de Materiales de Resortes Comunes
- ANEXO 25:** Coeficientes para Materiales de Resorte
- ANEXO 26:** Propiedades de Perfiles Estructurales IPAC
- ANEXO 27:** Descripción Técnica del UTM
- ANEXO 28:** Conductividad Térmica
- ANEXO 29:** Manual de Operación y Mantenimiento
- ANEXO 30:** Aplicaciones de CosmosWorks para Verificación de los Diseños Mecánicos más Importantes.

LISTA DE ABREVIACIONES

°C	Grados Celsius
K	Grados Kelvin
FAO	Food and Agricultural Organization
kg	Kilogramo
MPa	Mega pascal
N	Newton
cal	Calorías
dinas	Unidad de Fuerza
Bar	Unidad de Presión
	Resistencia Eléctrica (ohmio)
DIN 12111(5)	Norma para Atacabilidad Química del Vidrio
lbf	Libras Fuerza
rpm	Revoluciones por Minuto
hp	Horse Power
V	Voltaje
A	Amperaje
DIN 625	Norma Aplicada en Rodamientos de Bolas
HB	Dureza Brinell
UTM	Unidad Técnica de Mantenimiento
AWG	American Wire Gauge
PLC	Controlador Lógico Programable

RESUMEN

Se ha diseñado, construido y realizado las pruebas necesarias de un equipo automático para el sellado térmico de bebidas líquidas. En base a una metodología de diseño se logra elegir la alternativa más viable para el diseño y construcción del equipo automático, considerando para esto los requerimientos tanto tecnológicos, económicos e higiénicos.

Otro aspecto a tomar muy en cuenta en el presente trabajo la utilización de software, ya que permite optimizar tiempo, dinero y espacio.

El equipo es totalmente desmontable lo que facilita el proceso de mantenimiento y transporte, además en su estructura se ubican los elementos constitutivos de los diferentes sistemas.

El suministro del líquido consta de un dosificador isobárico y un conjunto de tuberías que permiten el control del volumen del líquido a través de un cilindro neumático. El sistema de conformado por medio de alas de moldeo realiza los dobleces en el plástico para la obtención del embase requerido. El mecanismo del sistema de sellado vertical es accionado por un cilindro neumático el mismo que proporciona una presión establecida la cual permite la termosoldabilidad de las dos caras del plástico. En el sistema de arrastre del plástico, el movimiento de los rodillos es accionado mediante un motor eléctrico el cual está acoplado a una transmisión por cadena. En el sistema de sellado y corte horizontal los elementos móviles se desplazan a través de los ejes guías los cuales son accionados por un cilindro neumático, produciendo de esta manera el sellado y corte deseado.

El control automático de cada uno de los procesos antes mencionados se realiza mediante un PLC.

De las pruebas realizadas se establece que el equipo es capaz de entregar 1250 unidades por hora (fundas de litro). Para volúmenes inferiores la producción aumenta proporcionalmente.

SUMMARY

It has designed, built and made the necessary proofs in an automatic equipment for the thermic sealing of liquids. Using a methodology of design and choosing the best alternative in order to design and built the automatic equipment considering technological, economic and hygienic requirements.

Other important thing in this project is the utilization of software, it allow save time, money and space.

The equipment is completely disassembled, it make easy the process of maintenance and transportation, besides in the structure is located the different elements and systems.

The liquid supply has an isobaric tank and a set of piping it allow the control of liquid's volume through a pneumatic cylinder it gives a necessary pressure so it allow the thermic sealing of plastic faces. In the carrying system, the motion of the rubber rollers works through an electric motor it is joined by chain transmission. The system of horizontal sealing and cutting the motion elements move through two guide axles, they work by a pneumatic cylinder.

The automatic control of each process works by a PLC.

The proofs show that the equipment is able to give 1250 units per hour (bags of liter). For lower volumes the production increases proportionally.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En la actualidad existe gran demanda de bebidas líquidas de distribución al público, productos que requieren cumplan con normas de calidad y a la vez sean competitivos. Para lograr esto es conveniente la utilización de máquinas que sean capaces de producirlos con una mayor rapidez, calidad e higiene que normalmente no se realiza manualmente.

El aporte científico y tecnológico para resolver lo anteriormente mencionado, se propone con el trabajo de la presente tesis; diseñar, construir y probar un equipo lo más automático posible para que los pequeños productores se vuelvan más competitivos con productos higiénicamente elaborados al eliminar la manipulación.

Actualmente la automatización se encuentra revolucionando los procesos productivos por cuanto tienen la ventaja de obtener productos de mayor calidad, con mayor rapidez en el proceso productivo, mayor seguridad para el personal que se encuentra en sus lugares de trabajo, etc. En el país existe gran aceptación en el consumo de bebidas como jugos de frutas, lácteos, bebidas refrescantes, extractos de frutas, etc. Esto requiere la automatización en la obtención de dichos productos lo que dará como resultado mayor competitividad al ofertar productos de bajo precio y costo razonable.

1.2 Justificación

La falta de fuentes de trabajo en el Ecuador obliga a tratar de utilizar la profesión productivamente, queriendo no ser parte del problema si no mas bien de la solución, existe la obligación de dar alternativas para resolver este inconveniente, razón por la cual se impulsa este proyecto que puede ser de gran ayuda en la micro y/o mediana empresa nacional.

Además brinda una visión más amplia del campo profesional en el que se desenvuelve el Ingeniero Mecánico de la ESPOCH, y al mismo tiempo pone en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de su vida estudiantil.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar, construir y probar un equipo automático para sellar térmicamente bebidas líquidas.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar la teoría de la manipulación de bebidas de consumo humano.

Diseñar el sistema térmico, mecánico, hidráulico, neumático y de control.

Analizar, definir los procesos de construcción del equipo.

Probar el equipo construido y desarrollar el manual de mantenimiento.

Analizar económica y financieramente la inversión en el equipo.

CAPÍTULO II

2. ANÁLISIS DE LA TEORÍA DE LA MANIPULACIÓN DE LÍQUIDOS DE CONSUMO HUMANO

2.1 El negocio de las bebidas

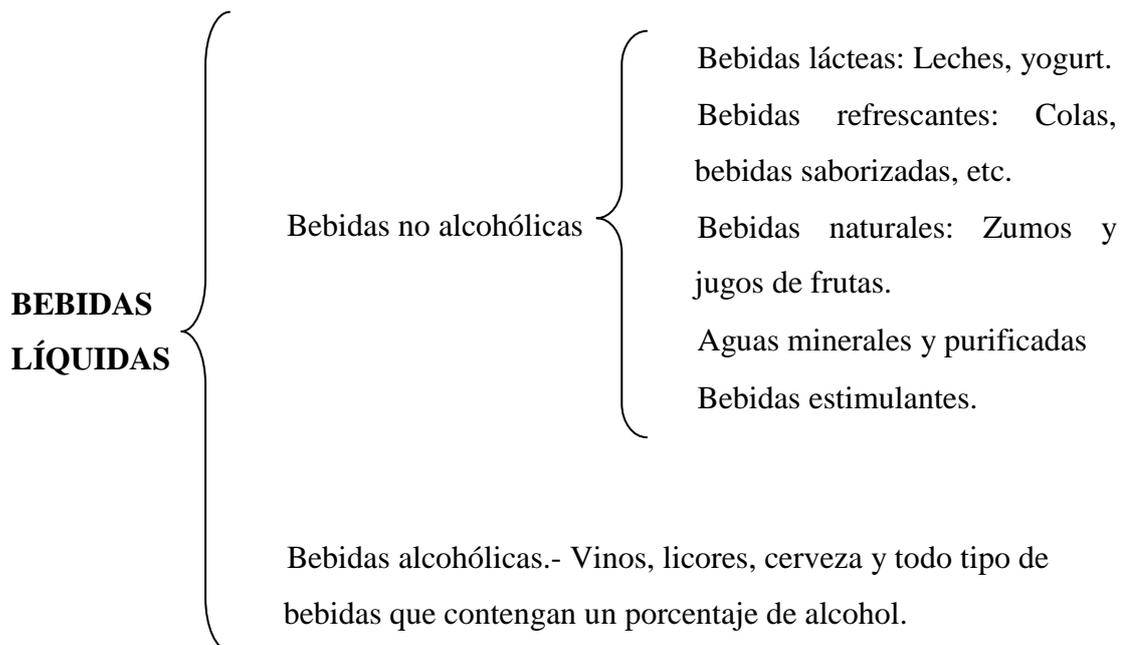
Es generalizado el consumo de los productos líquidos con fines nutricionales, calmar la sed, evitar la deshidratación, etc.

El mercado Ecuatoriano en el área de bebidas enfundadas tiene un gran crecimiento, se observa que en un supermercado se vende una gran variedad de líquidos enfundados, ya sean, lácteos, líquidos saborizados, jugos de frutas, vinos, agua, etc.

2.2 Tipos de bebidas líquidas de mayor consumo

A nivel mundial se consume diariamente una gran cantidad de bebidas líquidas muchas de las cuales requieren ser enfundadas para distribuirse al consumidor.

Los cuales se clasifican en:



2.2.1 Bebidas no alcohólicas

Como su nombre indica las bebidas no alcohólicas son todas aquellas aptas para el consumo humano las cuales en su composición no poseen alcohol.

A. Bebidas lácteas

Las bebidas lácteas son aquellas provenientes de la leche, como son: leches pasteurizadas, leches chocolateadas, Yogur, etc.

La leche.

Es el producto del ordeño higiénico efectuado en hembras de ganado lechero bien alimentado y en buen estado de salud.

La leche es un alimento líquido, de color blanco, con un contenido de nutrientes excelentes, se puede considerar el alimento más completo que existe.

Características organolépticas de la leche.

Aspecto.

La leche fresca es de color blanco aporcelanada, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa. La leche descremada o muy pobre en contenido graso presenta un blanco con ligero tono azulado.

Olor.

Cuando la leche es fresca casi no tiene un olor característico, pero adquiere con mucha facilidad el aroma de los recipientes en los que se la guarda; una pequeña acidificación le da un olor especial al igual que ciertos contaminantes.

Sabor.

La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, dado por su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente el sabor de hierbas.

Tipos de leche.

Fresca (tras el ordeño de la vaca).

Hervida (ebullición a algo menos de 100 °C).

Pasteurizada (a 70-75 °C, hay varias técnicas conjugando volumen de leche, tiempo y temperatura aplicada).

Esterilizada (115°, 15 min) (UHT-140°-150°, 1 a 3 s).

Evaporada (esterilizada cuyo volumen se reduce a la mitad por ebullición continuada).

Condensada (evaporada y se añade un peso igual de azúcar).

En polvo (evaporación completa del agua).

Descremada (esterilizada y se extraen lípidos y vitaminas liposolubles).

De vaca con grasa vegetal (descremada previamente y se añade grasa vegetal).

Los derivados lácteos tienen la misma composición que la leche de la que parten pero se reduce el contenido en agua, aumenta el porcentaje de proteína y de grasa en función de lo que disminuya el agua.

Yogur.

El yogur es un producto popular entre los consumidores, que se obtiene de la fermentación de la leche por microorganismos específicos (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*). Tiene la característica de ser altamente nutritivo sabroso y fácil digestión. Su consumo en la actualidad se ha llevado en aumento por lo que el mercado lo demanda. Las bacterias ácido-lácticas constituyen un vasto conjunto de microorganismos benignos, dotados de propiedades similares, que fabrican ácido láctico como producto final del proceso de fermentación.

El yogurt posee características similares a la leche siendo su principal variación poseer una mayor densidad entre 1,035 g/cm³ a 1,039 g/cm³ dependiendo la calidad del yogurt.

A nivel nutricional el yogur nos provee de proteínas de alta calidad, calcio, vitaminas, minerales y la concentración de grasa depende de la leche de base con que se elabore.

Los beneficios que brinda a nuestro organismo el consumo de yogur son:

Generar tolerancia a la lactosa: Como se menciona, este es un punto muy importante, para así aclarar que su consumo es posible entre las personas que no toleran los lácteos. Las bacterias ácido lácteas contienen lactasa (enzima que digiere la lactosa).

Previene y mejora los síntomas de diarrea: Esto se debe a que el yogur ayuda a reestablecer la flora bacteriana intestinal sana, que se destruye por las diarreas. Por otro lado este alimento fortalece nuestro sistema inmunológico ayudándolo a defenderse contra las infecciones.

Reduce los valores de colesterol sanguíneo: Diferentes estudios demuestran que el consumo de yogur desnatado baja los niveles de colesterol en sangre, en consecuencia este alimento debe formar parte de la dieta de aquellas personas que presentan riesgo cardiovascular.

Gran fuente de calcio: Las pérdidas diarias de este mineral en nuestro organismo deben ser repuestas a través de la dieta diaria. El calcio presente en el yogur se ha disuelto en el ácido láctico, haciéndose así más absorbible para nuestro sistema digestivo y para su fácil paso posterior a todo nuestro cuerpo. Es notable que destaquemos que este producto lácteo tiene efecto preventivo ante el cáncer de colon.

Valor nutritivo.

La composición química de un alimento, es el mejor indicativo de su potencial como nutriente de calidad.

Tabla 2.1: VALOR NUTRITIVO DEL YOGURT

	Entero	Desnatado / Light bajas calorías
Calorías	75	35 a 40
Proteínas	3,9	4,1
Lípidos	3,4	0,1
Carbohidratos	5,0	4,5

La consistencia y textura del yogur.

La consistencia muy firme a firme representó un 81,7 % y la ligeramente firme 18,3%; En las características físicas del yogurt estos datos pueden variar ligeramente de un la leche a otra.

B. Bebidas refrescantes

Son bebidas no alcohólicas preparadas con agua potable o mineral destinados a calmar la sed, a los que se ha añadido una significativa cantidad de azúcar (alrededor de 10 g/100 ml), diversos aditivos, principalmente edulcorantes, anhídrido carbónico, aromatizantes y colorantes, y una pequeña proporción de zumo de fruta (naranja, limón), etc. Suponen un aporte exclusivamente energético que viene dado por los carbohidratos que contienen. Se incluyen en este grupo las bebidas de frutas, los néctares, las colas, etc.

Los refrescos tienen el valor energético del azúcar que contienen. Existen variedades acalóricas - las bebidas light - en las que se ha sustituido la sacarosa por aditivos edulcorantes autorizados, como la sacarina o el ciclamato, principalmente. Sólo proporcionan la energía contenida en el extracto vegetal o en el porcentaje de zumo de frutas (muy bajo) que entra en su composición.

Estas bebidas refrescantes deben ser tomadas con moderación y no deben desplazar en la dieta (sobre todo a la hora de las comidas) a otros nutrientes esenciales como la leche o el agua. Sin embargo no es necesaria su eliminación de la dieta, sino su consumo moderado.

Las mas conocidas son:

Bebidas de cola.

Son bebidas ricas en azúcar y también ricas en cafeína y teobromina, con propiedades estimulantes. Existen versiones sin cafeína y sin azúcar.

Bebidas de fruta.

Son bebidas de sabor a fruta, que deben contener al menos un 12 por 100 de zumo. Apenas aportan vitaminas y minerales, con excepción del ácido ascórbico o vitamina C

utilizado como antioxidante. Sí proporcionan una cierta cantidad de carbohidratos (sacarosa o sorbitol). Pueden contener o no, gas carbónico.

Bebidas con aroma de fruta.

No tienen mucho interés nutricional, generalmente son burbujeantes con un contenido máximo de anhídrido de carbono (CO₂) de 8 g/l

C. Bebidas naturales

Son tanto zumos como jugos los cuales se obtienen directamente de la fruta es decir no se añaden colorantes ni saborizantes, por lo general los aditamentos que se utilizan son únicamente endulzantes en baja cantidad y preservantes. Son saludables y de gran valor nutritivo.

D. Aguas minerales y purificadas

Son aguas que poseen propiedades Físico-Químicas distintas al agua de mesa. Sus características las hacen aptas para el consumo humano. Pueden ser provenientes de fuentes naturales o de fuentes artificiales o a su vez purificadas por métodos de purificación o máquinas.

E. Bebidas estimulantes

Algunas infusiones y otras bebidas contienen cafeína, teína u otros alcaloides con propiedades estimulantes. Son los preparados a base de cola, el café, el té. Ingeridos ocasionalmente y en cantidad moderada, parecen ser inocuos; sin embargo a lo largo de estos últimos años diversos autores vienen dedicando su atención a la cafeína, tanto por su capacidad de causar adicción como por su posible papel tóxico, aunque sólo en el caso de dosis claramente elevadas. Existen colas y cafés sin cafeína que pueden venir bien a algunas personas.

2.2.2 Bebidas alcohólicas

Los vinos, cervezas, sidras y licores contienen alcohol etílico en proporciones diversas junto con azúcares o glúcidos simples. El porcentaje en volumen de alcohol etílico de una bebida determinada se expresa en grados. Para pasar a gramos deben multiplicarse por su densidad (0,789). Así, por ejemplo, un litro de vino de 12° contiene 120 ml de alcohol o, lo que es lo mismo, 94,68 g.

Desde el punto de vista nutricional:

Las bebidas alcohólicas tienen la cantidad de energía que les suministra el alcohol.

Las bebidas alcohólicas azucaradas tienen el aporte calórico que les suministra el alcohol más el del azúcar.

La cerveza tiene algo de hidratos de carbono, algo de vitamina B12 por la levadura que contiene y algo de B2.

A. Bebidas fermentadas

El vino es el producto resultante de la fermentación de la uva. Contiene azúcares simples y alcohol en una proporción de 10 a 15 vol/100.

La cerveza se obtiene a partir de la cebada, a la que se le añade lúpulo el cual le proporciona su sabor característico.

La sidra se obtiene a partir de la fermentación de las manzanas.

B. Licores

Son productos de alta concentración alcohólica (en general de 35 a 50 vol por 100) obtenidos a partir de la destilación de vinos, de jugos de frutas o de caldos fermentados de cereales malteados.

En sentido estricto son las bebidas obtenidas por maceración de distintos vegetales en alcohol etílico y su posterior destilación.

La destilación es la operación que consiste en transformar un líquido en vapor, condensarlo luego y recoger el líquido resultante.

2.3 Higiene en la manipulación de líquidos de consumo humano

2.3.1 Requerimiento sanitario para la manipulación de bebidas destinadas al consumo humano.

Los requerimientos necesarios para la producción de bebidas líquidas son muy variados siendo exigidos altos estándares de calidad tanto en el manejo de la materia prima como el procesamiento de esta.

La FAO (Food and Agricultural Organization), Organización de las Naciones Unidas encargada de todo lo relacionado a la industria alimenticia nos proporciona una serie de estándares y obligaciones que se deben cumplir.

Entre estas podemos mencionar:

Etiqueta de producto.

Todo producto debe ser etiquetado con los siguientes datos.

Una declaración de identidad y una verdadera descripción del producto.

Una declaración de volúmenes del precio neto (peso o número de pedazos).

El nombre y dirección del fabricante, empaquetador, distribuidor o consignatario.

Una lista de ingredientes (en orden descendente de volumen o peso).

Se puede requerir también entre otras cosas el país de origen, fecha de fabricación, fecha de vencimiento, cualidades nutritivas.

Personal.

Cualquier persona que tiene una enfermedad, heridas infectadas, lesiones abiertas, o cualquier otra fuente anormal de contaminación microbiana en contacto con su preparación no debe trabajar bajo ningún motivo.

Se debe utilizar la vestimenta adecuada, purificar utensilios, mantener bien limpias sus manos.

Se deberá designar a una persona que se responsabilice de que todo el personal cumplan con los requisitos de higiene.

Infraestructura.

Debe existir un espacio limpio y adecuado tanto para equipos, arreglos sanitarios de manera que garanticen obtener productos higiénicamente adecuados para el consumo.

Equipos y utensillos.

Deben limpiarse los utensillos y superficies de equipos que estén en contacto con el líquido tan a menudo como sea necesario para prevenir la contaminación.

Deben diseñarse los equipos y utensillos para que ellos puedan ser adecuadamente limpiados y no alteren el producto con los lubricantes, combustibles, restos de metal fragmentados por fricción, etc.

Materia prima.

La materia prima que va a utilizarse debe ser inspeccionada y clasificada para asegurar que ella este limpia, en buen estado y adecuada para su posterior procesamiento. Esta debe guardarse bajo condiciones que la protegerán contra la contaminación y minimizarán su deterioración.

El agua que se utilice para lavar equipos como para elaborar ciertas bebidas debe ser de calidad sanitaria.

Elaboración y proceso.

La maquinaria empleada deberá tener una excelente condición sanitaria a través de la limpieza frecuente y cuando necesario saneándose. Si es necesario deberán desmontarse los equipos para una limpieza completa.

Es necesario que los procesos de enfundado y almacenamiento se hagan bajo condiciones que minimicen el potencial de crecimiento microbiológico indeseable, formación de toxinas, deterioración o contaminación. Lograr esto puede requerir la supervisión cuidadosa de factores tales como tiempo, temperatura, humedad, presión proporción de flujo, etc.

2.3.2 Materiales empleados en el manejo de bebidas destinadas para el consumo humano

Son los materiales que se utilizan de manera muy específica, creados prácticamente para cumplir una determinada función, un requerimiento tecnológico especializado para su fabricación o su procesamiento.

Entre los materiales que tienen características no corrosivas al contacto con líquidos y tampoco producen reacciones tóxicas o que alteren las características de los líquidos podemos resaltar las siguientes.

A. Aluminio

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica, tales como su baja densidad ($2,700 \text{ kg/m}^3$) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Por todo ello es el metal que más se utiliza después del acero.

El aluminio comercialmente puro, aleación 1100 (99 % de aluminio). Es adecuado para aplicaciones en las que se requiere buena formabilidad o gran resistencia a la corrosión o ambas y en las que no se necesita alta resistencia. Se ha utilizado ampliamente en utensilios de cocina varios componentes arquitectónicos, equipos de manejo y almacenamiento de alimentos y agentes químicos así como en ensamblajes soldados

Características.

Entre las características físicas del aluminio, destacan las siguientes:

Es un metal ligero, cuya densidad o peso específico es de 2700 kg/m^3 (2,7 veces la densidad del agua).

Tiene un punto de fusión bajo: 660°C (933 K).

El peso atómico del aluminio es de 26,9815.

Es de color blanco brillante.

Buen conductor del calor y de la electricidad.

Resistente a la corrosión, gracias a la capa de Al_2O_3 formada.

Abundante en la naturaleza.

Material fácil y barato de reciclar.

Características mecánicas.

Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:

De fácil mecanizado.

Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.

Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.

Material blando límite de resistencia en tracción: $160\text{-}200 \text{ N/mm}^2$ [$160\text{-}200 \text{ MPa}$] en estado puro, en estado aleado el rango es de $1400\text{-}6000 \text{ N/mm}^2$. El duraluminio es una aleación particularmente resistente.

Material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas.

Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.

Material soldable.

Con CO_2 absorbe el doble del impacto.

B. Vidrio

Muchas partes o dispositivos de equipos en instalaciones de elaboración de productos alimenticios, así como los recipientes para su almacenaje y distribución se pueden fabricar de vidrio, debido a sus características no corrosivas es uno de los materiales más aptos para el manejo de líquidos. Se usan placas de vidrio en paredes divisorias, los dispositivos de observación colocados en las paredes de los batidores, recipientes para mantener el material, unidades condensadoras, botellas para la distribución de productos líquidos y cámaras de secado.

Tabla 2.2: CARACTERÍSTICAS DEL VIDRIO

Coeficientes para el cálculo de propiedades del vidrio		
Propiedad	Valor	Unidades
Densidad a 25°C(1)	2,49	g/cm ³
Coeficiente de dilatación lineal a 25 °C(2)	8,72•10-6	°C-1
Conductividad térmica a 25 °C	0,002	cal/cm.s.°C
Tensión superficial a 1200°C	319	dinas/cm
Índice de refracción (a 589,3 nm)(3)	1,52	-
Módulo de elasticidad a 25°C	719	Kbar
Módulo de Poisson a 25°C	0,22	-
Resistencia a la tracción a 25°C(4)	$\sigma_{\text{tr}}(900)$	Bar
Constante dieléctrica (4.5.188 Hz)	7,3	-
Resistencia eléctrica a 1100°C	1,06	Ω .cm
Resistencia eléctrica a 1500°C	0,51	Ω .cm
Calor específico a 25°C	0,20	cal/g°C
Atacabilidad química DIN 12111(5)	13,52	ml de C ₁ H 0,01N

C. Hule

El hule sintético tolera la exposición a grasa y aceites mejor que muchos tipos de hule natural. Se está mejorando la calidad de ambos tipos de hule con las nuevas tecnologías.

Los empaques de las placas de los intercambiadores de calor y los registros o aberturas de inspección en los tanques de almacenamiento, por lo general están hechos de hule. Las mangueras para agua y vapor contienen hule. Las llantas y tubos; para motores utilizan grandes cantidades de hule.

D. Plásticos

Hoy día en el mundo, el plástico se ha fabricado con la finalidad de satisfacer las necesidades del hombre en la vida cotidiana.

De hecho plástico se refiere a un estado del material, pero no al material en sí: los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos. Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad. Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra.

Los más comúnmente utilizados en la industria para la elaboración de bebidas son el polietileno, vinilo, nylon y alcateno.

Se emplean ampliamente botellas rígidas de plástico moldeado en caliente. Las hojas o películas de plástico se emplean solas o como un laminado con papel o papel metálico para empacar diversos productos líquidos.

Para el empaque de productos líquidos el plástico deberá tener una baja conductividad térmica.

Propiedades características.

Son propiedades características de la mayoría de los plásticos, aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales:

Son baratos (tienen un bajo costo en el mercado).

Tienen una baja densidad.

Existen materiales plásticos permeables e impermeables, difusión en materiales termoplásticos.

Son aislantes eléctricos.

Son aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas.

Su quema es muy contaminante.

Son resistentes a la corrosión y a estar a la intemperie.

Resisten muchos factores químicos.

Algunos se reciclan mejor que otros, que no son biodegradables ni fáciles de reciclar.

Son fáciles de trabajar.

Usos mas comunes.

Aplicaciones en el sector industrial y de consumo. (envoltorios, bolsas para de basura, bolsas para líquidos, etc.)

Construcción; cañerías, espumas aislantes de poliestireno, etc.

Industrias varias: piezas de motores, carrocerías, juguetes, maletas, artículos deportivos, artículos de cocina, envases de líquidos, fibras textiles, etc.

En los artefactos eléctricos como aislantes.

E. Aceros

Aceros inoxidables.

De la variedad de aceros existentes en el mercado, los aceros inoxidables poseen una elevada resistencia a la corrosión siendo aptos para el manejo y conservación de alimentos de consumo humano.

El acero inoxidable también es un tipo de acero resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Los aceros inoxidable se utilizan principalmente en cuatro tipos de mercados:

Electrodomésticos: grandes electrodomésticos y pequeños aparatos para el hogar: sartenes y baterías de cocina, hornos y barbacoas, equipamiento de jardín y mobiliario.

Automoción: especialmente tubos de escape.

Construcción: edificios y mobiliario urbano (fachadas).

Industria: alimentación, productos químicos y petróleo.

Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria alimenticia se debe resaltar que este metal en la industria de los alimentos no requiere de pintarse lo cual evita contaminaciones de los líquidos debido a los componentes de las pinturas.

Aceros comunes y hierro.

Tanto los aceros comunes como el hierro no son recomendables para utilizarse directamente en contacto con líquidos debido a su tendencia a la corrosión. Sin embargo se puede utilizar en elementos que no se hallen directamente en contacto. Estos elementos deben protegerse de la humedad. Generalmente se los puede proteger mediante pinturas anticorrosivos.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA TÉRMICO, MECÁNICO, HIDRAULICO, NEUMÁTICO Y DE CONTROL.

3.1 Parámetros de diseño

3.1.1 Análisis y selección de los líquidos a sellarse térmicamente

En nuestro país las bebidas que principalmente son sometidas al proceso de sellado térmico para su expendio podemos citar las siguientes:

Tabla 3.1: LÍQUIDOS CON SELLADO TÉRMICO DE MAYOR CONSUMO EN EL ECUADOR

BEBIDAS		CAPACIDADES
No alcohólicas		
Lácteas	Leche	1/2 litro (50cc) 1 litro (1000cc)
	Yogur	100 cc 150 cc 240 cc
Refrescantes	Bebidas saborizadas	100 cc 150 cc 240 cc 500 cc
Aguas	Agua Purificada	1000 cc 500 cc
Bebidas Naturales	Zumos y jugos de Frutas.	-
Bebidas Energizantes		-
Alcohólicas		
	Vinos	800 cc

3.1.2 Disponibilidad de equipos y materiales

Aluminio.

Debido a ser un material no corrosivo comercialmente barato que presenta muy buenas características para el manejo de líquidos, además es fácil de mecanizar se puede utilizar este material en algunos elementos del equipo.

Vidrio.

Proporciona buenas características anticorrosivas pero debido a su fragilidad se descarta su utilización en el equipo.

Hule.

Este material no se debe estar en contacto con los líquidos pero en nuestro caso sera utilizado para el arrastre de la funda, las mangueras para aire.

Plástico.

El plástico es un material de gran importancia ya que en este se realizara el llenado del líquido debiendo este ser apto para el contacto con el mismo.

Acero (acero inoxidable).

Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria alimenticia, siendo de vital importancia su utilización para satisfacer las necesidades requeridas.

Hierro.

El hierro no es recomendable para utilizarse directamente en contacto con líquidos debido a su tendencia a la corrosión. Sin embargo se puede utilizar en elementos que no se

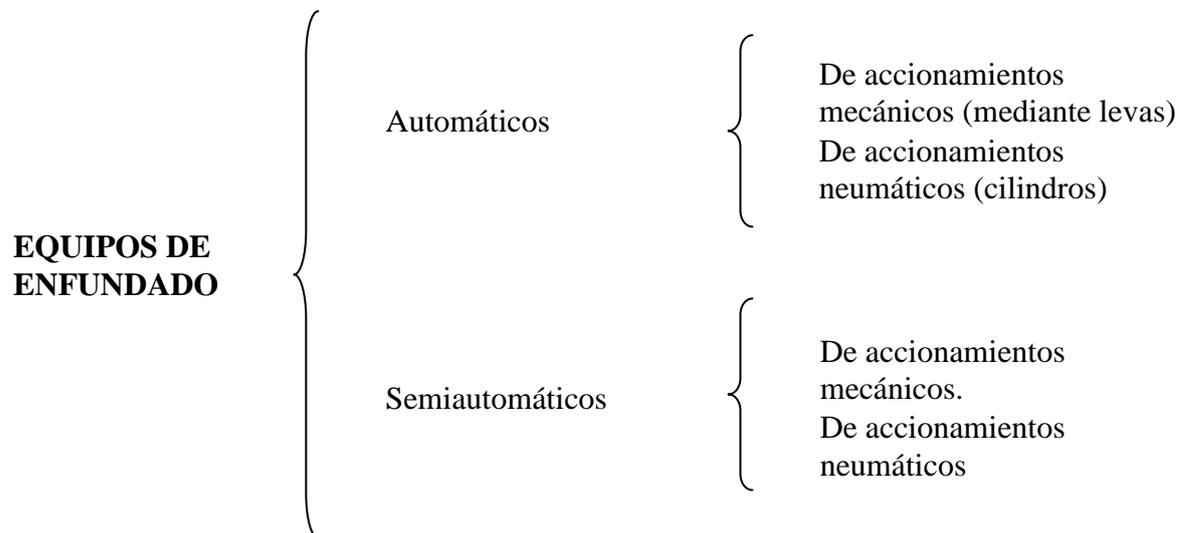
hallen directamente en contacto. Este elemento debe protegerse de la humedad, generalmente se lo realiza mediante pinturas que recubren el material.

3.1.3 Análisis de alternativas para el diseño

La tecnología avanza con paso firme en todos los campos y procesos de envasados de productos no es menos. Se ha revolucionado el mercado cuando se empezó a usar los envases plásticos. Todo ello hizo que muchos fabricantes pudieran bajar el costo de sus productos haciéndolos así más competitivos.

Los equipos para sellado térmico o enfundado de productos son diseñados para el envasamiento de productos con gran aplicación principalmente en la industria de la alimentación. Dichos equipos se encargan de realizar un proceso de confeccionado del recipiente, llenado y cierre, obteniéndose un producto higiénicamente terminado.

Los equipos para el sellado térmico de líquidos se pueden clasificar:



Análisis de los equipos neumáticos vs los equipos mecánicos.

A. Mecánicos.

Ventajas.

No posee de circuitos de control complejos.

No requieren de la utilización de compresor.

Desventajas.

Desgaste de los mecanismos requiriendo de un mantenimiento constante.

Producen altos niveles de ruido.

La fricción entre mecanismos produce calentamiento y deterioro de partes.

No permiten la regulación para el llenado del producto con facilidad en las distintas presentaciones requeridas.

Dificultad de la mecanización y diseño de partes del equipo como levas.

El tiempo de paro en caso de averías en los elementos es alto.

B. Neumáticos.

Ventajas.

Menor fricción entre elementos que conforman el equipo.

Menores períodos de mantenimiento.

Facilidad de reposición de elementos averiados por lo tanto, tiempos de para mínimos.

Mayor facilidad en la regulación del producto en las distintas presentaciones requeridas.

Reducción de partes mecánicas por ende utilización de menos espacio.

Reducción de fallas mecánicas en el sistema.

Desventajas.

Circuitos de control complejos.

Requerimiento de instalación de cañerías para aire comprimido.

Requerimiento de un compresor.

3.1.4 **Equipos automáticos de accionamientos neumáticos [1]**

Se trata de equipos diseñados para el envasamiento en forma automática de distintos productos con especial aplicación en la industria de la alimentación, química, etc.

Al colocar el envase a llenar en el lugar destinado a tal fin, podrá darse inicio al ciclo de carga en forma automática a través de temporizaciones regulables, pudiéndose ajustar la cadencia deseada.

Todas las partes del equipo que están en contacto con el producto a dosificar, son construidas en acero inoxidable con terminación sanitaria. Permiten todas estas un sencillo desarme para su limpieza. Cabe aclarar que cualquiera de estas dosificadoras, son acoplables a cualquier modelo de nuestras envasadoras automáticas.

Confiabilidad total, diseño robusto y muy bajo costo, hacen que estos equipos puedan cubrir perfectamente sus expectativas.

Principalmente se conoce dos modelos existentes:

A. Modelos verticales con tubo vertical

Existe una gran variedad de equipos, siendo el factor que las hace diferentes el tipo de dosificador, el cual determina los tipos de productos que se pueden embasar. Son equipos concebidos con la más moderna tecnología aplicada para la confección de envases. Constan de un dispositivo formador de envase que determina el ancho de las bolsas, siendo regulables los largos sin necesidad de modificaciones, lo que hace muy sencillo el cambio de formato del envase.

El avance de la lámina se efectúa mediante rodillos de arrastre accionadas por motor o por medio de mordazas y cilindro de avance, el resto de los movimientos son neumáticos.

La producción de este equipo alcanza hasta 20 envases por minuto reales, dependiendo del tipo de producto a envasar, dosis y características de termosoldabilidad de la lámina.

El dosificador isobárico está compuesto por tanque de nivel constante y válvula de cierre. El dosaje es por tiempo.

La gran sencillez en su diseño, así como la utilización de componentes totalmente standard, hace de este equipo de sencillo mantenimiento, sin dependencia del fabricante en cuanto a la provisión de repuestos.

Caracterizada por su sencillez de manejo y bajo costo, este equipo puede proveerse con cualquiera de los DOSIFICADORES que se describen, para permitir el envasamiento de gran variedad de productos. La producción alcanza hasta 20 envases reales por minuto, dependiendo del tipo de producto a envasar, la dosis y características de termosoldabilidad de la lámina.

Con dosificador isobárico.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	Dimensiones de la Máquina:
Tamaño de la bolsa:	Alto: 3500 mm
Ancho: desde 100 a 450 mm	Ancho: 1400 mm
Largo: desde 60 a 800 mm	Profundidad: 1600 mm

Figura 3.1: Selladora con Dosificador Isobárico



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	Dimensiones de la Máquina:
Tamaño de la bolsa:	Alto: 1600 mm (2400 con dosificador)
Ancho: desde 40 a 190 mm	Ancho: 900 mm
Largo: desde 20 a 260 mm	Profundidad: 1100 mm

Figura 3.2: Selladora con Dosificador Isobárico

Con dosificador a pistón.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	Dimensiones de la Máquina:
Tamaño de la bolsa:	Alto: 1600 mm (2400 con dosificador)
Ancho: desde 40 a 190 mm	Ancho: 900 mm
Largo: desde 20 a 260 mm	Profundidad: 1100 mm

Figura 3.3: Selladora con Dosificador a Pistón

Con dosificador a tornillo sin fin.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	Dimensiones de la Máquina:
Tamaño de la bolsa:	Alto: 1600 mm (2400 con dosificador)
Ancho: desde 40 a 190 mm	Ancho: 900 mm
Largo: desde 20 a 260 mm	Profundidad: 1100 mm

Figura 3.4: Selladora con Dosificador a Tornillo Sin Fin

Con dosificador con dosificador volumétrico.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	Dimensiones de la Máquina:
Tamaño de la bolsa:	Alto: 1600 mm (2400 con dosificador)
Ancho: desde 40 a 190 mm	Ancho: 900 mm
Largo: desde 20 a 260 mm	Profundidad: 1100 mm

Figura 3.5: Selladora con Dosificador Volumétrico.

Para productos unitarios.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	Dimensiones de la Máquina:
Tamaño de la bolsa:	Alto: 1600 mm (2400 con dosificador)
Ancho: desde 40 a 190 mm	Ancho: 900 mm
Largo: desde 20 a 260 mm	Profundidad: 1100 mm

Figura 3.6: Selladora para Productos Unitarios.

B. Vertical de tubo inclinado

Al igual que los equipos de tubo vertical se caracterizan por su sencillez de manejo. Este equipo puede proveerse con cualquiera de los DOSIFICADORES que se describen, para permitir el envasamiento de gran variedad de productos, sin embargo debido a la inclinación del tubo da muy buenos resultados con productos granulares y no homogéneos. La producción alcanza hasta 25 envases reales por minuto, dependiendo del tipo de producto a envasar, la dosis y características de termosoldabilidad de la lámina.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	Dimensiones de la Máquina:
Tamaño de la bolsa:	Alto: 1600 mm (2400 con dosificador)
Ancho: desde 40 a 190 mm	Ancho: 900 mm
Largo: desde 20 a 260 mm	Profundidad: 1100 mm

Figura 3.7: Selladora Vertical de Tubo Inclinado

3.1.5 Tipos de dosificadores

El dosificador en un equipo de sellado térmico es el encargado de suministrar la dosis de producto justa en cada envase. Se selecciona de acuerdo a las características del producto a envasar. Los dosificadores, pueden funcionar acoplados a los equipos envasadores automáticos para alta producción, o en los equipos envasadores semiautomáticos de menor producción.

Es decir la selección y diseño del dosificador determinara los tipos de líquidos que envase el equipo, siendo indiferente la forma estructural que este posea.

El listado de los principales tipos de dosificadores utilizados en la industria alimenticia es el siguiente:

A. Dosificador isobárico

Apto para líquidos, fluidos como: vino, agua mineral, jugos, leches, etc.

El dosificador isobárico está compuesto por tanque de nivel constante y válvula de cierre.

El dosaje es por tiempo.



Figura 3.8: Dosificador Isobárico

B. Dosificador a pistón

Apto para productos viscosos o semilíquidos como: aceite, mayonesa, miel, mermeladas, dulce de leche, grasa, etc.

El dosificador a pistón está compuesto de tolva de alimentación, pistón dosificador y válvula direccional.

El dosaje es por volumen según la carrera del pistón (regulable).



Figura 3.9: Dosificador a Pistón

C. Dosificador volumétrico

Apto para sólidos granulares homogéneos tales como azúcar, arroz, legumbres, harina de maíz, granos en general.

El dosificador volumétrico está conformado por dos platos con movimiento de rotación y 4 vasos telescópicos para el ajuste de la dosis.

El dosaje se realiza por volumen.

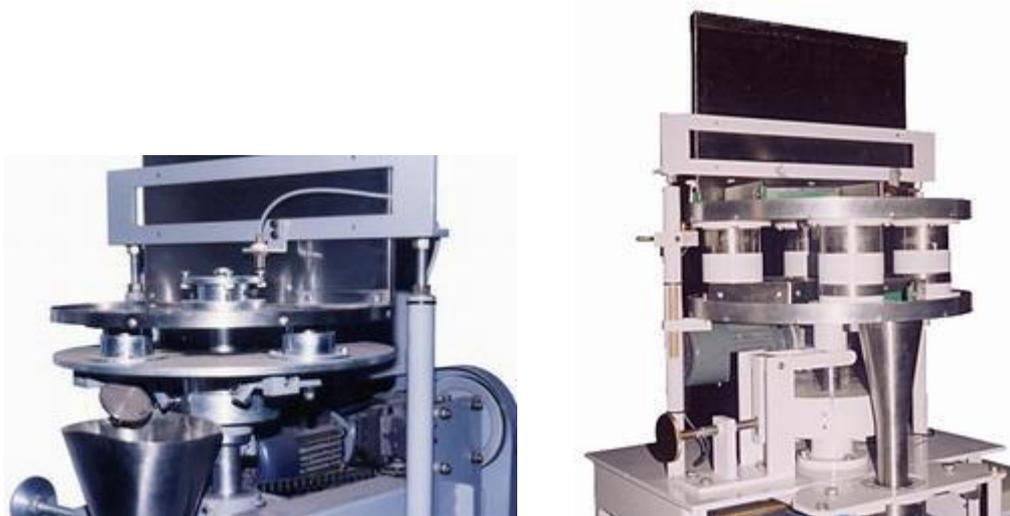


Figura 3.10: Dosificador Volumétrico

D. Dosificador a tornillo sin fin

Apto para productos pulverulentos de difícil deslizamiento como harinas, café molido, cacao, especias, talco, leche en polvo, jabón en polvo, etc.

El dosificador a tornillo sin fin está conformado por una tolva cónica en la que giran un brazo removedor y el tornillo sin fin accionados por motores independientes y de sentido de giro opuestos.

El motor del tornillo está gobernado por un variador de tensión de alta precisión.

El dosaje es por volumen según la cantidad de vueltas del sin fin, regulable desde el panel electrónico.



Figura 3.11: Dosificador a Tornillo Sin Fin

E. Dosificador gravimétrico (a balanzas)

Apto para productos irregulares y no homogéneos como galletitas, caramelos, snacks, fideos, pastas secas, cereales, alimento balanceado, arandelas, etc.

El dosificador gravimétrico está compuesto por un conjunto de transportadores por vibración electromagnética y varias tolvas de pesaje.

El dosaje se efectúa por peso, cargando sobre la balanza a alta velocidad, y ajustando peso a baja velocidad.



Figura 3.12: Dosificador Gravimétrico (a balanzas)

3.1.6 Alternativas para el moldeo de los embases

A. Mediante alas de moldeo

Consiste en un sistema que al desplazarse el plástico las alas de moldeo van acoplándolo de manera que quede lista para ser sellado térmicamente tanto verticalmente como horizontalmente, obteniéndose de esta forma el envase donde se envasará el líquido.

Las alas de moldeo pueden ser de doble ala la que posee el sellado vertical en la parte central o de una ala la que realiza el sellado vertical en uno de los lados.

Tanto las alas de moldeo de una ala o doble ala están compuestas por los mismos elementos y tienen el mismo principio de funcionamiento.

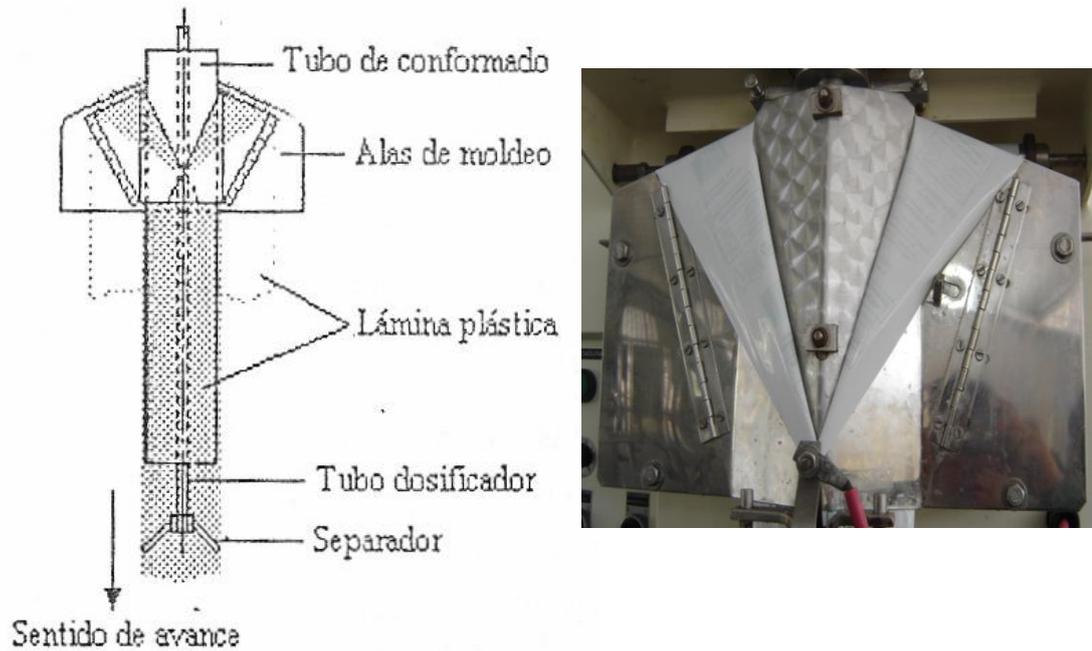


Figura 3.13: Tipos de Embase Mediante Alas de Moldeo

B. Mediante anillo de moldeo

Consiste en hacer pasar el material por un anillo, este método se utiliza principalmente para materiales que no pueden ser deformados con facilidad como es el caso del cartón para posteriormente obtener un embase tipo Tetrebrick o Tetrapack.

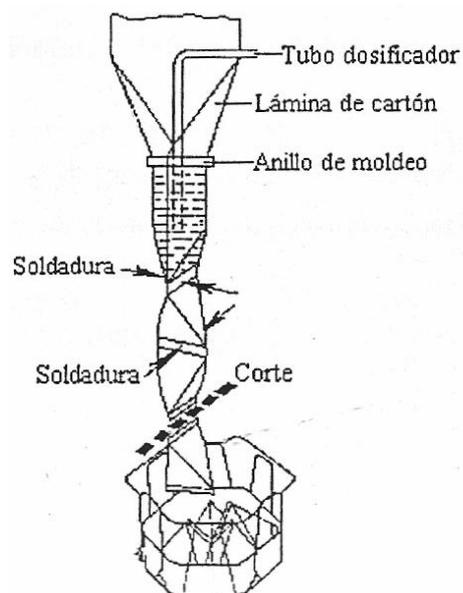


Figura 3.14: Mediante Anillo de Moldeo

3.1.7 Alternativas de alimentación del material

El sistema de arrastre será el encargado de desplazar el material con el cual se formaran bolsas de plástico.

Pueden existir varias alternativas para la alimentación del material entre las cuales se tiene:

A. Por medio de rodillos de arrastre

El sistema consiste en cuatro rodillos agrupados en parejas de dos, los cuales al rotar por medio de fricción con el material efectúan el desplazamiento vertical del plástico. El inconveniente con este sistema es que se debe tener un adecuado control, en la rotación de los rodillos de arrastre para que de esta forma los tamaños de los envases plásticos sean los mismos.

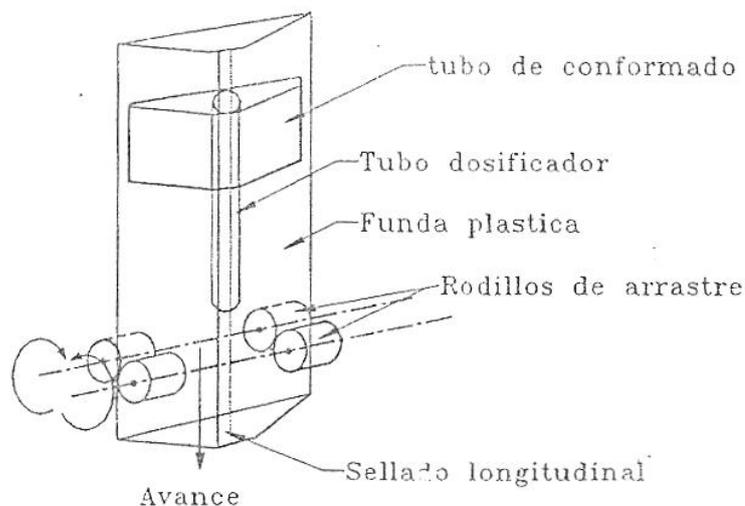


Figura 3.15: Alimentación por Medio de Rodillos de Arrastre

B. Por medio de mordazas y cilindro de avance

En este sistema el cilindro de desplazamiento horizontal realiza el agarre del material y un cilindro de avance vertical realiza el desplazamiento del plástico verticalmente, en este sistema se tendrá un mayor control y precisión en el desplazamiento del material, sin embargo el tiempo empleado para el avance será mayor que en el caso de los rodillos además que aumenta costos y consumo de energía con los dos cilindros neumáticos.

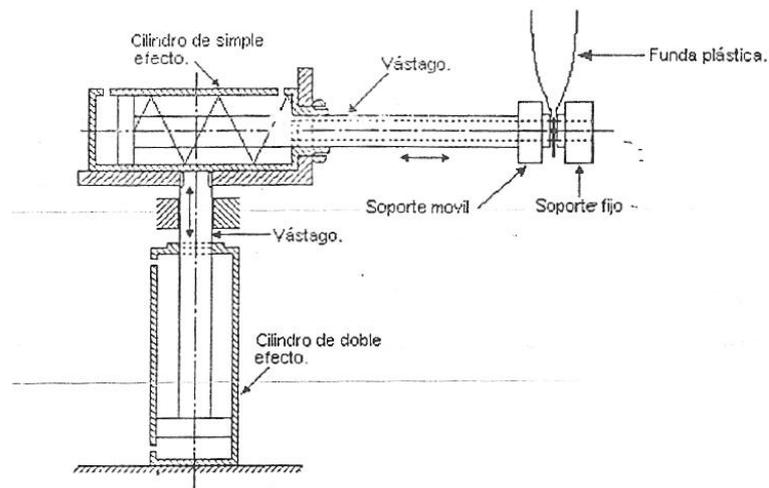


Figura 3.16: Alimentación por Medio de Mordazas y Cilindro de Avance

3.1.8 Materiales adecuados para el emvasado y preservación de líquidos alimenticios

Los materiales destinados a formar los envases de plástico en donde se depositara el líquido deben ser materiales no contaminantes, que no corroan el producto, sino por el contrario brinden características de conservación.

Los principales materiales utilizados para el sellado térmico de líquidos alimenticios son:

Tabla 3.2: MATERIALES USADOS EN EL EMBASADO DE LÍQUIDOS

MATERIAL	RANGO DE TEMPERATURA PARA CORTE Y SELLADO (°C)
Polimetacrilato	100 – 150
Polietileno lineal	120 – 160
Polietileno de alta densidad	80 – 120
Polietileno ramificado	130 – 180
Polivinil	90 – 120
Polipropileno metalizado.	92 – 135

Como se observa la mayoría de materiales tienen parámetros muy similares de temperaturas, estos valores de temperatura pueden variar debido al aumento o disminución de la presión de sellado.

3.2 Selección del tipo de equipo [2]

3.2.1 Metodología del diseño

Tabla 3.3: LISTA DE CARACTERÍSTICAS (C) Y EXIGENCIAS (E)

FUNCIONES	
El equipo debe sellar volumen de (1000, 500, 250, 100) cc.	E
El equipo debe sellar máximo 1250 u/h	E
El equipo debe contar con un dosificador isobárico	E
El sellado térmico se realizara por niquelinas caloríficas	E
ENERGÍA	
La energía para realizar el proceso de sellado, corte, y dosificado será suministrada por un compresor (aire)	E
La energía para realizar el proceso de arrastre será suministrada por un motor eléctrico	E
Minimizar pérdidas por fricción	C
SEGURIDAD	
El equipo ira acompañado de las correspondientes instrucciones de montaje uso y mantenimiento, así como de las medidas preventivas de accidentes	E
El equipo tendrá un nivel de seguridad suficiente a fin de preservar a las personas y a los bienes de los riesgos derivados de instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación	C
Evitar el ingreso de elementos perjudiciales a los sistemas	E
ERGONOMIA	
El acceso a los distintos elementos del equipo deberá ser cómodo para las operaciones de mantenimiento, montaje y desmontaje	C
No debe existir contaminación tanto en el producto como en el ambiente	C
La posición del tablero de control debe de ser de fácil acceso	C
FABRICACION	
El equipo debe ser de fácil ensamblaje y anclaje	E
Los elementos que formen parte del equipo deben ser de fácil manufactura y de forma sencilla	C
Los materiales utilizados deben existir en el mercado	E
Los elementos del equipo deben resistir esfuerzos a los que están sometidos	E
La transmisión de fuerzas se realizara por medio de sistemas mecánicos y neumáticos	E
El equipo debe tener buena estabilidad y rigidez	
SEÑALES	
El equipo deberá tener señales visibles que indiquen que el equipo esta en funcionamiento	C
El equipo deberá tener etiquetas de advertencias para evitar accidentes	E
CONTROL	
Evitar que los niveles de ruido en el equipo sean elevados	C
Verificar la calidad de los materiales empleados para la fabricación del equipo	E
FUNCIONAMIENTO	
Preservar la seguridad del operador	E
El funcionamiento del equipo será posible solo si existen las garantías necesarias de seguridad	E
MANTENIMIENTO	
Los elementos que están en fricción deben ser fáciles de lubricar	E
Los elementos de recambio deben existir en el mercado nacional	E
Para lograr un buen mantenimiento los elementos y sistemas del equipo deben ser de fácil acceso	E

3.2.2 Estructura de funciones



Figura 3.17: Estructura de Funciones

Tabla 3.4: ESTRUCTURA DE FUNCIONES

	Entradas	Salidas
Materia	Ingreso de materia prima: - Plástico (conformado del envase) - Líquido a embasarse	Producto en las diferentes presentaciones requeridas
Energía	Proporcionado al equipo: - Compresor (elementos neumáticos) - Motor eléctrico (arrastre)	Ruido, vibraciones, calor
Señales	Inicio del funcionamiento del equipo	Indica que el equipo está en funcionamiento

Los procesos técnicos necesarios será la preparación del líquido a enfundarse, ejecución del equipo, que cumpla con las características y exigencias planteadas, hasta la culminación del proceso para finalmente verificar la calidad del producto a obtenerse.



Figura 3.18: Propuestas de Estructura de Función

Tabla 3.5: MATRIZ MORFOLÓGICA.

1	Alimentación del plástico.			
1.1	Colocación del plástico en el porta bobina		Manual	Automático
2	Sistema de dosificación.			
2.1	Captación del líquido en el dosificador		Gravedad	Bomba
2.2	Mecanismo para dosificado		Cilindro neumático	Leva
2.3	Nivel del líquido		Boya	Sensor electrónico
3	Sistemas de sellado vertical.			
3.1	Elemento de sellado térmico		Niquelina	
3.2	Mecanismo de sellado vertical		Cilindro neumático	Leva
3.3	Trayectoria del elemento de sellado térmico.		Lineal	Circular
4	Sistemas de sellado y corte horizontal.			
4.1	Elemento de sellado térmico		Niquelina	
4.2	Mecanismo de sellado horizontal		Cilindro neumático	Leva
4.3	Trayectoria del elemento de sellado térmico.		Lineal	Circular
5	Sistema de arrastre del plástico			
5.1	Arrastre del plástico		Neumático	Mecánico
6.	Sistema de moldeo del plástico			
6.1	Conformado del plástico		Alas de moldeo	Anillo de moldeo

↓ Opción 1
 ↓ Opción 2
 ↓ Opción 3

3.2.3 Bosquejo y descripción de prototipos

Prototipo 1:

En el prototipo 1 el sistema de dosificación del líquido, el sistema de sellado vertical, el sistema de sellado y corte horizontal, son accionados por cilindros neumáticos. El sistema de arrastre del plástico consta de 4 de rodillos accionados por medio de un motor eléctrico.



Figura 3.19: Equipo Automático (arrastre del plástico mediante rodillos)

Prototipo 2:

En el prototipo 2 el sistema de dosificación del líquido, el sistema de sellado vertical, el sistema de sellado y corte horizontal se realiza por medio de levas las mismas que son accionadas por un motor eléctrico. El sistema de arrastre del plástico consta de 4 de rodillos accionados por medio de un motor eléctrico.

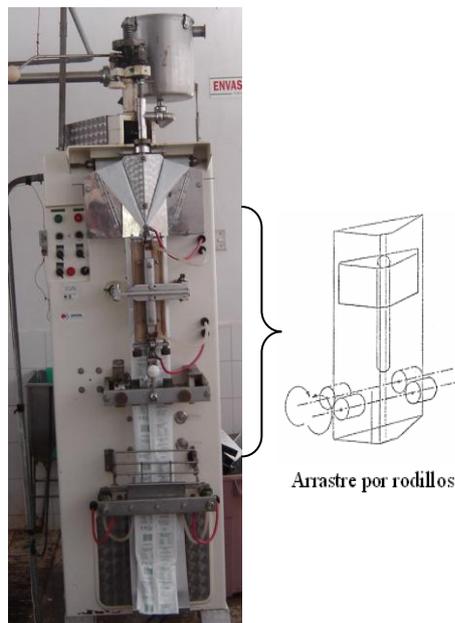


Figura 3.20: Equipo Mecánico (arrastre del plástico mediante rodillos)

Prototipo 3:

En el prototipo 3 todos los sistemas son accionados por cilindros neumáticos.

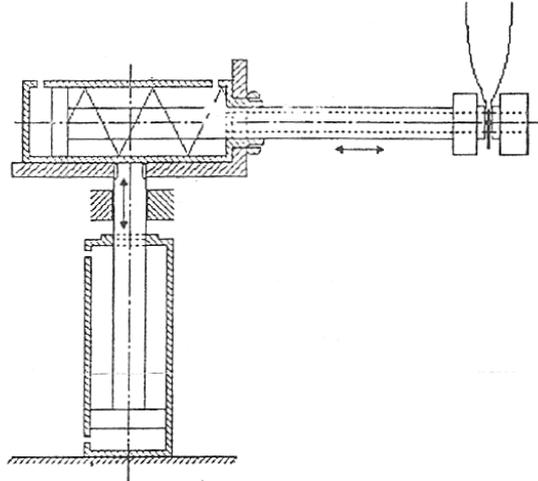


Figura 3.21: Equipo Neumático (arrastre del plástico mediante cilindros neumáticos)

3.2.4 Evaluación técnico-económica

Las respuestas planteadas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico y económico.

Se indican diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención 1 malo y 5 excelente.

A los puntos de comparación también se les asignara un peso (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como factor de influencia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

Tabla 3.6: EVALUACIÓN ECONÓMICA

Evaluación económica.						
Puntos de evaluación		Factor de influencia (Fi)	Puntaje (Pi)			
			Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3	Proyecto ideal
1	Materiales	3	4	4	4	5
2	Fabricación	3	4	4	5	5
3	Operación	2	3	3	3	5
4	Mantenimiento	2	4	4	4	5
5	Producción	3	5	4	4	5
TOTAL=$\sum(Fi*Pi)$			53	50	53	65
Coefficiente económico=P total / Puntaje ideal			82%	77%	82%	100%

Tabla 3.7: EVALUACIÓN TÉCNICA.

Evaluación técnica.						
Puntos de evaluación		Factor de influencia (Fi)	Puntaje (Pi)			
			Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3	Proyecto ideal
1	Seguridad	3	3	3	3	5
2	Rendimiento	3	5	4	4	5
3	Costo de energía	3	5	4	4	5
4	Facilidad de fabricación	3	4	3	3	5
5	Ergonomía	2	4	3	4	5
6	Accesorios	2	4	4	4	5
7	Facilidad de manejo	3	4	2	4	5
8	Facilidad de montaje	1	4	3	3	5
9	Lubricación	1	4	4	4	5
10	Mantenimiento	1	3	4	3	5
11	Ruido	1	4	2	4	5
TOTAL=$\sum(Fi*Pi)$			94	75	84	115
Coefficiente técnica=P total / Puntaje ideal			82%	65%	73%	100%

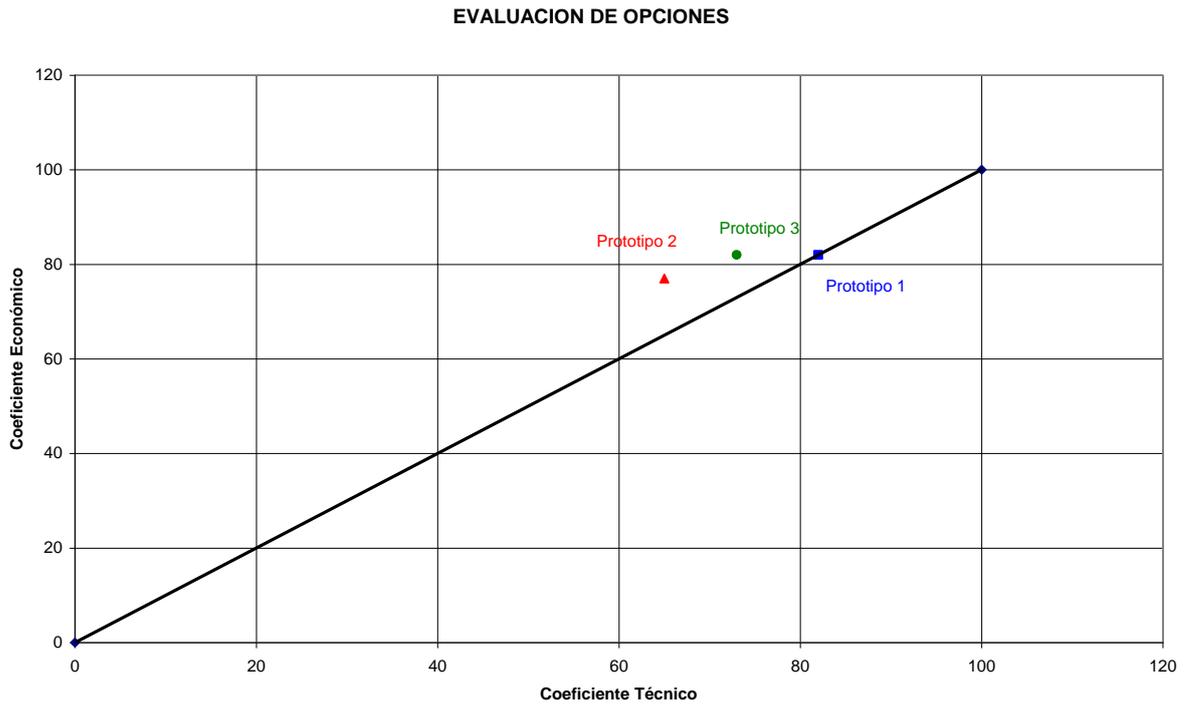


Figura 3.22: Selección de la Mejor Alternativa.

Como se observa en el gráfico las tres opciones se encuentran muy cercanos a la línea del proyecto ideal, sin embargo la opción 1 mantiene un equilibrio en entre los coeficientes además de ser los mas apropiados.

Mediante el análisis metodológico realizado la opción 1 (neumático con arrastre por medio de rodillos) se le toma como el proyecto más viable.

3.2.5 Características del equipo a ser diseñado y construido

Tabla 3.8: CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO A CONSTRUIRSE

CARACTERÍSTICAS		OBSERVACIONES
Equipo Automático.	De accionamientos neumáticos y arrastre por rodillos.	Es la opción más adecuada.
Modelo	Estructura y tubería vertical.	Presta mayor facilidad de diseño.
Tipo de dosificador.	Isobárico.	Apto para el sellado térmico de líquidos.
Método de moldeo de los envases.	Por medio de alas de moldeo.	Presenta mayor facilidad de construcción.
Alimentación del material	Por medio de rodillos de arrastre.	Da mayor rapidez y mayor facilidad de construcción además de un ahorro de energía.
Materiales a utilizarse en los principales elementos.	Acero inoxidable 304. Plásticos. Aluminio. Acero estructural. Tol galvanizado.	La mayoría de elementos deben ser no corrosivos con características adecuadas para manejo de alimentos, los elementos estructurales y demás elementos que pueden corroerse deben ser debidamente pintados para evitar la corrosión.
Materiales de envase.	Todos los materiales utilizados en el sellado térmico de líquidos.	Debe existir un control tanto en la presión como en las niquelinas, de manera que se pueda utilizar diversos tipos de plásticos.
Número de envases mínimas a llenar.	Entre 500 u/h a 1250 u/h (en fundas de 1 litro)	Los fabricantes de equipos de origen extranjero recomiendan para buenos resultados no sea superior a 1250 u/h.
Capacidades de los envases a llenar.	Desde 100cc hasta 1000cc.	Son los más utilizados en el mercado nacional.

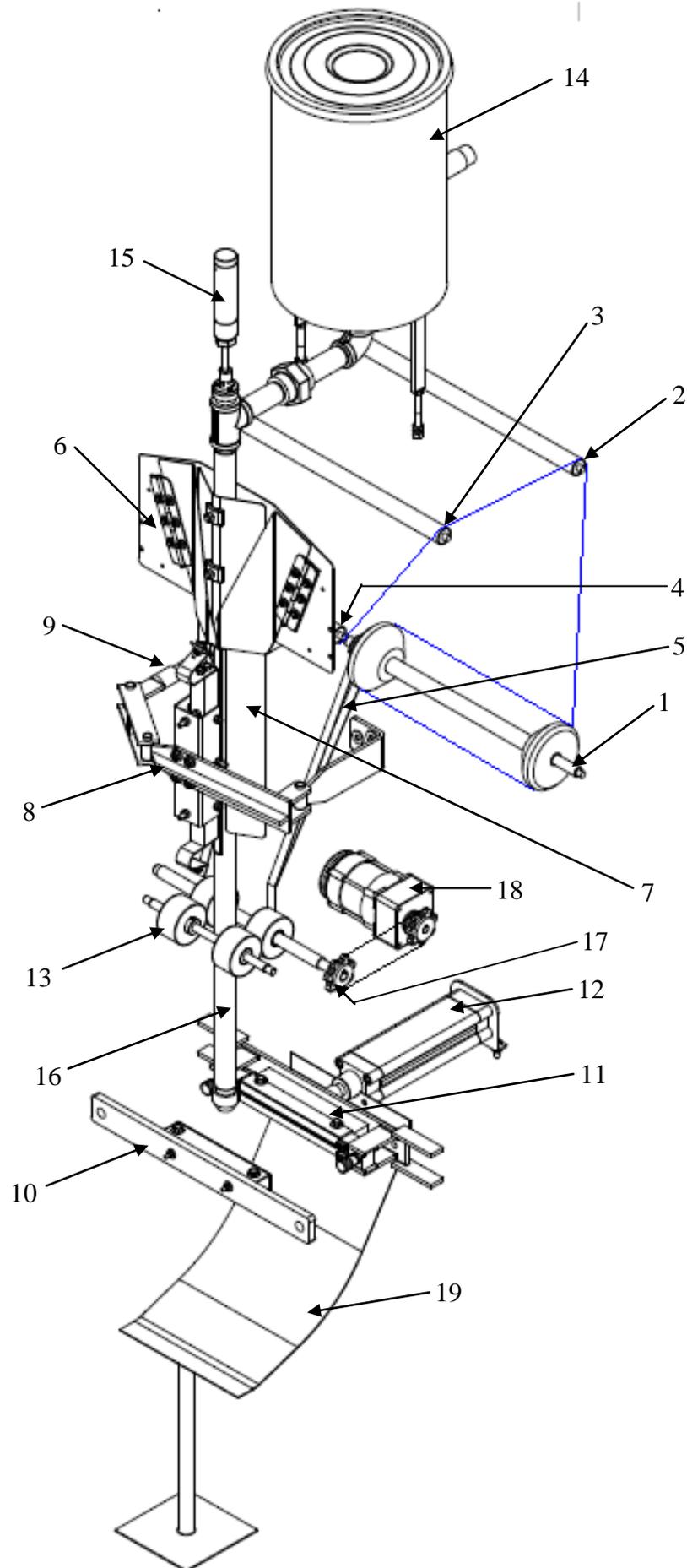


Figura 3.23: Esquema Funcional del Equipo

3.2.6 Descripción de funcionamiento del equipo

El proceso comienza por la colocación de la bobina de plástico en el eje de alimentación (1), el cual conjuntamente con los rodillos (2), (3) y (4), conforman el sistema de alimentación del material. Una parte fundamental del sistema de alimentación del material es la banda de frenado (5), la cual tiene por función evitar que el plástico gire debido a la inercia existente.

El sistema de moldeo (6), (7), constituyen otra parte importante del equipo cuya función es producir los dobleces longitudinales de la funda para su posterior sellado. El ángulo de entrada del material es un parámetro importante ya que de él dependerá la correcta formación de la funda.

El mecanismo de sellado vertical (8), será accionada por el cilindro neumático (9), el cual entrega la fuerza necesaria para producir el sellado vertical por medio del contacto con el tubo de dosificado (16).

El elemento de corte y sellado horizontal (11), es accionado por el cilindro neumático (12), que al entrar en contacto con el elemento fijo (10), produce el corte y sellado de la funda.

El arrastre del plástico se logra por medio de los rodillos (13), que son accionados por un sistema catarina - cadena (17), acoplado a un motor eléctrico (18).

Mediante el cilindro neumático (15), acoplado a una barra controladora de dosificado que permite la apertura o cierre del líquido, el cual está almacenado en un dosificador isobárico (14). Finalmente el producto se desliza a través de la rampa (19), hacia un recipiente.

El equipo automático está constituido de la siguiente manera:

- 1.- Bancada y elementos de guiado del plástico.
- 2.- Sistema de sellado y corte horizontal.
- 3.- Sistema de arrastre del plástico.
- 4.- Sistema de sellado vertical.

5.- Alas de moldeo o conformado del plástico.

6.- Sistema de dosificado.

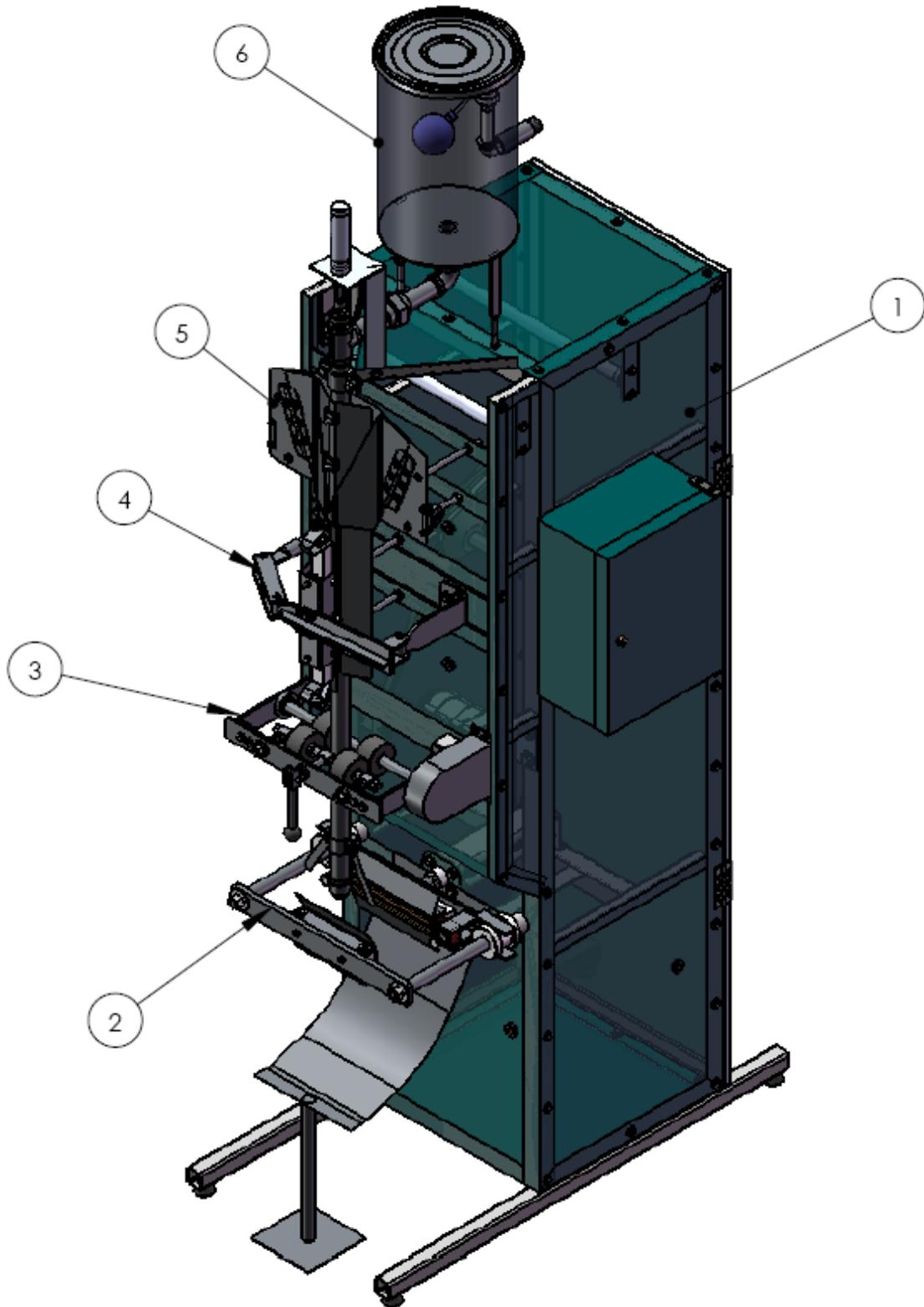
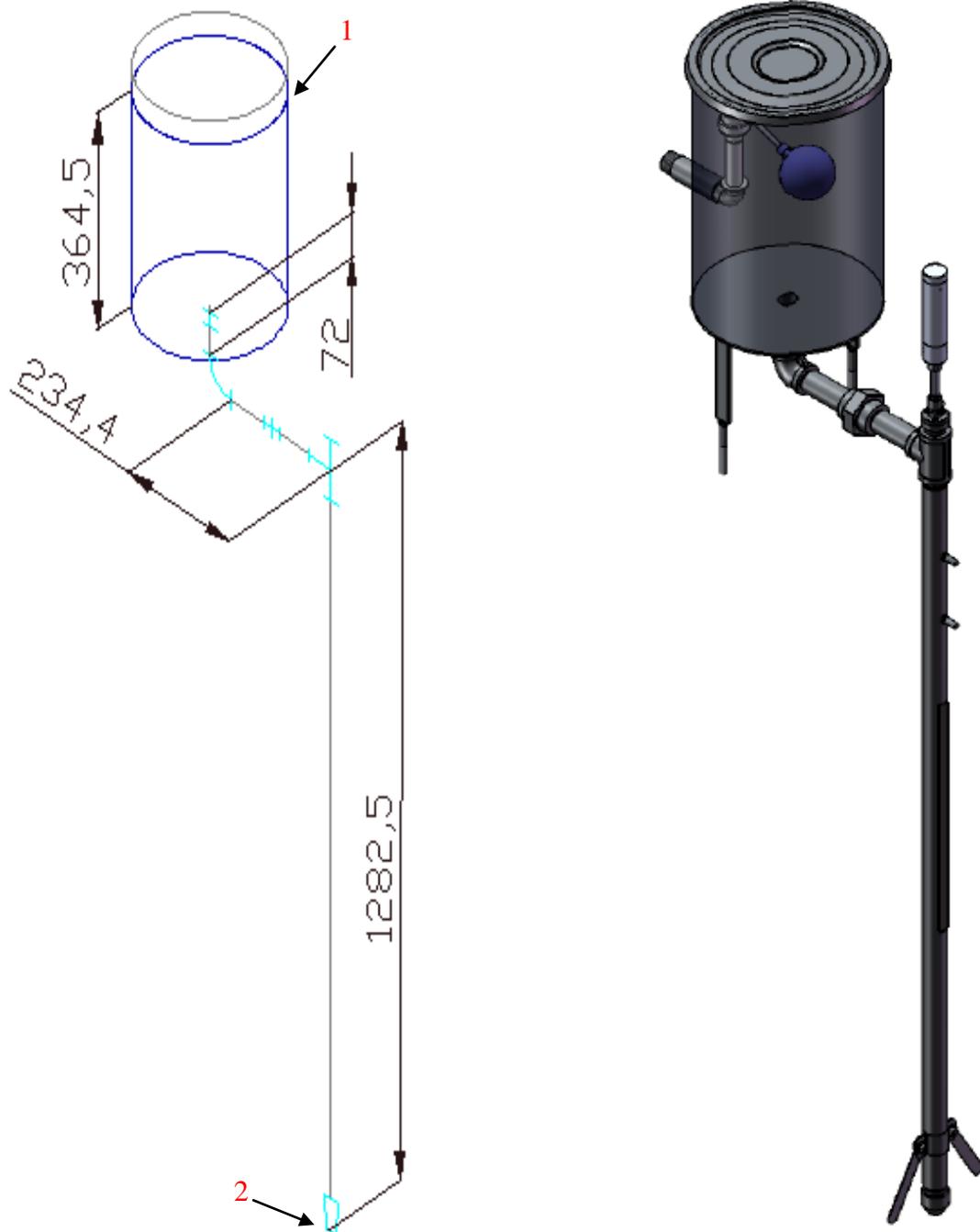


Figura 3.24: Esquema General del Equipo Automático

3.3 Diseño hidraulico [3]

3.3.1 Determinación de caudales, tuberías y accesorios



(Medidas en mm)

Figura 3.25: Sistema de Dosificación

Balance de energías mecánicas:

$$E_{Enrada} = E_{Salida} \quad (1)$$

Desarrollando:

$$\begin{aligned} \frac{P_1}{\rho} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + H_{r1-2} &= \frac{P_2}{\rho} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \\ Z_1 + H_{r1-2} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} &= Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \\ H_{r1-2} &= Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2}{2g} \\ H_{r1-2} &= 1,785 + \frac{V_2^2}{2g} \end{aligned} \quad (2)$$

Donde: E_1 = Energía que posee el fluido en el punto 1. E_2 = Energía que posee el fluido en el punto 2. $\frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho} = 0$ Diferencia de cabezas de presión en m $P_1 = P_2$ A presión atmosférica $V_1 = 0$ El nivel del dosificador se considera constante en el sistema. $Z_2 - Z_1 = 1,785$ m Diferencia de cabezas de elevación en m. ρ = Peso específico del fluido en N/dm^3 g = Gravedad en m/s^2 H_{r1-2} = Pérdidas de energía en m.

Tabla 3.9: CARACTERÍSTICAS DE LOS LÍQUIDOS A SELLARSE TÉRMICAMENTE (20°C).

BEBIDAS		Densidad ($\frac{kg}{m^3}$)	Viscosidad dinámica (cP)	Viscosidad cinemática ($\frac{m^2}{s}$)
No alcohólicas				
Lácteas	leche	1028	1,2	$1,17 \cdot 10^{-6}$
	yogur	1035	1,5	$1,45 \cdot 10^{-6}$
Refrescantes	bebidas saborizadas	1008	1,1	$1,09 \cdot 10^{-6}$
Aguas	Agua purificada	1000	1,02	$1,02 \cdot 10^{-6}$
Bebidas Naturales	Zumos y jugos de frutas.	1018	1,15	$1,13 \cdot 10^{-6}$
Alcohólicas				
	Vinos	1008	1,1	$1,09 \cdot 10^{-6}$

Perdidas de energía.

$$H_{r1-2} = H_{rp} + H_{rs} + \frac{L}{2g} \frac{V^2}{D} + \frac{\Sigma V^2}{2g} \quad (3)$$

Tabla 3.10: PÉRDIDAS EN ACCESORIOS (ANEXO 1, ANEXO 2).

Pérdidas primarias	K
Salida del dosificador	0,5
Unión	0,07
Codo (90°)	0,66
Universal	0,07
Para T	1,32
Reducción	0,45

Donde: $H_{r1\ 2}$ = Pérdidas de energía m.
 H_{rp} = Pérdidas primarias m.
 H_{rs} = Pérdidas secundarias m.
 L = 1,489 m Longitud total de tubería m.
 V = Velocidad media en la tubería en m/s.
 f = Factor de fricción, adimensional.

El factor de fricción está en función del número de Reynolds que es el cual determina el tipo de flujo como se indica a continuación:

Número de Reynolds:

$$R_e = \frac{Q D}{A_{tubo}} \quad (4)$$

Donde: N_R = Número de Reynolds, adimensional.
 D = Diámetro interior de la tubería en m.
 μ = Viscosidad Cinemática = $1,17 \cdot 10^{-6}$ m²/s (para leche).
 Q = Caudal en m³/s.

Para aplicaciones prácticas tenemos lo siguiente:

$N_R < 2000$	Flujo laminar
$N_R > 4000$	Flujo turbulento
$2000 < N_R < 4000$	Región Crítica

Caudal:

$$Q = v A_{tub} \quad (5)$$

Donde: Q = Caudal en m³/s.
 v = Velocidad media en la tubería en m/s.
 A_{tub} = Área interior de la tubería en m².

Rugosidad Relativa

$$\frac{D}{\epsilon} \quad (6)$$

Donde: ϵ = Rugosidad absoluta de la tubería en m. (Anexo 3)

De las Ec. (2) y Ec. (3):

$$Q^2 = \frac{1,489}{4} \frac{0,0324^2}{0,0324^2} + \frac{2,62}{4} \frac{0,0324^2}{0,0324^2} + \frac{0,45}{4} \frac{0,015^2}{0,015^2} \quad 1,785 \quad 2 \quad 9,8$$

$$Q = \sqrt{\frac{34,986}{43778,378} \cdot 18264388,15}$$

Se asume: $\epsilon = 0,02$

$$Q = 0,001326 \frac{m^3}{s} = 1,326 \frac{l}{s}$$

De la Ec. (4):

$$R_e = 44488,459$$

$$D = 1 \text{ plg}$$

Material Acero Inoxidable 304

$$\frac{\epsilon}{D} = 0,047$$

Con:

$$\frac{\epsilon}{D} = 0,047$$

$$R_e = 83451,963$$

El ϵ observado es

$$\epsilon_{\text{observado}} = 0,032 \text{ (Anexo 4)}$$

$$\epsilon_{\text{observado}} = \epsilon_{\text{asumido}}$$

Se asume: 0,032

$$Q = 0,001327 \frac{m^3}{s} = 1,327 \frac{l}{s}$$

El observado es:

$$Q_{\text{observado}} = 0,032$$

$$Q_{\text{observado}} = Q_{\text{asumido}}$$

Tabla 3.11: RESULTADOS DE CAUDAL PARA VARIOS LÍQUIDOS

BEBIDAS		Caudal (l/s)
No alcohólicas		
Lácteas	Leche	1,327
	Yogur	1,318
Refrescantes	Bebidas saborizadas	1,329
Aguas	Agua Purificada	1,329
Bebidas Naturales	Zumos y jugos de Frutas.	1,328
Alcohólicas		
	Vinos	1,329

Se observa que el caudal permanece constante, las variaciones son mínimas por lo cual se predice que el equipo podrá enfundar cualquiera de los líquidos indicados sin necesidad de hacer cambios en los tiempos de llenado.

Tabla 3.12: ELEMENTOS SELECCIONADOS PARA EL EQUIPO

Elementos	Cantidad
Unión 1 plg	1
Codo (90°) 1 plg	1
Universal 1 plg	1
T 1 plg	1
Reducción 1 plg	1
Tubería inoxidable de 1 plg	1,5m

3.3.2 Diseño del recipiente alimentador o dosificador

De la variedad de dosificadores existentes se opta por construir un dosificador ISOBARICO por ser el más recomendado para el manejo de líquidos.

Se toma como suficiente para la construcción del dosificador una plancha de acero inoxidable de 1mm, mediante el uso de Cosmos Works se puede indicar como se comporta la presión en el dosificador.

El líquido ejerce una presión hidrostática que varía linealmente con la profundidad. Se aplica una presión con variación lineal ($p(y) = \tilde{\gamma} \cdot y$) a todas las caras internas del dosificador por debajo de la superficie del líquido, donde y se refiere a la distancia vertical medida desde la superficie del líquido.

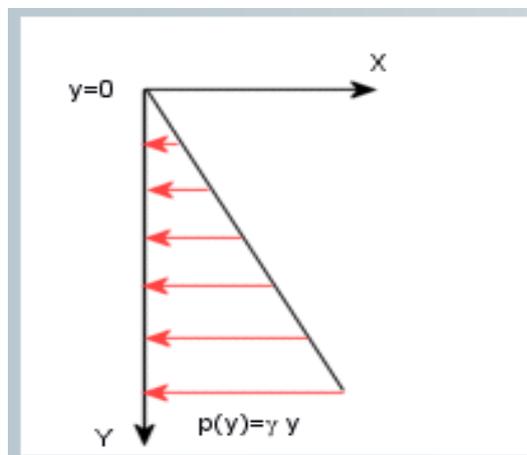


Figura 3.26: Presión Hidrostática

La configuración anterior representa la ecuación $p(y)=0,001 \cdot y$, donde el factor numérico representa la gravedad específica del fluido. La presión es normal a las caras seleccionadas y comienza en cero en la parte superior del dosificador y alcanza su punto máximo en la parte inferior del mismo. La distribución de la presión puede representarse esquemáticamente de la siguiente manera:

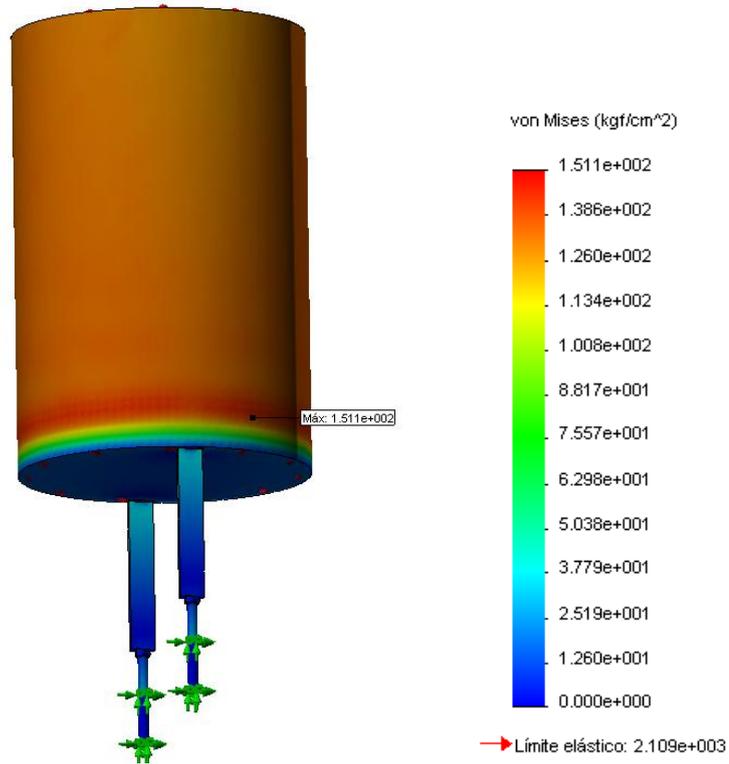


Figura 3.27: Distribución de Presiones

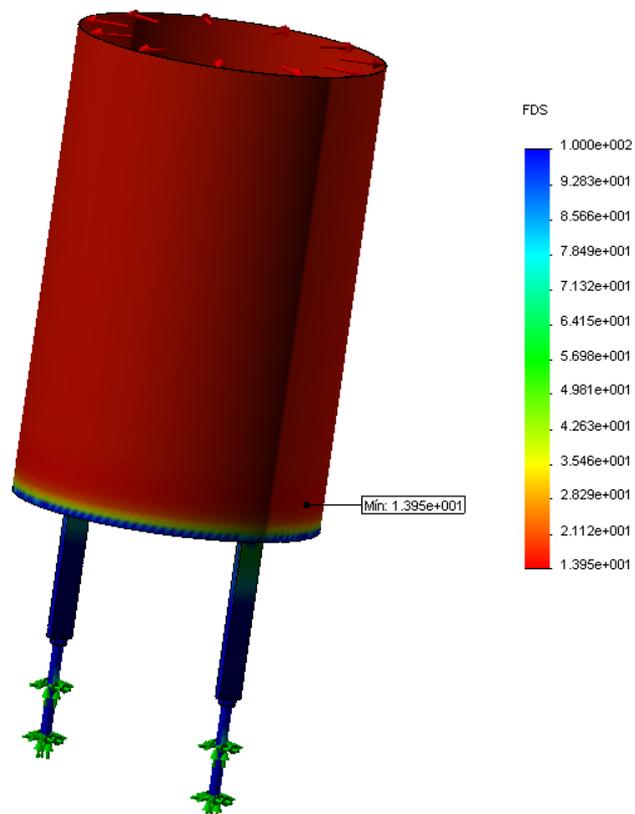


Figura 3.28: Distribución del Factor de Seguridad (FDS)

3.3.3 Control del nivel en el dosificador

El mantener el nivel de líquido constante en el dosificador permite garantizar que las variaciones de presión sean mínimas con lo cual se logra un volumen constante en el producto final por lo tanto es de gran importancia la selección de un elemento que permita controlar dicho parámetro de una forma adecuada y que cumpla con las normas sanitarias. Tomando en cuenta costos, facilidad instalación y mantenimiento. Se opta por utilizar una boya flotadora.

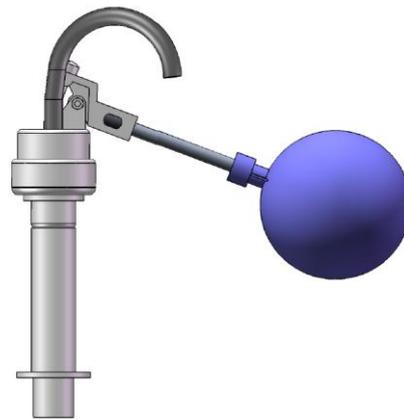


Figura 3.29: Boya Flotadora

3.4 Diseño mecánico

3.4.1 Diseño del sistema de sellado y corte horizontal [4]

Existen varias opciones para realizar el sellado y corte horizontal del plástico, se ha tomado el mecanismo que se indica en la figura debido a la facilidad de construcción, control y además de ser económicamente rentable.

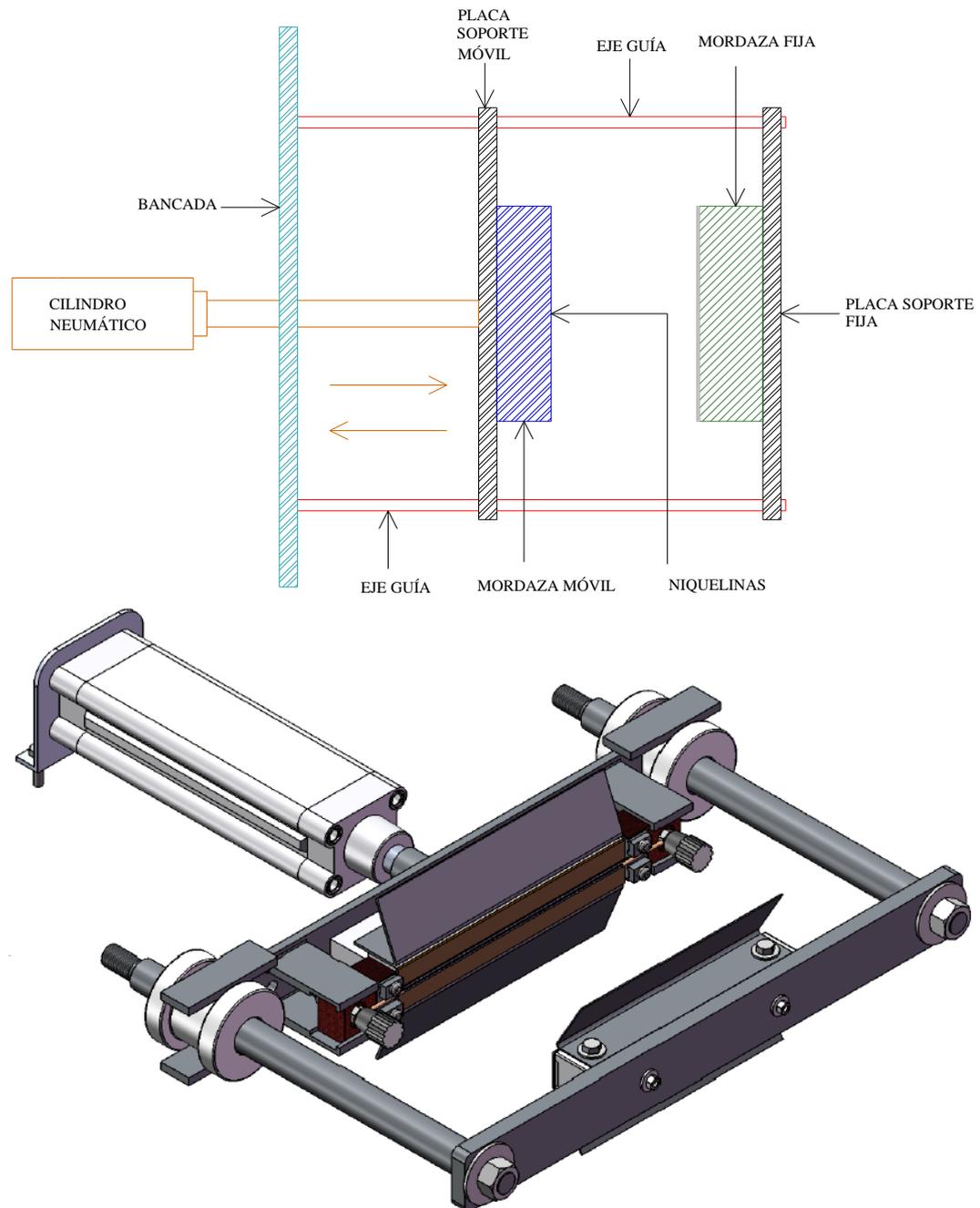


Figura 3.30: Sistema de Sellado y Corte Horizontal

El prensado y corte se realiza mediante un cilindro neumático el cual desplaza la placa móvil y la mordaza de corte y sellado, los elementos mecánicos deben ser diseñados adecuadamente para soportar la fuerza que proporcione el cilindro, el cilindro debe ser seleccionado para ser capaz de realizar el proceso de corte y sellado adecuadamente.

Mediante pruebas realizadas se ha determinado que la fuerza necesaria para producir una deformación en el plástico que sirve para en envase es de aproximadamente 150 lbf, esta fuerza será la más importante en el diseño de este sistema.

A. Diseño de la placa soporte fija

$$F=150 \text{ lbf} = 68,02 \text{ kgf}$$

Peso de la mordaza fija

$$W_p = 2,50 \text{ lbf} = 1,134 \text{ kgf}$$

Como se aprecia el peso de la mordaza fija de corte y sellado horizontal es extremadamente bajo en relación a la fuerza requerida, por lo cual se considerara dicho valor como despreciable.

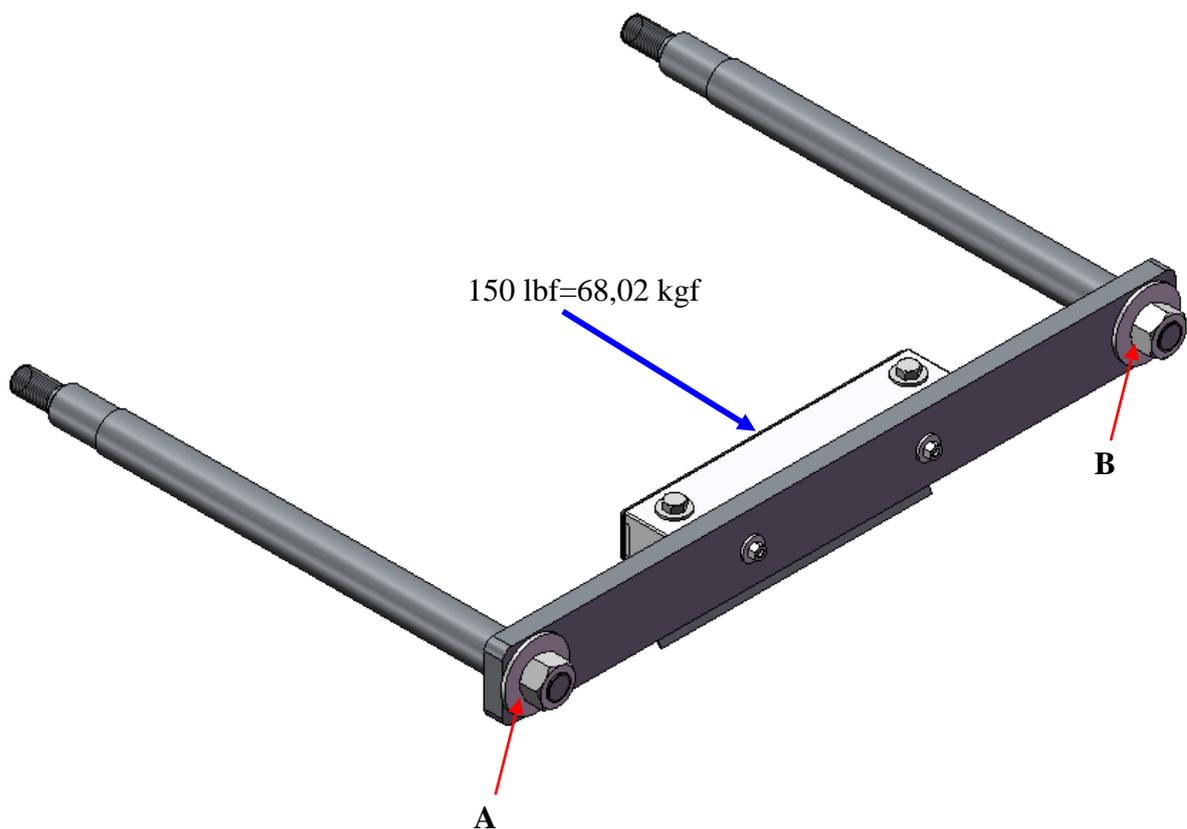


Figura 3.31: Mordaza Fija y Placa Soporte Fija

En los puntos A y B la placa deberá ser empotrada. La mordaza fija de corte y sellado horizontal y la placa soporte fija se unirán por medio de dos pernos W 5/8''.



Figura 3.32: Dimensiones de la Placa (mm)

La longitud que tiene la placa se ha obtenido en base al ancho que debe tener el envase y el espacio que ocupara la mordaza fija de corte y sellado horizontal, la altura ha sido impuesta en base a la dimensiones que ocupa la mordaza fija de corte y sellado horizontal

Análisis de de fuerzas en la placa.

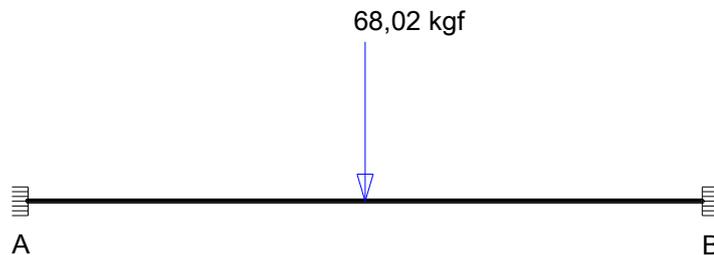


Diagrama de Cuerpo Libre.

$$R_A = 34,01 \text{ kgf}$$

$$R_B = 34,01 \text{ kgf}$$

$$M_A = -355,404 \text{ kgf.cm}$$

$$M_B = 355,404 \text{ kgf.cm}$$

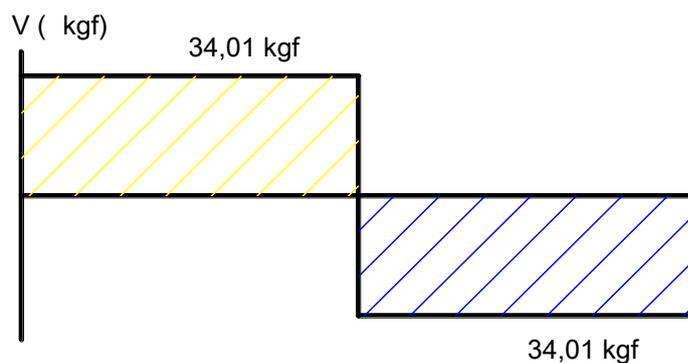


Diagrama de Cortante.

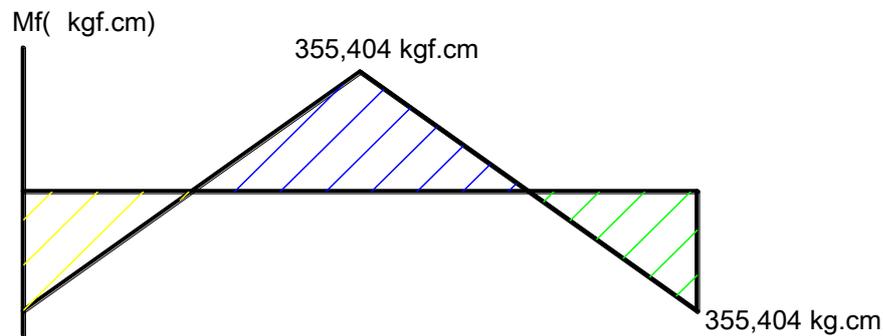


Diagrama de Momentos Flectores.

Se diseña en los puntos A o B debido a ser mayor la concentración de tensiones. El material de la placa es de acero inoxidable 304.

$$S_y \quad 2109,208 \frac{kg}{cm^2} \quad 30kpsi \quad 207MPa \quad (\text{Anexo 5})$$

$$Sut \quad 5624,55 \frac{kg}{cm^2} \quad 80Kpsi \quad 552MPa$$

Diseño estático

Aplicando Tresca:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{4} + \tau_{xy}^2} \leq \frac{S_y}{n} \quad (7)$$

Donde: ■ Esfuerzos a los que esta sometido el elemento (flexión y/o axial) en $\frac{kg}{cm^2}$

■ Esfuerzos cortantes a los que esta sometido el elemento (torsión y/o corte) en $\frac{kg}{cm^2}$

La placa soporte fija se encuentra sometido a esfuerzos únicamente de flexión:

$$\sigma_f = \frac{M \cdot C}{I} \quad (8)$$

Donde: M Momento flector máximo en $kgf \cdot cm$

$$C = \frac{h}{2}$$

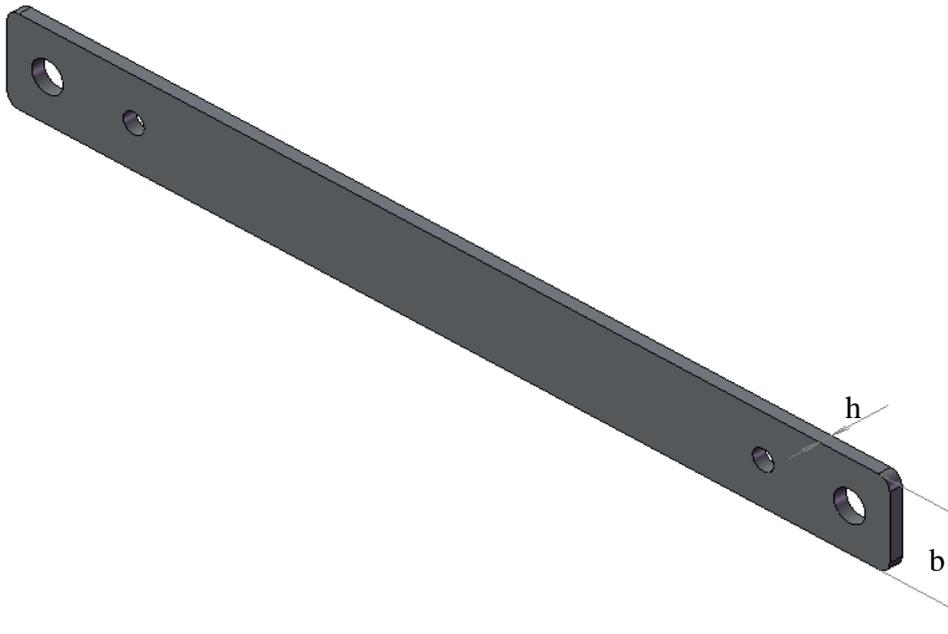


Figura 3.33: Placa Soporte Fija

$$I = \frac{b h^3}{12} \quad (9)$$

Reemplazando los datos en la Ec.(8):

$$\blacksquare_f \frac{355,404 \frac{a}{2}}{\frac{b a^3}{12}} = \frac{2132,424}{b a^2}$$

De Ec.(7) y Ec.(8)

$$\blacksquare_{eq} \sqrt{\frac{2132,424^2}{b a^2}} = \frac{2109,208}{2}$$

Si tomamos el punto A o B por ser más crítico se tiene un nuevo valor en **b** ya que se deberá tomar en cuenta el diámetro del agujero.

Si $d_{\text{agujero}} = 1,57 \text{ cm}$ entonces:

$$b = (4,65 - 1,57) \text{ cm} = 3,08 \text{ cm}$$

$$\frac{2132,424}{3,08 a^2} = 1054,604$$

$$\frac{692,345}{a^2} = 1054,604$$

$$a = 0,810\text{cm} = 0,318\text{plg}$$

Se toma una placa de espesor $a = \frac{1}{2}\text{plg} = 1,27\text{cm}$ existente en el mercado:

$$\frac{692,345}{a^2} = 1054,604$$

$$\frac{692,345}{1,27^2} = \frac{2109,208}{n}$$

$$n = 4,9 \text{ ok}$$

Se puede observar que el coeficiente de seguridad es alto por lo que este se encuentra sobre diseñado y esto se debe a que en el mercado solo existen medidas estándar siendo lo más conveniente elegir una placa de esas medidas existentes en el mismo.

Verificación a diseño dinámico

Para el análisis dinámico la fuerza de sellado y corte fluctúa de 0 a 68,03 kgf

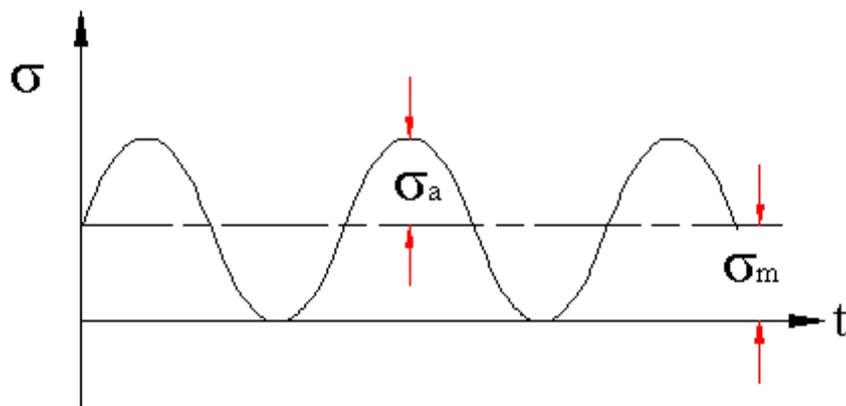


Figura 3.34: Fluctuación a Fatiga

$$m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (10)$$

$$a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (11)$$

- Donde:
- _m Es la tensión media en $\frac{kgf}{cm^2}$
 - _a Es la tensión alternante en $\frac{kgf}{cm^2}$
 - _{max} Tensión máxima en $\frac{kgf}{cm^2}$
 - _{min} Tensión mínima en $\frac{kgf}{cm^2}$

Por lo tanto:

De la Ec.(8):

$$\blacksquare_{\max} = \frac{355,404 \frac{a}{2}}{\frac{b a^3}{12}} = \frac{2132,424}{b a^2}$$

$$\blacksquare_{\min} = 0 \text{ Porque su fuerza fluctuante es } 0 \text{ kgf}$$

Por lo tanto:

$$\blacksquare_a = \blacksquare_m = \frac{2132,424}{2 b a^2} = \frac{1066,212}{b a^2}$$

Cálculo del límite de fatiga.

$$S_e = k S_e \quad (12)$$

Tomando en cuenta los factores de modificación de la tensión de resistencia a la fatiga:

$$S_e = k_o k_f k_s k_r k_t k_m S_e \quad (13)$$

Donde: S_e Límite de fatiga experimental en condiciones ideales.

k_o Factor de concentración de tensiones.

k_f Factor de acabado superficial.

k_s Factor de tamaño.

k_r Factor de confiabilidad.

k_t Factor de temperatura.

k_m Factor de efectos varios.

$S_e = 0,5 \text{ Sut}$ Para flexión y vida infinita.

$$S_e = 0,5 \cdot 5624,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 2812,275 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$k_o = \frac{1}{K_F}$$

Donde: K_F factor de concentración de tensiones a fatiga.

$$K_F = 1 + q_n \cdot K_c - 1$$

Donde: K_c factor de concentración de tensiones.

q_n factor de sensibilidad de entalla.

$$\frac{d}{b} = \frac{16,50}{46,50} = 0,355$$

$$\frac{d}{h} = \frac{16,50}{6,35} = 2,598$$

$$K_c = 1,55 \text{ (Anexo 6)}$$

$$q_n = 1 \text{ (Anexo 7)}$$

$$K_F = 1 + 1 \cdot 1,55 - 1 = 1,55$$

$$k_o = \frac{1}{1,55} = 0,645$$

$$k_f = 1 \text{ (Para superficie pulida) (Anexo 8)}$$

$$d_e = 0,808 \cdot b \cdot h^{1/2}$$

$$d_e = 0,808 \cdot 12,7 \cdot 46,5^{1/2} = 16,635 \text{ mm}$$

$$k_s = \frac{d_e^{0.107}}{7,62}$$

$$k_s = \frac{16,635^{0.107}}{7,62} = 0,919 \text{ (Anexo9)}$$

$$k_r = 0,90 \text{ (Para una confiabilidad del 90%)(Anexo10)}$$

$$k_t = 1 \text{ (Para una temperatura de } 20^\circ\text{C) (Anexo11)}$$

$$k_m = 1 \text{ (Anexo 12)}$$

$$S_e = 0,645 \cdot 1 \cdot 0,937 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2812,275 \frac{kgf}{cm^2} = 1529,765 \frac{kgf}{cm^2}$$

Aplicando el criterio Goodman vida infinita

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (14)$$

Donde: S_e Límite de fatiga modificado

S_{ut} Resistencia a la rotura por tracción

n Factor de seguridad

σ_m Tensión media

σ_a Tensión alternante

$$\sigma_a = \frac{2132,424}{2} = 1066,212; \quad \text{para: } b=3,08 \text{ cm y } a=1,27 \text{ cm}$$

$$\sigma_m = \frac{1066,212}{3,08} = 214,627 \frac{kgf}{cm^2}$$

De Ec.(14):

$$\frac{214,627}{1500,291} + \frac{214,627}{5624,55} = \frac{1}{n}$$

Se tiene un coeficiente de seguridad de:

$$n = 5,5$$

B. Mordaza fija de corte y sellado

Las dimensiones de la mordaza fija de corte y sellado horizontal están en función del ancho máximo que debe tener la funda, el espacio que ocuparan las niquelinas y elementos para la conexión de las mismas, estas se encuentran en los respectivos planos.

C. Diseño de ejes guías

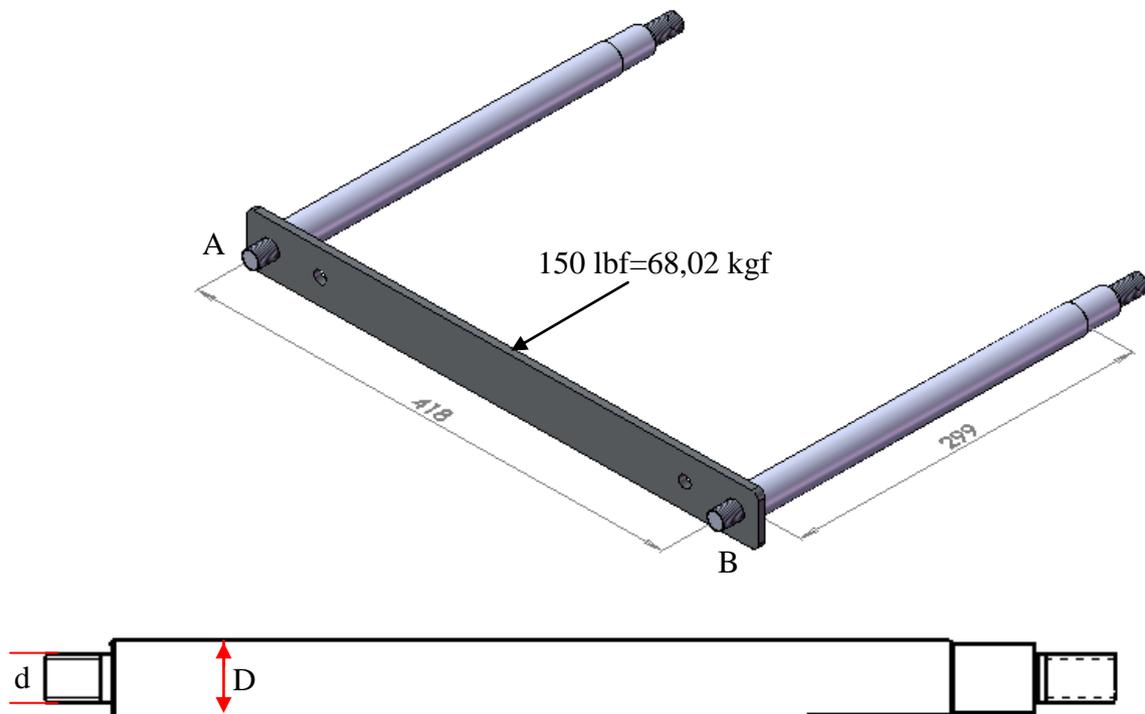


Figura 3.35: Ejes Guías (medidas en mm)

Peso total de las placas incluido la mordaza fija de corte y sellado horizontal

$$W_p = 6 \text{ lbf (placa)}$$

$$W_n = 4 \text{ lbf (mordaza fija)}$$

$$W_{\text{total}} = 10 \text{ lbf} = 4,54 \text{ kgf}$$

Como se aprecia los pesos combinados de la placa fija y mordaza y demás elementos es bajo con relación a la fuerza de prensado por lo cual dichos pesos serán obviados en el diseño.

El diseño se realizará en el punto de menor diámetro (d) y se tomara un diámetro mayor (D) a partir de este.

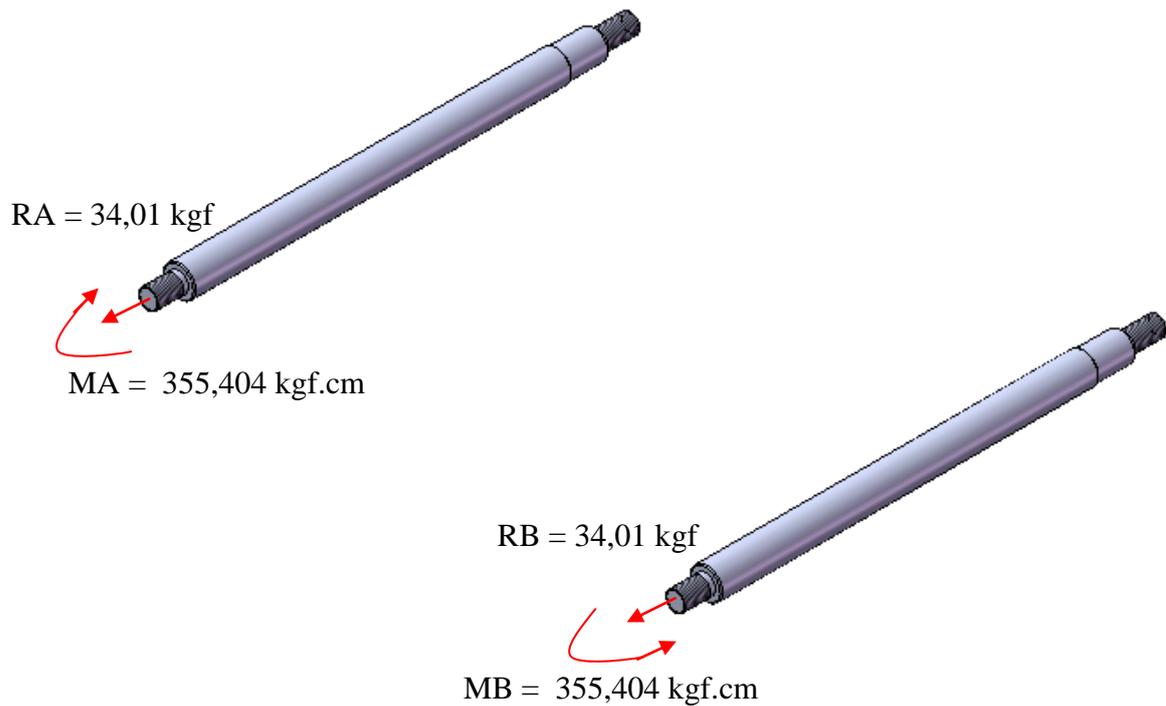


Figura 3.36: Fuerzas Actuantes en los Ejes Guías

Como se observa los dos ejes están sometidos a los mismos tipos de esfuerzos por lo cual es necesario diseñar solo uno de ellos.

El elemento se halla sometido a esfuerzos de tracción y un momento flector constante. El material de con el que se construirá los ejes es acero inoxidable 304.

$$S_y \quad 2109,208 \frac{kg}{cm^2} \quad 30kpsi \quad 207MPa \quad (\text{Anexo 5})$$

$$S_{ut} \quad 5624,55 \frac{kg}{cm^2} \quad 80kpsi \quad 552MPa$$

Diseño estático.

$$\sigma_{trac} = \frac{F}{A} \quad (15)$$

Donde: F es la fuerza aplicada al elemento (RA o RB) en Kg.

A es el área perpendicular a la fuerza en cm^2 .

$$\sigma_{trac} = \frac{34,01}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{43,303}{d^2}$$

Flexión en eje circular.

$$\sigma_f = \frac{32 M_f}{\pi d^3} \quad (16)$$

Donde: M_f Momento flector máximo en $kgf \cdot cm$

d Es el diámetro de eje.

$$\sigma_f = \frac{32 \cdot 355,404}{\pi d^3} = \frac{3620,115}{d^3}$$

Aplicando Ec.(7):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 4\sigma_{xy}^2}{n}} \cdot \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{3620,115^2}{d^6} + \frac{43,303^2}{d^4}} \cdot \frac{2109,208}{2} = 1054,604$$

$$d = 1,518cm = 15,18mm$$

Por lo tanto para el diámetro mayor se tomara de:

$$D = 2,54cm = 25,4mm \quad 1plg$$

Verificación a diseño dinámico.

En este análisis serán fluctuantes:

$$R_A = R_B = 0 \text{ a } 34,01 \text{ kgf}$$

$$M_A = M_B = 0 \text{ a } 355,404 \text{ kgf.cm}$$

De la Ec.(10) y Ec.(11):

$$m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_{\min} = 0$$

Por lo tanto

$$\sigma_a \quad \sigma_m \quad \sigma_{\max}$$

Tracción.

$$\sigma_m = \sigma_a \frac{F}{A} = \frac{34,01}{4} \frac{d^2}{2} = \frac{21,651}{d^2}$$

Flexión.

$$\sigma_m = \sigma_a \frac{32 M_f}{d^3} = \frac{32 \cdot 355,404}{2} \frac{1}{d^3} = \frac{1810,057}{d^3}$$

Cálculo del límite de fatiga

$$S_e = k S_e'$$

Tomando en cuenta los factores de modificación de la tensión de resistencia a la fatiga:

$$S_e = k_o k_f k_s k_r k_t k_m S_e'$$

$$S_e = 0,5 \cdot 5624,55 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 2812,275 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$k_o = \frac{1}{K_F}$$

$$K_F = 1 + q_n K_c = 1$$

$$\frac{D}{d} = \frac{25,4}{11,518} = 2,205$$

Si se toma para el diseño un radio $r = 1\text{mm}$

$$\frac{r}{d} = \frac{1}{11,518} = 0,087$$

$$K_c = 1,9 \text{ (Anexo 6)}$$

$$q_n = 0,8 \text{ (Anexo 7)}$$

$$K_F = 1 + 0,8 \cdot 1,9 = 1,72$$

$$k_o = \frac{1}{1,72} = 0,581 \text{ (Anexo 8)}$$

De la tabla 2,97 se toma:

$$k_f = 1 \text{ (Para superficie pulida) (Anexo 9)}$$

$$k_s = \frac{d_e^{0,107}}{7,62}$$

$$k_s = \frac{15,18}{7,62}^{0.107} = 0,929$$

$k_r = 0.90$ (Para una confiabilidad del 90%) (Anexo 10)

$k_t = 1$ (Para una temperatura de 20°C) (Anexo) (Anexo11)

$k_m = 1$ (Anexo 12)

$$S_e = 0,581 \cdot 1 \cdot 0,929 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2812,275 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 1366,130 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Aplicando el criterio Goodman para vida infinita

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad \text{de Ec 14}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\sigma_{axa}^2 + f_a^2 + 4\sigma_{ca}^2 + T_a^2} \quad (17)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{\sigma_{axm}^2 + f_m^2 + 4\sigma_{cm}^2 + T_m^2} \quad (18)$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\frac{21,651}{d^2} + \frac{1810,057}{d^3} + 4\frac{21,651}{d^2} + \frac{1810,057}{d^3}}$$

Como:

$$d = 1,518 \text{ cm}$$

$$\sigma_{eqm} = \sigma_{eqa} = \frac{21,651}{1,518^2} + \frac{1810,057}{1,518^3} = 526,856 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

De Ec.(14):

$$\frac{526,856}{1366,130} + \frac{526,856}{5624,55} = \frac{1}{n}$$

Se tiene un coeficiente de seguridad de:

$$n = 2,086$$

D. Diseño de bocines de deslizamiento de la placa móvil

Para que un bocin de deslizamiento funcione correctamente se recomienda que el ancho del bocin sea mínimo de 2,5 a 3 veces que el diámetro del eje.

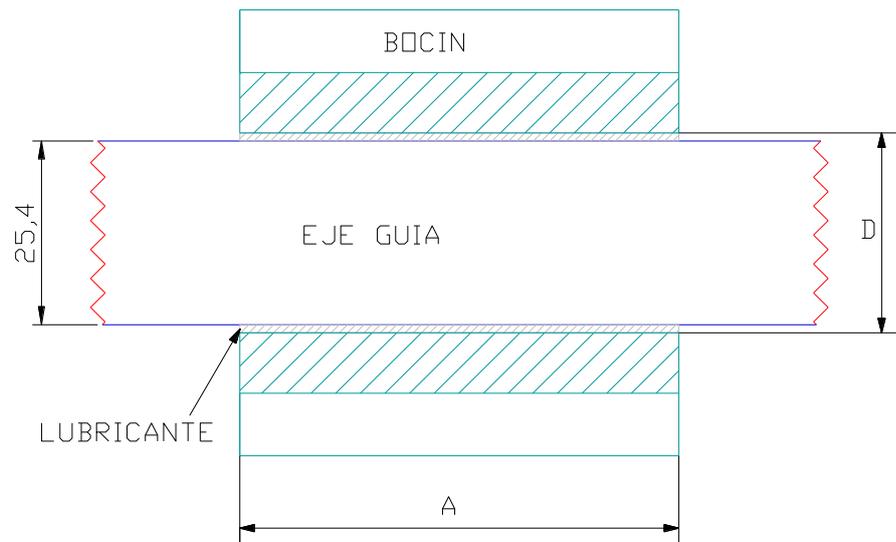


Figura 3.37: Bocines de Deslizamiento de la Placa Móvil

$A = 2,5 \times 25,4 \text{ mm} = 63,5 \text{ mm}$ (recomendado)

$D = 26 \text{ mm}$ debe ser ligeramente mayor al diámetro del eje guía y se recomienda lubricar para un mejor deslizamiento.

3.4.2 Diseño del sistema de moldeo de las envases de plástico

El sistema de moldeo de las envases de plástico es el encargado de realizar los dobleces necesarios en el plástico para posteriormente mediante las niquelinas formar las envases del mismo. El sistema esta constituido por una placa soporte que sirva para sostén de las alas de moldeo y de la placa soporte de moldeo. Las dimensiones de los elementos están en función del ancho de la funda de plástico.

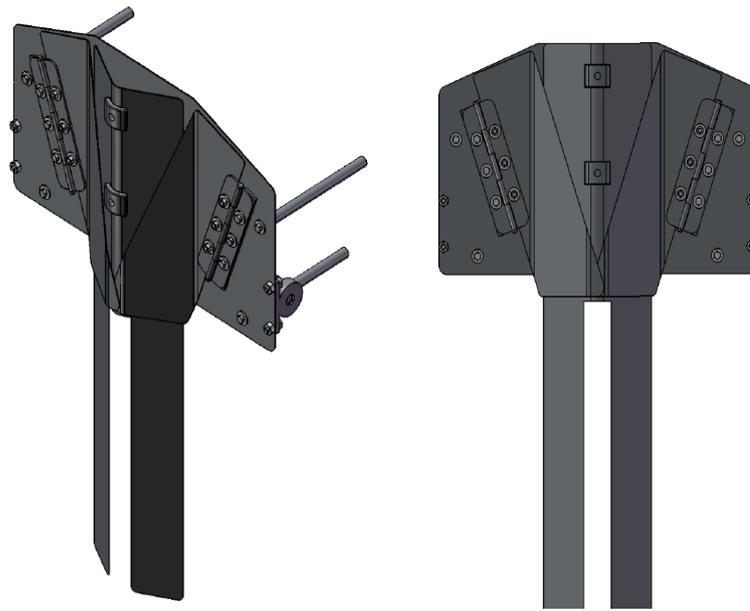


Figura 3.38: Alas de Moldeo o Conformado de la Funda

3.4.3 Diseño del sistema de arrastre del plástico

Entre las posibilidades para el arrastre del plástico se diseña un sistema por medio de rodillos de arrastre de caucho u otro material apropiado. Se selecciona este sistema debido a la facilidad de construcción además de ser económicamente rentable.

El sistema consiste en cuatro rodillos de caucho, los que deben estar unidos en grupos de dos en dos a una presión adecuada para el arrastre y evitar deformar el material, esta presión será transmitida por dos muelles. El movimiento de los ejes y por ende de los rodillos será proporcionado a través de un motor eléctrico.

El sistema de alimentación del plástico estará compuesto por un rodillo donde se colocara el rollo de plástico y un conjunto de ejes guías que permitirán el desplazamiento del mismo.

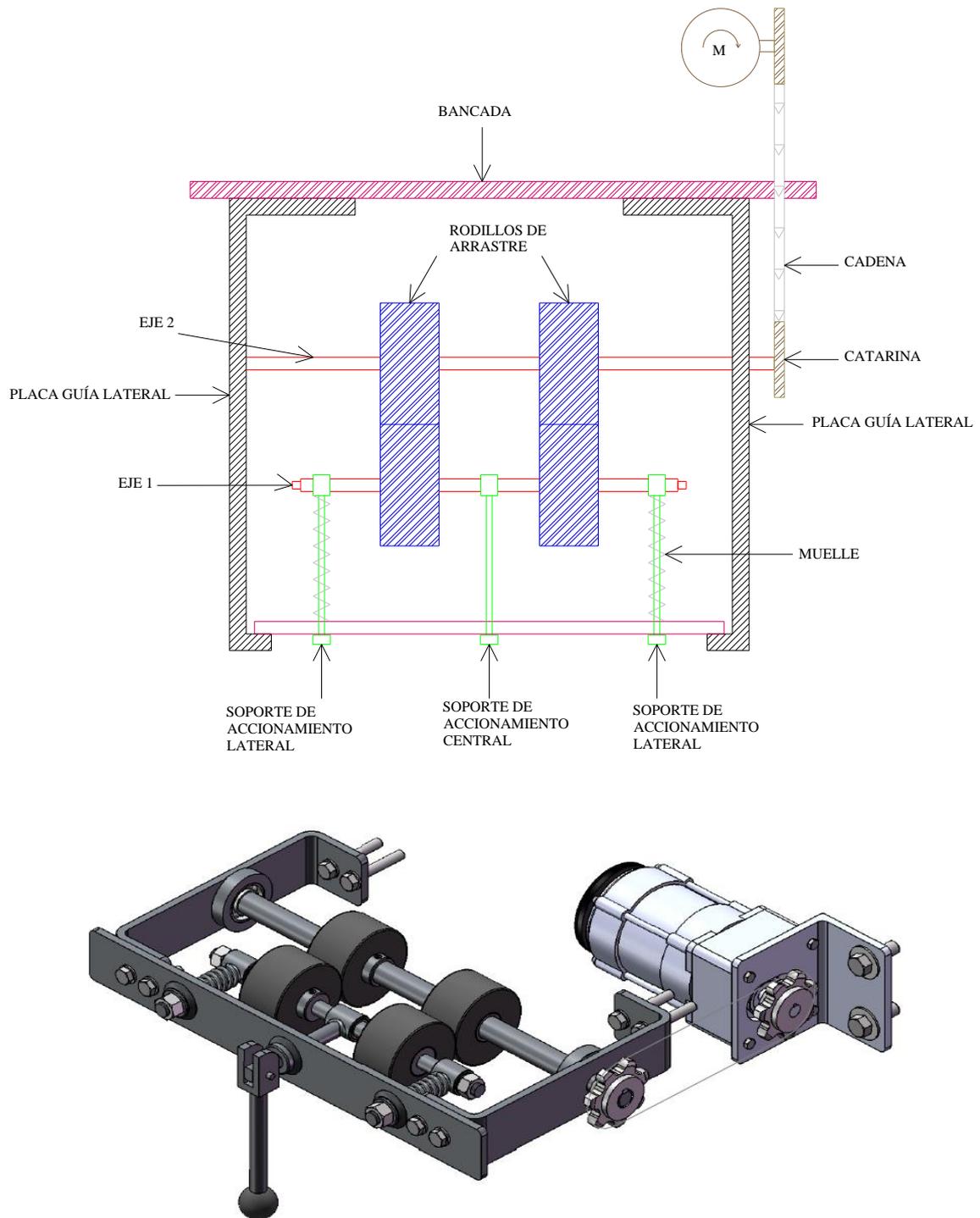


Figura 3.39: Sistema de Arrastre de Plástico

A. Cálculo de la potencia necesaria para el arrastre y selección del motor

Experimentalmente mediante la colocación de pesos se determinó que la fuerza mínima para lograr un arrastre adecuado del plástico es de 20 lbf = 9,072 kgf

El diámetro mínimo que deben tener los rodillos esta en función del diámetro del tubo de alimentación del fluido.

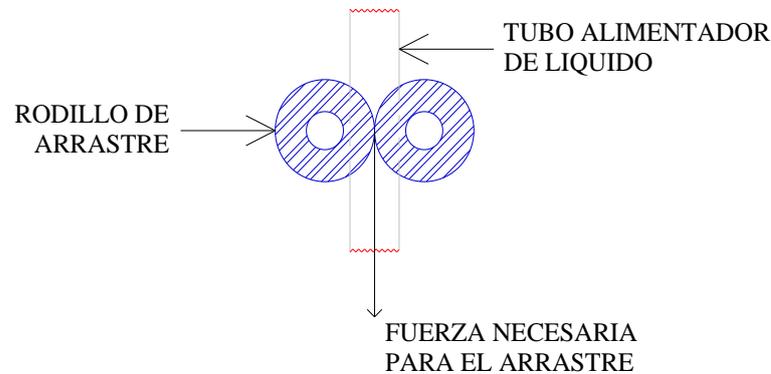


Figura 3.40: Arrastre del Plástico

El diámetro de los rodillos de arrastre se determina como suficiente de 6,8 cm, tomando en cuenta que se utilice como máximo un eje de 1plg y un tubo de 1 plg.

Se observa que la velocidad mínima de avance del plástico puede ser de 28 cm/s; si se logra una velocidad mayor sería provechoso ya que se tendrá mayor producción, sin embargo esta velocidad no debe ser tan elevada ya que sería difícil el control.

$$T = F r \quad (19)$$

Donde: T Torque en kgf cm
 F Fuerza de arrastre del plástico.
 r Radio del rodillo.

$$T = 9,072 \cdot 3,4 = 30,845 \text{ kgf cm} = 3,025 \text{ N m}$$

$$V = \omega r \quad (20)$$

Donde: V Velocidad de avance del plástico.
 r Radio del rodillo de caucho (3,4 cm).
 ω Velocidad angular del rodillo.

$$\blacksquare \frac{V}{r} = \frac{28 \frac{cm}{s}}{3,4 cm} = 8,235 \frac{rad}{s} = 78,64 \text{ rpm}$$

$$\text{Donde: } \begin{matrix} P & T & N \\ N & 8,235 \frac{rad}{s} \\ P & 3,025 N \cdot m & 8,235 \frac{rad}{s} & 24,911 W \end{matrix} \quad (21)$$

De donde se adquirió un motor reductor de 56 W y 85 rpm

B. Selección de la cadena [5]

Como se observa las características del motor nos indica que se puede usar directamente sin realizar transmisión, sin embargo debido a no existir donde apoyar el motor, tomando en cuenta el peligro de que líquidos puedan tener contacto con el motor se decide poner el motor en la bancada, usando una relación de transmisión de 1, y realizando la transmisión por cadena.

Por motivos de espacio se tendrá:

$$C = 7,25 \text{ plg} = 18,415 \text{ mm}$$

Cálculo de la potencia de diseño.

$$H = K_s P \quad (22)$$

Donde: K_s Factor de servicio para cargas

H Potencia de diseño en hp

P Potencia del motor en hp

$$P = 56 W = 0,075 hp$$

$$K_s = 1 \text{ (Anexo14)}$$

$$H = 1 \cdot 0,075 hp = 0,075 hp \text{ (Dada por el motor).}$$

Con $H = 0,075hp$ y $N = 85rpm$ se selecciona:

Cadena ANSI N° 25 (Anexo15)

Cálculo de la máxima potencia soportada por la cadena.

$$H_r' = k_1 k_2 H_r \quad (23)$$

Donde: H_r' Potencia nominal totalmente corregida en hp

H_r Potencia nominal en hp

k_1 Factor de corrección para el número de dientes.

k_2 Factor para cadenas de cordones múltiples.

$$H_r = 0,078$$

Para una cadena de 20 dientes en la rueda dentada impulsora.

$$k_1 = 1,18 \text{ (Anexo16)}$$

$$k_2 = 1 \text{ (Para 1 condón) (Anexo17)}$$

$$H_r' = 1,18 \cdot 1 \cdot 0,078 \text{ hp} = 0,092 \text{ hp}$$

Cálculo la longitud de la cadena.

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{N_2 - N_1}{4} \frac{C}{p} \quad (24)$$

Donde: L Longitud de la cadena.

p Paso de la cadena en plg

C Distancia entre centros en plg

N_1 Número de dientes de la rueda menor.

N_2 Número de dientes de la rueda mayor.

$$\frac{L}{p} = \frac{2 \cdot 7,25 \text{ plg}}{0,25 \text{ plg}} + \frac{20 + 20}{2} + \frac{20 - 20}{4} \frac{7,25 \text{ plg}}{0,25 \text{ plg}} = 78 \text{ pasos}$$

En general:

$$\frac{C}{20} = 80 \text{ pasos}$$

$$\frac{7,25 \text{ plg}}{0,25 \text{ plg}} = 29 \text{ pasos}$$

Cálculo del diámetro.

$$D = \frac{C}{\text{Sen } 180/N} \quad (25)$$

Donde: D Diámetro de paso en plg
 ■ Paso de la cadena en in. (Anexo 13)
 N Número de dientes de la rueda dentada

$$D = \frac{0,25 \text{ plg}}{\text{Sen } 180/20} = 1,603 \text{ plg} = 40,716 \text{ mm}$$

Cálculo de la velocidad.

$$V = \frac{N \cdot n}{12} \quad (26)$$

Donde: V Velocidad en *pie*/min
 ■ Paso de la cadena en plg
 N Número de dientes de la rueda dentada.
 n Velocidad de la rueda en rpm

$$V = \frac{20 \cdot 0,25 \cdot 85}{12} = 35,417 \frac{\text{pie}}{\text{min}} = 17,992 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Cálculo de la tensión de la cadena.

$$P \cdot T \cdot \frac{33000}{V} = T \quad (27)$$

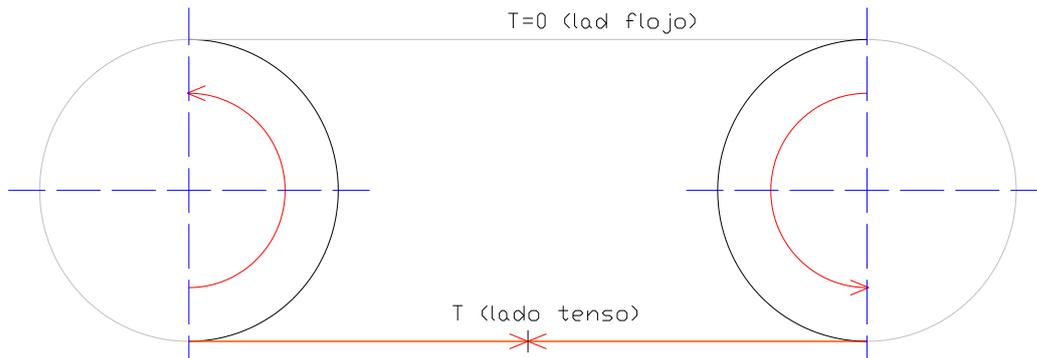


Figura 3.41: Tensiones en la Cadena

Donde: T Tensión en lbf.

P Potencia entregada por el motor a la cadena en hp

V Velocidad de la cadena en $\frac{pie}{min}$

$$T = \frac{33000 \cdot 0,075}{35,417} = 69,881 \text{ lbf} \quad 31,697 \text{ kgf}$$

Cálculo del torque transmitido.

$$\blacksquare T = \frac{D}{2} \quad (28)$$

Donde: \blacksquare Torque en lbf.plg

T Tensión en lbf.

D Diámetro de paso en in.

$$\blacksquare 34,941 \text{ lbf} \cdot \frac{3,196 \text{ plg}}{2} = 111,673 \text{ lbf} \cdot \text{plg} = 64,531 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

C. Diseño del eje 2 [6]

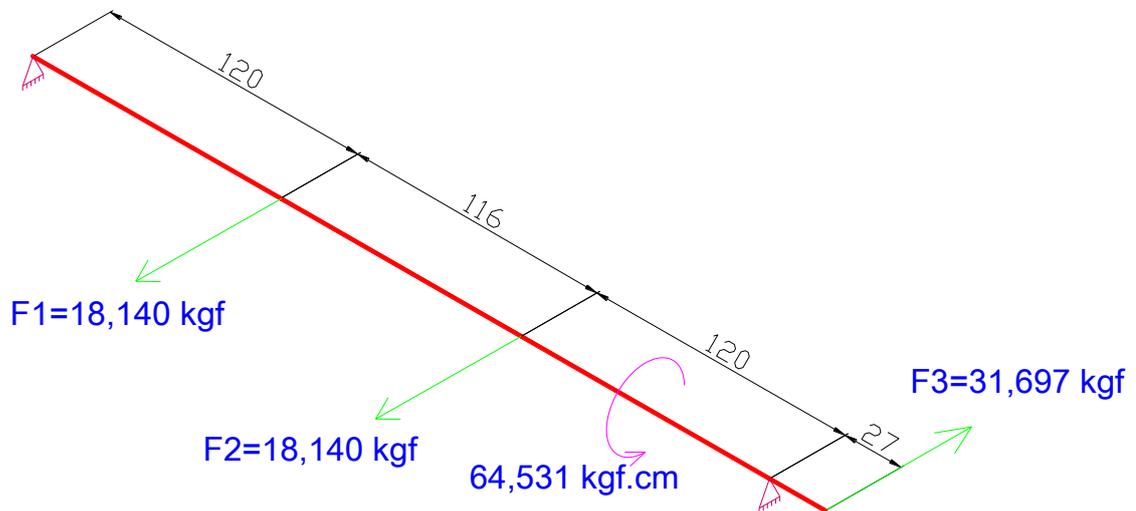


Figura 3.42: Fuerzas en el Eje 2 (longitud en mm)

Se toma como fuerza suficiente para presionar el plástico entre los rodillos y realizar el desplazamiento del mismo:

$$F_1 \quad F_2 \quad 18,140 \text{ kgf} \quad 40 \text{ lbf}$$

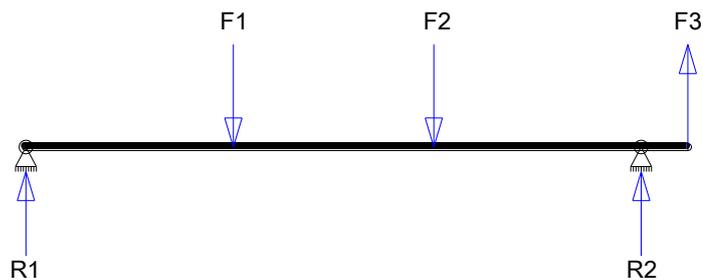


Diagrama de Cuerpo Libre.

$$R_1 \quad 20,54 \text{ kgf}$$

$$R_2 \quad -15,96 \text{ kgf}$$

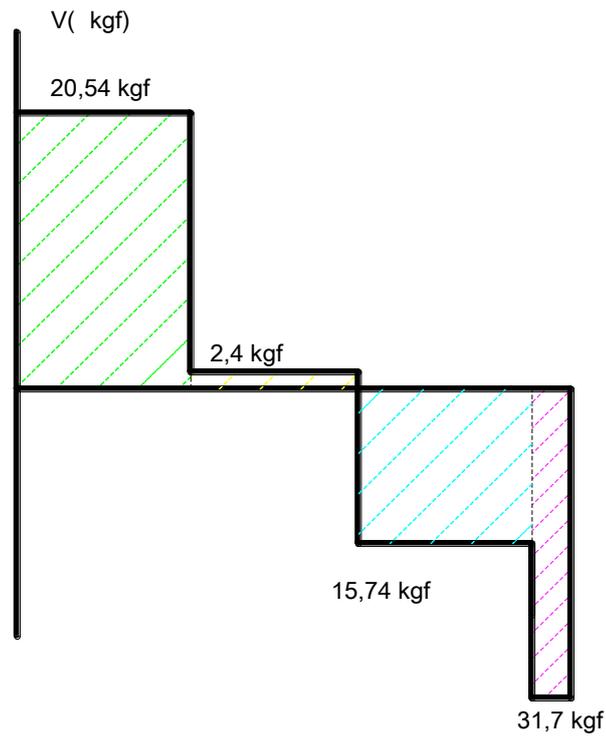


Diagrama de Cortante

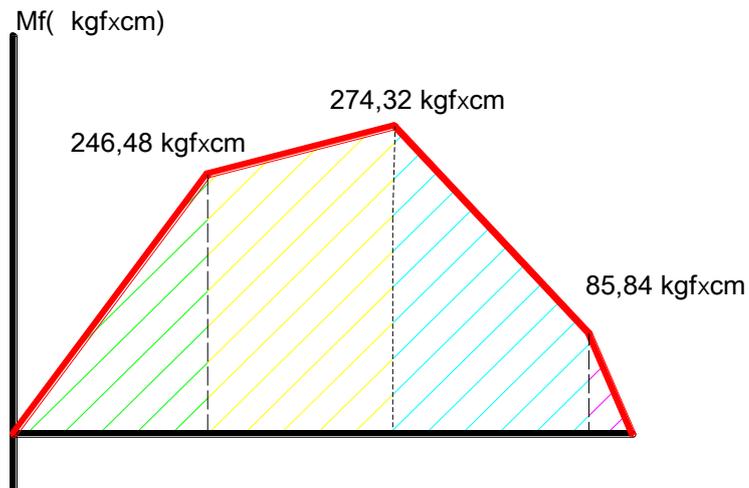


Diagrama de Momentos Flectores.

Prediseño estático.

El eje se encuentra sometido a torsión y flexión.

$$d^3 \geq \frac{32n\sqrt{M^2 + T^2}}{S_y} \quad \text{max} \sqrt{\frac{16M^2}{d^3} + \frac{16T^2}{d^3}} \frac{0,5S_y}{n} \quad (29)$$

Donde: d Diámetro de eje en cm .
 M Momento flexionante en la sección crítica en $kgf \cdot cm$
 T Momento torsionante en la sección crítica en $kgf \cdot cm$.
 n Factor de seguridad.

$$S_y = 2109,208 \frac{kg}{cm^2} = 30kpsi = 207MPa \text{ (Acero inoxidable 304)}. \text{ (Anexo 5)}$$

Diseño en (M=274,32 kgf.cm)

$$d^3 = \frac{32 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{274,32^2 + 64,531^2}}{2109,208}$$

$$d = 1,504cm$$

$$\text{Se toma: } d = \frac{11}{16} p \lg = 1,746cm$$

Diseño en (M=85,84 kgf.cm)

$$d = 1,10cm$$

$$\text{Se toma } d = 1,27cm = 0,5p \lg$$

Verificación a fatiga.

Diseño en (M=274,32 kgf.cm)

Aplicando la expresión de fatiga por criterio de máxima tensión de corte:

$$\frac{S_y}{n_s} = \frac{32}{d^3} \sqrt{M_m^2 \frac{S_y K_f M_a^2}{S_e} + T_m^2 \frac{S_y K_{fs} T_a^2}{S_e}} \quad (30)$$

$$\text{Donde: } S_y = 2109,208 \frac{kg}{cm^2} = 30kpsi = 207MPa \text{ (Acero inoxidable 304)} \text{ (Anexo 5)}$$

d el diámetro del eje en cm

M_m Momento flector medio en $kgf \cdot cm$

M_a Momento flector alternante $kgf \cdot cm$

T_m Momento torsor medio en $kgf \cdot cm$

T_a Momento torsor alternante $kgf \cdot cm$

K_{fs} Factor de concentración de esfuerzos por fatiga.

K_f Factor de concentración de esfuerzos.

n_s Factor de seguridad.

S_e k_o k_f k_s k_r k_t k_m S_e de Ec.(13)

S_e 0,5 S_{ut}

S_{ut} $5624,55 \frac{kgf}{cm^2}$ 80kpsi 552MPa (Acero inoxidable 304)(Anexo5)

S_e 0,5 $5624,55 \frac{kgf}{cm^2}$ $2812,275 \frac{kgf}{cm^2}$

k_o (Anexo 6, 7)	0.746
k_f (superficie pulida) (Anexo 8)	1
k_s (Anexo 9)	0.915
k_r (90% de confiabilidad) (Anexo 10)	0.9
k_t (Anexo 11)	1
k_m (Anexo 12)	1

S_e $1727,66 \frac{kgf}{cm^2}$

M_m $\frac{274,32 (274,32)}{2}$ 0

M_a $\frac{274,32 274,32}{2}$ $274,32 kgf \cdot cm$

T_m $\frac{64,531 0}{2}$ $32,266 kgf \cdot cm$

T_a $\frac{64,531 0}{2}$ $32,266 kgf \cdot cm$

$\frac{S_y}{n_s} \geq \frac{32}{d^3} \sqrt{M_m^2 \frac{S_y K_f M_a^2}{S_e^2} + T_m^2 \frac{S_y K_{fs} T_a^2}{S_e^2}}$

$\frac{2109,208}{n_s} \geq \frac{32}{1,746^3} \sqrt{0 \frac{2109,208 1 274,32^2}{1727,66} + 32,266 \frac{2109,208 1 32,66^2}{1727,66}}$

n_s 3,31

Diseño en (M=85,84 kgf.cm)

k_o (Anexo 6, 7)	0.77
k_f (superficie pulida) (Anexo 8)	1
k_s (Anexo 9)	0.944
k_r (90% de confiabilidad) (Anexo 10)	0.9
k_t (Anexo 11)	1
k_m (Anexo 12)	1

$$S_e = 1856,493 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_s = 1,46$$

Para lograr un mejor factor de seguridad se aumentan los diámetros:

Diseño en (M=274,32 kgf.cm)

$$d = \frac{3}{4} p \lg 1,905 \text{ cm}$$

k_o (Anexo 6, 7)	0.746
k_f (superficie pulida) (Anexo 8)	1
k_s (Anexo 9)	0.906
k_r (90% de confiabilidad) (Anexo 10)	0.9
k_t (Anexo 11)	1
k_m (Anexo 12)	1

$$S_e = 1710,67 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_s = 4,26$$

Diseño en (M=85,84 Kg.cm)

$$d = 1,5 \text{ cm}$$

k_o (Anexo 6, 7)	0.756
k_f (superficie pulida) (Anexo 8)	1
k_s (Anexo 9)	0.930
k_r (90% de confiabilidad) (Anexo 10)	0.9
k_t (Anexo 11)	1
k_m (Anexo 12)	1

$$S_e = 1779,52 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$n_s = 2,16$$

D. Diseño de chaveta y chavetero [7]

Se toma para el diseño de la chaveta un acero 1015:

$$S_y = 1827,980 \frac{kgf}{cm^2} = 26 kpsi (\text{Anexo 5})$$

Debe cumplir: $HB_{CHAVETA} > HB_{CHAVETERO}$

Los elementos de sujeción de ejes se diseñan tanto por corte como por aplastamiento.

Chaveta:

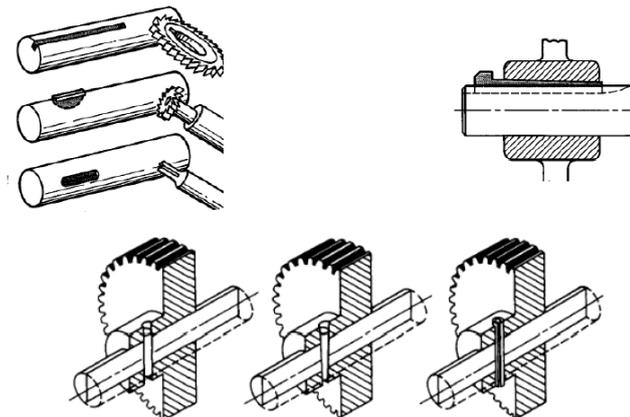


Figura 3.43: Diferentes Tipos de Chavetas

Se diseña una chaveta rectangular.

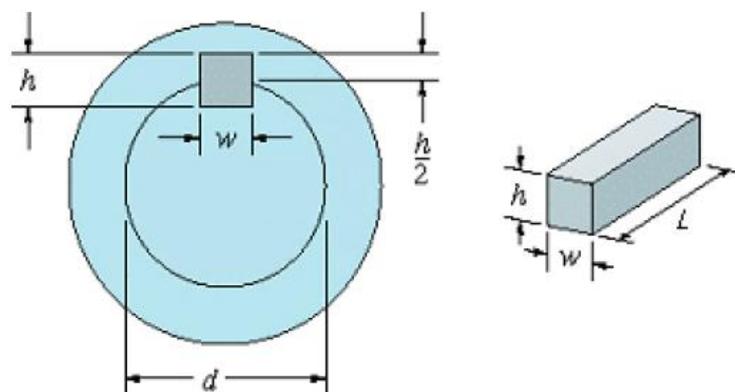


Figura 3.44: Chavetas Rectangulares o Paralelepípedos

Fuerza de corte

$$P = 0,078hp = 5,702 \frac{kgf.m}{s}$$

$$\omega = n = 85rpm = 8,9 rad/s$$

$$P = T.\omega$$

$$P = p r_{eje} \omega$$

$$p = \frac{5,702 \frac{kgf.m}{s}}{0,0075m \cdot 8,9 \frac{rad}{s}} = 85,423 kgf$$

Diseño a corte

$$\blacksquare_{\text{Diseño}} \frac{S_{Sy}}{n_s} = \frac{0,5 S_y}{n_s}$$

$$\frac{p}{w L} = \frac{0,5 S_y}{n_s} \quad (31)$$

- Donde:
- p Fuerza en kgf
 - T Momento torsor en el eje en $kgf \cdot cm$
 - d Diámetro del eje en cm
 - w Ancho de la chaveta en cm
 - L Longitud la chaveta en cm
 - n_s Factor de seguridad asumido

Se asume: $w = 0,3cm$

$$\frac{85,423}{0,3 L} = \frac{0,5 \cdot 1827,980}{3}$$

$$L = 0,935cm$$

Diseño a aplastamiento

$$\blacksquare_{\text{Diseño}} \frac{p}{A} \quad (32)$$

$$\blacksquare_{\text{Diseño}} \frac{0,9 S_y}{n_s}$$

$$\frac{p}{L \frac{h}{2}} = \frac{0,9 S_y}{n_s}$$

Donde: p Fuerza en kgf
 A Área de aplastamiento de la chaveta en cm^2
 d Diámetro del eje en cm
 h Altura de la chaveta en cm
 L Longitud de la chaveta en cm
 n_s Factor de seguridad

Se asume: $h = 0,3cm$

$$\frac{85,423}{L} = \frac{0,9}{0,15} \frac{1827,980}{3}$$

$$L = 1,04cm$$

Chavetero:

$$S_y = 2109,208 \frac{kg}{cm^2} = 30kpsi = 207MPa \text{ (Para acero inoxidable 304)} \quad (\text{Anexo 5})$$

En el chavetero existe únicamente el esfuerzo de aplastamiento.

Diseño a aplastamiento

$$\frac{\sigma_{Diseño}}{n_s} = \frac{P}{A} \quad (33)$$

Donde: p Fuerza en kgf
 A Área de aplastamiento del chavetero en cm^2
 d Diámetro del eje en cm
 h Altura del chavetero en cm
 L Longitud del chavetero en cm
 n_s Factor de seguridad asumido

$$\frac{85,423}{L} \quad \frac{0,9}{0,15} \quad \frac{2109,208}{3}$$

$$L = 0,90 \text{ cm}$$

En conclusión; comparando los tres valores de L para que no falle ni la chaveta ni el chavetero se debe tomar como mínimo una longitud de chaveta de 1cm.

E. Selección de rodamientos

Se selecciona en el punto (R1) por ser el más crítico.

$$F_r = R_1 = 20,54 \text{ kgf}$$

$$\text{Si: } F_a = 0$$

$$P = F_r \text{ (Anexo 18)}$$

$$P_o = F_r$$

Para un rodamiento rígido de bolas Serie 60 según DIN 625

$$C = 440 \text{ kgf (Anexo 18)}$$

$$C_o = 255 \text{ kgf (Anexo 18)}$$

Capacidad de carga requerida.

$$C_R = \frac{f_L}{f_n f_H} P \quad (34)$$

$$f_n = 0,729 \text{ (Anexo 18)}$$

$$f_H = 1 \text{ (Recomendado para materiales de acero). (Anexo 18)}$$

Para $L_h = 28000 \text{ horas}$ o 3 años aproximadamente. (Anexo 18)

$$f_L = 3,82 \text{ (Anexo 18)}$$

$$C_R = \frac{3,82}{0,729 \cdot 1} \cdot 20,54 \text{ kgf} = 107,631 \text{ kgf}$$

Como $C_R < C$ cumple con la condición.

Chequeo estático.

$$C_o \leq f_s P_o \quad (35)$$

$f_s = 1,2$ (Para sollicitación normal). (Anexo 18)

$$C_o = 1,2 \cdot 20,54 \text{ kgf} = 24,648 \text{ kgf}$$

Como $C_{O \text{ Calculado}} < C_{O \text{ Tabulado}}$ cumple con la condición.

Determinación de ajustes y tolerancias.

Para cargas ligeras o variables.

$$P = 0,07 C$$

$$P = 0,07 \cdot 440 \text{ kgf}$$

$$20,54 \text{ kgf} < 30,8 \text{ kgf}$$

Tolerancia $j6$ (Anexo 19)

Tolerancia del agujero del rodamiento.

$$d_{\text{rodamiento}} = 15 \begin{smallmatrix} 0 \\ 8 \end{smallmatrix}$$

Tolerancia del eje (anexo 20).

Desviación del eje en micras.

Serie	Mas de 10 a 18 (mm)
IT-6	+8
	-3

$$d_{\text{eje}} = 15 \begin{smallmatrix} 8 \\ 3 \end{smallmatrix} \quad T = d_s - d_i$$

(36)

$$T = 0,008 - (0,003) = 0,011 \text{ mm}$$

Ra= 0,8 (anexo 21)

$$D_{\text{eje}} = 19,05 \begin{smallmatrix} 15 \\ 2 \end{smallmatrix}$$

$$T = 0,015 - 0,002 = 0,013 \text{ mm}$$

Tolerancias en los alojamientos.

Para cargas ligeras o variables.

$$P \quad 0,07 \quad C$$

$$P \quad 0,07 \quad 440 \text{kgf}$$

$$20,54 \text{kgf} \quad 30,8 \text{kgf}$$

Tolerancia $M7$ (Anexo 22)

$$D_{\text{exterior del rodamiento}} \quad 32 \begin{smallmatrix} 0 \\ 11 \end{smallmatrix} \text{ (Anexo 23)}$$

$$D_{\text{ajujero del alojamiento}} \quad 32 \begin{smallmatrix} 0 \\ 25 \end{smallmatrix} \text{ (Anexo 23)}$$

$$T \quad 0,025 \text{mm}$$

F. Diseño del eje 1 [6]

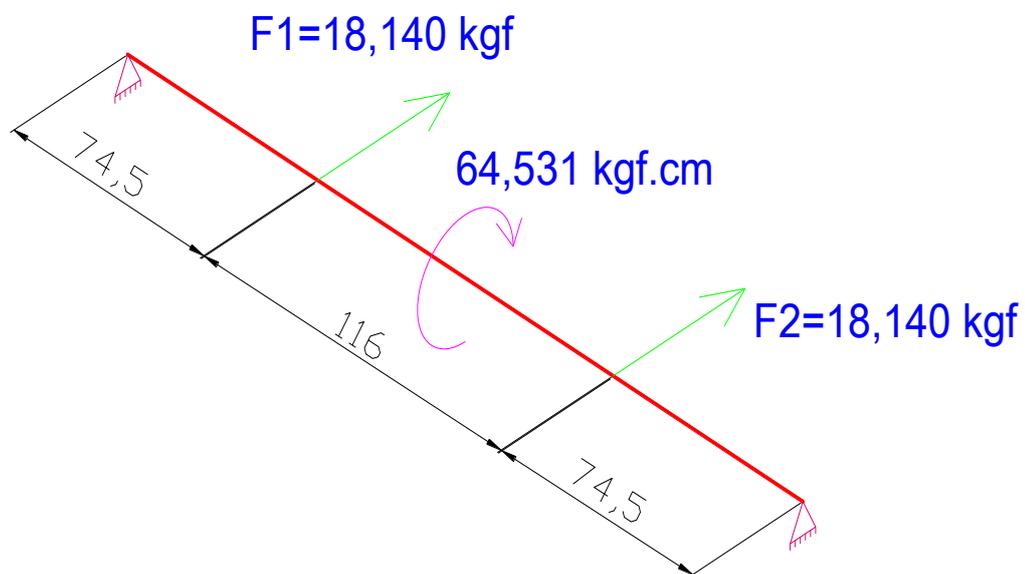


Figura 3.45: Fuerzas en el Eje 1 (longitud en mm)

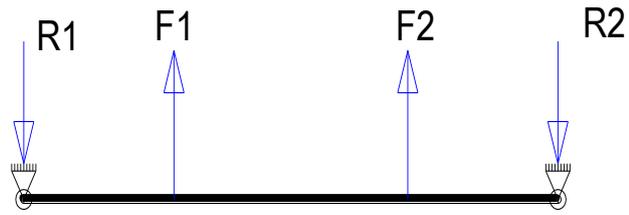


Diagrama de Cuerpo Libre.

$$R_A = 18,14 \text{ kgf}$$

$$R_B = 18,14 \text{ kgf}$$

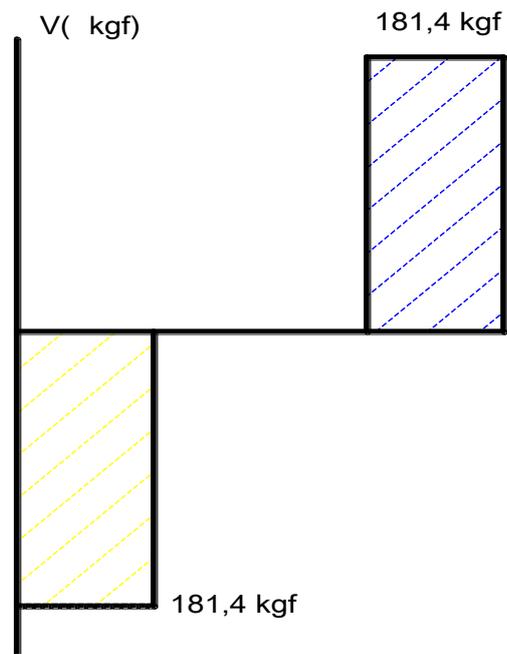


Diagrama de Cortante.

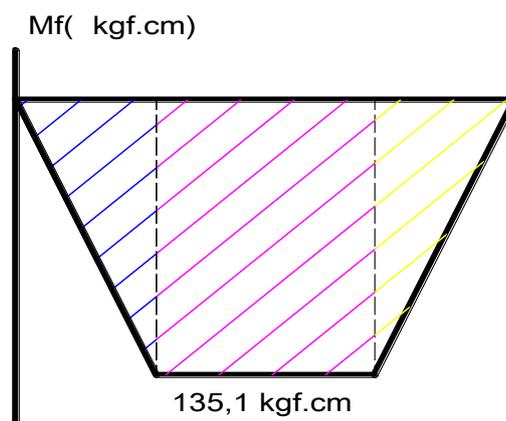


Diagrama de Cortante.

Prediseño estático.

El eje se encuentra sometido a torsión y flexión.

$$S_y = 2109,208 \frac{kg}{cm^2} = 30kpsi = 207MPa \quad (\text{Para acero inoxidable}). \quad (\text{Anexo 5})$$

De Ec (29)

$$d^3 = \frac{32 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{135,143^2 + 64,531^2}}{2109,208}$$

$$d = 1,22cm$$

Se toma de: $d = 1,3cm$

Verificación a fatiga.

Aplicando la expresión de fatiga por criterio de máxima tensión de corte:

De Ec.(13) y (30)

$$S_e = k_o \cdot k_f \cdot k_s \cdot k_r \cdot k_t \cdot k_m \cdot S_u$$

$$S_e = 0,5 \cdot S_u$$

$$S_u = 5624,55 \frac{kg}{cm^2} = 80kpsi = 552MPa \quad (\text{Para acero inoxidable 304}).$$

$$S_e = 0,5 \cdot 5624,55 \frac{kgf}{cm^2} = 2812,275 \frac{kgf}{cm^2}$$

k_o Anexo 6,7	0.797
k_f (superficie pulida) Anexo 8	1
k_s Anexo 9	0.944
k_r (90% de confiabilidad) Anexo 10	0.9
k_t Anexo 11	1
k_m Anexo 12	1

$$S_e = 1904,279 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$M_m = \frac{135,143 \cdot (135,143)}{2} = 0$$

$$M_a = \frac{135,143 \cdot 135,143}{2} = 135,143kgf \cdot cm$$

$$T_m = \frac{64,531 \cdot 0}{2} = 32,266kgf \cdot cm$$

$$T_a = \frac{64,531}{2} = 32,266 \text{ kgf cm}$$

$$\frac{2109,208}{n_s} = \frac{32}{1,3^3} \sqrt{0 + \frac{2109,208 \cdot 1 \cdot 135,143^2}{1904,279} + 32,266 \cdot \frac{2109,208 \cdot 1 \cdot 32,266^2}{1904,279}}$$

$$n_s = 2,7$$

G. Diseño de muelles [8]

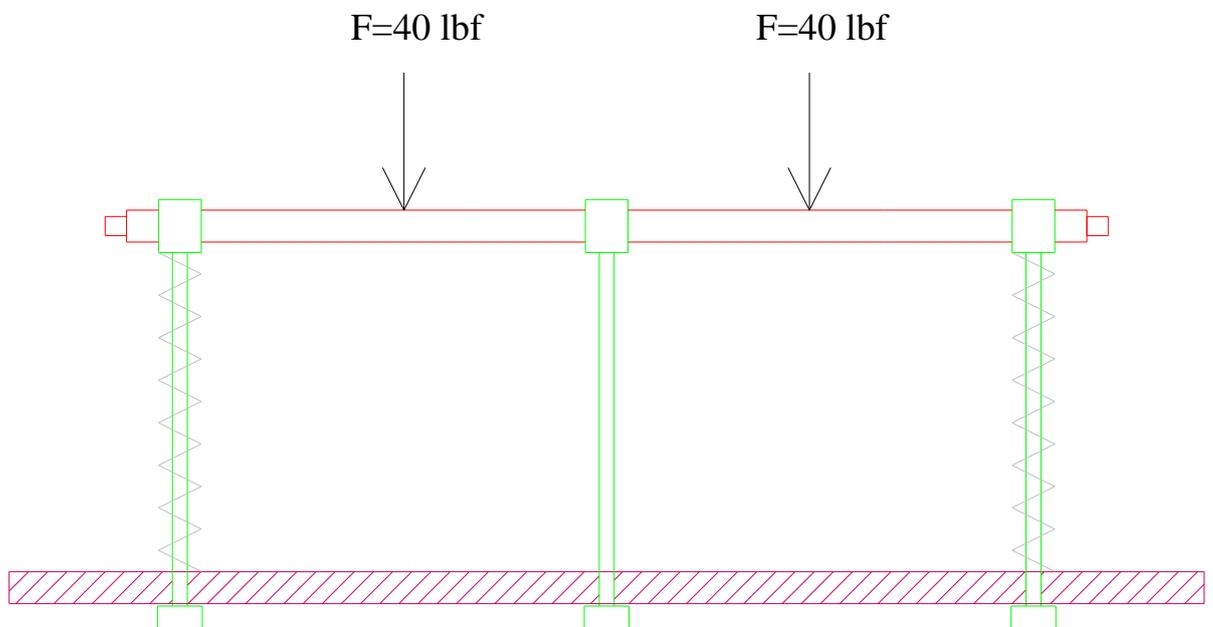


Figura 3.46: Fuerzas en los Muelles del Sistema de Arrastre

Cada rodillo da una fuerza de 40 lbf = 18,140 kgf. Suficiente para mantener presionado el plástico y arrastrarlo sin deformarlo.

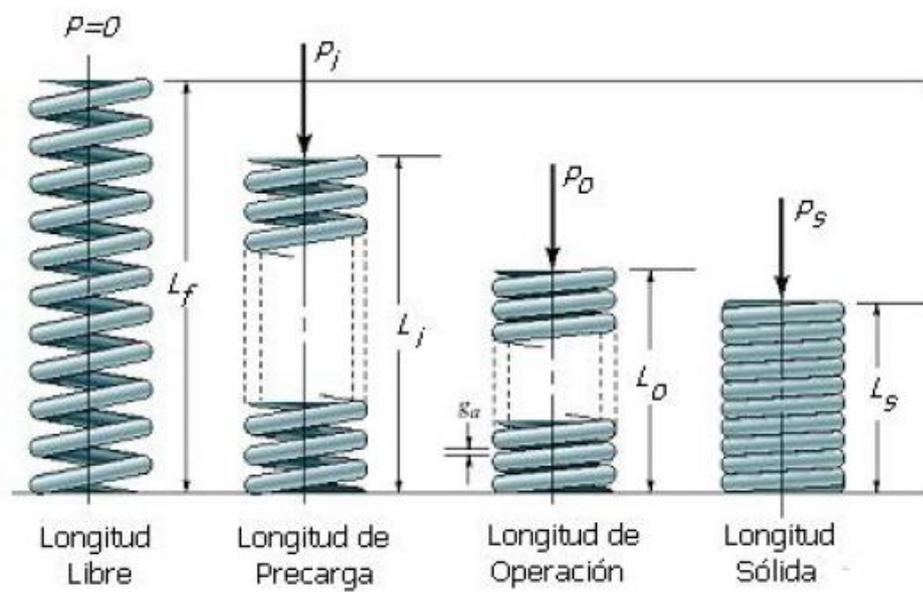


Figura 3.47: Elementos Constitutivos de los Muelles

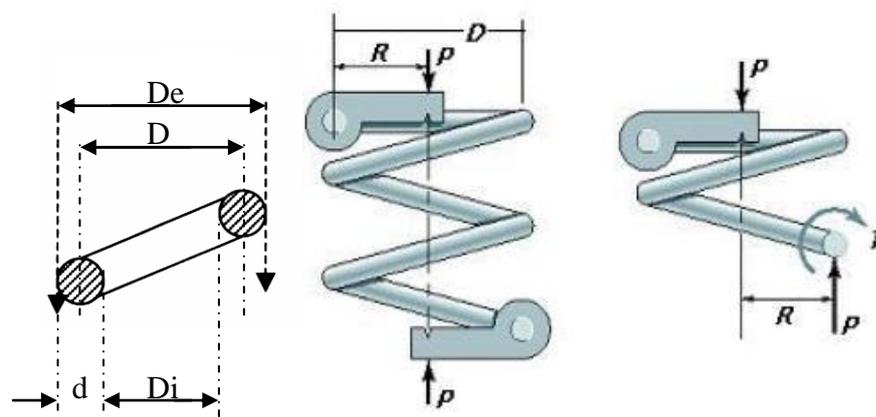


Figura 3.47: Elementos Constitutivos de los Muelles

Determinación de las características del muelle.

$$L_f = 4,1\text{cm} \quad 1,61 \text{ plg}$$

$$L_j = 3,6\text{cm} \quad 1,417 \text{ plg}$$

$$L_o = 3,3\text{cm} \quad 1,29 \text{ plg}$$

$$D_i = 1,4\text{cm} \quad 0,55 \text{ plg}$$

$$L_f - L_o$$

(37)

Donde: L_f Longitud libre en cm
 L_o Longitud de operación en cm
 ■ Deformación del muelle en cm
 ■ 4,1 3,3 0,8cm

$$K = \frac{P}{\Delta} \quad (38)$$

Donde: P Fuerza aplicada al muelle en kgf
 K Constante del resorte $\frac{kgf}{cm}$
 ■ Deformación del muelle en cm

$$K = \frac{18,140 \text{ kgf}}{0,8 \text{ cm}} = 22,675 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

$$K = \frac{d^4 G}{8D^3 N_a} \quad (39)$$

Donde: K Constante del resorte $\frac{Kg}{cm}$
 $G = 808391,639 \frac{kg}{cm^2}$
 $G = 11E6 \text{ psi}$ Estirado en frío (Anexo 24)
 D Diámetro medio del resorte en cm.
 d Diámetro del alambre en cm.
 N_a Número de espiras activas

$$D = D_i + d$$

$$D = 1,4 + d$$

De la Ec. 39

$$N_a = \frac{d^4 \cdot 808391,639}{8 \cdot 1,4 \cdot d^3 \cdot 22,675}$$

Iterando entre el diámetro (d) y el número de espiras activas para luego elegir el más adecuado

d (cm)	N_a	$L_s' d N_a$ (cm)
0,2	1,74	0,348
0,25	3,87	0,968
0,3	7,34	2,204
0,35	12,47	4,36

Seleccionando según L_s' :

N_a 7 espiras (Por facilidad de construcción)

d 0,119 plg 3mm

D 1,4 0,3 1,7 cm

$$K = \frac{0,3^4 \cdot 808391,639}{8 \cdot 1,7^3 \cdot 7} = 23,79 \frac{kgf}{cm} \text{ (Corregido)}$$

$$\frac{18,140 kgf}{23,79 \frac{kgf}{cm}} = 0,763 cm \text{ (Corregido)}$$

$L_f = L_o = 3,3 \cdot 0,763 = 4,063 cm$ (Corregido)

$$L_s = \frac{N_a}{N_d} d \quad (40)$$

Donde: N_a Número de espiras activas

L_s Longitud sólida en cm

d Diámetro del alambre en cm

N_d Número de espiras muertas

$N_d = 2$ Para extremas cerrados y aplanados.

$L_s = 2 \cdot 0,3 = 2,7 cm$

Fuerza total para unir las espiras

$$F_{total} = K_s \cdot \Delta L_s$$

$$K_s = \frac{4E_s}{L_s} = \frac{4 \cdot 2,7 \cdot 10^6 \text{ psi}}{1,363 \text{ cm}}$$

$$F_{total} = 23,79 \cdot 1,363 = 32,425 \text{ kgf} = 71,48 \text{ lbf}$$

Índice del muelle

$$C = \frac{D}{d} \quad (41)$$

$$C = \frac{1,7}{0,3} = 5,67$$

$$K_w = \frac{4C - 1}{4C + 1} \cdot \frac{0,615}{C} \quad (42)$$

$$K_w = \frac{4(5,67) - 1}{4(5,67) + 1} \cdot \frac{0,615}{5,67}$$

$$K_w = 1,269$$

$$K_s = 1 + \frac{0,5}{C} \quad (43)$$

$$K_s = 1 + \frac{0,5}{5,67}$$

$$K_s = 1,088$$

$$K_f = \frac{K_w}{K_s} \quad (44)$$

$$K_f = \frac{1,269}{1,088}$$

$$K_f = 1,166$$

Diseño del muelle.

Material: Alambre revenido en aceite

$$A_p = 149000 \text{ psi} = 1880 \text{ MPa} \text{ (Anexo 25)}$$

$$m = 0,186$$

$$S_{ut} = \frac{A_p}{d^m} \quad (45)$$

Donde: A_p Constante en MPa.

d Diámetro del alambre en mm.

$$S_{ut} = \frac{1880}{3^{0,186}} = 1532,545 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 0,4 \cdot 1532,545 \text{ MPa} = 613,018 \text{ MPa} = 6251,043 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ (Anexo 5)}$$

$$k_s = \frac{8FD}{d^3} \frac{S_{sy}}{n} \quad (46)$$

$$k_s = \frac{8 \cdot 18,140 \cdot 1,7}{0,3^3} \frac{6251,043}{n}$$

$$n = 1,98$$

3.4.4 Diseño de la forma de alimentación del plástico

El sistema de alimentación del plástico esta constituido por:

Tres rodillos guidores los cuales giran libremente para permitir el desplazamiento del plástico.

Un eje el cual soporte el peso del plástico y también debe girar libremente permitiendo el abastecimiento del plástico. El eje que soporta el peso del plástico la sujeción se hace mediante dos semiconos sujetadores.

A. Análisis de fuerzas en el sistema

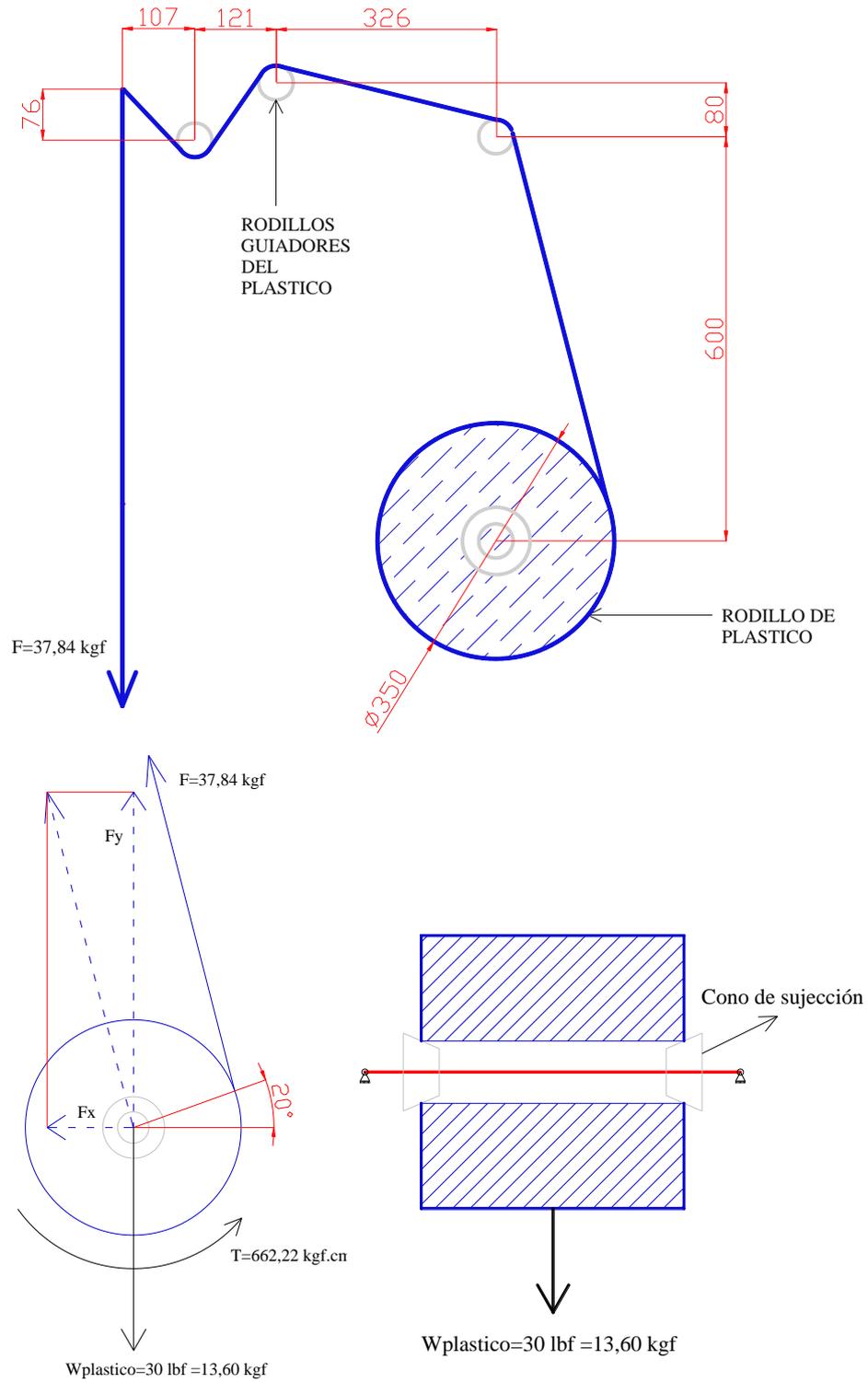


Figura 3.48: Alimentación del Plástico

$$T = F \cdot r_{\text{rodillo}}$$

Cálculo de F_x y F_y

$$F_x = F \cdot \cos 70$$

$$F_x = 37,84 \cdot \cos 70 = 12,94 \text{ kgf}$$

$$F_y = F \cdot \sin 70$$

$$F_y = 37,84 \cdot \sin 70 = 35,55 \text{ kgf}$$

B. Diseño del eje [6]

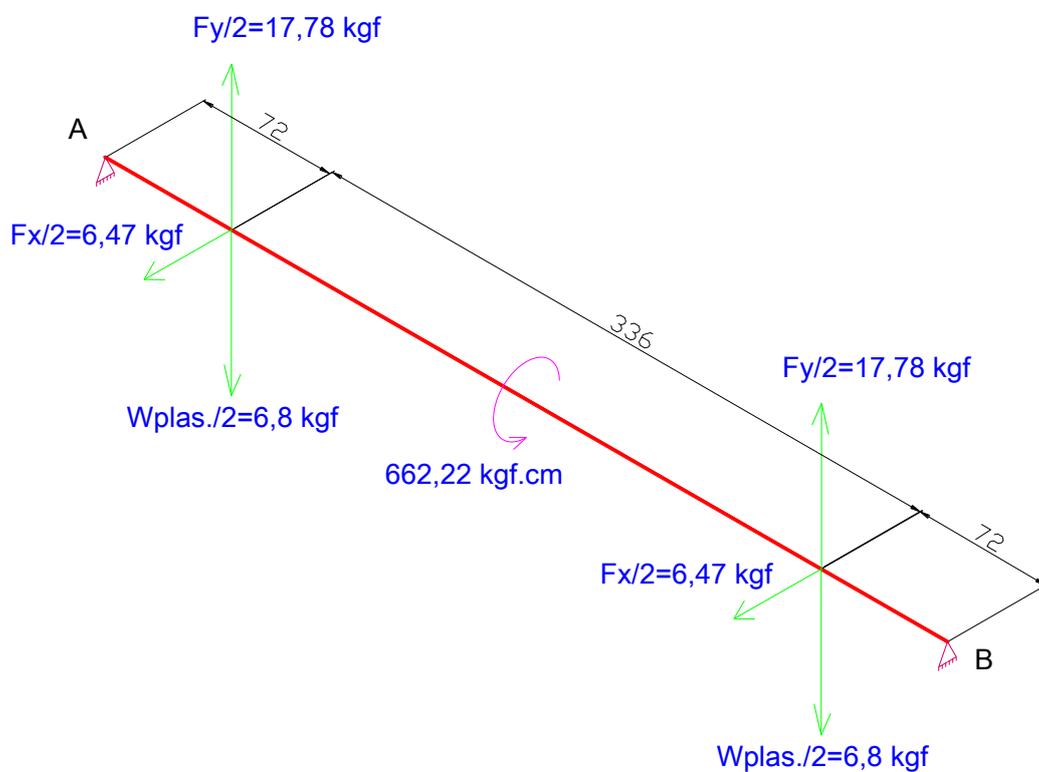


Figura 3.49: Fuerzas en el Eje de Alimentación del Plástico (longitud en mm)

Plano XY.



Diagrama de Cuerpo Libre.

$$R_1 = 10,98 \text{ kgf}$$

$$R_2 = 10,98 \text{ kgf}$$

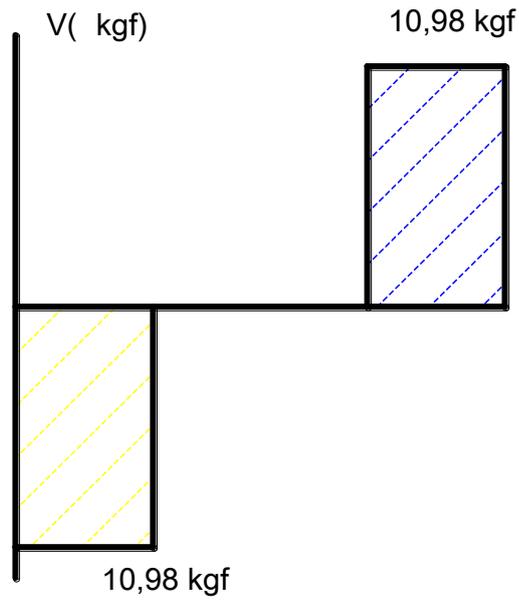


Diagrama de Cortante

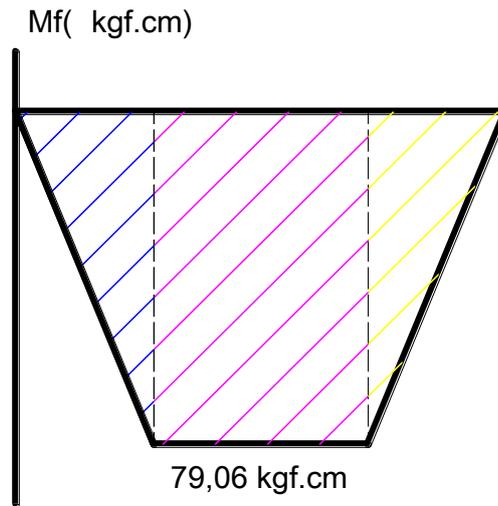


Diagrama de Momentos Flectores.

Plano XZ.

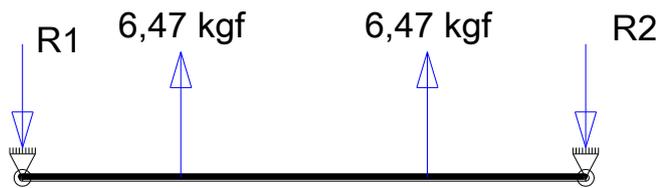


Diagrama de Cuerpo Libre.

$R1=6,47 \text{ kgf}$

$R2= 6,47 \text{ kgf}$

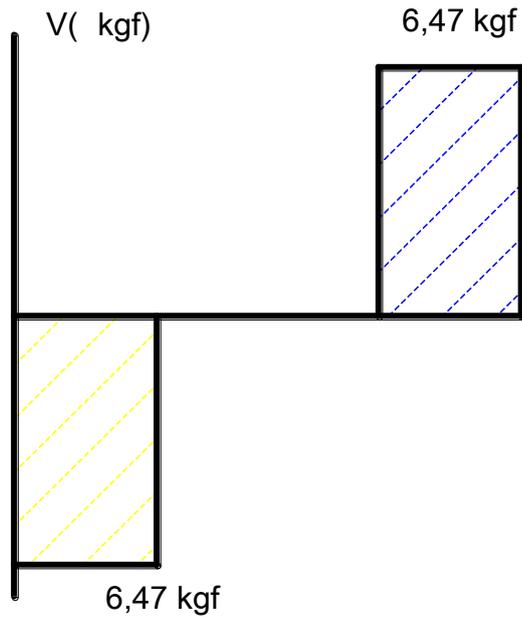


Diagrama de Cortante

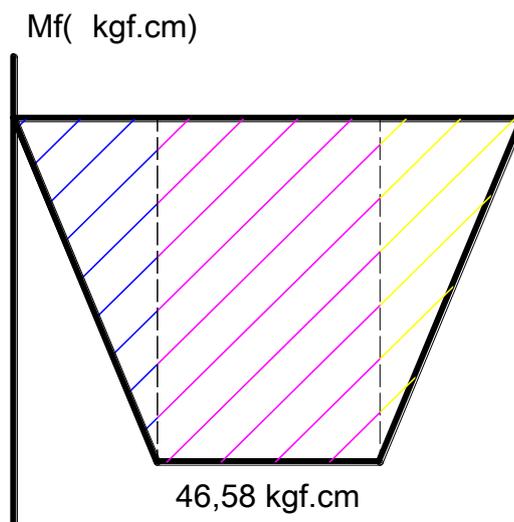


Diagrama de Momentos Flectores.

Momento flector resultante:

$$M = \sqrt{79,06^2 + 46,58^2} = 91,79 \text{ kgf cm}$$

Prediseño estático.

Como se puede observar del grafico las fuerzas en el elemento no son significativas en relación a la torsión por tanto se diseñara el elemento únicamente sometido a torsión.

De la Ec (29)

$$S_y = 3023,19 \frac{kg}{cm^2} = 43kpsi = 295MPa \text{ (Para acero 1020)}. \text{ (Anexo5)}$$

$$d^3 = \frac{32 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{91,79^2 + 662,22^2}}{3023,19}$$

$$d = 1,78cm$$

Verificación a fatiga

Aplicando la expresión de fatiga por criterio de máxima tensión de corte:

De Ec.(13) y (30)

$$S_e = k_o \cdot k_f \cdot k_s \cdot k_r \cdot k_t \cdot k_m \cdot S_u$$

$$S_e = 0,5 \cdot S_u$$

$$S_u = 4007,496 \frac{kgf}{cm^2} = 57 Kpsi = 395MPa \text{ (Anexo5)}$$

$$S_e = 0,5 \cdot 4007,496 \frac{kgf}{cm^2} = 2003,748 \frac{kgf}{cm^2}$$

k_o (Anexo 6,7)	0,905
k_f (superficie pulida) (Anexo 8)	1
k_s Anexo (9)	0,914
k_r (90% de confiabilidad) (Anexo 10)	0,9
k_t (Anexo 11)	1
k_m (Anexo 12)	1

$$S_e = 1491,696 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$M_m = \frac{91,79 \cdot (91,79)}{2} = 0$$

$$M_a = \frac{91,79 \cdot (91,79)}{2} = 91,79 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$T_m = \frac{128,661 \cdot 0}{2} = 64,33 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$T_a = \frac{128,661 \cdot 0}{2} = 64,33 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$T_m = \frac{662,22 \cdot 0}{2} = 331,11 \text{ kgf cm}$$

$$T_a = \frac{662,22 \cdot 0}{2} = 331,11 \text{ kgf cm}$$

$$\frac{3023,19}{n_s} - \frac{32}{1,77^3} \sqrt{0 \frac{3023,19 \cdot 1 \cdot 91,79^2}{1501,58} + 331,11 \frac{3023,19 \cdot 1 \cdot 331,11^2}{1501,58}}$$

$$n_s = 1,65$$

Para lograr un mejor factor de seguridad:

$$d = 1,85 \text{ cm}$$

k_o (Anexo 6,7)	0,916
k_f (superficie pulida) (Anexo 8)	1
k_s Anexo (9)	0,909
k_r (90% de confiabilidad) (Anexo 10)	0,9
k_t (Anexo 11)	1
k_m (Anexo 12)	1

$$S_e = 1501,56 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_s = 1,88$$

C. Selección de rodamientos

$$R_{Axy} = R_{Bxy} = 10,98 \text{ kgf}$$

$$R_{Axz} = R_{Bxz} = 6,47 \text{ kgf}$$

$$F_r = \sqrt{R_{Axy}^2 + R_{Axz}^2}$$

$$F_r = \sqrt{10,98^2 + 6,47^2} = 12,74 \text{ kgf}$$

$$\text{Si: } F_a = 0 \quad P = F_r$$

$$P_o = F_r$$

Para un rodamiento rígido de bolas Serie 60 según DIN 625, con $d=20\text{mm}$

$$C = 735 \text{ kgf}$$

$$C_o = 455 \text{ kgf}$$

Capacidad de carga requerida.

$$C_R = \frac{f_L}{f_n f_H} P$$

$$f_n = 0.729 \text{ (Anexo18)}$$

$$f_H = 1 \text{ (Recomendado para materiales de acero).}$$

Para $L_h = 28000 \text{ horas}$ o 3 años aproximadamente.

$$f_L = 3.82$$

$$C_R = \frac{3.82}{0.729 \cdot 1} = 12.74 \text{ kgf} \quad 66.758 \text{ kgf}$$

Como $C_R > C$ cumple con la condición.

Chequeo estático.

$$C_o \geq f_s P_o$$

$$f_s = 1.2 \text{ (Para solicitud normal).}$$

$$C_o = 1.2 \cdot 12.74 \text{ kgf} = 15.288 \text{ kgf}$$

Como $C_{O \text{ Calculado}} > C_{O \text{ Tabulado}}$ cumple con la condición.

Determinación de ajustes y tolerancias.

Para cargas ligeras o variables.

$$P = 0.07 C \text{ (Anexo19)}$$

$$P = 0.07 \cdot 735 \text{ kgf}$$

$$12.74 \text{ kgf} \quad 51.45 \text{ kgf}$$

$$\text{Tolerancia } j6 \text{ (Anexo19)}$$

Tolerancia del agujero del rodamiento.

$$d_{\text{rodamiento}} \quad 20 \begin{smallmatrix} 0 \\ 10 \end{smallmatrix} \quad (\text{Anexo20})$$

Tolerancia del el eje.

Desviación del eje en micras.

Serie	Mas de 18 a 30 (mm)
IT-6	+9 -4

$$d_{\text{eje}} \quad 20 \begin{smallmatrix} 9 \\ 4 \end{smallmatrix} \quad (\text{Anexo20})$$

$$T \quad d_s \quad d_i$$

$$T \quad 0,009 \quad (0,004) \quad 0,013mm$$

$$D_{\text{eje}} \quad 25,4 \begin{smallmatrix} 15 \\ 2 \end{smallmatrix}$$

$$T \quad 0,015 \quad 0,002 \quad 0,013mm$$

Tolerancias en los alojamientos.

Para cargas ligeras o variables.

$$P \quad 0,07 \quad 735kgf \quad (\text{Anexo20})$$

$$12,74kgf \quad 51,45kgf$$

$$\text{Tolerancia} \quad M7 \quad (\text{Anexo22})$$

$$D_{\text{exterior del rodamiento}} \quad 42 \begin{smallmatrix} 0 \\ 11 \end{smallmatrix} \quad (\text{Anexo23})$$

$$D_{\text{ajujero del alojamiento}} \quad 42 \begin{smallmatrix} 0 \\ 25 \end{smallmatrix}$$

$$T \quad 0,025mm$$

3.4.5 Diseño del sistema de sellado vertical [9]

El sistema de sellado vertical consiste en un mecanismo de barras el cual da una presión de sellado. El dimensionamiento del mecanismo se lo ha realizado tomando en cuenta la disponibilidad de espacio y la carrera que puede dar el cilindro neumático.

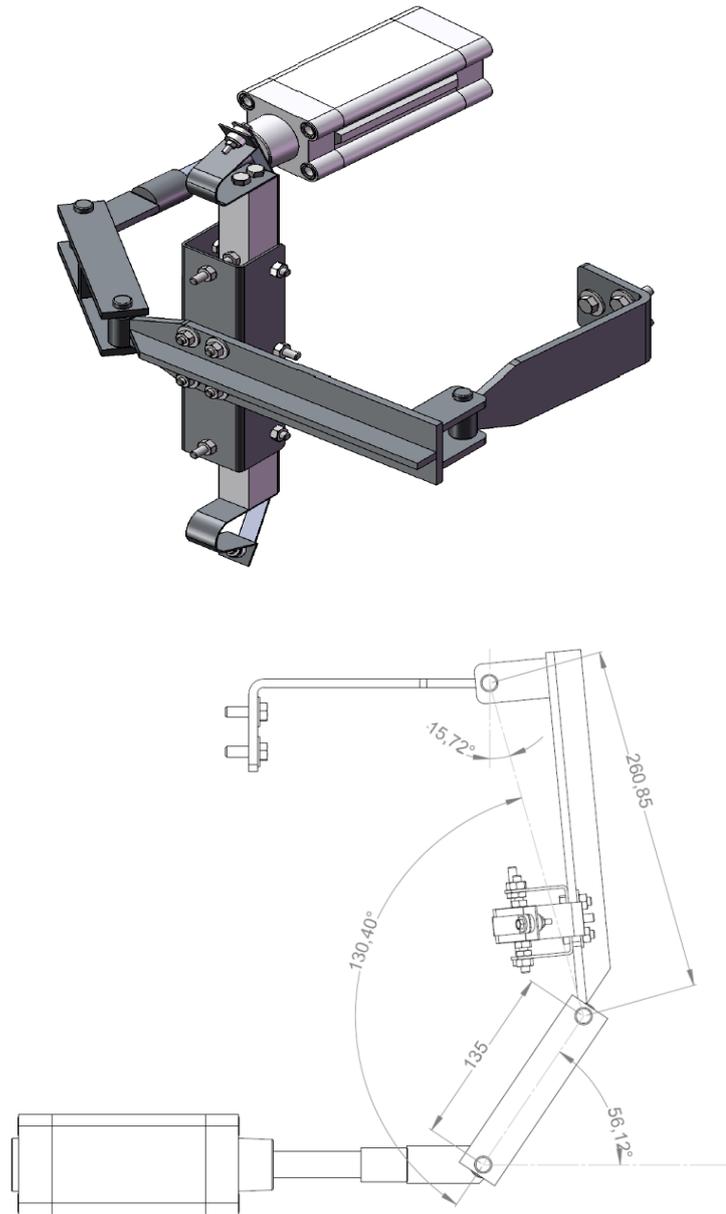


Figura 3.50: Dimensionamiento del Mecanismo de Sellado Vertical

Se diseña el mecanismo con sus respectivas trayectorias y se observa que el funciona correctamente sin peligro de llegar a un punto de bloqueo o rotura de alguno de los elementos o eslabones.

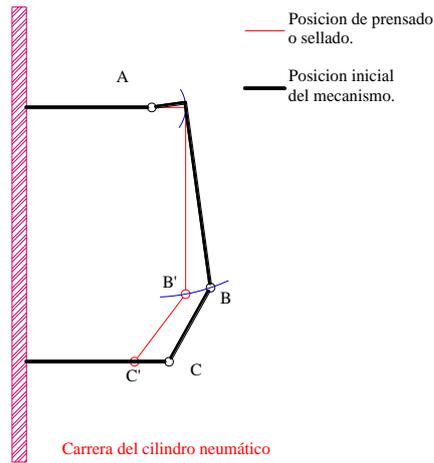


Figura 3.51: Diagrama de Trayectorias

Análisis de velocidades.

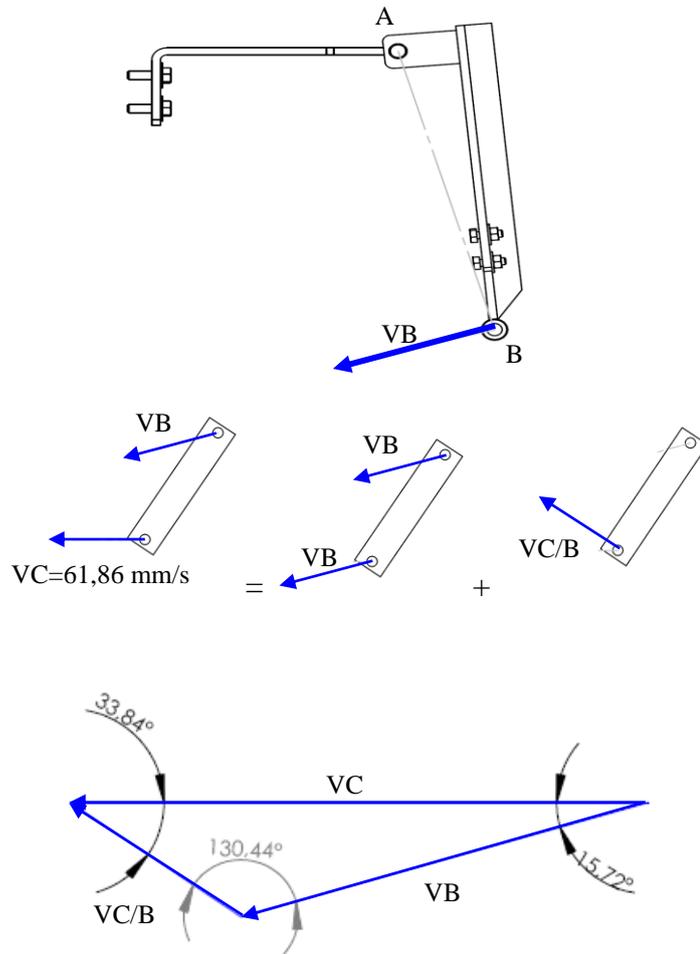


Figura 3.52: Diagrama de Velocidades

Carrera del vástago = 30,93 mm

$VC = 61,86 \text{ mm/s}$ (cilindro)

Aplicando ley de senos se tiene:

$$\frac{\text{sen}33,84}{VB} = \frac{\text{sen}15,72}{VC/B} = \frac{\text{sen}130,44}{VC} \quad (46)$$

$$VB = 45,26 \text{ mm/s}$$

$$VC/B = 22,01 \text{ mm/s}$$

$$V_B = W_{AB} \overline{AB} \quad (47)$$

Donde: V_B Velocidad en B en $\frac{mm}{s}$

W_{AB} Velocidad angular en AB en $\frac{rad}{s}$

\overline{AB} Distancia AB en mm.

$$W_{AB} = 0,173 \text{ rad/s}$$

$$W_{BC} = 0,163 \text{ rad/s}$$

Análisis de aceleraciones.

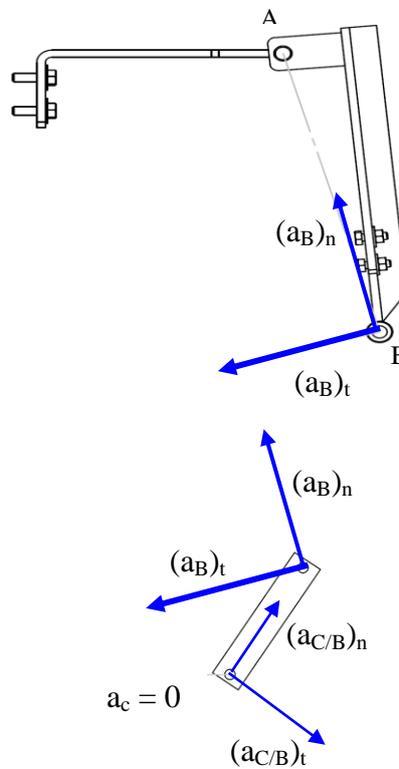


Figura 3.53: Diagrama de Aceleraciones

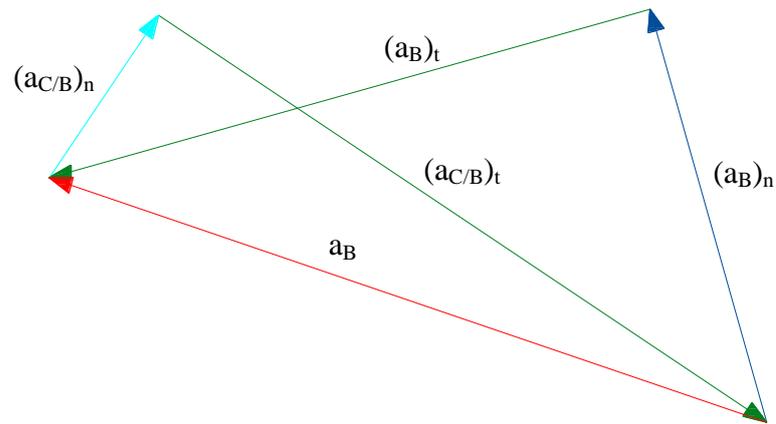


Figura 3.53: Diagrama de Aceleraciones

$$(a_C)_t = \omega_C R = 0 \quad V_C = Cte \quad (48)$$

$$(a_C)_n = \frac{V_C^2}{R} = 0 \quad (49)$$

$a_C \quad a_B \quad a_{C/B}$

$$(a_C)_n \quad (a_C)_t \quad (a_B)_n \quad (a_B)_t \quad (a_{C/B})_n \quad (a_{C/B})_t \quad (50)$$

Donde: $(a_C)_t, (a_B)_t, (a_{C/B})_t$ Aceleración tangencial $\frac{mm}{s^2}$

$(a_C)_n, (a_B)_n, (a_{C/B})_n$ Aceleración normal en $\frac{mm}{s^2}$

■ ω_C Aceleración angular en C $\frac{rad}{s^2}$

R Radio mm

V_C Velocidad en C en $\frac{m}{s}$

$$(a_B)_n = 7,85 \frac{mm}{s^2}$$

$$(a_B)_t = 11,38 \frac{mm}{s^2}$$

$$a_B = 13,83 \frac{mm}{s^2}$$

$$(a_{C/B})_n \quad 3,59 \frac{mm}{s^2}$$

$$(a_{C/B})_t \quad 13,35 \frac{mm}{s^2}$$

Verificación del análisis de velocidades y aceleraciones mediante el software cosmosmotion cuando la carrera del vástago realiza el prensado.

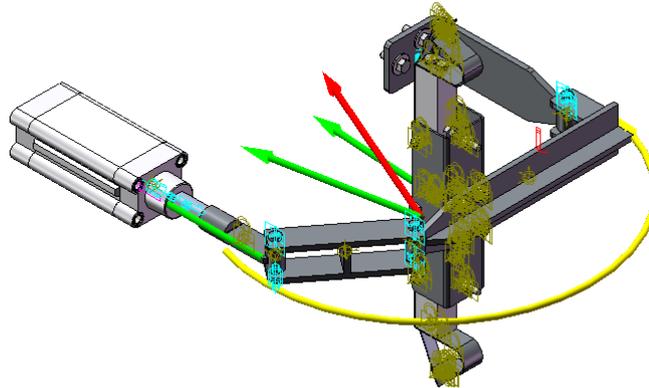


Figura 3.54: Carrera del Vástago (prensado).

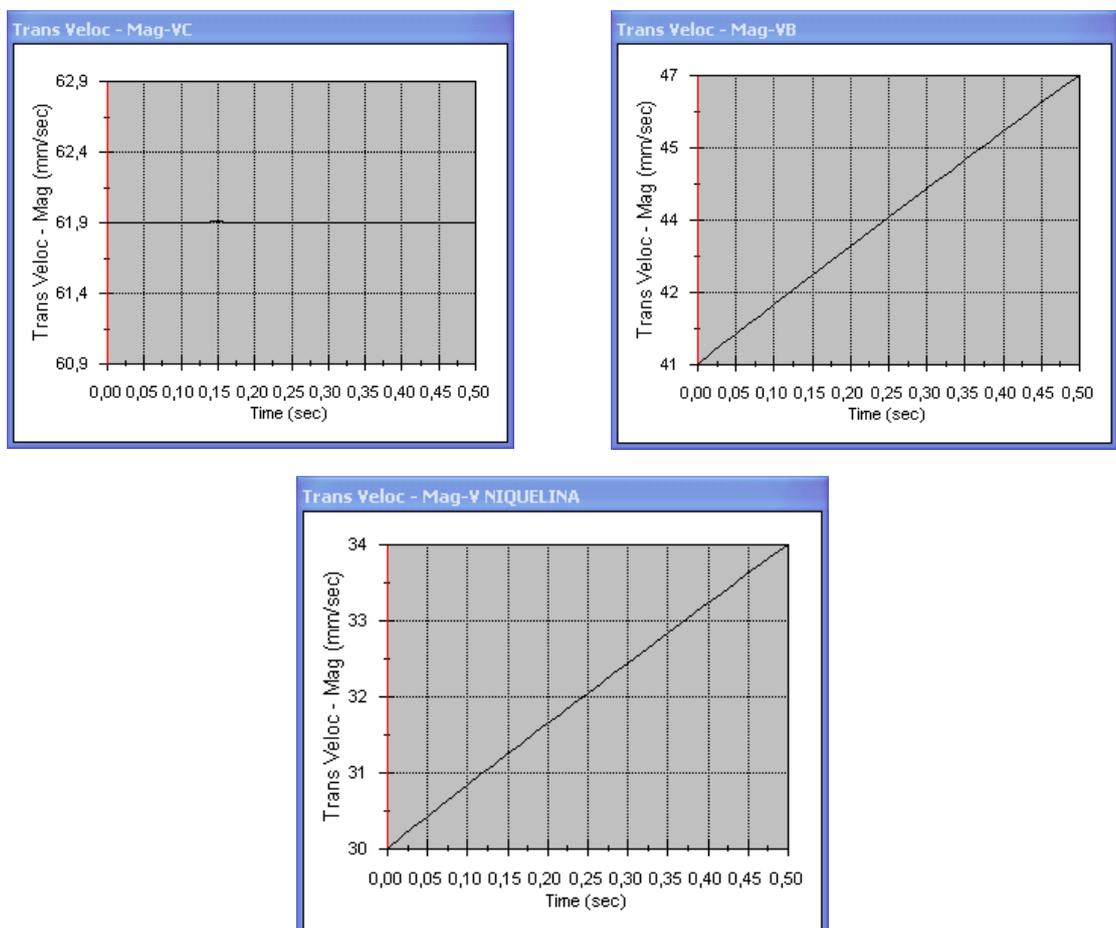


Figura 3.55: Diagrama de Velocidades en el Prensado Mediante Software.

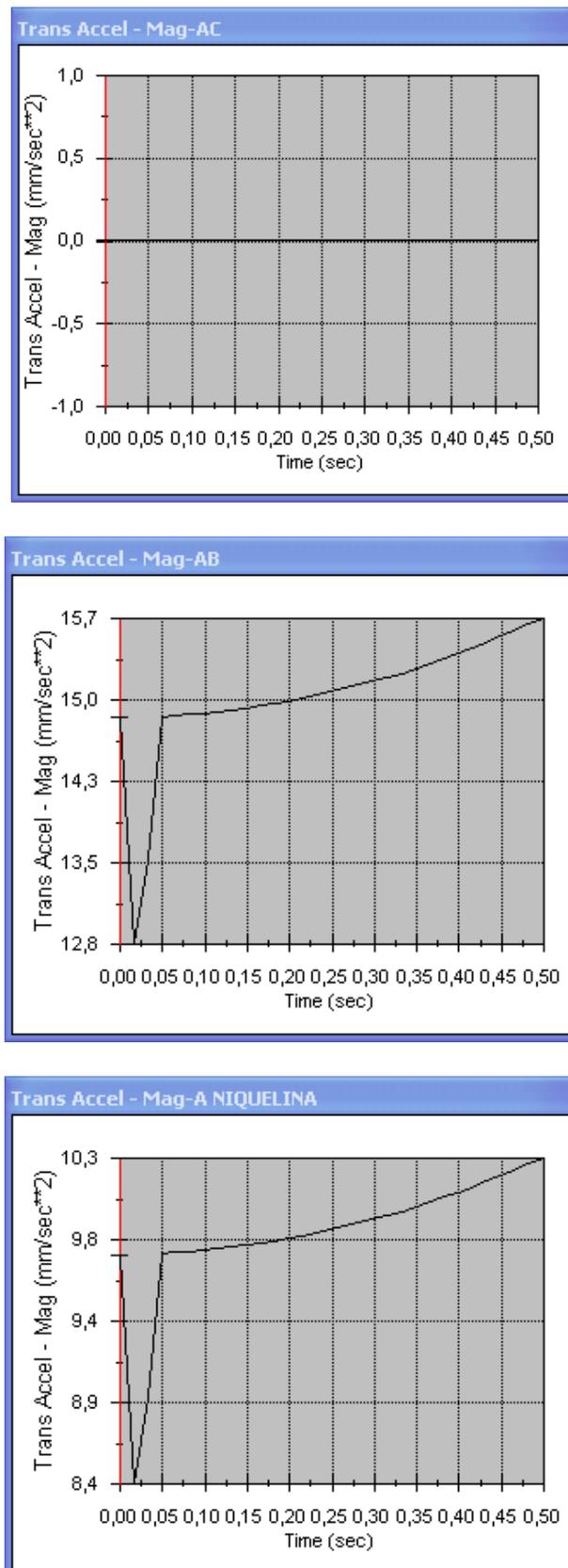


Figura 3.56: Diagrama de Aceleraciones en el Prensado Mediante Software.

Verificación del análisis de velocidades y aceleraciones mediante el software cosmosmotion cuando la carrera del vástago retorna a la posición inicial.

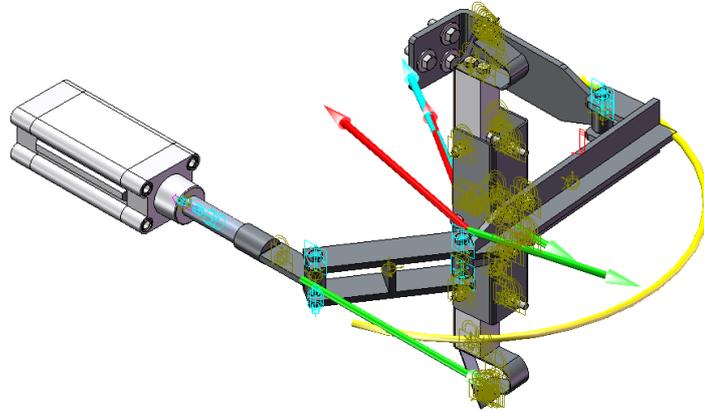


Figura 3.57: Carrera del Vástago (retorno a la posición inicial).

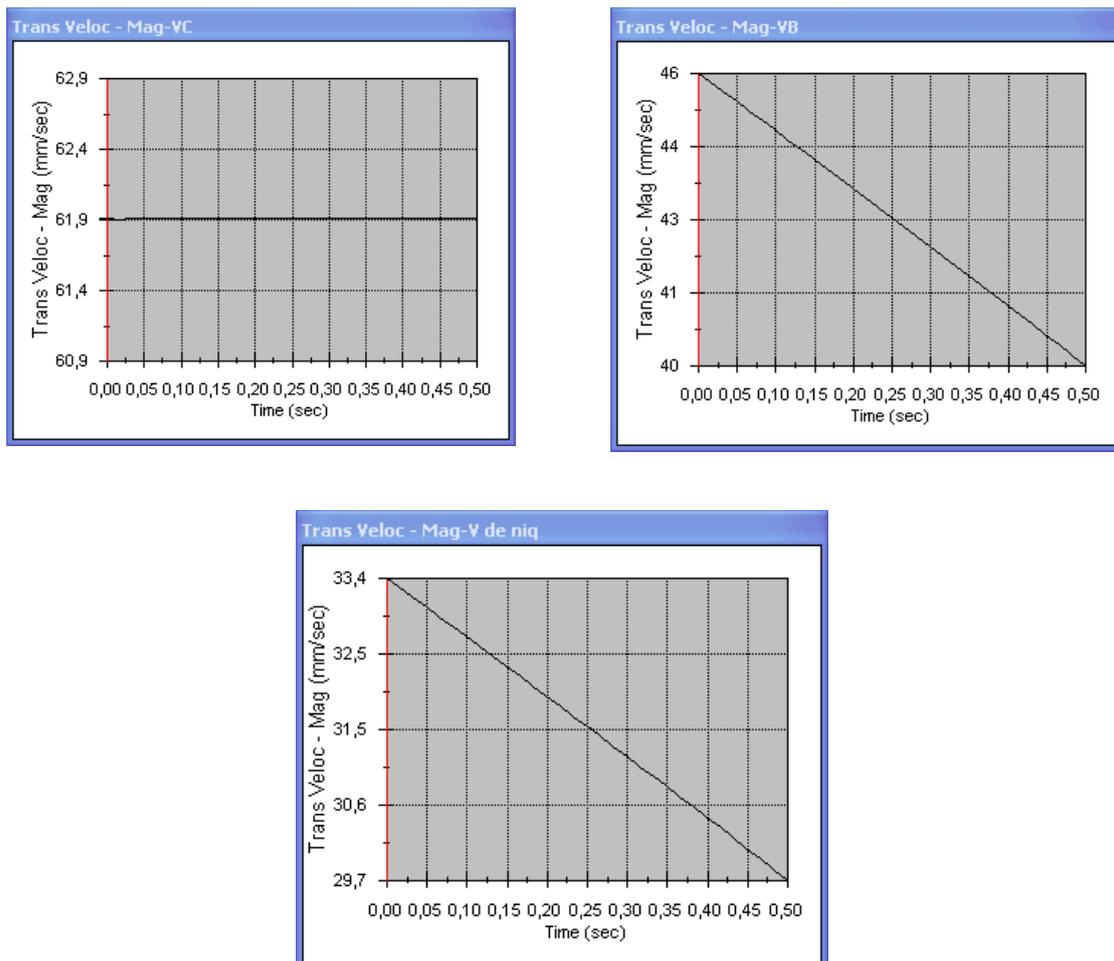


Figura 3.58: Diagrama de Velocidades en la Posición Inicial del Vástago Mediante Software.

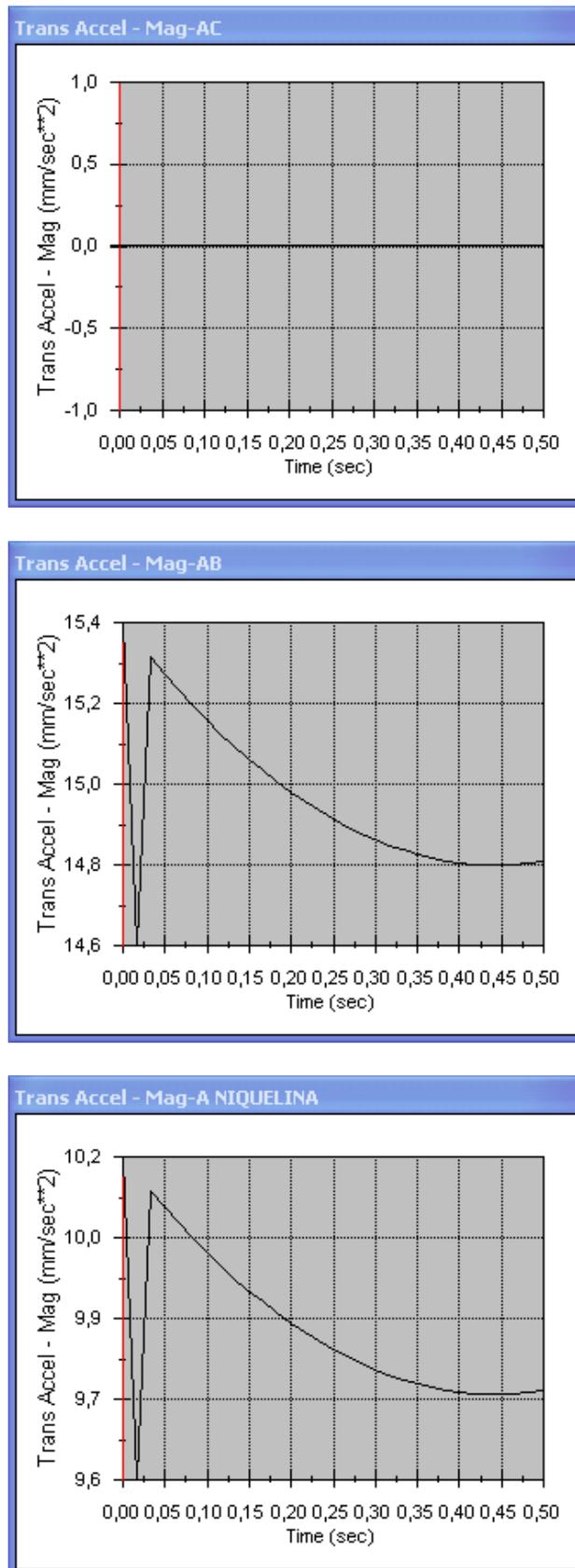


Figura 3.59: Diagrama de Aceleraciones en la Posición Inicial del Vástago Mediante Software.

3.4.5 Verificación de la estructura del equipo [10]

Es necesario un diseño estructural adecuado ya que la estructura del equipo es al que soporta las cargas de los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos.

Debido a esto se necesita una estructura estable y rígida, y que además soporte todas las fuerzas y reacciones que serán producidas por las actividades que se van a realizar.

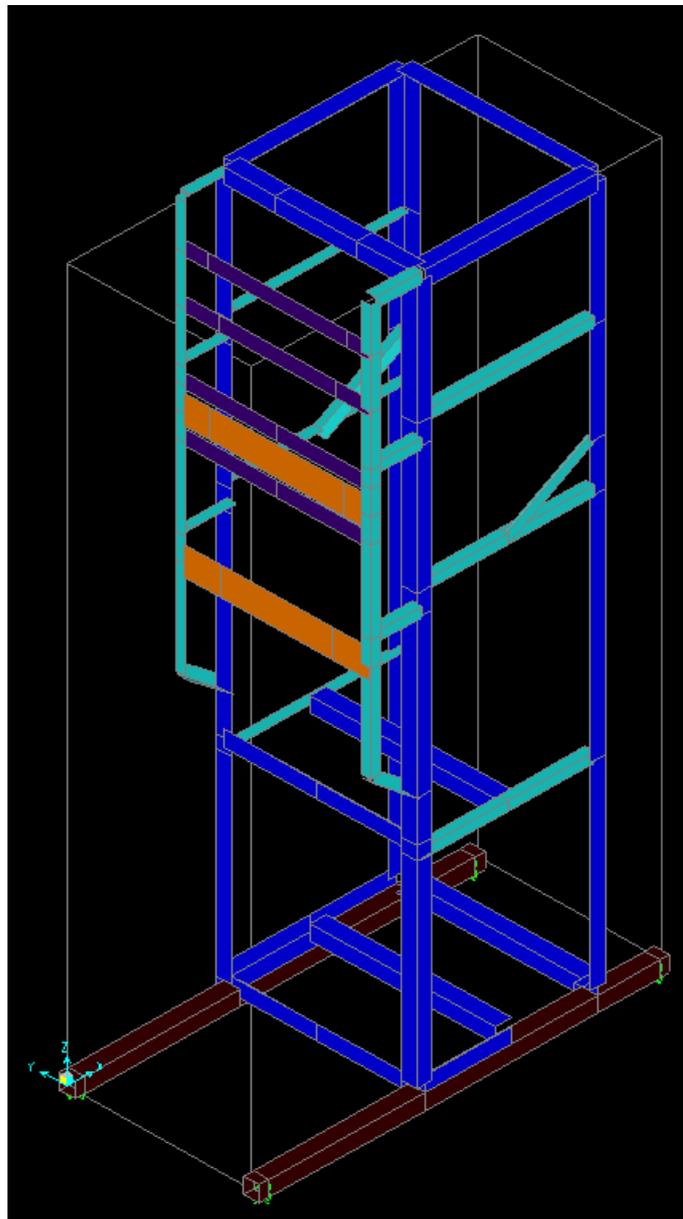


Figura 3.60: Estructura del Equipo (software SAP 2000)

En la gráfica se observa la estructura del equipo que es diseñada en base a requerimientos a ubicarse en la misma, para su construcción se selecciona los siguientes elementos:

Tabla 3.13: ELEMENTOS SELECCIONADOS PARA LA ESTRUCTURA (ANEXO 26)

PERFIL	DIMENSION	APLICACION
Tubo	1 ½ (40x40x2)	Soporte estructural
Angulo	40x40x4	Estructura
Angulo	25x25x3	Refuerzos
Platina	38x3,5	Soporte de elementos
Platina	75x7,25	Soporte de elementos

Las cargas a la que encuentran sometidas la estructura se considera las siguientes:

Tabla 3.14: CARGAS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA

CARGA	TIPO DE CARGA	VALOR (kg)
Cilindro sellado hor.	DEAD	2,65
Cilindro sellado ver.	DEAD	1,65
Transformadores	DEAD	5
Dosificador	DEAD	6
Motor	DEAD	1
Accesorios neumáticos	DEAD	1,85
Sistema de arrastre	DEAD	11,95
Sistema de sellado ver.	DEAD	4
Sistema sellado hor.	DEAD	9,3
Elementos de moldeo	DEAD	3,13
Fuerza de prensado hor.	LIVE	68,02
Fuerza de prensado ver.	LIVE	34
Bobina de plástico	LIVE	15
Líquido dosificado	LIVE	18,58
Otros	LIVE	65

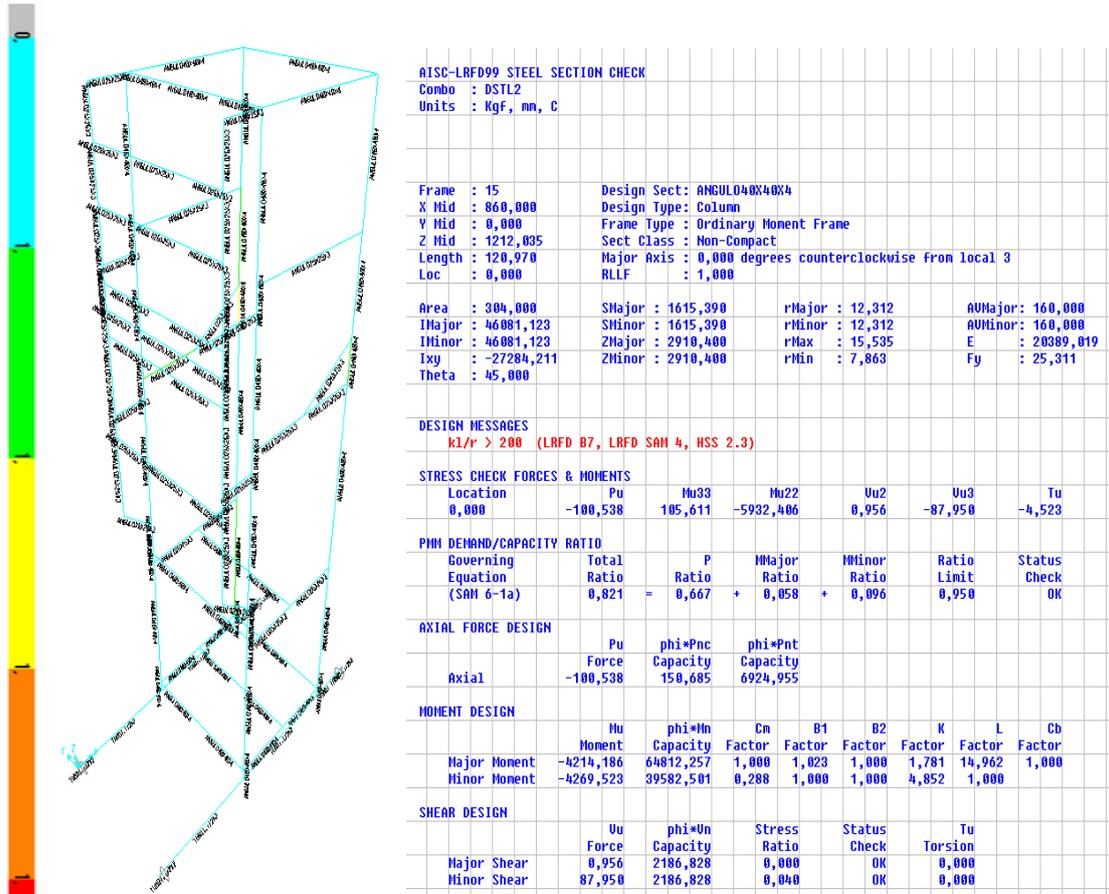


Figura 3.61: Verificación del Diseño Estructural (SAP2000)

Se observa en el gráfico analizado mediante el software de análisis estructural SAP2000 los elementos de la estructura se encuentran entre los colores celeste, verde, y amarillo lo cual indica que se encuentra dentro de un rango aceptable. Se determina las características de diseño en el punto más crítico.

3.5 Diseño neumático [11]

3.5.1 Descripción del funcionamiento

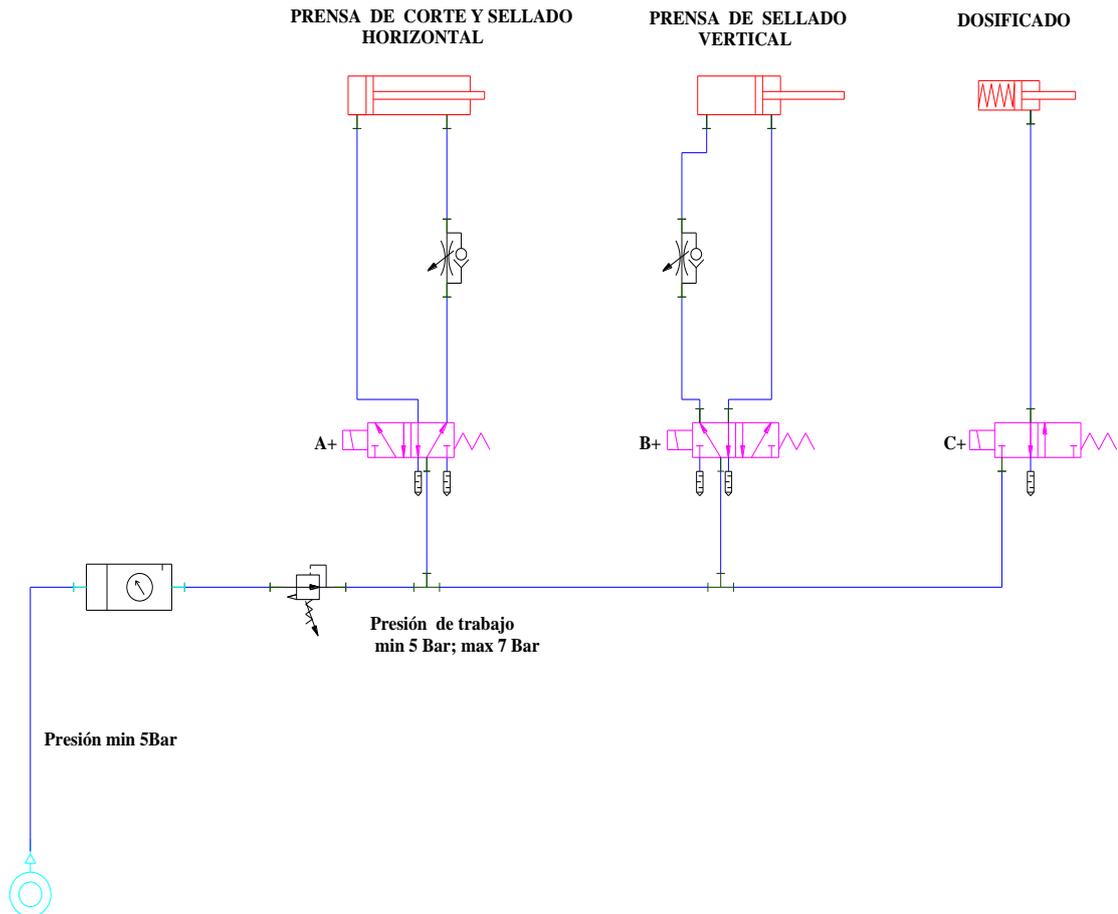


Figura 3.62: Circuito Neumático

Tabla 3.15: DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS

TRAMO	MOVIMIENTO	DESCRIPCIÓN
0 a 1	Pausa inicial.	Este tiempo de pausa inicial es útil cuando de ha dado la orden de dosificado, este tiempo permite que se establezca el líquido antes que actúe el cilindro de sellado y corte.
1 a 2	Carrera de avance del vástago del cilindro de sellado y corte horizontal, carrera de retroceso del vástago del cilindro de sellado vertical.	Una señal eléctrica enclavara las bobinas A+, B+. Lo que ocasiona que dichos cilindros tengan su carrera de trabajo.
2 a 3	Tiempo de aplastamiento en el sellado vertical.	Para tener un correcto sellado vertical se debe presionar el plástico por un tiempo mediante el cilindro (es decir debe permanecer en la posición B+). Durante este tiempo la posición A+ se mantiene.
3 a 4	Retorno a la posición inicial del vástago del cilindro de sellado vertical.	Se retira la señal eléctrica en la bobina B+, lo que ocasionara el retorno del vástago del cilindro de sellado vertical por medio del muelle. La bobina A+ permanece energizada.
4 a 5	Tiempo de espera	Este permite controlar el tiempo de amordazamiento horizontal para obtener un buen sellado y corte a la vez. La bobina A+ permanece energizada.
5 a 6	Carrera de avance del vástago del cilindro dosificado	Una señal eléctrica enclavara las bobinas C+, Lo que permite el dosificado del producto. La bobina A+ permanece energizada.
6 a 7	Tiempo de dosificado.	La bobina C+ permanece energizada de acuerdo con la cantidad de líquido requerido. La bobina A+ permanece energizada.

7 a 8	Retorno a la posición inicial de los vástagos de los cilindros: cilindro de dosificado, cilindro de corte y sellado horizontal.	Luego de obtener la cantidad de liquido requerida se retira la señal eléctrica en las bobinas A+, C+, lo que ocasiona el retorno de los vástagos de los cilindros de corte y sellado horizontal, dosificado por medio de un muelle.
8 a 9	Tiempo de avance del plástico.	En este tiempo no trabaja ninguno de los cilindros únicamente por medio de un motor se realiza el arrastre del plástico.
9 = 0	Realimentación del sistema.	Se realimenta el sistema permitiendo tener una secuencia automática, para detener el proceso se consigue al pulsar el botón de PARO.

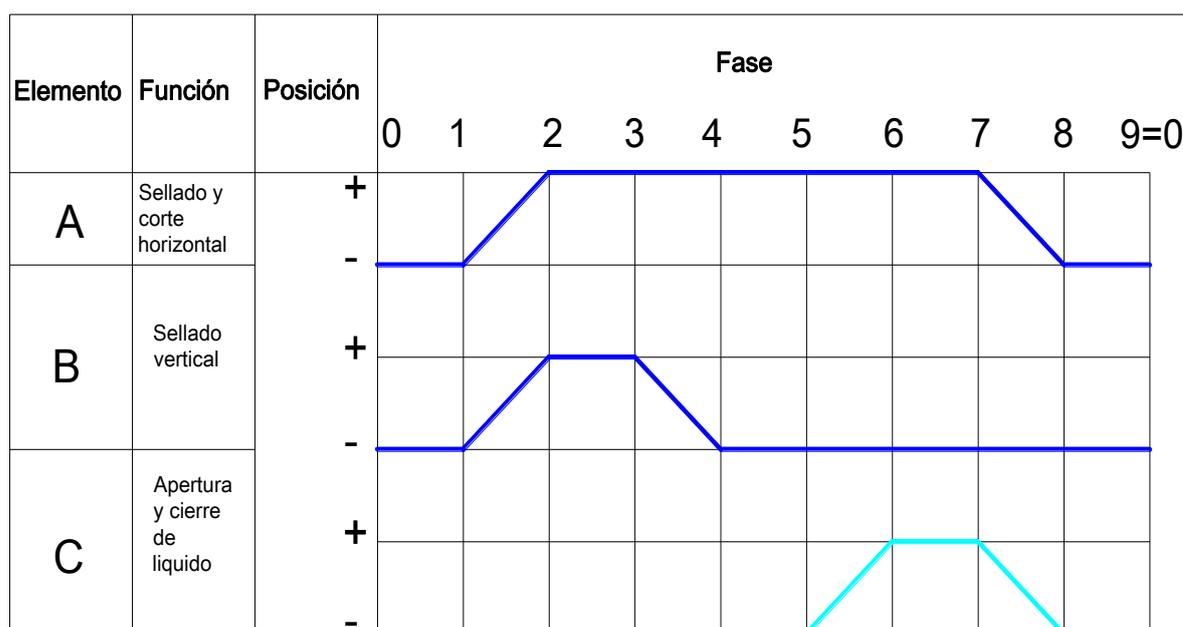


Figura 3.63: Diagrama de Fase

3.5.2 Selección de cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al émbolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o

simplemente sujetarlo. La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón:

A. Cilindro de sellado y corte horizontal

Fuerza requerida = $667,3N$

Cálculo de la fuerza de avance del cilindro.

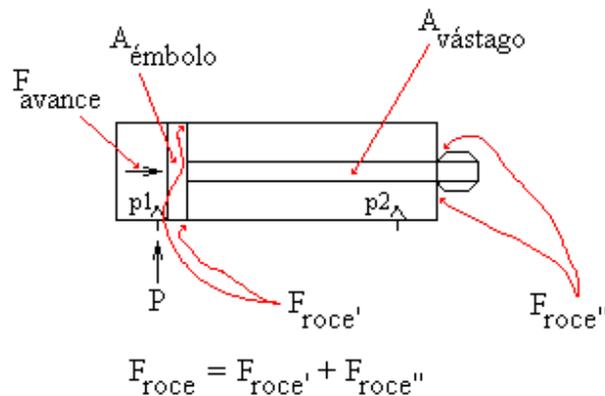


Figura 3.64: Fuerzas que Actúan en el Cilindro Neumático

$$F_{avance} = P \cdot A_{émbolo} - F_{rozamiento} \quad (51)$$

Donde: P Presión del cilindro en $\frac{N}{mm^2}$

F_{avance} Fuerza a la salida del vástago en N

$F_{rozamiento}$ Es la suma de todas las fricciones existentes en el cilindro, se recomienda de 10 a 20% de F_{avance} (en N)

$A_{émbolo}$ En mm^2

Se asume un diámetro de camisa, tomando en cuenta que exista a la venta:

$$d = 50 \text{ mm}$$

Se toma una presión de 5 Bar $0,5 \frac{N}{mm^2}$ como suficiente.

$$A_{émbolo} = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A_{\text{embolo}} = \frac{\pi}{4} (50 \text{ mm})^2 = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{avance}} = P \cdot A_{\text{embolo}} = 0,2 \cdot F_{\text{avance}} = 1,2 \cdot F_{\text{avance}} = P \cdot A_{\text{embolo}}$$

$$F_{\text{avance}} = \frac{0,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1963,495 \text{ mm}^2}{1,2} = 818,123 \text{ N}$$

$$F_{\text{dada por el cilindro}} = F_{\text{requerida}} \quad (48)$$

Donde: $F_{\text{requerida}}$ es la fuerza requerida para el corte y sellado térmico en N.

818,123 N = 667,3 N

Tabla 3.16: CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO DE CORTE Y SELLADO

Tipo	DNC 50X150PPV-A
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro de doble efecto
Presión de funcionamiento máximo	120 Psi=8,27 Bar
Temperatura de funcionamiento	-20 hasta + 80°C
Material	Culatas: Aluminio inyectado y lacado; Camisa: Acero de precisión con lacado exterior. Vástago X20Cr13 con rosca laminada ; Juntas:Prbuman
Diámetro del embolo o camisa	50 mm
Diámetro del vástago	20mm
Carrera	150 mm
Peso	2,65 kg
Montaje	Rígido

Cálculo de la fuerza de retroceso del cilindro.

$$F_{\text{retroceso}} = P \cdot A_{\text{embolo}} - A_{\text{vástago}} \cdot F_{\text{rozamiento}} \quad (52)$$

$$F_{\text{retroceso}} = P \cdot A_{\text{émbolo}} - A_{\text{vástago}} \cdot 0.2 \cdot F_{\text{retroceso}}$$

Donde: P Presión del cilindro en $\frac{N}{mm^2}$

$F_{\text{retroceso}}$ Fuerza a la entrada del vástago en N

$F_{\text{rozamiento}}$ Es la suma de todas las fricciones existentes en el cilindro, se recomienda de 10 a 20% de F_{avance} (en N)

$A_{\text{émbolo}}$ En mm^2

$$A_{\text{vástago}} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_{\text{vástago}} = \frac{\pi (20\text{mm})^2}{4} = 314,159\text{mm}^2$$

$$F_{\text{retroceso}} = \frac{0,5 \frac{N}{mm^2} \cdot 1963,495 \cdot 314,159\text{mm}^2}{1,2} = 687,223\text{N}$$

Consumo de aire en el cilindro.

Con los datos obtenidos calculamos el caudal requerido por el cilindro A; se tiene:

L_A = carrera del pistón = 150 mm

D_i = Diámetro interno del cilindro = 50 mm

D_v = Diámetro del vástago = 20 mm

$p_1 = p_2$ = Presión relativa de trabajo (presión de trabajo / 1 bar) = 5

n = Número de ciclos por minuto = 25 ciclos/min (para 1250 u/h)

Q_A = Caudal requerido por el cilindro A.

$$Q_A = \frac{L_A}{4} \cdot D_i^2 \cdot p_1 \cdot \left(D_i^2 - D_v^2 \right) \cdot p_2 \cdot n \quad (53)$$

$$Q_A = \frac{150}{4} \cdot 50^2 \cdot 5 \cdot (50^2 - 20^2) \cdot 5 \cdot 25$$

$$Q_A = 67740591,59 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}} = 67740,591 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Verificación del pandeo.

Este fenómeno se produce en los elementos a compresión. Para evitar que se produzca el pandeo se debe cumplir:

Carrera real < Carrera básica

Donde: Carrera real = carrera del cilindro

Carrera básica = carrera máxima de cada cilindro según su diámetro

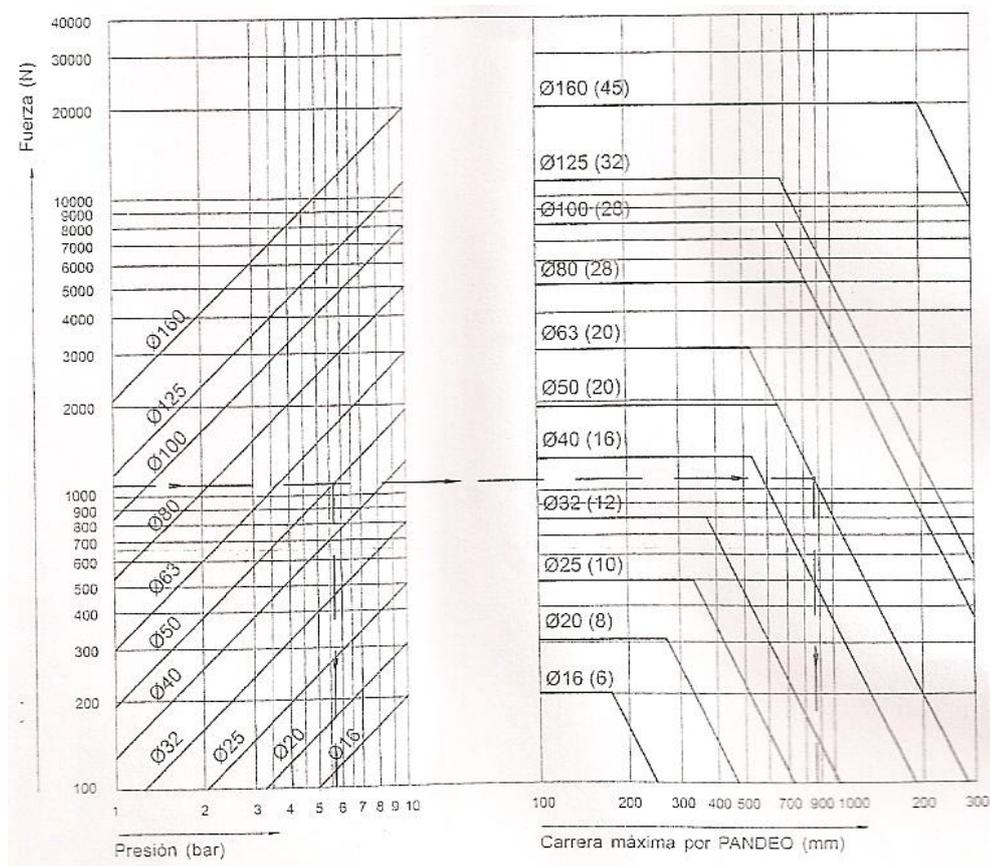


Figura 3.65: Verificación a Pandeo

De la gráfica se puede observar que la carrera máxima para que se produzca el pandeo es de 900mm, en base a lo cual se establece que el cilindro seleccionado no tendrá problemas de pandeo.

B. Cilindro de sellado vertical

Tabla 3.17: CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO DE SELLADO VERTICAL

Fuerza requerida.	444,822 N
Fuerza de avance calculada	1178,09 N
Fuerza de retroceso calculada	1047,19 N
Consumo de aire (Q_B)	27096,23 $\frac{cm^3}{min}$

CILINDRO SELECCIONADO.	
Tipo	DNC 50X60PPV-A
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro de doble efecto
Presión de funcionamiento máximo	120 Psi=8,27 Bar
Temperatura de funcionamiento	-20 hasta + 80°C
Material	Culatas: Aluminio inyectado y lacado; Camisa: Acero de precisión con lacado exterior. Vástago X20Cr13 con rosca laminada ; Juntas:Prbuman
Diámetro del émbolo o camisa	60 mm
Diámetro del vástago	20mm
Carrera	50 mm
Peso	1,65 kg
Montaje	Rígido

C. Cilindro de dosificado



Figura 3.66: Sistema de Dosificado

Cálculo de la fuerza requerida para la dosificación.

$$P = \rho \cdot H \cdot \frac{F}{A} \quad (54)$$

Donde: P Presión ejercida por líquido la altura H .

F Fuerza necesaria para permitir la salida del líquido dosificado.

■ Densidad del líquido dosificado = $1035 \frac{kg}{m^3}$

A Area a la salida del líquido dosificado ($d=1,5$ cm).

$$1035 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 1,785m \cdot \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,0127m^2}$$

$F = 3,199N$ (Requerida).

Cálculo de las fuerzas del cilindro.

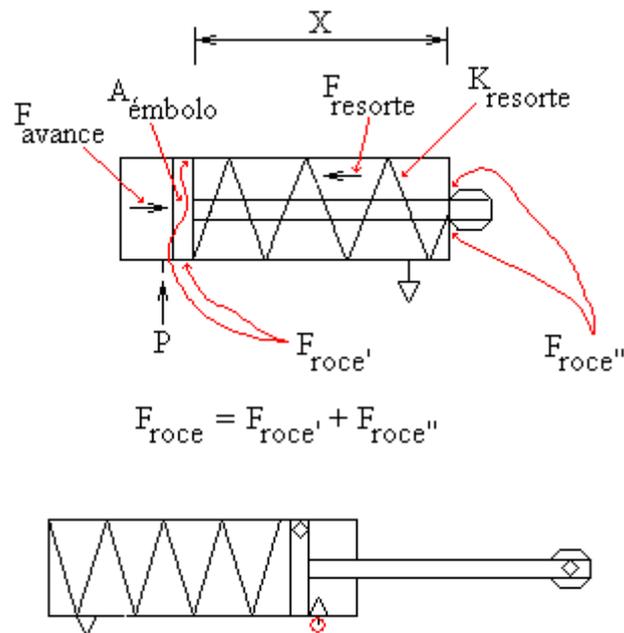


Figura 3.67: Fuerzas que Actúan en el Cilindro Neumático

$$F_{\text{retroceso}} = P \cdot A_{\text{émbolo}} + F_{\text{rozamiento}} + F_{\text{resorte}} \quad (55)$$

Donde:

- P Presión del cilindro en $\frac{N}{mm^2}$
- F_{avance} Fuerza dada a la salida del vástago N (667,3 N)
- $F_{\text{rozamiento}}$ Es la suma de todas las fricciones existentes en el cilindro, se recomienda de 10 a 20% de F_{avance} (en N)
- $A_{\text{émbolo}}$ En mm^2
- F_{resorte} Es la fuerza estática que presenta el resorte.

Se asume un diámetro de camisa:

$$d = 25 \text{ mm}$$

Se toma una presión de $5 \text{ Bar} = 0,5 \frac{N}{mm^2}$ como suficiente.

$$A_{\text{émbolo}} = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A_{\text{émbolo}} = \frac{\pi}{4} (25 \text{ mm})^2 = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{resorte}} = k_{\text{resorte}} \cdot L \quad (56)$$

Donde:

- F_{resorte} Fuerza estática que presenta el muelle.

k_{resorte} Es la constante elástica del muelle dada por el fabricante = $5 \frac{N}{mm}$.

L Es la carrera total del embolo = 30mm.

$$F_{\text{resorte}} = 6 \cdot 30 = 150 \text{ N}$$

$$F_{\text{retroceso}} = P \cdot A_{\text{émbolo}} + 0,2 \cdot F_{\text{retroceso}} + F_{\text{resorte}} = 1,2 \cdot F_{\text{retroceso}} + P \cdot A_{\text{émbolo}} + F_{\text{resorte}}$$

$$F_{\text{retroceso}} = \frac{0,5 \frac{N}{mm^2} \cdot 490,874 \text{ mm}^2}{1,2} + 150 = 54,531 \text{ N}$$

$$F_{\text{dada por el cilindro}} = F_{\text{requerida}}$$

$$F_{\text{avance}} = F_{\text{Re.sorte}} = 0,2 F_{\text{avance}}$$

$$1,2 F_{\text{avance}} = F_{\text{Re.sorte}} = 150 \text{ N}$$

$$F_{\text{avance}} = 125 \text{ N}$$

Tabla 3.18: CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO DE DOSIFICADO

Tipo	DNC 30X50PPV-A
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro de simple efecto, avance a muelle.
Presión de funcionamiento máximo	101,5 Psi= 7 Bar
Temperatura de funcionamiento	-20 hasta + 80°C
Material	Culatas: Aluminio inyectado y lacado; Camisa: Acero de precisión con lacado exterior. Vástago X20Cr13 con rosca laminada.
Diámetro del émbolo o camisa	30 mm
Diámetro del vástago	10 mm
Carrera	50 mm
Peso	0,25 kg
Montaje	Rígido

Consumo de aire en el cilindro.

$$Q_c = 8344,855 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Caudal total de aire requerido por el sistema neumático.

El caudal total requerido será:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C \quad (57)$$

$$Q = 67740,591 + 27096,23 + 8344,805 = 103181,626 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 103,2 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Nótese que el caudal calculado será para la máxima producción del equipo de 25 fundas por minuto, aunque en la práctica el número de fundas por minuto puede ser menor debido a tiempos muertos.

3.5.3 Selección de elementos neumáticos y tubería

Valvulas direccionales.

La función de las válvulas es permitir, orientar o detener un flujo de aire para distribuir el aire hacia los elementos de trabajo son conocidas también como válvulas distribuidoras. Constituyen los órganos de mando de un circuito, los mandos son muy numerosos y su determinación se halla en función de lo que ha de cumplir.

Las válvulas direccionales se designan de acuerdo al número de vías y al número de posiciones de la forma siguiente:

- 2/2 dos vías / dos posiciones
- 3/2 tres vías / dos posiciones
- 4/2 cuatro vías / dos posiciones
- 5/2 cinco vías / dos posiciones
- 5/3 cinco vías / tres posiciones, etc.

Tabla 3.19: SELECCIÓN DE ELECTROVALVULAS (VERTICAL Y HORIZONTAL)

Modelo	MAC USA ELECTROVALVULA 411A-D0A-DM-DJPJ-1JB
Tipo	Válvula 5/2 distribuidor monoestable (Bobina-muelle).
Montaje	Mediante 4 tornillos en el modelo sin base.
Conexión	G1/4
Temperaturas	Ambiente de -5 +50°C Fluido de -10+60°C
Fluido	Aire comprimido filtrado y lubricado – Gases inertes
Presión de trabajo	Máx. 10 Bar
Tensión seleccionada para la solenoide	110VAC 60 Hz 7W

Tabla 3.20: SELECCIÓN DE ELECTROVALVULAS (DOSIFICADO)

Modelo	MAC 411A-D0A-DM-DJPJ-1JB
Tipo	Válvula 3/2 distribuidor monoestable (Bobina-muelle).
Montaje	Mediante 4 tornillos en el modelo sin base.
Conexión	G1/4
Temperaturas	Ambiente de -5 +50°C Fluido de -10+60°C
Fluido	Aire comprimido filtrado y lubricado – Gases inertes
Presión de trabajo	Máx. 10 Bar
Tensión seleccionada para la solenoides	110VAC 60 Hz 7W

Regulador de caudal unidireccional.

El control de la velocidad de desplazamiento de un cilindro se logra mediante el flujo de aire o caudal que escapa del mismo. Estos componentes regulan el caudal en una sola dirección del flujo, permitiendo el libre pasaje del aire en sentido contrario.

Para obtener regulaciones más precisas es conveniente instalar estos reguladores lo más cerca posible del cilindro. Por tal motivo se han desarrollado los reguladores de caudal para ser conectados directamente en el cilindro.

Se requiere tener un control en la velocidad de los cilindros que realizan el proceso de corte y sellado horizontal y en el de sellado vertical, se usara un regulador de caudal en cada uno.

Tabla 3.21: SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CAUDAL

Modelo	TCV 02
Tipo	Regulador de caudal
Montaje	Mediante 4 tornillos en el modelo sin base.
Conexión	G1/4
Temperaturas	Ambiente de -5 +50°C Fluido de -10+60°C
Fluido	Aire comprimido filtrado y lubricado – Gases inertes
Presión de trabajo	Máx. 10 bar
Materiales	Cuerpo de zamac, tornillo de registro de latón, guarniciones de NBR.

Tubería.

Generalmente son de poliamida, poliuretano, polietileno, cobre, goma con malla, PVC con malla sintética. Son materiales flexibles encargados de la conducción del aire comprimido a los actuadores para realizar el proceso requerido.

Tabla 3.22: TUBO DE POLIURETANO

Tubo	Poliuretano	
Pensión máxima	10 Bar	
Fluido	Aire comprimido, aceite hidráulico, gases, vacío etc.	
Temperaturas	10.....70°C	
Conexión	G1/4	
Diámetro de tubería	8 mm	

Elementos adicionales.

Tabla 3.23: CONECTOR RÁPIDO T

Modelo: SPE-08	
Conectores rápidos para tubo de Ø8mm	

Tabla 3.24: CONECTOR RÁPIDO RECTO

Modelo: JPC8-03	Conector rápido para tubo de 8mm Conector roscado 3/4"	
Modelo: JPC8-02	Conector rápido para tubo de 8mm Conector roscado 1/4"	

Tabla 3.25: SILENCIADOR

Modelo: BS-01	
Conector 1/8"	
Bronce sinterizado	
Filtro de 5µm	

3.5.4 Selección de la unidad técnica de mantenimiento (UTM)

Constituyen unidades indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos y para prolongar la vida útil de los componentes. Su función es suministrar aire libre de humedad e impurezas, lubricado y regulado a la presión requerida.

La unidad de mantenimiento esta conformada por.

Filtro de Aire: Elimina impurezas que pueden existir en el aire comprimido. El cartucho del filtro debe limpiarse en intervalos regulares.

Colector de condensado: El nivel de condensación debe controlarse rigurosamente para no sobrepasar el nivel máximo permitido, puesto que existe el riesgo de que agua pase al depósito de aceite y de allí a la instalación . Para ello es necesario vaciar la condensación.

La válvula reguladora de presión: Mantiene la presión de trabajo constante, independientemente de las oscilaciones de la presión en la red y el consumo de aire la presión de entrada siempre debe ser mayor que la presión de trabajo.

Estos elementos deben encontrarse bien lubricados, se debe utilizar aceites exentos de acidez del tipo mineral.

Tabla 3.26: SELECCIÓN DEL UTM

Modelo	AC4010-04G-D
Tipo	UTM
Montaje	Mediante 2 tornillos de sujeción
Filtro de aire + Regulador + Lubricador	
Conexión	G1/4
Temperaturas	Ambiente de -0 +60°C Fluido de -0+60°C
Fluido	Aire comprimido Filtrado y lubricado – Gases inertes
Presión de trabajo	Máx. 1 MPa=10 bar
Filtración	25 m
Aceite lubricante recomendado	Aceite de turbina clase 1 (ISOVG32)
Tipo de válvula	Tipo relief.
Peso:	0,85 kg

3.5.5 Determinación de las características del compresor

Para determinar la potencia del compresor se requiere determinar los valores de pérdidas de presión en los elementos del sistema la que han sido tomados de los catálogos.

Tabla 3.27: PÉRDIDAS EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

Elemento	Caída de presión Bar	Número de elementos	Caída de presión total Bar
Electroválvulas	0,08	3	0,24
UTM	0,65	1	0,65
Reguladores de flujo	0,03	2	0,06
Manguera	0,01/m	8 m	0,08
Total (Bar)			1,03

La presión de entrega del compresor será:

$$P_C = P_D + \Delta p \quad (58)$$

Donde: p_c = presión mínima del compresor
 p_D = presión del sistema = 5 bar
 Δp = pérdidas del sistema = 1,03 bar

$$P_C = 5 + 1,03 = 6,07 \text{ Bar} = 6,148 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

La potencia requerida será:

$$P = P_C \cdot Q \quad (59)$$

Donde: P = Potencia mínima requerida el compresor.

$$P_C = \text{Presión del compresor} = 6,148 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$Q = \text{Caudal total requerido} = 103181,626 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 103,18 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$P = 6.148 \cdot 103181.626 \cdot 634360.64 \frac{\text{kgf.cm}}{\text{min}} = 1036,12W = 1,389hp$$

Para un trabajo sin problemas del equipo se recomienda usar un compresor de al menos con las siguientes características:

Potencia: 1,5 hp

Caudal: 206,36 l/min (al menos el doble del caudal requerido).

En las pruebas realizadas en el equipo se utilizó un compresor eléctrico marca Dino-Power Industry and Trade, el que trabajo sin ningún problema:

Tabla 3.28: PROPIEDADES DEL COMPRESOR

Modelo: DP-2051V	
Potencia: 2HP (1.5KW)	
Cilindro: 2x51mm	
R.P.M: 1200	
Presión máxima: 8 bar (115 psi)	
Caudal: 225 lt/min (7,9 cfm)	
Peso: 79 kg	
Dimensiones: 106x38x78	

3.6 Diseño térmico [12]

3.6.1 Determinación del calor térmico para el sellado

Para determinar el calor de termosoldabilidad en sellado vertical como en el sellado y corte horizontal es importante conocer el tipo de polietileno ya que en el mercado se puede encontrar una gama de los mismos.

Para la presente tesis de grado se utilizó un polietileno termosellable en ambas caras con espesor de 80 micras utilizado generalmente en el enfundado para leche con estos

parámetros se determina la temperatura óptima que permita un sellado térmico seguro en el producto final.

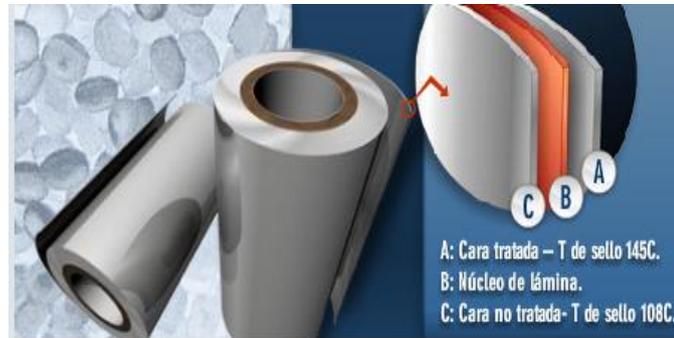


Figura 3.68: Polietileno Termosellable

Para determinar la temperatura de termosoldabilidad que deben tener cada una de las niquelinas de sellado vertical así como la de sellado y corte horizontal se aprovecho de un pirómetro.

Mediante varias pruebas hechas experimentalmente se logro determinar la temperatura de termosoldabilidad que a continuación se pone en consideración:

Tabla 3.29: RANGO DE TEMPERATURA DEL SELLADO VERTICAL

Temperatura de sellado vertical	
110 a 120°C	Rango de temperatura tomada experimentalmente

Tabla 3.30: RANGO DE TEMPERATURA DEL SELLADO Y CORTE HORIZONTAL

Temperatura de sellado y corte horizontal	
245 a 260°C	Rango de temperatura tomada experimentalmente

3.6.2 Selección del aislamiento térmico

Para determinar el aislante térmico es indispensable saber la temperatura termosellable a la que va a trabajar el equipo automático de sellado térmico de bebidas líquidas.

El aislante térmico seleccionado tiene como función evitar que todo el calor que genera las niquelinas vertical y horizontal sea transmitido a las paredes de las mordazas ya que este puede calentarse y producir un sellado térmico de malas condiciones.

En algunos casos se utiliza un sistema de refrigeración para evitar este tipo de calentamiento hacia las paredes las mordazas.

En este caso hemos creído suficiente la selección del aislante térmico para evitar dicho inconveniente.

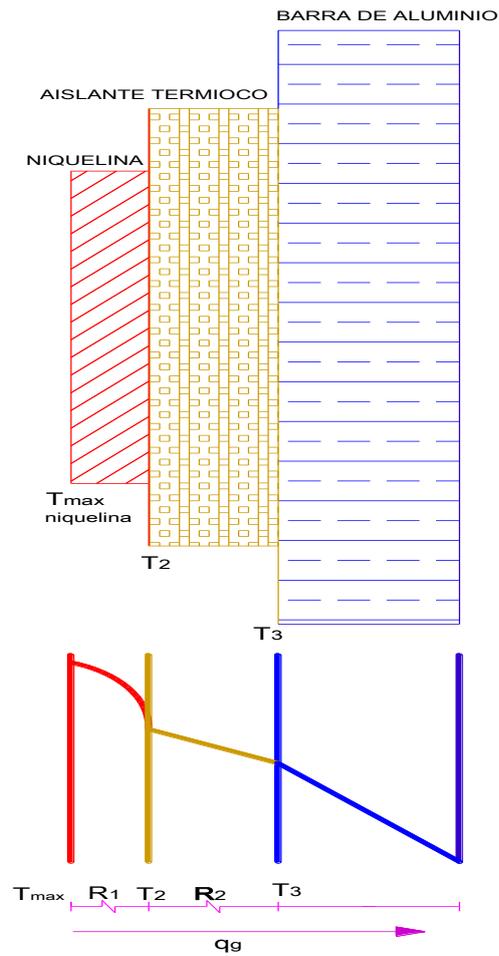


Figura 3.69: Aislamiento Térmico

A continuación se determina el aislante térmico más apropiado según el siguiente análisis.

$$R_1 = \frac{e_1}{k_1 A_1} \quad (60)$$

$$R_2 = \frac{e_2}{k_2 A_2} \quad (61)$$

$$q_G = \frac{T_{\max} - T_3}{R_1 + R_2} \quad (62)$$

$$A = a \cdot b \quad (63)$$

Donde: R = Resistencia.
 k_1 = Conductividad térmica.
 T_{\max} = Temperatura inicial.
 T_3 = Temperatura final.
 q_g = Calor generado.
 A = Area de contacto.

Se realiza el análisis para la niquelina de sellado vertical

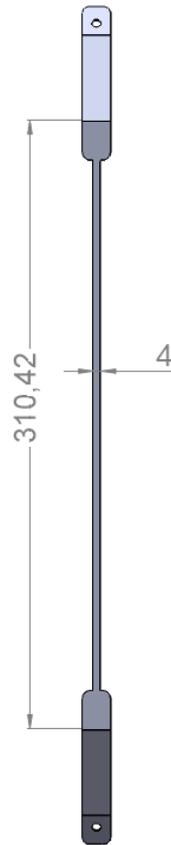


Figura 3.70: Niquelina de Sellado Vertical

$$A_{\text{barra.alum}} \quad 310,42 \text{ mm} \quad 26 \text{ mm}$$

$$A_{\text{barra.alum}} \quad 0,00806 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{niquelina}} \quad 310,42 \text{ mm} \quad 4 \text{ mm}$$

$$A_{\text{niquelina}} \quad 0,00124 \text{ m}^2$$

$$k_{\text{niquelina}} \quad 52,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \quad (\text{Anexo24})$$

$$k_{\text{mica}} \quad 0,523 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \quad (\text{Anexo25})$$

$$q_G \quad \frac{(120 - 30)^\circ\text{C}}{\frac{0,001 \text{ m}}{52,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \cdot 0,00124} + \frac{e_x}{0,523 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \cdot 0,00806 \text{ m}^2}}$$

$$q_G = \frac{(120 - 30)^\circ C}{\frac{0,001 m}{52,3 \frac{W}{m^\circ C}} + \frac{e_x}{0,523 \frac{W}{m^\circ C}}} = 0,00806 m^2$$

$$e_{xv} = 0,567 mm$$

Se realiza el análisis para la niquelina de sellado y corte horizontal

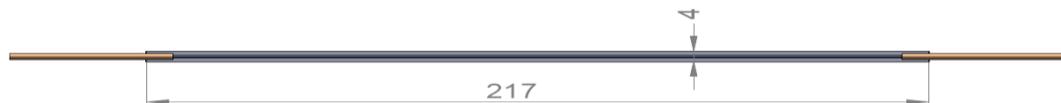


Figura 3.71: Niquelina de Sellado y Corte Horizontal

$$A_{barra.alum} = 0,00513 m^2$$

$$A_{niquelina} = 0,000868 m^2$$

$$k_{niquelina} = 52,3 \frac{W}{m^\circ C} \text{ (Anexo24)}$$

$$k_{mica} = 0,523 \frac{W}{m^\circ C} \text{ (Anexo25)}$$

$$e_{xh} = 1,6 mm$$

Tabla 3.31: CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN DEL AISLANTE TÉRMICO

Niquelina	Potencia (W)	Espesor del aislante térmico ($e = mm$)	Temperatura °C
Vertical	600	0,523	120
Horizontal	280	1,6	260

De acuerdo al cálculo establecido el aislante térmico en la niquelina horizontal es la que mas espesor requiere, en el presente caso se toma un aislante térmico de $e = 2mm$ por facilidad de encontrar en el mercado.

3.6.3 Funcionamiento de las niquelinas caloríficas

Cabe señalar que las niquelinas caloríficas trabajan por pulsos es decir no pasan constantemente alimentadas por corriente eléctrica y solo se encienden cuando son accionadas mediante una señal que es enviada por el micro PLC al contactor para su accionamiento.

Como las niquelinas tienen esa facilidad de calentarse y enfriarse rápidamente eso permite que sean alimentadas eléctricamente solo cuando se produce el sellado térmico de lo contrario si la niquelina calorífica permanece constantemente encendida esta se deteriora y pierde sus propiedades siendo necesaria cambiarla, causando un gran problema además la tela cambrish que sirve como protección entre el plástico y la niquelina, se quemaría de inmediato, razón por la cual esto no es lo mas idóneo.

De acuerdo con cada una de las aplicaciones las niquelinas poseen las siguientes características:

Tabla 3.32: CARACTERÍSTICAS DE LAS NIQUELINAS CALORÍFICAS

FUNCION	PARAMETRO		
	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
Sellado vertical	12	50	600
Corte horizontal	10	28	280

Las niquelinas no pueden funcionar conectadas directamente a la red por lo cual debe diseñarse transformadores de acuerdo a los requerimientos de cada niquelina.

Tabla 3.33 REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS

DATOS	Transformador de corte horizontal.	Transformador de sellado vertical.
V_p	110 V	110 V
V_s	10 V	12 V
I_s	28 A	50 A
P_{eff}	280 W	600 W
S_{br}	18,741 cm^2	27,434 cm^2
S_n	20,615 cm^2	30,177 cm^2
N_p	200,167 espiras	136,741 espiras
N_s	18,197 espiras	14,917 espiras
I_p	2,545A	5,454 A
■	$\frac{A}{2,5 \text{ mm}^2}$	$\frac{A}{2 \text{ mm}^2}$
S_p	1,018 mm^2	2,727 mm^2
S_s	11,2 mm^2	25 mm^2
# p	AWG16	AWG12
# s	AWG6	AWG6 (bobinado de 2 en 2)

3.7 Diseño del control

3.7.1 Estudio y selección de alternativas de control

A. PLC [13]

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) a un dispositivo electrónico diseñado para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Realiza funciones lógicas, temporizaciones, conteos y otras más potentes como cálculos, regulaciones.

Se puede decir entonces que un PLC es un aparato en el que existe unos terminales de entrada a los que se conectan pulsadores, interruptores de fin de carrera, fotocélulas, sensores,

detectores, etc.; tiene además unos terminales de salida a los que se conectan lámparas indicadoras, electroválvulas, motores (con la debida protección de contactores o reles en caso de ser necesario), etc.; de tal forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que estén activadas y de un programa almacenado en este aparato.

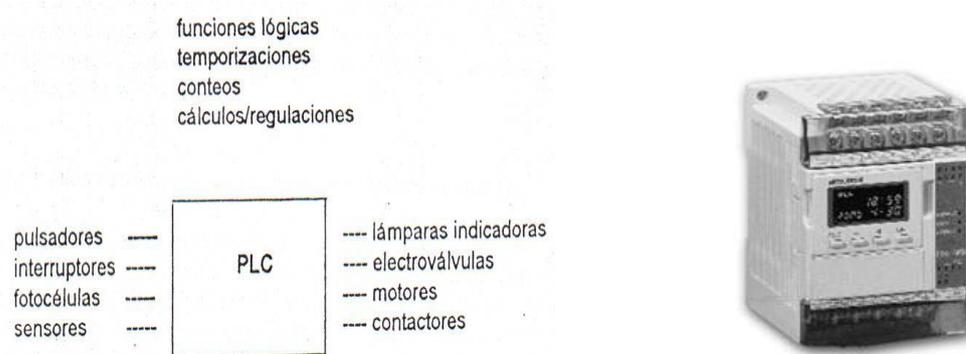


Figura 3.72: Controlador Lógico Programable

El empleo de los PLCs para las tareas de automatización se ha generalizado a nivel industrial principalmente por su gran versatilidad y sencillez en cuanto a conexiones. Los PLCs se utilizan a nivel mundial en casi todos los sectores y para las tareas más diversas. Tanto en la industria del automóvil como en la petroquímica, tanto en las fábricas de productos alimenticios como para el tratamiento del agua. No importa que las tareas de automatización sean diferentes pues el PLC se adapta óptimamente a los cometidos más diversos, ya sea una simple tarea de mando o de una regulación de gran complejidad.

La clave de esta versatilidad está en la estructura modular del dispositivo con las diversas funciones de automatización repartidas en diferentes tarjetas (módulos), con lo cual se emplean solamente los módulos que se necesitan para el caso particular.

Ventajas

Entre las ventajas más destacadas del empleo de PLCs en tareas de automatización se tiene:

Manejo fácil gracias a un montaje simple y sencillez en cuanto a conexiones.

Presentan estructura modular con las diferentes funciones repartidas en módulos.

Gran adaptabilidad debido a los variados rangos de I/O ofrecidos.

Funcionamiento sin ventiladores para todas las aplicaciones normales

Montaje sencillo de los módulos resistentes a vibraciones, polvo, ruido, suciedad, etc, por ende puede funcionar en medios industriales.

Programación relativamente sencilla.

Ofrecen posibilidades de comunicación con otros PLCs o con PCs (redes industriales).

La lógica del sistema de control se establece mediante programa

El diseño mecánico es independiente de la tarea de control y permanece constante.

El cableado se restringe a la conexión de los sensores y actuadores ubicados en el proceso.

Requieren poco espacio.

Permiten un diagnóstico directo de fallas.

Posee mayor fiabilidad.

Sin necesidad de cambiar al cableado se puede cambiar la secuencia de operación del sistema.

Posee dimensiones pequeñas, fácil montaje, posibilidad de almacenar y cambiar programa de forma rápida.

Al basarse en un programa el tiempo de desarrollo del proyecto se reduce.

Por la capacidad de la CPU no es necesario simplificar las ecuaciones lógicas.

Desventajas

No existe un estándar de comunicación.

Incompatibilidad entre marcas.

Gamas de PLC

Existen 3 tipos de PLC:

Gama Pequeña hasta 128 I/O

Gama Mediana hasta 512 I/O

Gama Grande más de 512 I/O

En resumen, el uso del PLC en la automatización constituye una alternativa conveniente en costo y rendimiento para tareas desde el simple reemplazo de relés hasta el control de complejos procesos industriales. Los diferentes fabricantes ofrecen variados modelos con diferentes capacidades según cada aplicación.

B. Los microcontroladores [14]

Un microcontrolador es un circuito integrado, un cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada salida.

Un microcontrolador de fábrica, no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice desde un simple parpadeo de un led hasta un sofisticado control de un robot. Un microcontrolador es capaz de realizar la tarea de muchos circuitos lógicos como compuertas AND, OR, NOT, NAND, conversores A/D, D/A, temporizadores, etc, simplificando todo el control a una placa de reducido tamaño y pocos elementos.

Están presentes en el trabajo diario, en casas y en la vida diaria, en general. Se pueden encontrarlos controlando el funcionamiento de simples juegos infantiles, ratones, teclados, computadores, teléfonos, hornos de microondas, televisores o complejos procesos de la industria. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos cerebros programables, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que se fabricarán y usarán en el presente y futuro no muy lejanos.

Ventajas

Gran adaptabilidad debido a los variados rangos de entradas y salidas ofrecidos.

Programación sencilla.

Ofrecen posibilidades de comunicación con otros microcontroladores o con PCs.

La lógica del sistema de control se establece mediante programa.

El cableado se restringe a la conexión de los sensores y actuadores ubicados en el proceso.

Las tarjetas electrónicas requieren poco espacio.

Bajo costo.

Útil en procesos concretos en los que no se requiera hacer modificaciones a futuro.

Desventajas

No existe un estándar de comunicación.

En ciertas aplicaciones se requiere de ventiladores para enfriar elementos.

Incompatibilidad entre marcas.

Luego de construida la tarjeta electrónica difícilmente se le pueden aumentar las aplicaciones.

Al trabajar con corrientes altas o cerca de equipos que manejen altas corrientes se vuelven inestables necesitando filtros para funcionar adecuadamente.

3.7.2 Selección de la alternativa para el control del equipo

Luego de analizadas las dos principales alternativas de control de equipo se decide optar por un PLC de Gama pequeña.

PLC Telemecanique ZELIOSR2 A201 FU

Versión de 100 ... 240 VAC

R: Salidas de relé

C: Reloj de temporización.

O: Variante con display

L: Cantidad doble de salidas y entradas

Montaje y cableado de zelio.

Al montar y cablear el PLC Zelio se deberá observar las directrices siguientes:
Utilice conductores con la sección adecuada para la respectiva intensidad de corriente. Para el cableado, pueden utilizarse conductores con una sección comprendida entre AWG15 y AWG13.

Para seleccionar el cable para las salidas se debe seleccionar en función de la corriente a manejarse, no debe ser superior a 8A, en caso de serlo se debe usar contactores o relés que sean capaces de soportar dicha corriente.

Para cablear, utilice un destornillador con ancho de hoja de 3 mm.

Se debe usar fusibles que protejan contra sobrecargas eléctricas.

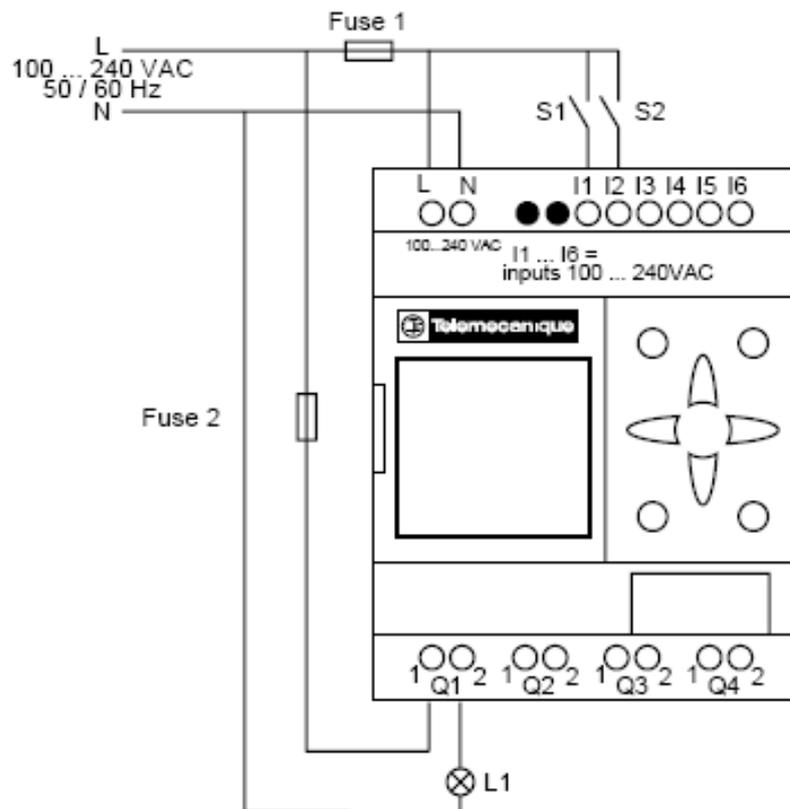


Figura 3.73: Montaje y Cableado del Zelio

Estructura del Zelio.

L, N alimentación de la tensión.

I1, I2, ... Entradas.

Q1, Q2, ... Salidas tipo rele.

Conector para USB (conexión al computador)

Panel de manejo.

Display LCD.

Principales parámetros para la programación de zelio.

La programación de Zelio esta basada en un lenguaje que actualmente se ha estandarizado en la mayoría de PLCs, conocido como lenguaje Ladder (escalera). Para la programación de un PLC se debe tener claro que función y que designación tienen:

Entradas.

Son los elementos que dan las órdenes para iniciar, continuar, cambiar o para un cierto proceso. En Zelio las entradas se designan con la letra I seguida de una cifra (I1, I2,...,IC). En las entradas es en donde se conectan: Pulsadores, finales de carrera, sensores, etc. Este modelo de PLC cuenta con 12 entradas.

Salidas.

Poseen salida externa es decir permiten realizar un proceso. En Zelio las entradas se designan con la letra Q seguida de una cifra (Q1, Q2,..., Q8). En las salidas es en donde se conectan: Motores (hasta 150 W, 1.4 A, 110 V), electroválvulas, solenoides, focos, etc. Este modelo de PLC cuenta con 8 salidas.

Reles internos.

Conocidos como memorias, no tienen salida externa. En el Zelio la memoria se designa con la letra M seguida de una cifra letra M seguida de una cifra (M1, M2,...M_V), su función es la de almacenar información. Este modelo de PLC cuenta con 30 memorias.

Temporizadores.

Conocidos como TIMER. Son bobinas que funcionan con respecto al tiempo. Permiten realizar procesos de temporización. En Zelio los temporizadores se designan con la letra T seguida de una cifra (T1, T2,...T_G). Este modelo de PLC cuenta con 16 temporizadores.

Contadores.

Conocido como registro de memoria. Realiza funciones de conteo de eventos. En Zelio los temporizadores se designan con la letra C seguida de una cifra (C_1, C_2, \dots, C_G). Este modelo de PLC cuenta con 16 contadores.

3.7.3 Diseño del circuito de control

El circuito de control es el responsable de todos los movimientos del equipo, la automatización de los procesos se realizara a través de un PLC.

Todo sistema automatizado consta de dos partes principales:

La Parte Operativa: Esta interviene directamente sobre la equipo, son los elementos que permiten que la equipo se mueva y realice un proceso deseado.

Los elementos que conforman la parte operativa son los accionadores de los equipo tales como: motores, cilindros, etc.

La Parte de Mando: El PLC que viene a ser el cerebro del equipo es el encargado de dar las ordenes (señales eléctricas) las mismas que serán receptadas por los elementos de la parte operativa para realizar el proceso requerido.

En los planos eléctricos correspondientes se determina el tipo de conexión correspondiente para cada elemento.

A. Diseño del control automático.

Mediante el siguiente diagrama se resumen la secuencia de control que realiza el PLC

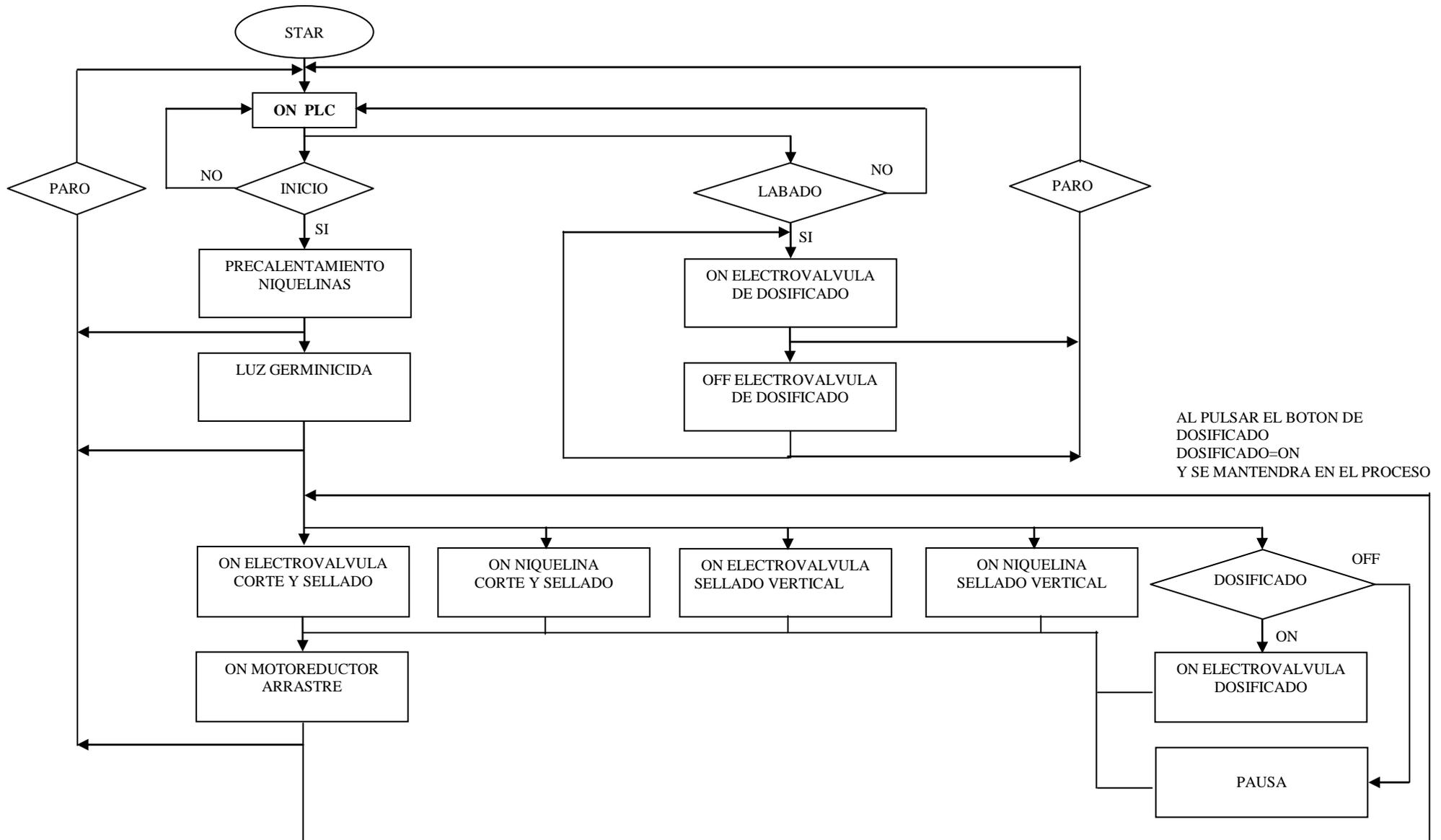
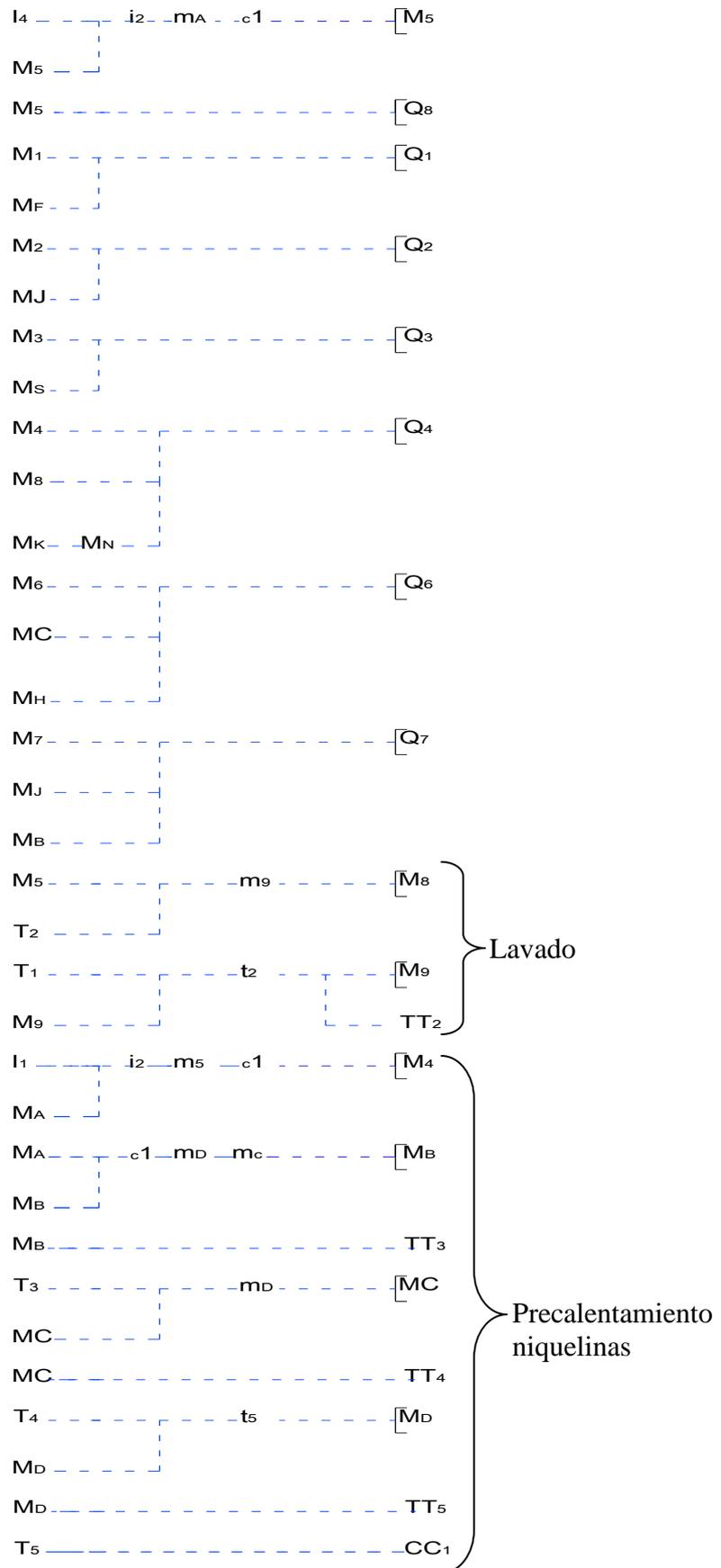


Figura 3.74: Control del Proceso

B. Programa - equipo de sellado térmico



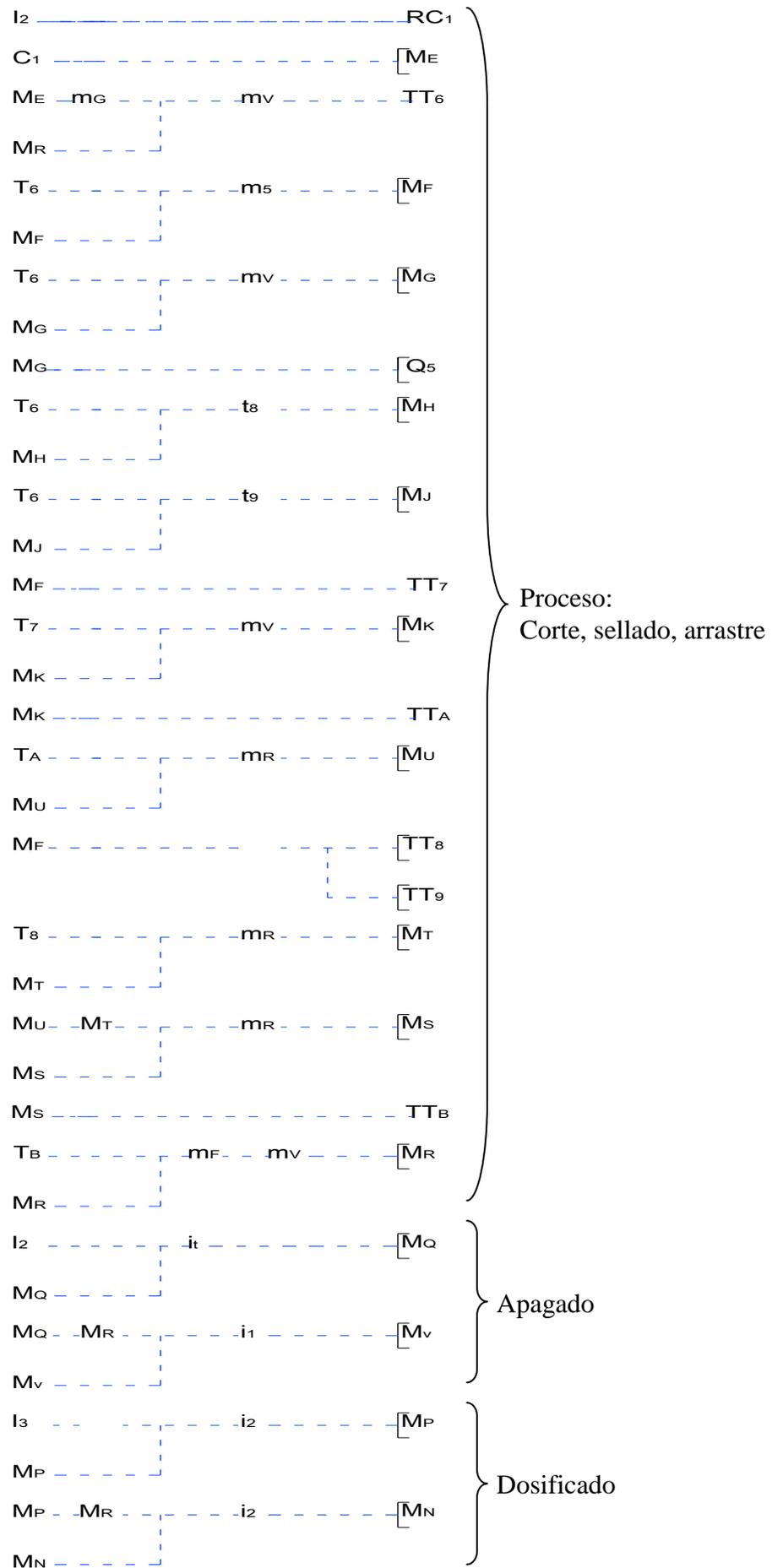


Figura 3.75: Programa del Equipo

La programación del PLC en el equipo de sellado térmico utiliza la programación LADDER, la cual es de fácil manejo.

Tabla 3.34: ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

Entradas	Salidas
I1 : Señal de inicio	Q1: Electroválvula corte y sellado
I2 : Señal de paro	Q2: Electroválvula de sellado vertical
I3 : Señal de dosificado	Q3: Motor - reductor
I4 : Señal de lavado	Q4: Electroválvula de dosificado
	Q5: Luz germinicida
	Q6: Rele de control del transformador de sellado vertical
	Q7: Rele de control del transformador de corte y sellado
	Q8: Luces de aviso

Los procesos a controlar por el PLC son:

Proceso de sellado termico:

- 1.- Encendido de la luz geminicida.- A la salida del plástico se instalara una luz germinicida (luz ultravioleta) que mata los germenos antes del proceso de enfundado, esta permanece encendida durante este proceso.
- 2.- Sellado y corte horizontal, sellado vertical.- Con ayuda de los respectivos cilindros neumáticos y niquelinas se realizara la termosoldabilidad.
- 3.- Dosificado.- Apertura y cierre del líquido por medio del cilindro neumático de dosificado.
- 4.- Arrastre del plástico.- Movimiento de los rodillos de arrastre,transmitido por un motor eléctrico.

Proceso de lavado

- 1.- Apertura y cierre del líquido por medio del cilindro neumático de dosificado.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS, DEFINICIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

4.1 Máquinas herramientas y equipo utilizado

En el proceso de construcción de un equipo automático para el sellado térmico de bebidas líquidas se debe contar con los elementos y equipos adecuados ya que algunos elementos requieren de gran precisión, las herramientas y equipos necesarios son los siguientes:

Tabla 4.1: MAQUINAS HERRAMIENTAS Y EQUIPO UTILIZADO

Código	Equipo
MH1	Soldadora MIG.
MH2	Torno.
MH4	Fresadora.
MH5	Soldadora de arco eléctrico
MH6	Cortadora de plasma.
MH7	Taladro de pedestal.
MH8	Taladro de mano.
MH9	Dobladora de tol.
MH10	Sepilladora.
MH11	Esmeril.
MH12	Amoladora.
MH13	Pulidora.
MH14	Compresor y pistola
MH15	Entenalla.
MH16	Arco de sierra.
MH17	Calibrador pie de rey.
MH18	Oxi-Corte
MH19	Tijeras.
MH20	Cautín
MH21	Multímetro
MH22	Brocas y machuelos
MH23	Martillos, playos, destornilladores, flexómetros, escuadra, nivel, etc.

En el proceso de montaje del equipo no es complejo por lo cual se requiere contar únicamente con herramientas básicas como son: Llaves, destornilladores, playos, etc.

4.2 Proceso de construcción

Todo equipo a construirse debe seguir un orden adecuado a fin de economizar tiempo y dinero así como cumplir normas de calidad e higiene.

Razón por la cual en el equipo de sellado térmico a construirse se selecciona y se construye elementos que sean aptos para el manejo de alimentos.

Las partes principales que constituyen el equipo de sellado térmico se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.2: PARTES CONSTITUTIVAS

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Sistema de Arrastre y conformado de la funda	Conos sujetadores de la bobina de plástico	2	Aluminio
	Eje porta bobina	1	AISI 304
	Tubo guía (plástico)	3	AISI 304
	Corbatín formador	1	AISI 304
	Rodillo de arrastre	2	Hule
	Eje para arrastre	2	AISI 304
	Placa soporte frontal y guías	3	AISI 304
	Bocines de Bronce (fijos)	3	AISI 304
	Bocines de Acero (fijos)	3	AISI 304
	Muelles	3	AISI 304
	Rodamientos	4	FAG Serie 60
	Catarina	2	ANSI B29/N°25
	Cadena	1	ANSI B29/N°25
	Motor - reductor eléctrico	1	ENGEL 56W
	Tuercas de regulación	2	AISI 304
	Banda de frenado	1	Hule
	Porta rodamiento	2	AISI 304
	Placa guía (laterales)	2	AISI 304
Soporte d accionamiento	3	AISI 304	

Sistema/Componentes	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Componentes Neumático	Cilindro 50 x 150carr. 175psi	1	DNC50X150.
	Regulador de caudal 1/4" unidireccional	2	6.01.14N
	Tubo de 8mm d. ext.	1	Poliuretano
	Electroválvula 5/2 1/4 serie 400	2	411A-DOA-DM
	Bobina 110vac 12	3	35A-000DAAJ-1JB
	Silenciador 1/4 de bronce sinterizado	5	BS-01
	Cilindro 2e 2a diam 50 x 60carr 175psi	1	DNC50X60.
	Regulador de presión 1/4 serie 2500	1	AR250-02G
	UTM 1/2" dren automático serie 4000	1	AC4010-04G-D
	Conector T inst 8mm	2	SPE-08
	Conector recto inst 8mm x 3/8"	2	JPC8-02
	Conector recto inst 8mm x 1/4"	17	JPC8-02
	Cilindro 30 x 50carr. 120 psi	1	DNC50X150.
	Electroválvula 3/2 1/4 serie 400	1	411A-DOA-DM
	Componentes de Control	PLC	1
Breaker		2	BKR30
Porta fusible y fusible		13	IEC 269
Porta Rele y Rele electromecánico		3	O11GB
Lámparas indicadoras (Rojo, verde, tomate, azul)		4	AD16-22D/S
Pulsadores		4	IEC G1131
Selector dos posiciones (ON-OFF)		1	ZBZ-BE101
Luz germinicida		1	G15T8-RG3
Canaletas		1	Plástico
Espagueti		1	Plástico
Borneras de 12		1	AWG
Conductores eléctricos		1	AWG
Transformadores (300 W)		1	AWG
Transformadores (600 W)		1	AWG
Tablero de control		1	Acero
Niquelina Calorífica de sellado		1	Ni-Cr
Niquelina Calorífica de sellado y corte		1	Ni-Cr
Sujetador regulable (niquelina sellado y corte)		1	Baquelita
Anillo guía		5	Duralón
Enchufe 3 patas		1	AWG

Sistema/Com.	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Componentes de Sellados Térmicos	Placa soporte móvil	1	AISI 304
	Mordaza móvil de corte y sellado	1	Aluminio
	Mordaza fija de corte y sellado (horizontal)	1	Aluminio
	Placa soporte fija	1	AISI 304
	Bocines móviles	1	Nylon
	Ejes de desplazamiento	1	AISI 304
	Aislante térmico	2	Tela Cambrish
	Aislante eléctrico	6	Teflón
	Aliviador de impacto	1	Hule
	Niquelina calorífica de sellado y corte	1	Níquel
	Brazo soporte fijo	1	AISI 304
	Brazo giratorio de sellado vertical	1	AISI 304
	Uniones o pasadores	3	AISI 304
	Eslabón	1	AISI 304
	Acople del cilindro neumático	1	AISI 304
	Abrazadera porta niquelina (vertical)	1	AISI 304
	Mordaza porta niquelina vertical	1	Aluminio
Sistema de Dosificado	Controlador de nivel de líquido	1	Plástico
	Dosificador isobárico	1	AISI 304
	Codo 1 roscado	1	AISI 304
	Universal 1 roscado	1	AISI 304
	T 1 roscado	2	AISI 304
	Tubo 1 roscado	3	AISI 304
	Eje y acoples para el control de dosificado	1	AISI 304
	Tapón de hermeticidad	1	AISI 304
	Acople del dosificador	1	AISI 304
	Acople del cilindro neumático	1	AISI 304
	Pasador (unión cilindro neumático - eje de dosificado)	1	AISI 304
	Retenedor	2	Hule
	Ring	1	Hule
Reducción 60° (salida del liquido)	1	AISI 304	
Bancada y Elementos de sujeción	Bancada y sujeciones del sistema de dosificado	1	Angulo estructural
	Bancada del sistema neumático	1	Angulo estructural
	Estructura del equipo	1	Angulo, platina y tubo estructural
	Apoyos regulables	4	Caucho
	Elementos de cubierta del equipo	1	Tol galvanizado
	Puerta	1	Tol galvanizado-tubo

4.3 Operaciones tecnológicas de construcción

Las principales operaciones tecnológicas que fueron necesarias para la construcción de ésta equipo se detallan a continuación:

Tabla 4.3: OPERACIONES TECNOLÓGICAS EJECUTADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO AUTOMÁTICO DE SELLADO TÉRMICO

Sistema	Elemento	n°	Operación Tecnológica	Tiempo(min)
Bancada y elementos de sujeción	Bancada y sujeciones del sistema de dosificado	1	Trazado	30
		2	Corte (Arco y Sierra)	30
		3	Taladrado (Broca)	60
		4	Soldado	40
		5	Limpieza escoria	20
		6	Pulido	20
		7	Pintado	30
	Bancada del sistema neumático	8	Trazado	30
		9	Corte (Arco y Sierra)	30
		10	Taladrado (Broca)	20
		11	Soldado	20
		12	Limpieza escoria	15
		13	Pulido	15
		14	Pintado	20
	Estructura del equipo	15	Trazado	60
		16	Corte (Arco y Sierra)	120
		17	Taladrado (Broca)	180
		18	Soldado	60
		19	Limpieza escoria	45
		20	Pulido	30
		21	Pintado	60
	Elementos de cubierta del equipo	22	Trazado	60
		23	Corte (Tijeras)	90
		24	Doblado	30
		25	Taladrado (Broca)	180
		26	Pulido	15
		27	Pintado	30
	Puerta	28	Trazado	45
		29	Corte (Tijeras)	30
		30	Corte (Arco y Sierra)	20
		31	Doblado	30
		32	Taladrado (Broca)	15
		33	Pulido	10
		34	Pintado	30

Sistema	Elemento	n°	Operación tecnológica	Tiempo(min)
Sistema de Dosificado	Dosificador	35	Trazado	20
		36	Corte (Plasma)	15
		37	Limpieza escoria	10
		38	Barolado	40
		39	Soldado	20
		40	Pulido	5
	Acople dosificador-tubo	41	Trazado	10
		42	Torneado	20
		43	Corte (Arco y Sierra)	10
		44	Soldado	10
		45	Limpieza escoria	5
		46	Taladrado (Broca)	5
		47	Limado	5
	Tapa del Dosificador	48	Trazado	15
		49	Corte (Plasma)	10
		50	Barolado	45
		51	Barolado anillo	15
		52	Pulido	5
	Eje y acoples para el control de dosificado	53	Trazado	15
		54	Torneado	15
		55	Corte (Arco y Sierra)	10
		56	Soldado	10
		57	Limpieza escoria	5
		58	Taladrado (Broca)	5
		59	Limado	5
	Tapón de hermeticidad y guiado del eje de dosificado	60	Trazado	15
		61	Torneado	15
		62	Corte (Arco y Sierra)	10
		63	Taladrado (Broca)	5
		64	Limado	5
	Acople cilindro-eje	65	Trazado	15
		66	Torneado	15
67		Corte (Arco y Sierra)	10	
68		Soldado	10	
69		Limpieza escoria	5	
70		Machueleado	5	
71		Taladrado (Broca)	5	
72		Limado	5	

Sistema	Elemento	n°	Operación tecnológica	Tiempo(min)
Sistema de Dosificado	Reducción 60° (salida del liquido)	73	Trazado	15
		74	Torneado	15
		75	Corte (Arco y Sierra)	10
		76	Taladrado (Broca)	5
		77	Limado	5

Sistema	Elemento	n°	Operación tecnológica	Tiempo(min)
Sistema de arrastre y conformado del envase	Conos sujetadores	78	Moldeo	120
		79	Fundición	300
		80	Trazado	20
		81	Torneado	25
		82	Taladrado (Broca)	10
		83	Corte (Arco y Sierra)	5
		84	Limado	10
	Eje de alimentación del plástico	85	Trazado	25
		86	Cortado	10
		87	Torneado	30
		88	Limado	10
	Tubos guías de la funda	89	Trazado	15
		90	Corte (Arco y Sierra)	10
		91	Torneado	20
		92	Soldado	15
		93	Limado	10
	Corbatín formador	94	Trazado	40
		95	Corte (Plasma)	30
		96	Doblado	40
		97	Taladrado (Broca)	20
		98	Pulido	10
		99	Limado	10
	Ejes de arrastre	100	Trazado	10
		101	Torneado	30
102		Corte (Arco y Sierra)	10	
103		Chaveteado	25	
104		Limado	10	

Sistema	Elemento	n°	Operación tecnológica	Tiempo(min)
Sistema de arrastre y conformado del envase	Placa soporte frontal guía	105	Trazado	20
		106	Torneado	20
		107	Corte (Arco y Sierra)	15
		108	Corte (Plasma)	10
		109	Soldado	15
		110	Taladrado (Broca)	30
		111	Limpieza escoria	15
		112	Limado	15
	Bocines fijos	113	Trazado	15
		114	Torneado	40
		115	Corte (Arco y Sierra)	30
		116	Taladrado (Broca)	25
		117	Limado	20
	Soporte para tubo guía	118	Trazado	15
		119	Torneado	25
		120	Corte (Arco y Sierra)	20
		121	Soldado	20
		122	Limpieza escoria	15
123		Taladrado (Broca)	15	
124		Limado	10	
Placa guía lateral	125	Trazado	15	
	126	Corte (Plasma)	15	
	127	Doblado	20	
	128	Taladrado (Broca)	20	
	129	Soldado	10	
	130	Pulido	10	
	131	Limado	10	
Soporte de accionamiento	132	Trazado	15	
	133	Torneado	30	
	134	Corte (Arco y Sierra)	20	
	135	Soldado	20	
	136	Limpieza escoria	10	
	137	Taladrado (Broca)	15	
	138	Limado	10	

Sistema	Elemento	n°	Operación tecnológica	Tiempo(min)
Sistemas de sellado térmico	Placa soporte móvil	139	Trazado	20
		140	Torneado	10
		141	Corte (Arco y Sierra)	20
		142	Corte (Plasma)	30
		143	Soldado	10
		144	Limpieza escoria	10
		145	Pulido	15
		146	Taladrado (Broca)	20
		147	Limado	10
	Mordaza móvil de corte y sellado	148	Moldeo	120
		149	Fundición	300
		150	Trazado	20
		151	Fresado	90
		152	Taladrado (Broca)	15
		153	Corte (Arco y Sierra)	10
		154	Limado	10
	Mordaza fija de corte y sellado	155	Moldeo	120
		156	Fundición	300
		157	Trazado	20
		158	Fresado	90
		159	Taladrado (Broca)	15
		160	Corte (Arco y Sierra)	10
		161	Limado	10
	Placa soporte fija	162	Trazado	15
163		Corte (Plasma)	15	
164		Pulido	10	
165		Taladrado (Broca)	10	
166		Limado	10	
Bocines de deslizamiento	167	Trazado	15	
	168	Corte (Arco y Sierra)	15	
	169	Taladrado (Broca)	10	
	170	Limado	5	
Ejes de desplazamiento	171	Trazado	15	
	172	Torneado	40	
	173	Corte (Arco y Sierra)	20	
	174	Limado	10	

Sistema	Elemento	n°	Operación tecnológica	Tiempo(min)
Sistemas de sellado térmico	Brazo soporte fijo	175	Trazado	15
		176	Torneado	15
		177	Corte (Arco y Sierra)	15
		178	Corte (Plasma)	10
		179	Soldado	10
		180	Limpieza escoria	5
		181	Pulido	5
		182	Taladrado (Broca)	10
		183	Limado	5
	Brazo giratorio de sellado vertical	184	Trazado	25
		185	Torneado	15
		186	Corte (Arco y Sierra)	15
		187	Corte (Plasma)	15
		188	Soldado	10
		189	Limpieza escoria	10
		190	Pulido	10
		191	Taladrado (Broca)	15
	Uniones o pasadores	192	Limado	10
		193	Trazado	10
		194	Torneado	30
		195	Corte (Arco y Sierra)	20
Eslabón	196	Limado	10	
	197	Trazado	15	
	198	Corte (Plasma)	10	
	199	Soldado	10	
	200	Limpieza escoria	5	
	201	Pulido	5	
	202	Taladrado (Broca)	10	
Abrazadera porta niquelina (vertical)	203	Limado	5	
	204	Trazado	15	
	205	Corte (disco de corte)	15	
	206	Doblado	15	
	207	Soldado	10	
	208	Limpieza escoria	5	
	209	Pulido	5	
	210	Taladrado (Broca)	10	
	211	Limado	5	

Sistema	Elemento	n°	Operación tecnológica	Tiempo(min)
Sistemas de sellado térmico	Mordaza porta niquelina Vertical	212	Moldeo	120
		213	Fundición	300
		214	Trazado	15
		215	Fresado	90
		216	Taladrado (Broca)	15
		217	Corte (Arco y Sierra)	10
		218	Limado	5
	Acople del cilindro neumático	219	Trazado	5
		220	Torneado	10
		221	Corte (Arco y Sierra)	10
		222	Soldado	5
		223	Limpieza escoria	5
		224	Pulido	5

Los tiempos muertos existentes en el proceso de construcción han sido omitidos los mismos que suelen ocasionar demora en la construcción del equipo.

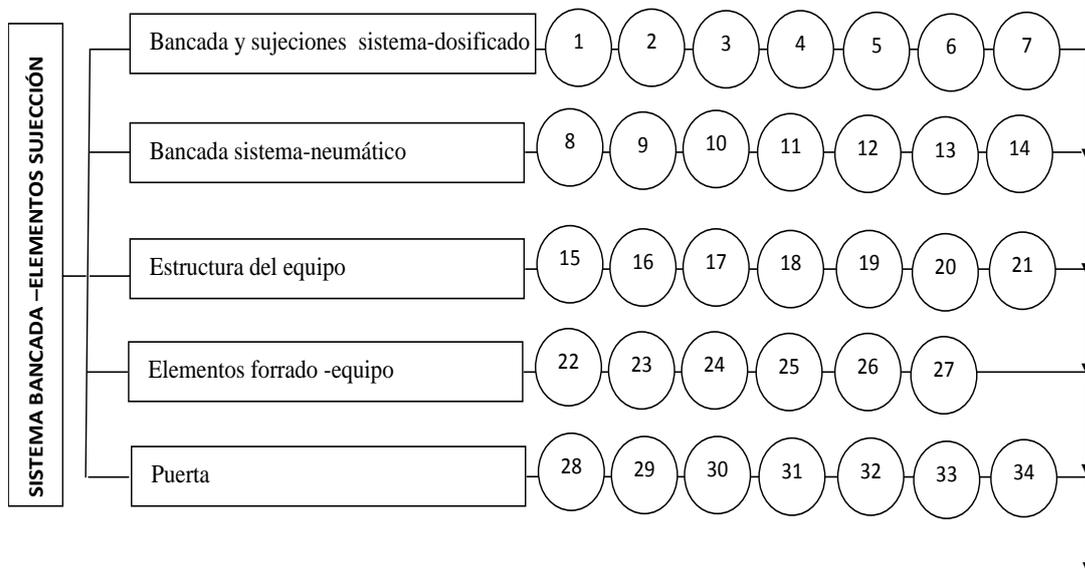


Figura 4.1: Proceso Constructivo (bancada y elementos de sujeción)

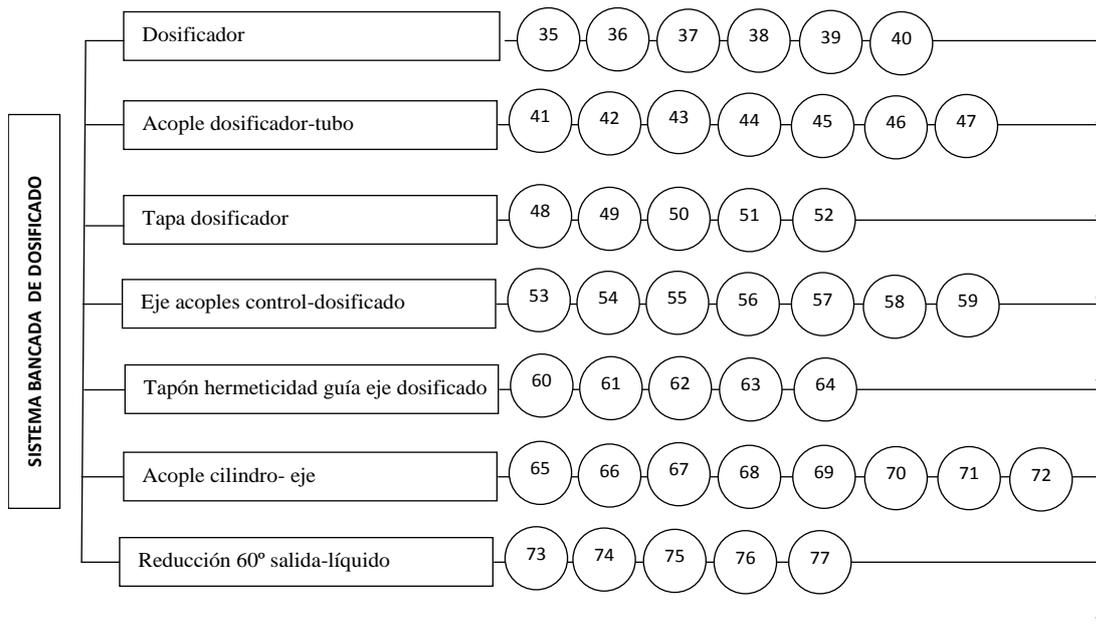


Figura 4.2: Proceso Constructivo (sistema de dosificado)

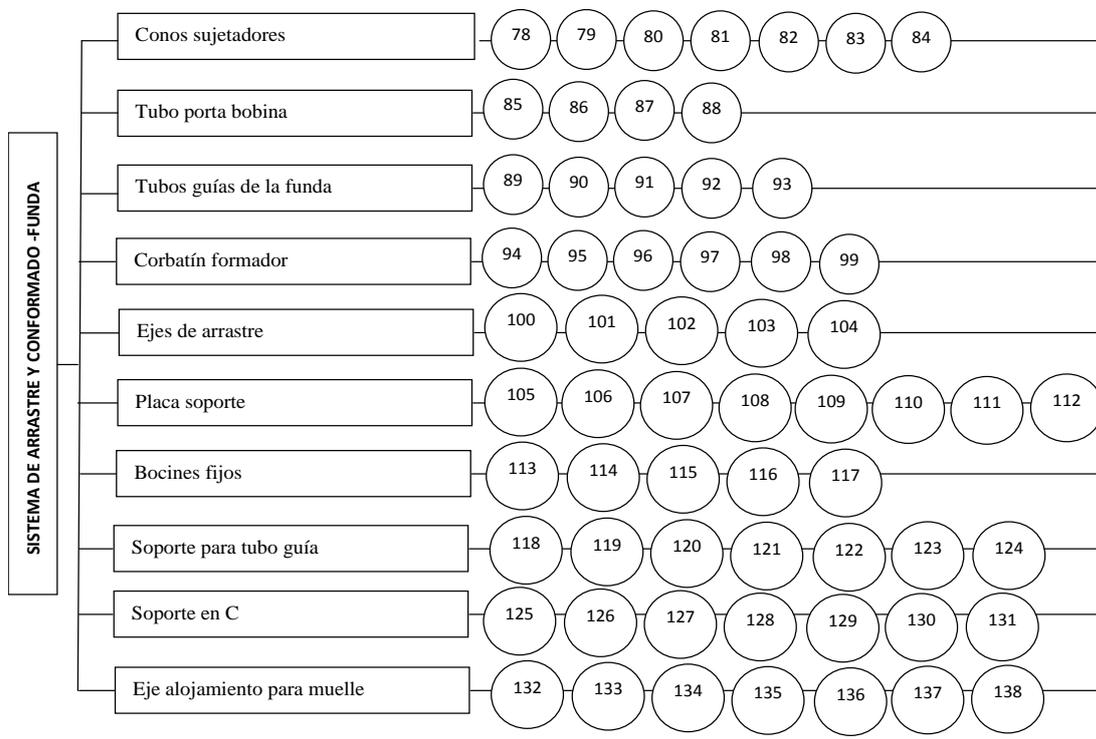


Figura 4.3: Proceso Constructivo (arrastre y conformado de la funda)

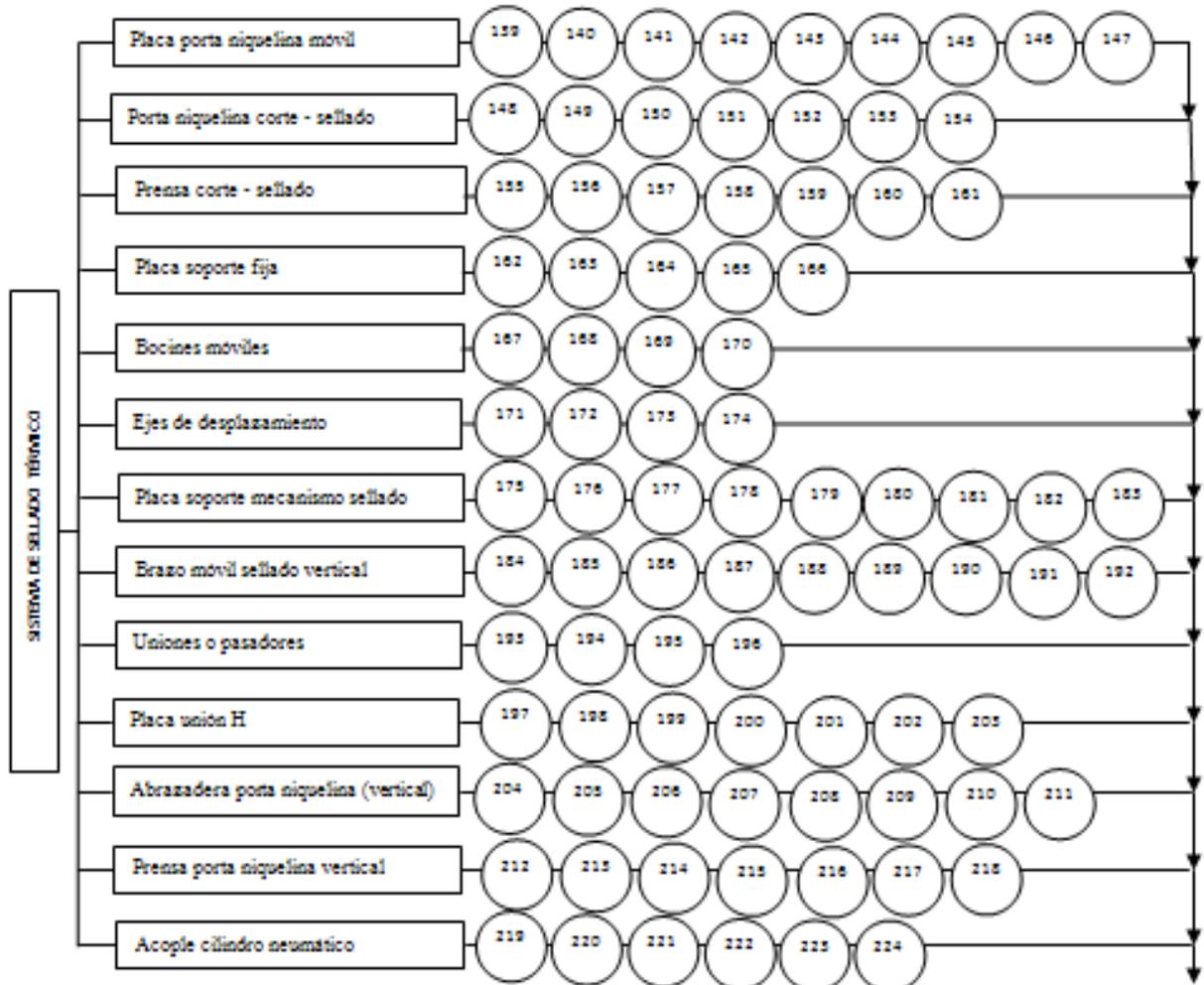


Figura 4.4: Proceso Constructivo (sellado térmico)

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS DEL EQUIPO CONSTRUIDO.

5.1 Pruebas de tiempos en el sellado térmico

Un correcto control de los tiempos de sellado garantizan obtener productos sin fugas de líquidos por ende menos pérdidas de producto.

Se recomienda una película de 80 micras, siendo este un espesor intermedio que nos sirve como patrón ya que al cambiar a las otras películas de mayor o menor espesor la variación de temperatura y presión de sellado no será en valores considerables.

La variación de temperatura se realiza mediante la calibración del parámetro T8 del PLC para el control de la niquelina de corte y sellado horizontal, T9 del PLC para el control de la niquelina de sellado vertical. Se varía la presión por medio de un regulador la que se recomienda de 5 a 7 Bar.

Las siguientes graficas obtenidas por experimentación permiten realizar el control de acuerdo con la cantidad de líquido que se requiera.

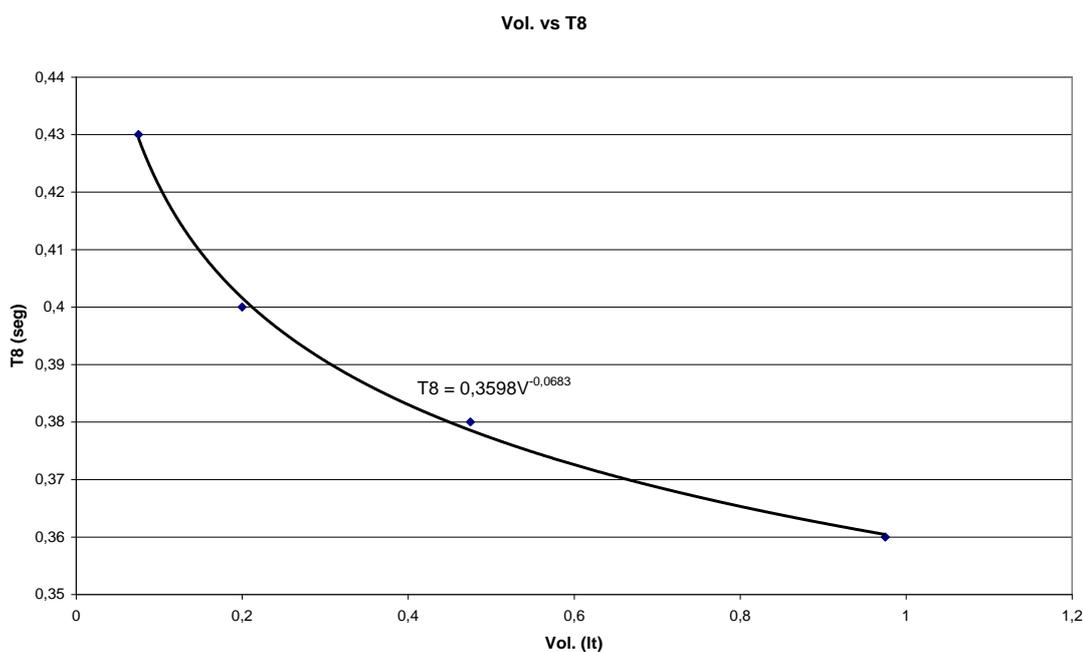


Figura 5.1: Determinación del Tiempo (T8) en Función del Volumen

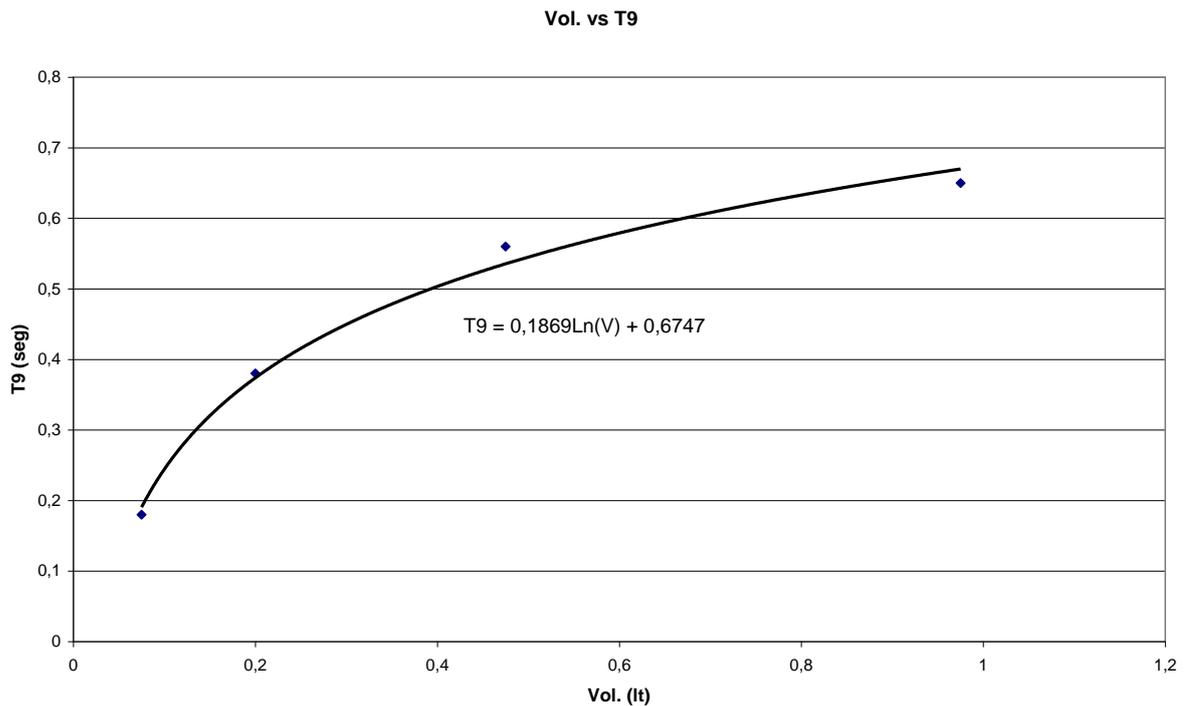


Figura 5.2: Determinación del Tiempo (T9) en Función del Volumen

5.2 Calibración del volumen a llenarse

El control del volumen a llenarse se encuentra en función de los parámetros TA, TB y el volumen requerido, dicho control se realiza por medio de un cilindro neumático.

Para variar el volumen a llenarse es necesario variar TA del PLC que controla la cantidad de líquido, TB que controla la longitud del plástico. Dichos parámetros pueden ser calibrados de acuerdo a las siguientes graficas halladas experimentalmente:

Con la máquina completamente calibrada se obtienen muestras al azar del producto enfundado, luego se mide su volumen en un recipiente y se tabulan los resultados.

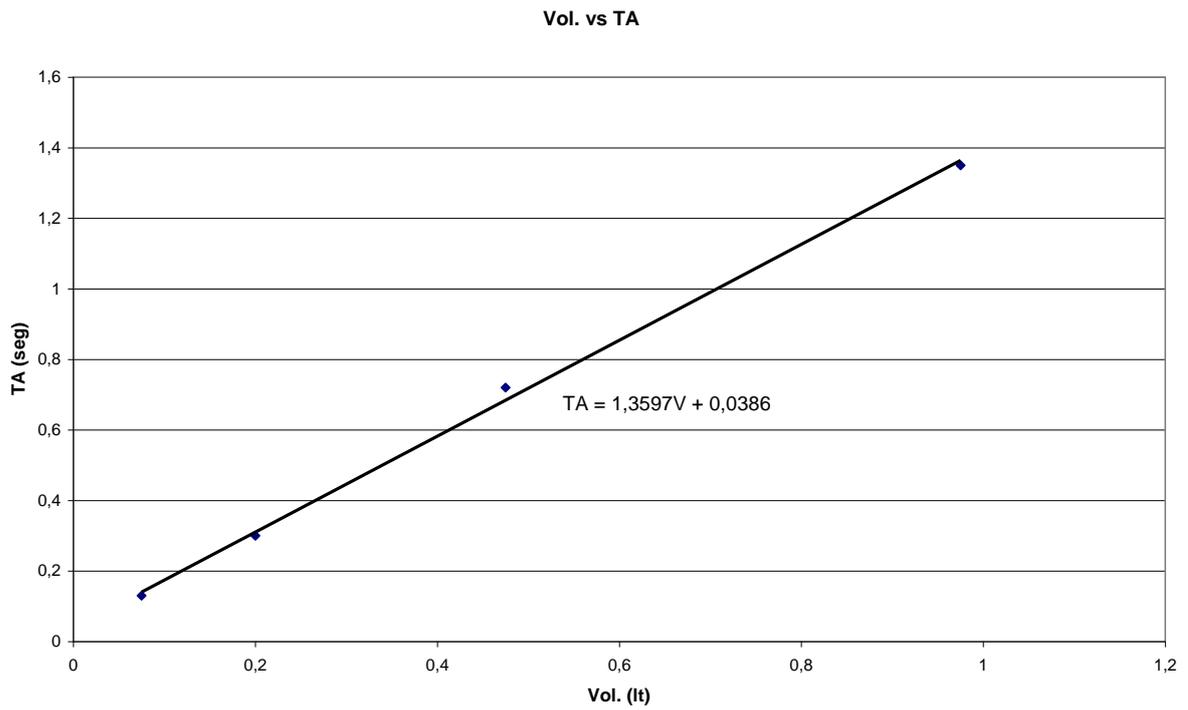


Figura 5.3: Determinación del Tiempo (TA) en Función del Volumen

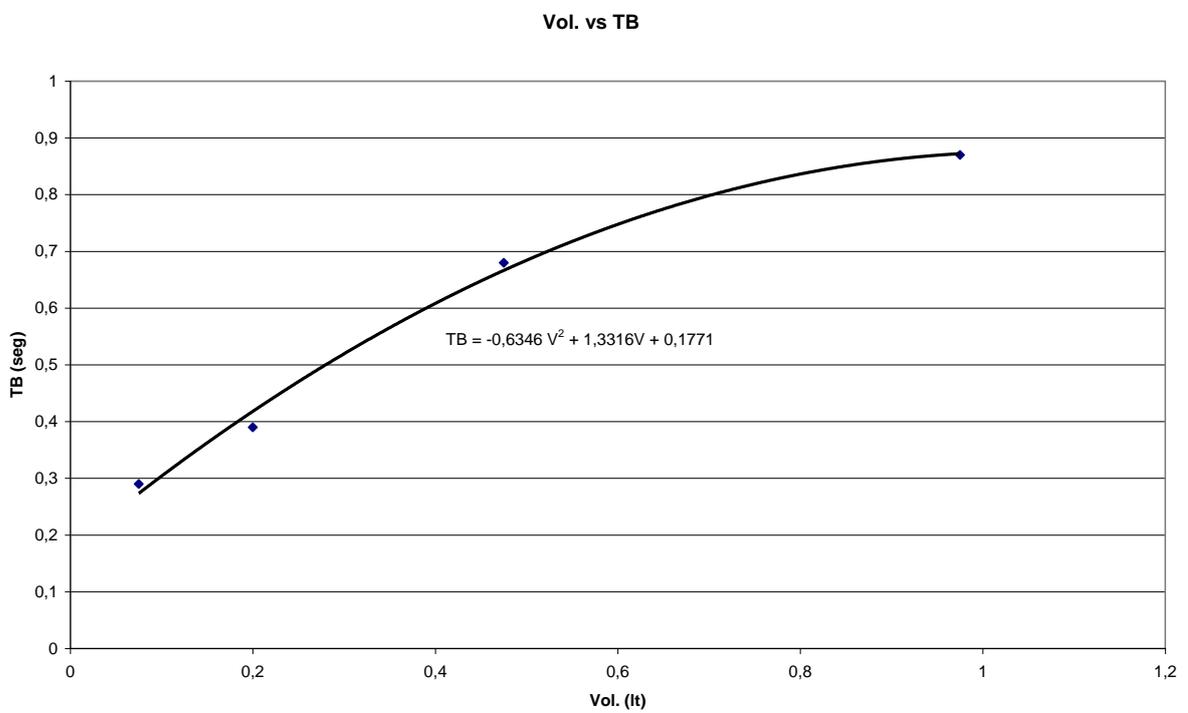


Figura 5.4: Determinación del Volumen en Función del Tiempo (TB)

5.3 Tiempo de espera

Este tiempo se calibra en el PLC y permite que las prensas queden amordazadas un instante siendo este el tiempo necesario para lograr que el sellado sea de buena calidad.

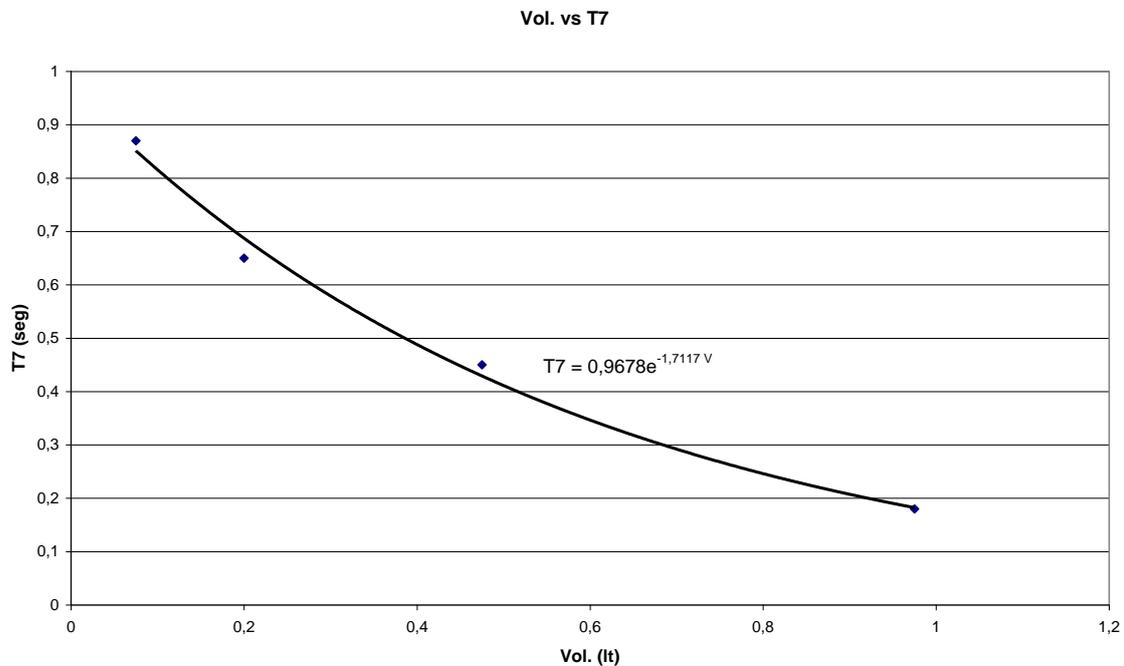


Figura 5.5: Determinación del Tiempo (T7) en Función del Volumen

5.4 Evaluación y comprobación de sellados y corte en el proceso

Siguiendo los parámetros puestos a consideración en las graficas anteriores es importante la evaluación y comprobación del sellado tanto vertical como del sellado y corte horizontal ya que los mismos garantizaran la ausencia de fugas de líquidos y por ende brindar al mercado un producto confiable y de buena calidad.



Figura 5.6: Verificación del Sellado Térmico

5.5 Características y medidas de la funda terminada

Para el envasado del producto se conformaran fundas de la siguiente medida:

Tabla 5.1: DIFERENTE TAMAÑO DE FUNDAS

VOLUMEN	ANCHO DE LA FUNDA (cm)	LARGO DE LA FUNDA (cm)
1 litro	14	23,5
1/2 litro	14	16
1/4 litro	14	12
0,10 litro	14	8

CAPÍTULO VI

6. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

Es importante realizar un análisis económico para poder determinar el valor de la inversión en el diseño y construcción del equipo.

6.1 Costos directos

Al realizar un estudio de costos directos debe considerarse los siguientes aspectos: Materiales, equipos, herramientas, mano de obra, transporte, varios.

Tabla 6.1: COSTOS DE MATERIALES Y ACCESORIOS MECÁNICOS.

Nº	Elemento	Material	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Angulo 11/2x3/16	Acero 1018	41	41
2	Angulo 1x3/16	Acero 1018	15	30
3	Platina	Acero 1018	7,88	7,88
4	Tubo cuadrado (soporte)	Acero 1018	11,6	11,6
5	Tubo cuadrado (puerta)	Acero 1018	8,45	8,45
6	Tubo (guiador)	Niquelado	8,84	8,84
7	Apoyos regulables	Caucho	0,18	0,72
8	Bocines	AISI 304	3,75	7,5
9	Plancha de Tol	Acero galvanizado	28,64	57,28
10	Plancha de 1/4"	AISI 304	450	100
11	Plancha de 1mm	AISI 304	180	180
12	Bocines de deslizamiento	Nylon	4,85	9,7
13	Rodillos de arrastre	Hule sintético	2,5	5
14	Caucho para la prensa	Caucho	1	1
15	Muelles para presión del plástico	AISI 304	3	6
16	Eje 3/16"	AISI 304	11,417	2,283
17	Eje 1"	AISI 304	12,818	1,41
18	Eje 5/16"	AISI 304	11,417	1,142
19	Eje 1 1/2"	AISI 304	12,862	3,73
20	Eje 3/4"	AISI 304	11,523	10,832
21	Eje 3/4"	AISI 304	11,523	0,868
22	Eje 1"	AISI 304	11,8	1,569
23	Eje 3/16	AISI 304	11,417	0,343
24	Eje 1"	AISI 304	11,8	4,148

25	Eje 1 ½	AISI 304	12,862	3,61
26	Eje 5/8"	AISI 304	11,8	1,121
27	Eje 3/4"	AISI 304	11,523	0,976
28	Eje 7/8"	AISI 304	12	2,28
29	Eje 1"	AISI 304	11,8	8,968
30	Eje 3/16"	AISI 304	11,417	0,343
31	Eje 1/2"	AISI 304	11,435	11,549
32	Eje 1"	AISI 304	11,8	3,251
33	Eje 3/4"	AISI 304	11,523	2,169
34	Eje 5/8"	AISI 304	12,727	1,4
35	Eje 2"	AISI 304	11,939	9,79
36	Eje 3/16"	AISI 304	11,417	0,457
37	Eje 1 1/2"	AISI 304	12,862	5,82
38	Eje 1 1/2"	SAE 1018	0,187	0,64
39	Eje 1 1/2"	SAE 1018	0,187	1,546
40	Eje 1"	SAE 1018	0,093	5,859
41	Eje 1"	SAE 1018	0,093	0,83
42	Eje 1 1/2	SAE 1018	0,2	1
43	Eje 1 1/2	SAE 1018	0,2	1,31
44	Eje 1 1/2"	SAE 1018	0,187	1,546
45	Eje 1/2"	SAE 1018	2,107	0,6
46	Eje 1/2"	SAE 1018	2,107	0,211
47	Eje 1/4"	Bronce	0,78	0,78
48	Eje 8mm	Aluminio	10	10
49	Placas	Aluminio	30	30
			TOTAL	607,351

Pernos de acero inoxidable			
Cantidad	Medida(in)	Valor unitario	Valor total
4	5/16X1	0,19	0,76
20	1/4X3/4	0,18	3,6
12	3/16X1/4	0,16	1,92
6	7/16X4 1/2	0,78	4,68
10	5/16X3/4	0,19	1,9
7	5/16X1	0,2	1,4
4	5/16X1 1/2	0,23	0,92
4	3/8X1	0,25	1
2	3/8X2 1/2	0,6	1,2
2	3/16X2 1/2	0,25	0,5
3	1/4X2 1/2	0,35	1,05
2	3/8X1	0,25	0,5
4	1/4X1	0,25	1
2	1/4X1 1/2	0,28	0,56
2	3/16X1 1/4	0,24	0,48
COSTO TOTAL			21,47

Arandelas de acero inoxidable			
Cantidad	Medida(in)	Valor unitario	Valor total
25	5/16	0,07	1,75
27	1/4	0,06	1,62
20	3/16	0,05	1
8	3/8	0,08	0,64
4	5/8	0,12	0,48
		COSTO TOTAL	5,49

Tuercas de acero inoxidable			
Cantidad	Medida(in)	Valor unitario	Valor total
25	5/16	0,12	3
35	1/4	0,08	4,2
16	3/16	0,05	0,8
10	3/8	0,11	1,1
4	5/8	0,12	0,48
12	7/16	0,32	3,84
2	1/2	0,24	0,48
		COSTO TOTAL	13,9

Pernos y tornillos galvanizados				
Cantidad	Medida(in)	Detalle	Valor unitario	Valor total
86	1/4 x1/4	Perno	0,12	10,32
16	5/32x3/4	Tornillo	0,03	0,48
			COSTO TOTAL	10,8

Tuercas y arandelas galvanizadas				
Cantidad	Medida(in)	Detalle	Valor unitario	Valor total
86	1/4,	Arandela	0,03	2,58
16	5/32,	Arandela	0,02	0,32
86	1/4,	Tuerca	0,05	4,3
16	5/32,	Tuerca	0,03	0,48
			COSTO TOTAL	7,68

Rodamientos						
Cantidad	Detalle	Marca	Código	Di/De(mm)	Valor unitario	Valor total
10	Rodamiento	FAG	DIN625	10/30	1,8	18
2	Rodamiento	FAG	DIN625	15/32	2,25	4,5
					COSTO TOTAL	22,5

Muelles				
Cantidad	Tipo	Longitud/Ancho/calibre	Valor unitario	Valor total
1	compresión	50/18/3	2	2
1	compresión	15/10/1	3,5	3,5
			COSTO TOTAL	5,5

Fundiciones					
Cantidad	Detalle	Material	Maquinado	Valor unitario	Valor total
1	Prensa de sellado horizontal	Aluminio	fresado limado	15	15
1	Porta niquelina horizontal	Aluminio	fresado limado	8	8
				COSTO TOTAL	23

El costo total en materiales mecánicos para el equipo de sellado térmico es de **717,69usd.**

Tabla 6.2: COSTOS DE MATERIALES EN EL DOSIFICADO

N°	Elemento	Material	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Tubería de alimentación	AISI 304	30	30
2	Codo 1 1/4" 90° radio largo	AISI 304	5	5
3	T 1 1/4	AISI 304	5	5
4	Universal 1 1/4	AISI 304	5	5
5	Acople 1 1/4	AISI 304	5	5
6	Válvula de globo	AISI 304	5	5
7	Reducción 60°	AISI 304	5	5
8	Control de nivel	Plástico	12	12
9	Retenedor	Hule	1	2
10	Ring	Hule	1	1
11	Varilla de dosificación	AISI 304	5	5
			TOTAL	80

El costo total en materiales mecánicos en el dosificado es de **80usd.**

Tabla 6.3: COSTOS DE MATERIALES NEUMÁTICOS

N°	Elemento	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Cilindro diam. 50x150carr 175psi	1	105,82	105,82
2	Regulador de caudal 1/4" unidireccional	2	14,94	29,88
3	Tubo de 8mm D. ext.	10	2	20
4	Electroválvula 5/2, 1/4 serie 400	2	106,91	213,82
5	Bobina 110VAC 12	3	2	6
6	Silenciador 1/4 de bronce sinterizado	5	2,5	12,5
7	Cilindro diam. 50 x 60carr 175psi	1	96,58	96,58
8	Regulador de presión 1/4 serie 2500	1	29,35	29,35
9	Unidad dren. automático serie 4000 (UTM)	1	112,2	112,2
10	Conector t inst. 8mm	6	3,03	18,18
11	Conector recto inst. 8mm x 3/8"	2	1,61	3,22
12	Conector recto inst. 8mm * 1/4"	17	1,25	21,25
13	Cilindro 2e 2a diam. 30 x 50carr 102psi	1	60	60
14	Electroválvula 3/2, 1/4 serie 400	1	80	80
			TOTAL	808,8

El costo total en materiales neumático para el equipo de sellado térmico es de **808,8usd.**

Tabla 6.4: COSTOS DE MATERIALES Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

N°	Elemento	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	PLC	1	262,5	262,5
2	Breaker	2	8	16
3	Porta fusible y fusible	14	4,80	67,20
4	Porta Rele y Rele electromecánico	3	6	18
5	Lámparas indicadoras	4	1,75	7
6	Pulsadores	4	3	12
7	Selector dos posiciones (ON-OFF)	1	3,5	3,5
8	Luz germinicida	1	15	15
9	Canaletas	3m	5	15
10	Espagueti	1	0,5	0,5
11	Borneras de 12	1	2,5	2,5
12	Transformadores (300 W)	1	70	70
13	Transformadores (600 W)	1	100	100
14	Tablero de control	1	40	40
15	Niquelina Calorífica de sellado	1	35	35

16	Niquelina Calorífica de sellado y corte	1	16	16
17	Mordaza de niquelina de sellado y corte	2	10	20
18	Anillo guía	5	1,5	7,5
19	Enchufe 3 patas	1	1	1
20	Cable AWG #8 de 7 hilos	6 m	5,5	27,5
21	Cable AWG #10	8 m	2	16
22	Tela Cambrish	10 m	2,25	22,5
23	Aislante Térmico	0,25x1 m	1	10
24	Cable flexible AWG # 18	15 m	0,18	2,7
25	Motor	1	70	70
			TOTAL	857,2

El costo total en materiales eléctricos y electrónicos para el equipo de sellado térmico es de **587,2 usd**.

El costo total por material del equipo automático de bebidas líquidas se detalla a continuación

Tabla 6.5: COSTO TOTAL POR MATERIAL

Materiales	Valor (usd)
Mecánicos	717,69
Dosificado	80
Neumáticos	808,8
Eléctricos y electrónicos	857,2
TOTAL	2463,69

Tabla 6.6: COSTOS DE MAQUINARIA Y EQUIPOS UTILIZADOS

Nº	Descripción	Horas – equipo	Costo – hora (\$)	Costo total (\$)
1	Torno	8	12	96
2	Fresa	12	4	48
3	Cizalla	2	3	6
4	Soldadora TIC	4	8	32
5	Sol. Oxiacetilénica	5	6	30
6	Corte (plasma)	5	3	15
7	Soldadora de arco eléctrico	5	25	125
8	Taladro	20	2	40
9	Amoladora	5	1,25	6,25
10	Dobladora	2	1,25	2,5
11	Baroladora	2	5	10
12	Entenalla	20	0,25	5
13	Limadora	5	8	40
14	Herramienta manual			50
15	Otros equipos			30
			TOTAL	535,75

Tabla 6.7: COSTOS DE MANO DE OBRA

Nº	Descripción	Horas - equipo	Costo – hora (\$)	Costo total (\$)
1	Mecánico industrial	159	2	318
2	Soldador	18	2	36
3	M. Eléctrico-Electrónico	10	2	20
			TOTAL	374

Tabla 6.8. COSTOS POR TRANSPORTE

Nº	Transporte	Costo (\$)	Cantidad	Costo total (\$)
1	Transporte al taller	5	4	20
2	Máquina a planta	60	1	60
3	Otros			10
			TOTAL	90

Tabla 6.9: VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS

Costos por	Valor
Materiales y accesorios	2463,69
Maquinaria y equipo utilizado	535,75
Mano de obra	374
Transporte	90
TOTAL COSTOS DIRECTOS	3463,44

Tabla 6.10: COSTOS INDIRECTOS

Detalle	Cantidad (% CD)	Valor (usd)
Ingenieriles (diseño y supervisión)	10 %	346,34
Imprevistos	5%	173,17
Utilidad	0	0
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		519,51

6.2 Costos totales

La suma de los costos directos más los costos indirectos equivalen a los costos totales. Sumados nos arrojan como resultado un valor de **3982,95 usd.**

Mediante el análisis económico se determina cuanto dinero hay que invertir en la construcción del equipo automático, dando una pauta para establecer una comparación en cuanto a la diferencia económica entre los equipos construidos en los diferentes sitios

dedicados a este trabajo, con el presente proyecto de tesis, dando como resultado una diferencia económica considerable, partiendo de este punto se justifica que la construcción del equipo automático para su posterior venta permite tener réditos económicos .

Tabla 6.11: DIFERENCIA ECONÓMICA DE LOS DISTINTOS EQUIPOS

Equipo	Costo (usd)
Equipo Construido	3982,95
Equipo Mecánico	9000
Equipo Neumático (Importado)	12000

6.3 Análisis de costos por operación y mantenimiento

Mediante la toma de datos estadísticos en un tiempo considerable de funcionamiento del equipo se obtiene un análisis de los costos de operación y mantenimiento.



Figura 6.1: Central de Medida

Para medir el consumo eléctrico del equipo se aprovecha de la tesis de grado “Central de Medida” existente en laboratorio de energía, a continuación se resumen los datos obtenidos con dicho equipo.

Tabla 6.12: DATOS OBTENIDOS CON LA CENTRAL DE MEDIDA

Medición	Tiempo de medición (min.)	Consumo (kWh.)	Consumo en 1 h. (kWh.)
1	15	0,301	1,204
2	30	0,635	1,27
3	60	1,302	1,302

Se hace una relación con los datos obtenidos, se determina que la diferencia existente en el consumo de una hora de trabajo del equipo para las diferentes pruebas se debe al tiempo de trabajo del compresor.

Tomando en cuenta un período de trabajo del equipo de 6 horas al día, se considera que al mes se laboran 22 días. Dando un total de consumo:

Tabla 6.13: CONSUMO ELÉCTRICO

Consumo	Costo kWh. (usd)	Costo total (usd)
1h	0,11	0,14
5h	0,11	0,70
22 días	0,11	15,40

Es importante tomar en cuenta los costos por operario, por consumo eléctrico, por materiales de mantenimiento tales como: grasa y wype, etc, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 6.14: COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Valores por operación de la máquina en un mes	
Detalle	Valor (usd)
Consumo eléctrico	15,40
Operario	250,00
Grasa y aceite	8,00
Aceite neumático	8,00
Materiales para limpieza	5,00
Total	286,40

Siendo los costos de operación y mantenimiento mensualmente de **286,40usd** por mes

6.4 Otros

Salvamento del equipo:

Para efectos de cálculos de rentabilidad, se hace necesaria la estimación de un valor de salvamento del equipo automático de sellado térmico de bebidas líquidas al momento en el que haya terminado su vida legal contable. Se estima un valor de salvamento del 10 % del costo de inversión en función de que los elementos constitutivos del equipo automático, en especial los electrónicos, seguirán funcionando al término de su vida útil contable. Se tiene:

Inversión: $P = 3982,95\text{usd}$

$$\text{Salvamento del equipo: } S = 10\% * P \quad (64)$$

$$S = 0,10 * 3982,95 \text{ usd}$$

$$S = 398,29\text{usd.}$$

Depreciación del equipo:

La depreciación es la pérdida de valor contable que sufren los activos fijos por el uso a que se les somete y su función productora de renta. En la medida en que avance el tiempo de servicio, decrece el valor contable de dichos activos.

La vida contable de un activo fijo depreciable comienza desde la fecha en que la empresa lo compra y lo empieza a explotar económicamente hasta la fecha en que se cumple su depreciación total.

Las leyes tributarias de nuestro país determinan una vida legal para maquinaria y equipos de 10 años.

El método de depreciación en línea recta es el método más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto, la depreciación periódica debe ser del mismo monto.

Aplicando este método al equipo automático de sellado térmico de bebidas líquidas se tiene una depreciación anual de:

Inversión: $P = 3982,95\text{usd}$

Salvamento: $S = 398,29\text{usd}$

Vida útil contable: $n = 10$ años

Depreciación anual (Da):

$$Da = \frac{P - S}{n} \quad (65)$$

$Da = 358,46\text{usd}$

La depreciación anual, es la depreciación acumulada y el valor en libros de la envasadora al final de cada uno de los años de vida útil, se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 6.15: DEPRECIACIÓN ANUAL DEL EQUIPO

Año	Depr. Anual (usd)	Depr. Acumulada (usd)	Valor en libros (usd)
0	0	0	3982,95
1	358,46	358,46	3624,49
2	358,46	716,93	3266,03
3	358,46	1075,395	2907,57
4	358,46	1433,86	2549,11
5	358,46	1792,325	2190,65
6	358,46	2150,79	1832,19
7	358,46	2509,255	1473,73
8	358,46	2867,72	1115,27
9	358,46	3226,185	756,81
10	358,46	3584,65	398,35

Tabla 6.16: COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO (ANUAL).

Concepto	Costos fijos	Costos variables
Consumo eléctrico	-	184,80
Operario	3000,00	-
Grasa o aceite	-	96,00
Aceite neumático	-	96,00
Materiales para limpieza	60,00	-
Depreciación	348,56	-
Total	3408,56	376,8

El costo total para el funcionamiento del equipo durante un año es de **3785,36 usd**.

6.5 Análisis financiero

A continuación se determina la rentabilidad del equipo construido en un proceso para lo cual se toma de ejemplo como líquido de consumo la leche.

Costo de la leche (1l) = 0,36 usd.

Producción = 5000 l/día

Tabla 6.17: EGRESOS MENSUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE LA LECHE

Costo mensual (leche)	39600
Guardia	280
Secretaria	350
Distribuidores (3)	1200
Agua	50
Luz eléctrica	60
Teléfono	50
Proceso de pasteurizado	300
Equipo de sellado térmico	286,4
Polietileno	1980
Otros	200
Egresos mensuales	44356,4 usd

Tabla 6.18. INGRESOS MENSUALES PARA LA PRODUCCIÓN DE LA LECHE

Producción lt/día	5000
Ingreso unitario (usd)	0,45
Ingreso diario (usd)	2250
Ingreso mensual (usd)	49500 usd

La rentabilidad mensual del proceso se determina mediante la resta de los ingresos menos los egresos.

Rentabilidad mensual = **5143,60 usd.**

El tiempo de recuperación del equipo de sellado térmico se dará en un mes para un empresario que cuente con el resto de equipos necesarios para el proceso del enfundado, caso contrario el tiempo de recuperación es mayor.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones

El equipo se construye como prototipo razón por la cual esta sometido a rediseños o cambios que se pueda dar a futuro o que pueda ir a la par del adelanto tecnológico.

Se selecciona un dosificador de tipo isobárico ya que es de fácil construcción, montaje y económicamente es rentable, además que cumple con el tipo de dosificado requerido.

Todos los elementos en contacto con el líquido a enfundarse se construye con acero inoxidable AISI 304 para evitar algún tipo de contaminación que pueda afectar al consumidor final.

Es de gran importancia la luz germinicida (luz ultravioleta) ya que es la encargada de matar los gérmenes existentes en el plástico previo al enfundado con lo cual se asegura un producto higiénicamente apto para su consumo.

Se construye un equipo completamente desmontable a fin de facilitar el mantenimiento y recambio de partes.

Todos los materiales y elementos que constituyen el equipo se selecciona de acuerdo al stock existente en el mercado nacional con lo cual se evita complicaciones al momento de rediseñar o reponer algún elemento.

Los elementos del equipo de sellado térmico se ha diseñado con factores de seguridad altos, esto se debe a la facilidad de encontrar materiales con espesores superiores a los requeridos, otro factor que influye es la estética del mismo.

Para la automatización del equipo se utiliza un PLC el que se encarga del control del proceso siendo este seguro, rápido, eficaz.

Los accionamientos neumáticos comandados electrónicamente nos ayudan a reemplazar varios accionamientos mecánicos como levas, engranajes, cadenas entre otros que siempre están sujetos a mayor desgaste y descalibración

La aplicación de programas computacionales como CAD (Solidworks) ayudan a disminuir costos al momento de construir un prototipo de equipo ya que nos dan una idea más clara acerca de los elementos a construirse.

Una de las ventajas de este equipo es que se puede regular fácilmente mediante el PLC el tamaño de la funda de acuerdo a la presentación existente en el mercado.

De acuerdo a las pruebas realizadas en el equipo para el enfundado de bebidas líquidas es importante tener un tiempo de precalentamiento de las niquelinas caloríficas para evitar el desperdicio tanto en la funda como en el producto a enfundarse.

Siguiendo todos los parámetros mencionados se obtiene una buena termosoldabilidad y por lo tanto tendrá un bajo porcentaje de pérdidas en el producto siendo de esta manera un equipo con buena rentabilidad.

Los planos permiten la estandarización en la fabricación del equipo automático. Los futuros equipos regidos a estos planos no incurrirán en gastos por costos ingenieriles como diseños e investigaciones, consiguiéndose así un costo menor por equipo elaborada.

7.2 Recomendaciones

En caso de requerir enfundar productos viscosos o semilíquidos se recomienda cambiar únicamente a un dosificador de pistón por ser el más recomendado para este tipo de producto.

Cualquier revisión, limpieza, cambio de la bobina del plástico, etc, se debe realizar con el equipo apagado para evitar cualquier tipo de accidente.

Al realizar el recambio de la bobina de plástico, se debe tomar en cuenta el centrado del mismo, caso contrario este presentara problemas en el conformado de la funda dando como consecuencia un sin número de desperdicios.

Para el traslado, montaje y conexión del equipo se debe seguir correctamente el manual y guías, asegurando de esta manera un correcto funcionamiento del mismo.

El mantenimiento del equipo se realiza tomando en cuenta el manual, que como se aprecia no tiene mayor complicación.

Para la obtención de las diferentes presentaciones de enfundado existentes en el mercado se deberá tomar en consideración las tablas obtenidas experimentalmente en el capítulo de pruebas.