

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DIDÁCTICA CERRADORA DE TAPAS DE BOTELLA PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE PROCESOS MECÁNICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

ESCOBAR ORTIZ JORGE ISMAEL

jescobar_ortiz@hotmail.com

MORENO MAZA GEOVANNY ALFONSO

geovannymoreno08@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. ÁLVARO GONZALO X. AGUINAGA B. MSc. PhD.

alvaro.aguinaga@epn.edu.ec

Quito, Agosto 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, Jorge Ismael Escobar Ortiz y Geovanny Alfonso Moreno Maza, declaráramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jorge Ismael Escobar Ortiz

Geovanny Alfonso Moreno Maza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por JORGE ISMAEL ESCOBAR ORTIZ Y GEOVANNY ALFONSO MORENO MAZA bajo mi supervisión.

**Ing. Álvaro Aguinaga B.
MSc. PhD.**

**DIRECTOR DE
PROYECTO**

Ing. Mario Granja R. MSc.

**COORDIRECTOR DE
PROYECTO**

AGRADECIMIENTO

A Dios,

*Por guiar e iluminar mí camino en momentos difíciles de mi vida y de mi carrera,
por darme fuerzas para salir adelante cada vez que necesito.*

A mi padre, Alfonso y mi madre, Josefa,

*Por darme su apoyo incondicional, consejos, comprensión, y estar siempre
presentes en toda mi vida y en cada actividad que hago.*

A mis hermanas, Mishel y Jacqueline

*Por compartir momentos felices y tristes, y más que ser hermanas ser mis
amigas.*

A mi amigo Jorge

Por ser parte de este proyecto y poner todas las ganas para finalizarlo.

A mis amigos y compañeros

*Por compartir gratos momentos en el tiempo que estuvimos dentro de clases y
fuera de ellas.*

Al Ing. Alexander Tirira al Ing. Homero Valladares y al Ing. Oscar González

Por ayudarnos y aconsejarnos en el proceso de realización del proyecto.

Al Dr. Álvaro Aguinaga y al Ing. Mario Granja

Por su colaboración en el desarrollo de este proyecto.

GEOVANNY

AGRADECIMIENTO

A Dios,

Por darme fuerza y guiarme, en la etapa más dura de mi vida, permitiéndome restablecerme de ese momento tan duro y poder llegar hacer la persona que soy en este momento y llegar a cumplir esta meta y sueño tan anhelado.

A mis padres, por inculcarme siempre buenos valores y estar siempre presente en momentos duros en el transcurso de mi vida y en los de mi carrera como estudiante, en especial a mi mami Narcisa, por estar incondicionalmente con su ayuda, cariño y compañía, siendo ella una parte muy importante en este logro alcanzado.

A mi hermana Any

Por brindarme su compañía y estar siempre en esos momentos de felicidad y en los momentos duros de mi vida, alegrándome con sus ocurrencias, y a pesar de que sea menor a mí y de que yo deba darle el ejemplo, ella ha sido el mío enseñándome que nunca hay que rendirse y siempre hay que poner coraje y fuerza a las dificultades que se nos presenta.

A mis primos

Por su compañía y apoyo incondicional que más que parientes yo los considero mi familia, son como mis hermanos

A mis tíos y en especial a mi abuelita

Que me han enseñado que la familia siempre debe estar unida en las buenas y en las malas, más que mis tíos, son como mis padres.

A mi amigo Geovanny

Por considerarme para realizar este proyecto que inicio como un sueño y que con dedicación y esfuerzo hemos visto finalizarlo con éxito.

A mis compañeros y amigos de la Universidad, con los cuales hemos compartido grandes momentos durante mi trayectoria en la Universidad, siendo estos los momentos que hacen llevadera la misma.

También quería aprovechar para agradecer a un grupo de compañero que conocí al final de la tesis, los cuales han sido de gran aporte para la misma, me refiero al Ing. Alexander Tirira al Ing. Homero Valladares y al Ing. Oscar González

Por último quisiera agradecer

Al Dr. Álvaro Aguinaga y al Ing. Mario Granja

Por su colaboración en el desarrollo de este proyecto.

JORGE

DEDICATORIA

*Este proyecto es dedicado a Dios por sus bendiciones,
a mi padre, a mi madre, mis hermanas,
mi familia, y amigos por darme su apoyo,
su confianza y creer desde un inicio
que este sueño se cumpliría.*

GEOVANNY

*Este proyecto es dedicado principalmente a Dios,
que ha sido una parte muy importante para el desarrollo
de este proyecto, a mis padres, mi hermana y familia
por su apoyo incondicional y
apoyarme en este sueño que se ve culminado con éxito.*

JORGE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
RESUMEN.....	XVII
PRESENTACIÓN	XIX
CAPITULO I.....	1
1 GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 TIPOS DE PLÁSTICOS	1
1.3 CERRADO DE TAPAS ROSCA.....	3
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	4
1.4.1 ALIMENTACIÓN DE LAS TAPAS.....	4
1.4.2 ALIMENTACIÓN DE LOS ENVASES (BOTELLAS)	5
1.4.3 PROCESO DE CERRADO DE LA TAPA.....	6
1.4.4 ALMACENAMIENTO.....	6
1.5 CONSIDERACIONES	7
1.6 El PLC (Controlador Lógico Programable).....	8
1.6.1 COMPONENTES DE UN PLC	9
1.6.2 VENTAJAS DEL USO DEL PLC	11
1.6.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	12
1.6.4 PLC NANO	14
1.6.5 PLC COMPACTO.....	14
1.6.6 PLC MODULAR.....	15
CAPITULO II.....	16
2 PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	16
2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.....	16
2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	16
2.2.1 ESPECIFICACIONES DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DEL USUARIO	16
2.2.2 CASA DE LA CALIDAD.....	17
2.2.3 VOZ DEL USUARIO.....	20
2.2.4 VOZ DEL INGENIERO	20
2.2.5 ANÁLISIS DE LA CASA DE LA CALIDAD	21
2.2.6 CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD	22

2.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	24
2.4	ESTRUCTURA FUNCIONAL	25
2.4.1	ANÁLISIS FUNCIONAL.....	25
2.4.2	DIAGRAMA FUNCIONAL.....	26
2.4.3	ANÁLISIS DEL DIAGRAMA FUNCIONAL	27
2.5	ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	28
2.5.1	MÓDULO DE ALIMENTACIÓN.....	28
2.5.2	MÓDULO DE COLOCACIÓN DE TAPAS.....	31
2.5.3	MÓDULO DE CERRADO.....	35
2.5.4	APLICAR EL TORQUE EN LA TAPA	38
2.6	RESUMEN DE ALTERNATIVAS PARA CADA MÓDULO.....	40
2.7	MATRIZ MORFOLÓGICA	50
CAPITULO 3.....		52
3	DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	52
3.1	SELECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO	52
3.1.1	MOTOR NEUMÁTICO.....	52
3.1.2	CILINDRO NEUMÁTICO PARA EL DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL MOTOR.....	55
3.1.3	CILINDRO NEUMÁTICO PARA SUJECCIÓN DE LAS BOTELLAS	57
3.1.4	REGULADOR DE CAUDAL	59
3.1.5	CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE	59
3.2	SELECCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO	61
3.2.1	DIMENSIONAMIENTO DE LA BANDA.....	62
3.2.2	DISEÑO DE LOS SOPORTES	71
3.2.3	DIMENSIONAMIENTO DEL RODILLO MOTRIZ.....	73
3.2.4	DISEÑO DEL ELEMENTO DE CIERRE	74
3.2.5	DISEÑO DE LA MORDAZA	76
3.2.6	DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE DEL CILINDRO HORIZONTAL.....	81
3.2.7	DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE DEL CILINDRO VERTICAL	83
3.2.8	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR	86
3.2.9	CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS.....	87
3.2.10	DISEÑO PARA LA TRASMISION DE POTENCIA MOTOR-RODILLO MOTRIZ.....	89
3.3	DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO	90
3.4	SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	91
3.4.1	GENERALIDADES.....	91
3.4.2	MÓDULO DE CONTROL DEL SISTEMA NEUMÁTICO	92
3.4.3	MÓDULO DEL CONTROL DEL CICLO DE CERRADO DE LAS TAPAS	96
3.4.4	FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	98
3.4.5	SELECCIÓN DE ELEMENTOS	100

3.4.6	PROGRAMACIÓN.....	104
	CAPÍTULO 4.....	120
4	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	120
4.1	GENERALIDADES	120
4.2	ELABORACIÓN DE PLANOS.....	120
4.3	CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	122
4.3.1	LISTA DE HERRAMIENTAS, MAQUINARIA E INSTRUMENTOS DE MEDIDA .	122
4.4	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	124
4.4.1	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PRINCIPAL.....	124
4.4.2	MONTAJE DE LA BASE PRINCIPAL	125
4.4.3	CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA LA CHUMACERA	126
4.4.4	MONTAJE DE LA BASE PARA LA CHUMACERA.....	128
4.4.5	CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL CILINDRO VERTICAL	130
4.4.6	MONTAJE DEL SOPORTE DEL CILINDRO VERTICAL.....	132
4.4.7	CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL CILINDRO HORIZONTAL.....	134
4.4.8	MONTAJE DEL SOPORTE DEL CILINDRO HORIZONTAL	136
	Fuente: Propia.....	136
4.4.9	CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL MOTOR ELÉCTRICO	137
4.4.10	MONTAJE DEL SOPORTE DEL MOTOR ELÉCTRICO	138
4.4.11	FABRICACIÓN DEL ÁNGULO DE ANCLAJE	138
4.4.12	FABRICACIÓN DE LOS CAUCHO PARA PERFILES.....	139
4.5	HOJAS DE PROCESOS	139
4.6	FOTOGRAFIAS DEL ENSAMBLE DE LA MÁQUINA CERRADORA DE BOTELLAS	140
	CAPÍTULO 5.....	141
5	PROTOCOLO DE PRUEBAS	141
5.1	GENERALIDADES	141
5.2	OBJETIVO.....	141
5.3	ALCANCE.....	141
5.4	PRUEBAS	141
5.4.1	NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO I.....	142
5.4.2	NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO II.....	144
5.4.3	NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO III.....	146
5.5	Manual de Operación	149
	CAPÍTULO 6.....	150
6	ANÁLISIS ECONÓMICO	150
6.1	COSTOS DIRECTOS.....	150
6.1.1	COSTOS DE MATERIA PRIMA.....	150
6.1.2	COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS	150

6.1.3	COSTOS DE ELEMENTOS DE CONTROL	152
6.1.4	COSTO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL	152
6.2	COSTOS INDIRECTOS	152
6.2.1	COSTOS DE INGENIERÍA	152
6.2.2	COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS.....	153
6.3	COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	153
CAPÍTULO 7.....		155
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
7.1	CONCLUSIONES.....	155
7.2	RECOMENDACIONES	156
7.3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
7.4	REFERENCIAS DE INTERNET	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Tipos de plásticos.....	2
Figura 1. 2 Cerrado de tapas rosca.....	4
Figura 1. 3 Alimentación de tapas.....	5
Figura 1. 4 Alimentación de envases.....	5
Figura 1. 5 Cerrado de forma manual.....	6
Figura 1. 6 Cerrado de forma semiautomática.....	6
Figura 1. 7 Saturación En La Salida.....	7
Figura 1. 8 Almacenamiento manual.....	7
Figura 1. 9 Estructura básica de un PLC.....	8
Figura 1. 10 Tiempo típico de escaneo de un PLC.....	9
Figura 1. 11 Componentes de un PLC.....	10
Figura 1. 12 Procesos de automatización industriales.....	12
Figura 1. 13 PLC nano.....	14
Figura 1. 14 PLC compacto.....	15
Figura 2. 1 Estructura de la Casa de la Calidad.....	18
Figura 2. 2 Casa de la Calidad.....	19
Figura 2. 3 Niveles 0 y 1.....	26
Figura 2. 4 Nivel 2.....	27
Figura 2. 5 Banda Transportadora.....	29
Figura 2. 6 Tolva.....	30
Figura 2. 7 Mesa Rotativa de Alimentación.....	31
Figura 2. 8 Tambor Rotativo.....	33
Figura 2. 9 Mordaza.....	34
Figura 2. 10 Canal de Alimentación.....	35
Figura 2. 11 Giro Banda.....	36
Figura 2. 12 Sujeción con 2 Pistones.....	37
Figura 2. 13 Sujeción con 1 Pistón.....	38
Figura 2. 14 Motor Neumático.....	39
Figura 2. 15 Motor Eléctrico.....	40
Figura 3. 1 Reguladores de Caudal.....	59
Figura 3. 2 Partes de la máquina.....	63
Figura 3. 3 Dimensiones de la botella.....	64

Figura 3. 4 Dimensión de la banda.....	64
Figura 3. 5 Diagrama de tensiones de la banda.....	66
Figura 3. 6 Máquina-soporte banda	66
Figura 3. 7 Tensado de la banda.....	70
Figura 3. 8 Soporte de la chumacera	71
Figura 3. 9 Tensiones del soporte de la chumacera.....	72
Figura 3. 10 Elemento de cierre y caucho	74
Figura 3. 11 Simulación para obtener la Tensión de Von Mises	75
Figura 3. 12 Forma y configuración general de mordaza y caucho.....	76
Figura 3. 13 Simulación para obtener la Tensión de Von Mises	77
Figura 3. 14 Base de la estructura	78
Figura 3. 15 Diseño de la base de la estructura	79
Figura 3. 16 Simulación de la base de la estructura.....	80
Figura 3. 17 Perfiles que Soportan el Cilindro Horizontal.....	81
Figura 3. 18 Simulación para Obtener la Tensión de Von Mises.....	82
Figura 3. 19 Simulación para Obtener la Tensión de Von Mises.....	83
Figura 3. 20 Perfiles que soportan el cilindro vertical	84
Figura 3. 21 Simulación para Obtener la Tensión de Von Mises.....	85
Figura 3. 22 Esquema del sistema neumático.....	91
Figura 3. 23 Conexión del Sensor Magnético	93
Figura 3. 24 Ejemplo de Instalación de Sensores	93
Figura 3. 25 Abrazadera para Sensores Magnéticos	94
Figura 3. 26 Electroválvula Monoestable	94
Figura 3. 27 Electroválvula Biestable	95
Figura 3. 28 sensor fotoeléctrico	98
Figura 3. 29 PLC SIMATIC S7-1200	101
Figura 3. 30 Variantes del PLC SIMATIC S7-1200	101
Figura 3. 31 Partes del plc simatic s7-1200	102
Figura 3. 32 a) interface del módulo del prototipo b) Interface del módulo del PLC	104
Figura 3. 33 Interfaz del tia portal v. 11	106
Figura 3. 34 Vista de la interfaz del proyecto	107

Figura 4. 1 Ensamble de la base principal	125
Figura 4. 2 Ensamble del soporte de las chumaceras.....	129
Figura 4. 3 Ensamble del soporte del cilindro vertical	133
Figura 4. 4 Ensamble del soporte del cilindro horizontal	136
Figura 4. 5 Ensamble del soporte del motor eléctrico	138
Figura 4. 6 Ángulo de Anclaje	139
Figura 4. 7 Caucho de los Perfiles	139
Figura 5. 1 Diagrama de actividades del ensayo II.....	146
Figura 5. 2 Diagrama de actividades del ensayo III.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Tipos de Sensores.....	10
Tabla 1. 2 Lenguaje de programación.....	13
Tabla 2. 1 Especificaciones Técnicas	24
Tabla 2. 2 Evaluación del peso específico de cada criterio.....	41
Tabla 2. 3 Evaluación del peso específico del criterio precio	41
Tabla 2. 4 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	42
Tabla 2. 5 Evaluación del peso específico del criterio seguridad	42
Tabla 2. 6 Evaluación del peso específico del criterio peso	42
Tabla 2. 7 Conclusiones del Sistema	43
Tabla 2. 8 Evaluación del peso específico de cada criterio.....	43
Tabla 2. 9 Evaluación del peso específico del criterio precio	44
Tabla 2. 10 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	44
Tabla 2. 11 Evaluación del peso específico del criterio seguridad	45
Tabla 2. 12 Evaluación del peso específico del criterio peso	45
Tabla 2. 13 Conclusiones del Sistema	46
Tabla 2. 14 Evaluación del peso específico de cada criterio.....	46
Tabla 2. 15 Evaluación del peso específico del criterio precio	47
Tabla 2. 16 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	47
Tabla 2. 17 Evaluación del peso específico del criterio seguridad	47
Tabla 2. 18 Evaluación del peso específico del criterio peso	48
Tabla 2. 19 Conclusiones del Sistema	48
Tabla 2. 20 Evaluación del peso específico de cada criterio.....	48
Tabla 2. 21 Evaluación del peso específico del criterio precio	49
Tabla 2. 22 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	49
Tabla 2. 23 Evaluación del peso específico del criterio seguridad	49
Tabla 2. 24 Evaluación del peso específico del criterio peso	50
Tabla 2. 25 Conclusiones del Sistema	50
Tabla 2. 26 Matriz morfológica	51
Tabla 3. 1 Norma VENOZOLANA COVENIN 790:2000	53
Tabla 3. 2 NEUMAC Motores Neumáticos tipo MA/MAR	54

Tabla 3. 3 Masa de los elementos.....	55
Tabla 3. 4 Tabla de valores de fuerza para diferentes cilindros modelo	56
Tabla 3. 5 Presiones de Trabajo	56
Tabla 3. 6 Masa de los elementos.....	57
Tabla 3. 7 Valores de fuerza para diferentes cilindros	58
Tabla 3. 8 Presiones de trabajo.....	58
Tabla 3. 9 Características de la botella	63
Tabla 3. 10 Características del material	65
Tabla 3. 11 Características de la banda transportadora.....	65
Tabla 3. 12 Características del material	72
Tabla 3. 13 Características del soporte.....	73
Tabla 3. 14 Características del elemento de cierre	75
Tabla 3. 15 características de la mordaza.....	77
Tabla 3. 16 Cargas aplicadas en la base	78
Tabla 3. 17 Características del material	79
Tabla 3. 18 Propiedades físicas de la base.....	80
Tabla 3. 19 Propiedades físicas	81
Tabla 3. 20 Propiedades físicas de la base del cilindro.....	84
Tabla 3. 21 Masa de los elementos que intervienen en la estructura.....	85
Tabla 3. 22 Elementos neumáticos	90
Tabla 3. 23 Electroválvulas y funciones para el proyecto.....	96
Tabla 3. 24 Elementos y funcionamiento	96
Tabla 3. 25 Señales de entrada	100
Tabla 3. 26 Señales de salida	100
Tabla 3. 27 Características del SIMATIC S7-1200 CPU 1212 C.....	102
Tabla 3. 28 Codificación del programa.....	108
Tabla 3. 29 Variables del programa	109
Tabla 3. 30 proceso del décimo octavo segmento	119
Tabla 4. 1 Lista de Planos	121
Tabla 4. 2 Máquinas Utilizadas	122
Tabla 4. 3 Herramientas Utilizadas	122
Tabla 4. 4 Instrumentos de medidas	123

Tabla 4. 5 Operaciones para la fabricación	123
Tabla 4. 6 Piezas de la base principal	124
Tabla 4. 7 Procedimiento para ensamble de la base principal	126
Tabla 4. 8 Piezas del soporte de las chumaceras	126
Tabla 4. 9 Procedimiento para armar el soporte de las chumaceras	129
Tabla 4. 10 Piezas del soporte del cilindro vertical.....	130
Tabla 4. 11 Procedimiento para armar el soporte del cilindro vertical	133
Tabla 4. 12 Piezas del soporte del cilindro horizontal	134
Tabla 4. 13 Procedimiento para armar el soporte del cilindro horizontal	136
Tabla 4. 14 Piezas del soporte del motor eléctrico	137
Tabla 4. 15 Procedimiento para armar soporte del motor eléctrico	138
Tabla 6. 1 Costos de materia prima	150
Tabla 6. 2 Costo de elementos normalizados	151
Tabla 6. 3 Costo de elementos de control	152
Tabla 6. 4 Costo de procesos de fabricación y tratamiento superficial.....	152
Tabla 6. 5 Costo de Ingeniería	153
Tabla 6. 6 Costos de materiales indirectos	153
Tabla 6. 7 Costo total del proyecto.....	154

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Norma venezolana covenin 790:2000 “tapas plásticas de roscas”	160
Anexo N° 2. Motores neumáticos tipo ma/mar-catalogo neumac.....	161
Anexo N° 3. Cilindros neumáticos serie p1d-catalogo parker	162
Anexo N° 4. Características de banda comerciales	163
Anexo N° 5. Coeficientes cálculo de banda	164
Anexo N° 6 Especificaciones motor-reductor	165
Anexo N° 7. Fk ball bearing-ucf2.....	166
Anexo N° 8. Catálogo acople-lovejoy	167
Anexo N° 9. Conexionado eléctrico.....	168
Anexo N° 10. Programación	169
Anexo N° 11. Planos de conjunto-de taller y hojas de proceso.....	170
Anexo N° 12. 1.1 Fotografías del ensamble de la máquina cerradora de botellas	171
Anexo N° 13. Protocolo de pruebas	172
Anexo N° 14. Manual de operaciones	173

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar y construir una máquina didáctica cerradora de tapas de botella roscadas para el laboratorio de automatización de procesos mecánicos de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

El proyecto se realiza ya que en el laboratorio de automatización hace falta mayor número de prototipos en los que los estudiantes puedan ver la funcionalidad y ventajas que se tiene al automatizar ciertos procesos.

El presente trabajo se realizó con consultas en textos y referencias de internet acerca de temas afines a este; tales como de diseño, automatización y de neumática.

El procedimiento en el que está regido el diseño del proyecto es el que se utiliza en la metodología de la Ingeniería Concurrente, con el objeto de lograr un diseño flexible y bien estructurado.

El primer capítulo, consiste en una recopilación rápida acerca del proceso de cerrado de las tapas de botellas; aquí también se encontrara una descripción rápida de temas afines a la automatización; generalidades del control automático, el uso de PLCs en la industria, tipos de PLCs.

En el segundo capítulo se encontrará temas afines al proyecto en sí; como una descripción de las especificaciones técnicas que tendrá la máquina; como también el uso de conceptos de la casa de la calidad, permitiéndonos con esto establecer relaciones entre los deseos del cliente y las capacidades de la empresa; que no es más que la transformación de las demandas del usuario en la calidad del diseño; con el objetivo de definir de forma muy consistente al producto (máquina).

Dentro de temas afines al diseño de la máquina se realiza un análisis funcional; que en el caso del proyecto está conformado por: Módulo de Alimentación, Módulo de Colocación de las tapas, Módulo de Cerrado y Módulo para la aplicación de Torque; en los cuales se presenta diferentes alternativas a cada uno de estos.

Para finalizar con el capítulo, se presenta la matriz morfológica de la alternativa más óptima de acuerdo a una valoración ponderada.

El tercer capítulo presenta el diseño y selección de los diferentes componentes de la máquina tales como; elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos que permite un funcionamiento correcto de la máquina; los cuales están desarrollados mediante el uso de información de textos, referencias bibliográficas y con el criterio y conocimiento adquiridos en el transcurso de la carrera universitaria. Una vez realizado el diseño y selección de componentes; se procede a realizar los circuitos y programación en sí, del proceso de control y de alimentación; en el de control está relacionado con sensores y el PLC en sí; mientras que al de alimentación se refiere a las conexiones para los elementos neumáticos.

El cuarto capítulo, contiene el desarrollo para el montaje y construcción de los elementos diseñados y seleccionados en el capítulo anterior; debido a lo cual aquí se encontrarán también el desarrollo de los planos de conjunto, de taller y de proceso.

El quinto capítulo, describe las diversas pruebas a las cuales estará sometida la máquina; las cuales están basadas en las especificaciones técnicas de la misma; y para finalizar este capítulo; se describe un manual de operaciones de la máquina, en el que también se presentara una guía de práctica para el uso de la máquina en el laboratorio, para establecer un funcionamiento adecuado de la misma.

En el sexto capítulo se detalla un análisis económico tanto de los costos directos e indirectos que están involucrados en el diseño, fabricación y montaje de la máquina.

PRESENTACIÓN

En la actualidad, la automatización industrial se encuentra en auge en conjunto con la mecatrónica, con lo cual se genera que cada vez se conozca más acerca del tema para poder llevar a cabo un proceso sencillo que puede transformarse en una automatización de procesos más complejos aplicando los mismos principios.

Por lo cual el proyecto tiene como objetivo principal el diseño, construcción y automatización del proceso de cerrado de tapas de botellas.

Como también generar interés tanto a los estudiantes, para que se desarrollen temas a fines, como a las autoridades, para invertir en el acondicionamiento del laboratorio, para que la enseñanza que se imparta acerca de estos temas de automatización de proceso, se los haga de manera más práctica y no lo sea de forma teórica.

Por lo que el presente proyecto queda a disposición del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica, para que sea de ayuda didáctica para complementar con las clases teóricas de materias como; PLCs y Neumática.

El proyecto ha sido desarrollado utilizando la metodología del diseño concurrente, para obtener un diseño flexible y bien estructurado, y a la vez obtener un dimensionamiento oportuno de las partes que conforman a la máquina cerradora de tapas de botellas.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Las botellas de plástico representan un problema para la gente con conciencia ambiental: mientras que la botella en sí misma puede reciclarse a través de casi cualquier programa de reciclaje, la tapa no. La mayoría de tapas de botellas de plástico están hechas de plástico de tipo 5, o polipropileno, que no es aceptado por la mayoría de los programas de reciclaje. Existen programas especiales para el reciclaje de plástico tipo 5.

1.2 TIPOS DE PLÁSTICOS

Para ayudar a identificar y clasificar el plástico reciclable, la Sociedad Americana de la Industria Plástica ha desarrollado un código estándar, que se usa en lugares distintos de los Estados Unidos. Este código simplemente identifica el tipo de plástico utilizado para el objeto de producción. No indica si el plástico se usó para hacer esa obra o es reciclable, ni indica si ese tipo de plástico se puede reciclar.

El código, por lo general se encuentra en la parte inferior del recipiente de plástico, se compone de tres flechas en sentido de las agujas del reloj y crea un triángulo con esquinas redondeadas, esto hoy en día representa también todo lo de la cultura del reciclaje. Dentro de cada triángulo hay un número que identifica el tipo de plástico que es. Debajo de cada triángulo existe una combinación de letras que corresponden al número de identificación situado en el interior del triángulo, como se puede observar en la figura 1.1



Figura 1. 1 Tipos de plásticos¹

Hay siete tipos diferentes de plástico que son productos derivados del petróleo y han sido identificados por la Sociedad Americana de la Industria del Plástico:

1. PET o PETE (tereftalato de polietileno). Este es uno de los plásticos reciclados con más frecuencia por los consumidores. Incluyen algunas botellas de refrescos, botellas de agua de plástico, tarros de mantequilla, envolturas de plástico y botellas de aderezo para ensaladas.

2. HDPE (polietileno de alta densidad). Este tipo de plástico reciclable es también con frecuencia reciclado por los consumidores. Los plásticos incluidos en esta categoría incluyen algunos cartones de leche de plástico, botellas de jugo, botellas de champú y envases de detergente líquido.

3. PVC (policloruro de vinilo). Este tipo de plástico reciclable es menos aceptado en los centros de reciclaje local. Se encuentra en una serie de paquetes de alimentos, envases de detergente líquido, y muchas aplicaciones incluyendo la construcción de los conos de tráfico.

4. LDPE (Polietileno de baja densidad). Este tipo de plástico reciclable, se utiliza en algunos empaques de pan y bolsas de comida congelada, botes de basura y bolsas de basura.

¹ http://www.ehowenespanol.com/usos-tapas-plasticas-botellas-info_95932/

5. PP (Polipropileno). Un plástico de uso común en la industria automotriz y de la construcción, son plásticos que también son reciclables e incluyen algunas cubiertas para baterías de automóvil, embudos de petróleo y pajitas de plástico para beber.

6. PS (Poliestireno). También un tipo poco común de plástico reciclable, este tipo de plástico incluye empaques de espumas, cubiertos de plástico, protección para el embalaje de productos electrónicos y juguetes.

7. Otros. Algunos tipos de plástico no se pueden reciclar, ya que comúnmente se hacen con una combinación de los últimos seis tipos de plástico, o con un tipo de plástico que no esté dentro de los seis anteriores. Aquí se incluye el plástico reciclable de las botellas reutilizables de galón de agua.

Definitivamente, la mejor manera de averiguar cuál son los tipos de plásticos que se pueden reciclar es llamando a las oficinas municipales de gestión de residuos o al centro de reciclaje local.²

1.3 CERRADO DE TAPAS ROSCA

Las tapas con rosca son elementos de cierre de muchos envases de varios productos, las tapas pueden ser hechas de plástico de diferente tipo o de aluminio H14, cuya característica es proveniente de un trabajo mecánico en frío con grado medio duro a partir del Aluminio 1100 o conocido también como “Temple”.

El cerrado de las botellas no es un proceso complicado pero necesita de una serie de procesos los que garantizan su función, como se observa en la figura 1.2

Para el cerrado de envases no solo se usan tapas de plástico, sino que se pueden usar tapas de aluminio, de vidrio o para algunas aplicaciones también se usan corchos, especialmente en la producción de licores y vinos, la tapa debe garantizar en primer lugar hermeticidad y en el caso de alimentos o licores no deben perder su olor o sabor característico.

² <http://ambientalblog2010.wordpress.com/2010/11/06/los-tipos-plasticos-reciclables/>



Figura 1. 2 Cerrado de tapas rosca

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El roscado de las tapas por medio de la máquina es un proceso en el cual se emplea una serie de mecanismos conectados entre sí los cuales tiene que cumplir con las funciones específicas para llevar a cabo el proceso, algunas de las funciones que tienen que cumplir son por ejemplo:

- La alimentación de las tapas
- Alimentación de los envases (botellas)
- Proceso de cerrado de la tapa
- Almacenamiento

1.4.1 ALIMENTACIÓN DE LAS TAPAS

En el proceso se trata de colocar las tapas sobre la botella para ser cerrada, previamente la tapa debe tener la posición correcta para ser colocada, como se observa en la figura 1.3, la alimentación se la puede realizar por arrastre, es decir que la botella cuando pase por la banda transportadora vaya llevando consigo la tapa o ya de forma manual.



Figura 1. 3 Alimentación de tapas³

1.4.2 ALIMENTACIÓN DE LOS ENVASES (BOTELLAS)

Cuando las tapas se encuentren listas y con un proceso previo las botellas llenas del líquido o producto que se vaya a almacenar se debe transportar los envases o botellas para la colocación de las tapas que ya se encuentran en la posición correcta, para este proceso es necesario un mecanismo que transporte de forma ordenada y que permita la colocación de las tapas, es decir que mientras la botella pase lleve consigo la tapa, como se observa en la figura 1.4.



Figura 1. 4 Alimentación de envases⁴

³ <http://www.clubdarwin.net/seccion/packaging/reciclar-las-botellas-de-plastico-con-su-respectiva-tapa>

⁴ <http://www.ating.com/es/transportadores.html>

1.4.3 PROCESO DE CERRADO DE LA TAPA

Cuando la tapa se encuentra colocada pasa por un proceso de cerrado, teniendo en cuenta el torque que se debe aplicar a la tapa para no dañar la tapa ni al envase, existen muchas formas de cerrar las tapas puede ser por medio de un proceso neumático o con un motor eléctrico, y puede ser manual, o semiautomático como se observa en la figura 1.5 y 1.6 respectivamente.



Figura 1. 5 Cerrado de forma manual



Figura 1. 6 Cerrado de forma semiautomática

1.4.4 ALMACENAMIENTO

Cuando se ha colocado la tapa en el envase, se ha transportado el envase, y se ha realizado el proceso de cerrado de la tapa roscada, es necesario almacenar o

retirar las botellas de la banda transportadora para evitar que se sature la salida como se observa en la figura 1.7, esto por facilidad se lo realiza de forma manual, como se indica en la figura 1.8.



Figura 1. 7 Saturación En La Salida



Figura 1. 8 Almacenamiento manual

1.5 CONSIDERACIONES

Para el cerrado de botellas con tapas roscadas es necesario tener en cuenta el torque necesario para el proceso, definir claramente las dimensiones de las tapas y el tiempo que la cerradora debe actuar para evitar daños tanto en la tapa como

en el envase y garantizar que es perfectamente hermético y cumple con las condiciones de uso.

El éxito del cerrado de tapas radica en controlar el tiempo de ejecución del movimiento roscador y la forma en cómo se sujeten las botellas.

El proceso debe ser de una manera continua y controlada en el presente documento se hará el proceso y la máquina de la dosificación de las tapas y del cerrado de las mismas.

Se tendrá en consideración la cantidad de botellas que se podrán cerrar, la velocidad con la que se llevara a cabo el proceso y la mejor forma de cómo controlar las variables para evitar fallas en el proceso y daños en los materiales a utilizar.

1.6 EL PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Consiste en un dispositivo, que controla una máquina o proceso, el cual consta de dos filas de terminales; una para salida y la otra para entrada.

Para el desarrollo de cada uno de los componentes por los que está constituido este dispositivo, podemos observar en la figura 1.9, la estructura básica por las que están formados o por las que está regido su funcionamiento.

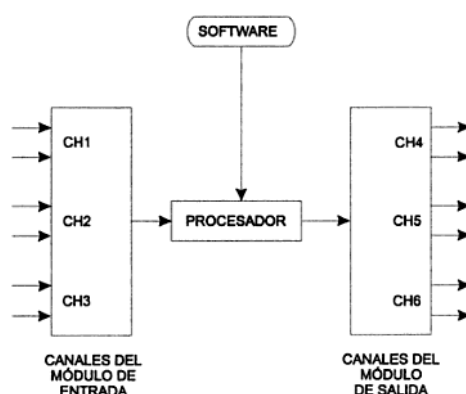


Figura 1. 9 Estructura básica de un PLC⁵

⁵ Enríquez, G. (1999). *Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria* (p. 90). México: Editorial Limusa.

Donde CH, son las diferentes entradas (desde el dispositivo) y salidas (hacia el dispositivo) que estarán conectadas a sus módulos respectivos.

Como se puede ver en la figura 1.9 el PLC está diseñado para múltiples entrada y salida, y además este dispositivo opera de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienzan a ejecutar su primera instrucción.

El tiempo de respuesta total de un PLC es un hecho que se debe considerar al momento de adquirir un PLC. El mismo que se encuentra formado por el tiempo de adquisición de entradas, el tiempo de ejecución de la lógica programada, y el tiempo para activar sus salidas. Cabe mencionar que el PLC toma cierta cantidad de tiempo para realizar un autodiagnóstico de sus tarjetas electrónicas, como se puede observar en la figura 1. 10.

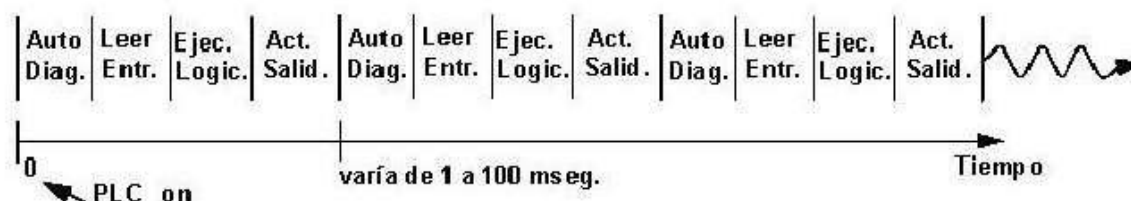


Figura 1. 10 Tiempo típico de escaneo de un PLC

1.6.1 COMPONENTES DE UN PLC

Las partes por las que está constituido un PLC, son las que se muestran a continuación; las cuales pueden ser identificadas en la figura 1.11

- Unidad Central de Proceso
- Módulos de Entrada
- Módulos de Salida
- Fuente de Alimentación
- Dispositivos Periféricos
- Interfaces

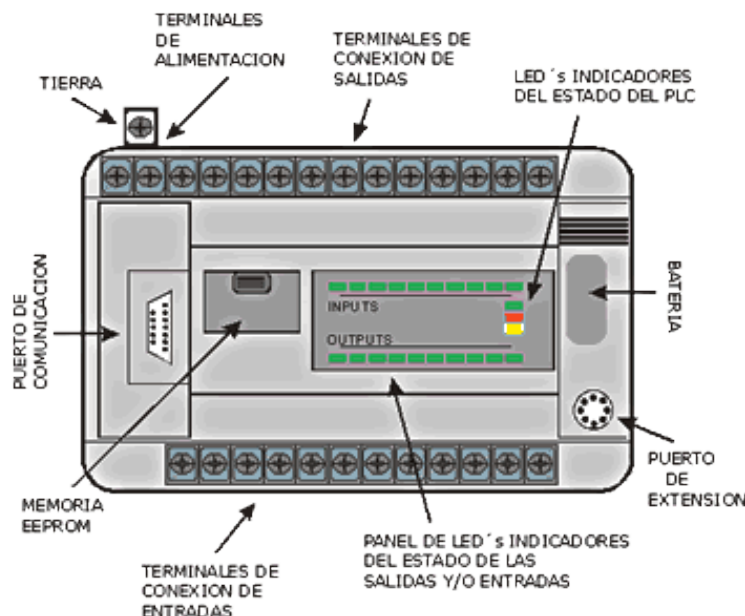


Figura 1. 11 Componentes de un PLC⁶

Unidad Central de Proceso.- Es el cerebro del PLC, es el que toma las decisiones relacionadas al control de máquina o proceso, para lo cual durante su funcionamiento esta unidad recibe entradas de diferentes dispositivos a controlar y ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa de memorias que se pueden almacenar en el mismo, y la vez después de este procesamiento controla los dispositivos de salida.

- **Módulos de Entrada.-** Son los sensores que examinan el estado de los contactos físicos y de otros dispositivos de entrada. El terminal de entrada recibe señales de realimentación (feedback) para conexiones a dispositivos como interruptores de láminas, disyuntores de seguridad, sensores de proximidad, sensores fotoeléctricos, pulsadores e interruptores manuales.

Entre los tipos de sensores que podemos mencionar son los siguientes:

Tabla 1. 1 Tipos de Sensores

Magnitud	Transductor
Posición Lineal o Angular	Potenciómetro, Analógico, Digital
Desplazamiento y deformación	Analógica
Velocidad lineal y angular	Encoder, Digital, Analógico, Giróscopo
Aceleración	Acelerómetro, Analógico

⁶ http://www.rocatek.com/forum_plc2.php

Fuerza y par	Analógico, Digital
Presión	Membranas, Piezoeléctrico, Analógico, Magnético

Fuente: Propia

- **Módulos de Salida.-** Son los actuadores que proporcionan alimentación a los dispositivos externos como, válvulas solenoides, motores, lámparas indicadoras, indicadores acústicos.

Entre los tipos de actuadores tenemos:

- Electrónicos
- Hidráulicos
 - Lineales
 - Rotativos
- Neumáticos
 - Lineales
 - Giratorios
- Eléctricos

1.6.2 VENTAJAS DEL USO DEL PLC

- Una automatización relativamente económica
- Complejidad relativamente sencilla
- Mantenimiento económico
- Mínimo espacio de ocupación

Por las ventajas mencionadas anteriormente, ha provocado que el uso de estos dispositivos tenga un crecimiento en la automatización de procesos industriales como, se puede observar en la figura 1. 12.

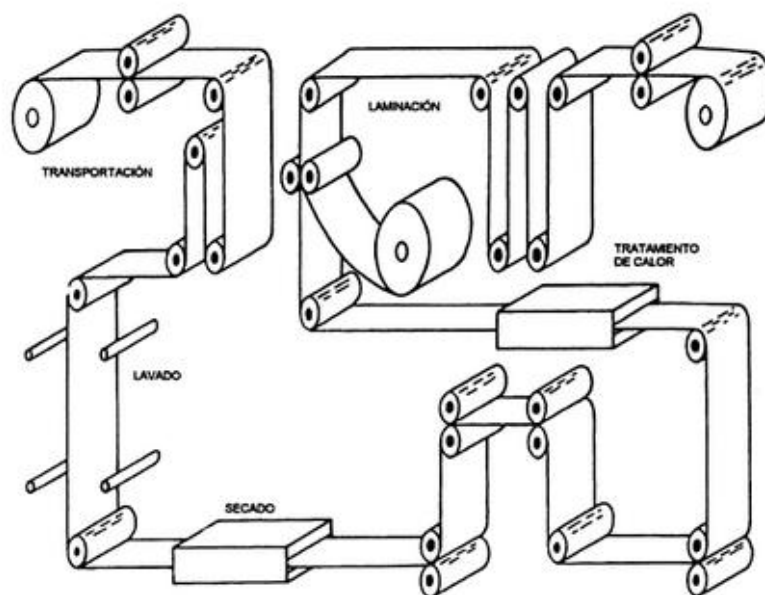


Figura 1. 12 Procesos de automatización industriales⁷

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo. Como se puede observar en la figura 1.12, su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización, por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales y control de instalaciones.

1.6.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN⁸

Dentro del estudio del control lógico programado, debemos mencionar los diferentes lenguajes de programación, los cuales son:

- Lista de instrucciones
- Esquema de funciones
- Esquema de Contactos (Diagrama Ladder)

⁷ Enríquez, G. (1999). *Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria* (p. 91). México: Editorial Limusa.

⁸ <http://es.scribd.com/doc/226899531/Lenguajes-de-Programacion>

1.6.3.1 Lista de instrucciones

En un lenguaje de bajo nivel basado en operaciones Booleanas y cuya apariencia es similar al código del lenguaje ensamblado.

1.6.3.2 Esquema de contactos

En un lenguaje de programación grafica que conserva la estructura de los diagramas eléctricos de control. Son similares a los diagramas de lógica cableada usados para representar los circuitos de control a relés.

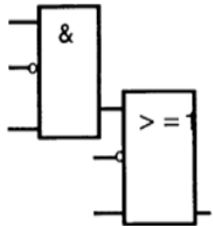
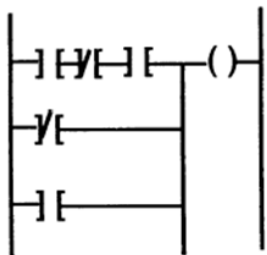
Un programa escrito en Ladder está compuesto por peldaños que son ejecutados secuencialmente por el PLC.

1.6.3.3 Esquema de funciones

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario construir procedimientos complejos mediante la unión de bloques funcionales prediseñados.

Para entender las características y diferencias entre cada uno de estos, se coloca la tabla siguiente:

Tabla 1. 2 Lenguaje de programación

Lista de Instrucciones	Esquema de funciones	Esquema de contactos
Se programa utilizando las abreviaturas mnemotécnicas de las funciones	Se programa utilizando símbolos gráficos.	Se programa utilizando símbolos gráficos como los de un esquema eléctrico.
<p style="text-align: center;"> U E UN E U E ON E O E = A </p>		

Fuente: Propia

Para finalizar con este apartado, se pone una clasificación entre los diferentes tipos de PLCs, entre los que se menciona a continuación:

1.6.4 PLC NANO

Se trata de un PLC de tipo compacto, se entiende como compacto aquellos que integran la fuente de alimentación, la CPU y las entradas y salidas. Su principal deficiencia o desventaja es que pueden adaptarse un número reducido de entradas y salidas. Se puede mencionar también que este PLC permite manejar entradas y salidas digitales y uno que otro módulo especial. Este dispositivo es el que se observa en la figura 1.13



Figura 1. 13 PLC nano⁹

1.6.5 PLC COMPACTO

Este PLC a diferencia del Nano, nos permite manejar un mayor número de entradas y salidas, lo que conlleva a que su tamaño es mayor al mencionado (PLC Nano), como se puede observar en la figura 1.14, al igual que este soporta una gran variedad de módulos especiales como:

- Entradas y Salidas análogas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de Operador
- Expansiones de entrada y salida

⁹ <http://www.inotek.com/catalog/omron6cn.html>



Figura 1. 14 PLC compacto¹⁰

1.6.6 PLC MODULAR

Este PLC en comparaciones con los mencionados anteriormente es que se compone de un conjunto de elementos que conforman el controlador final. Estos son:

- El Rack
- La fuente de Alimentación
- La CPU
- Los Módulos de Entrada y Salida

De estos tipos de PLC existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salida, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.

¹⁰ <http://www.directindustry.es/prod/mitsubishi-electric-europe/automatas-programables-compactos-12225-56847.html>

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

El diseño y construcción de una máquina cerradora de tapas roscadas para el Laboratorio de Automatización Industrial de Procesos Mecánicos se ha planteado con la finalidad de dar a conocer la funcionalidad y las ventajas que se tiene cuando se automatizan ciertos procesos.

Se ha observado que en la actualidad la mayoría, por no decir todos, los procesos y equipos no funcionan únicamente de forma mecánica, sino que funcionan en conjunto con la automatización y con la mecatrónica, de ahí nace la necesidad de encontrar formas prácticas y sencillas de como difundir el interés en las materias afines.

En nuestro país se encuentra en auge el desarrollo de la automatización y con el proyecto a desarrollarse se tendrá mayor acogida para nuevas investigaciones y nuevas formas de automatizar procesos sencillos que lleven a un desarrollo más importante en esta rama.

2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.2.1 ESPECIFICACIONES DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DEL USUARIO

Para el análisis de las especificaciones técnicas que el usuario necesita es apropiado realizar la casa de la calidad que es una herramienta muy útil del QFD (Quality Function Deployment).

El QFD es un método global cuyo objetivo principal es asegurar que en la definición del producto o servicio se hayan considerado las necesidades y requerimientos de los usuarios (voz del usuario), y a la vez constituye una herramienta para la planificación de la calidad durante el ciclo de vida útil. Permite

traducir los requerimientos y deseos de los usuarios en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño y fabricación.¹¹

Para la casa de la calidad es necesario tener en cuenta los siguientes pasos con los cuales garantizamos la traducción de las demandas de los usuarios (o voz del cliente) en requerimientos técnicos del producto:

1. Voz del usuario: Describe las demandas (requerimientos y deseos) de los usuarios.
2. Análisis de competitividad: Describe, según el usuario, el grado de satisfacción que proporcionan los productos o servicios de la empresa respecto a los de la competencia.
3. Voz del ingeniero: Describe los requerimientos técnicos que deberán articularse para satisfacer las necesidades de los usuarios.
4. Correlaciones: Establece las correlaciones entre la voz de los usuarios y la voz del ingeniero.
5. Comparación técnica: Compara el producto de la empresa con los de la competencia.
6. Compromiso técnico: Establece los compromisos potenciales entre las diferentes características técnicas del producto.¹²

Analizando y poniendo en consideración los pasos anteriores se puede implantar el desarrollo de la función de calidad.

2.2.2 CASA DE LA CALIDAD

2.2.2.1 Introducción

Con la implementación de la casa de la calidad, se pretende establecer relaciones entre los deseos de los clientes (Voz del Usuario) y las capacidades de la empresa (Voz del Ingeniero), por medio de la implementación del QFD (despliegue de la función calidad), que no es más que un método de gestión de calidad, que no consiste más que en transformar las demandas del usuario en la calidad del diseño, este método nos presenta beneficios como:

¹¹ Riba, C. (2000). "Diseño Concurrente". España Ed Documento PDF, pág. 177

¹² Riba, C. (2000). "Diseño Concurrente", Documento PDF, pág. 178

- Definir de forma muy consistente al producto
- Identificar procesos que requieran mejoras
- Documentación mucho más accesible y de fácil comprensión
- Aumenta la Productividad
- Comparación permanente con la competencia
- Y uno de los puntos más fuertes es que se eliminan reclamos de los usuarios

Con la implementación de la Casa de la calidad, se pretende que el producto a diseñar refleje los deseos del usuario y sus gustos.

La estructura de la casa de la calidad, consta de algunas secciones como se puede observar en la figura 2.1.

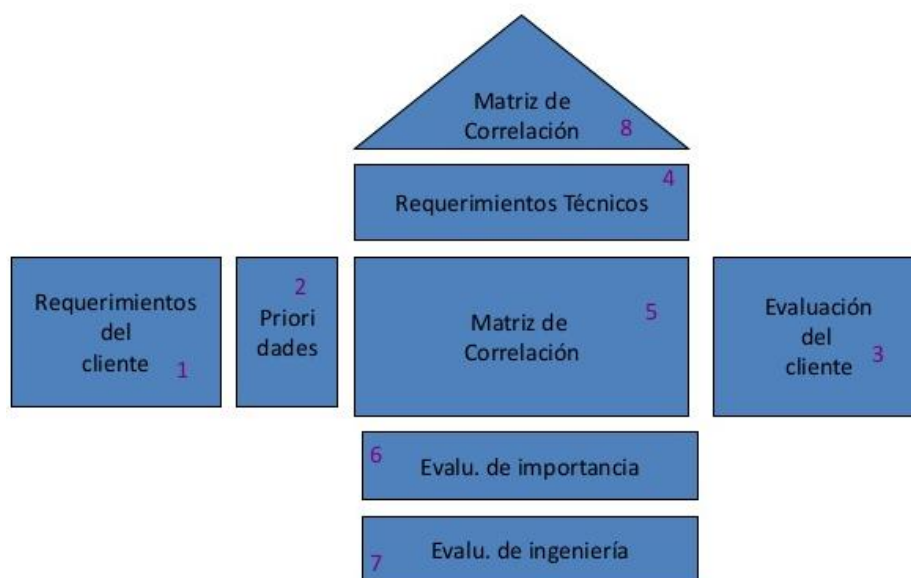


Figura 2. 1 Estructura de la Casa de la Calidad¹³

Como se observa en la figura 2.1, cada una de los pasos previos para la obtención de la casa de la calidad, siguen un orden según su importancia, siendo el punto de partida, el requerimiento o gusto del usuario.

Luego de establecido estos parámetros, la casa de la calidad desarrollada para la maquina cerradora de tapas de botella es la que se indica en la figura 2.2

¹³ <http://es.slideshare.net/chirioska/qfd-casa-de-la-calidad>

CASA DE LA CALIDAD

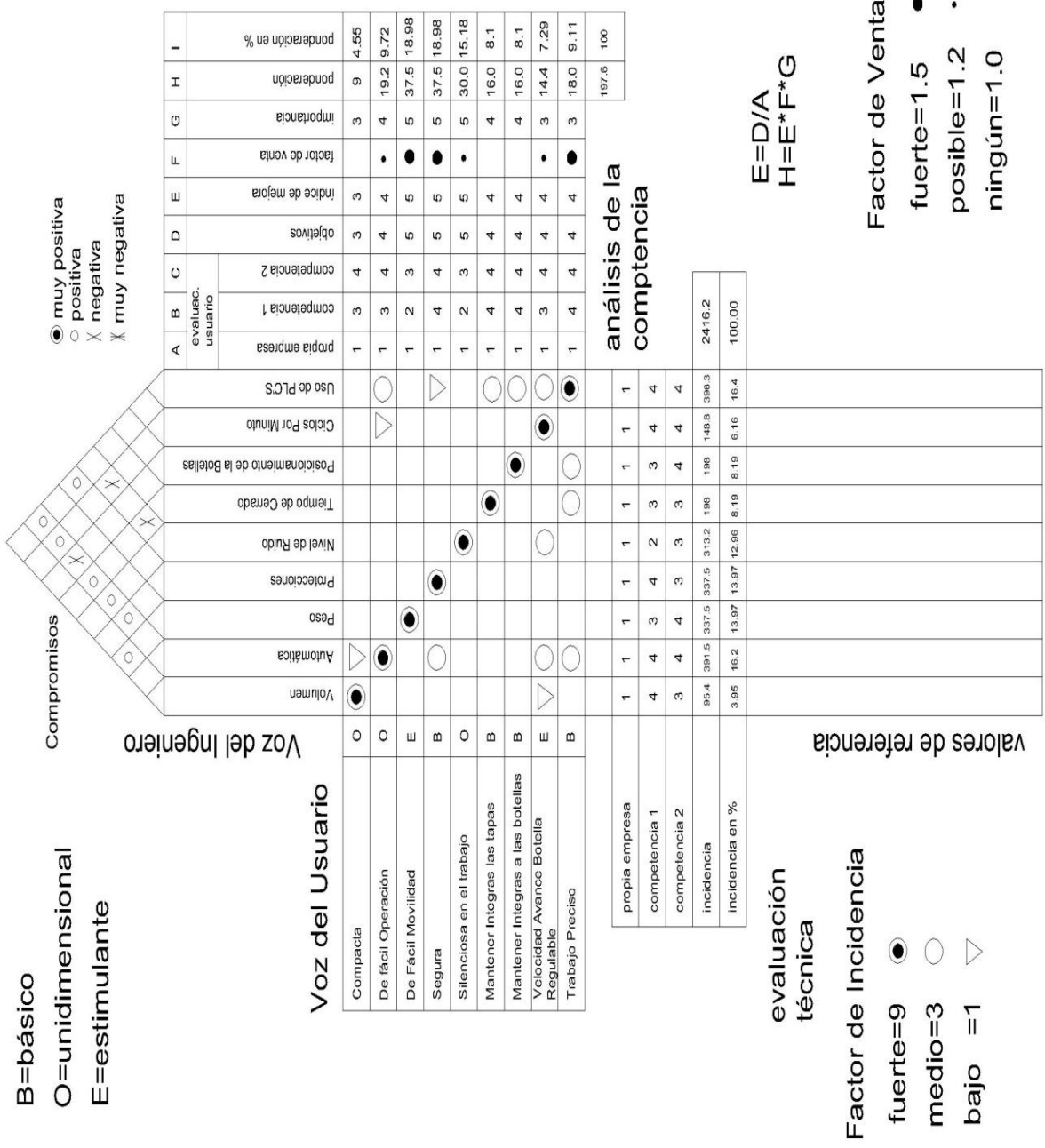


Figura 2. 2 Casa de la Calidad

2.2.3 VOZ DEL USUARIO

Este ítem, se lo realizó por medio de las necesidades del Laboratorio de Automatización Industrial de Procesos Mecánicos de la Facultad de Ingeniería Mecánica, teniendo como resultado los siguientes requerimientos:

- La máquina debe ser compacta
- La máquina debe ser de fácil operación
- Debe tener una fácil movilidad
- Debe garantizar seguridad
- Silencioso en el trabajo
- La máquina no debe hacer daño a las tapas
- La máquina no debe hacer daño a las botellas
- La velocidad de las botellas debe ser regulable
- Debe hacer un trabajo preciso

2.2.4 VOZ DEL INGENIERO

Una vez establecido, los requerimientos del usuario, se procede a traducir estos parámetros a términos técnicos, de lo cual se tiene:

- Volumen
- Automática
- Peso
- Protecciones
- Nivel de ruido
- Tiempo de cerrado
- Posicionamiento de las botellas
- Ciclos por minuto
- Uso de PLC

2.2.5 ANÁLISIS DE LA CASA DE LA CALIDAD

Los parámetros, que entran para la formación de la Casa de la Calidad son:

- Requerimientos del Cliente
- Prioridades
- Evaluación del Cliente
- Requerimientos Técnicos
- Matriz de Correlación
- Evaluación de Importancia
- Evaluación de Ingeniería
- Matriz de Correlación

De lo cual se estableció algunos parámetros para la formación de la misma, como:

En lo referente a la evaluación del cliente, en especial lo que se refiere a la calificación del cumplimiento del producto de la empresa (Facultad de Ingeniería Mecánica), columna A, se colocó una calificación de 1, debido a que en el Laboratorio no existe una máquina didáctica similar, para el uso de los estudiantes. En lo referente a las columnas tanto B y C, se refiere al cumplimiento del producto de la competencia, es decir la disponibilidad de esta máquina en otros laboratorios de la Institución (Escuela Politécnica Nacional), o de otros laboratorios externos de Automatización con los que se pueden encontrar en otras Instituciones.

Hay que mencionar, que también, se asignó una calificación de 1, en la parte referente a la evaluación de ingeniería (Técnica), por la razón antes establecida.

Otra parte a analizar, es sobre las prioridades, de lo cual se tienen establecidas de la siguiente forma:

- Básicas, se tiene: Segura, Mantener Integras tanto las botellas como las tapas y que debe ser un trabajo preciso, las cuales se consideran obvias dentro del proceso; pero cuando no se cumpla alguna de estas comienzan aparecer inconformidades.

- Unidimensional, se tiene: Compacta, de fácil operación, maquina silenciosa, las cuales que con su mejora aumenta proporcionalmente la satisfacción del usuario.
- Estimulantes, se tiene: Fácil Movilidad, Velocidad del Avance de botella regulable, las cuales complacen al usuario y son las que diferencian al producto de otro, y de no presentarse alguno de estos, no produce insatisfacción.

Cabe mencionar, que las prioridades estimulantes, con el tiempo de uso, estas se transforman en unidimensional y estas a la vez en básicas, con lo cual se genera una constante mejora.

Para finalizar, los factores en los que el usuario se enfoca, para la adquisición del producto propuestos son:

- Fácil Movilidad
- Segura
- Trabajo Preciso

De lo cual éstos, se ven afectados con un alto factor de venta.

2.2.6 CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD

Con los datos obtenidos de la casa de la calidad, nos permite tener una visión de los factores técnicos que satisfacen los requerimientos del cliente, con lo cual los valores de mayor ponderación, en lo referente a los requerimientos del usuario son:

- Fácil Movilidad

Característica, fundamental a cumplir, ya que el lugar donde se tiene previsto colocar la maquina tiene un espacio reducido

- Maquina Silenciosa

Otro parámetro indispensable, ya que el lugar donde se encontrara la máquina, es también usado como aula de clases, por lo cual se debe dar prioridad a los

niveles de ruido de la máquina, para no incomodar tanto al estudiantado como al Ingeniero que se encuentre dictando su clase.

- Segura

La máquina debe presentar seguridad, por lo parámetros que entran durante el proceso de trabajo, principalmente para garantizar la seguridad del operario como la integridad del lugar de trabajo.

Estos parámetros, son de gran prioridad cumplir en el diseño de la máquina, ya que estos abarcan %53.14, de todos los deseos propuestos por el usuario, asegurándonos de cumplir estos requisitos planteados, se satisface las necesidades propuestas.

Con respecto a la evaluación técnica, se tuvo los siguientes resultados:

Se establece que los parámetros de diseño a cumplir son:

- Automática
- Peso
- Protecciones
- Nivel de Ruido

Estos parámetros, abarcan %57.1 de los requerimientos técnicos propuesto, por lo que son parámetros importantes a considerar para garantizar un diseño adecuado.

Para finalizar se tiene los resultados obtenidos acerca de los compromisos de la empresa para poder situarse en el mercado, en nuestro caso, los compromisos que se tienen para garantizar que la máquina sea beneficiosa para el aprendizaje de los estudiantes, de lo cual se establece lo siguiente:

Que las características técnicas establecidas, se relacionan una con otra, es decir que la mejora de una de estas, mejora o empeora a otra según lo establecido para cada caso. En especial la característica técnica referente a la automatización del proceso.

2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La decisión de desarrollar un producto parte de la manifestación de una necesidad o del reconocimiento de una oportunidad que puede tener numerosos orígenes comprendido entre los dos casos extremos siguientes:

- La petición explícita de un cliente (por encargo, maquina especial)
- Un estudio de mercado de fabricante (nueva oferta, rediseño de un producto)¹⁴

Para definir al producto es necesario establecer las especificaciones que sirven como guía y referencia para su diseño y desarrollo.

Las especificaciones técnicas se las obtiene a partir de la casa de la calidad y con los requerimientos del usuario las cuales se muestran a continuación:

Tabla 2. 1 Especificaciones Técnicas

EMPRESA:		PRODUCTO:		Fecha inicial: 2013-10-09
Ingeniería Mecánica EPN		Máquina cerradora de tapas de botellas roscadas		Última revisión: 2013-10-09
				Página 1/1
ESPECIFICACIONES				
CONCEPTO	FECHA	PROPONE	R/D	DESCRIPCIÓN
Función	13-09-10	P+C	R+D	Transporte de botellas
				Colocación de tapas
				Cerrado de tapas
Movimientos	13-09-10	C	R+D	Movimiento de traslación de las botellas
				Movimiento lineal para sujeción
				Movimiento rotativo
Señales y control	13-09-10	D	R+D	Tablero de control
		D+C	R	Mando para la banda trasportadora
		D	R+D	Mando para cilindros
		D	D	Mando para motor cerrador

¹⁴ Riba, C. (2000). "Diseño Concurrente", Documento PDF, pág. 85

		D+C	R+D	Sensores
Seguridad	13-09-10	D	D	Protecciones aparta manos
				Seguridad en las programaciones

Fuente: Propia

PROPONE:

- ✓ C: Cliente
- ✓ D: Diseño
- ✓ P: Producción

R/D:

- ✓ R: Requerimiento
- ✓ D: Diseño

2.4 ESTRUCTURA FUNCIONAL

La estructura funcional constituye una ayuda importante para establecer la estructura modular de un producto o sistema. El despliegue de las diferentes funciones (tanto las que provienen de la especificación como las originadas por requerimientos técnicos) y de los flujos que las interconectan componen el marco de referencia a la que cualquier solución de la estructura modular debe satisfacer.¹⁵

2.4.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

El análisis funcional es una técnica que se basa en dividir la función principal en sub-funciones y cada vez en funciones más detalladas y más pulidas para obtener el mejor diseño.

Cuando se ha dividido en las sub-funciones y en las funciones más detalladas se debe hacer una organización de tal manera que permita agrupar las funciones en bloques que se los denomina módulos con los cuales se inicia el proceso de selección de las alternativas.

¹⁵ Riba, C. (2000). "Diseño Concurrente". Documento PDF, pág. 134

Las funciones que se presentan en los módulos deben ser analizadas minuciosamente tratando de cumplir las necesidades con soluciones óptimas, a bajo precio, y que se adapten de la mejor forma a la función que se va a desempeñar.

Un proceso que se debe seguir para el análisis es:

1. Ordenar las funciones de tal manera que se puedan definir los módulos
2. Determinar la relación de material, energía y señal que entra a cada módulo
3. Plantear las soluciones necesarias para cada función
4. Desarrollar una matriz de combinación o también conocida como matriz morfológica

2.4.2 DIAGRAMA FUNCIONAL

En la Figura 2.3, se observan los niveles 0 y 1 los cuales dan las funciones más generales que realizará la máquina.

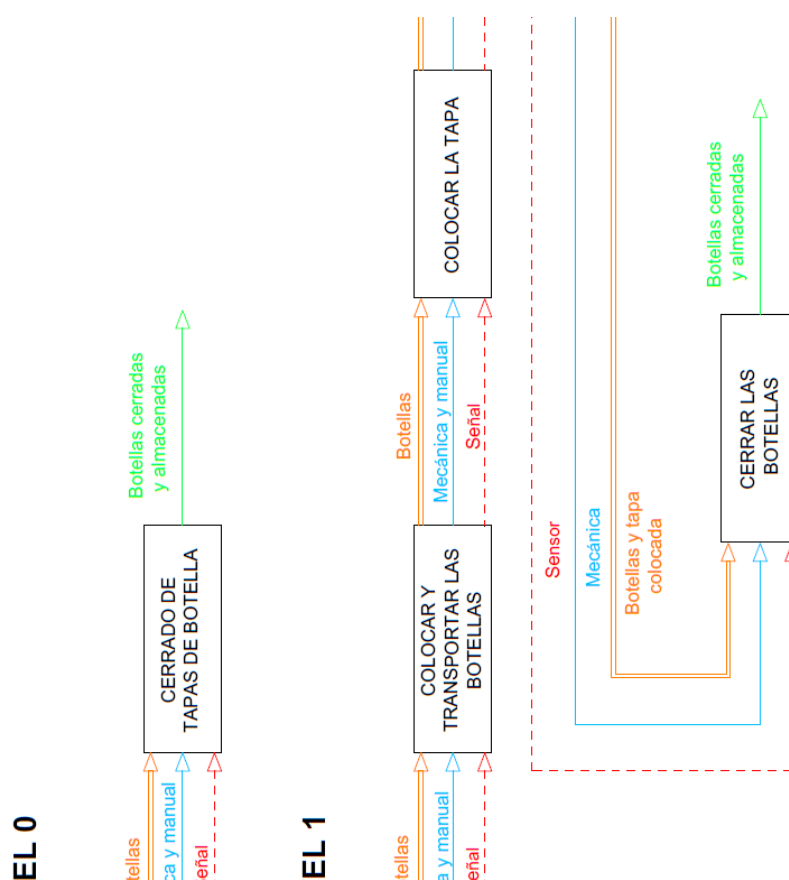


Figura 2. 3 Niveles 0 y 1

En la Figura 2.4, se observa el nivel 2 en el cual se tiene las funciones más detalladas y con las cuales se va a realizar la selección de alternativas.

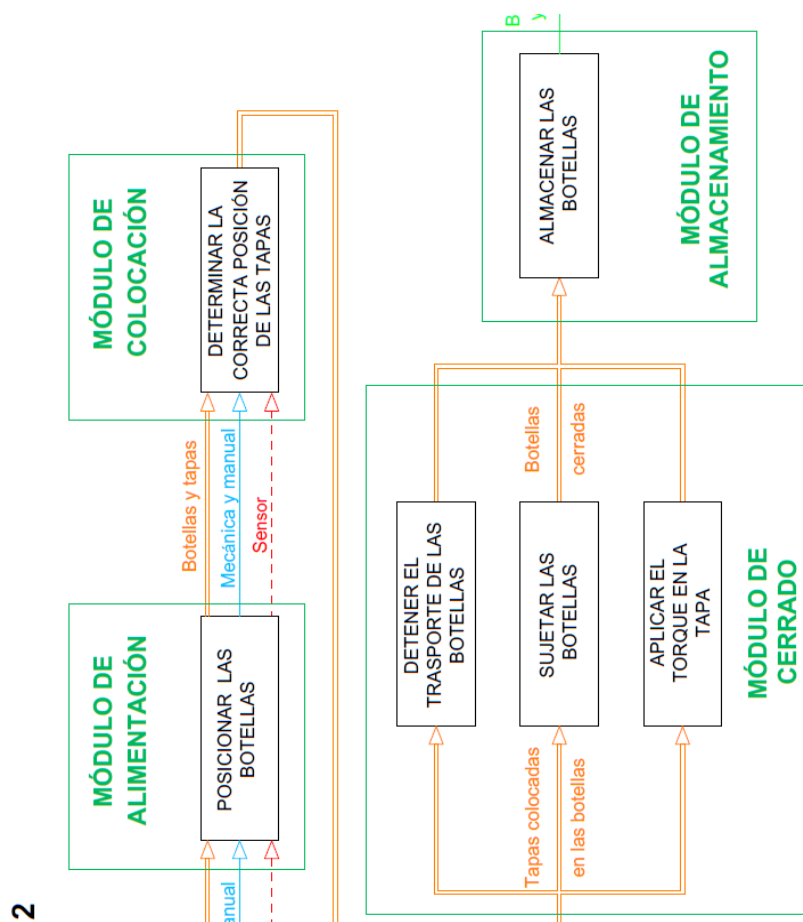


Figura 2. 4 Nivel 2

2.4.3 ANÁLISIS DEL DIAGRAMA FUNCIONAL

El diagrama funcional presenta como se desglosan las funciones desde la más general hasta las más detalladas para obtener un diseño de acuerdo a las especificaciones técnicas que se tienen, en las cuales se encuentra inmersos la voz del usuario y la voz del ingeniero.

En la figura 2.3 el Nivel 0 se muestra la función principal que llevará a cabo la máquina que es el Cerrado de tapas de botellas con el fin de obtener botellas cerradas y almacenadas, los materiales necesarios para esta función son las botellas y las tapas, el tipo de energía que se utilizará dependerá de la alimentación de las botellas y podrá ser mecánica y/o manual.

El Nivel 1 se muestra en la figura 2.3, las funciones que se presentan en este nivel detallan tres funciones necesarias para el desempeño de la máquina que relaciona el ingreso de las botellas, colocación de las tapas, el proceso de cerrado y el almacenamiento que es algo más detallado del Nivel 0, el material que ingresa son las botellas y las tapas, las señales necesarias para el funcionamiento se las obtendrá con la ayuda de sensores colocados en lugares específicos.

El Nivel 2 es un nivel en el que se presenta de forma detallada los módulos con los cuales se trabajará y a los cuales se hará el análisis respectivo en este nivel se observa cómo se desglosa la función principal en los diferentes procesos y sub funciones que la máquina debe realizar previamente para obtener la función principal, el material que ingresa depende del módulo con el que se esté trabajando, en la figura 2.4 se observa que en el Módulo de Alimentación solo ingresan las botellas como material, energía mecánica o manual y una señal, en el Módulo de colocación ingresan las botellas y las tapas como material, energía mecánica o manual y la señal es enviada por medio de un sensor, para el Módulo de cerrado el material que ingresa son las botellas pero ya con la tapa colocada en las botellas, y finalmente se tiene el Módulo de almacenamiento.

2.5 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Una vez que se obtiene la división por niveles y la división modular se debe iniciar con la selección de alternativas necesarias para poder satisfacer estas necesidades, es necesario dar solución a cada módulo que se presentó, se pueden tener varias formas de solucionarlas pero se debe aplicar los criterios ponderados.

2.5.1 MÓDULO DE ALIMENTACIÓN

Se refiere a la colocación y transporte de las botellas

2.5.1.1 Manual y banda transportadora

Este proceso es el más sencillo ya que una persona será la responsable de colocar las botellas en la forma correcta en la banda transportadora para iniciar el proceso, como se observa en la figura 2.5, una vez que la banda transportadora ha iniciado su ciclo solo se detendrá por el uso de un Master Off o después de un determinado tiempo si no detecta que hay botellas en la línea de alimentación.

Ventajas:

- Seguridad que presenta en la operación
- Solo hay que colocar la botella en la posición correcta
- Es de velocidad regulable
- En caso de emergencia puede ser deshabilitada de forma inmediata

Desventajas:

- Es necesario de un operador
- Costo de la banda transportadora
- Complejidad en el diseño

Esquema:

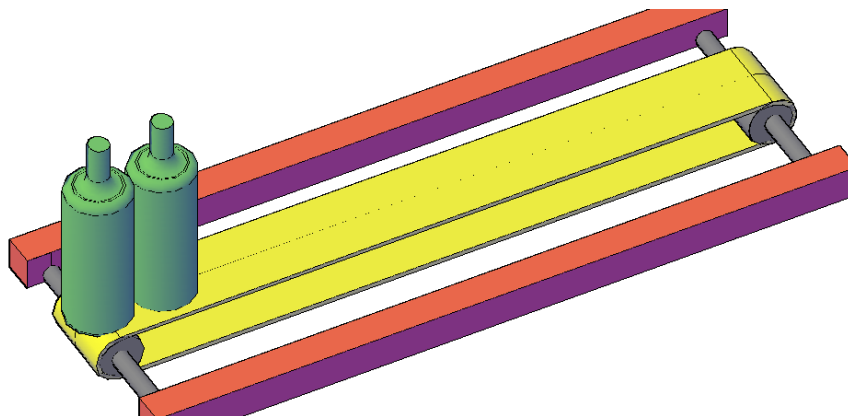


Figura 2. 5 Banda Transportadora

2.5.1.2 Tolva

El uso de una tolva es debido a que todas las botellas deben estar con el pico de llenado hacia arriba, como se observa en la figura 2.6, lo que se trata con la tolva

es canalizar las botellas para que caigan todas en la misma posición y una a continuación de otra.

Ventajas:

- Las botellas caen de forma ordenada
- La botella queda ya posicionada
- Fácil construcción
- Bajo costo

Desventajas:

- Para colocar las botellas en la tova deben estar con el pico hacia arriba
- Supervisión de la colocación
- Puede haber riesgo de obstrucción en la salida

Esquema:

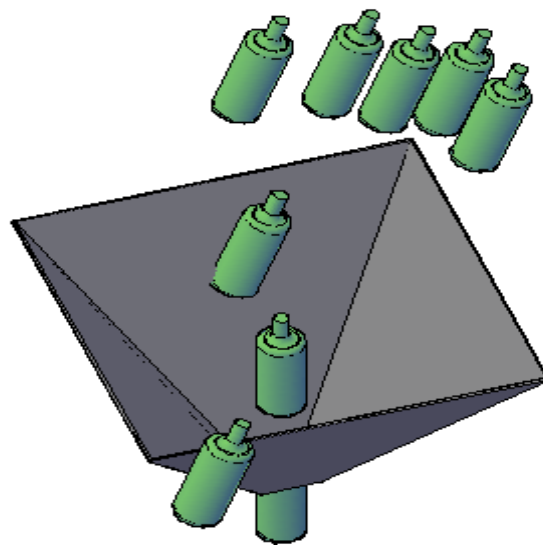


Figura 2. 6 Tolva

2.5.1.3 Mesa rotativa de alimentación

Con la mesa rotativa de alimentación se pretende tener un proceso más autónomo en el cual se coloquen las botellas en cualquier posición y la mesa automáticamente coloque las botellas en la posición correcta, como se observa en la figura 2.7, es necesario el uso de varios sensores y varios dispositivos extras.

Ventajas:

- Proceso semiautomático
- Solo hay que colocar las botellas en la mesa
- No es necesario inspeccionar la posición de las botellas
- Nivel de control muy alto

Desventajas:

- Costo de los elementos de control
- Mayor número de elementos para la operación
- Espacio necesario

Esquema:

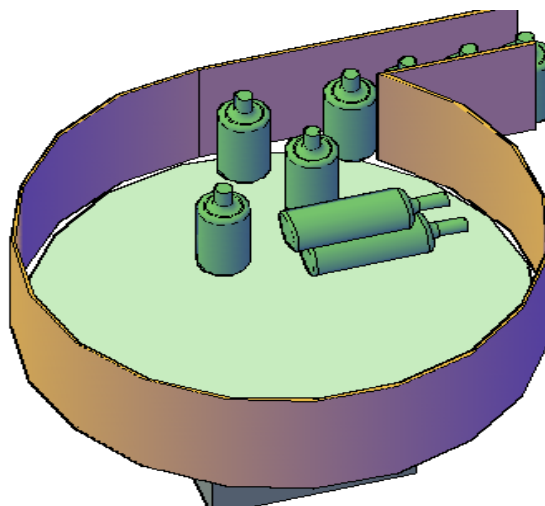


Figura 2. 7 Mesa Rotativa de Alimentación

2.5.2 MÓDULO DE COLOCACIÓN DE TAPAS

2.5.2.1 Manual

Este proceso es el más sencillo ya que una persona será la responsable de colocar las tapas sobre las botellas de forma adecuada, es decir las botellas se trasladaran por la banda ya con las tapas colocadas sobre estas, para el posterior ciclo de cerrado, como se observa en la figura 2.8.

Ventajas:

- Seguridad que presenta en la operación
- Solo hay que colocar la tapa sobre la botella de forma adecuada
- En caso de emergencia puede ser deshabilitada de forma inmediata

Desventajas:

- Es necesario de un operador

Esquema:

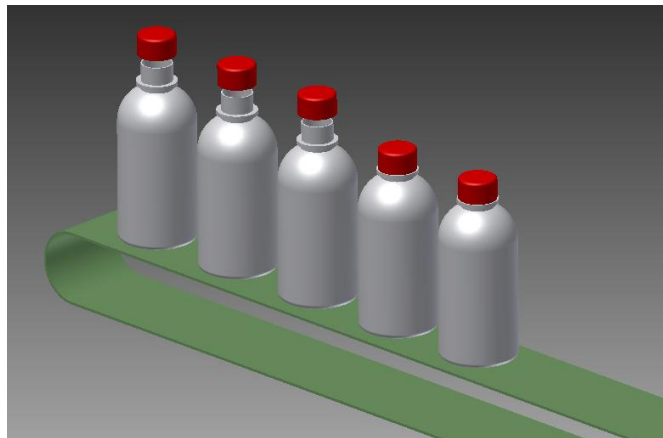


Figura 2. 8 Colocación de las tapas

2.5.2.2 Tambor rotatorio

Tiene cierta similitud con la mesa rotativa, la cual pretende tener un proceso automático de posicionamiento, y selección de las tapas, como se observa en la figura 2.9, para esto es necesario el uso de sensores, actuadores y dispositivos adicionales.

Ventajas:

- Proceso semiautomático
- Uso de sensores para el posicionamiento
- No daña las tapas

Desventajas:

- Costo del equipo
- No se pueden colocar gran cantidad de tapas
- Requerimiento de un control especial

Esquema:

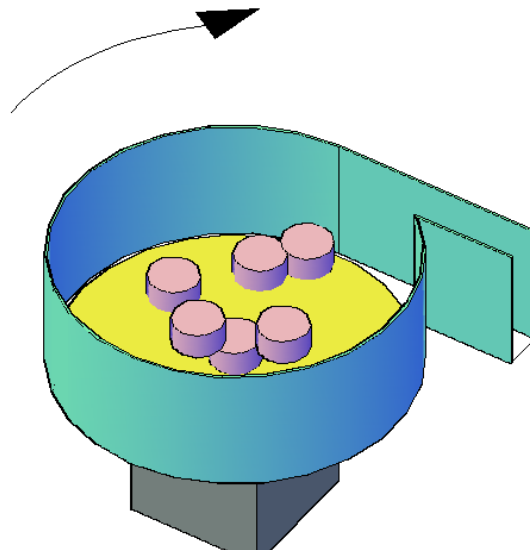


Figura 2. 9 Tambor Rotativo

2.5.2.3 Mordaza

Para colocar las tapas de las botellas se puede hacer uso de una mordaza la cual coloque la tapa cuando la botella esté debajo de este, como se observa en la figura 2.10, para la mordaza se necesitará un sistema que abra y cierre, además que deposite la tapa sobre la botella, siempre debe tener tapas para que funcione y sea un proceso continuo.

Ventajas:

- Sujeción segura de las tapas
- No existe un desalineamiento
- Se lo controla neumáticamente

Desventajas:

- Daño de las tapas
- Es necesario hacer pruebas de calibración
- Colocación de las tapas manual

Esquema:

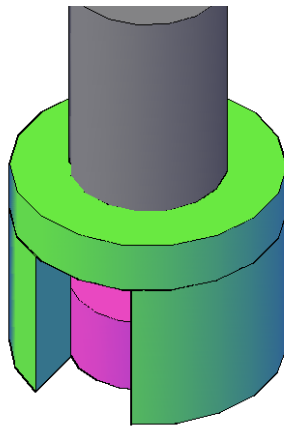


Figura 2. 10 Mordaza

2.5.2.4 Canal de alimentación

El canal de alimentación es un elemento simple con el cual se puede colocar la tapa en las botellas utilizando el mismo movimiento de transporte, cuando la botella está siendo transportada, el canal de alimentación simplemente pone la tapa en la trayectoria de la botella, y está por arrastre, la lleva consigo, como se indica en la figura 2.11.

Ventajas:

- No necesita tecnología de punta
- Su utiliza el efecto de la gravedad para la alimentación
- Se aprovecha el movimiento de traslación de las botellas
- Bajo costo

Desventajas:

- Colocación de las tapas manual
- Puede tener un desalineamiento de la tapa con la botella

Esquema:

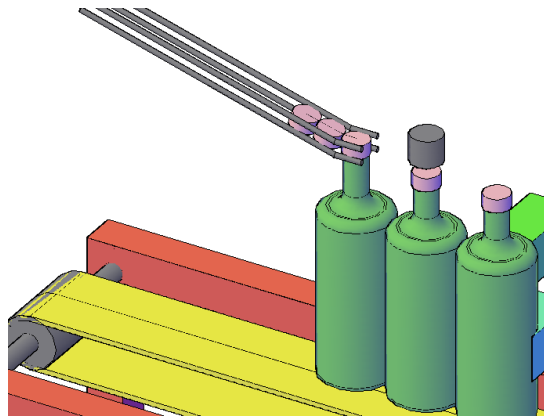


Figura 2. 11 Canal de Alimentación

2.5.3 MÓDULO DE CERRADO

Este módulo, consiste en el desarrollo de las diferentes alternativas para el proceso de cerrado de las tapas a las botellas, con lo cual se presentan las siguientes alternativas:

2.5.3.1 Detener el avance de la banda transportadora

Consiste, en detener el movimiento de la banda, el cual esta accionado por medio de un motor, como se observa en la figura 2.12, con lo cual este se encontrará accionado o controlado por medio del PLC, el cual mandará la señal cuando la botella se encuentre en la posición correcta para detener el movimiento tanto del motor como consiguiente el de la banda.

Ventajas:

- Diseño sencillo, ya que no se necesita de un elemento externo para posicionar la botella para el posterior cerrado.
- Costo menor, en comparación con la utilización de un sistema externo para posicionar la botella.
- Sistema Semiautomático.

Desventajas:

- Poca Exactitud.
- Poca estabilidad de las botellas sobre la banda, debido a que el proceso se detendrá de forma brusca.

Esquema:

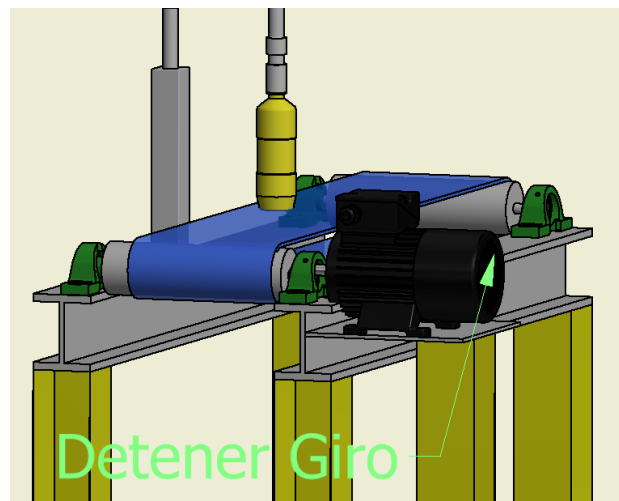


Figura 2. 12 Giro Banda

2.5.3.2 Sujeción con 2 pistones

Con esta alternativa, se pretende que el sistema Banda-Motor permanezca continuamente en movimiento, siendo la botella el único elemento que se detendrá durante el proceso, por lo que se propone un sistema de dos pistones neumáticos que posicionaran tanto a las botellas que serán cerradas como las que vienen tras de éstas, como se indica en la figura 2.13, lo que conlleva a que este sistema sea continuo y no haya ninguna para durante el proceso de cerrado.

Ventajas:

- Sistema Continuo, ya que el proceso no se detiene en ningún instante
- Mayor Precisión y estabilidad
- Uso de sistemas neumáticos
- Sistema Semiautomático

Desventajas:

- Mayor costo
- Requiere un mayor grado de complejidad en la programación del control del PLC.

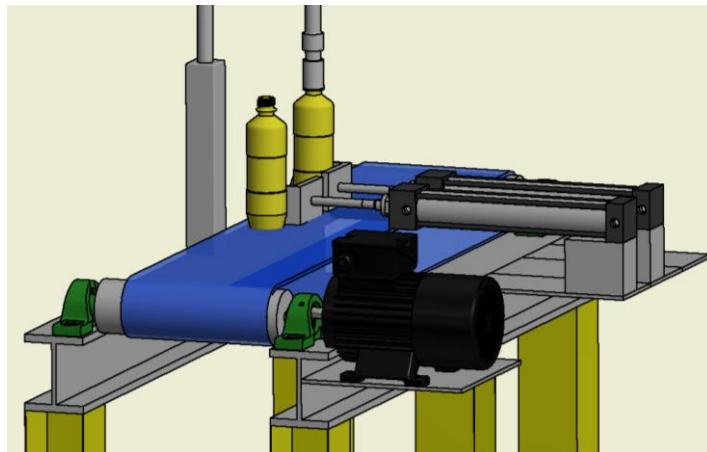


Figura 2. 13 Sujeción con 2 Pistones

2.5.3.3 Sujeción con un pistón

Con esta alternativa, se pretende que el sistema Banda-Motor permanezca continuamente en movimiento, como la alternativa propuesta anteriormente, siendo la principal diferencia que se tendrá un solo pistón y además su diseño nos permite detener tres botellas e ir cerrando cada una de estas mientras la banda avanza progresivamente, como se observa en la figura 2.14, con lo que conlleva a que este sistema sea continuo y no haya ninguna para durante el proceso de cerrado.

Ventajas:

- Sistema Continuo
- Mayor Precisión
- Sistema Neumático
- Menor número de elementos externos de posicionamiento de la botella
- Sistema rápido de cerrado

Desventajas:

- Costo, debido al sistema neumático
- Programación relativamente más compleja, para el control del PLC.

Esquema:

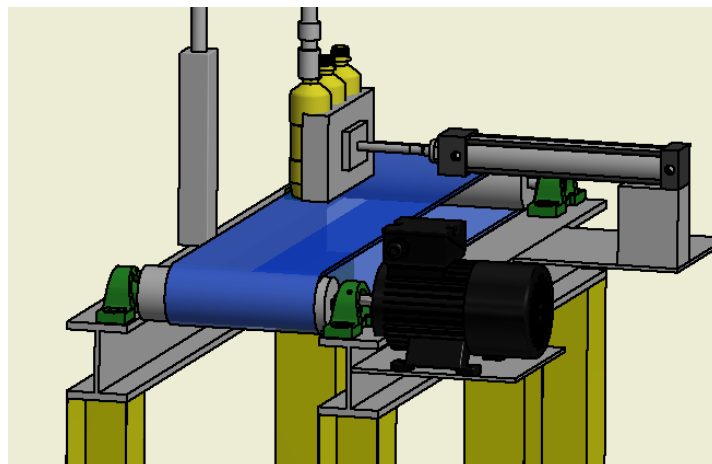


Figura 2. 14 Sujeción con 1 Pistón

2.5.4 APLICAR EL TORQUE EN LA TAPA

Este módulo está centrado explícitamente al sistema que generará el torque necesario para el cerrado de las botellas, para lo cual se presentan las siguientes alternativas:

2.5.4.1 Motor neumático

Lo que se pretende conseguir con la inclusión de este motor neumático es, el realizar un trabajo mecánico por expansión de un fluido a través de un movimiento lineal o principalmente rotativo, como se indica en la figura 2.15.

Ventajas:

- Compacto y liviano, con referencia al peso de un motor eléctrico.
- Instalación relativamente sencilla
- Desarrollan mayor potencia con relación a su tamaño y peso
- Mantenimiento mínimo
- Las velocidades y las fuerzas pueden regularse de manera continua y escalonada.

Desventajas:

- El cuidado del fluido de trabajo, y los filtros que debe tener el sistema, para un funcionamiento adecuado.
- Produce ruido

Esquema:

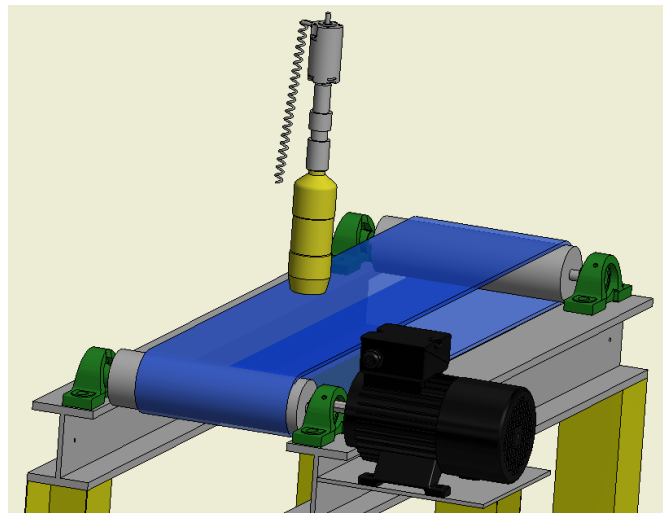


Figura 2. 15 Motor Neumático

2.5.4.2 Motor eléctrico

Para este apartado, se pretende establecer un sistema similar al de una taladradora vertical (De columnas), donde el torque se genera por medio de la rotación generada por un motor, que se encuentra en la parte superior del sistema, como se observa en la figura 2.16.

Ventajas:

- Existe una variedad de tamaño y forma, como también de diferentes potencias según sea el caso
- Su rendimiento es alto, aproximadamente 75%
- Costo relativamente bajo, en comparación con el de un motor neumático
- No necesitan refrigeración, están autoventilados

Desventajas:

- Mantenimiento
- No funciona a bajas revoluciones
- Ruido y Vibraciones
- La potencia tiene relación con su tamaño

Esquema:

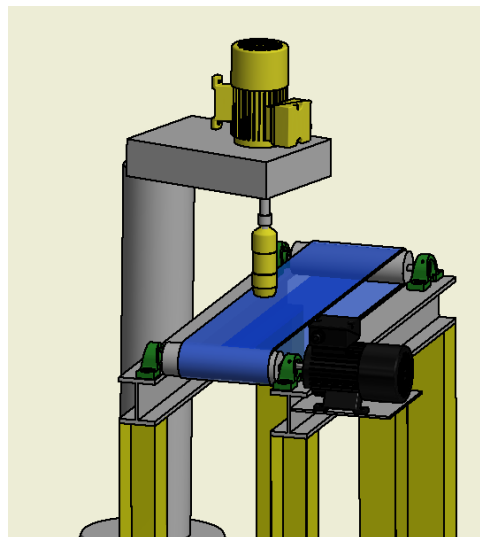


Figura 2. 16 Motor Eléctrico

2.6 RESUMEN DE ALTERNATIVAS PARA CADA MÓDULO

En esta sección se presenta la evaluación de las soluciones para cada módulo detallado en las respectivas tablas y los valores de ponderación.

MODULO 1: Alimentación

En la tabla 2.2 se indica la evaluación del peso específico de cada criterio

a) Evaluación del Peso Específico de Cada Criterio

Tabla 2. 2 Evaluación del peso específico de cada criterio

Precio=Mantenimiento>Seguridad>Peso						
Criterio	Precio	Mantenimiento	Seguridad	Peso	Suma+1	Ponderación
Precio		0.5	1	1	3.5	0.35
Mantenimiento	0.5		1	1	3.5	0.35
Seguridad	0	0		1	2	0.2
Peso	0	0	0		1	0.1
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.3 se indica el peso específico del criterio precio

b) Evaluación del Peso Específico del criterio precio

Tabla 2. 3 Evaluación del peso específico del criterio precio

Manual-Banda>Tolva> Mesa Rotativa						
Precio	Manual-Banda	Tolva	Mesa Rotativa	Suma +1	Ponderación	
Manual-Banda		1	1	3	0.5	
Tolva	0		1	2	0.333	
Mesa Rotativa	0	0		1	0.166	
				Suma	6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.4 se indica el peso específico del criterio mantenimiento

c) Evaluación del Peso Específico del criterio mantenimiento

Tabla 2. 4 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Manual-Banda>Tolva> Mesa Rotativa					
Mantenimiento	Manual Banda	Tolva	Mesa Rotativa	Suma +1	Ponderación
Manual-Banda		1	1	3	0.5
Tolva	0		1	2	0.333
Mesa Rotativa	0	0		1	0.166
Suma				6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.5 se indica el peso específico del criterio seguridad

d) Evaluación del peso Específico del criterio seguridad

Tabla 2. 5 Evaluación del peso específico del criterio seguridad

Mesa Rotativa=Tolva>Manual-Banda					
Seguridad	Mesa Rotativa	Tolva	Manual Banda	Suma +1	Ponderación
Mesa Rotativa		0.5	1	2.5	0.4166
Tolva	0.5		1	2.5	0.4166
Manual-Banda	0	0		1	0.166
Suma				6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.6 se indica el peso específico del criterio peso

e) Evaluación del peso específico del criterio peso

Tabla 2. 6 Evaluación del peso específico del criterio peso

Manual-Banda>Tolva>Mesa Rotativa					
Peso	Manual-Banda	Tolva	Mesa Rotativa	Suma +1	Ponderación
Manual-Banda		1	1	3	0.5
Tolva	0		1	2	0.333
Mesa Rotativa	0	0		1	0.166
Suma				6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.7 se indica las conclusiones del sistema

f) Tabla de Conclusiones

Tabla 2. 7 Conclusiones del Sistema

Conclusión	Precio	Seguridad	Peso	Mantenimiento	Suma	Prioridad
Manual-Banda	0.5	0.166	0.5	0.5	1.666	1
Mesa Rotativa	0.166	0.4166	0.166	0.166	0.9146	3
Tolva	0.333	0.4166	0.333	0.333	1.4096	2

Fuente: Propia

MODULO 2: Colocación de Tapas

En la tabla 2.8 se indica el peso específico de cada criterio

a) Evaluación del Peso Específico de Cada Criterio

Tabla 2. 8 Evaluación del peso específico de cada criterio

Precio=Mantenimiento>Seguridad>Peso						
Criterio	Precio	Mantenimiento	Seguridad	Peso	Suma+1	Ponderación
Precio		0.5	1	1	3.5	0.35
Mantenimiento	0.5		1	1	3.5	0.35
Seguridad	0	0		1	2	0.2
Peso	0	0	0		1	0.1
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.9 se indica el peso específico del criterio precio

b) Evaluación del Peso Específico del criterio precio

Tabla 2. 9 Evaluación del peso específico del criterio precio

Manual>Canal de Alimentación >Tambor Rotatorio>Mordaza						
Precio	Manual	Canal de Alimentación	Tambor Rotatorio	Mordaza	Suma +1	Ponderación
Manual		1	1	1	4	0.4
Canal de Alimentación	0		1	1	3	0.3
Tambor Rotatorio	0	0		1	2	0.2
Mordaza	0	0	0		1	0.1
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.10 se indica el peso específico del criterio mantenimiento

c) Evaluación del Peso Específico del criterio mantenimiento

Tabla 2. 10 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Manual>Canal de Alimentación >Tambor Rotatorio>Mordaza						
Precio	Manual	Canal de Alimentación	Tambor Rotatorio	Mordaza	Suma +1	Ponderación
Manual		1	1	1	4	0.4
Canal de Alimentación	0		1	1	3	0.3
Tambor Rotatorio	0	0		1	2	0.2
Mordaza	0	0	0		1	0.1
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.11 se indica el peso específico del criterio seguridad

d) Evaluación del peso específico del criterio seguridad

Tabla 2. 11 Evaluación del peso específico del criterio seguridad

Tambor Rotatorio>Mordaza>Canal de Alimentación=Manual						
Precio	Tambor Rotatorio	Mordaza	Canal de Alimentación	Manual	Suma +1	Ponderación
Tambor Rotatorio		1	1	1	4	0.4
Mordaza	0		1	1	3	0.3
Canal de Alimentación	0	0		0.5	1.5	0.15
Manual	0	0	0.5		1.5	0.15
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.12 se indica el peso específico del criterio peso

e) Evaluación del peso específico del criterio peso

Tabla 2. 12 Evaluación del peso específico del criterio peso

Manual>Canal de Alimentación >Tambor Rotatorio>Mordaza						
Precio	Manua l	Canal de Alimentació n	Tambor Rotatorio	Mordaz a	Suma +1	Ponderació n
Manual		1	1	1	4	0.4
Canal de Alimentación	0		1	1	3	0.3
Tambor Rotatorio	0	0		1	2	0.2
Mordaza	0	0	0		1	0.1
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.13 se indica las conclusiones del sistema

f) Tabla de Conclusiones

Tabla 2. 13 Conclusiones del Sistema

Conclusión	Precio	Seguridad	Peso	Mantenimiento	Suma	Prioridad
Mordaza	0.1	0.3	0.1	0.1	0.6	4
Tambor Rotativo	0.2	0.4	0.2	0.2	1.0	3
Manual	0.4	0.15	0.4	0.4	1.35	1
Canal de Alimentación	0.3	0.15	0.3	0.3	1.05	2

Fuente: Propia

MODULO 3: Cerrado

Este módulo se divide en dos secciones, siendo éstas las que se indica a continuación:

- Colocación de la botella previo a su cerrado
- Y la acción propia del cerrado de la botella

En la tabla 2.14 se indica el peso específico de cada criterio

Para la colocación de la botella se tiene:

a) Evaluación del Peso Específico de Cada Criterio

Tabla 2. 14 Evaluación del peso específico de cada criterio

Precio=Mantenimiento>Seguridad>Peso						
Criterio	Precio	Mantenimiento	Seguridad	Peso	Suma+1	Ponderación
Precio		0.5	1	1	3.5	0.35
Mantenimiento	0.5		1	1	3.5	0.35
Seguridad	0	0		1	2	0.2
Peso	0	0	0		1	0.1
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.15 se indica el peso específico del criterio precio

b) Evaluación del Peso Específico del criterio precio

Tabla 2. 15 Evaluación del peso específico del criterio precio

Sujeción 2 Pistones>Sujeción con 1 Pistón>Avance Banda					
Precio	Sujeción 2 Pistones	Sujeción con 1 Pistón	Avance Banda	Suma +1	Ponderación
Sujeción 2 Pistones		1	1	3	0.5
Sujeción con 1 Pistón	0		1	2	0.333
Avance Banda	0	0		1	0.166
			Suma	6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.16 se indica el peso específico del criterio mantenimiento

c) Evaluación del Peso Específico del criterio mantenimiento

Tabla 2. 16 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Sujeción 2 Pistones=Sujeción con 1 Pistón>Avance Banda					
Mantenimiento	Sujeción 2 Pistones	Sujeción con 1 Pistón	Avance Banda	Suma +1	Ponderación
Sujeción 2 Pistones		0.5	1	2.5	0.416
Sujeción con 1 Pistón	0.5		1	2.5	0.416
Avance Banda	0	0		1	0.166
			Suma	6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.17 se indica el peso específico del criterio seguridad

d) Evaluación del peso específico del criterio seguridad

Tabla 2. 17 Evaluación del peso específico del criterio seguridad

Sujeción 2 Pistones = Sujeción con 1 Pistón>Avance Banda					
Seguridad	Sujeción 2 Pistones	Sujeción con 1 Pistón	Avance Banda	Suma +1	Ponderación
Sujeción 2 Pistones		0.5	1	2.5	0.4166
Sujeción con 1 Pistón	0.5		1	2.5	0.4166
Avance Banda	0	0		1	0.166
			Suma	6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.18 se indica el peso específico del criterio peso

e) Evaluación del peso específico del criterio peso

Tabla 2. 18 Evaluación del peso específico del criterio peso

Sujeción 2 Pistones > Sujeción con 1 Pistón > Avance Banda					
Peso	Sujeción 2 Pistones	Sujeción con 1 Pistón	Avance Banda	Suma +1	Ponderación
Sujeción 2 Pistones		1	1	3	0.5
Sujeción con 1 Pistón	0		1	2	0.333
Avance Banda	0	0		1	0.166
			Suma	6	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.19 se indica las conclusiones del sistema

f) Tabla de Conclusiones

Tabla 2. 19 Conclusiones del Sistema

Conclusión	Precio	Seguridad	Peso	Mantenimiento	Suma	Prioridad
Sujeción 2 Pistones	0.5	0.4166	0.5	0.416	1.83	1
Sujeción con 1 Pistón	0.333	0.4166	0.333	0.416	1.5	2
Avance Banda	0.166	0.166	0.166	0.166	0.66	3

Fuente: Propia

En la tabla 2.20 se indica el peso específico de cada criterio

Para el proceso de cerrado se tiene:

a) Evaluación del Peso Específico de Cada Criterio

Tabla 2. 20 Evaluación del peso específico de cada criterio

Precio=Mantenimiento>Seguridad>Peso						
Criterio	Precio	Mantenimiento	Seguridad	Peso	Suma+1	Ponderación
Precio		0.5	1	1	3.5	0.35
Mantenimiento	0.5		1	1	3.5	0.35
Seguridad	0	0		1	2	0.2
Peso	0	0	0		1	0.1
				Suma	10	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.21 se indica el peso específico del criterio precio

b) Evaluación del Peso Específico del criterio precio

Tabla 2. 21 Evaluación del peso específico del criterio precio

Motor Neumático>Motor Eléctrico				
Precio	Motor Neumático	Motor Eléctrico	Suma +1	Ponderación
Motor Neumático		1	2	0.666
Motor Eléctrico	0		1	0.333
		Suma	3	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.22 se indica el peso específico del criterio precio

c) Evaluación del Peso Específico del criterio mantenimiento

Tabla 2. 22 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Motor Neumático>Motor Eléctrico				
Mantenimiento	Motor Neumático	Motor Eléctrico	Suma +1	Ponderación
Motor Neumático		1	2	0.666
Motor Eléctrico	0		1	0.333
		Suma	3	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.23 se indica el peso específico del criterio seguridad

d) Evaluación del peso específico del criterio seguridad

Tabla 2. 23 Evaluación del peso específico del criterio seguridad

Motor Neumático=Motor Eléctrico				
Seguridad	Motor Neumático	Motor Eléctrico	Suma +1	Ponderación
Motor Neumático		0.5	1.5	0.5
Motor Eléctrico	0.5		1.5	0.5
		Suma	3	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.24 se indica el peso específico del criterio peso

e) Evaluación del peso específico del criterio peso

Tabla 2. 24 Evaluación del peso específico del criterio peso

Motor Neumático>Motor Eléctrico				
Peso	Motor Neumático	Motor Eléctrico	Suma +1	Ponderación
Motor Neumático		1	2	0.666
Motor Eléctrico	0		1	0.333
		Suma	3	1

Fuente: Propia

En la tabla 2.25 se indica las conclusiones del sistema

f) Tabla de Conclusiones

Tabla 2. 25 Conclusiones del Sistema

Conclusión	Precio	Seguridad	Peso	Mantenimiento	Suma	Prioridad
Motor Neumático	0.666	0.5	0.666	0.666	2.498	1
Motor Eléctrico	0.333	0.5	0.333	0.333	1.499	2

Fuente: Propia

2.7 MATRIZ MORFOLÓGICA

En la tabla 2.26 se indica la matriz morfológica, que no es más que una tabla en la que se encontrara las combinaciones que resultaron a partir de las evaluaciones antes realizadas de cada criterio.

Cabe aclarar que la solución más óptima a partir de las ponderaciones realizadas son las combinaciones que se indican con las flechas rojas, mientras que la segunda opción son las que se indican con las flechas amarillas.

Tabla 2. 26 Matriz morfológica

Módulos	Designación	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4
Módulo 1	Alimentación Botellas	Manual-Banda Transportadora	Tolva	Mesa Rotativa	-
Módulo 2	Alimentación Tapas	Tambor Rotatorio	Mordaza	Canal de Alimentación	Manual
Módulo 3	Posicionamiento Previo al Cerrado	Detener Avance Banda	Sujeción con 2 Pistones	Sujeción con 1 Pistón	-
	Operación de Cerrado	Motor Neumático	Motor Eléctrico	-	-

Fuente: Propia

CAPITULO 3

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Este capítulo se fundamenta en el diseño para la construcción de la máquina cerradora de tapas de botellas, existiendo un estudio previo para la elección de la alternativa más óptima. En este capítulo se realizará como parte del diseño; también la selección de los materiales tanto mecánicos, neumáticos como eléctricos, que permitan el funcionamiento de la máquina así como también cumplir con las especificaciones establecidas.

Para el dimensionamiento de los elementos que constituyen la máquina, se establecerá una memoria de cálculo.

3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Para la selección de los elementos neumáticos a utilizar primero se debe citar de forma general para luego describirlos y caracterizarlos dependido de la capacidad y la función que van a desempeñar en el diseño de la máquina; por lo que los elementos que entran en la selección y diseño son los siguientes:

- Motor neumático
- Cilindro neumático para movimiento del motor neumático
- Cilindro neumático para sujeción de las botellas
- Sensores magnéticos

Una vez establecido los elementos; a continuación los criterios de selección para cada uno de estos.

3.1.1 MOTOR NEUMÁTICO

Para la selección del motor neumático es necesario conocer ciertas características de la tapa que se va a utilizar tales como la fuerza o el momento necesario para la aplicación y desenroscado de tapas, además del diámetro nominal de la tapa.

Para determinar el momento aplicable a la tapa se tomó como referencia la NORMA VENEZOLANA COVENIN 790:2000 TAPAS PLÁSTICAS DE ROSCAS,

en la cual se considera la tabla 3.16, la cual se encuentra en el anexo I, que tiene los valores de momentos máximos y mínimos de aplicación en las botellas dependiendo del diámetro nominal de la tapa.

Para la máquina que se va a realizar se utilizará tapas rosca de diámetro 28 mm inviolables, con el diámetro y con la ayuda del anexo I, se puede determinar el momento con el cual se va a trabajar y que se muestran a continuación en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Norma VENOZOLANA COVENIN 790:2000

Tamaño Nominal [Mm]	Momento [kg-Cm]	
	Mínimo	Máximo
13	5.7	9.2
15	6.9	10.4
18	8.1	11.5
20	9.2	13.8
22	10.4	16.1
24	11.5	18.4
28	13.8	20.7
30	13.8	23.0
33	17.3	28.8
38	19.6	30.0
43	20.7	31.1
48	21.9	34.5
53	24.2	41.4
58	26.5	46.0
63	28.8	49.5
66	30.0	51.8
70	32.3	57.6

Fuente: NORMA VENOZOLANA COVENIN 790:2000 “Tapas Plásticas de Roscas”

Datos:

Diámetro nominal de las tapas

$$d = 28 \text{ [mm]}$$

De la tabla 3.1 se determina:

$$\text{Momento máximo} = 20.7 \text{ [kg.cm]}$$

Para el momento que se va a utilizar es necesario tener en unidades del S.I. por lo tanto transformando:

$$\text{Momento máximo} = 20.7 \text{ [kg.cm]} * \frac{1[m]}{100 \text{ [cm]}} * \frac{9.8 \text{ [N]}}{1 \text{ [kg]}}$$

En el S.I.

$$\text{Momento máximo} = 2.03 \text{ [N.m]}$$

Por lo tanto el motor que se requiere debe producir un momento máximo de 2.03 N.m.

En el anexo II, se pueden observar los diferentes motores neumáticos, en la tabla 3.2 se presenta varios modelos de motores neumáticos reversibles y no reversibles, para este caso no es necesario que el motor sea reversible, así que se utilizará un motor de tipo MA.

De la tabla 3.2 y con el dato obtenido del momento máximo se puede seleccionar el motor más adecuado.

Tabla 3. 2 NEUMAC Motores Neumáticos tipo MA/MAR

MODELO	Potencia máxima		R.P.M. a máxima potencia	R.P.M. libras	Par a máxima potencia [Nm]	Par de arranque [Nm]	Peso [kg]	Consumo de aire a máxima potencia [l/min]
	C.V.	kW						
No reversible								
MA-05/18	0.52	0.38	1800	3600	2.1	3.15	1.35	500
MA-05/04	0.48	0.35	380	750	9	13.5	1.65	480
MA-07/90	0.70	0.51	9000	18000	0.6	0.9	1.10	660
MA-07/07	0.63	0.46	750	1500	6.2	9.3	1.37	6400
MA-07/01	0.57	0.42	147	300	29	43.5	2.35	620
Reversible								
MAR-05/14	0.41	0.3	1400	2800	2.5	3.75	1.33	480
MAR-05/02	0.37	0.27	260	520	10.5	15.75	1.63	460
MAR-07/65	0.56	0.41	6500	13000	0.7	1.05	1.12	640
MAR-07/05	0.51	0.37	560	1100	6.6	9.9	1.39	620
MAR-07/01	0.47	0.35	100	200	33.6	50.4	2.37	600

Fuente: Motores Neumáticos tipo MA/MAR-Catalogo NEUMAC

El motor neumático seleccionado es el Modelo MA-05/18 no reversible.

3.1.2 CILINDRO NEUMÁTICO PARA EL DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL MOTOR

Para el cilindro que dará el movimiento vertical del motor neumático es necesario considerar la masa que tendrá que mover, para el cual hay que tener en cuenta el peso del motor y el peso del elemento de cierre, que se muestra en la tabla 3.3

Tabla 3. 3 Masa de los elementos

Peso de Elementos		
Elemento	Cantidad	Masa [kg]
Elemento de Cierre	1	0.15
Motor Neumático	1	1.35
	Total	1.5

Fuente: Propia

Para la selección del cilindro neumático se considera la masa total de los elementos que es de 1.5 Kg, pero se debe considerar un factor, para la selección del cilindro se debe seleccionar una fuerza teórica del 50 al 100% más grande que la fuerza requerida.

La masa requerida a utilizar es de:

$$Masa\ real = 1.5 [kg]$$

Considera el 100 % de incremento

$$Masa\ teórica = 3[kg]$$

$$Fuerza\ teórica = 30 [N]$$

$$Considerando\ la\ aceleracion\ de\ la\ gravedad = 10 [m/s^2]$$

Utilizando la tabla 3.4, que es un apartado que se encuentra en el anexo III

Tabla 3. 4 Tabla de valores de fuerza para diferentes cilindros modelo ¹⁶

Diám. Cil. Vástago mm	Carrera	Área pistón cm ²	Max. fuerza teórica en N[bar]									
			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
32/12	+	8.0	80	161	241	322	402	483	563	643	724	804
	-	6.9	69	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40/16	+	12.6	126	251	377	503	628	754	880	1005	1131	1257
	-	10.6	106	212	318	424	530	636	742	848	954	1060
50/20	+	19.6	196	393	589	785	982	1178	1374	1571	1767	1963
	-	16.5	165	330	495	660	825	990	1155	1319	1484	1649
63/20	+	31.2	312	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2806	3117
	-	28.0	280	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80/25	+	50.3	503	1005	1508	2011	2513	3016	3519	4021	4524	5027
	-	45.4	454	907	1361	1814	2268	2721	3175	3629	4082	4536
100/25	+	78.5	785	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854
	-	73.6	736	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363
125/32	+	122.7	1227	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272
	-	114.7	1147	2294	3440	4587	5734	6881	8027	9174	10321	11468

Fuente: Cilindros Neumáticos Serie P1D-Catalogo Parker

$$F1+ = \text{Fuerza en extensión [N]}$$

$$F2- = \text{Fuerza en retracción [N]}$$

En la tabla 3.5, se pueden observar las presiones de trabajo de los cilindros a la presión dada.

Tabla 3. 5 Presiones de Trabajo

Diámetro [mm]		Presión [bar]
		1
32	F1	80
	F2	69

Fuente: Propia

El cilindro a utilizar será uno de diámetro 32 [mm] y por la distribución de las demás partes la carrera será de 50 [mm].

¹⁶ P1D_Technical Catalogue-ES G.pdf pág. 17

3.1.3 CILINDRO NEUMÁTICO PARA SUJECIÓN DE LAS BOTELLAS

Para el cilindro que dará el movimiento horizontal a la mordaza de sujeción es necesario considerar la masa que tendrá que mover, para el cual hay que tener en cuenta el peso del motor y el peso del elemento de cierre, se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3. 6 Masa de los elementos

Peso de Elementos		
Elemento	Cantidad	Masa [kg]
Mordaza	1	1.26
	Total	1.26

Fuente: Propia

Para la selección del cilindro neumático se considera el peso total de los elementos que es de 1.26 kg, pero se debe considerar un factor, para la selección del cilindro se debe seleccionar una fuerza teórica del 50 al 100% más grande que la fuerza requerida.

Peso requerido a utilizar es de:

$$Peso\ real = 1.26 [kg]$$

Considera el 100 % del peso de incremento

$$Peso\ teórico = 2.52 [kg]$$

$$Fuerza\ teórica = 25.2 [N]$$

$$Considerando\ la\ aceleracion\ de\ la\ gravedad = 10 [m/s^2]$$

Utilizando la tabla 3.7, que se encuentra en el anexo III

Tabla 3. 7 Valores de fuerza para diferentes cilindros ¹⁷

Diám. Cil. Vástago mm	Carrera	Área pistón cm ²	Max. fuerza teórica en N[bar]									
			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
32/12	+	8.0	80	161	241	322	402	483	563	643	724	804
	-	6.9	69	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40/16	+	12.6	126	251	377	503	628	754	880	1005	1131	1257
	-	10.6	106	212	318	424	530	636	742	848	954	1060
50/20	+	19.6	196	393	589	785	982	1178	1374	1571	1767	1963
	-	16.5	165	330	495	660	825	990	1155	1319	1484	1649
63/20	+	31.2	312	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2806	3117
	-	28.0	280	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80/25	+	50.3	503	1005	1508	2011	2513	3016	3519	4021	4524	5027
	-	45.4	454	907	1361	1814	2268	2721	3175	3629	4082	4536
100/25	+	78.5	785	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854
	-	73.6	736	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363
125/32	+	122.7	1227	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272
	-	114.7	1147	2294	3440	4587	5734	6881	8027	9174	10321	11468

Fuente: Cilindros Neumáticos Serie P1D-Catalogo Parker

$$F_{1+} = \text{Fuerza en extensión [N]}$$

$$F_{2-} = \text{Fuerza en retracción [N]}$$

En la tabla 3.8, se pueden observar las presiones de trabajo de los cilindros a la presión dada.

Tabla 3. 8 Presiones de trabajo

Diámetro [mm]		Presión [bar]
		1
32	F1	80
	F2	69

Fuente: Propia

El cilindro a utilizar será uno de diámetro 32 [mm] y por la distribución de las demás partes la carrera será de 50 [mm].

¹⁷ P1D_Technical Catalogue-ES G.pdf pág. 17

3.1.4 REGULADOR DE CAUDAL

Los reguladores de caudal son utilizados para controlar la velocidad de los elementos o actuadores neumáticos, en este proyecto se utilizan reguladores de caudal para los cilindros, y para el motor neumático.

Para los cilindros es necesario el uso de los reguladores para evitar el movimiento brusco de estos elementos, ya que por la presión las velocidades son muy grandes, y es necesario tener velocidades controladas.

Y en el motor neumático hay que regular su caudal para controlar las revoluciones a las cuales está funcionando, ya que las revoluciones que tiene predeterminadas debido a la presión son muy altas.

En la figura 3.1 Se muestra la representación de los reguladores de caudal.

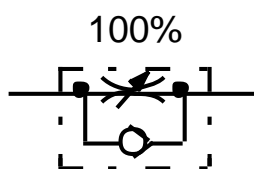


Figura 3. 1 Reguladores de Caudal¹⁸

3.1.5 CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE

Para conocer el consumo de aire que ocuparán los elementos neumáticos es necesario conocer:

- Presión de funcionamiento
- El desplazamiento o carrera
- Número de ciclos por minuto
- Las revoluciones a las que girará el motor neumático.

3.1.5.1 Número de ciclos por minuto

El número de ciclos por minuto hace referencia al número de veces que la máquina realizará el trabajo de cerrar las botellas. Es decir cuántas botellas por minuto será capaz de cerrar, para este caso dependerá de la programación y por

¹⁸ Programa Festo FLUID SIM librerías

tratarse de una máquina demostrativa se dirá que el número de botellas a cerrar por minuto será de 10 botellas.

$$n = \frac{\text{numero de botellas}}{\text{minuto}} \quad [\text{Ec. 3.1}]$$

$$n = 5 \text{ [botellas/min]}$$

Para obtener el caudal se ocupa la ecuación 3.2 que es específica para el caudal necesario para un cilindro de doble efecto.

$$Q = \frac{2 * 0.987 + P_{\text{aire}}}{0.987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4 * 10^6} * n \quad [\text{Ec. 3.2}] \quad [\text{dm}^3/\text{min}]$$

Dónde:

Q : Consumo total de aire [dm^3/min]

P_{aire} : Presión del aire [6 bar]

D : Diámetro del cilindro [32 mm]

l : Carrera del cilindro [50 mm]

n : Número de ciclos por minuto [5 ciclos/min]

Aplicando la ecuación 3.2 se tiene:

$$Q = \frac{2 * 0.987 + 6}{0.987} * \frac{\pi * 32^2 * 50}{4 * 10^6} * 5 \quad [\text{dm}^3/\text{min}]$$

$$Q = 1.62 \quad [\text{dm}^3/\text{min}]$$

Para fines de transformaciones se tiene que $1 \text{ [dm}^3\text{]} = 1 \text{ [litro]}$ ¹⁹

Por lo tanto cada cilindro de doble efecto consumirá:

$$Q = 1.62 \quad [\text{lt}/\text{min}]$$

Como se tienen 2 cilindros de las mismas características el consumo de los cilindros será:

$$Q_{TC} = 3.24 \quad [\text{lt}/\text{min}]$$

¹⁹ http://www.checkyourmath.com/convert/volume/cubic_volume/mm_dm.php

Dónde:

Q_{TC} : Caudal total a consumir de los cilindros

3.1.5.2 Consumo de aire por el motor neumático

De la tabla 3.2 de la selección del motor neumático se tiene que el consumo de aire es de 500 l/min a una presión de 6 bar pero para tener unas rpm de 1800 a potencia máxima, para este caso no es necesario que el motor gire a tan altas revoluciones, así que se colocará un regulador de caudal unidireccional para controlar estas revoluciones.

Las revoluciones necesarias no superan las 600 rpm con lo cual se determina que el caudal a consumir es de:

$$Q_{TM} = 160 \text{ [lt/min]}$$

3.1.5.3 Consumo de aire por el sistema

El consumo total del aire resulta de la suma del consumo de los cilindros más el consumo que tendrá el motor.

$$Q_T = Q_{TC} + Q_{TM} \text{ [lt/min]} \quad \text{[Ec. 3.3]}$$

Dónde:

Q_T : Consumo total de aire del sistema

Q_{TC} : Consumo total de los cilindros

Q_{TM} : Consumo total del motor neumático

$$Q_T = 3.24 + 160 \text{ [lt/min]}$$

$$Q_T = 163.24 \text{ [lt/min]}$$

3.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

Para la selección de los elementos mecánicos, se los ha separado entre los que se van a diseñar o fabricar y los elementos que se van a seleccionar (Normalizados); por lo que a continuación se presenta a estos grupos, citándolos

de manera general, para luego describirlos y caracterizarlos dependiendo de la función y cargas a las que estarán sometidos en el funcionamiento de la máquina.

Los elementos a fabricar son:

- Banda
- Soportes
- Rodillo Motriz
- Transporte de las Tapas
- Elemento Cerrador
- Mordaza
- Base Estructural
- Base del Cilindro Horizontal
- Base del Cilindro Vertical

Los elementos a seleccionar son:

- Motor
- Rodamientos
- Acople lovejoy

3.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA BANDA

Los parámetros que se deben tomar en cuenta para el diseño de la banda transportadora, son:

- Capacidad de Transporte
- Tipo de elemento a transportar
- Velocidad de Trabajo

En lo referente a la capacidad de transporte, se debe considerar, que al tratarse de una máquina didáctica, esta no debe ser muy grande, por lo que se estableció que para tener una capacidad de transporte considerable y el espacio necesario para una área de carga y de descarga como también el espacio para los demás elementos de la máquina tales como:

- Mordaza

Se estableció que para tener una capacidad de arranque de 5 botellas para el proceso de cerrado, una longitud de la banda de 800 mm, como se observa en la figura 3.2

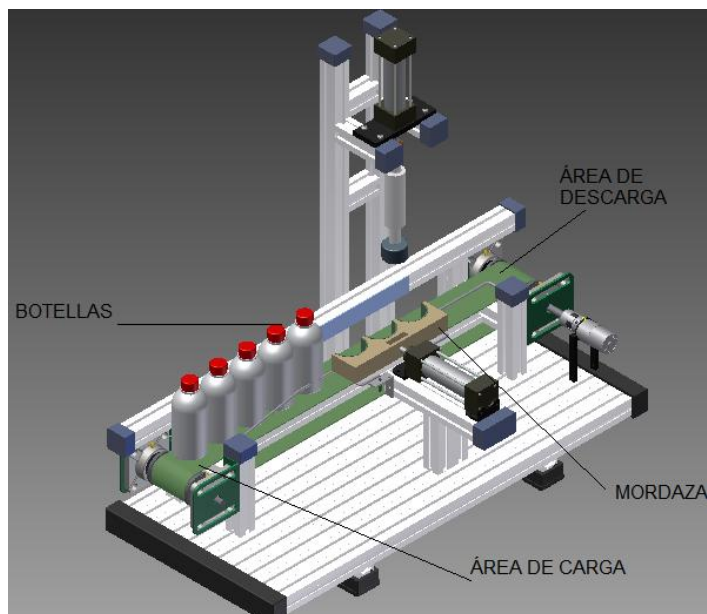


Figura 3. 2 Partes de la máquina

En lo que concierne al tipo de elemento a transportar, se debe considerar la capacidad del sistema establecido, como también la longitud de la banda, para elegir un tipo de botella acorde a las necesidades de estos parámetros, en la tabla 3.9 se presenta las características de las botellas.

Tabla 3. 9 Características de la botella

Ancho [mm]	Largo [mm]	Peso-Vacia [gr]	Peso-Llena [gr]
65	133	28	260

Fuente: Propia

En la figura 3.3 se puede observar las dimensiones establecidas en tabla 3.9

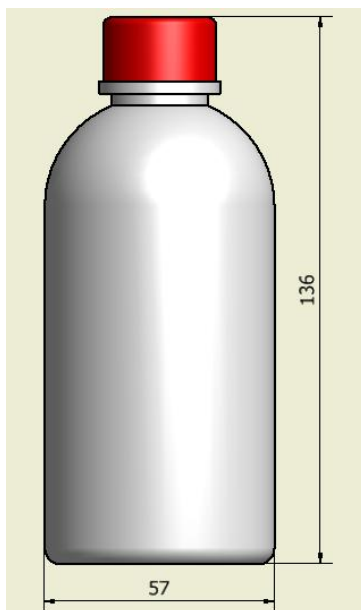


Figura 3. 3 Dimensiones de la botella

Conociendo el ancho y peso que tendrá la botella, se establece las dimensiones de la banda que se ocupará para el transporte de las botellas como se observa en la figura 3.4

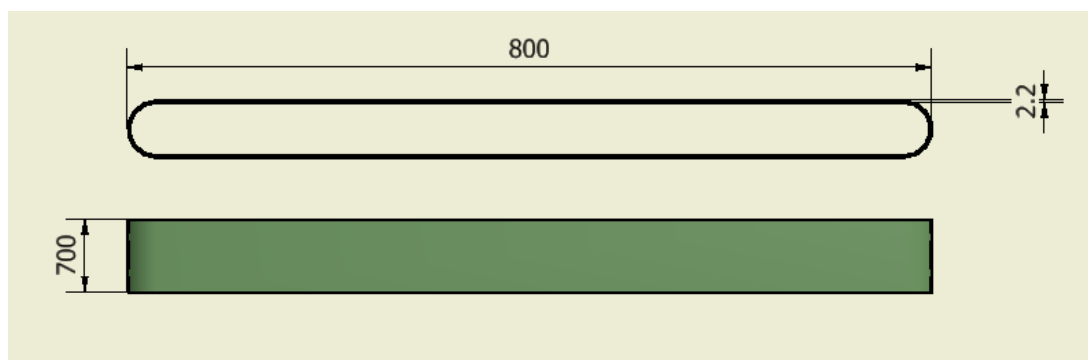


Figura 3. 4 Dimensión de la banda

En lo que concierne al material de la banda, se selecciona el PVC de 2.2 mm de espesor, en la tabla 3.10 se puede observar las características de este material, el cual fue analizado mediante la ayuda de Autodesk Inventor 2011; para determinar los parámetros de trabajo.

Tabla 3. 10 Características del material

Nombre	PVC, no plastificado	
General	Densidad de masa	1,4 g/cm ³
	Límite de elasticidad	46,53 Mpa
	Resistencia máxima a tracción	50 Mpa
Tensión	Módulo de Young	2,5 Gpa
	Coefficiente de Poisson	0,4 su
	Módulo Cortante	0,892857 Gpa
Tensión Térmica	Coefficiente de expansión	0,00009 su/c
	Conductividad térmica	0,14 W/(mK)
	Calor específico	1000 J/(kgc)

Fuente: Autodesk Inventor 2011

En la tabla 3.11 Se presentan las características de la banda transportadora.

Tabla 3. 11 Características de la banda transportadora

Material	Genérico
Densidad	1 g/cm ³
Masa	0,224823 kg
Área	231246 mm ²
Volumen	224823 mm ³
Centro de Gravedad	x=360 mm
	y=0 mm
	z=35mm

Fuente: Autodesk Inventor 2011

Como se observa en la figura 3.5 el punto crítico de la banda se da en la mitad, ya que en este punto es donde existe la mayor concentración de cargas, no solamente el peso de la botella sino también la carga ejercida por el cilindro vertical y a su vez del elemento de cierre, observando que el valor máximo de la Tensión de Von Mises es de 5.68 MPa, y una deformación de 39 mm; por lo que se coloca un perfil debajo de la banda; para evitar o contrarrestar esta deformación; como se observa en la figura 3.6.

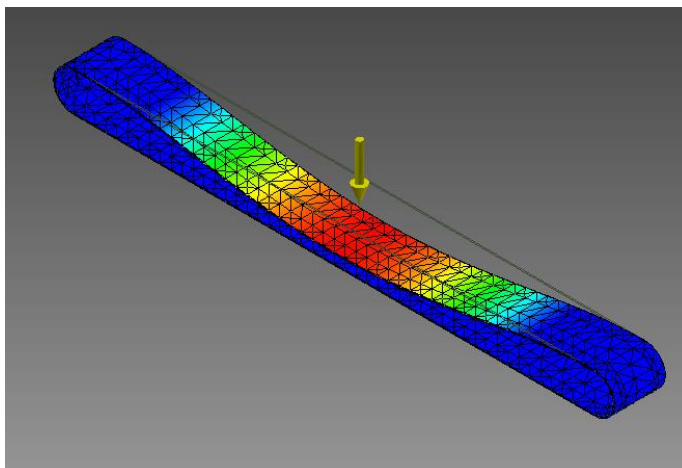


Figura 3. 5 Diagrama de tensiones de la banda

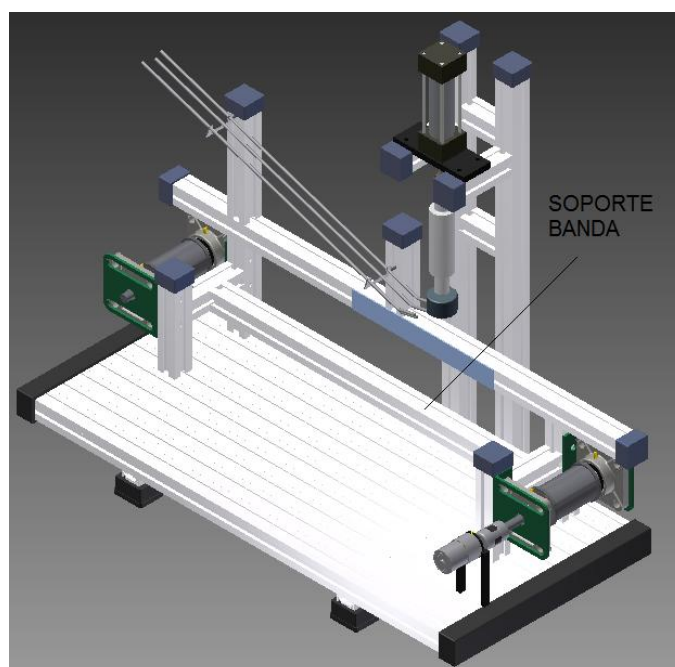


Figura 3. 6 Máquina-soporte banda

Del criterio de Von Mises se establece la siguiente ecuación:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad [\text{Ec. 3.4}]$$

Dónde:

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: Tensiones principales

Y para el cálculo del factor de seguridad se ocupa la siguiente ecuación

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{VM}} \quad [\text{Ec. 3.5}]$$

$$n = \frac{S_y}{\sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}}$$

Dónde:

S_y : Resistencia máxima a la tracción del material

Con lo que establece la ecuación 3.5 Se puede determinar el factor de seguridad para este material

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{VM}}$$

$$n = \frac{50}{5.68} = 8.8$$

A parte de lo establecido anteriormente se calcula parámetros como:

- Fuerza tangencial F_u [N]
- Fuerza de tracción máxima de la banda F_1 [N]
- Control del tipo de banda seleccionado

3.2.1.1 Cálculo de la Fuerza Tangencial

Para el cálculo de la fuerza tangencial se lo hará utilizando la siguiente ecuación:

$$F_u = \mu_T * g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R * g \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right) \quad [\text{Ec. 3.6}]$$

Dónde:

F_u : Fuerza Tangencial

μ_T : Coeficiente de Fricción para marcha sobre mesa [0.5]

g : Gravedad [9.8 m/s²]

m : Masa de la Carga a transportar [1.56 kg]

m_B : Masa de la Banda [0.1456 kg]

Para el cálculo de la masa de la banda, se lo hizo con la ayuda del anexo IV en donde encontramos las características de la banda a utilizar tales como:

- Material
- Dureza
- Espesor
- Acabado
- Peso en unidad de área

Por lo cual se tiene lo siguiente:

$$\text{Peso banda} = 2.60 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

Por lo tanto

$$\text{Masa de la banda} = P_{\text{área}} \left[\frac{kg}{m^2} \right] * a[m] * b[m] \quad [\text{Ec. 3.7}]$$

Dónde:

$P_{\text{área}}$: Es el Peso de la banda por unidad de área [2.60]

a: Largo [0.8 m]

b: Ancho [0.07 m]

$$\text{Masa de la banda} = 2.60 \left[\frac{kg}{m^2} \right] * 0.8[m] * 0.07[m]$$

$$\text{Masa de la banda} = 0.1456 [kg]$$

μ_R : Coeficiente de fricción para marcha sobre rodillo [0.033] anexo V

m_R : Masa de los rodillos [5 kg]

$$F_u = 0.5 * 9.8 \left(1.56 + \frac{0.1456}{2} \right) + 0.033 * 9.8 \left(\frac{0.1456}{2} + 5 \right)$$

$$F_u = 9.64[N]$$

3.2.1.2 Cálculo de la Fuerza de tracción máxima de la banda

Para el cálculo de la fuerza de tracción se lo hará utilizando la siguiente ecuación:

$$F_1 = F_u * C_1 \quad [\text{Ec. 3.8}]$$

Dónde:

F_u : Fuerza Tangencial

C_1 : Factor (valido para el rodillo motriz) [1.5] anexo V

$$F_1 = 9.64 * 1.5$$

$$F_1 = 14.46 [N]$$

3.2.1.3 Selección de Material de la Banda

Para ver si el material elegido de la banda es el correcto se lo comprueba con la siguiente relación:

$$\frac{F_1}{b_o} \leq C_2 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Dónde:

F_1 : Fuerza de Tracción

b_o : Ancho de Banda

C_2 : $\epsilon_{\max} * k_{1\%}$, donde ϵ_{\max} , es la elongación máxima, mientras que $k_{1\%}$, es la fuerza de tracción relajada de la banda con una elongación del 1% por unidad de anchura; propiedades que se observan en el anexo V.

Siendo C_2 :

$$C_2 = 15 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Por lo tanto:

$$\frac{F_1}{b_o} \leq C_2$$

$$\frac{2.46}{70} \leq 15$$

$$0.035 \leq 15$$

Por lo que se ha elegido el tipo de banda correcto.

3.2.1.4 Tensado de la Banda

Con lo que respecta a la carrera de ajuste del sistema de tensado; se dice que “La experiencia demuestra que, en función de la carga, suele ser suficiente una elongación de montaje de entre un 0.2% y un 1%”²⁰; por lo que para nuestro caso en particular se observó que basta con una carrera de ajuste x aproximadamente de 1% de la longitud de la banda; como se observa en la figura 3.7

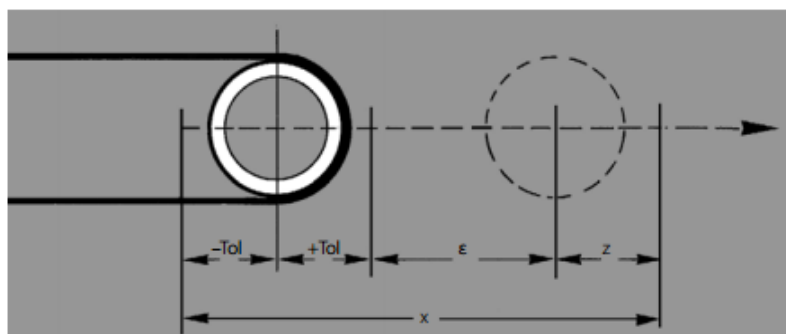


Figura 3. 7 Tensado de la banda²¹

Con lo establecido anteriormente se tiene que la carrera es:

$$x = 1\% * L \quad [\text{Ec. 3.9}]$$

Dónde:

x : Carrera de Ajuste

L : Longitud de la línea de transporte

$$x = 1\% * 800 [mm]$$

$$x = 8 [mm]$$

²⁰ Siegling transilon. “Cálculo de la banda transportadora”. Documento PDF, (p. 7)

²¹ Siegling transilon. “Cálculo de la banda transportadora”. Documento PDF, (p. 6)

Con lo que concierne a la velocidad se estableció que la apropiada para que el sistema funcione con regularidad, sea de 0.04 [m/s]

3.2.2 DISEÑO DE LOS SOPORTES

El diseño de los soportes; en los que serán colocadas las chumaceras depende de las dimensiones establecidas por éstas y del diámetro del eje del rodillo motriz, por lo cual se establece o se hace mención a las dimensiones basadas en estos parámetros; como se observa en la figura 3.8.

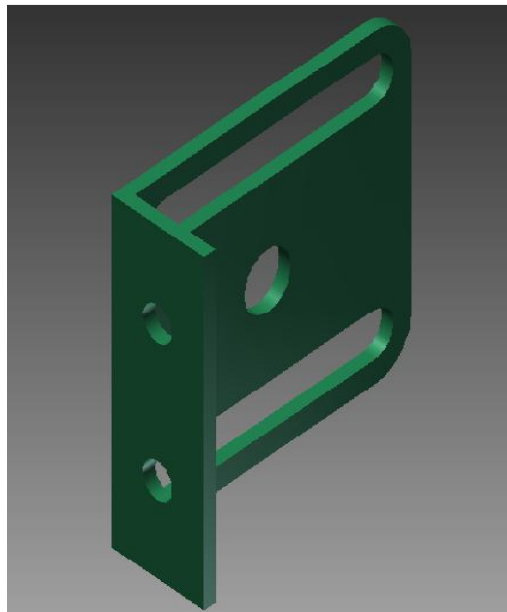


Figura 3. 8 Soporte de la chumacera

Con la ayuda de Autodesk Inventor 2011, se realizará una simulación con las cargas máximas que actúan sobre estos soportes.

Para establecer las cargas que actúan sobre el soporte, se necesita conocer la carga sobre el eje del tambor motriz, el cual se lo obtiene:

$$F_{w2} = 2 * F1 \quad [\text{Ec. 3.10}]$$

Dónde:

F_{w2} : Fuerza que actúa sobre el eje del tambor motriz

$$F_{w2} = 2 * 14.46$$

$$F_{w2} = 28.92 [N]$$

Aparte de esta fuerza, hay que considerar el peso de la chumacera, la cual es de 5.88 [N]

Con lo establecido anteriormente; se presentan los resultados obtenidos en la simulación con el Autodesk Inventor 2011

En la figura 3.10 se observa las tensiones presentes en el soporte.

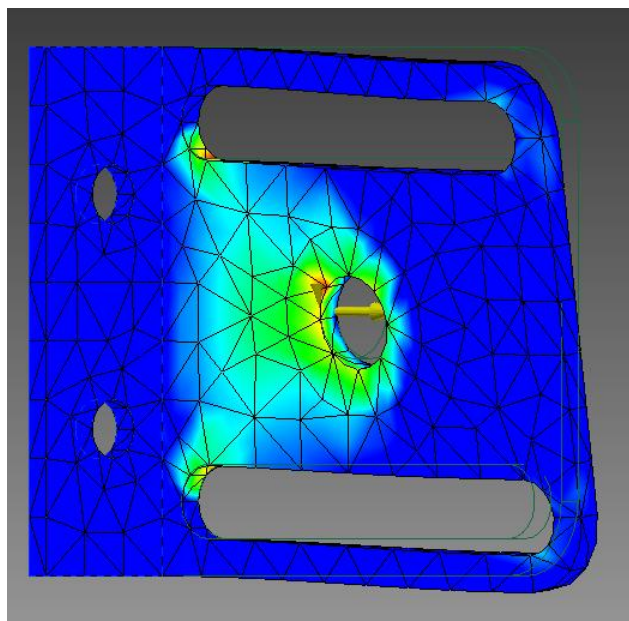


Figura 3. 9 Tensiones del soporte de la chumacera

En la tabla 3.12, se puede observar las características del material, que en este caso es de acero.

Tabla 3. 12 Características del material

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 Mpa
	Resistencia máxima a tracción	345 Mpa
Tensión	Módulo de Young	210 Gpa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo Cortante	80,7692 Gpa
Tensión Térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/(mK)
	Calor específico	460 J/(kgc)

Fuente: Autodesk Inventor 2011

En la tabla 3.13, se puede observar las características físicas del soporte.

Tabla 3. 13 Características del soporte

Material	Genérico
Densidad	1 g/cm ³
Masa	0,0360112 kg
Área	21634,5 mm ²
Volumen	36011,2 mm ³
Centro de Gravedad	x=-13,2279 mm
	y=0 mm
	z=-2,23608mm

Fuente: Autodesk Inventor 2011

Aplicando el Criterio de Von Mises que hace referencia a la ecuación 3.5 se puede determinar el factor de seguridad para este material

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{VM}}$$

En la simulación se determina que el valor máximo de tensión es de 1.64 Mpa, y el factor de seguridad es:

$$n = \frac{345}{1.64} = 210$$

Con esto se determina que el soporte realizado con acero es más que suficiente para resistir todas las fuerzas que se generan en el sistema

3.2.3 DIMENSIONAMIENTO DEL RODILLO MOTRIZ

Para el cálculo del diámetro mínimo del rodillo motriz, se lo hace con la ecuación 3.11

$$d_A = \frac{F_u * C_3 * 180^0}{b_o * \beta} [mm] \quad [\text{Ec. 3.11}]$$

Dónde:

F_u : Fuerza Tangencial

b_3 : Ancho de Banda

β : Angulo de Contacto

C_3 : Factor (valido para el rodillo motriz) [25] Anexo V

$$d_A = \frac{9.64 * 25 * 180^0}{70 * 180^0} [mm]$$

$$d_A = 3.44 [mm]$$

El diámetro mínimo debe ser de 0.6 [mm], en el mercado el diámetro existente es de ½ [in] el cual es el seleccionado.

3.2.4 DISEÑO DEL ELEMENTO DE CIERRE

Para el diseño del elemento que cierra las tapas es necesario conocer el diámetro de las tapas, la altura y el momento que debe imprimir en las mismas para que puedan ser cerradas sin dificultad y sobre todo sin dañarlas, para lo cual en la parte interior se colocará teflón que amortigüe la fuerza como se observa en la figura 3.10.

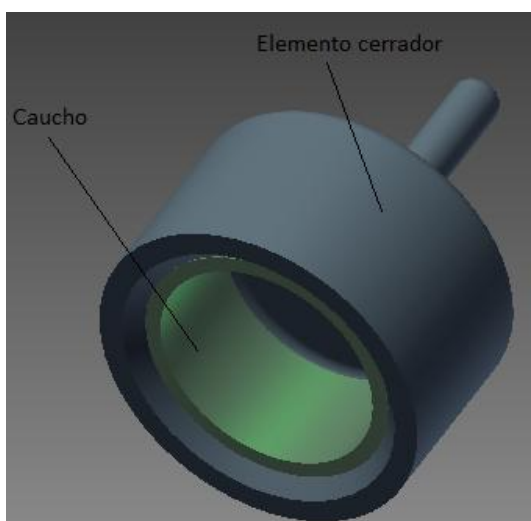


Figura 3. 10 Elemento de cierre y teflón

El momento máximo que el elemento de cierre va a soportar será el momento máximo que la tapa debe recibir y el momento máximo se lo obtiene de la figura 3.1 que es de 20.7 kg.cm y en el sistema internacional se tiene que es de 2.03 N.m , estos valores sirven para hacer la simulación con la ayuda de Autodesk Inventor 2011.

El material a utilizar es el acero y tiene las siguientes características que se muestran en la tabla 3.12.

En la tabla 3.14 se presentan las características del elemento de cierre.

Tabla 3. 14 Características del elemento de cierre

Material	Acero
Densidad	7,85 g/cm ³
Masa	0,150467 kg
Área	8297,61 mm ²
Volumen	19167,7 mm ³
Centro de Gravedad	x=0 mm
	y=0 mm
	z=15,8878mm

Fuente: Autodesk Inventor 2011

Con el Criterio de Von Mises representada en la ecuación 3.5 descrita anteriormente; se puede establecer el factor de seguridad.

En la figura 3.11 se observa la simulación del elemento y el valor de la tensión de Von Mises para el cálculo del factor de seguridad con la ayuda de la ecuación 3.5.

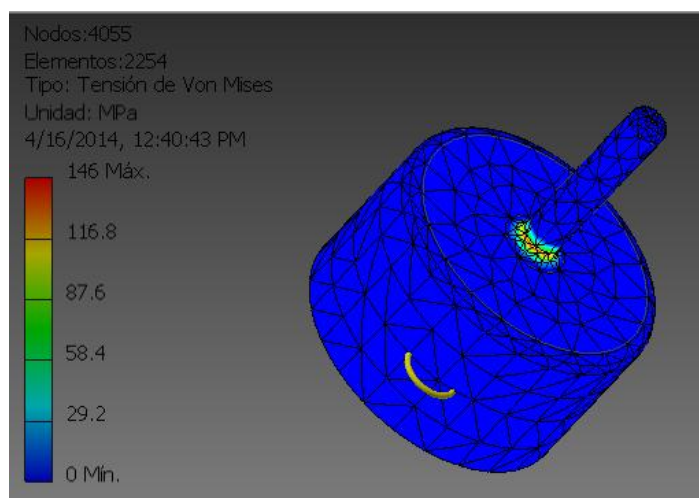


Figura 3. 11 Simulación para obtener la Tensión de Von Mises

El valor máximo de la Tensión de Von Mises es de 146 MPa y la zona crítica es en la unión del eje que se acopla al motor y el cuerpo del elemento.

Y de la tabla 3.13 se obtiene la resistencia máxima a la tracción del material es de 345 Mpa.

El factor de seguridad es calculado con la ecuación 3.5 de la siguiente forma.

$$n = \frac{345}{146} = 2.36$$

Por lo tanto el elemento de cierre cumple con las condiciones de diseño y se garantiza su funcionamiento.

3.2.5 DISEÑO DE LA MORDAZA

La función de la mordaza es garantizar que las botellas no giren en su eje mientras el elemento cerrador aplica el momento a las tapas para cerrarlas, la mordaza constara de 3 semicírculos del diámetro de las botellas ampliadas 2 mm para poder colocar un caucho para aumentar el coeficiente de rozamiento entre la botella y la mordaza.

En la figura 3.12 se observa la configuración de la mordaza y la colocación de los cauchos.

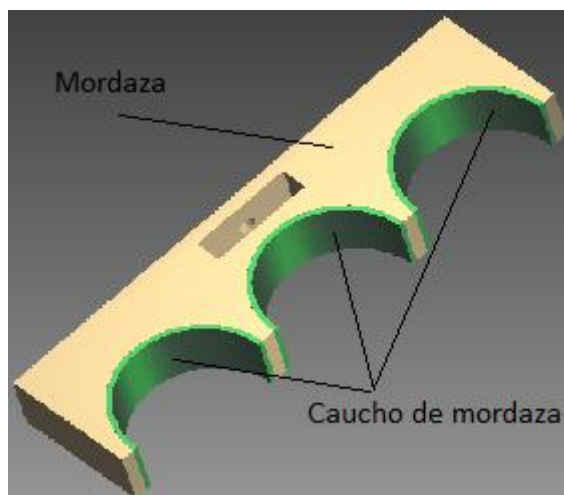


Figura 3. 12 Forma y configuración general de mordaza y caucho

La carga que la mordaza va a soportar será únicamente la reacción que ejerce el momento aplicado a la tapa la cual es transmitida a la botella y por ende a una de las semicircunferencias y el momento aplicado será el mismo de 2.03 N. m , este valor sirve para hacer la simulación con la ayuda de Autodesk Inventor 2011 y obtener el valor de la Tensión de Von Mises y obtener el factor de seguridad.

El material a utilizar será el mismo del elemento de cierre y las características serán las mismas de la tabla 3.12

En la tabla 3.15 se presentan las características de la mordaza

Tabla 3. 15 características de la mordaza

Material	Acero
Densidad	7,85 g/cm ³
Masa	1,26004 kg
Área	31825,1 mm ²
Volumen	160514 mm ³
Centro de Gravedad	x=0 mm
	y=-33,5616 mm
	z=15 mm

Fuente: Autodesk Inventor 2011

Se ocupan la ecuación 3.5 para determinar el factor de seguridad de acuerdo a la simulación de Autodesk Inventor 2011.

En la figura 3.13 se obtiene el valor de la Tensión de Von Mises para el cálculo del factor de seguridad.

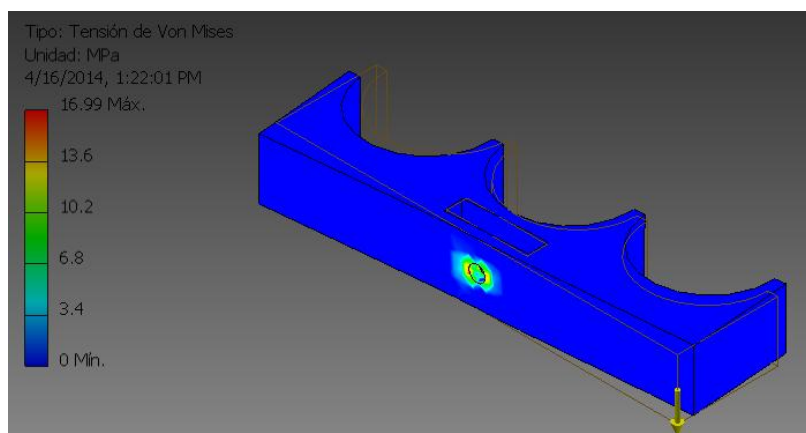


Figura 3. 13 Simulación para obtener la Tensión de Von Mises

El valor máximo de la Tensión de Von Mises es de 16.99 MPa que se aproxima a 17 MPa y la zona crítica es en la unión del vástago del cilindro con la mordaza.

El factor de seguridad es calculado con la ecuación 3.5 de la siguiente forma.

$$n = \frac{345}{17} = 20.2$$

Por lo tanto la mordaza cumple con las condiciones de diseño y se garantiza su funcionamiento.

3.1.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE ESTRUCTURAL

Para el diseño de la base; que es la cual soportara todos los elementos que constituyen a la máquina y con estos las cargas a que están expuestos cada uno de estos durante el proceso de funcionamientos se proceden a describir cada uno de estos en la tabla 3.16

Tabla 3. 16 Cargas aplicadas en la base

N°	Elemento	Cantidad	Carga/Valor	
1	Chumacera	4	Peso [N]	19,6
2	Rodillos	2	Peso [N]	98
3	Orejas/Soporte Chumaceras	4	Peso [N]	1,176
5	Conjunto de Cierre	-	Peso [N]	20,09
6	Efecto Cilindro-Vertical	-	Fuerza [N]	472,36
			TOTAL	611,226

Fuente: Propia

La base está conformada por 11 perfiles, como se observa en la figura 3.14, los cuales permiten que todos los elementos de la máquina tengan espacio suficiente para realizar cada uno de sus procesos durante el funcionamiento de la misma.

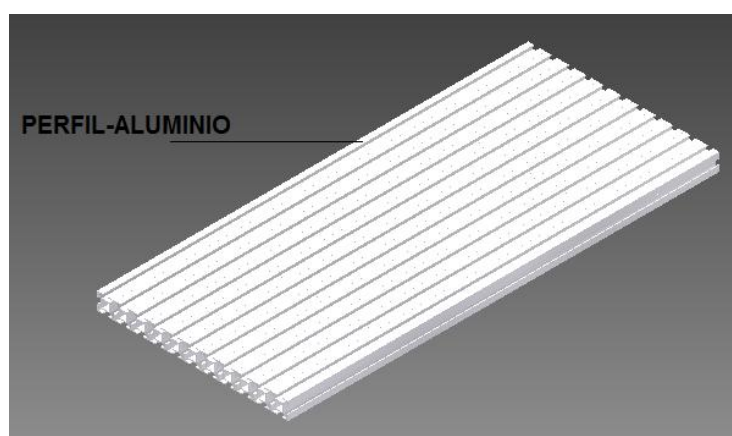


Figura 3. 14 Base de la estructura

Para unir los perfiles se utilizó dos pernos de 1/4 [in], colocados al inicio y al final, en la parte inferior se encuentran dos perfiles cruzados para dar mayor rigidez y

contrarrestar los efectos de la vibración provocados por el motor eléctrico y los cilindros neumáticos, los cuales se observa en la figura 3.15

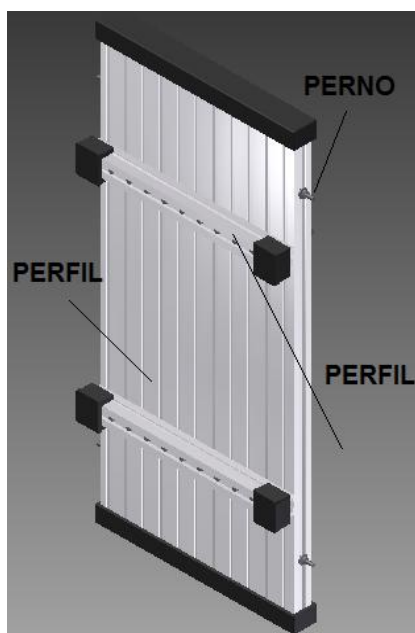


Figura 3. 15 Diseño de la base de la estructura

El material a utilizar para la estructura que soportara a todos los elementos antes descritos será el aluminio y en la tabla 3.17 se muestran sus propiedades.

Tabla 3. 17 Características del material

Nombre	Aluminio	
General	Densidad de masa	2,71 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275 Mpa
	Resistencia máxima a tracción	310 Mpa
Tensión	Módulo de Young	68,9 Gpa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo Cortante	25,9023 Gpa
Tensión Térmica	Coefficiente de expansión	0,0000236 su/c
	Conductividad térmica	167 W/(mK)
	Calor específico	1256,1 J/(kgc)

Fuente: Autodesk Inventor 2011

Y las propiedades físicas de la estructura se muestran en la tabla 3.18

Tabla 3. 18 Propiedades físicas de la base

Material	Aluminio
Masa	2,83607 kg
Área	3295230 mm ²
Volumen	2836070 mm ³
Centro de Gravedad	x=161 mm
	y=-2,38098 mm
	z=400 mm

Fuente: Autodesk Inventor 2011

Una vez establecido esto, con la ayuda del Autodesk Inventor 2011; se realiza la simulación de la base con cada una de las cargas establecidas en la tabla 3.16.

En la figura 3.16 se observa los efectos que producen las cargas en la base.

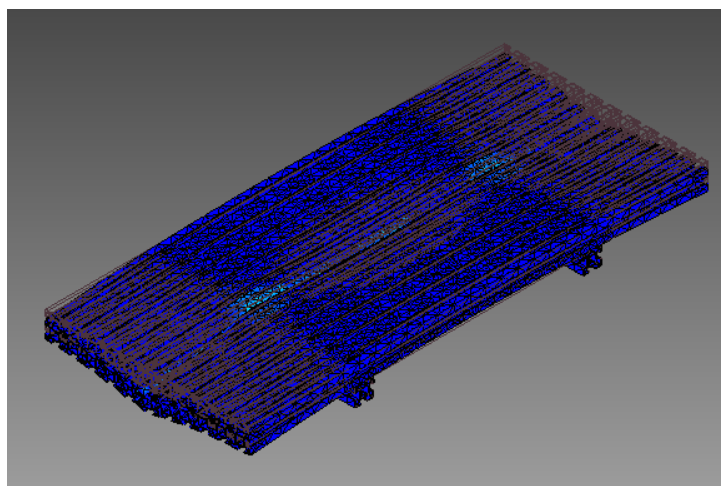


Figura 3. 16 Simulación de la base de la estructura

Donde se obtiene que la tensión máxima de Von Mises es de 4 Mpa, la cual permite calcular el factor de seguridad de la base.

Se aplica la ecuación 3.5 para obtener el factor de seguridad.

$$n = \frac{310}{4} = 77.5$$

Se determina que la estructura diseñada para la base soportará las cargas a las que se encuentra trabajando durante el proceso de funcionamiento.

3.2.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE DEL CILINDRO HORIZONTAL

Para la base que soportará el cilindro colocado de forma horizontal es necesario de cuatro pedazos de perfiles; dos de 10 cm y dos de 20 cm, como se muestra en la figura 3.17

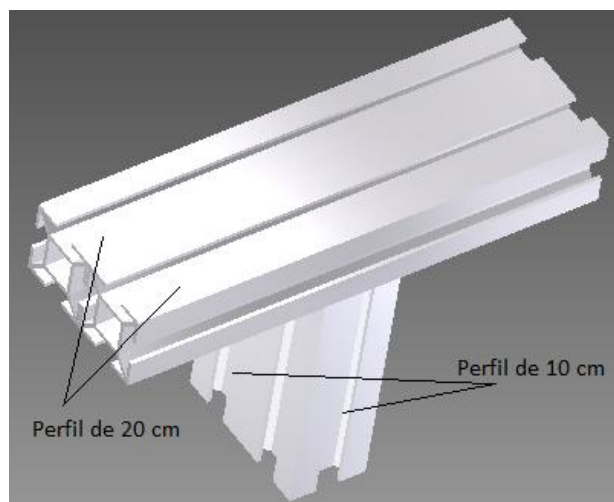


Figura 3. 17 Perfiles que Soportan el Cilindro Horizontal

El material a utilizar para la estructura que soportará al cilindro horizontal será el aluminio y en la tabla 3.17 se muestran sus propiedades y características físicas.

Y las propiedades físicas de la estructura se muestran en la tabla 3.19

Tabla 3. 19 Propiedades físicas

Material	Aluminio
Masa	0,17941 kg
Área	210083 mm ²
Volumen	179410mm ³
Centro de Gravedad	x=-16,1 mm
	y=0 mm
	z=94,0667 mm

Fuente: Autodesk Inventor 2011

La fuerza que deberán soportar los perfiles de aluminio se determina por medio de las tablas de selección de los cilindros, es decir de la tabla 3.7 en la cual se observa que la fuerza máxima que soportará el perfil dependerá de la presión de servicio de los cilindros, con el cálculo se determina que la presión óptima es de 1

bar pero no se descarta el uso de 6 bar para el funcionamiento de los cilindros, por lo tanto se hace la simulación con las dos presiones.

La base del cilindro simulado para 1 bar de presión que produce 80 N para la salida y 69 N para contraer cilindro, se muestra en la figura 3.18

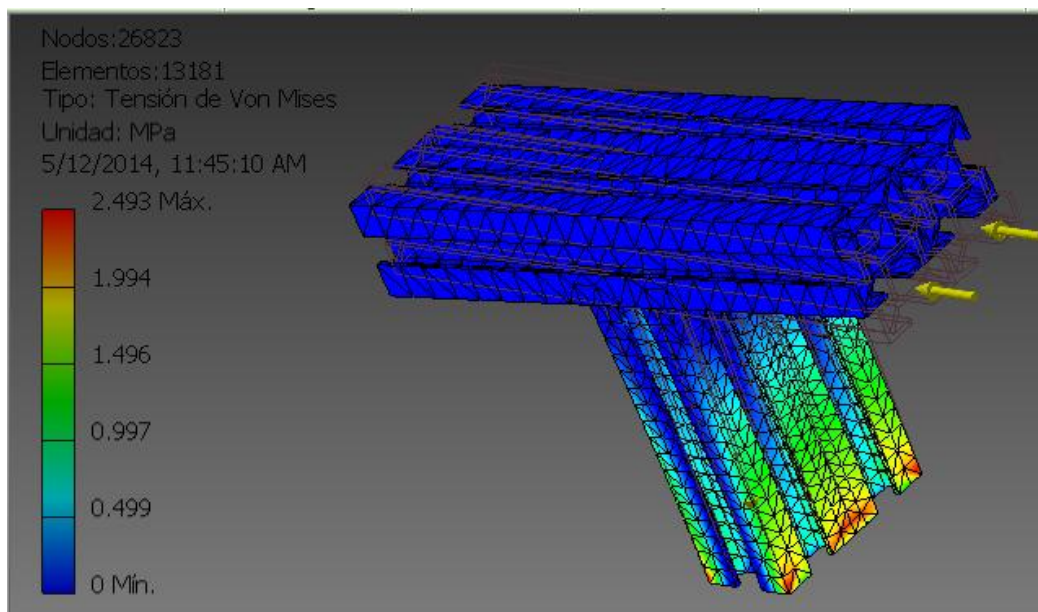


Figura 3. 18 Simulación para Obtener la Tensión de Von Mises

Se aplica la ecuación 3.5 Para obtener el factor de seguridad.

$$n = \frac{310}{2.5} = 124$$

Se concluye que la estructura soportará la carga aplicada.

De igual manera se realiza la simulación de los perfiles soportando la fuerza que ejerce el cilindro cuando trabaja a 6 bar de presión, la fuerza que ejerce el cilindro se obtiene de la tabla 3.7 La cual es de 483 N para la salida del cilindro y 415 N para contraer el cilindro y la simulación se presenta en la figura 3.19

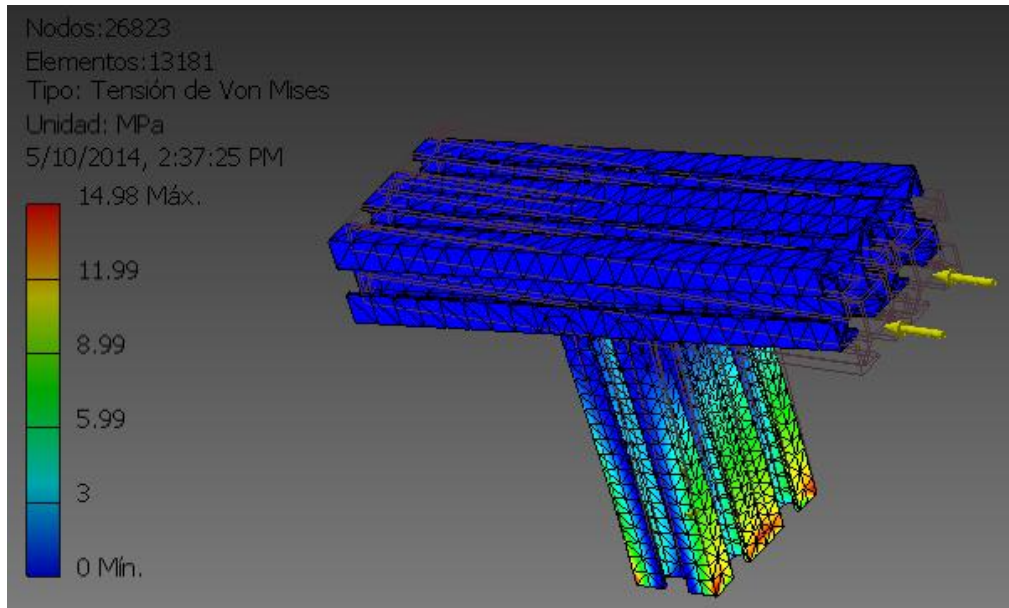


Figura 3. 19 Simulación para Obtener la Tensión de Von Mises

Se aplica la ecuación 3.5 Para obtener el factor de seguridad.

$$n = \frac{310}{15} = 20.6$$

Se concluye que la estructura soportará la carga aplicada.

3.2.7 DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE DEL CILINDRO VERTICAL

Para la base que soportará el cilindro colocado de forma vertical que moverá el motor neumático es necesario ocupar 2 perfiles de 64cm de largo y para sostener al cilindro se ocupa 2 perfiles de 10cm como se muestra en la figura 3.20 y los soportes para evitar que se abran los perfiles más largos.

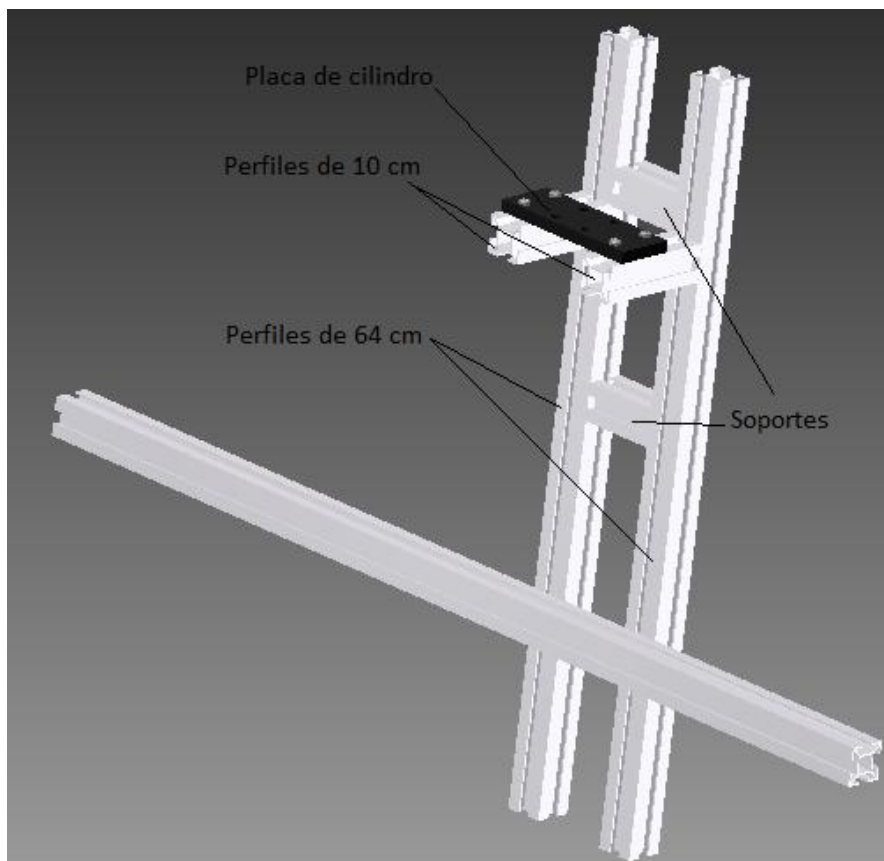


Figura 3. 20 Perfiles que soportan el cilindro vertical

El material a utilizar para la estructura que soportará al cilindro vertical será el aluminio y las características son las mismas que se muestran en la tabla 3.17

Y las propiedades físicas de la estructura se muestran en la tabla 3.20

Tabla 3. 20 Propiedades físicas de la base del cilindro

Material	Aluminio
Masa	0,838543 kg
Área	882036 mm ²
Volumen	804800 mm ³
Centro de Gravedad	x=24,2228 mm
	y=-85,7003mm
	z=313,04 mm

Fuente: Autodesk Inventor 2011

La fuerza que deberán soportar los perfiles de aluminio se determina por medio de las tablas de selección de los cilindros, es decir de la tabla 3.4 en la cual se observa que la fuerza máxima que soportará el perfil dependerá de la presión de

servicio de los cilindros, para la simulación se utiliza la presión de 6 bar con la cual da una fuerza de 48.2 kgf para la salida del cilindro y 41.4 kgf para contraer el cilindro, además se considera la carga que generan los elementos tales como el cilindro, el motor neumático y el elemento de cierre y estos valores se muestran en la tabla 3.21

Tabla 3. 21 Masa de los elementos que intervienen en la estructura

Descripción	Masa (kg)
Cilindro	0.55
Motor neumático	1.35
Elemento de cierre	0.15

Fuente: Autodesk Inventor 2011

El peso debido a los elementos es de 2.05 [kg].

La simulación se presenta en la figura 3.29 utilizando una fuerza inferior de 482 [N], una fuerza desde la parte superior de 20.5 [N].

En la figura 3.21 se puede observar la simulación; para encontrar la tensión de Von Mises.

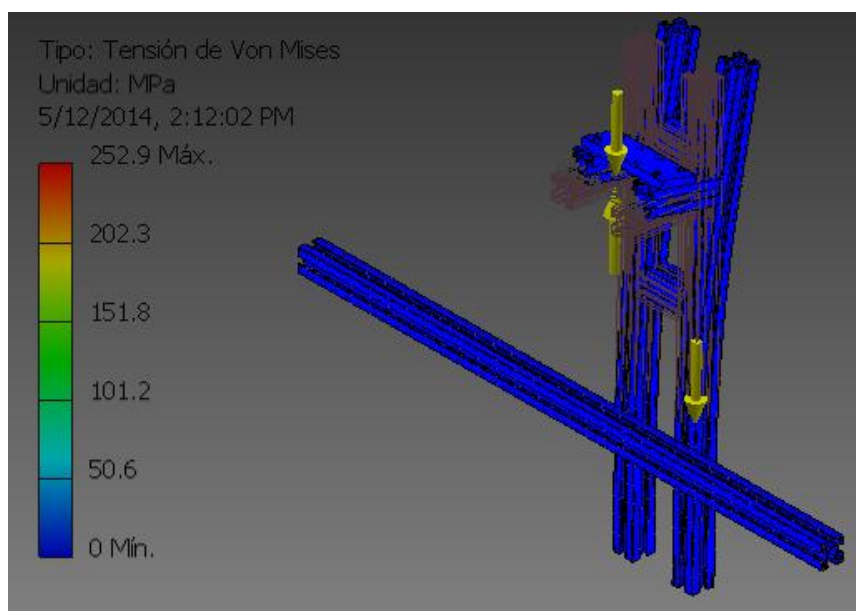


Figura 3. 21 Simulación para Obtener la Tensión de Von Mises

Se aplica la ecuación 3.5 para obtener el factor de seguridad.

$$n = \frac{310}{253} = 1.2$$

Se concluye que la estructura soportará la carga aplicada.

3.2.8 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para el cálculo de la potencia del motor se establecen dos condiciones: una sin carga, y otra con carga como se muestra a continuación:

El cálculo de la potencia sin carga utiliza la ecuación 3.14.

$$HP = \frac{F(L + L_o)(0.06 * W * v)}{270} \quad [EC. 3.14]$$

Dónde:

F: Factor de Fricción [0.05]

L: Longitud de la línea de transporte [0.8 m]

L_o: Constante [30.5 m]

W: Peso de todas las partes móviles de la línea [kg/m]

V: Velocidad de la línea [2.4 m/min]

$$HP = \frac{0.05(0.8 + 30.5)(0.06 * 2.08 * 2.4)}{270}$$

$$HP = 1.736 \times 10^{-3} [HP]$$

En SI:

$$P_{sc} = 1.30 [w]$$

El cálculo de la potencia con carga utiliza la ecuación 3.15.

$$HP = \frac{F(L + L_o)T}{270} \quad [Ec. 3.15]$$

Dónde:

F: Factor de fricción [0.05]

L: Longitud de la línea de transporte [0.8 m]

L_o : Constante [30.5 m]

T: Capacidad del sistema de transporte [TPH]

$$HP = \frac{0.05(0.8 + 30.5)0.702}{270}$$

$$HP = 4.069 \times 10^{-3} [HP]$$

En SI:

$$P_c = 3.034 [w]$$

La potencia necesaria sería:

$$P = P_c + P_{sc} \quad [Ec. 3.16]$$

$$P = 3.034 + 1.30$$

$$P = 4.34 [w]$$

En el mercado existe un moto-reductor; que cumple con estas características de trabajo, en el anexo VI se presentan las especificaciones del mismo.

3.2.9 CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS

3.2.9.1 Cálculo de las cargas estáticas

Carga Estática Equivalente:

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad [Ec. 3.17]$$

Dónde:

P_o : Carga Estática Equivalente [N]

F_r : Carga Radial Real [N]

X_o : Factor Radial

Y_o : Factor Axial

Si $P_o < F_r$, se toma $P_o = F_r$

$$P_o = F_r + Fa$$

$$F_r = \sqrt{R^2_{Ay} + R^2_{Az}} \quad [\text{Ec. 3.18}]$$

$$F_a = 0$$

$$P_o = F_r$$

Para esto debemos establecer la carga máxima que se obtuvo en el eje del rodillo motriz:

$$P_o = 4.8 [N]$$

3.2.9.2 Capacidad de carga estática necesaria (Co)

La capacidad de carga estática se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$C_o = S_o P_o \quad [\text{Ec. 3.19}]$$

Dónde:

Co: Capacidad de Carga Estática [N]

Po: Carga Estática Equivalente [N]

So: Factor de Seguridad Estático

$$1 \leq S_o < 1.5$$

Se establece un valor de So:

$$S_o = 1.3$$

Por lo tanto se obtiene:

$$C_o = 1,3 * P_o$$

$$C_o = 1,3 * 4.8 = 6.24 [N]$$

Con el valor obtenido se escoge un rodamiento (chumacera) de pared, se debe busca un rodamiento que cumpla con las especificaciones mencionadas, y más que todo soporte la carga a la cual va a ser afectado durante el proceso, el diámetro interior va a ser de ½ [in]. Esta selección se muestra en el anexo VII

3.2.10 DISEÑO PARA LA TRASMISION DE POTENCIA MOTOR-RODILLO MOTRIZ

Para la selección del elemento que va a transmitir la potencia del motor al eje del rodillo motriz se debe tener en cuenta las r.p.m. del motor seleccionado; las cuales estarán controladas o se podrán modificar mediante el voltaje; siendo la velocidad óptima la que se consigue con el voltaje de 7.5 [v]. Las r.p.m con este voltaje es de 80-100 r.p.m.

Al tener una revolución baja, se decide como elemento de transmisión de potencia un acople lovejoy tipo L, el cual consta de dos mangos simétricos de acero sinterizado y un elemento elástico en forma de estrella.

El acople entre estos dos mangos se dan debido a que estos disponen de aletas que quedan intercalados con el elemento elástico. Con lo cual este acople trabaja a compresión.

Por lo que el acople óptimo para los requerimientos de trabajo es el que se observa en el anexo VIII:

Entre las ventajas que se tiene al usar estos acoples están:

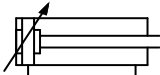

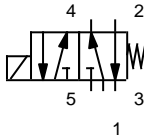
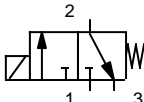


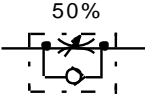
- Gran variedad de combinación de diámetros interiores y chavetas
- No requieren lubricación
- Óptimos para aplicaciones de motores eléctricos ligeros
- Reduce el coeficiente de irregularidad de la transmisión del movimiento y de la carga, debido a que el acople elástico amortigua los golpes del par de giro
- Los acoplamientos elásticos amortiguan el nivel sónico de los cuerpos; por lo que ayudan a reducir el ruido
- Facilita el mantenimiento, ya que se trata de una unión sencilla entre el eje del motor y el eje del rodillo motriz
- Fácil de desmontar

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Para el diseño del sistema neumático se consideran los parámetros antes establecidos tales como los cilindros, los reguladores de caudal, la unidad de mantenimiento, la presión de servicio, el motor neumático, etc.

En la tabla 3.22 se presentan los elementos utilizados para el sistema neumático y su representación simbólica.

Tabla 3. 22 Elementos neumáticos

Cantidad	Denominación del componente	Símbolo
2	Cilindro doble efecto	
1	Motor neumático	
2	Válvula 5/2 vías	
1	Válvula 3/2 vías	
1	Unidad de mantenimiento	
1	Fuente de aire comprimido	
5	Válvula anti retorno estranguladora	

Fuente: Propia

Las conexiones del sistema neumático que se van a utilizar se presentan en la figura 3.22; las válvulas anti retorno deben ser reguladas dependiendo de la velocidad de entrada o salida de los cilindros y de las revoluciones necesarias del motor neumático.

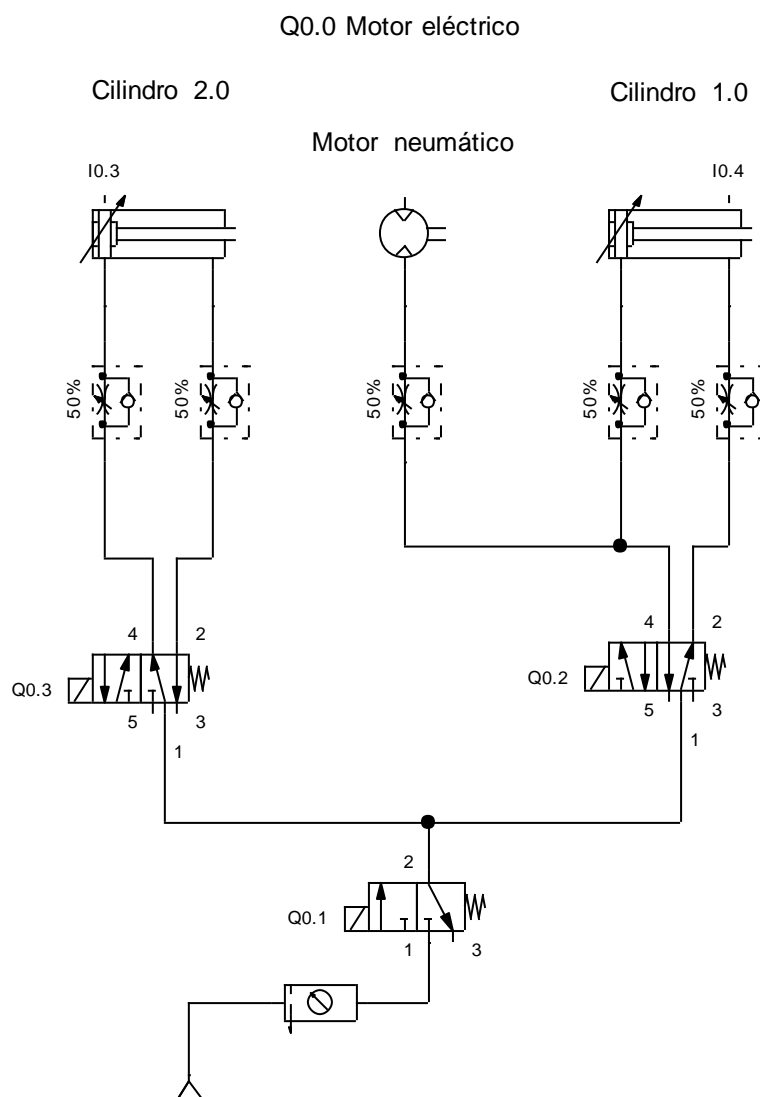


Figura 3. 22 Esquema del sistema neumático

3.4 SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

3.4.1 GENERALIDADES

Para el sistema de control y automatización del proceso de cerrado de las tapas de botellas que realizara el prototipo se lo ha dividido en dos etapas que se indican a continuación:

Módulo de control del sistema neumático.

En este módulo es lo que concierne exclusivamente a los sensores tanto de las electroválvulas como la de los cilindros que se explicara cada uno de estos más adelante.

Módulo del control del ciclo de cerrado de las tapas

En este módulo se tratará; de los elementos que permitan organizar los procesos presentes en el cerrado de las tapas de botellas, con lo cual se debe tener o proveer al sistema de controles e indicadores adicionales a los que se encuentran en el módulo neumático con el fin de obtener un control total del prototipo:

3.4.2 MÓDULO DE CONTROL DEL SISTEMA NEUMÁTICO

En el medio local, existen varias soluciones para el control del sistema neumático, siendo esta la razón por lo cual se lo separe del sistema de control del cerrado de las tapas de las botellas.

En este módulo está considerado sensores para los cilindros tanto horizontal como el vertical, siendo estos sensores magnéticos, los cuales se detallaran más adelante.

Y en lo que concierne al control del flujo de aire, se utilizara para el proyecto electroválvulas; las cuales serán detalladas una vez ampliado el tema de los sensores magnéticos.

3.4.2.1 Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos se utilizan principalmente para vigilar la posición del pistón en cilindros y manipuladores. El sensor detecta el campo del imán integrado en el pistón a través de la pared del actuador. Gracias a la detección de posición sin contacto, estos sensores magnéticos funcionan de forma fiable y libre de desgaste, no se produce ninguna quemadura por roce, rebote o adhesión y solo hay un punto de actuación. La posición del pistón se detecta de forma fiable también a altas velocidades de desplazamiento.

Cuando detecta la posición del pistón del cilindro manda la señal al PLC dependiendo de la distancia que se requiera que el cilindro se desplace para que actúe la electroválvula y permita el paso del aire comprimido.

El diagrama de conexión del sensor se muestra en la figura 3.23

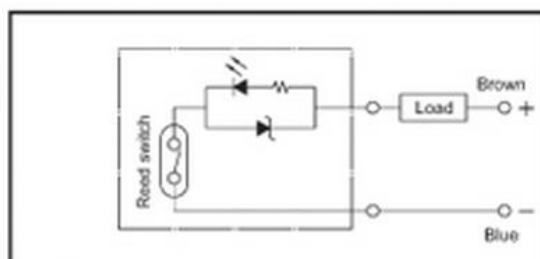


Figura 3. 23 Conexión del Sensor Magnético ²²

En la figura 3.24 se muestra la colocación del o de los sensores dependiendo del trabajo que se requiera realizar.



Figura 3. 24 Ejemplo de Instalación de Sensores ²³

En la figura 3.24 se observa que para la colocación de los sensores son necesarias unas abrazaderas que aseguren la posición de los mismo, estas abrazaderas se las muestra en la figura 3.25.

²² <http://www.chanto.com.tw/product/102880.html>

²³ <http://www.chanto.com.tw/product/102880.html>



Figura 3. 25 Abrazadera para Sensores Magnéticos

3.4.2.2 Electroválvulas

Las electroválvulas dependen del actuador o dispositivo que se desee controlar, se puede utilizar electroválvulas monoestables o biestables.

- **Válvulas monoestables.** Son aquellas que tienen una posición de reposo estable, que es en la que la válvula permanecerá hasta que actúa sobre ella el dispositivo de mando, es decir la señal eléctrica, el regreso a la posición de reposo suele realizarse con un muelle; así en el caso de válvula monoestable de dos posiciones, la posición estable será la correspondiente al muelle.

En la figura 3.26 se muestra una electroválvula monoestable.



Figura 3. 26 Electroválvula Monoestable ²⁴

²⁴ http://www.qncomponentes.com/qnci/product.php?id_product=29

Las válvulas monoestables pueden ser a su vez normalmente abiertas o normalmente cerradas. Serán normalmente abiertas NA cuando en su posición estable dejen pasar a su través el fluido a presión hacia los elementos de consumo. Serán normalmente cerradas NC cuando en su posición estable no dejen pasar el fluido o lo dejen pasar desde los elementos actuadores hacia el escape.

- **Válvulas biestables.** Son aquellas que no tienen una única posición de reposo estable, es decir, que aunque se anule la señal que provocó la posición en la que se encuentra, la válvula seguirá en esa misma posición hasta que se active la señal correspondiente a una nueva posición.

En la figura 3.27 se muestra una electroválvula monoestable.



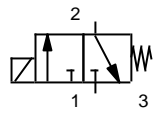
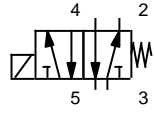
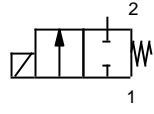
Figura 3. 27 Electroválvula Biestable ²⁵

Para el proyecto en curso serán necesarias electroválvulas monoestables, ya que el control a realizar será únicamente en ciertos puntos del cilindro neumático, tales como en el cilindro horizontal se tomará como referencia el punto máximo de carrera y en el cilindro vertical se ocupará como referencia el punto mínimo de carrera.

En la tabla 3.23 se describen las válvulas necesarias y las funciones que tendrán en la máquina

²⁵ <http://adajusa.es/electrovalvulas-1-8/162-electrovalvula-1-8-5-vias-biestable-220-vac.html>

Tabla 3. 23 Electroválvulas y funciones para el proyecto

Tipo de Electroválvula	Función	Representación ²⁶
Electroválvula 3/2 monoestable	Alimentación de aire general a todo el sistema	
Electroválvula 5/2 monoestable	Alimentación a los cilindros de doble efecto	
Electroválvula 2/2 monoestable	Alimentación al motor neumático	

Fuente: Propia

3.4.3 MÓDULO DEL CONTROL DEL CICLO DE CERRADO DE LAS TAPAS

En este módulo; es el encargado de complementar actividades o proceso ya establecidos en el módulo neumático; tales como; el movimiento del motor; que esta a su vez permitirá el control de la banda; para las necesidades que se quieran establecer; para el caso del prototipo permitirá un movimiento continuo sin para durante todo el proceso; también se tiene un sensor fotoeléctrico, que se detallara su funcionamiento más adelante, y también se dispone de tres pulsadores; el funcionamiento de estos elementos antes mencionados se pueden ver expresados en la tabla 3.24

Tabla 3. 24 Elementos y funcionamiento

Elemento	Función
Motor	Movimiento Continuo de la Banda
Sensor Fotoeléctrico	Control del Movimiento del Cilindro Vertical, para el posterior Cerrado
Pulsador-Master ON	Inicio del Proceso
Pulsador-Master OFF	Final del Proceso
Pulsador-Trabajo	Actividades Establecidas

Fuente: Propia

²⁶ Programa Festo FLUID SIM librerías

3.4.3.1 Sensor Fotoeléctrico

El sensor fotoeléctrico consiste en un dispositivo electrónico que tiene actividad con el cambio de intensidad de la luz; por lo cual este consta de un emisor; que es el que genera la luz y de un receptor que es el que percibe la luz generada por el emisor; la ventaja de este sensor es que tanto el emisor como el receptor se encuentra ubicados juntos y están dispuestos en un solo cuerpo; es decir no es necesario incorporar cada sistema; si no solo colocar el sensor ya en su posición para que cumpla su función; por lo cual este sensor permitirá realizar tareas como:

- Detección de presencia de la botella
- Y nos permitirá que en conjunto con la programación; nos permita contar el número de botellas que pasen frente a este

El tipo de sensor que se colocó en el prototipo es de reflexión sobre espejo; es decir que la luz infrarroja viaja en línea recta, hasta que un objeto impida el paso de esta; provocando que la luz emitida rebote; con lo cual cambiaría su dirección; logrando que esta luz llegue al receptor y con este permitiendo censar a las botellas; entre los cuidados que se debe tener es que el elemento a censar no sea de color negro; ya que este absorbe la luz; provocando que el sensor no realice su funcionamiento idóneo.

Como se mencionó anteriormente una de las principales ventajas de este sensor es que es de fácil instalación; ya que no necesita cableado por ejemplo para el receptor o el emisor por separado; ya que solo hay que cablear un detector.

Con lo descrito anteriormente; se puede observar en la figura 3.28 el sensor a instalar.



Figura 3. 28 Sensor fotoeléctrico

Una vez establecido los parámetros de trabajo y lo que conlleva con esto; como son como los elementos a utilizar, en cada uno de los módulos mencionados se procede a explicar el sistema de trabajo del prototipo de forma global; para la posterior selección de los elementos a utilizar

3.4.4 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

Una vez establecido cada uno de los módulos del prototipo diferenciando cada uno de los elementos presentes en estos; se presenta la descripción del proceso a cumplir por el prototipo. Para lo cual este constara de tres secciones, para el desarrollo de las actividades; siendo los siguientes:

1. Actividades Iniciales o Inicio de Proceso
2. Ciclo de Trabajo
3. Final de Actividades o Final de Proceso

3.4.4.1 Actividades Iniciales

Estas se encuentran comandadas por el pulsador Master ON, con lo cual se establece las siguientes actividades:

1. El paso de aire hacia las válvulas tanto del cilindro vertical y horizontal; es decir activar la válvula 3/2 detallada anteriormente, siendo la posición de inicio de estos la siguiente:
Para el Cilindro Horizontal este inicia con el vástago afuera; mientras que el del cilindro vertical lo hace con el vástago contraído; donde sus actividades dependen de la detección de cada uno de sus sensores magnéticos.

2. Con el paso del flujo de aire, también se establece que comience de igual forma el movimiento continuo de la banda.

3.4.4.2 Actividades de Ciclo de Trabajo

Una vez establecidas las posiciones iniciales y el movimiento tanto de la banda como ya de las botellas colocadas en el área de carga se pretende que otro pulsador de la señal de inicio de trabajo; es decir:

Que active la válvula que controla al cilindro horizontal; ya que el vertical entrara en funcionamiento una vez que la botella sea censada; y como se describió en ítems anteriores estas válvulas son las 5/2, con lo cual permite que las botellas inicien en contacto con la mordaza establecida en el prototipo; para el posterior censado; el avance de las botellas por la mordaza estará controlado por el sensor magnético del cilindro en mención.

Una vez ya establecido el avance de las botellas por la mordaza; entra ya en juego el sensor fotoeléctrico instalado, como elemento que censara el paso de cada una de las botellas, y como se describió anteriormente este sensor también nos permitirá contar cada una de estas, estableciendo un número de botellas para el ciclo de trabajo, para el caso del prototipo desarrollado el número es de 5 botellas; estableciendo que al llegar a este número; se dé como finalizado las actividades que se encuentre en uso; es decir, parar el movimiento de la banda y de los cilindros tanto horizontal como vertical.

3.4.4.3 Final de Actividades

Estas se encuentran comandadas por el pulsador Master OFF, que no es más que un pulsador de paro de emergencia o de final de proceso; es decir este nos permite para el proceso en cualquier instante, teniendo como fin el paro del movimiento de la banda y de los cilindros y válvulas.

Una vez ya establecido cada una de las actividades presentes en el prototipo cabe mencionar que estas se pueden llevar a cabo y observar tanto por medio del tablero o el uso del HMI; en el tablero se encuentran establecidos dos elementos de visualidad que no son más que dos leds, que nos permiten observar en qué punto del proceso se encuentra, es decir; si el sistema se encuentra parado se

podrá observar un led rojo prendido, mientras que una vez iniciado el sistema se observa un led verde; de igual manera se puede observar esto en el HMI, lo cual será descrito en el apartado correspondiente a la programación.

3.4.5 SELECCIÓN DE ELEMENTOS

En base a lo descrito anteriormente, en lo que concierne al funcionamiento del sistema, se puede concluir que el control del prototipo se puede dar únicamente con el uso de señales digitales, ya que el proceso está desarrollado con entradas y salidas de este tipo.

Por lo cual en la tabla 3.25 se puede observar las entradas que necesita el prototipo para su automatización.

Tabla 3. 25 Señales de entrada

Emisor	Número de señales
Pulsadores	2
Paro de Emergencia	1
Finales de Carrera-Horizontal	1
Finales de Carrera-Vertical	1
Detector de Presencia	1
TOTAL	6

Fuente: Propia

Por lo establecido en la tabla 3.25; se observar que se necesita de un módulo con 6 entradas digitales

Y para las señales de salida se puede observar en la tabla 3.26, cuantas dispone el prototipo.

Tabla 3. 26 Señales de salida

Emisor	Número de señales
Motor Eléctrico	1
Válvula 3/2	1
Válvula 5/2-Vertical	1
Válvula 5/2 Horizontal	1
TOTAL	4

Fuente: Propia

Por lo tanto; en lo observado tanto en la tabla 3.25 y 3.26; se necesita un módulo con 6 entradas y 4 salidas respectivamente.

Con lo cual; de entre los PLCs existentes en el laboratorio el que cumple con los requerimientos antes mencionados es el Siemens S7-1200; que se lo muestra en la figura 3.29.



Figura 3. 29 PLC SIMATIC S7-1200²⁷

Además en la figura 3.30, se puede observar el tipo de PLC que corresponde al que se dispone en el laboratorio.

Variantes de equipos				
Variante	Tensión de alimentación	Tensión de entrada DI	Tensión de salida DO	Intensidad de salida
• DC/DC/DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC	0,5 A, transistor
• DC/DC/relé	24 V DC	24 V DC	5 ... 30 V DC / 5 ... 250 V AC	2 A; 30 vatios DC / 200 vatios AC
• AC/DC/relé	85 ... 264 V AC	24 V DC	5 ... 30 V DC / 5 ... 250 V AC	2 A; 30 vatios DC / 200 vatios AC

Figura 3. 30 Variantes del PLC SIMATIC S7-1200

Una vez establecido el PLC que se dispone; en la figura 3.31 se puede encontrar las partes que dispone este.

²⁷ Catalogo ST 70N-Abril 2009

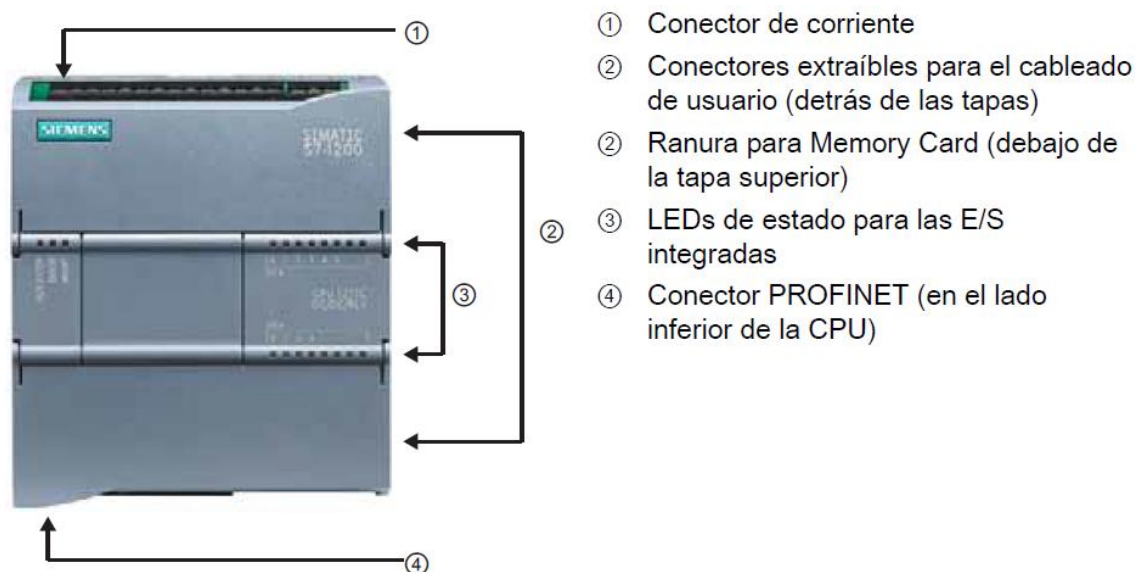


Figura 3. 31 Partes del PLC SIMATIC S7-1200²⁸

Para finalizar con la identificación del PLC que se va a utilizar; se indica en la tabla 3.27 los parámetros de funcionamiento y características del PLC.

Tabla 3. 27 Características del SIMATIC S7-1200 CPU 1212 C

Función	CPU 1211 C	CPU 1212 C	CPU 1214 C
Dimensiones físicas [mm]	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de Usuario			
• Memoria de Trabajo	• 25 KB		• 50 KB
• Memoria de Carga	• 1 MB		• 2 MB
• Memoria remanente	• 2 KB		• 2 KB
E/S integradas locales			
• Digitales	• 6 entradas/4 salidas	• 8 entradas/6 salidas	• 14 entradas/10 salidas
• Analógicas	• 2 entradas	• 2 entradas	• 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6

²⁸ Catalogo ST 70N-Abril 2009

• Fase Simple	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz
		1 a 30 kHz	3 a 30 kHz
• Fase en Cuadratura	• 3 a 80 kHz	• 3 a 80 kHz	• 3 a 80 kHz
		1 a 20 kHz	3 a 20 kHz
Salidas de Impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de Respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Fuente: Catalogo ST 70N-Abril 2009

Además de las características mencionadas en la tabla 3.27; como que nos permite trabajar dentro de un rango de 85 a 264 VAC y además que admite una fuente de alimentación de 24VDC, permitiéndonos que todos los sensores antes mencionados trabajen con el voltaje óptimo de operación se escogió este PLC, ya que este se encuentra ya instalado en conjunto con elementos como:

- Borneras
- Pulsadores
- Fuente
- Breakers de Seguridad

Con lo cual presenta una facilidad de conexionado con el prototipo, ya que las válvulas funcionan con la fuente que dispone este módulo, que es de 24VDC y además presta las seguridades necesarias; debido a lo cual se estableció el desarrollo de una interface la cual se puede observar en la figura 3.32 que nos permita unir el modulo del prototipo con el del PLC, evitando la utilización de mayor numero de cables; es decir benéfica al cableado en cuestión de espacio y distribución, el conexionado de interface y del sistema en sí, se puede observar de forma más detallada en el diagrama del conexionado; que se encuentra en el anexo IX

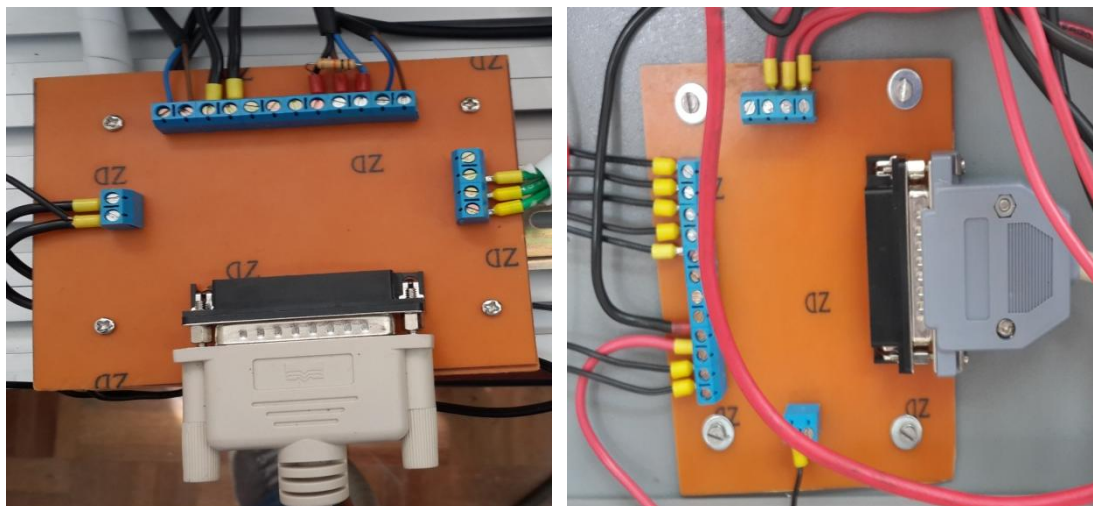


Figura 3. 32 a) interface del módulo del prototipo b) Interface del módulo del PLC

3.4.6 PROGRAMACIÓN

Una vez establecido los parámetros necesarios para el control del módulo del prototipo de la cerradora de tapas de botellas, se procede con el desarrollo de la programación que será la cual controlara el proceso del prototipo.

Para lo cual cabe indicar que la programación fue desarrollada en el software que dispone el laboratorio el cual se trata del TIA PORTAL V. 11; el cual presenta entre sus principales ventajas:

- Permite que la programación del controlador y la configuración del HMI sea de manera unificada desde un mismo sistema de ingeniería.
- Gestión de datos compartida entre el controlador y el HMI.
- Fácil edición mediante Drag & Drop
- Acceso más rápido a través de la vista del portal; lo cual permite o facilita que el ambiente de trabajo sea fácil de entender, permitiendo el desarrollo de cualquier tarea planteada.
- Acceso directo más rápido a la vista online desde la vista de portal.
- Programación en esquemas de contactos (KOP) y diagrama de funciones (FUP).
- Pruebas, de puesta en marcha y servicio técnico.
- Permite la programación de la familia de controladores SIMATIC S7-1200: CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C

- Además permite la configuración de paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels basados en PROFINET: KTP400 Basic, KTP600 Basic mono y KTP600 Basic color.
- Presente un diagnóstico online donde se presente de forma clara la información acerca de los módulos, como también una tabla de observación del estado de variables con posibilidad de forzado único o permanente de las mismas.

Una vez establecidas las ventajas que presenta el entorno de trabajo en el TIA PORTAL V. 11, se procede a explicar el entorno de trabajo del programa en mención.

Entre las tareas que se debe seguir para la automatización de cualquier proceso con el uso del TIA PORTAL V.11 son las siguientes:

- Creación del proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de los datos de configuración
- Uso de las funciones Online y diagnóstico

Para lo cual cabe explicar el entorno visual de trabajo del programa en la figura 3.33.



Figura 3. 33 Interfaz del TIA PORTAL V. 11

Donde; cada uno de los ítems que se encuentran en la figura 3.41, se detallan a continuación:

1. Barra para las distintas tareas, en las que se observan funciones básicas para las distintas tareas, tales como: programación del PLC, la función de online y diagnóstico, visualización, configuración del PLC.
2. Acciones del Proyecto seleccionado, en esta sección existen las opciones como: abrir proyecto, crear nuevo proyecto, emigrar proyecto, ayuda, instalar software.
3. Ventana de selección de la acción seleccionada, en esta ventana se podrá encontrar acciones propias al proyecto selección como: acciones de abrir o buscar proyecto.
4. Cambiar a la vista del proyecto seleccionado.
5. Indicador de que proyecto se encuentra abierto actualmente.

Una vez desarrollado la explicación acerca de la interfaz de inicio, se presenta la interfaz ya del proyecto en sí, que se puede observar en la figura 3.34

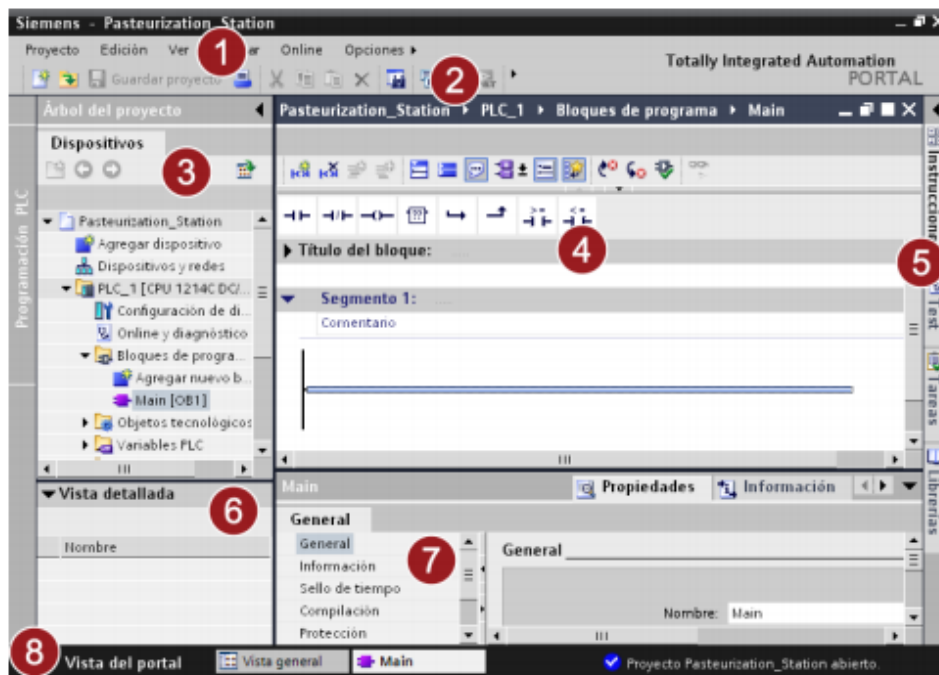


Figura 3. 34 Vista de la interfaz del proyecto

Donde cada uno de estos ítems se detallan a continuación:

1. Barra de Menús:

En esta barra, se encuentran todos los elementos necesarios para el trabajo del proyecto como: Proyecto, edición, ver, opciones.

2. Barra de Herramientas:

Es un acceso a comandos de uso frecuente como: Copiar, guardar proyecto, cargar programa al controlador.

3. Árbol del Proyecto:

Permite acceso a todos los componentes del proyecto, como por ejemplo las variables de bloques o acceder al HMI, además nos permite realizar acciones como:

- Agregar Componentes
- Editar Componentes
- Consultar y modificar propiedades

4. Área de trabajo:

Aquí se encontraran los elementos que intervienen en la programación tipo Ladder, que es el lenguaje de programación usado para el desarrollo del proyecto.

5. Task Cards:

Aquí se encuentran elementos como: contadores, comparadores, y estos se encuentran disponibles en función del objeto editado o seleccionado.

6. Vista detallada:

Se observa contenido acerca del elemento seleccionado.

7. Ventana de Inspección:

Aquí se encuentra información adicional sobre el objeto seleccionado.

8. Cambiar a la vista del portal:

Es el enlace entra la ventana principal y la ventana del proyecto.

Una vez explicado cada uno de los componentes que consta el TIA PORTAL V.11 se presenta continuación la programación que será cargada al PLC y se encargara del control del prototipo y es que se detalla a continuación:



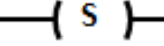
3.4.6.1 Programación en el TIA PORTAL V.11

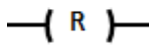
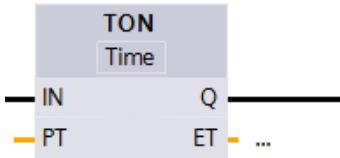
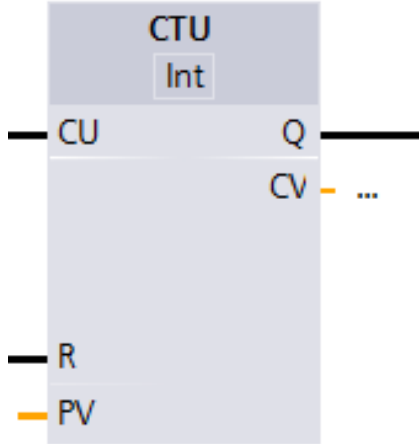
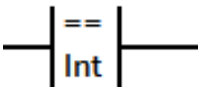
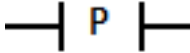
Cada uno de los segmentos de la programación que serán cargados al controlador se encuentra en el anexo X

3.4.6.1.1 Interpretación del programa

Cabe mencionar la codificación que se hará uso en la programación; para luego detallar cada uno de los segmentos, por lo que en la tabla 3.28, se puede observar la codificación del programa.

Tabla 3. 28 Codificación del programa

Descripción	Símbolo
Contacto normalmente abierto	
Contacto normalmente cerrado	
Asignación de Salida (Seteo)	

Asignación de Salida (Reseteo)	
Temporizador	
Contador	
Comparador	
Flanco Positivo	

Una vez establecida la codificación se procede a presentar la interpretación a cada uno de los segmentos de programación y en la tabla 3.29 se pueden observar todas las variables utilizadas.

Tabla 3. 29 Variables del programa

Variables	Descripción
Q0.0	Motor Eléctrico
Q0.1	Válvula 3/2-Principal
Q0.2	Válvula 5/2 Cilindro Vertical
Q0.3	Válvula 5/2 Cilindro Horizontal
Q0.4	Led Master ON
Q0.5	Led Master OFF
I0.0	Pulsador Master ON
I0.1	Pulsador Master OFF
I0.2	Pulsador-Trabajo
I0.3	Sensor Cilindro Horizontal
I0.4	Sensor Cilindro Vertical
I0.5	Sensor Fotoeléctrico
M0.0	Memoria de Seguridad/Ciclo
M0.1	Memoria asignada para activar temporizador
M0.2	Memoria asignada para activar el contador

M0.3	Memoria Asignada al Ciclo de Trabajo
M0.4	Memoria asignada para bloquear línea de comando
M0.7	Memoria asignada para resetear contador
M1.0	Memoria asignada al HMI (Master ON)
M1.1	Memoria asignada para fin de operación
M1.2	Memoria asignada al HMI (Trabajo)
M1.3	Memoria asignada al HMI (Led de Trabajo)
M1.4	Memoria asignada al HMI (Texto)
M1.6	Memoria asignada al Flanco Positivo
M2.1	Memoria establecida al temporizador
M3.3	Memoria asignada para bloquear línea de comando
M3.4	Memoria asignada para bloquear línea de comando
M3.5	Memoria asignada para bloquear sensor
M3.6	Memoria asignada al temporizador
M3.7	Memoria para activar línea de código
IEC_Timer	Temporizador
IEC_Timer.Q	Contacto establecido al temporizador
IEC_Counter	Cantador
IEC_Counter.CV	Contacto establecido al comparador
IEC_Counter.QU	Contacto establecido al contador

3.4.6.1.1.1 Primer Segmento

Las acciones del primer segmento están desarrolladas tanto para el tablero como para el HMI.

Este segmento lo que realizará es dar inicio a las actividades establecidas para cada uno de los componentes del prototipo, para empezar la memoria M1.0; está programada como el master ON del HMI y para el caso del tablero esta acción esta comandada por el pulsador I0.0. Los flancos positivos, son utilizados para dar la transición de un nivel bajo a un nivel alto de energía tanto para el HMI como para el tablero, se debe asignar un valor que determinara su acción, por lo cual estos se encuentran comandados por el pulsador I0.0 y la memoria M1.0, tanto para el tablero como para el HMI respectivamente.

La memoria M0.0, se establece este segmento como un contacto normalmente cerrado, con el fin de enclavar las acciones de este segmento, cabe mencionar que esta memoria en los siguientes segmentos se lo utiliza como un seguro.

Para finalizar tanto el pulsador I0.0 en el tablero como la memoria M1.0 en el HMI, establecen las siguientes acciones:

1. Activar el motor eléctrico, el cual está representado con la asignación de salida Q0.0 (S, Seteo).

2. Activar la válvula 3/2, la cual está representado con la asignación de salida Q0.1 (S, Seteo), cuya acción es dar paso del aire proveniente del compresor hacia las válvulas 5/2 tanto del cilindro horizontal como vertical, colocándolos en las posiciones iniciales, es decir el cilindro horizontal salido, y el vertical contraído.
3. Activar la memoria M0.0 la cual está representado con la asignación de salida M0.0 (S, Seteo), cuya acción es enclavar este segmento, para crear un ciclo.
4. Desactivar el Led de color rojo, el cual está representado con la asignación de salida Q0.5 (R, Reseteo), como signo de representación que se da inicio al proceso, ya que este se encuentra prendido, como signo de que el trabajo no ha iniciado.
5. Activar la memoria M0.3, la cual está representado con la asignación de salida M0.3 (S, Seteo), cuya acción es bloquear una línea de segmento 17, cuya acción es con respecto a la detección del sensor del cilindro horizontal, que será explicada el segmento adecuado.
6. Activar la memoria M1.4, la cual está representada con la asignación de salida M1.4 (S, Seteo), cuya acción es con respecto al HMI, cuya acción es que aparezca en la pantalla el texto del Motor eléctrico y la válvula 3/2, haciendo alusión las acciones que se encuentra realizando el prototipo.
7. Y por último activa el Led de color verde, el cual está representado con la asignación de salida Q0.4 (S, Seteo), como signo de representación que se ha dado inicio al proceso, ya que este se encuentra apagado.

3.4.6.1.1.2 Segundo Segmento

Para la empezar la memoria M0.0, como se mencionó anteriormente, esta memoria es usada como de seguridad, es decir si no se da inicio al proceso es decir no se presiona o se da señal al pulsador I0.0 o en el HMI, la memoria M1.0, no se realizaran las actividades establecidas en este segmento.

Cabe mencionar que este segmento es también conocido como el de trabajo, y están descritos desde el segmento 2 al segmento 5

Con lo cual el proceso a realizar en este segmento está controlado tanto con el pulsador I0.2 en el tablero como la memoria M1.2 en el HMI, siendo estas acciones las siguientes:

1. Activar la válvula 5/2 del cilindro horizontal, el cual está representado con la asignación de salida Q0.3 (S, Seteo), cuya acción es contraer al cilindro horizontal.
2. La memoria M0.4, con la asignación de salida M0.4 (R, Reseteo), su función es regresar a las acciones establecidas en los segmento de trabajo (del segmento 2 al segmento 5), ya que más adelante (en el segmento 6) se bloquearan las acciones preestablecidas en estos segmentos.
3. Activar la memoria M1.3, con la asignación de salida M1.3 (S, Seteo), cuya acción es prender el Led de trabajo establecido en el HMI, para dar alusión de que el proceso de trabajo ha dado inicio.

3.4.6.1.1.3 Tercer Segmento

Este segmento, está dentro de las acciones establecidas del proceso de trabajo, complementando las realizadas en el segmento anterior.

Como inicio de todo segmento se encontrara la memoria M0.0, para preestablecer seguridad, para que no den inicio a las acciones establecidas en este segmento sin dar inicio al proceso establecido con el master ON.

La memoria M0.4, con el contacto normalmente cerrado, para bloquear las acciones establecidas en este segmento, cuando se requiera.

Las acciones de este segmento están controladas por la detección del sensor del cilindro vertical asignada con la variable I0.3, siendo estas acciones las siguientes:

1. Cambiar la posición de la válvula 5/2 del cilindro horizontal, con la asignación de salida Q0.3 (R, Reseteo), cuya acción es sacar nuevamente el pistón de este cilindro.
2. Y activar la memoria M0.1, con la asignación de salida M0.1 (S, Seteo), cuya acción es activar una memoria, con fines de utilizar un temporizador en el siguiente segmento.

3.4.6.1.1.4 Cuarto Segmento

Las variables que entran en este segmento, se presentan en la tabla 3.32.

Esta línea de programación se encuentra formando parte del proceso de trabajo, y como en toda línea de programación del prototipo presente la memoria de seguridad M0.0.

Y el pulsador M0.4, normalmente cerrado, para bloquear las líneas de códigos, cuando sea necesario.

Las acciones de este segmento se encuentran establecidas por la memoria M0.1, siendo las siguientes:

1. Activar al temporizador, con la asignación %DB1 (IEC_Timer_0_DB), cuyas acciones se realizarán después de un instante dado, que en este caso es de 2500 MS.

3.4.6.1.1.5 Quinto Segmento

Como es de costumbre con las anteriores líneas de programación, se encuentra la memoria de seguridad M0.0.

Las líneas de programación de este segmento, está controlado con el contacto establecido al temporizador (IEC_Timer_0_DB.Q), donde sus acciones se realizarán después de 2500 MS siendo estas las siguientes:

1. Activar la válvula 5/2 del cilindro horizontal, con la asignación de salida Q0.3 (S, Seteo), cuya acción es que el pistón del cilindro se contraiga.
2. Y resetear la memoria del temporizador, con la asignación de salida M0.1 (R, Reseteo), para que el temporizador no se quede activado, y para que el ciclo sea continuo.

Hasta este segmento es el concerniente al ciclo de trabajo, no del proceso en sí del prototipo, pero sí del trabajo únicamente del cilindro horizontal como trabajo individual, es decir sin la presencia de la detección de las botellas para el proceso de cerrado, donde ya interviene el trabajo en conjunto del cilindro horizontal y vertical, es por eso que en ciertas, líneas de comandos, existen contactos normalmente cerrados (M0.4), para que cuando se detecte la presencia de

botellas, estos segmentos se bloquean y no realicen las acciones antes mencionadas, sino ya las establecidas, con la detección de las botellas.

Por lo que hasta este segmento las actividades de la máquina son las siguientes:

La banda se encuentra en movimiento y el cilindro horizontal está saliendo y contrayéndose de la siguiente manera:

Inicia afuera con el master ON, y cambia de sentido es decir se contrae con el pulsador de trabajo (I0.2), hasta que detecta a su sensor (I0.3), que hace que salga nuevamente y se mantenga así durante 2.5 segundos, para luego contraerse nuevamente, y así su ciclo de trabajo se repite.

3.4.6.1.1.6 Sexto Segmento

Desde este segmento hasta el segmento 17, son las acciones necesarias para establecer el trabajo en conjunto tanto del cilindro horizontal y vertical como la detección de las botellas.

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0.

Las acciones de este segmento están regidas por los contacto M3.5 e I0.5, que son tanto la memoria que bloquea al sensor fotoeléctrico como el contacto del sensor fotoeléctrico respectivamente, el cual es el que detectara la presencia de las botellas, cabe mencionar que este sensor trabaja con contacto normalmente cerrado, para mandar la señal a las diferentes variables involucradas, las acciones que están inmersas en segmento son:

1. Bloquear las acciones establecidas en los segmentos 2 al 5 mediante la memoria M0.4, con la asignación de salida M0.4 (S, Seteo).
2. Activar las acciones establecidas en segmentos siguientes mediante la memoria M0.3 (segmento 17), con la asignación de salida; M0.3 (R, Reseteo), que funcionaran únicamente cuando se detecte la presencia de la botella.
3. Activar la válvula 5/2 vertical, con la asignación de salida Q0.2 (S, Seteo), cuya acción es que baje el pistón del cilindro vertical, y como este se encuentra conectado con una misma válvula al motor neumático, con lo cual también se pretende el movimiento de este.

4. Desactivar al motor eléctrico, con la asignación de salida Q0.0 (R, Reseteo), cuya función es apagar al motor, cada vez que se detecte la presencia de botellas.
5. Activar la memoria M3.5, con la asignación de salida M3.5 (S, Seteo), cuya acción, es bloquear al sensor y activar una memoria M3.7, una vez detectada la presencia de la botella.
6. Y dar una señal a una memoria, con la asignación de salida M0.2 que activara a un contador.

3.4.6.1.1.7 Séptimo Segmento

Las acciones de este segmento están regidas mediante el contacto de la memoria M3.5, cuyas acciones son:

1. Activar la memoria M3.7, con la asignación de salida M3.7 (S, Seteo), cuya función a su vez es activar las líneas 13 y 17 de código, cada vez que se detecte la botella.

3.4.6.1.1.8 Octavo Segmento

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están controladas con la activación de la memoria M0.2, siendo estas las siguientes:

1. Activar al contador, que después de detectar un número establecido de botellas, que en el caso del prototipo son 3 botellas, realizara ciertas acciones. Y la memoria M0.7, es utilizada para resetear a este contador.

3.4.6.1.1.9 Noveno Segmento

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, y las acciones de este segmento están contraladas por el comparador (IEC_Counter_0_DB.CV), siendo estas las siguientes:

1. Esta acción, es de seguridad, para evitar una acción no establecida, ya que el proceso de la máquina es de cerrar 3 botellas, valor establecido en el contador, es por esto que se usa un comparador, para establecer que cuando se detecte la presencia de una botella más de las establecidas el

proceso finalice, mediante la activación de la memoria M1.1, con la asignación de salida M1.1 (S, Seteo).

3.4.6.1.1.10 Decimo Segmento

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están regidas por el contado del contador (IEC_Counter_0_DB.QU), una vez que el sensor fotoeléctrico haya contado la presencia de 3 botellas, siendo estas las siguientes:

1. Activar la memoria M2.1, con la asignación de salida M2.1 (S, Seteo), cuya acción, esta predeterminada a la activación de un temporizador
2. Resetear al contador, mediante la memoria M0.7, con la asignación de salida M0.7 (S, Seteo).
3. Y resetear la memoria M0.2, con la asignación de salida M0.2 (R, Reseteo), que es la memoria establecida para la activación del contador.

3.4.6.1.1.11 Décimo Primer Segmento

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están controladas por la memoria 2.1, siendo estas las siguientes:

1. La activación del temporizador (IEC_Timer_0_DB_2), el cual esta predeterminado a realizar ciertas acciones después un tiempo determinado, para este caso es de 10 segundos

3.4.6.1.1.12 Décimo Segundo Segmento

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están controladas por el contacto del temporizador (IEC_Timer_0_DB_2.Q) cuyas acciones están establecidas después de 10 segundos siendo estas:

1. La activación de la memoria M1.1, con la asignación de salida M1.1 (S, Seteo), cuya acción es dar por finalizado el proceso.
2. Y resetear la memoria M2.1, con la asignación de salida M2.1 (R, Reseteo), que es la memoria establecida para la activación del temporizador.

3.4.6.1.1.13 *Décimo Tercero Segmento*

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están controladas por los contactos M3.7, M3.3, e I0.4, según estos estén bloqueados o no, que en este punto se encuentran activadas, ya que la detección de la botella, activa la memoria (M3.7) que desbloquee este segmento. El contacto I0.4, es el sensor del cilindro vertical y este será detectado cuando el cilindro vertical baje hasta una posición dada.

Las acciones establecidas son las siguientes:

1. Activar la válvula 5/2 del cilindro horizontal, con la asignación de salida Q0.3 (S, Seteo), cuya acción es que el pistón del cilindro se contraiga.
2. La memoria M3.4, es la que activara una línea de programación (línea 16 de programación), con la asignación de salida M3.4 (S, Seteo) cada vez que detecte la botella el sensor I0.5.
3. La memoria M3.3, es utilizada para bloquear una línea de programación (segmento 13), con el fin de bloquear al sensor del cilindro vertical, una vez detectada la presencia de las botellas.
4. Activar el motor, con la asignación de salida Q0.0 (S, Seteo), cuya acción es dar movimiento a la banda, cada vez que el sensor I0.4, detecte la presencia del vástago.
5. Activa la memoria M3.6, con la designación M3.6 (S, Seteo), cuya función será activar un temporizador.
6. La memoria M3.7, es usa con la designación M3.7 (R Reseteo), para que este ciclo se repita, bloqueando esta línea de código y activando una línea de código siguiente (línea de código 17).

3.4.6.1.1.14 *Décimo Cuarto Segmento*

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están rígidamente por el contacto de la memoria M3.6, cuya función es:

1. Activar al temporizador (IEC_Timer_0_DB_1) el cual activara ciertas actividades después de un periodo establecido, para este caso, será después de 100MS.

3.4.6.1.1.15 *Décimo Quinto Segmento*

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están rígidas por el contacto de la memoria del temporizador (IEC_Timer_0_DB_1.Q), cuyas funciones son:

1. Dar una señal a la memoria M3.5, con la asignación de salida M3.5 (R, Reseteo), cuya función es desbloquear una línea de código (línea de código 6); para repetir el ciclo establecido
2. Reseteo a la memoria M3.6, con la asignación de salida M3.6 (R, Reseteo), para resetear al temporizador.

3.4.6.1.1.16 *Décimo Sexto Segmento*

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, las acciones de este segmento están controladas, por la memoria M3.4, la cual esta activada después de que el sensor detecta las botellas, y el sensor del cilindro vertical detecte al vástago, cuya acción es:

1. Contraer al cilindro vertical, mediante la asignación de salida Q0.2 (R, Reseteo)

Y se debe resetear a la memoria M3.4, con la asignación de salida M3.4 (R, Reseteo) para crear un ciclo que se cumpla con las condiciones establecidas.

3.4.6.1.1.17 *Décimo Séptimo Segmento*

Como inicio de todo proceso la memoria de seguridad M0.0, están regidas por los contactos M3.7, M0.3, y del sensor del cilindro horizontal I0.3, cuyas acciones se realizarán si esta línea se encuentra o no bloqueada, esta estará activada después de que el cilindro vertical este contraído, y se haya detectado presencia de botellas.

Las acciones establecidas son:

1. Sacar al pistón del cilindro horizontal, con la designación de salida Q0.3 (R, Reseteo).
2. Mandar señal a la memoria M3.3, con la designación de salida M3.3 (R, Reseteo) cuya función es activar una línea de código (línea 13 de código) para establecer que el ciclo se repita.

3.4.6.1.1.18Décimo Octavo Segmento

Este segmento es el designado para dar por finalizado el proceso de cerrado de las tapas de las botellas, con lo cual, aquí se establece el Seteo y Reseteo tanto de memoria, como variables de salida, al pulsar los contactos establecidos ya sea en el tablero (I0.1), como en el HMI (M1.1), como se puede observar en la tabla 3.30.

Tabla 3. 30 Proceso del décimo octavo segmento

Variable	Proceso
Q0.	Reseteo de las Salidas Q0.0 a la Q0.4
M0.	Reseteo de las Memorias M0.0 a la M0.2
M0.	Reseteo de las Memorias M0.4 a la M0.6
M0.	Seteo de las Memorias M0.3
Q0.	Seteo de la Salidas Q0.5
M1.	Reseteo de las Memorias M1.0 a la M1.6
M0.	Seteo de las Memorias M0.7
M2.	Reseteo de las Memorias M2.0 a la M2.7
M3.	Reseteo de las Memorias M3.0 a la M3.7

Una vez finalizado la interpretación de los segmentos de programación del prototipo de cerradora de tapas de botellas, cabe mencionar que el conexionado eléctrico del mismo con las variables utilizadas en la programación se encuentra en el anexo IX

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se presentan los procesos necesarios para construir y poder montar los diferentes módulos que conforman la máquina, se presentan además los planos, piezas normalizadas y la respectiva posición de las mismas.

4.2 ELABORACIÓN DE PLANOS

Los planos necesarios para la construcción de la máquina cerradora de botellas se detallan en el anexo XI En los cuales constan todos los planos de taller y de montaje.

Para la numeración de los planos se toma como referencia:

LAM.DMC.EPN.00X

LAM.DMC.EPN.X0Y

En donde:

- LAM: Laboratorio de Automatización Mecánica
- DMC: Diseño de Máquina Cerradora
- EPN: Escuela Politécnica Nacional
- 00X: Numeración de plano de conjunto
- X0Y: Numeración de plano de taller

En la tabla 4.1 se presenta una lista de los planos con su respectivo nombre y detalle.

Tabla 4. 1 Lista de Planos

Plano de conjunto	Plano	Nombre de Plano de taller	Plano
Conjunto	LAM.DMC.EPN.001		
Base principal	LAM.DMC.EPN.002	Perfil base	LAM.DMC.EPN.201
		Perfil soporte	LAM.DMC.EPN.202
		Caucho para base principal largo	LAM.DMC.EPN.203
		Caucho para soporte base	LAM.DMC.EPN.204
Soporte de chumacera	LAM.DMC.EPN.003	Perfil de 150mm	LAM.DMC.EPN.301
		Perfil H	LAM.DMC.EPN.302
		Perfil de Soporte Largo	LAM.DMC.EPN.303
		Orejas de Chumacera	LAM.DMC.EPN.304
		Rodillo conductor	LAM.DMC.EPN.305
		Rodillo conducido	LAM.DMC.EPN.306
		Varilla (Acomoda botellas)	LAM.DMC.EPN.307
		Bocín	LAM.DMC.EPN.308
Banda	LAM.DMC.EPN.309		
Soporte de cilindro vertical	LAM.DMC.EPN.004	Larguero vertical	LAM.DMC.EPN.401
		Larguero horizontal	LAM.DMC.EPN.402
		Perfil H	LAM.DMC.EPN.403
		Perfil de soporte de placa	LAM.DMC.EPN.404
		Placa soporte cilindro	LAM.DMC.EPN.405
		Elemento de Cierre	LAM.DMC.EPN.406
		Caucho apoyo de botellas	LAM.DMC.EPN.407
		Teflón de elemento de cierre	LAM.DMC.EPN.408
Soporte de cilindro horizontal	LAM.DMC.EPN.005	Perfil vertical de T	LAM.DMC.EPN.501
		Perfil horizontal de T	LAM.DMC.EPN.502
		Mordaza	LAM.DMC.EPN.503
		Varilla soporte de Mordaza	Hoja de procesos
		Caucho para mordaza	LAM.DMC.EPN.504
Motor eléctrico	LAM.DMC.EPN.006	Placa soporte de motor	LAM.DMC.EPN.601
		Motor eléctrico	Manual
		Junta JOY-LOVE	Manual
Ángulo de anclaje	LAM.DMC.EPN.007		Hoja de Proceso
Caucho de perfiles	LAM.DMC.EPN.008		

Fuente: Propia

4.3 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Para fabricar y construir los elementos que conforman la máquina cerradora de tapas es necesario tener las herramientas y máquinas adecuadas para realizar los diferentes procesos.

4.3.1 LISTA DE HERRAMIENTAS, MAQUINARIA E INSTRUMENTOS DE MEDIDA

En la tabla 4.2 se detalla una lista de las máquinas que se utilizarán para la construcción de los elementos.

Tabla 4. 2 Máquinas Utilizadas

Ítem	Máquina
1	Cortadora de aluminio
2	Taladro de banco
3	Taladro manual
4	Soldadora (SMAW)
5	Torno
6	Fresadora
7	Esmeril
8	Equipo de pintura
9	Compresor

Fuente: Propia

En la tabla 4.3 se detalla un listado de herramientas que se utilizarán para la construcción de los elementos.

Tabla 4. 3 Herramientas Utilizadas

Ítem	Herramienta
1	Brocas de 2.5 - 4 - 5 - 6 - 8 mm
2	Entenalla
3	Machuelo
4	Porta machuelo
5	Destornilladores
6	Llaves de copa

7	Martillo
8	Limas
9	Lijas
10	Fresas
11	Cuchilla para torno
12	Sierra de arco

Fuente: Propia

En la tabla 4.4 se detalla un listado de instrumentos de medida que se utilizarán para la construcción de los elementos.

Tabla 4. 4 Instrumentos de medidas

Ítem	Instrumento de medida
1	Flexómetro
2	Calibrador
3	Escuadra metálica
4	Nivel

Fuente: Propia

En la tabla 4.5 se detalla un listado de las operaciones necesarias que se realizarán para la construcción de los elementos.

Tabla 4. 5 Operaciones para la fabricación

Ítem	Operación de fabricación
1	Corte de material
2	Torneado
3	Fresado
4	Taladrado
5	Soldado
6	Machuelado
7	Esmerilado
8	Limado
9	Pintado

Fuente: Propia



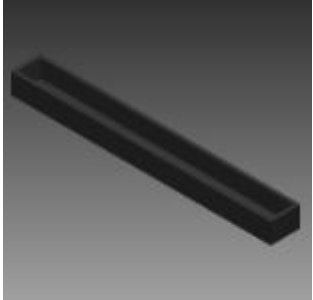
4.4 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

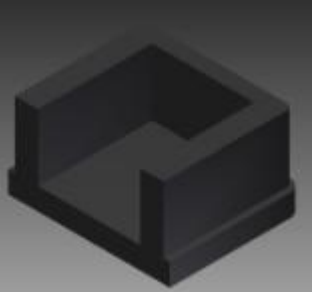
4.4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PRINCIPAL

Para la construcción y el montaje de las piezas que conforman la base principal de la máquina hay que basarse en el plano LAM.DMC.EPN.002 y en los planos de taller que tienen como referencia.

En la tabla 4.6 se presenta las piezas que conforman el soporte de las chumaceras.

Tabla 4. 6 Piezas de la base principal

Nº	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
1	Perfil base	LAM.DMC.EPN.201	11	Aluminio	
2	Perfil soporte	LAM.DMC.EPN.202	2	Aluminio	
3	Caucho para base principal largo	LAM.DMC.EPN.203	2	Caucho	

4	Caucho para soporte base	LAM.DMC.EPN.204	4	Caucho	
---	--------------------------	-----------------	---	--------	---

Fuente: Propia

4.4.2 MONTAJE DE LA BASE PRINCIPAL

En la figura 4.1 se detalla la posición de las piezas para el ensamble de la base principal.

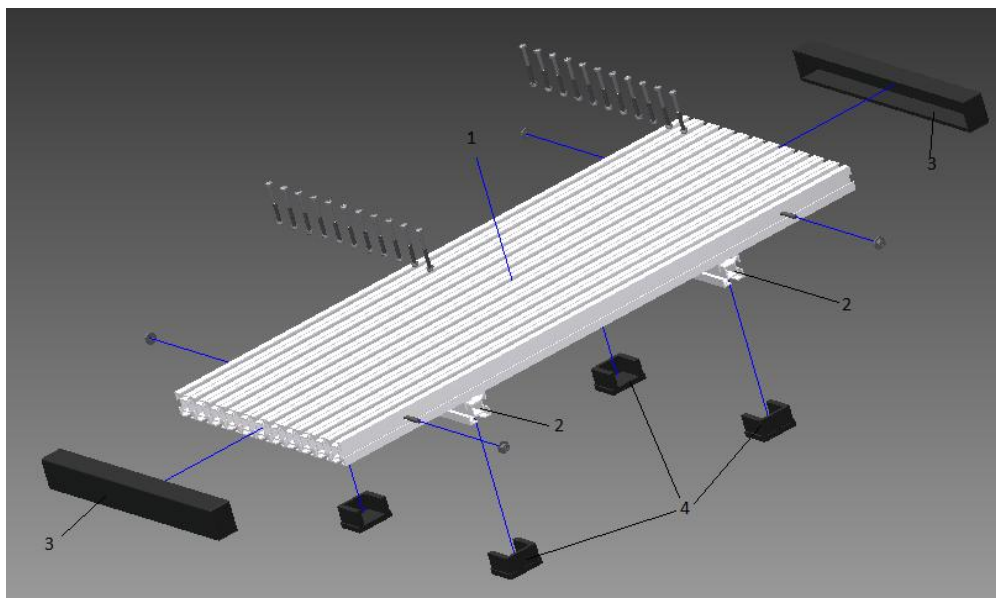


Figura 4. 1 Ensamble de la base principal

En la tabla 4.7 se presenta el procedimiento a seguir para armar la base principal.

Tabla 4. 7 Procedimiento para ensamble de la base principal

Ítem	Actividad	Observación
1	Colocar los perfiles (2) a una distancia aproximada de 360mm uno respecto del otro	
2	Colocar los perfiles (1) alineados y uno a continuación del otro sobre los perfiles (2)	
3	Unir los perfiles con los pernos DIN 7985 M5 x 60, la arandela y la tuerca	anexo XI
4	Pasar la varilla roscada por los agujeros laterales de los perfiles para dar estabilidad	anexo XI
5	Colocar los cauchos largos (3) en los extremos de los perfiles (1) unidos	
6	Colocar los cauchos(4) en los extremos de los perfiles (2)	



Fuente: Propia






4.4.3 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA LA CHUMACERA

Para la construcción y el montaje de las piezas que conforman la base de la chumacera hay que basarse en el plano LAM.DMC.EPN.003 y en los planos de taller que tienen como referencia.

En la tabla 4.8 se presenta las piezas que conforman el soporte de las chumaceras.

Tabla 4. 8 Piezas del soporte de las chumaceras

Nº	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
1	Perfil de 150mm	LAM.DMC.EPN.301	4	Aluminio	
2	Perfil H	LAM.DMC.EPN.302	2	Aluminio	

N°	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
3	Perfil de Soporte Largo	LAM.DMC.EPN.303	1	Aluminio	
4	Orejas de Chumacera	LAM.DMC.EPN.304	4	Acero A 36	
5	Rodillo conductor	LAM.DMC.EPN.305	1	Acero A 36	
6	Rodillo conducido	LAM.DMC.EPN.306	1	Acero a 36	
7	Varilla (Acomoda botellas)	LAM.DMC.EPN.307	1	Acero Galv.	

N°	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
8	Bocín	LAM.DMC.EPN.308	4	Acero A 36	
9	Banda	LAM.DMC.EPN.309	1	PVC	
10	Chumacera	USF201-8	4		

Fuente: Propia

4.4.4 MONTAJE DE LA BASE PARA LA CHUMACERA

En la figura 4.2 se detalla la posición de las piezas para el ensamble del soporte de las chumaceras.

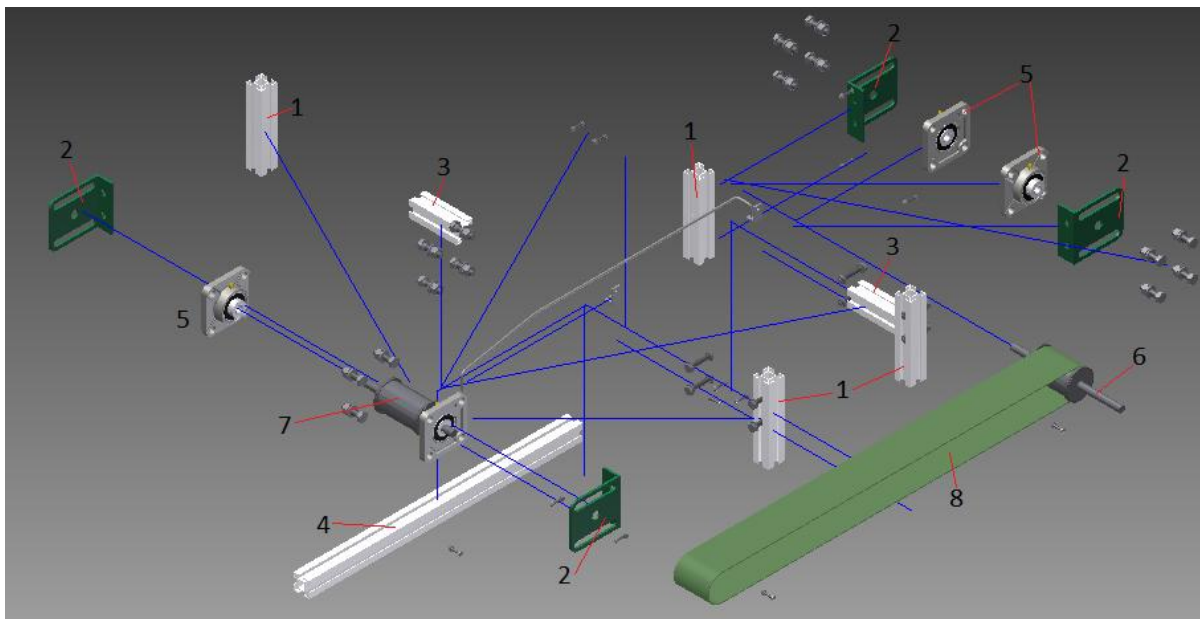


Figura 4. 2 Ensamble del soporte de las chumaceras

En la tabla 4.9 se presenta el procedimiento a seguir para armar los soportes de las chumaceras.

Tabla 4. 9 Procedimiento para armar el soporte de las chumaceras

Ítem	Actividad	Observación
1	Unir los perfiles (1) a la base principal a la distancia referenciada en el plano	
2	Colocar las orejas de las chumaceras (2) en los perfiles (1) y hacer la conexión con pernos	
3	Unir los perfiles (3) en los perfiles (1) y el perfil (4) como se indica en el plano	
4	Colocar las chumaceras (5) y los rodillos (6) y (7)	
5	Poner los bocines en los rodillos y sujetarlos con los prisioneros	
6	Instalar la banda (8) en los rodillos	
7	Templar la banda con la ayuda de las ranuras de las orejas (2)	
8	Colocar la varilla que acomoda las botellas en los perfiles de soporte (1)	
9	Todos los perfiles deben ser unidos con los pernos DIN 7985 M5 x 30, la arandela y la tuerca	




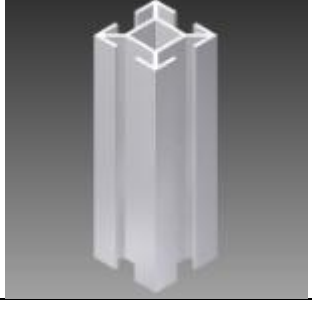
Fuente: Propia


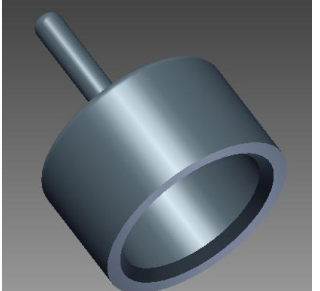
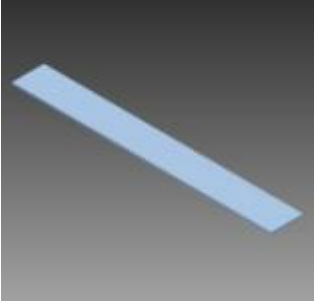
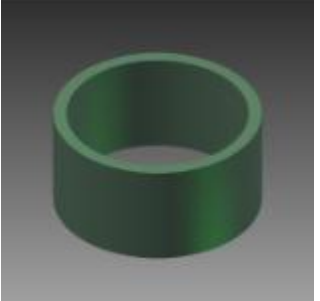

4.4.5 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL CILINDRO VERTICAL

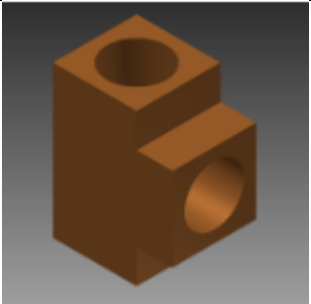


Para la construcción y el montaje de las piezas que conforman el soporte del cilindro vertical hay que basarse en el plano LAM.DMC.EPN.004 y en los planos de taller que tienen como referencia.

En la tabla 4.10 se presenta las piezas que conforman el soporte del cilindro vertical.

Tabla 4. 10 Piezas del soporte del cilindro vertical

Nº	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
1	Larguero vertical	LAM.DMC.EPN.401	2	Aluminio	
2	Larguero horizontal	LAM.DMC.EPN.402	1	Aluminio	
3	Perfil H	LAM.DMC.EPN.403	3	Aluminio	
4	Perfil de soporte de placa	LAM.DMC.EPN.404	2	Aluminio	

N°	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
5	Placa soporte cilindro	LAM.DMC.EPN.405	1	Acero A 36	
6	Elemento de Cierre	LAM.DMC.EPN.406	1	Acero A 36	
7	Caucho apoyo de botellas	LAM.DMC.EPN.407	1	Caucho	
8	Teflón de elemento de cierre	LAM.DMC.EPN.408	1	Teflón	
9	Cilindro ISO 32 mm x 50 mm SM		1		

N°	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
10	Tee soporte		1	Cobre	
11	ISO 4145 Boquilla hexagonal N8 1/4		1		
12	Motor MA 05/18		1		

Fuente: Propia

4.4.6 MONTAJE DEL SOPORTE DEL CILINDRO VERTICAL

En la figura 4.3 se detalla la posición de las piezas para el ensamble del soporte del cilindro vertical.

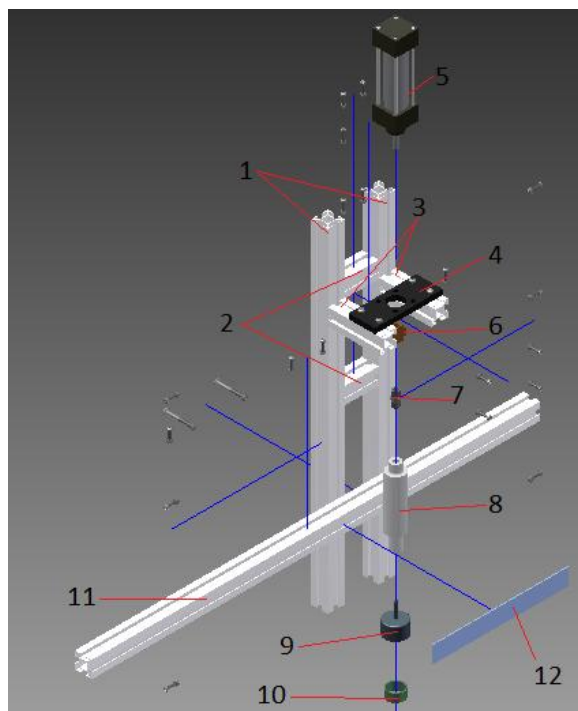


Figura 4. 3 Ensamble del soporte del cilindro vertical

En la tabla 4.11 se presenta el procedimiento a seguir para armar el soporte del cilindro vertical.

Tabla 4. 11 Procedimiento para armar el soporte del cilindro vertical

Ítem	Actividad	Observación
1	Los perfiles (1) del soporte se deben unir a la base principal como se muestra en el plano	
2	Colocar los perfiles (2) entre los perfiles (1) y sujetarlos con los pernos	
3	Unir los perfiles (3) a una altura aproximada de 130 mm	
4	Colocar la base (4) del cilindro en los perfiles (3) y sujetarlos	
5	Colocar el cilindro (5) sobre la placa base (4) y sujetar con los Tornillos Allen	
6	Colocar la Tee de bronce (6) en el vástago del cilindro	
7	Unir el neopreno (7) en la Tee con un poco de teflón para evitar fugas	
8	Colocar el motor neumático (8) en el neopreno (7) y apretar con llaves de boca	
9	Colocar el elemento de cierre (9) en el motor neumático	
10	Acoplar el teflón del elemento de cierre (10) y pegarlo	
11	Colocar el perfil (11) en los perfiles (1) y sujetarlo, además este perfil va sujeto al soporte de las chumaceras	
12	Pegar el caucho de soporte de las botellas (12) en el perfil (11)	

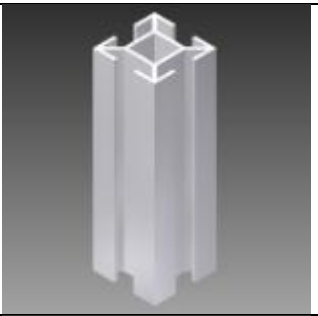

Fuente: Propia


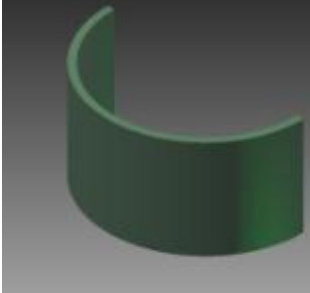


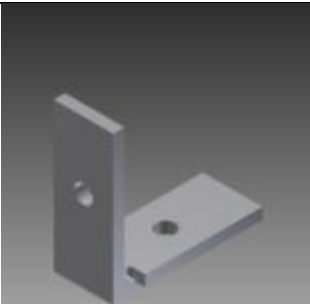
4.4.7 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL CILINDRO HORIZONTAL

Para la construcción y el montaje de las piezas que conforman el soporte del cilindro horizontal hay que basarse en el plano LAM.DMC.EPN.005 y en los planos de taller que tienen como referencia.

En la tabla 4.12 se presenta las piezas que conforman el soporte del cilindro horizontal.

Tabla 4. 12 Piezas del soporte del cilindro horizontal

Nº	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
1	Perfil vertical de T	LAM.DMC.EPN.501	2	Aluminio	
2	Perfil horizontal de T	LAM.DMC.EPN.502	2	Aluminio	
3	Mordaza	LAM.DMC.EPN.503	1	Acero A 36	

N°	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
4	Varilla soporte de Mordaza		2	Acero Galv.	
5	Caucho para mordaza	LAM.DMC.EPN.504	3	Caucho	
6	Cilindro ISO 32 mm x 50 mm SM		1		
7	Mont tipo pie Unidad AQR32		2		
8	Ángulo para anclaje	LAM.DMC.EPN.007		Acero A 36	

Fuente: Propia

4.4.8 MONTAJE DEL SOPORTE DEL CILINDRO HORIZONTAL

En la figura 4.4 se detalla la posición de las piezas para el ensamble del soporte del cilindro horizontal.

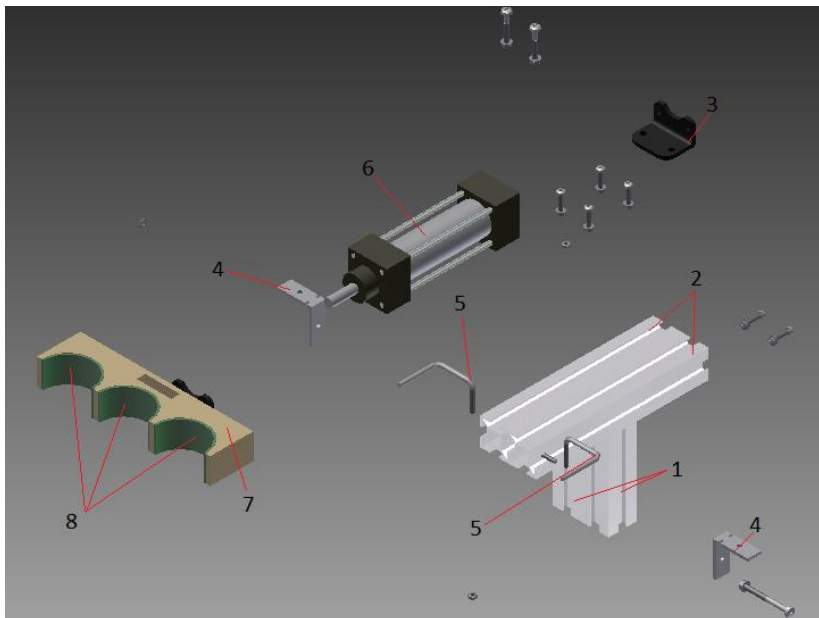


Figura 4. 4 Ensamble del soporte del cilindro horizontal

En la tabla 4.13 se presenta el procedimiento a seguir para armar el soporte del cilindro horizontal.

Tabla 4. 13 Procedimiento para armar el soporte del cilindro horizontal

Ítem	Actividad	Observación
1	Unir los perfiles (1) a la base principal de la maquina	
2	Unir los perfiles (1) uno con otro para dar mayor estabilidad	
3	Colocar los perfiles (2) sobre los perfiles (1) y empernarlos	
4	Colocar los soportes (3) sobre los perfiles (2)	
5	Unir los ángulos (4) en los perfiles (2) y con la ayuda de la varilla roscada	
6	Colocar los soportes del cilindro (5) en los ángulos (4) como se muestra en el plano	
7	Colocar el cilindro (6) en los soportes (3) y sujetarlos con tornillos Allen	
8	Unir la mordaza (7) en el cilindro con la tuerca del cilindro	
9	Colocar los cauchos de la mordaza (8) y pegarlos a la misma	
10	Calibrar la velocidad de salida y retorno del cilindro para evitar golpes muy fuertes	

Fuente: Propia

4.4.9 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL MOTOR ELÉCTRICO

Para la construcción y el montaje de las piezas que conforman el soporte del motor eléctrico hay que basarse en el plano LAM.DMC.EPN.006 y en los planos de taller que tienen como referencia.

En la tabla 4.14 se presenta las piezas que conforman el soporte del motor eléctrico.

Tabla 4. 14 Piezas del soporte del motor eléctrico

Nº	Denominación	PLANO Y/O NORMA	Cant.	Material	Imagen
1	Placa soporte de motor	LAM.DMC.EPN.601	1	Acero A 36	
2	Motor eléctrico	MOTOR ELEC. 12 V	1		
3	Junta LOVEJOY	TYPE L.050	1		
4	Ángulo de anclaje	LAM.DMC.EPN.007	2		

4.4.10 MONTAJE DEL SOPORTE DEL MOTOR ELÉCTRICO

En la figura 4.5 se detalla la posición de las piezas para el ensamble del soporte del motor eléctrico.

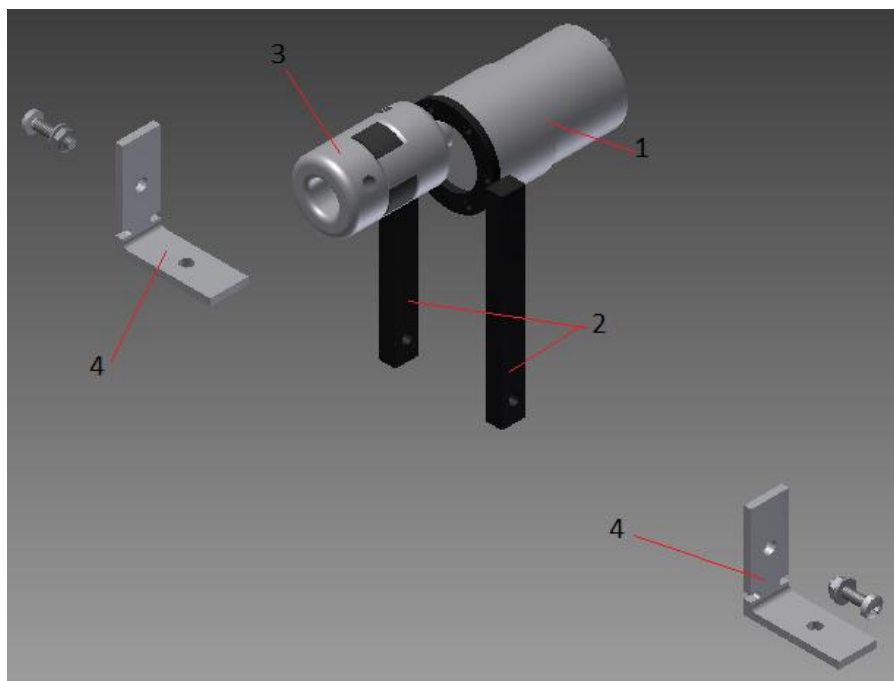


Figura 4. 5 Ensamble del soporte del motor eléctrico

En la tabla 4.15 se presenta el procedimiento a seguir para armar el soporte del motor eléctrico.

Tabla 4. 15 Procedimiento para armar soporte del motor eléctrico

Ítem	Actividad	Observación
1	Colocar el motor (1) en el soporte (2) y sujetarlo con tornillos	
2	Colocar la junta JOYLOVE en el motor y sujetarla con el prisionero	
3	En el extremo del eje conductor colocar el otro lado de la junta y sujetarlo con un prisionero y un pegamento especial	
4	Colocar los ángulos de anclaje en el soporte del motor	
5	Sujetar el soporte del motor con los ángulos a la base principal	

4.4.11 FABRICACIÓN DEL ÁNGULO DE ANCLAJE

Para la fabricación del ángulo de anclaje hay que basarse en el plano LAM.DMC.EPN.007 y en la hoja de proceso que se encuentra en el anexo XI.

En la figura 4.6 se presenta el acabado final del ángulo de anclaje.

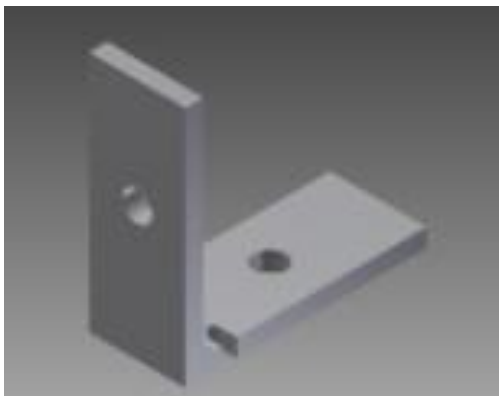


Figura 4. 6 Ángulo de Anclaje

4.4.12 FABRICACIÓN DE LOS CAUCHO PARA PERFILES

Para la fabricación del caucho para los perfiles hay que basarse en el plano LAM.DMC.EPN.008.

En la figura 4.7 se presenta el caucho que cubre los filos de los perfiles para evitar y resguardar la seguridad de la persona que opera la máquina.

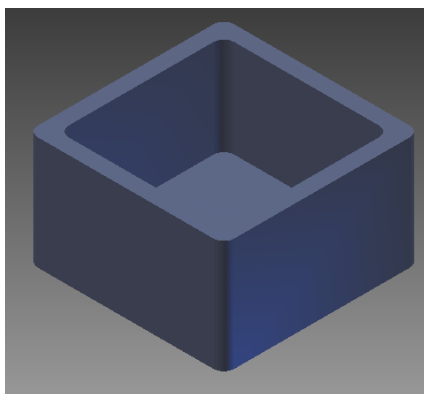


Figura 4. 7 Caucho de los Perfiles

4.5 HOJAS DE PROCESOS

Algunos elementos no necesitan de planos para su fabricación, pero si es necesario tener las hojas de procesos y las secuencias de los mismos que se requieren para las piezas terminadas.

Estas hojas de los elementos faltantes se presentan en el anexo XI.

4.6 FOTOGRAFIAS DEL ENSAMBLE DE LA MÁQUINA CERRADORA DE BOTELLAS

En el anexo XII se presentan las imágenes del proceso de ensamble de la máquina y de la máquina terminada, lista para el montaje del sistema eléctrico, la puesta en marcha y protocolo de pruebas.

CAPÍTULO 5

PROTOCOLO DE PRUEBAS

5.1 GENERALIDADES

Una vez ya establecido el diseño y los procesos inmersos en el montaje y construcción del prototipo de la máquina cerradora de tapas de botellas en capítulos anteriores; los cuales se ven expresados en los planos de taller, de montaje y de procesos.

Por lo que se procede a realizar un protocolo de pruebas el cual se guiará de las especificaciones técnicas de la máquina que se encuentran desarrolladas en la tabla 2.1, el cual consiste en la realización de una serie de pruebas que permitan comprobar el cumplimiento de las especificaciones técnicas planteadas y como también observar un adecuado funcionamiento de cada proceso de trabajo de la máquina; de tal manera que estos procesos además nos permite determinar la fiabilidad del diseño y construcción del prototipo.

5.2 OBJETIVO

El objetivo de realizar diferentes pruebas al prototipo es la comprobación del correcto funcionamiento de la máquina cerradora de tapas de botella; de acuerdo a las especificaciones técnicas planteadas.

5.3 ALCANCE

Se plantea que con las diversas pruebas a las que va a ser sometida la máquina, nos permita demostrar o determinar que esta puede trabajar correctamente en el laboratorio de la Facultad, sin poner en riesgo la seguridad del operario como también demostrar que ésta cumple con las especificaciones para las que fue diseñada.

5.4 PRUEBAS

Como se menciona en el alcance y en el objetivo, las pruebas que se realizarán están encaminadas a la comprobación de los aspectos planteados en la

especificaciones técnicas de la máquina cerradora de tapas de botella, y además que los procesos que nos lleven a este cumplimiento sean seguros para el operario, es decir que el funcionamiento de cada uno de los elementos, así como el conjunto sean confiables, cabe mencionar que se ha establecido varias pruebas en las que se podrá ver el funcionamiento de ciertos elementos de la máquina, para finalmente en la última prueba observar el desarrollo global de la misma. Por lo que se ha planteado las siguientes pruebas a realizar:

5.4.1 NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO I

5.4.1.1 Objetivo

Verificar en base a las especificaciones técnicas del mecanismo los aspectos correspondientes a: Transporte de botellas, colocación de tapas y cerrado de tapas.

Este ensayo consiste netamente en observar las dimensiones y posición de los elementos que entran en el desarrollo del ensayo tales como:

- Banda, verificar que tenga las dimensiones establecidas.
- Observar que al colocar las tapas estas no se caigan durante el traslado de la botella.
- Y por último observar que la posición del elemento de cierre en conjunto con el motor neumático tengan las dimensiones establecidas y estén en la posición correcta, con el fin de que no haya interferencia con los otros elementos como:
 - Botella
 - Tapa
 - Mordaza
 - Perfiles

5.4.1.2 Dueño del proceso

Operario

5.4.1.3 Conjunto de actividades

Para el desarrollo del ensayo I, se procede de la siguiente manera:

- Se coloca las botellas sobre la banda; cabe mencionar que las botellas entran ya al proceso con las tapas posicionadas en la parte superior, por lo que hay que observar, la colocación adecuada para que en el movimiento de las botellas sobre la banda las tapas se mantengan sobre las botellas.
- Se prende el compresor; el cual alimentará al sistema neumático, para el funcionamiento de los cilindros y del motor neumático.
- Verificar que la presión de trabajo establecida para el compresor sea el adecuado; es decir de 6 bar.
- Se inicia el avance de la banda; para el transporte de las botellas
- Verificar que la velocidad del avance de las botellas sea el adecuado.
- Observar que al momento de que la botella pase, por el cilindro vertical (conjunto elemento de cierre-motor neumático) no exista interferencia entre estos y la botella con la tapa, es decir estos elementos se encuentre a una altura determinada con el fin de que la botella pase sin inconvenientes por el sistema de cerrado.
- Apagar el avance motor, que da movimiento a la banda
- Apagar el compresor
- Con la ayuda de un flexómetro verificar que la banda cuenta con las medidas establecida; para que exista un espacio oportuno para las partes que entran en el proceso, como también para tener un área de carga y de descarga, la cual es de 800 mm de largo y de 70 mm de ancho.
- Con la ayuda de un flexómetro observar que la distancia que sale el cilindro vertical sea la correcta, es decir no tope con la botella al momento que salga toda su carrera, con lo cual no solo se comprueba que el cilindro este trabajando correctamente, sino también que el soporte de su base vertical se encuentre a una distancia oportuna con referencia a la banda.

ENTRADAS

- Botellas
- Tapas

- Movimiento de la Banda
- Compresor
- Equipo Neumático
- Flexómetro

SALIDAS

- Botellas

5.4.2 NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO II

5.4.2.1 Objetivo

Verificar en base a las especificaciones técnicas del mecanismo los aspectos correspondientes a: Movimiento de traslación de las botellas, movimiento lineal para sujeción y acerca del movimiento rotativo, que realiza el motor neumático y a su vez el elemento de cierre.

Este ensayo a diferencia del anterior, en este observaremos ya el proceso de cerrado en sí y todo lo que conlleva con este, es decir que los elementos se acoplen según su necesidad de trabajo.

5.4.2.2 Dueño del proceso

Operario

5.4.2.3 Conjunto de actividades

En este ensayo, se verificara el funcionamiento adecuado de la parte del motor eléctrico, de los cilindros neumáticos tanto el horizontal como el vertical y del motor neumático.

Para el desarrollo del ensayo II, se procede de la siguiente manera:

- Accionar el motor eléctrico y observar que este se encuentre trabajando al voltaje establecido, que es de 7.5V, ya que con este es el que se obtiene la velocidad óptima que debe tener la banda, también observar que el movimiento de la banda sea continuo es decir no se trabe.
- Se prende el compresor; el cual alimentará al sistema neumático, para el funcionamiento de los cilindros y del motor neumático.

- Verificar que la presión de trabajo establecida para el compresor sea la adecuada; es decir de 6 bar.
- Verificar que las válvulas; que alimentará el flujo de aire tanto para los cilindros como para el motor neumático este calibrada de forma adecuada.
- Verificar que la mordaza diseñada, no dañe a las botellas al momento de sujetarlas para el cerrado; como también observar si el acople de la mordaza tanto con la botella, como esta con el perfil horizontal tenga la fricción necesaria para que la botella se mantenga firme al momento del cerrado de la botella.
- Verificar que el elemento de cierre baje linealmente; es decir este posicionado correctamente con respecto a la botella como a la tapa, para que su ajuste sea correcto y además verificar que este elemento no dañe a la botella.
- Apagar el avance motor, que da movimiento a la banda
- Apagar el compresor

ENTRADAS

- Botellas
- Tapas
- Movimiento de la Banda
- Compresor
- Equipo Neumático
- Multímetro

SALIDAS

- Botellas Cerradas

ESQUEMA

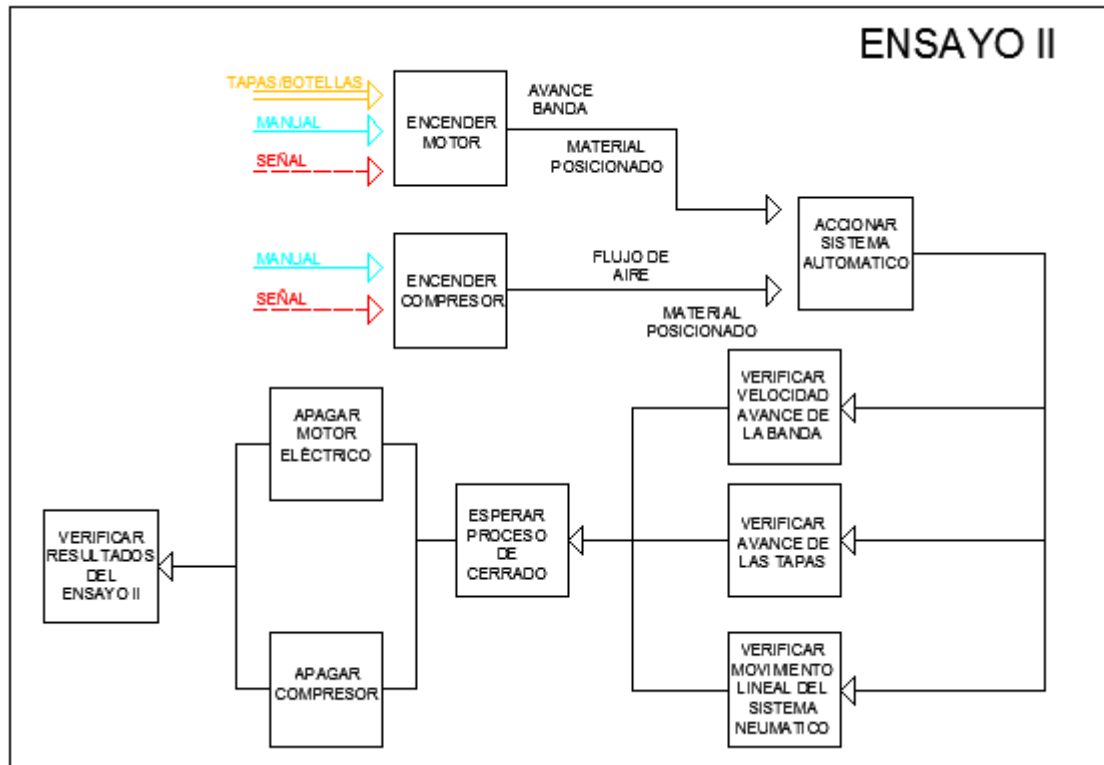


Figura 5. 1 Diagrama de actividades del ensayo II

5.4.3 NOMBRE DEL PROCESO: ENSAYO III

5.4.3.1 Objetivo

Verificar en base a las especificaciones técnicas del sistema de control los aspectos correspondientes a: Tablero de Control, Mando tanto para la banda transportadora como para los cilindros y motor neumático y la parte de sensores.

Esta es la última prueba que se realizara al prototipo es prácticamente parecida a la prueba anterior siendo la única diferencia que en esta prueba, guiaremos la atención al funcionamiento de los elementos de control, como es el PLC y sensores, es decir la comunicación que existirá entre el módulo de la máquina y el del PLC.

5.4.3.2 Dueño del proceso

Operario/Sistema de Control

5.4.3.3 Conjunto de actividades

Para el desarrollo del ensayo III, se procede de la siguiente manera:

- Se coloca las botellas sobre la banda; cabe mencionar que las botellas entran ya al proceso con las tapas posicionadas en la parte superior.
- Se prende el compresor; el cual alimentará al sistema neumático, para el funcionamiento de los cilindros y del motor neumático.
- Verificar que la presión de trabajo establecida para el compresor sea la adecuado; es decir de 6 bar.
- Se inicia el avance de la banda; para el transporte de las botellas, el cual será accionado por medio del botón de arranque (Master ON); el cual se encuentra en el tablero que dispone la máquina
- Verificar que la velocidad del avance de las botellas sea el adecuado y que estas se trasladen a través de la guía establecida.
- Una vez comprobado que las tapas se encuentren posicionadas correctamente con la parte superior de la botella; se procede a realizar el proceso de cerrado de las botellas
- Verificar que las válvulas; que alimentará el flujo de aire tanto para los cilindros como para el motor neumático sea de forma adecuada.
- Verificar que el cilindro que mueve la mordaza; mande la señal, una vez que los sensores detecten la presencia ya sea de las botellas o de las tapas o a su vez del conjunto, a las electroválvulas; de forma oportuna, con el fin de que se dé el proceso establecido
- Verificar que la mordaza diseñada, no dañe a las botellas al momento de sujetarlas para el cerrado; como también observar si el acople de la mordaza tanto con la botella, como esta con el perfil horizontal tenga la fricción necesaria para que la botella se mantenga firme al momento del cerrado de la botella.
- Verificar que el cilindro que mueve al elemento de cierre; mande la señal, una vez que los sensores detecten la presencia ya sea de las botellas o de las tapas o a su vez del conjunto, a las electroválvulas; de forma oportuna, con el fin de que se dé el proceso establecido

- Verificar que el elemento de cierre baje linealmente; es decir este posicionado correctamente con respecto a la botella como a la tapa, para que su ajuste sea correcto.
- Observar en el área de descarga que las botellas salgan cerradas.
- Apagar el avance motor, que da movimiento a la banda; el cual estará controlado por el botón de parada (Master OFF) que se encuentra en el tablero de la máquina
- Apagar el compresor

ENTRADAS

- Botellas
- Tapas
- Movimiento de la Banda
- Compresor
- Sistema de Control
- Equipo Neumático

SALIDAS

- Botellas Cerradas

ESQUEMA

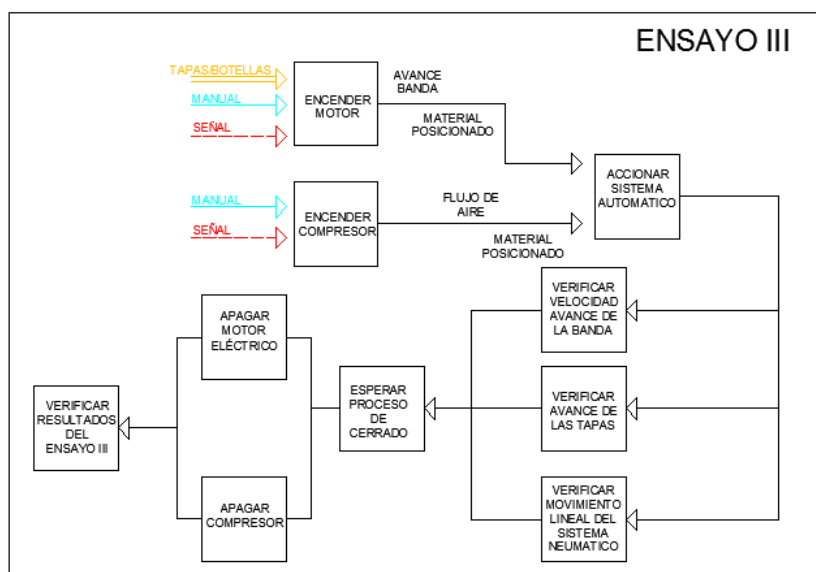


Figura 5. 2 Diagrama de actividades del ensayo III

En el anexo XIII se encuentran la evaluación a las actividades antes descritas acerca del funcionamiento del prototipo de la máquina cerradora de tapas de botellas.

5.5 MANUAL DE OPERACIÓN

Este apartado es importante; para preestablecer un funcionamiento adecuado de la máquina, y es el que se presenta en el anexo XIV.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO

El presente capítulo detalla los costos para la construcción, montaje y funcionamiento de la máquina didáctica selladora de botellas plásticas, para este análisis se dividen en costos directos y costos indirectos.

6.1 COSTOS DIRECTOS

En los costos directos se detallan los valores de la materia prima a utilizar, además los valores referentes a mano de obra de los trabajos que se realizan.

6.1.1 COSTOS DE MATERIA PRIMA

En la tabla 6.1 se detalla la cantidad, el valor unitario y el valor total de la materia prima que se utilizó en el desarrollo del proyecto.

Tabla 6. 1 Costos de materia prima

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
3	Perfil de aluminio de 32 mm	47.17	141.51
1	Plancha de aluminio de 500x300x4 mm	15.00	15.00
1	Placa de acero de 205x105x30 mm	8.79	8.79
1	Eje cilíndrico de acero diam 2" x 100 mm	2.72	2.72
1	Plancha de acero de 300x300x4 mm	4.80	4.80
2	Angulo de acero de 40x40x2 mm	5.50	11.00
0.5	Eje cilíndrico macizo de acero galvanizado (rodillos)	13.60	6.80
1	Varilla de 4.5 mm	0.75	0.75
1	Caucho de 400 x 10 mm	10.00	10.00
2	Caucho con forma rectangular alargado	10.00	20.00
4	Caucho de forma cuadrada de 47 mm x 32mm de alto	5.00	20.00
17	Caucho con forma cuadrada	1.80	30.60
0.5	Tubo de 2" de acero (bocines)	4.25	2.13
1	Banda de 1620x70x2 mm	100.00	100.00
		TOTAL	374.10

Fuente: Propia

6.1.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

En la tabla 6.2 se detallan los elementos normalizados necesarios para el proyecto, la descripción, cantidad y valor de los mismos.

Tabla 6. 2 Costo de elementos normalizados

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
2	Cilindro ISO 32 mm x 50 mm SM	70.56	141.12
1	Unidad FR de 1/4"	33.96	33.96
1	Motor neumático	35.00	35.00
1	GearMotor 370	29.41	29.41
1	Acople Lovejoy	14.76	14.76
4	Chumacera de pared de 4 agujeros de 1/2"	10.00	40.00
2	Válvula solenoide 1/8 5-2 SS 24VDC LED	39.08	78.16
1	Electroválvula S1 3/2 - 1/8 in, mono. 24 VAC	44.45	44.45
10	Acople recto 6mm x 1/8 MPT	0.92	9.20
4	Acople recto 6mm x 1/4 MPT	1.12	4.48
4	Regulador de caudal unid 6 x 1/8 MPT	4.36	17.44
2	Tee rápido 6 mm	1.32	2.64
2	Sujetador de sensor AQ 32/AQ 40	5.36	10.72
2	Sensor para cilindro DC/AC 4-2	15.27	30.54
1	Mont tipo pie Unidad AQR32	6.13	6.13
1	Mont Flange fron DNC 32	12.63	12.63
4	Silenciador BR 1/8 MPT	0.85	3.40
5	Tubo PU 6x4 mm BLUE	1.29	6.45
1	Tapón 1/8 in	1.20	1.20
25	Tornillo mm C. Cilind. DIN 7985 5x60	0.06	1.50
25	Arandela Plana USS 5/32" (#8)	0.01	0.25
25	Tuerca mm DIN 934 5x0.8	0.02	0.50
25	Tornillo mm C. Cilind. DIN 7985 4x30	0.02	0.50
25	Arandela Plana USS 1/8	0.01	0.25
25	Tuerca mm DIN 934 4x0.7	0.02	0.50
1	Tornillo mm C. Cilind. DIN 7985 4x 25	1.58	1.58
1	Tuerca mm DIN 934 4x0.7	1.42	1.42
15	Perno prisionero mm 4x0.7x6	0.02	0.30
10	Tornillo mm C. Cilind. DIN 7985 5x80	0.08	0.80
10	Tuerca mm paso normal 5x0.8	0.02	0.20
15	Tornillo mm C. Cilind. DIN 7985 4x40	0.05	0.75
15	Tornillo mm C. Cilind. DIN 7985 5x40	0.05	0.75
15	Tuerca mm DIN 934 5x0.8	0.02	0.30
20	Tornillo mm C. Cilind. DIN 84 3x25	0.05	1.00
20	Tuerca mm paso normal 3x0.5	0.01	0.20
20	Arandela plana USS 1/8"	0.01	0.20
5	Arandela plana USS 3/16"	0.02	0.08
1	Abrazadera manguera 2 "	0.35	0.35
	TOTAL		533.12

Fuente: Propia

6.1.3 COSTOS DE ELEMENTOS DE CONTROL

En la tabla 6.3 se detallan los costos de los elementos de control necesarios para poder armar el tablero que comandará todas las funciones de la máquina.

Tabla 6. 3 Costo de elementos de control

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
2	Interfaz de entradas y salidas	15.00	30.00
10	Cable eléctrico flexible # 16 color negro	0.27	2.70
10	Cable eléctrico flexible # 16 color verde	0.27	2.70
50	Terminales de cable	0.09	4.50
1	Sensor Infrarrojo	15.00	15.00
1	Cable DB25	5.00	5.00
4	Postes	2.50	10.00
1	Puente H	15.00	15.00
1	Espiral para cable	5.00	5.00
TOTAL			89.90

Fuente: Propia

6.1.4 COSTO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL

En la tabla 6.4 se detallan los costos de mano de obra de todos los procesos realizados en la fabricación de los elementos que conforman la máquina.

Tabla 6. 4 Costo de procesos de fabricación y tratamiento superficial

Proceso	Valor Hora/Hombre	Tiempo [H]	Valor Total
Torneado	8.00	2.00	16.00
Fresado	10.00	5.00	50.00
Taladrado	2.50	5.00	12.50
Corte de aluminio	2.00	10.00	20.00
Corte de acero	3.00	2.00	6.00
Pintado	3.00	5.00	15.00
Soldadura	2.00	3.00	6.00
TOTAL			125.50

Fuente: Propia

6.2 COSTOS INDIRECTOS

6.2.1 COSTOS DE INGENIERÍA

En estos costos se consideran los costos de diseño, la elaboración de planos, construcción, protocolo de pruebas, análisis de resultados, etc. Los cuales se muestran en la tabla 6.5

Tabla 6. 5 Costo de Ingeniería

Descripción	Tiempo [Horas]	Valor Hora/Hombre	Valor Total
Diseño	300.00	5.00	1500.00
Trasporte	10.00	2.00	20.00
Calibración	20.00	2.50	50.00
Montaje	400.00	2.00	800.00
Elaboración de planos	200.00	0.50	100.00
TOTAL			2470.00

Fuente: Propia

6.2.2 COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS

En la tabla 6.6 se consideran los valores de los elementos de protección personal y elementos de preparación de la superficie de algunas partes que conforman la máquina.

Tabla 6. 6 Costos de materiales indirectos

Cantidad	descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Guantes	3.50	3.50
1	Gafas de protección	4.00	4.00
1	Tinner (Galón)	4.80	4.80
3	Lijas	0.50	1.50
1	Wash primer	11.27	11.27
1	Martillado gris litro	4.85	4.85
1	Removedor de pintura	5.63	5.63
TOTAL			35.55

Fuente: Propia

6.3 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Para obtener el costo total de fabricación del proyecto es necesario tener en cuenta que habrá un rubro para los imprevistos, en la tabla 6.7 se detalla la suma de todos los costos que intervienen en el proyecto y los de los imprevistos.

Tabla 6. 7 Costo total del proyecto

DESCRIPCION	VALOR
Costos de materia prima (Tabla 6.1)	374.10
Costos de elementos normalizados (Tabla 6.2)	533.12
Costos de elementos de control (Tabla 6.3)	89.90
Costos de procesos de fabricación y tratamiento superficial (Tabla 6.4)	125.50
Costos de ingeniería (Tabla 6.5)	2470.00
Costo de materiales indirectos (Tabla 6.6)	35.55
SUBTOTAL	3628.16
Imprevistos (5%)	181.41
TOTAL	3809.57

Fuente: Propia

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- El diseño más adecuado y por ende la construcción de las partes mecánicas que conforman la máquina cerradora de tapas de botellas roscadas se obtuvo del análisis del diseño concurrente, y gracias a esto, la máquina cumple con las especificaciones técnicas que se requerían al iniciar su estudio y construcción.
- El análisis por módulos es una herramienta muy práctica, útil, y fácil para el diseño y construcción de una máquina, y para el proyecto en ejecución facilitó los trabajos de diseño, construcción y para las pruebas respectivas, además ayuda a considerar situaciones de funcionamiento que no se toman en cuenta o se pasan por alto en el diseño.
- El prototipo de máquina cerradora de tapas generó interés en estudiantes y profesores, tanto en la parte mecánica como en el control de la misma, existe la posibilidad de experimentar y probar con la programación para diferentes escenarios y condiciones de uso, lo cual hace que el estudio y aplicación de la neumática vaya en aumento en el laboratorio de automatización.
- La interfaz utilizada, que conecta el módulo de la máquina con el tablero es de mucha importancia, ya que evita tener todo el cableado para el control y a su vez solo se tiene un cable que conecta el módulo con el tablero.
- Para el proyecto se utilizó el tablero del laboratorio de automatización, en el cual se tiene la fuente, el PLC, las borneras, la interfaz HMI, etc. Se realizó la programación del PLC y del HMI, para la ejecución del programa y hacer que la máquina funcione se puede tener dos opciones, una directamente con la interfaz HMI y otra con los pulsadores físicos del tablero, en las dos situaciones se tienen tres pulsadores Master ON, Master OFF y un pulsador para ejecutar el trabajo (Work).

- La calibración para el funcionamiento de la máquina no solo depende de la programación del PLC si también de los reguladores de caudal de los cilindros, del motor neumático y de la velocidad de la banda transportadora, además realizando las pruebas respectivas se observó que si no están bien calibrados los reguladores y a una velocidad adecuada de carrera de los cilindros, la máquina no realiza su trabajo de manera óptima.

7.2 RECOMENDACIONES

- Para el montaje y calibración de la máquina se debe tomar en cuenta que los perfiles deben estar bien sujetos con los pernos respectivos al igual que todas las partes mecánicas, y estos apretados de tal manera que no se aflojen cuando la máquina esté en funcionamiento para evitar accidentes.
- Verificar que no existan fugas de aire en la línea neumática para evitar caídas de presión y que la presión de la línea se mantenga a 6 bar o 90 psi aproximadamente.
- Verificar la continuidad de las borneras de la interfaz que une el modulo didáctico con el tablero de control, y a su vez la continuidad del cable de la ranura DB25 para garantizar la conexión de la máquina.
- Verificar que las velocidades tanto de entrada como de salida de los cilindros neumáticos sean las adecuadas para el funcionamiento, y las revoluciones del motor neumático sean adecuadas para cerrar las tapas.
- Comprobar que los pulsadores del tablero se encuentren en buenas condiciones y que cumplan con las funciones al igual que los pulsadores que se pongan en la interfaz HMI para tener un funcionamiento en paralelo de la parte física (pulsadores) y del HMI.

7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Budynas, G .R. & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8va Ed). México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- Gere, J. (2009). *Mecánica de materiales*. México: Cengage Learning.

- Carrobles, M. & Rodriguez, F. (2002). *Manual de mecánica industrial, Neumática e Hidráulica*. Madrid: Cultural S.A.
- Catalogo PDE2570TCES (2010). *Cilindros neumáticos*. Documento PDF.
- Chanto Air Hydraulics (2006). *Manual Chanto*. Taiwan: Yong-Ping Road.
- Covenin (2000). *Norma venezolana para tapas plásticas de rosca*. Venezuela: Fondonorma.
- Meixner, H. & Kobier, R. (2000). *Introducción a la neumática (2da Ed.)*. Alemania Federal: Festo Didactic D-7300.
- Ogata, K. (1995). *Ingeniería de control moderna*. México: Pearson Educación.
- Pirelli, I. (1991). *Manual de cálculo de cintas transportadoras*. Argentina: Industrias Pirelli S.A.I.C.
- Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona.
- Siemens, AG (2009). *Simatic S7-1200 microcontrolador para Totally Integrated Automation*. Alemania: Industry Sector.
- SKF (2014). *Productos de mantenimiento y lubricación SKF*. Países Bajos:
 Archivo PDF.

7.4 REFERENCIAS DE INTERNET

- <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0598048001156321794.pdf>
- <http://www.airtectiv.com/flujo-de-aire/>
- <http://www.parkertransair.com/jahia/Jahia/filiale/es/lang/es/home/TechnicalCenter/LawsOfCompressedAir>

- http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1036119
- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4910/fichero/Documento+C.+Anexos%252FAnexo+9.+Aire+Comprimido.pdf>
- <http://www.panelserver.net/pertegazsl/ElectroValvulas.pdf>
- http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/00005es.pdf

ANEXOS

Anexo N° 1. NORMA VENOZOLANA COVENIN 790:2000 “Tapas Plásticas de Roscas”

Anexo N° 2. MOTORES NEUMÁTICOS TIPO MA/MAR-CATALOGO NEUMAC

Anexo N° 3. CILINDROS NEUMÁTICOS SERIE P1D-CATALOGO PARKER

Anexo N° 4. CARACTERÍSTICAS DE BANDA COMERCIALES

Anexo N° 5. COEFICIENTES CÁLCULO DE BANDA

Anexo N° 6 ESPECIFICACIONES MOTOR-REDUCTOR

Anexo N° 7. FK BALL BEARING-UCF2

Anexo N° 8. CATALOGO ACOPLE-LOVEJOY

Anexo N° 9. CONEXIONADO ELÉCTRICO

Anexo N° 10. PROGRAMACIÓN

Anexo N° 11. PLANOS DE CONJUNTO-DE TALLER Y HOJAS DE PROCESO

**Anexo N° 12. 1.1 FOTOGRAFIAS DEL ENSAMBLE DE LA MÁQUINA
CERRADORA DE BOTELLAS**

Anexo N° 13. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Anexo N° 14. MANUAL DE OPERACIONES