



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA:

“CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA LLENADORA Y TAPADORA  
LINEAL PARA BOTELLAS PET DE 500CC SEMIAUTOMÁTICA”

AUTOR:

JOSÉ JULIÁN MUÑOZ SÁNCHEZ

DIRECTOR:

Ing. José Huaca

Ibarra-Ecuador

Abril 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR**  
**DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para el cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	131085822-8		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	MUÑOZ SÁNCHEZ JOSÉ JULIÁN		
<b>DIRECCIÓN:</b>	MANABÍ-ROCAFUERTE		
<b>EMAIL:</b>	josejuliank@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	052645773	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0958811698

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TITULO:</b>	CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA LLENADORA Y TAPADORA LINEAL PARA BOTELLAS PET DE 500CC SEMIAUTOMÁTICA
<b>AUTOR:</b>	MUÑOZ SÁNCHEZ JOSÉ JULIÁN
<b>FECHA:</b>	ABRIL DEL 2015
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	x <b>PREGRADO POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	Ing. José Huaca

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, José Julián Muñoz Sánchez, con cedula de identidad Nro. 131085822-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio institucional y uso del archivo digital de la biblioteca de la universidad con fines académicos para ampliar la disponibilidad el material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



### **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, José Julián Muñoz Sánchez, con cedula de identidad Nro. 131085822-8 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA LLENADORA Y TAPADORA LINEAL PARA BOTTELLAS PET DE 500CC SEMIAUTOMÁTICA**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma): .....

Nombre: .....

Cédula: .....

Ibarra,

## **DECLARACIÓN**

Yo, JOSÉ JULIÁN MUÑOZ SÁNCHEZ, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

José Julián Muñoz Sánchez

C.I 131085822-8

## **CERTIFICACIÓN**

En calidad de Director de Grado, presentado por el señor José Julián Muñoz Sánchez, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado bajo mi supervisión.

Ing. José Huaca Pinchao

**DIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios sobre todas las cosas, por darme fuerza, por permitirme seguir avanzando en mi proyecto y no dejarme caer nunca.

Agradezco a mi padre Ab. Jorge Muñoz Delgado y mi madre Lcda. Susana Sánchez Coveña por su gran apoyo y ayuda que me dieron.

A mi esposa Melissa Gonzenbach Zambrano por brindarme su incondicional apoyo y por impulsarme a terminar mi proyecto.

A mi hermana Ab. Melissa Muñoz Sánchez por siempre estar presta a ayudarme y a mi hermano Ing. Jorge Muñoz por brindarme sus consejos en la parte de diseño.

A la Universidad Técnica del Norte por los conocimientos brindados toda esta gran etapa de mi vida. Al Rector, a los vicerrectores, decanos, sub decanos, profesores y personal administrativo por todo su apoyo y ayuda incondicional.

Al Sr. Marcelo García por su ayuda en el diseño y construcción de este proyecto.

A la empresa “AguaGar” por su apoyo en la realización del proyecto.

A mis tíos y demás familiares que han estado pendientes de la realización de mi proyecto.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a mi Familia, a mi esposa y a mi adorable hija Amy Coral que son mi motivación e inspiración para seguir creciendo, mejorando profesionalmente ya que esto me ayudará ser una mejor persona.

A mis padres quienes siempre han esperado este momento tanto e incluso más que yo, que son mi mayor motivación.

Para ustedes que esperan mucho de mí, esto solo es el inicio de grandes logros que celebraremos más adelante.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	ii
DECLARACIÓN .....	v
CERTIFICACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xviii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xx
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxi
LISTADO DE SIGLAS .....	xxii
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT .....	xxiv
PRESENTACIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	2
1.1 Llenadores de Botellas .....	2
1.1.1 Antecedentes .....	2
1.1.2 Formas de Llenado .....	3
1.1.3 Formas de Envasado de Productos Líquidos .....	5
1.2 Tapadora de Botellas.....	6
1.2.1 Antecedentes .....	6
1.2.2 Formas de Tapado .....	6

1.3 Sistema de Control .....	7
1.3.1 Microcontrolador.....	8
1.3.2 Componentes electrónicos externos.....	9
1.3.2.1 Fuentes de alimentación.....	9
1.3.2.2 Resistencias .....	10
1.3.2.3 Potenciómetro .....	11
1.3.2.4 Capacitor .....	12
1.3.2.5 Transistores .....	12
1.3.2.6 Oscilador .....	13
1.3.2.7 Botón Pulsador.....	14
1.3.2.8 Relé .....	14
1.3.3. Lenguaje de programación y compilación .....	15
1.4 Interfaz de potencia.....	15
1.5 Válvulas .....	16
1.5.1 Electroválvula .....	16
1.6 Sensores .....	18
1.6.1 Sensor inductivo.....	18
1.6.2 Sensor capacitivo .....	19
1.6.3 Sensores Ópticos .....	20
1.7 Subsistema Electromecánico de Avance.....	21
1.8 Subsistema de Llenado.....	21
1.9 Subsistema Electromecánico de Sellado.....	22
CAPÍTULO II .....	23
ARQUITECTURA DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.....	23
2.1 Introducción .....	23
2.1.1 Diagrama General en Bloque .....	24

2.2 Subsistema Electromecánico.....	26
2.2.1 Mecanismo de avance de Botellas .....	26
2.2.2 Mecanismo de Llenado .....	26
2.2.3 Mecanismo Colocador de Tapas .....	27
2.2.4 Mecanismo de Sellado .....	28
2.3 Subsistema de Control .....	29
2.3.1 Controlador .....	29
2.3.2 Bloque de Potencia.....	30
2.3.3 Sensores .....	30
2.3.4 Interfaz Humano Máquina .....	31
2.4 Subsistema Hidráulico .....	31
2.4.1 Electroválvula .....	32
2.4.2 Tuberías y Accesorios .....	32
CAPÍTULO III.....	33
CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS.....	33
3.1 Introducción .....	33
3.2 Mecanismo de avance de botellas .....	33
3.3 Mecanismo de Llenado .....	38
3.3.1 Motor TRICO.....	43
3.5 Mecanismo de sellado.....	53
3.6 Subsistema de control .....	55
3.6.1 Diagrama de control.....	55
3.6.2 Flujograma de procesos.....	56
3.6.3 Controlador .....	64
3.6.4 Bloque de potencia.....	67
3.6.5 Sensores .....	69

3.6.7 Interfaz humano máquina.....	72
3.6.8 Modelado de circuito impreso.....	73
3.7. Subsistema hidráulico .....	78
3.7.1 Electroválvula .....	84
3.7.4 Conexiones hidráulicas .....	87
CAPÍTULO IV.....	88
IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	88
4.1 Implementación.....	88
4.1.1 Subsistema de Avance de botellas .....	88
4.1.1.1 Calibración .....	89
4.1.2 Subsistema del bloque de llenado .....	89
4.1.2.1 Calibración .....	90
4.1.3 Subsistema del bloque de sellado.....	92
4.1.3.1 Calibración .....	93
4.1.4 Subsistema de Control .....	95
4.2 Pruebas .....	97
4.3 Análisis de Resultados .....	98
4.4 Análisis Económico .....	98
4.4.1 Costos del Proyecto.....	98
4.4.2 Análisis costo beneficio .....	101
4.5 Conclusiones .....	110
4.6 Recomendaciones.....	110
Bibliografía .....	111
ANEXOS .....	114
ANEXO 1 Manual de Usuario .....	115
ANEXO 2 Plan de Mantenimiento .....	128

ANEXO 3 Conexiones de la placa principal y la interfaz de potencia .....	130
ANEXO 4 Construcción de la maquina .....	133
ANEXO 5 Código Fuente del Microcontrolador .....	136
ANEXO 6 Planos .....	160

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Botellas de agua.....	2
Figura 1.2 Llenado por Presión.....	5
Figura 1.3 Tapado por rosca .....	7
Figura 1.4 Microcontrolador .....	9
Figura 1.5 Regulador 5V.....	10
Figura 1.6 Resistencias y simbología.....	11
Figura 1.7 Potenciómetro y Simbología.....	11
Figura 1.8 Condensador y simbología .....	12
Figura 1.9 Transistor y simbología .....	12
Figura 1.10 Oscilador y simbología.....	13
Figura 1.11 Conexión del oscilador y valores de los condensadores.....	13
Figura 1.12 Conexión de pulsadores.....	14
Figura 1.13 Relé y simbología .....	15
Figura 1.14 Circuito de interfaz de Potencia.....	16
Figura 1.15 Electroválvula.....	17
Figura 1.16 Sensor Inductivo .....	18
Figura 1.17 Sensor Capacitivo .....	19
Figura 1.18 Sensor Óptico .....	21
Figura 1.19 Mecanismo de Avance.....	21
Figura 1.20 Sistema de Llenado.....	22
Figura 1.21 Sistema de Sellado.....	22
Figura 2.1 Mecanismo de avance.....	26
Figura 2.2 Válvulas de llenado .....	27
Figura 2.3 Estructura colocadora de tapas .....	28
Figura 2.4 Mecanismo de sellado.....	29

Figura 2.5 Sistema Hidráulico.....	32
Figura 3.1 Diseño de Poleas.....	34
Figura 3.2 Diámetros de Poleas .....	34
Figura 3.3 Palanca.....	38
Figura 3.4 Equilibrio de fuerzas.....	39
Figura 3.5 Calculo de Fuerza de equilibrio.....	41
Figura 3.6 Torque del motor para el equilibrio .....	41
Figura 3.7 Motor TRICO. ....	43
Figura 3.8 Distribución de fuerzas .....	45
Figura 3.9 Comprobación y gráfico en MDsolid .....	49
Figura 3.10 Comprobación y grafico en MDsolid .....	50
Figura 3.11 Diseño de rodillos .....	51
Figura 3.12 Movimiento de Bandas laterales.....	52
Figura 3.13 Actuador Para seguros eléctricos.....	55
Figura 3.14 Microcontrolador .....	66
Figura 3.15 Microcontrolador .....	66
Figura 3.16 Distribución de pines del PIC 18F4550.....	67
Figura 3.17 Optoacoplador PC817.....	68
Figura 3.18 Relés .....	68
Figura 3.19 Transistor PN2222A .....	69
Figura 3.20 Sensor capacitivo .....	69

Figura 3.21 Forma interna del sensor capacitivo .....	70
Figura 3.22 Sensor óptico reflectivo .....	71
Figura 3.23 Funcionamiento del sensor óptico .....	71
Figura 3.24 Display LCD .....	73
Figura 3.25 Altura del Tanque .....	81
Figura 3.26 Forma interna de una electroválvula.....	85
Figura 3.27 Electroválvula .....	86
Figura 4.1 Banda Transportadora.....	88
Figura 4.2 Templador de Banda Transportadora .....	89
Figura 4.3 Brazo de llenado .....	89
Figura 4.4 Sensor de brazo de llenado .....	90
Figura 4.5 Sensor Óptico de llenado .....	91
Figura 4.6 Válvulas de llenado .....	91
Figura 4.7 Pistón de Sellado.....	92
Figura 4.8 Placa Sujetador de botellas .....	92
Figura 4.9 Sujetador y Actuador .....	93
Figura 4.10 Calibración de pistón .....	93
Figura 4.11 Regulación de la altura del Pistón .....	94
Figura 4.12 Sensor Óptico de sellado .....	95
Figura 4.13 Placa de Control.....	95
Figura 4.14 Interfaz de Potencia .....	96

Figura 4.15 Prueba de Hardware y software .....	96
Figura 4.16 Ensamble de caja de control .....	96
Figura 4.17 Funcionamiento Completo – llenando.....	97
Figura 4.18 Funcionamiento Completo - tapando.....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características de regulador LM7805 .....	10
Tabla 3.1 Cuadro Comparativo Motor AC .....	37
Tabla 3.2 Cuadro Comparativo Motor DC .....	42
Tabla 3.3 Características de motor TRICO.....	44
Tabla 3.4 Cuadro Comparativo Motor DC Bandas laterales .....	53
Tabla 3.5 Cuadro Comparativo Actuador del Sujetador.....	54
Tabla 3.6 Entradas y salidas del Controlador.....	64
Tabla 3.7 Cuadro comparativo – Microcontrolador y PLC .....	65
Tabla 3.8 Características del sensor capacitivo.....	70
Tabla 3.9 Características del sensor óptico .....	72
Tabla 3.10 Longitud equivalente a pérdidas de cargas .....	83
Tabla 3.11 Características de la electroválvula.....	86
Tabla 4.1 Calibración del pistón .....	94
Tabla 4.2 Pruebas .....	98
Tabla 4.3 Costo Directo .....	99
Tabla 4.4 Costos Indirectos.....	100
Tabla 4.5 Costo Total.....	101
Tabla 4.6 Costo – Materia prima .....	101
Tabla 4.7 Costo – Mano de obra .....	102
Tabla 4.8 Costo – indirectos de fabricación.....	102
Tabla 4.9 Otros gastos.....	103
Tabla 4.10 Total de costos .....	103
Tabla 4.11 Costo – Materia prima .....	105
Tabla 4.12 Costo – Mano de obra .....	105

Tabla 4.13 Costo – indirectos de fabricación.....	106
Tabla 4.14 Otros gastos.....	106
Tabla 4.15 Total de costos .....	107
Tabla 4.16 Diferencia de utilidades, antes y después.....	108

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.1 Esquema general de un sistema de control.....	8
Diagrama 2.1 Diagrama de bloques .....	24
Diagrama 2.2 Diagrama de bloque detallado.....	25
Diagrama 3.1 Control de Lazo Abierto.- llenado (Dosificación).....	55
Diagrama 3.2 Control de lazo cerrado.- Movimiento de la Banda (Avance) .....	56
Diagrama 3.3 Control de lazo cerrado.- Sellado .....	56
Diagrama 3.4 Diagrama de flujo – programa principal – parte 1 .....	57
Diagrama 3.5 Diagrama de flujo – programa principal – parte 2 .....	58
Diagrama 3.6 Diagrama de flujo – programa principal – parte 3 .....	59
Diagrama 3.7 Diagrama de flujo – Trabajo Normal .....	60
Diagrama 3.8 Diagrama de flujo – Sub rutina de llenado.....	61
Diagrama 3.9 Diagrama de flujo – Sub rutina de Calibración – Parte 1.....	62
Diagrama 3.10 Diagrama de flujo – Sub rutina de calibración – Parte 2 .....	63
Diagrama 3.11 Conexión del banco de condensadores.....	73
Diagrama 3.12 Diseño de placa del banco de condensadores.....	74
Diagrama 3.13 Conexión de la fuente reguladora.....	74
Diagrama 3.14 Diseño de Placa de fuente reguladora .....	75
Diagrama 3.15 Conexión de la fuente Placa Principal.....	76
Diagrama 3.16 Diseño de Placa Principal.....	77
Diagrama 3.17 Conexión de placa de potencia.....	77
Diagrama 3.18 Diseño de Placa de Potencia.....	78
Diagrama 3.19 Plano de Conexiones de tuberías.....	87

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Ecuación de Circunferencia .....	35
Ecuación 3.2 Fórmula de Relación entre Diámetros y revoluciones .....	36
Ecuación 3.3 Fuerza .....	40
Ecuación 3.4 Torque .....	40
Ecuación 3.5 Flexión.....	45
Ecuación 3.6 Torsión .....	46
Ecuación 3.7 Área de un círculo .....	46
Ecuación 3.8 Torsión Reemplazo .....	47
Ecuación 3.9 Centro del círculo de Mohr .....	47
Ecuación 3.10 Radio del Círculo de Mohr.....	47
Ecuación 3.11 Esfuerzo normal 1 del círculo de Mohr.....	48
Ecuación 3.12 Esfuerzo normal 2 del círculo de Mohr.....	48
Ecuación 3.13 Angulo de esfuerzo normal .....	48
Ecuación 3.14 Angulo de esfuerzo cortante.....	49
Ecuación 3.15 Esfuerzo cortante máximo.....	49
Ecuación 3.16 Esfuerzo cortante maximo absoluto .....	50
Ecuación 3.17 Fórmula de Caudal .....	78
Ecuación 3.18 Área de un Círculo .....	79
Ecuación 3.19 Caudal.....	80
Ecuación 3.20 Ecuación de Bernoulli .....	81
Ecuación 3.21 Despeje de Y1 .....	82
Ecuación 3.22 Ecuación de pérdidas equivalentes - Hazen-Williams .....	83
Ecuación 4.23 Fórmula de ingreso bruto .....	104
Ecuación 4.24 Fórmula de utilidad neta.....	104

## LISTADO DE SIGLAS

<b>PCB</b>	Placa de circuito electrónico
<b>W</b>	Unidad de medida de Potencia. Vatios
<b>V</b>	Unidad de medida de Voltaje. Voltios
<b>A</b>	Unidad de medida de corriente. Amperios
<b>LCD</b>	Display de pantalla líquida
<b>Rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>Nm</b>	Unidad de medida de torque. Newton metros
<b>Kg</b>	Unidad de medida de masa. Kilogramos
$\tau$	Torsión
$\sigma$	Esfuerzo normal
$\phi\tau$	Angulo de esfuerzo cortante
<b>MPa</b>	Mega pascales
<b>NO</b>	Normalmente abierto
<b>NPN</b>	Transistor de unión bipolar. Base positiva
<b>TTL</b>	Lógica transistor a transistor. De 0 a 5 voltios
<b>Q</b>	Caudal
<b>Lt</b>	Unidad de medida. Litros
$m^3$	Unidad de medida de volumen. Metros cúbicos
$\pi$	Numero PI 3.1416

# **Construcción de máquina llenadora y tapadora lineal para botellas PET de 500cc semiautomática**

Autor: José Muñoz Sánchez

Tutor: Ing. José Huaca

Año: 2015

## **RESUMEN**

El agua para beber, a través del tiempo ha tenido variantes al igual que el resto de los productos que consumimos en la actualidad. En un inicio se tomaba agua de arroyos, ríos, norias, etc., pero a lo largo de los años, con los mismos desechos del hombre, el uso de pesticidas, fungicidas, han contaminado el agua, suelo y aire de una manera acelerada. Por lo que para asegurarnos de obtener un agua confiable para todos, se ha recurrido principalmente al agua embotellada, por lo cual el negocio de la venta de bebidas embotelladas no retornables como jugos, agua, té, limonada y bebidas energizantes, ha logrado un gran auge, pues debido a lo económico y práctico de llevar consigo una botella de estos productos, ha desembocado en un negocio rentable.

En el Ecuador, en la actualidad la mayoría de los pequeños empresarios llenan y tapan las botellas de agua (500cc) en forma manual, por lo cual al tener un aumento de la demanda por parte del consumidor, no pueden abastecer el mercado.

El problema encontrado en el proceso de llenado y tapado manual es lo limitada de su producción con métodos no asépticos que pueden atentar la salud de los consumidores, por lo que se busca aumentar la velocidad de producción de forma higiénica.

En consecuencia, surge la necesidad de construir una máquina de llenado y tapado lineal semiautomático, de botellas de 500 cc, para solucionar este problema.

# **Construction of linear filling machine and capping PET bottle 500cc semiautomatic**

Author: José Muñoz Sánchez

Tutor: Ing. José Huaca

Year: 2015

## **ABSTRACT**

Drinking water, over time has had variants like the rest of the products we consume today. Initially water from streams, rivers, wells, etc. was taken, but over the years, with the same human waste, pesticides, fungicides, which have contaminated water, soil and air in a way accelerated. So to make sure we get a reliable water for all, has been used primarily to bottled water, so the business of selling non-returnable as juices, water, tea, lemonade and energy drinks, bottled drinks has achieved great boom. Well due to the economical and practical to bring a bottle of these products have resulted in a profitable business.

In Ecuador, currently the majority of small business owners and clogged filled water bottles (500cc) manually, so to have an increase in demand by consumers, cannot supply the market.

The problem encountered in the process of filling and capping manual is limited to non-aseptic production methods that can threaten the health of consumers, which seeks to increase the production rate hygienically.

Thus arises the need to build a machine filling and capping bottles linear semi 500cc to fix this problem.

## **PRESENTACIÓN**

El proyecto CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINA LLENADORA Y TAPADORA LINEAL PARA BOTELLAS PET DE 500CC SEMIAUTOMÁTICA, está diseñada para aumentar la productividad de pequeñas y medianas empresas de purificación de agua para el consumo humano, manteniendo una rigurosa asepsia.

El presente proyecto está estructurado por cuatro capítulos, los que se describen a continuación.

En el primer capítulo se describen tipos de métodos y procesos para el llenado, la colocación de las tapas y el sellado para las botellas de 500 cc; así como algunos métodos de control que se pueden implementar.

En el segundo capítulo se detallan las funciones de cada subsistema que requiere el proyecto, así como los requisitos necesarios para que éstos puedan cumplir con su objetivo.

En el tercer capítulo se detallan los elementos a utilizar para ensamblar cada subsistema así como diagramas de flujo, cálculos mecánicos e hidráulicos, además del diseño de las placas de control.

En el cuarto capítulo se procede a la implementación de cada subsistema, su calibración y pruebas del proyecto, verificación del sistema de control y análisis de costos.

Finalmente se describen las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del proyecto.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

### 1.1 Llenadores de Botellas

#### 1.1.1 Antecedentes

El agua para beber, a través del tiempo ha tenido variantes al igual que el resto de los productos que consumimos en la actualidad. En un inicio se tomaba agua de arroyos, ríos, norias, etc., pero a lo largo de los años, con los mismos desechos del hombre, el uso de pesticidas, fungicidas, han contaminado el agua, suelo y aire de una manera acelerada. Por lo que para asegurarnos de obtener agua confiable para todos, se ha recurrido principalmente al agua embotellada (Biología, 2013), por lo cual el negocio de la venta de bebidas embotelladas no retornables como jugos, agua, té, limonada y bebidas energizantes, ha logrado un gran auge, debido a lo económico y práctico de llevar consigo una botella de estos productos, han desembocado en un negocio rentable.

**Figura 1.1**

**Botellas de agua**



Fuente: <http://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-botellas-de-agua-image12522340>

### 1.1.2 Formas de Llenado<sup>1</sup>

Las envasadoras con las que llenamos las botellas primarias de líquidos, las podemos dividir en rasgos muy generales, aunque siempre sabemos que existen casos especiales, en varias categorías según su estructura, según su forma de trabajo, según la producción que deseamos, según el producto que vamos a envasar, entre otros.

Quizás el punto más determinante a la hora de comenzar a hablar de una envasadora sea la producción que deseamos obtener. Las llenadoras rotativas se utilizan para empresas con grandes producciones en cambio las lineales se utilizan en medianas y pequeñas empresas. El motivo es muy sencillo y aunque cualquier producción es posible conseguirla dependiendo del número de grifos, la llenadora rotativa tiene una ventaja, en cuanto a la producción, frente a la lineal y es que con igual número de grifos no existen tiempos muertos de espera mientras se van los envases llenos y entran los vacíos; pero en pequeñas y medianas empresas es preferible utilizar la envasadora lineal por su menor costo, a la vez satisface a las necesidades de producción para dichas empresas.

También hay que saber elegir muy bien el envase que queremos llenar y tener en cuenta todos los factores que afectan para el envasado. Según el tipo de producto, la forma del envase está más condicionada por su función física, estética, expresiva o simbólica. Aunque el envase debería ser un simple contenedor de producto, todos los factores antes expuestos deben ser tomados en cuenta para la elección del mismo:

- *Forma del Envase.*- En una envasadora lineal es más fácil realizar el llenado en cualquier envase porque los ajustes en anchura y altura son más flexibles que en una rotativa, que hay que fabricar estrellas específicas para cada tipo de envase y cuando el envase no es redondo puede crear complicaciones en el llenado.
- *Tamaño de la boca del envase.*- Muchas veces es el mercado el que marca un estilo o moda, pero en la medida de lo posible es aconsejable que la boca sea lo más ancha posible, porque será más rápido el envasado y se consigue una mayor producción.

---

<sup>1</sup> Cortés Miguel. Elección de Maquinaria para el envasado de productos. Departamento técnico, MAQUIENVAS S.L

- Elementos que incorpora el envase.- Como por ejemplo asas que puedan interferir en el llenado, o que el envase tenga la boca desplazada del centro, hecho que forzará a posicionar el envase en una dirección de manera obligatoria.

Otro de los elementos a tener en cuenta a la hora de envasar es el tipo de producto, y aquí también se pueden encontrar varias categorías:

- Productos Alimenticios.- En este caso son las normativas legales impuestas por el ente regulador, en cuanto a los materiales elegidos para la construcción de la maquinaria.
- Productos Líquidos con mayor o menor densidad.- La densidad del producto a envasar es también un factor determinante a la hora de elegir la maquinaria de envasado.
- Productos Corrosivos.- Se debe emplear materiales especiales que soporten la corrosión como son plásticos técnicos como el PVC, el Polipropileno o el Polietileno.
- Productos Deflagrantes.- Con este tipo de productos se debe trabajar con materiales específicos y también siguiendo la normativa dictada desde el ente regulador para cumplir con todas las medidas de seguridad.
- Productos Espumantes.- En ocasiones, sobre todo para el envasado de productos químicos, se añade lo que se denomina materia activa, como perfumes, colorantes, etc. Este tipo de productos suele generar espuma, bien por la presión de salida al golpear con el envase, o bien por el contacto con el aire, también al mezclar productos por agitación.

### 1.1.3 Formas de Envasado de Productos Líquidos<sup>2</sup>

- Por Gravedad.- Este es uno de los medios más tradicionales, ya que no requiere de la ayuda de ningún elemento externo para que se produzca el llenado.
- Por Bomba.- En este modo se utiliza una ayuda externa que fuerza el paso del producto, este método se emplea para productos densos principalmente.
- Por Pistones.- Al igual que en el modelo anterior, aquí también se trabaja con elementos externos para forzar el paso del producto. En este caso el movimiento se realiza mediante la carga y la descarga del producto en dosis iguales.
- Por Medición de Caudal.- Este tipo de llenado se emplea cuando deseamos conseguir mucha precisión a la hora de envasar. Existen muchas variantes de caudalímetros como son los máxicos, los electromagnéticos, etc., a su vez se puede controlar el caudal de forma indirecta con el control de la presión.
- Por presión o por vacío.- Este tipo permite tener un control del nivel de envasado controlando por soplado o aspirando la presión que tenemos dentro del envase.

**Figura 1.2**

#### **Llenado por Presión**



Fuente: [http://www.norlandintl.com/spanish/filler\\_sp.htm](http://www.norlandintl.com/spanish/filler_sp.htm)

---

<sup>2</sup> Cortés Miguel. Elección de Maquinaria para el envasado de productos. Departamento técnico, MAQUIENVAS S.L

## 1.2 Tapadora de Botellas<sup>3</sup>

### 1.2.1 Antecedentes

Una vez que se tiene el envase lleno el siguiente objetivo será taponarlo. El proceso de tapado vendrá determinado por el tipo de tapón; muchos factores son los que intervienen para la elección de una forma de tapado u otra. Hay tapones que se taponan a presión y hay tapones que van roscados. En el proceso de tapado intervienen tres elementos, por un lado el posicionador, por otro el dosificador de tapones, y por último el taponador propiamente dicho. El posicionador de tapones puede ser mecánico (por trampa o por expulsores), por vibración, etc. La elección de uno u otro dependerá de la forma del tapón y la complicación que tenga para orientarlo. El dosificador de tapones sirve para una vez posicionado el tapón en el lugar adecuado realiza la entrega al envase. El dosificador puede ser por robo, por transferencia, por brazo actuado, etc. En este caso la elección de un modo u otro no viene solo supeditada al tipo de tapón exclusivamente, sino que también influye el tipo de envase.

### 1.2.2 Formas de Tapado

El taponador que como su nombre indica, es el elemento que permitirá realizar el tapado del envase y que podrá ser de dos modos:

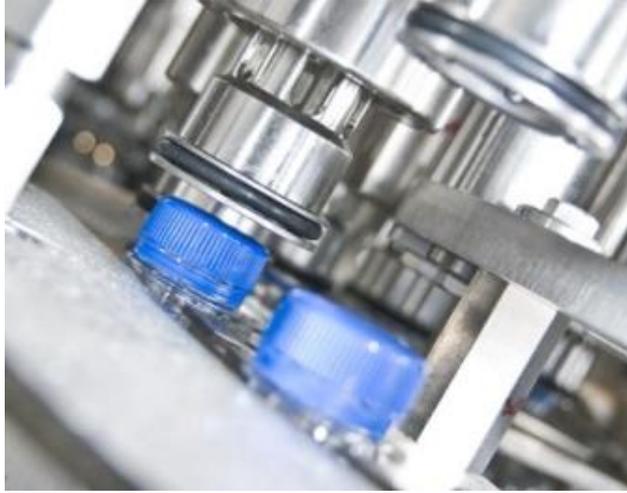
- *Por presión*, mediante rueda loca, rueda traccionada con la propia máquina o pistón neumático, la elección dependerá de la velocidad y de la forma del tapón e incluso de factores ambientales como ambientes corrosivos.
- *Roscado*, de manera mecánica por ruedas, por cabezales actuados de manera mecánica, por cabezales actuados por motores neumáticos o por cabezales actuados por motores eléctricos.

---

<sup>3</sup> Cortés Miguel. *Elección de Maquinaria para el envasado de productos*. Departamento técnico, MAQUIENVAS S.L

## Figura 1.3

### Tapado por rosca



Fuente: <http://www.krones.com/es/products/taponadora.ph>

### 1.3 Sistema de Control

Un sistema de control está formado por subsistemas y procesos (o plantas) unidos con el fin de controlar la salida de dichos procesos. Con un sistema de control se puede mover equipos grandes con una precisión que de otra forma sería imposible. (Nice, 2004)

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados. (Universidad Politécnica de Catalunya, 2001)

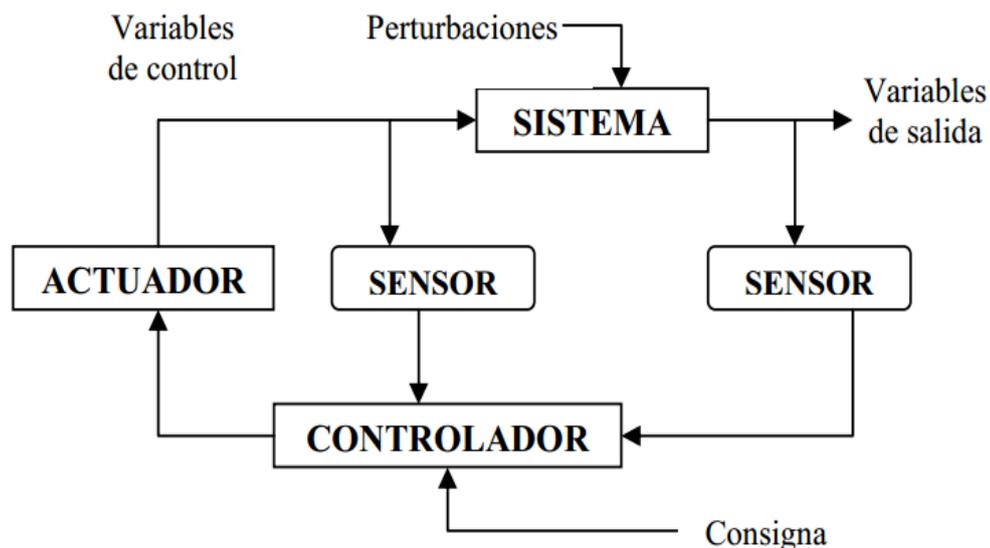
También manifiesta que un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad del sistema y particularmente, se robustece frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación se muestran en el siguiente diagrama. (Universidad Politécnica de Catalunya, 2001)

**Diagrama 1.1**

**Esquema general de un sistema de control**



Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

### 1.3.1 Microcontrolador

Ingenio-upp (2008) menciona que un microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la estructura (arquitectura) de un microcomputador, es decir CPU, RAM, ROM y circuitos de entrada y salida.

También manifiesta que algunos microcontroladores más especializados poseen además convertidores analógicos digital, temporizadores, contadores y un sistema para permitir la comunicación en serie y en paralelo. Lo que permite crear muchas aplicaciones con los microcontroladores. Estas aplicaciones son ilimitadas, entre ellas podemos mencionar: sistemas de alarmas, juego de luces, paneles publicitarios, controles automáticos para la industria en general, control de motores DC/AC y motores de paso a paso, control de máquinas, control de temperatura, control de tiempo, adquisición de datos mediante sensores, etc.

Especifica que un controlador es un dispositivo electrónico que sirve para controlar uno o más procesos, por ejemplo, el controlador del aire acondicionado, recogerá la información de los sensores de temperatura, la procesará y actuará en consecuencia.

Expone que al principio, los controladores estaban formados exclusivamente por componentes discretos. Más tarde, se emplearon procesadores rodeados de memorias, circuitos de E/S,... sobre una placa de circuito impreso (PCB). Actualmente, los controladores integran todos los dispositivos antes mencionados en un pequeño chip. Esto es lo que hoy conocemos con el nombre de microcontrolador.

**Figura 1.4**  
**Microcontrolador**



Fuente: <http://technohall.com/2012/08/recursos-basicos-microcontroladores-pic/>

### **1.3.2 Componentes electrónicos externos**

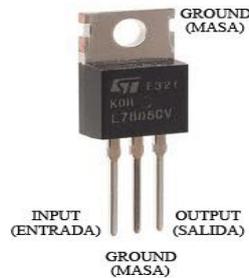
En la realización de cualquier proyecto con Microcontroladores siempre serán necesarios componentes electrónicos para el correcto funcionamiento del sistema.

#### **1.3.2.1 Fuentes de alimentación**

Los Microcontroladores por lo general se alimenta con 5 V DC, los cuales se aplican entre los pines de alimentación Vdd(+) y Vcc(-). El consumo de corriente del dispositivo depende de las cargas conectadas al Microcontrolador y de su frecuencia de trabajo. Se aconseja que se coloque un capacitor de desacoplo de 100nF lo más cerca posible de los pines de alimentación; una fuente DC de 5V y por lo menos 700 mA para abastecer al microcontrolador y demás componentes en la placa de control. Para la interfaz de potencia es recomendable utilizar una fuente externa con tierras aisladas para evitar ruidos que puedan ocasionar un funcionamiento incorrecto del sistema.

Se utilizará el regulador LM7805 el cual tiene las siguientes características. (López, Cuasapaz, & Madera, CONTROL DE ACCESO POR CLAVE, 2014)

**Figura 1.5**  
**Regulador 5V**



Fuente: <http://nostalgiaspectrum.blogspot.com/2011/03/hardware-la-alimentacion-electrica-y.html>

Características:

**Tabla 1.1**

**Características de regulador LM7805**

Características	
V salida	+5VDC
Corriente máxima de salida	1,5 A
V entrada	7-25 VDC
Encapsulado:	TO-220

Fuente: <http://www.hackmat.com/regulador-de-voltage-lm7805-com-7805>

### 1.3.2.2 Resistencias<sup>4</sup>

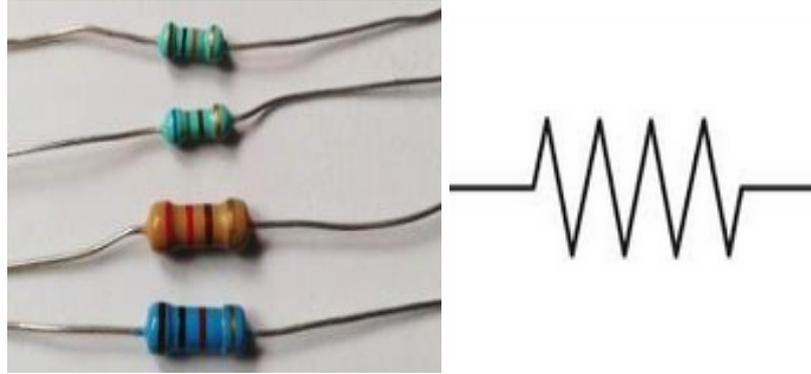
Las resistencias son los elementos electrónicos que se utilizan para limitar la corriente eléctrica que fluye en un dispositivo. Están compuestas por carbón y otros componentes resistivos. La corriente máxima de un resistor está limitada por la potencia máxima que puede disipar en su cuerpo. Los valores más comunes encontrados son 0.25W, 0.5W y 1W. En la figura 1.6 se muestran ejemplos de las

<sup>4</sup> Medina Cervantes, Jesús. *Introducción al Microcontrolador*. Tutorial

resistencias y su símbolo electrónico. (López, Cuasapaz, & Madera, Inmótica, 2014)

**Figura 1.6**

**Resistencias y simbología**



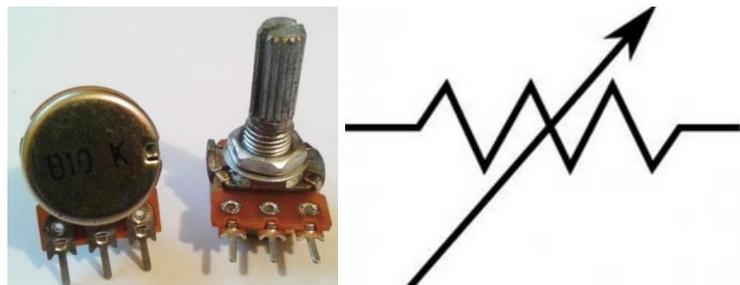
Fuente: Introducción al Microcontrolador, Medina Cervantes Jesús

**1.3.2.3 Potenciómetro**

Los potenciómetros son resistores con valor de resistencia eléctrica variable. De esta forma se puede controlar indirectamente la intensidad de corriente eléctrica que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial eléctrico si se conecta en serie. En la figura 1.7 se muestra un ejemplo de potenciómetro típico y su símbolo electrónico. (López, Cuasapaz, & Madera, CONTROL DE ACCESO POR CLAVE, 2014)

**Figura 1.7**

**Potenciómetro y Simbología**

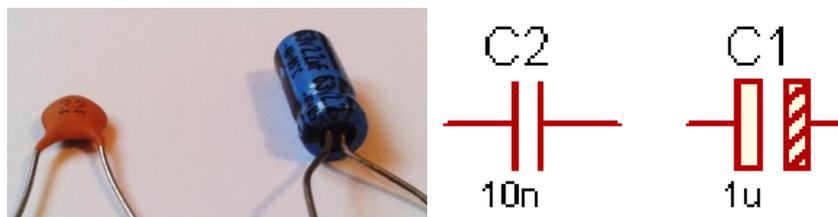


Fuente: introducción al Microcontrolador, Jesús Medina Cervantes

### 1.3.2.4 Capacitor

Es un dispositivo pasivo capaz de almacenar energía en un campo eléctrico entre dos superficies o placas conductoras, separadas por un material dieléctrico o por el vacío. Los capacitores se utilizan en baterías, memorias, filtros, adaptación de impedancias, para flash en cámaras fotográficas, para mantener corriente en un circuito y evitar caídas de tensión. Los capacitores se realizan de diferentes materiales, como: vidrio, mica, papel, cerámica, tantalio, electrolíticos, etc. (López, Cuasapaz, & Madera, CONTROL DE ACCESO POR CLAVE, 2014)

**Figura 1.8**  
**Condensador y simbología**



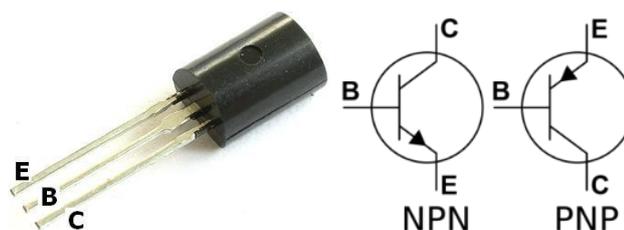
Fuente: introducción al Microcontrolador, Jesús Medina Cervantes

### 1.3.2.5 Transistores

Son dispositivos electrónicos semiconductores que cumplen algunas funciones como: amplificadores, osciladores, conmutadores o rectificadores. Estos se encuentran en los aparatos electrónicos como radios, televisores, reproductores de audio y video, relojes de cuarzo, computadores, teléfonos celulares, etc. (López, Cuasapaz, & Madera, CONTROL DE ACCESO POR CLAVE, 2014)

**Figura 1.9**

**Transistor y simbología**

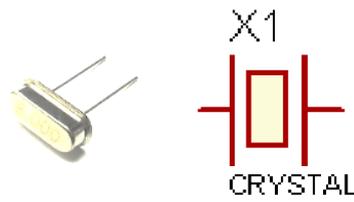


Fuente: <http://www.identi.li/index.php?topic=195555>

### 1.3.2.6 Oscilador

Los microcontroladores siempre requieren de un circuito que les indique la velocidad del trabajo. A estos circuitos se les llama osciladores o relojes. Los osciladores generan ondas cuadradas de alta frecuencia. Existen diferentes tipos de osciladores que se pueden utilizar en los microcontroladores, como son: XT (cristal de cuarzo), RC (oscilador con resistor y capacitor), HS (cristal de alta velocidad), LP (cristal de baja frecuencia y bajo consumo de potencia) y externo (se aplica una señal de reloj externa). (López, Cuasapaz, & Madera, CONTROL DE ACCESO POR CLAVE, 2014)

**Figura 1.10**  
**Oscilador y simbología**



Fuente: [http://es.aliexpress.com/promotion/electronic\\_crystal-resonator-promotion.html](http://es.aliexpress.com/promotion/electronic_crystal-resonator-promotion.html)

**Figura 1.11**  
**Conexión del oscilador y valores de los condensadores**



Fuente: <http://www.mikroe.com-microelectrónica>.

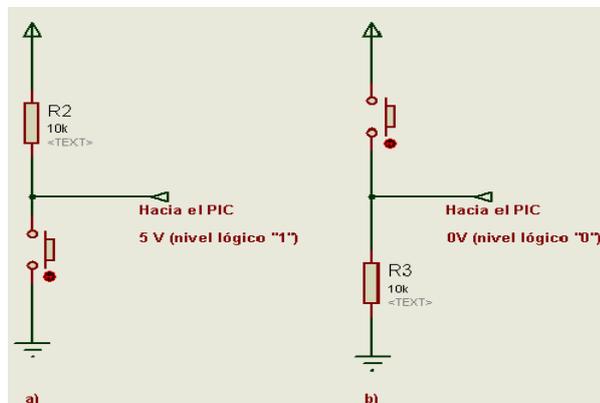
En la figura 1.11 se indica la forma de conexión del oscilador, las frecuencias del trabajo dependiendo del tipo de oscilador, y los capacitores recomendados.

### 1.3.2.7 Botón Pulsador

Los botones pulsadores permiten introducir señales digitales (niveles “0” o “1”) hacia los microcontroladores. Es posible establecer dos arreglos diferentes para establecer el nivel lógico que se desea introducir de manera inicial (cuando aún no se ha presionado el botón pulsador). Los dos tipos de arreglos se muestran en la siguiente figura. (López, Cuasapaz, & Madera, CONTROL DE ACCESO POR CLAVE, 2014)

**Figura 1.12**

#### Conexión de pulsadores



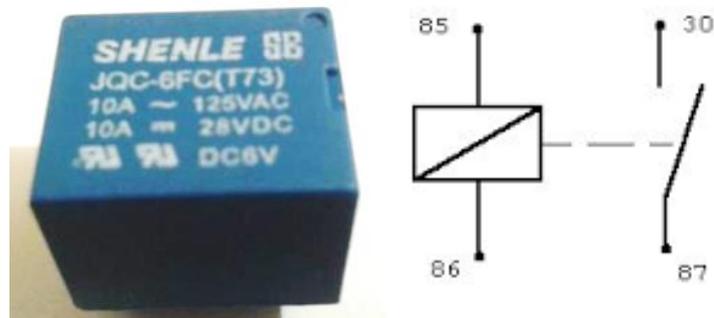
Fuente: introducción al Microcontrolador, Jesús Medina Cervantes

### 1.3.2.8 Relé

El relé es un dispositivo electromecánico que hace la función de un interruptor, controlado mediante un circuito eléctrico. Por medio de una bobina y un electroimán, acciona uno o varios contactos que permiten cerrar o abrir otros circuitos eléctricos independientes. Los relés pueden controlar circuitos de salida de mayor potencia que el circuito de entrada. En la figura 1.13 se presenta un ejemplo del relé y su símbolo electrónico. (López, Cuasapaz, & Madera, CONTROL DE ACCESO POR CLAVE, 2014)

**Figura 1.13**

**Relé y simbología**



Fuente: Introducción al Microcontrolador, Medina Cervantes Jesús

**1.3.3. Lenguaje de programación y compilación**

Es un lenguaje que puede ser utilizado para controlar el comportamiento de una máquina, particularmente una computadora. Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos, respectivamente. Aunque muchas veces se usa lenguaje de programación y lenguaje informático como si fuesen sinónimos, no tiene por qué ser así, ya que los lenguajes informáticos engloban a los lenguajes de programación y a otros más, como por ejemplo, el HTML. (Univerframesimon, 2014)

Un programa que se escribe en un lenguaje de alto nivel también tiene que traducirse a un código que pueda utilizar la máquina. Los programas traductores que pueden realizar esta operación se llaman compiladores. Éstos como los programas ensambladores avanzados, pueden generar muchas líneas de código de máquina por cada proposición del programa fuente. Se requiere una corrida de compilación antes de procesar los datos de un problema. (Univerframesimon, 2014)

**1.4 Interfaz de potencia**

Las interfaces de potencia son dispositivos intermedios entre nuestro microcontrolador y aquellos aparatos que requieran cantidades de corriente mayores a los que pueden manejar el microcontrolador (por lo general es una corriente de unos 40 miliamperios como máximo por pin). (Lozano, 2014)

**Figura 1.14**

**Circuito de interfaz de Potencia**



Fuente: [articulo.mercadolibre.com.mx](http://articulo.mercadolibre.com.mx)

Motores de paso, motores DC, servomotores, lámparas incandescentes, reflectores, grupos de leds, son ejemplos de dispositivos que se pueden llegar a controlar desde el microcontrolador a través de las interfaces de potencia, es un grave error tratar de conectar este tipo de dispositivos directamente a los pines del microcontrolador. Se utilizan transistores, relés, puentes-H o interfaces electrónicas de control, para construir las interfaces de potencia. (Lozano, 2014)

### **1.5 Válvulas**

Una válvula es una pieza mecánica usada para modificar el flujo o el fluido que pasa a través de ella, la acción de la válvula es causada por el movimiento de cierre de un elemento (puede ser una bola, puerta, disco, tapón, etc.) el cual está conectado a un cuello localizado fuera de este, a su vez tiene un sistema para cambiar el control de la posición del elemento de cierre (Viana, 2001)

#### **1.5.1 Electroválvula**

Quiminet (2012) menciona que una electroválvula es un dispositivo encargado de controlar el flujo de un fluido que viaja a través de una tubería o conductor.

A su vez expresa que las electroválvulas son consideradas también como válvulas electromecánicas pues éstas son controladas por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

Y manifiesta que estas válvulas son utilizadas cuando la señal proviene de un

temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. Por lo tanto, con las electroválvulas se puede elegir el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

**Figura 1.15**  
**Electroválvula**



Fuente: <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/artbild/maxi/vfg-max-s220-ng.jpg>

La válvula de solenoide es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada. A diferencia de las válvulas motorizadas, las cuales son diseñadas para operar en posición moduladora, la válvula de solenoide no regula el flujo aunque puede estar siempre completamente abierta o completamente cerrada.

Emerson Electronic (2013) comenta que la válvula solenoide puede usarse para controlar el flujo de muchos fluidos diferentes, dándole la debida consideración a las presiones y temperaturas involucradas, la viscosidad del fluido y la adaptabilidad de los materiales usados en la construcción de la válvula.

También menciona que la válvula solenoide es una válvula que se cierra por gravedad, por presión o por la acción de un resorte; y, es abierta por el movimiento de un émbolo operado por la acción magnética de una bobina energizada eléctricamente, o viceversa.

Y especifica que una válvula solenoide consiste de dos partes accionantes distintas, pero integrales: un solenoide (bobina eléctrica) y el cuerpo de la válvula.

- Principio de Operación.- En una válvula de solenoide típica, la aguja de la

válvula está unida mecánicamente a la parte inferior del émbolo. En esta válvula en particular, cuando se energiza la bobina, el émbolo es levantado hacia el centro de la bobina, levantando la aguja del orificio donde está sentada, permitiendo así el flujo. Cuando no se energiza la bobina, el peso del émbolo hace que caiga por gravedad y cierre el orificio, deteniendo el flujo. En algunos tipos de válvulas, un resorte empuja el émbolo para que cierre la válvula; esto permite que la válvula pueda instalarse en otras posiciones diferentes a la vertical. (Emerson Electronic, 2013)

## 1.6 Sensores

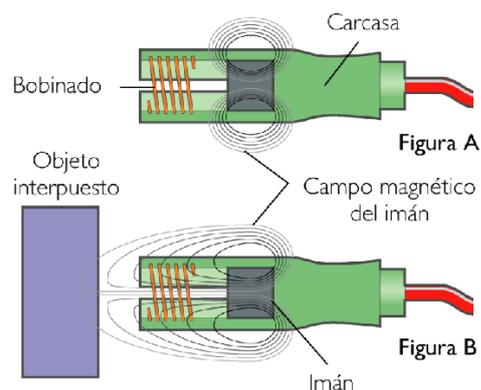
El sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan. (DACs, 2014)

### 1.6.1 Sensor inductivo

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. (DACs, 2014)

**Figura 1.16**

#### **Sensor Inductivo**



Fuente: [www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com)

El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico"

o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF". La bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético este envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado. (DACS, 2014)

### **1.6.2 Sensor capacitivo**

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector. (DACS, 2014)

**Figura 1.17**

**Sensor Capacitivo**



Fuente: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>

Los detectores capacitivos están contruidos en base a un oscilador RC. Debido a la influencia del objeto a detectar, y del cambio de capacitancia, la amplificación se incrementa haciendo entrar en oscilación el oscilador. El punto exacto de ésta función puede regularse mediante un potenciómetro, el cual controla la realimentación del oscilador. La distancia de actuación en determinados materiales, pueden por ello, regularse mediante el potenciómetro. (DACS, 2014)

La señal de salida del oscilador alimenta otro amplificador, el cual a su vez, pasa la señal a la etapa de salida. Cuando un objeto conductor se acerca a la cara activa del

detector, el objeto actúa como un condensador. El cambio de la capacitancia es significativo durante una larga distancia. Si se aproxima un objeto no conductor, ( $>1$ ) solamente se produce un cambio pequeño en la constante dieléctrica, y el incremento en su capacitancia es muy pequeño comparado con los materiales conductores. (DACS, 2014)

### 1.6.3 Sensores Ópticos

Cuando hablamos de sensores ópticos nos referimos a todos aquellos que son capaces de detectar diferentes factores a través de un lente óptico. Tanto en el emisor como en el receptor existen pequeñas lentes ópticas que permiten concentrar el haz de luz este se encuentran en un mismo encapsulado. Generalmente trabajan por reflexión de la luz, es decir, el emisor emite luz y si esta luz es reflejada por un objeto, el receptor lo detecta. (DACS, 2014).

Existen tres tipos principales:

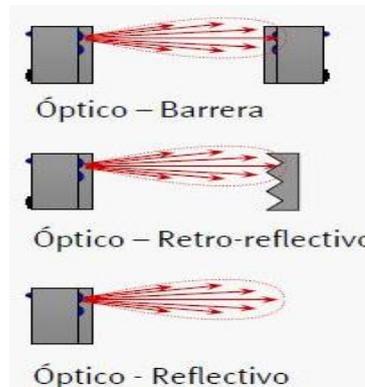
Sensor infrarrojo de barrera.- Las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes, un componente que emite el haz de luz, y otro componente que lo recibe. Se establece un área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar. Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran alineados. Esto se debe a que la luz emitida siempre tiende a alejarse del centro de la trayectoria. (Castro De la Cruz, 2012)

Sensor auto réflex.- La luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea censado, un objeto de color negro no es detectado ya que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios. (Castro De la Cruz, 2012)

Sensor réflex.- Tienen el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo, el haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadióptrico. El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras réflex es que el cableado es en un solo lado, a diferencia

de las barreras emisor-receptor que es en ambos lados. (Castro De la Cruz, 2012)

**Figura 1.18**  
**Sensor Óptico**



Fuente: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>

### **1.7 Subsistema Electromecánico de Avance**

El subsistema electromecánico de avance será el encargado de hacer mover las botellas a su siguiente posición, transportara las botellas a lo largo del proceso este se detendrá en el lugar y el momento adecuado accionado por el sistema de control.

**Figura: 1.19**

### **Mecanismo de Avance**

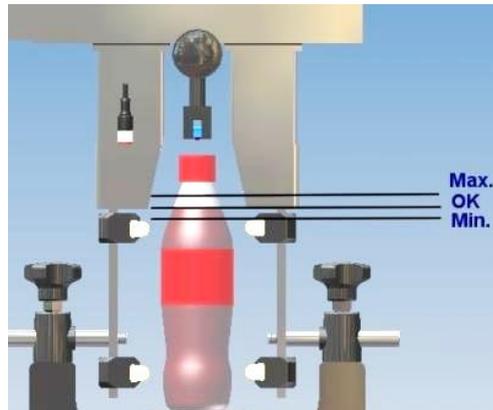


Fuente: <http://www.espacioplastico.com/>

### **1.8 Subsistema de Llenado**

El subsistema de llenado será el encargado de llenar los recipientes con un nivel preestablecido.

**Figura 1.20**  
**Sistema de Llenado**



Fuente: <http://www.ftssystem.it/espanol/prodotto.aspx?id=6>

### **1.9 Subsistema Electromecánico de Sellado**

Este sistema será el encargado de presionar las tapas para así dejar sellada la botella y culminar el proceso.

**Figura 1.21**  
**Sistema de Sellado**



Fuente: <http://maquinariamac.galeon.com/familia1209683.html>

## CAPÍTULO II

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS

#### 2.1 Introducción

Esta investigación beneficiará a las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de bebidas embotelladas, ya que aumentaran su producción satisfaciendo la demanda del mercado colocándolas en un nivel más competitivo.

La máquina de llenado y tapado lineal, está diseñada para envasar y sellar botellas de 500 cc, con una capacidad aproximada de 840 botellas por hora, las cuales se llenarán y tapan en grupos de 4 en 4. Por medio de una banda transportadora avanzarán las botellas para colocarse cada una en su sitio, luego controlado por un motor, bajará el bloque de llenado, al estar en la posición preestablecida una electroválvula abrirá el flujo del líquido, el llenado será controlado por el tiempo transcurrido, para lo cual se mantendrá estable la presión manteniendo el nivel fijo en el tanque elevado a utilizar, una vez llena las botellas se cerrará el flujo de agua, se levantará el bloque de llenado y se accionará la banda transportadora. Las botellas llenas, pasarán por un mecanismo que les ubicará las tapas, al ser del tipo trampa este mecanismo será asistido por bandas laterales sincronizadas que evitarán que la botella caiga mientras intenta capturar la tapa. Al llegar a la sección de sellado un sensor va a detectar las botellas. Una por una entrarán al boque de sellado donde un actuador las sujetará por el cuello mientras un pistón accionado con un motor DC será el encargado de ejercer presión para sellar la tapa, luego se posicionaran 4 botellas vacías al punto de llenado para así repetir el ciclo. Al finalizar el proceso la banda transportadora sacará los envases llenos y sellados.

Mientras se está en el proceso de envasado un operario debe colocar las botellas y las tapas en su lugar correspondiente.

El proceso será controlado por un microcontrolador, el cual accionará los motores para la banda transportadora, el bloque de llenado y el bloque de tapado, en los cuales, los diferentes estados de posición serán detectados por sensores de presencia, este llevará el conteo del número de botellas llenadas en la jornada de trabajo.

### 2.1.1 Diagrama General en Bloque

La máquina está compuesta por 5 subsistemas los cuales trabajan en conjunto para lograr cumplir el objetivo deseado.

- Un subsistema de llenado, es el encargado de llenar los envases de agua.
- El subsistema de tapado, es el encargado de presionar las tapas para que queden selladas sin dejar que se derrame el líquido, ni se deforme la botella.
- El subsistema de avance es el encargado de hacer avanzar las botellas por cada uno de los procesos.
- El mecanismo colocador de tapas, es el encargado de ubicar las tapas en las botellas.
- Y el sistema de control, que se encarga de sincronizar y emitir todas las acciones correspondientes, para que el proceso se cumpla de la manera indicada.

**Diagrama 2.1**

**Diagrama de bloques**

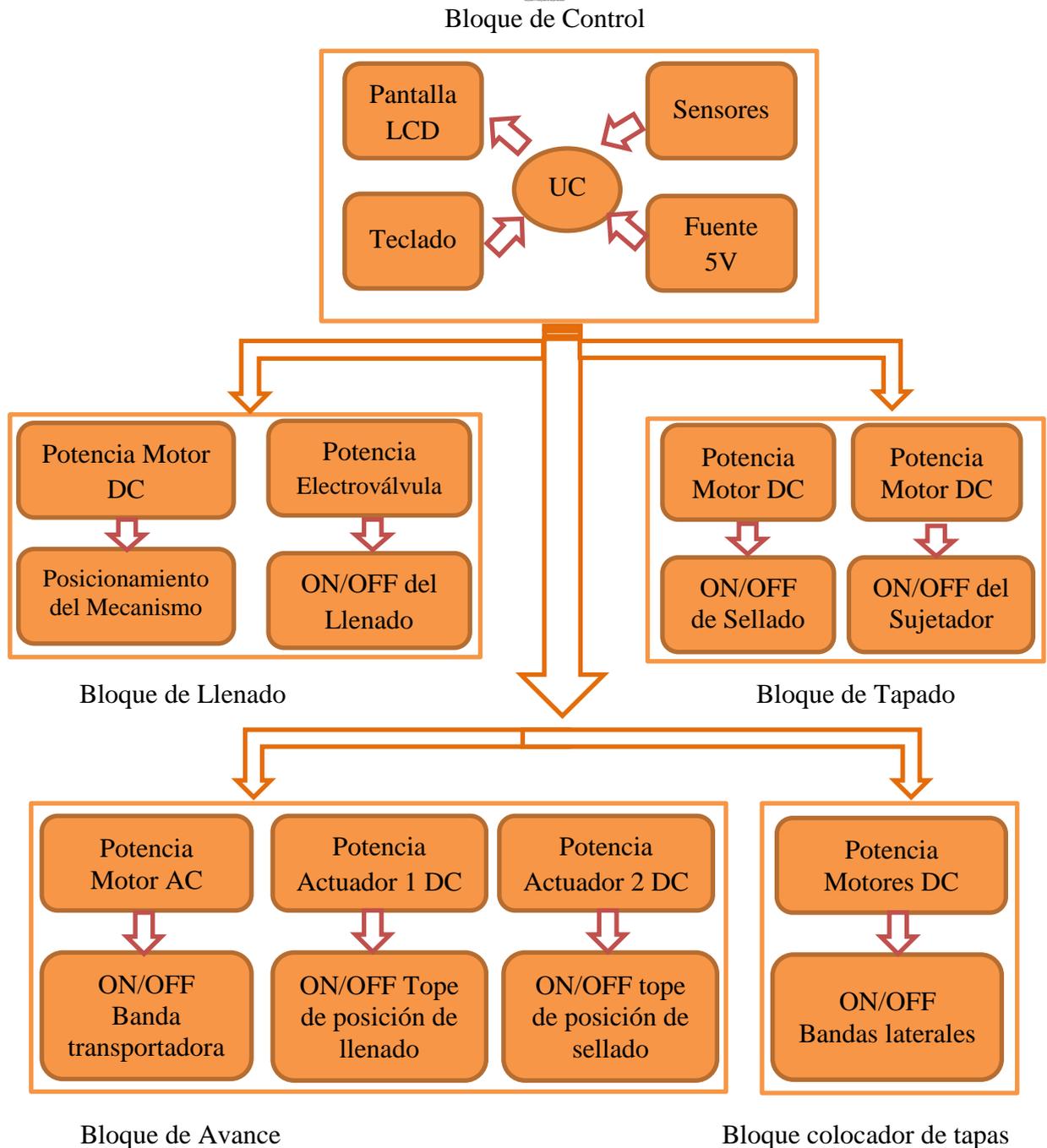


Elaborado por: Autor

En la figura anterior se puede apreciar en términos básicos, el ciclo completo por el cuál pasan las botellas, con una duración de aproximadamente 18 segundos cada 4 botellas.

**Diagrama 2.2**

**Diagrama de bloque detallado**



Elaborado por: Autor

En el diagrama 2.2 se detallan los diferentes procesos dentro de cada bloque, en los cuales se puede apreciar todas las interfaces de potencias que deben accionar el microcontrolador y cuál es su función en la máquina.

## **2.2 Subsistema Electromecánico**

Los sistemas electromecánicos son sistemas mecánicos controlados o accionados por medio de sistemas eléctricos.

Estos subsistemas serán los encargados de darle movimiento a la máquina, utilizando motores eléctricos con estructuras mecánicas ya que combinándolas se logra obtener el movimiento deseado y que la máquina sea capaz de cumplir con todas las exigencias de su diseño.

### **2.2.1 Mecanismo de avance de Botellas**

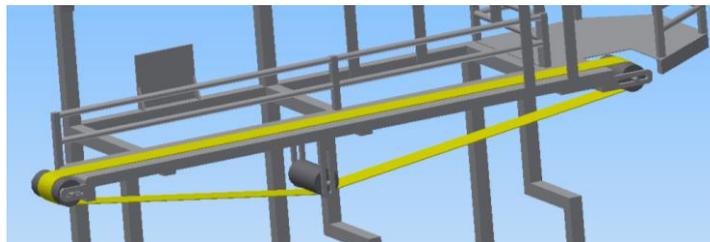
Este mecanismo será el encargado de hacer avanzar las botellas hacia su siguiente posición, lo cual se logrará a través de una banda transportadora.

La velocidad de movimiento de este mecanismo debe ser lenta, aproximadamente cuatro centímetros por segundo para evitar un desplazamiento inapropiado de las botellas.

Sensores de presencia serán los encargados de detectar las botellas cuando lleguen a la posición deseada, y los actuadores de botellas serán los encargados de que las botellas se mantengan en la posición preestablecida para cada ciclo del proceso.

El motor de la banda transportadora deberá tener el torque superior a 10Nm para mover las botellas sin sufrir pérdidas en su desplazamiento cada vez que se activa.

**Figura 2.1**  
**Mecanismo de avance**



Elaborado por: Autor

### **2.2.2 Mecanismo de Llenado**

El mecanismo de llenado será el encargado de llenar las botellas de agua.

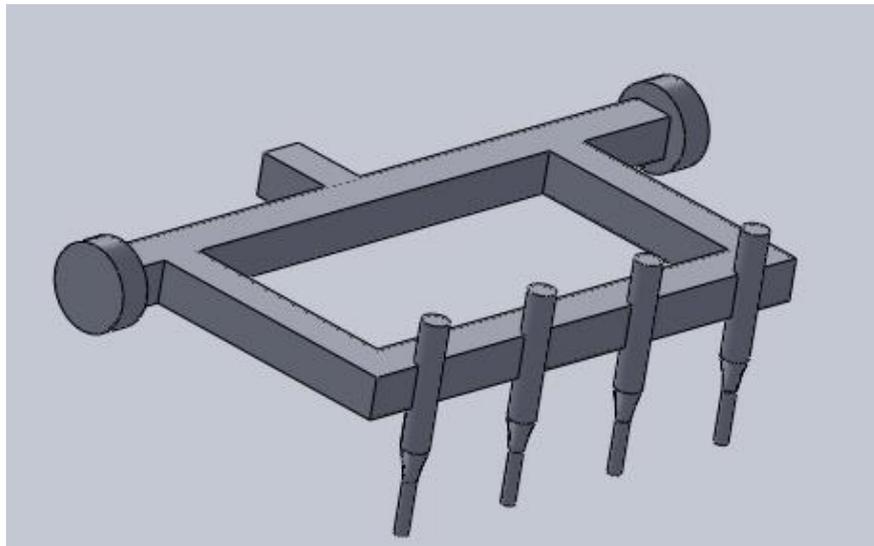
Estando activada la banda transportadora un sensor óptico detectará las botellas que lleguen a la posición de llenado. Al detectar la primera botella se liberará un pequeño

actuador que detendrá las botellas justo en el lugar preciso. La banda no se detendrá hasta que hayan llegado las cuatro botellas a su posición, una vez ocurrido esto la banda transportadora se detendrá. De inmediato se activará el brazo de llenado el cual contará con un motor que levantará y bajará los picos de salida del líquido en el momento indicado, es decir, al entrar las botellas vacías bajará el mecanismo para proceder al inicio del llenado, una vez culminado este, se levantará, retrocederá el actuador para permitir que las botellas avancen, a su vez entren nuevas botellas. Para realizar esta tarea el motor deberá tener un torque alto, velocidad relativamente lenta y preciso al detenerse y arrancar.

A través de la inversión del giro del motor se logrará que el mecanismo suba o descienda, en el cual se instalará un sensor de presencia para detectar la posición exacta del mecanismo y así controlar de forma precisa dicho motor.

**Figura 2.2**

### **Válvulas de llenado**



Elaborado por: Autor

### **2.2.3 Mecanismo Colocador de Tapas**

Este mecanismo está encargado de colocar las tapas en las botellas, su sistema se considera de trampa, ya que al pasar la botella por esta sección una tapa es jalada por el pico de la botella y a su vez otra tapa toma su lugar para repetir el proceso, al ser la tapa jalada pasará por una estructura que la presionará hacia abajo para que se ubique correctamente en su lugar y estar lista para la siguiente fase del proceso, el sellado.

El sistema es apoyado por dos bandas laterales que están sincronizadas con el mecanismo de avance, estas no permiten que la botella caiga en el momento que captura la tapa dándole una mayor fuerza al movimiento de la botella.

**Figura 2.3**

**Estructura colocadora de tapas**



Elaborado por: Autor

**2.2.4 Mecanismo de Sellado**

Este mecanismo es el encargado de sellar las tapas, al estar dentro del proceso de sellado el sensor de presencia detecta la primera botella que va a ser sellada, se activa por un pequeño momento un motor DC, este motor está conectado a una variación del mecanismo biela-manivela para conseguir que un pequeño martillo dé un golpe previamente regulado, y ejerza presión sobre la tapa. Para evitar que la botella se deforme ante esta fuerza antes del golpe se activa el sujetador de botella, que una placa metálica con la forma exacta del cuello de la botella, este la sostiene y absorbe el impacto protegiendo a la botella.

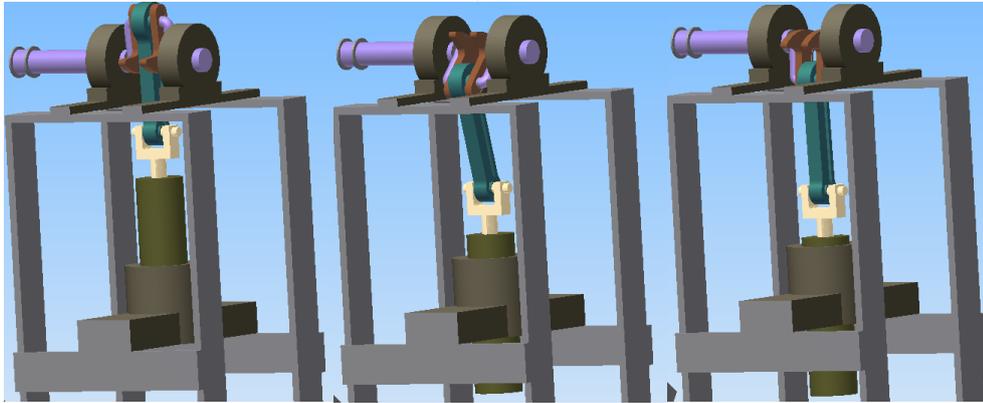
Estos dos movimientos, el de sujeción y el de sellado estarán sincronizados, este proceso se repetirá en cada botella logrando así que la botella quede sellada. Lista para ser manipulada por el operario.

La entrada de las botellas al bloque de sellado esta sincronizada entre el sensor de presencia, la banda transportadora y las bandas laterales del colocador de tapas. De tal forma que cuando el sensor detecte una botella, las bandas laterales se detengan instantáneamente, pero la banda transportadora siga activa por un momento más, esta variación de tiempos permite a la botella detectada llegar a su posición preestablecida

mientras que las otras botellas quedan retenidas en las bandas laterales, con esto se controla el flujo individual de cada botella,

**Figura 2.4**

### **Mecanismo de sellado**



Elaborado por: Autor

## **2.3 Subsistema de Control**

### **2.3.1 Controlador**

Será el encargado de controlar y sincronizar todo el proceso para así cumplir con el objetivo propuesto.

Este tendrá que tener la memoria suficiente para almacenar el código necesario para su funcionamiento, periféricos de salida para visualizar datos en una LCD, recibir los estados de posición de los sensores, y enviar las acciones al bloque de potencia, así mismo deberá tener entradas suficientes para la interfaz humano máquina.

Será el encargado de recibir la señal del sensor de presencia ubicado en el módulo de avance, y con esto poder posicionar las botellas en el lugar correcto para así activar la electroválvula, permitir el flujo del agua y comenzar el proceso. Se encargará de llevar el conteo del tiempo necesario para que las botellas estén llenas, una vez culminado este proceso enviará la orden apagar la electroválvula, levantar el módulo de llenado, retroceder el actuador y activar el sistema de avance.

Activará y desactivará las bandas laterales a medida que las botellas van ingresando al módulo de sellado.

Luego receptorá la señal del sensor de presencia del modulo de sellado, y accionará el sujetador, el piston de sellado y finalizando con activar el actuador de tope para permitir la salida de las botellas.

### **2.3.2 Bloque de Potencia**

Este bloque será el encargado de transferir las acciones que ordena el microcontrolador a los motores y actuadores que intervengan en ello. Deberá ser capaz de accionar, la electroválvula AC, un Motor AC, dos actuadores DC, cuatro Motores DC, y en un Motor DC contará con su respectivo control de inversión de polaridad.

### **2.3.3 Sensores**

Los sensores a utilizar tendrán que detectar la posición de ciertas partes de la máquina que lo requieran y de las botellas, los cuales deberán contar con las siguientes características.

*Para el brazo de llenado:*

- Sensor de presencia
- Detección de metal
- Resistencia al ambiente húmedo
- Salida ON/OFF
- Alimentación DC
- Salida Digital TTL (lógica transistor a transistor)

*Para las botellas:*

- Sensor de presencia
- Detección de plástico
- Sin contacto Físico
- Salida ON/OFF
- Alimentación DC
- Salida TTL

### **2.3.4 Interfaz Humano Máquina**

Esta será la encargada de establecer una comunicación entre el operador y la maquina por medio de señales visuales que serán mostradas en una LCD, como el estado del proceso y el conteo de ciclos de llenado, además contará con periféricos de entrada para accionar el encendido, apagado, inicio, pausa, parado de emergencia y reinicio del contador.

### **2.4 Subsistema Hidráulico**

Este subsistema es el encargado del transporte del agua ya purificada, control del caudal, y precisión del llenado.

Se utilizará una electroválvula que será la encargada de permitir el flujo del agua de la tubería a las botellas, esta será controlada por el microcontrolador el cual mandará la orden de encendido para que inicie el llenado y de apagado cuando este ya haya culminado.

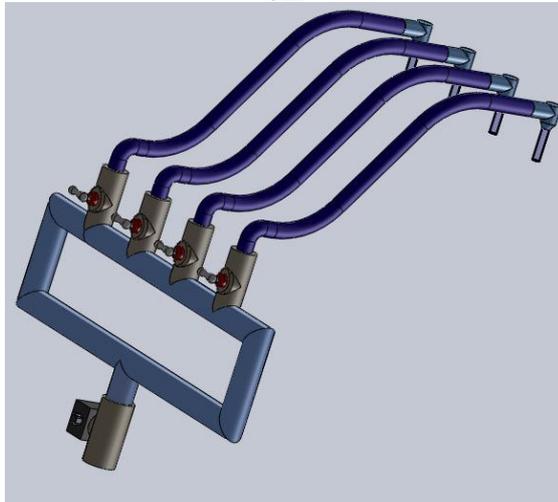
La precisión de llenado en las cuatros botellas se la logrará por diversos factores:

- 1.- Caudal constante gracias al control de nivel dentro del tanque elevado.
- 2.- Diámetro fijo de tuberías.
- 3.- Válvulas de cierre para cada pico de llenado, ésta será regulada manualmente hasta lograr el nivel deseado en todas las botellas.

El agua será proporcionada por un depósito elevado al cual se le calculará la altura mínima de elevación que debe tener para mantener el caudal deseado, a su vez contará con un mecanismo de flotador, para el control de nivel y así garantizar su correcto funcionamiento.

**Figura 2.5**

**Sistema Hidráulico**



Elaborado por: Autor

**2.4.1 Electroválvula**

Es la encargada de permitir o no el paso del líquido; al ser este de consumo humano deberá cumplir con las normas de higiene correspondientes, es decir tendrá que ser de un material no corrosivo ni tóxico, con el diámetro apropiado para el caudal a utilizar.

**2.4.2 Tuberías y Accesorios**

Al transportar agua para el consumo humano las tuberías deberán ser de un material aprobado por el ente regulador, al igual que los accesorios como son: codos, neplos, uniones, llaves de cierre, entre otros.

## CAPÍTULO III

### CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

#### 3.1 Introducción

En este capítulo se definen las características del diseño, la selección de los elementos de cada parte de la máquina para lograr el objetivo deseado.

#### 3.2 Mecanismo de avance de botellas

Este mecanismo como antes ya se había mencionado es el encargado de hacer avanzar las botellas a su posición respectiva, se utilizará una banda transportadora movida por un motor eléctrico para impulsar las botellas.

**Banda.-** La banda transportadora es lo suficientemente flexible para poder girar sin problemas con unos rodillos de seis centímetros de diámetro y con una superficie parcialmente lisa para que las botellas no queden inclinadas y a su vez permita la fricción con el rodillo motriz y no resbale.

**Tensor y sujetadores.-** La banda transportadora contará con 3 rodillos de 6 centímetros de diámetro, uno de transmisión de movimiento, otro de giro libre, y el tercero será de giro libre con regulación para tensar la banda y poder facilitar su puesta y extracción en caso de ser necesario su mantenimiento.

**Estructura.-** Las botellas serán guiadas y la banda soportada por una estructura hecha toda en Monel – Acero inoxidable, para evitar problemas de corrosión y cumplir con las normas de higiene.

**Motor.-** El avance de la banda transportadora será a la velocidad de 4,24 cm/seg., con un torque superior a 10Nm

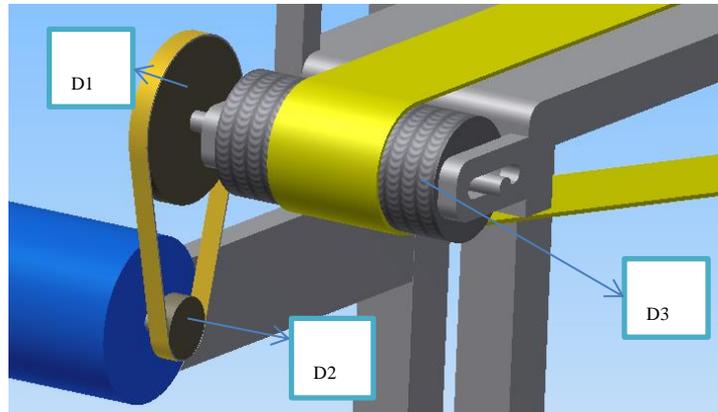
Para seleccionar el motor que debe mover la banda transportadora se procede a calcular las revoluciones por minuto necesarias para cumplir con los requisitos establecidos.

Se implementa un sistema de reducción mecánica con una relación de 6,67:1

utilizando piñones estándares en el mercado local.

**Figura 3.1**

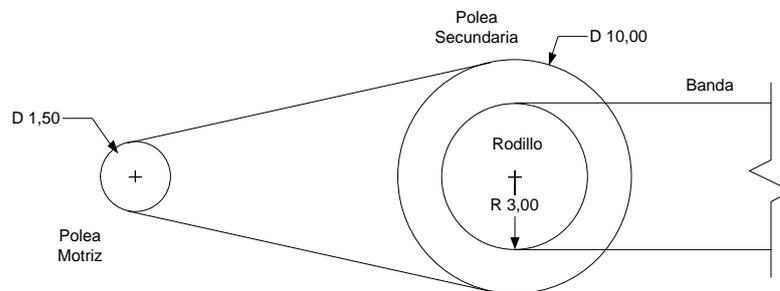
**Diseño de Poleas**



Elaborado por: Autor

**Figura 3.2**

**Diámetros de Poleas**



Elaborado por: Autor

**Cálculos de Velocidad del Motor**

Siendo:

D1 = diámetro de polea secundaria [m]

D2 = diámetro Polea Motriz [m]

$D3 = \text{diámetro Rodillo [m]}$

$N1 = \text{revoluciones por minuto de la polea secundaria [rpm]}$

$N2 = \text{revoluciones por minuto de la polea motriz [rpm]}$

$N3 = \text{revoluciones por minuto del rodillo [rpm]}$

Observando el bosquejo obtenemos:

$D1 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

$D2 = 1.5 \text{ cm} = 0.015 \text{ m}$

$D3 = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$

$N1 = ?$

$N2 = ?$

$N3 = 13,5 \text{ rpm}$

Para conocer la velocidad de la banda, es necesario calcular la circunferencia del rodillo.

$$L = 2 \times \pi \times r \text{ [cm]} \quad (1)$$

### **Ecuación de Circunferencia**

Dónde:

$L = \text{longitud de circunferencia del rodillo [cm]}$

$r = \text{radio del rodillo [cm]}$

Reemplazamos:

$$L = 2 \times \pi \times 3 \text{ cm}$$

$$L = 18,85 \text{ cm}$$

Como la banda debe avanzar 4,24 cm/seg en un minuto, obtendríamos:

$$\text{Velocidad} = 4,24 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} * 60 \frac{\text{seg}}{\text{min}}$$

$$\text{Velocidad} = 254,4 \text{ cm/min}$$

El rodillo de la banda tiene una circunferencia de 18,85 cm, por cada vuelta de este la banda avanzará la misma distancia, con lo cual podemos obtener las revoluciones por minuto del rodillo para lograr que la banda avance a la velocidad requerida.

$$\text{RPMnecesarias} = \frac{254,4 \text{ cm}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ rev}}{18,85 \text{ cm}}$$

$$\text{RPMnecesarias} = 13,5 \text{ rpm}$$

El rodillo debe dar 13,5 revoluciones por minuto para lograr que la banda avance a una velocidad de 4,24 cm/seg.

Como la polea secundaria y el rodillo están en el mismo eje tenemos:

$$N3 = N1 [\text{rpm}]$$

$$N1 = 13,5 \text{ rpm}$$

$$D1 \times N1 = D2 \times N2 \quad (2)$$

### **Fórmula de Relación entre Diámetros y revoluciones**

Remplazando y despejando obtenemos:

$$0,08 \text{ m} \times 13,5 \text{ rpm} = 0,015 \text{ m} \times N2$$

$$N2 = \frac{0,1 \text{ m} \times 13,5 \text{ rpm}}{0,015 \text{ m}}$$

$$N2 = 90 \text{ rpm}$$

El motor debe tener una velocidad de 90 rpm con un torque superior a 10Nm.

Para conseguir lo mencionado se puede utilizar un motor-reductor que cumple exactamente con lo solicitado, o un motor conectado a un variador de velocidad.

**Tabla 3.1**  
**Cuadro Comparativo Motor AC**

Características	Velocidad	Torque	Precio
Motor AC + Variador EATON 240	Variable	½ Hp	435.00
Motor Simens trifásico, reductor mecánico Transtecno	80 rpm	1 Hp	350.00
Motorreductor houle, relación 36/1, Monofásico	90 rpm	1/8 Hp	80.00
Motorreductor Baldor trifásico	115 rpm	3/4 Hp	162.28

Elaborado por: Autor

Se seleccionó el motor-reductor Houle, el cual cumple con las rpm especificadas y una potencia de 1/8Hp que equivale a 93,21Nm/seg, con el menor costo en el mercado local.

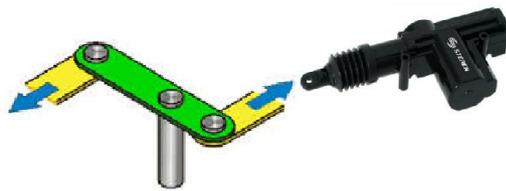
**Mecanismo de final de carrera.-** Para que el mecanismo que detendrá las botellas se posicione en el lugar establecido, se utilizará un Actuador Universal de botella

(figura 3.3) usado comúnmente en los seguros eléctricos de los carros, del cual se explicará más a fondo en la sección mecanismo de sellado.

Este actuador estará conectado a un sencillo mecanismo de palanca para prolongar su recorrido y su retorno lo realizará por medio de un resorte.

**Figura 3.3**

**Palanca**



Elaborado por: Autor

### **3.3 Mecanismo de Llenado**

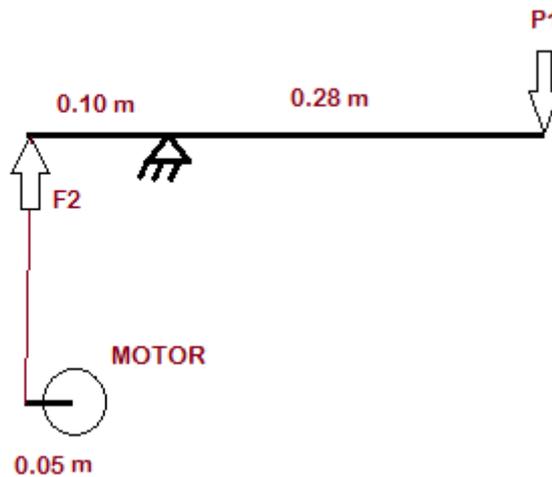
Para definir qué tipo de motor se utilizará, primero se especificará la fuerza mínima que debe superar para cumplir con su objetivo. A su vez, este motor debe ser de rápido accionamiento y parada además de facilitar su control de giro.

## Cálculos de peso y torque del sistema de llenado

Cálculos mecánicos:

**Figura 3.4**

**Equilibrio de fuerzas**



Elaborado por: Autor

Dónde:

P1 = Peso del brazo con los accesorios de llenado (MANIFOR) [Kg]

F2 = Fuerza mínima para poder mover el modulo [N]

D = Distancia 1 [m]

d = Distancia 2 [m]

Observando el bosquejo obtenemos:

D = 0.28 m

d = 0.1 m

P1 = 4,2 lb = 1,90 Kg

$$F = P \times g \text{ [N]} \quad (3)$$

### **Fuerza**

Siendo:

F = Fuerza [N]

P = peso [Kg]

g = gravedad [ $m/s^2$ ]

$$F = 1,90 \text{ Kg} \times (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 18,64 \text{ N}$$

$$T = F \times d \text{ [Nm]} \quad (4)$$

### **Torque**

Siendo:

T = Torque [Nm]

F = Fuerza [N]

d = Distancia [m]

$$T1 = 18,64 \text{ N} \times 0,28 \text{ m}$$

$$T1 = 5,21 \text{ Nm}$$

El torque producido por el peso del sistema es 5,21 Nm., el cual debe ser superado por el motor para poder mover el brazo sin que este lo venza con su peso.

Para dimensionar el motor se utilizar el torque necesario para mantener la estructura en equilibrio, sabiendo que el motor debe superar a este para poder realizar los movimientos requeridos.

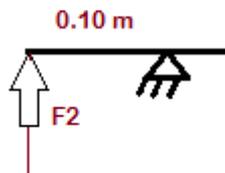
Calculo del torque de equilibrio.

$$T1 = T2 = 5,21 Nm$$

Calculado la fuerza necesaria para producir este momento obtenemos:

**Figura 3.5**

**Calculo de Fuerza de equilibrio**



Elaborado por: Autor

Utilizando la ecuación 4 obtenemos:

$$F2 = T2/d$$

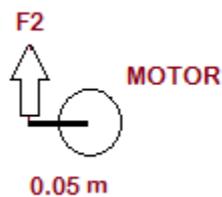
$$F2 = 5.21 Nm / 0.1 m$$

$$F2 = 52,1 N$$

Torque mínimo del motor.

**Figura 3.6**

**Torque del motor para el equilibrio**



Elaborado por: Autor

$$T_{\text{minimo}} = F2 * d$$

$$T_{\text{minimo}} = 52,21 \text{ Nm} * (0,05 \text{ m})$$

$$T_{\text{minimo}} = 2,605 \text{ Nm}$$

Para mantener la estructura en equilibrio el torque generado es de 2,605 Nm., como el objetivo es que el motor pueda mover la estructura sin dificultad el torque nominal de este debe ser mayor a el torque de equilibrio, por lo cual se utilizará un factor de seguridad de 2.

$$T_{\text{minimo}} = 2,605 \text{ Nm} * 2$$

$$T_{\text{minimo}} = 5,21 \text{ Nm}$$

Es decir, el motor deberá tener un torque mayor o igual a 5,21 Nm., para cumplir con la tarea asignada con una velocidad menor a 100 rpm., para facilitar su control.

**Tabla 3.2**  
**Cuadro Comparativo Motor DC**

<b>Tipo</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Torque</b>	<b>Costo</b>
Motor Trico 12V	50 rpm	8 Nm	36.00
Motor XH GM500 – 24 V	80 rpm	3.5 Nm	60.00

Elaborado por: Autor

Basándonos en las características necesarias para cumplir lo mencionado anteriormente, se utilizará un motor DC TRICO, el cual fue seleccionado por trabajar con voltaje continuo lo cual facilitará su control de sentido de giro, a su vez cuenta en su interior con un mecanismo reductor, anillo sin fin y corona, que le da un mayor torque y velocidad lenta, y por su bajo costo, durabilidad y confiabilidad ya comprobada en ambientes medianamente agresivos.

**Figura 3.7**

**Motor TRICO.**



Fuente: [http://es.made-in-china.com/co\\_nicerelay/product\\_Bosch-Wiper-Motor\\_heyngryug.html](http://es.made-in-china.com/co_nicerelay/product_Bosch-Wiper-Motor_heyngryug.html)

### **3.3.1 Motor TRICO.<sup>5</sup>**

Es un pequeño motor eléctrico de inducción por imanes permanentes, equipado con un sistema de reducción y un mecanismo de transmisión.

El sistema de reducción de velocidad incorporado al motor eléctrico, transforma la velocidad del motor o inducido (2.500 a 3.000 r.p.m.), a 50 o 70 oscilaciones por minuto.

En la actualidad todos los motores TRICO disponen de dos velocidades, lenta y rápida, esta última, se obtiene alimentando el colector mediante una tercera escobilla desfasada de las otras dos.

---

<sup>5</sup> José M. Alonzo, (2004). *Circuitos eléctricos auxiliares. Electromecánica de vehículos*. Editorial Paraninfo S.A

## Especificaciones

Es un motor eléctrico DC de bajo costo \$36 dólares en el mercado local, con una velocidad baja de 50 rpm y un esfuerzo de torsión de 8Nm.

**Tabla 3.3**  
**Características de motor de TRICO**

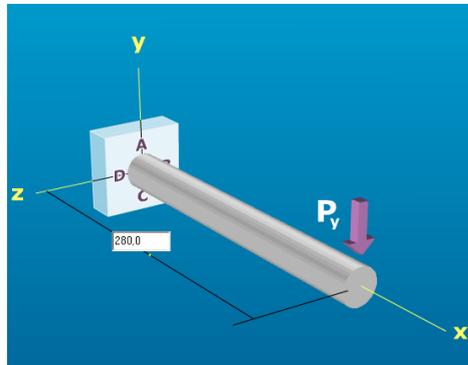
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DATOS:</b>
<b>Voltaje nominal</b>	12/24v
<b>De potencia nominal</b>	50 w
<b>Descarga de corriente</b>	0.7 a 3 Amp
<b>Velocidad de descarga</b>	50 rpm
<b>De par nominal</b>	8 Nm
<b>Esfuerzo de torsión de la parada</b>	25 Nm
<b>Rotación</b>	anti horaria
<b>Clase de aislamiento</b>	f
<b>La clase de protección</b>	IP 30
<b>Peso</b>	Aprox. 1.1kg
<b>Embalaje</b>	20pcs/ctn, 54*40*25cm, gw: 26kg nw: 24kg

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs>

*Cálculos para verificar la resistencia del material.*

**Figura 3.8**

**Distribución de fuerzas**



Elaborado por: Autor (MDsolid)

Dónde:

Diámetro  $d = 1,8 \text{ cm}$

Distancia  $D = 28 \text{ cm}$

Peso  $P_y = 4,2 \text{ lb} = 1,90 \text{ Kg}$

Cálculos de Flexión en A:

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi \times d^2} [\text{Pa}] \quad (5)$$

**Flexión**

Dónde:

$\sigma$  = Flexión (tensión - compresión) [Pa]

M = Momento Flector [Nm]

$\pi$  = numero Pi.

d = diámetro [m]

Siendo el momento flector (ecuación 4):

$$T = F \cdot D$$

Remplazando la ecuación 2 en 3, y los datos obtenemos:

$$\sigma = \frac{32 (18,64 \text{ N} \times 0,28 \text{ m})}{\pi \times (0,018 \text{ m})^2}$$

$$\sigma = 164082,25 \text{ Pa}$$

Cálculos de Torque en A:

Siendo:

$\tau$  = Esfuerzo Cortante

$$\tau = 0$$

Al estar A en el punto máximo el esfuerzo cortante es 0.

Cálculos de Flexión en el punto D:

Al estar A en el punto medio el esfuerzo Normal es cero, por tanto:

$$\sigma = 0$$

Cálculos de Torque en el punto D:

$$\tau = \frac{4 V}{3 A} [\text{Pa}] \quad (6)$$

### **Torsión**

Dónde:

V = Fuerza Cortante [N]

A = Área [ $m^2$ ]

d = Diámetro[m]

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} [m^2] \quad (7)$$

### **Área de un círculo**

Remplazando la ecuación 5 en la ecuación 4 obtenemos:

$$\tau = \frac{16 V}{3 \pi d^2} [Pa] \quad (8)$$

### **Torsión**

Remplazando:

$$\tau = \frac{16 \times (18,64 N)}{3 \pi (0,018 m)^2}$$

$$\tau = 97667,43 Pa$$

Ya que los valores obtenidos en A son muchos mayores que los del punto D se procederá a realizar los cálculos con los resultados de A que se expresan así:

$$\sigma_x = 0,164 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau_{xy} = 0$$

### ***Círculo de MOHR***

Centro:

$$C = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} [Pa] \quad (9)$$

### **Centro del círculo de Mohr**

Remplazando:

$$C = (0,164 + 0) / 2$$

$$C = 0,082 \text{ MPa}$$

Radio:

$$R = \sqrt{[(\sigma_x + \sigma_y)/2]^2 + \tau_{xy}} \quad (10)$$

### **Radio del Círculo de Mohr**

Remplazando:

$$R = \sqrt{[(0,164 \text{ MPa} + 0)/2]^2 + 0}$$

$$R = 0,082 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Normal 1

$$\sigma = C + R [\text{Pa}] \quad (11)$$

### **Esfuerzo normal 1 del círculo de Mohr**

Remplazando obtenemos:

$$\sigma = 0,164 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Normal 2

$$\sigma_2 = C - R [\text{Pa}] \quad (12)$$

### **Esfuerzo normal 2 del círculo de Mohr**

Remplazando obtenemos:

$$\sigma_2 = 0$$

Angulo de esfuerzo normal

$$\theta_\sigma = \frac{1}{2} \arctg [2\tau_{xy}/(\sigma_x - \sigma_y)] [^\circ] \quad (13)$$

### **Angulo de esfuerzo normal**

De lo cual obtenemos:

$$\phi\sigma = 0$$

Angulo de esfuerzo cortante

$$\phi\tau = \frac{1}{2} \arctg [-(\sigma_x - \sigma_y)/2\tau_{xy}] [^\circ] \quad (14)$$

### Angulo de esfuerzo cortante

De lo cual obtenemos:

$$\phi\tau = 45^\circ$$

Esfuerzo cortante máximo:

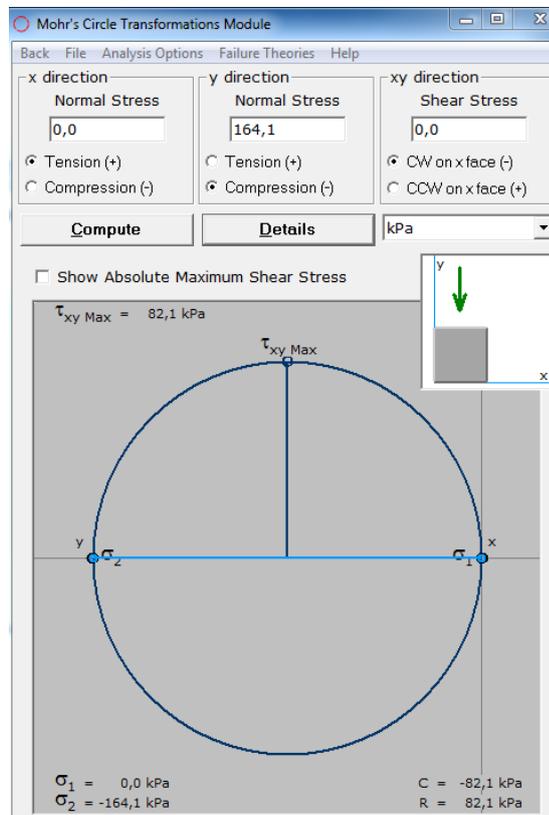
$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} [Pa] \quad (15)$$

### Esfuerzo cortante máximo

Donde  $\sigma_3$  siempre valdrá 0, reemplazamos:

$$\tau_{\max} = 0,082 \text{ MPa}$$

**Figura 3.9**  
**Comprobacion y gráfico en MDSolid**



Elaborado por: Autor (MDSolid)

En la figura 3.9 se procedió a realizar la comprobación de los cálculos en el Software MDSolid el cual proporciona los mismos resultados.

### **Teoría de falla:**

#### **Esfuerzo Cortante Máximo Absoluto (ECM)**

$$\tau_{\max} = \frac{S_y}{2n} \quad (16)$$

#### **Esfuerzo cortante máximo absoluto**

Donde:

n = Factor de seguridad

S<sub>y</sub> = Resistencia a la fluencia del Monel = 340 MPa

reemplazamos y despejamos:

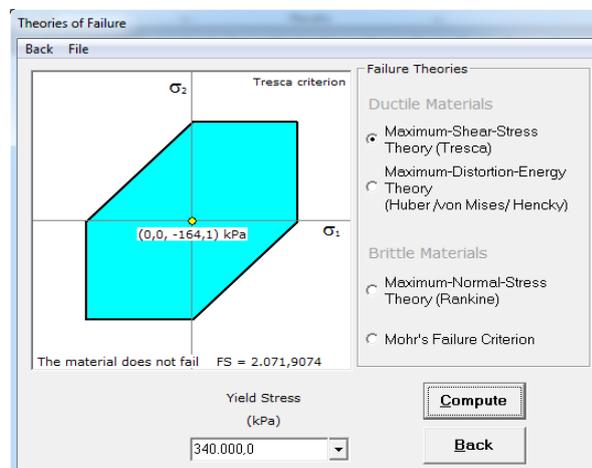
$$0,082 = \frac{340}{2n}$$

$$n = 2073$$

Ya que el factor de seguridad es mucho mayor que uno, el material no falla.

**Figura 3.10**

#### **Comprobación y grafico en MDSolid**



Elaborado por: Autor (MDSolid)

De igual forma que en el cálculo anterior se procedió a hacer la comprobación del resultado de la teoría de falla. En la figura 3.10 se puede observar que el factor de seguridad es relativamente alto, lo que indica que el material no fallará.

### 3.4 Mecanismo de colocación de tapas

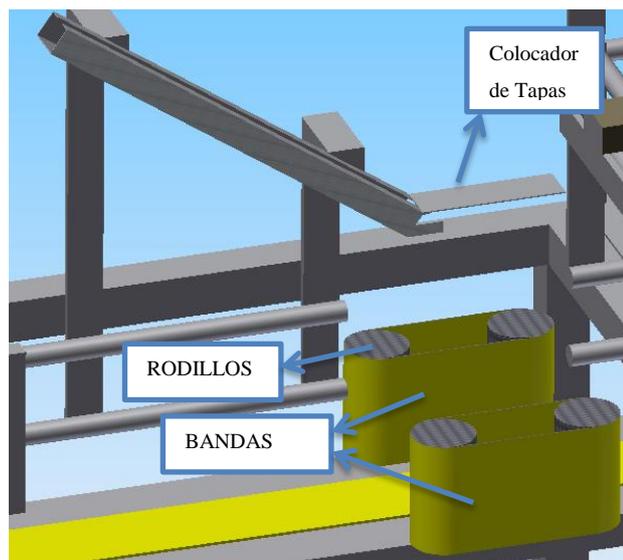
Como se mencionó en el capítulo anterior, a esta estructura se le denomina trampa, ya que la botella atrapa la tapa mientras pasa debajo de ella, pero ello debe tener una inclinación suficiente para que la tapa sea jalada por la botella, pero no tanto para que caiga al piso la siguiente tapa, ya que al ser un canalón, al salir una tapa la siguiente toma su lugar inmediatamente. Tiene paletas lo suficientemente flexibles para dejar que la botella jale la tapa pero no tanto para que la doble el peso de la misma.

Este sistema de trampa está apoyado por dos bandas laterales que le proporcionan fuerza y estabilidad a la botella, así podrá agarrar la tapa sin caerse y esta tomará su posición correcta para luego ser sellada.

Las bandas estarán colocadas lateralmente con respecto a las botellas y su sentido de giro será inverso para que le den propulsión a la botella sin hacerla caer.

**Figura 3.11**

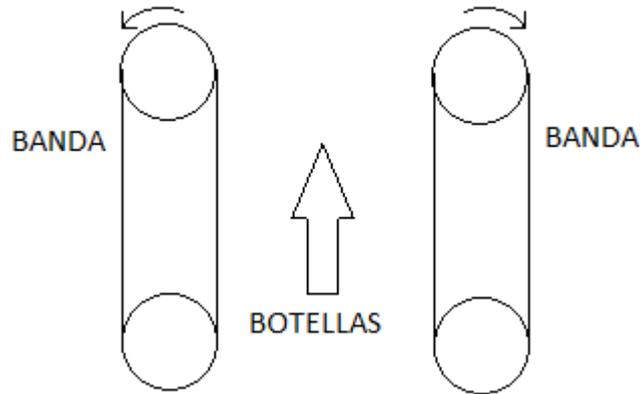
#### **Diseño de rodillos**



Elaborado por: Autor

**Figura 3.12**

**Movimiento de Bandas laterales**



Elaborado por: Autor

La fuerza motriz de estas bandas será proporcionada por dos motores DC los cuales se activarán cada vez que se active la banda transportadora. Se requiere que las bandas avancen a una velocidad similar a la velocidad de la banda transportadora 4,24 cm/seg., un accionamiento y parada rápida y precisa con un torque superior a 2,61N/m.

$$\text{Avance} = 4,24 \text{ cm/seg} = 254,4 \text{ cm/min}$$

Los rodillos de las bandas laterales tendrán un diámetro de 3 cm., por lo cual aplicando la ecuación 1, su circunferencia es de:

$$L = 2 \times \pi \times r$$

$$L = 2 \times \pi \times 1,5\text{cm}$$

$$L = 9,42 \text{ cm}$$

Con la circunferencia del rodillo y la velocidad de la banda podemos establecer las revoluciones por minuto que debe tener el rodillo.

$$\text{Rev. del rodillo} = \frac{254,4 \text{ cm}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ revolucion}}{9,42 \text{ cm}} = 27 \text{ rpm}$$

Al tener una reducción 2:1 las revoluciones de la polea motriz equivaldría al doble de la del rodillo, es decir 54 rpm.

Se requiere un motor DC con una velocidad aproximada de 54 rpm, un torque superior a 2,61 Nm.

En el mercado local nos encontramos con tres posibilidades.

**Tabla 3.4**  
**Cuadro Comparativo Motor DC Bandas laterales**

<b>Tipo</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Torque</b>	<b>Costo</b>
Motor Trico 12V	50 rpm	8 Nm	36.00
Motor S330018 12V	24 rpm	0.93 Nm	55.00
Motor XH GM500 – 24 V	80 rpm	3.5 Nm	60.00

Elaborado por: Autor

Se seleccionó el Motor TRICO que es el que mejor se ajusta a los parámetros expuestos. Con el cual se logrará que las bandas laterales avancen a una velocidad de 3,93 cm/seg., lo cual se encuentra en un rango admisible a lo solicitado.

### **3.5 Mecanismo de sellado**

Se utilizará un Motor DC para mover el mecanismo de biela-manivela que será el encargado de dar el impacto a la tapa presionándola sobre la botella. Este debe girar una vuelta exacta para siempre mantener el mecanismo en la posición inicial.

La fuerza de impacto necesaria que debe proporcionar el mecanismo para sellar una botella se conseguirá regulando el pistón a medida que se realizan las pruebas, es decir por medio de ensayo y error hasta lograr una calibración que cumpla los requisitos.

Las variedades de motor DC en el mercado son diversas, pero el motor TRICO en específico tiene un mecanismo interno con el cual se puede controlar una revolución exacta sin necesidad de utilizar sensores de posición.

A su vez se necesitará de un pequeño sistema que sostenga la botella para que no se deforme, este debe tener un recorrido mínimo de 1,5cm., que es el radio de una tapa. Como el mecanismo sujetador estará soportado por guías redondas el actuador solo está encargado de su desplazamiento mas no de soportar la fuerza que se ejerce al sellar, de esto se encargara la estructura. De este modo podemos definir que en el mercado local existen tres tipos de posibles soluciones.

**Tabla 3.5**  
**Cuadro Comparativo Actuador del Sujetador**

<b>Tipo</b>	<b>Recorrido</b>	<b>Accesibilidad</b>	<b>Costo</b>
Actuador de Botella eléctrico 12V	2 cm	Alta	20.00
Electroimán	1 cm	Baja	20.00
Pistón Neumático	2 cm	Alta	60.00

Elaborado por: Autor

Al comparar el cuadro, es necesario considerar que si se usa un pistón neumático hay que agregar al costo sus accesorios como son la unidad de mantenimiento, la electroválvula y de ser necesario el compresor por lo que no lo hace factible en este caso en particular. A su vez el electroimán no cumple con el recorrido necesario y es poco accesible en el mercado local en el caso que necesite ser reemplazado.

Por lo cual se seleccionó el actuador eléctrico tipo botella, que cumple con las condiciones establecidas.

Este dispositivo trabaja de una manera muy simple, un pequeño motor eléctrico con movimiento rotativo transmite esa oscilación a una serie de engranes, los cuales se conectan a un rack que transforma dicho movimiento en uno lineal. (Autocosmos, 2011)

**Figura 3.13**

**Actuador Para seguros eléctricos**



Fuente: <http://especiales.autocosmos.com.uy/tipsyconsejos/noticias/2011/09/15/como-trabajan-los-seguros-electricos-de-un-auto>

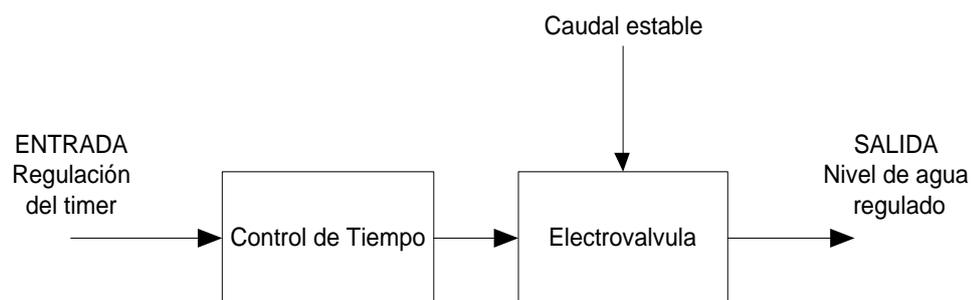
**3.6 Subsistema de control**

**3.6.1 Diagrama de control**

En el siguiente diagrama se puede observar el ciclo del control del llenado, el cual se consigue a través de un caudal estable con un control del tiempo transcurrido.

**Diagrama 3.1**

**Control de Lazo Abierto.- llenado (Dosificación)**

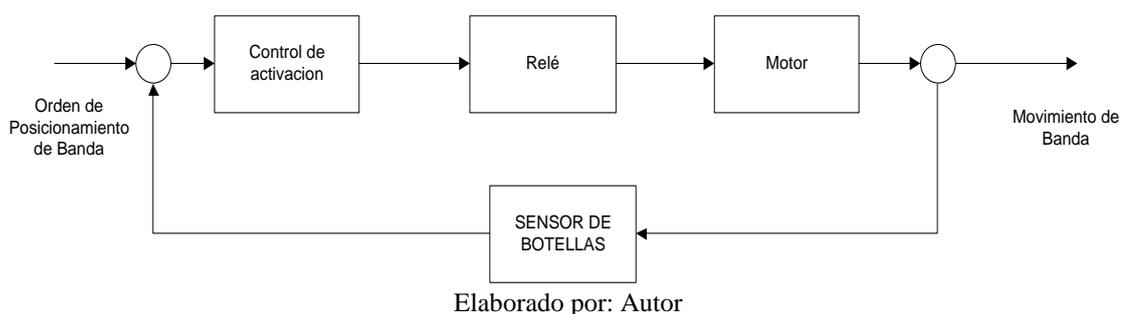


Elaborado por: Autor

El diagrama 3.2 describe el control de lazo cerrado de la banda transportadora, la cual no para hasta que estén en posición las cuatro botellas.

**Diagrama 3.2**

**Control de lazo cerrado.- Movimiento de la Banda (Avance)**

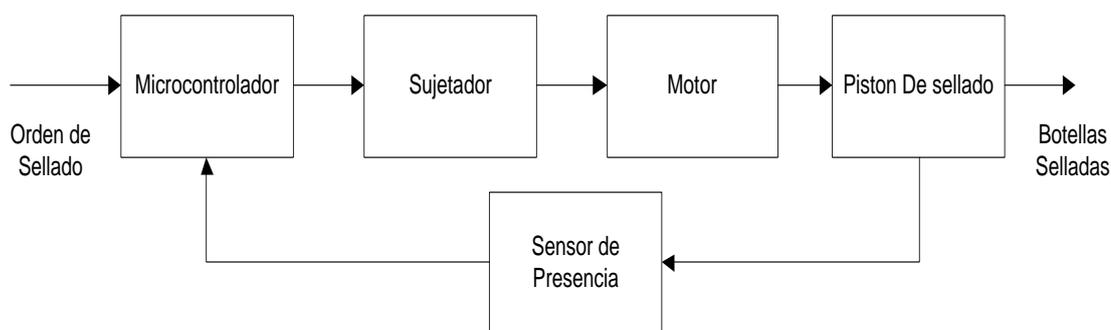


Elaborado por: Autor

El diagrama 3.3 muestra el control de lazo cerrado realizado a la etapa de sellado, en el cual al sensor detectar una botella es emitida la orden de sellado, activa el sujetador y el pistón que ejercerá presión en la tapa y finalmente desactiva el sujetador.

**Diagrama 3.3**

**Control de lazo abierto.- Sellado**



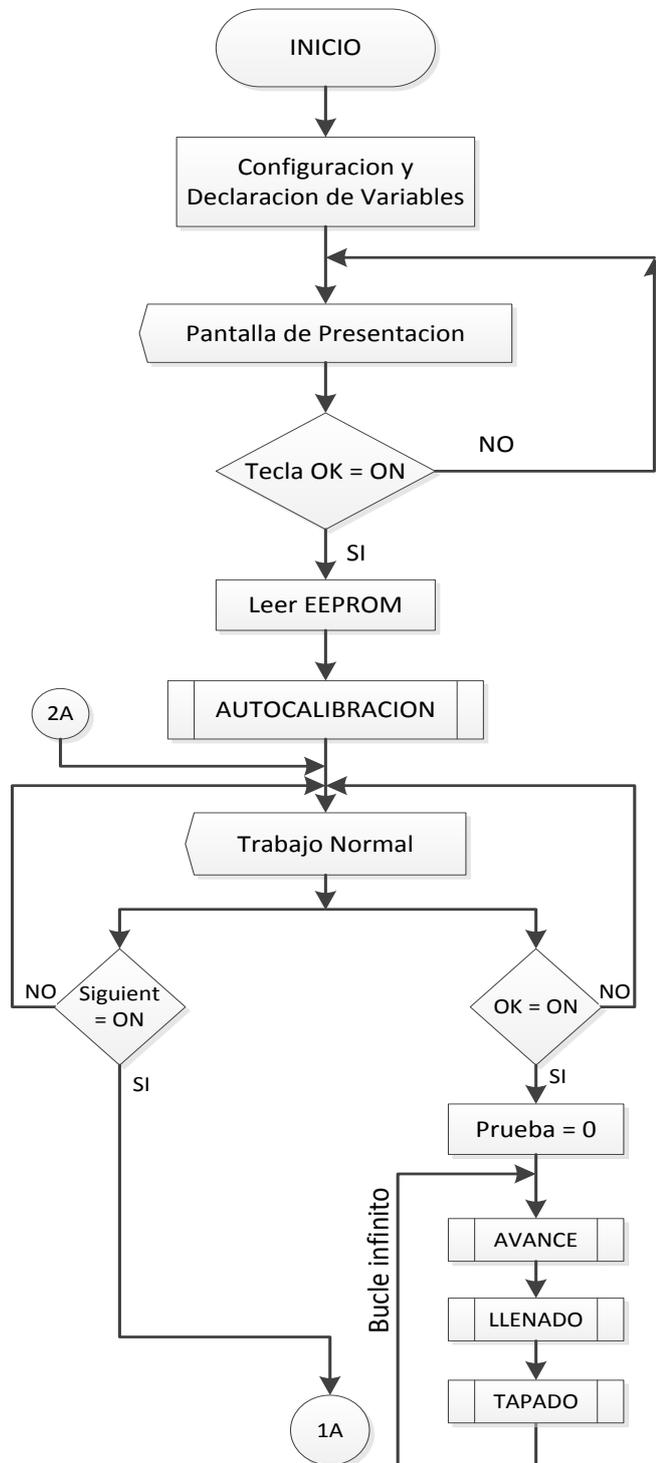
Elaborado por: Autor

**3.6.2 Flujograma de procesos**

*Programa principal.-* Se muestra el orden de ejecución de procesos del programa principal, el cual está encargado de sincronizar y controlar todo el sistema. Ejecutando la auto calibración y mostrando submenús como son “Calibración Manual”, “Trabajo Normal” e “Información”.

### Diagrama 3.4

#### Diagrama de flujo – programa principal – parte 1



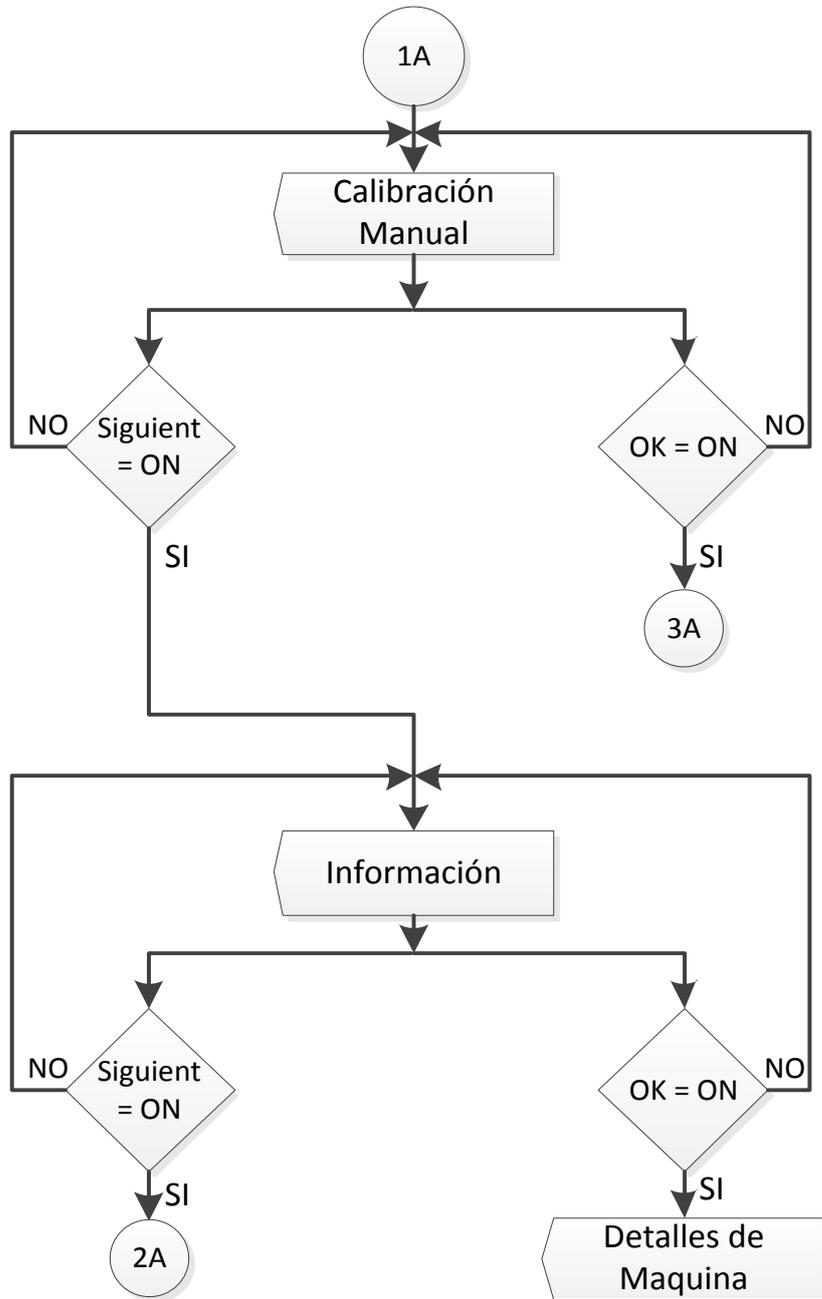
Elaborado por: Autor

El diagrama 3.5 es la continuación del programa principal, en el cual se muestra el

proceso para escoger entre las opciones de calibración manual e información del menú principal.

**Diagrama 3.5**

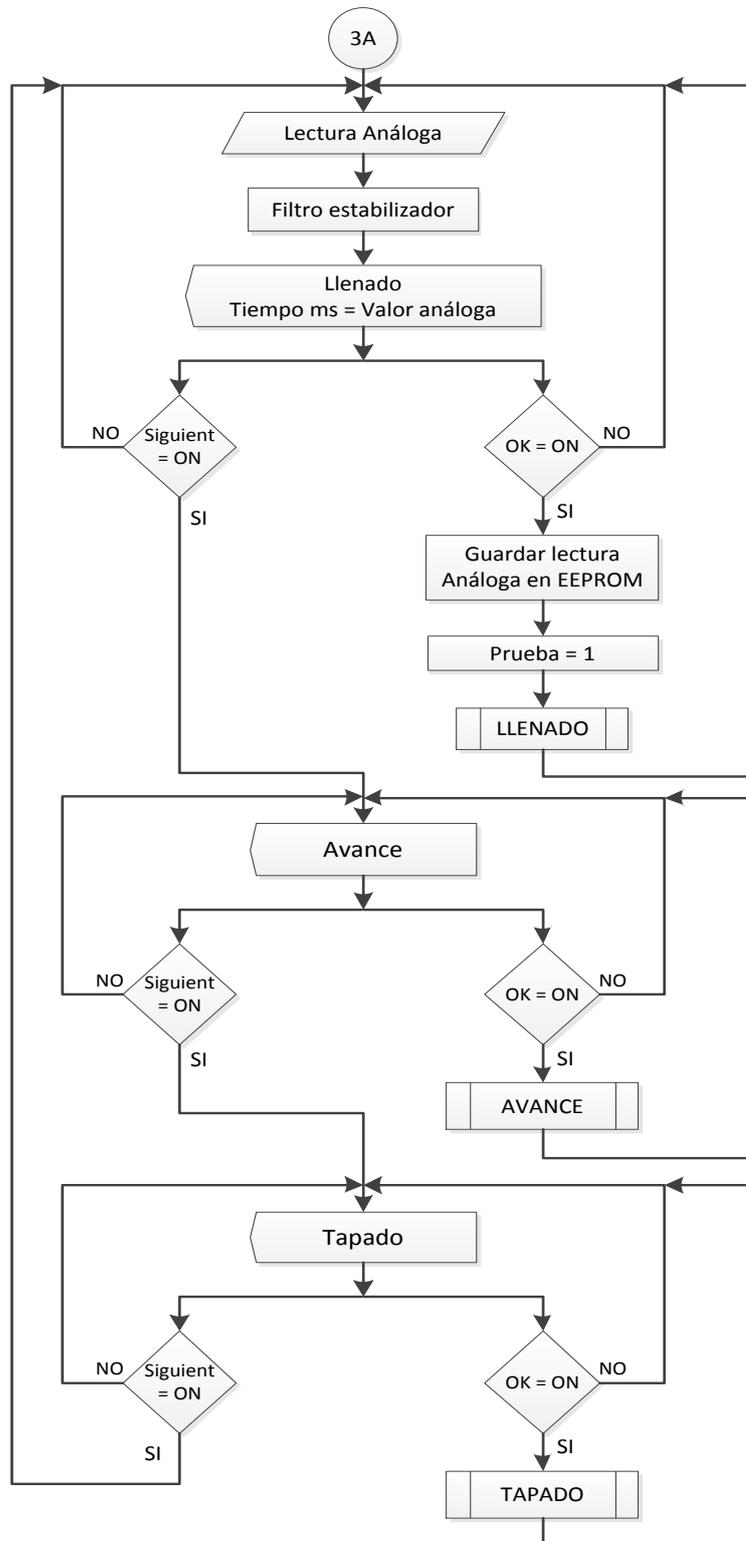
**Diagrama de flujo – programa principal – parte 2**



Elaborado por: Autor

Diagrama 3.6

Diagrama de flujo – programa principal – parte 3



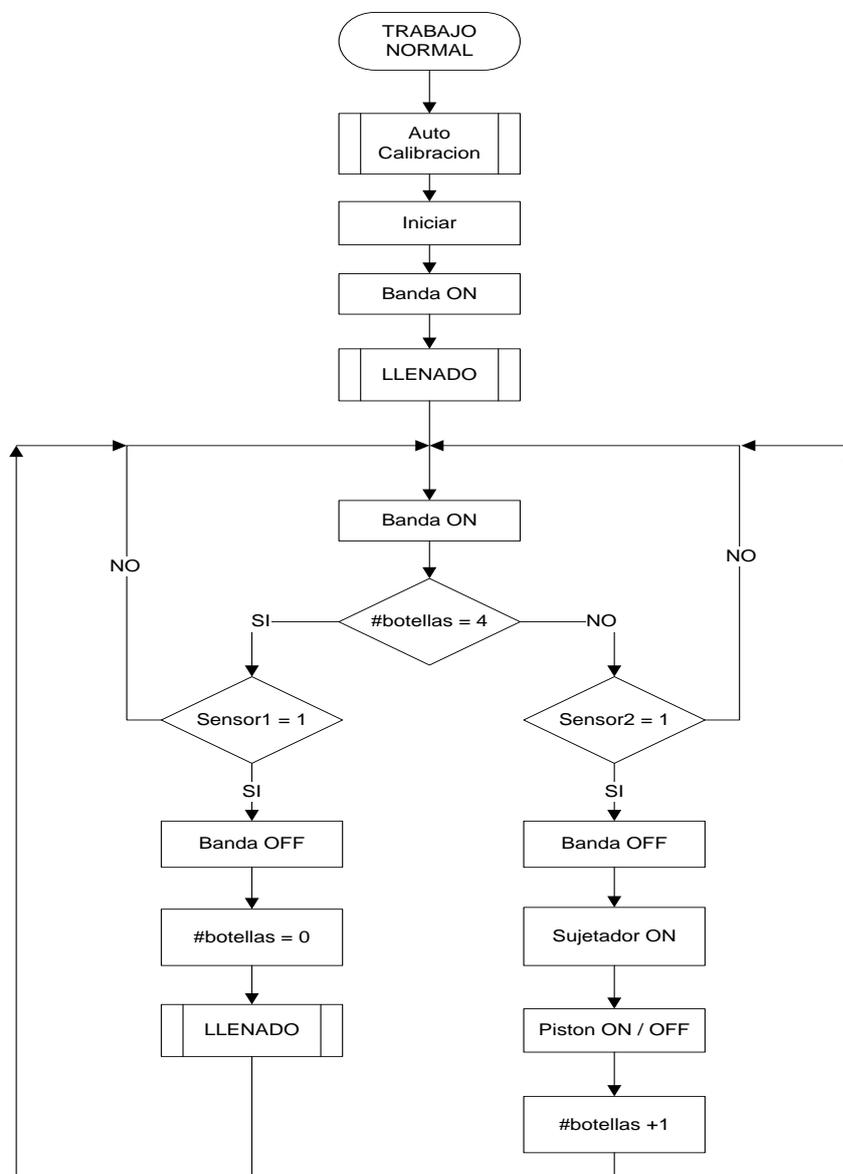
Elaborado por: Autor

En el diagrama anterior se detalla la opción de calibración manual, en la cual se puede definir el tiempo de llenado a través de un potenciómetro ubicado en la placa de control, también se puede probar individualmente el módulo de llenado, avance y tapado.

Sub-rutina Trabajo Normal.- Muestra cómo se ejecuta la operación de avance del llenado y sellado normalmente en la máquina. En este flujograma se puede observar las directrices para tomar la decisión entre llenar o sellar las botellas, dependiendo del punto en el que se encuentre el ciclo.

### Diagrama 3.7

#### Diagrama de flujo – Trabajo Normal

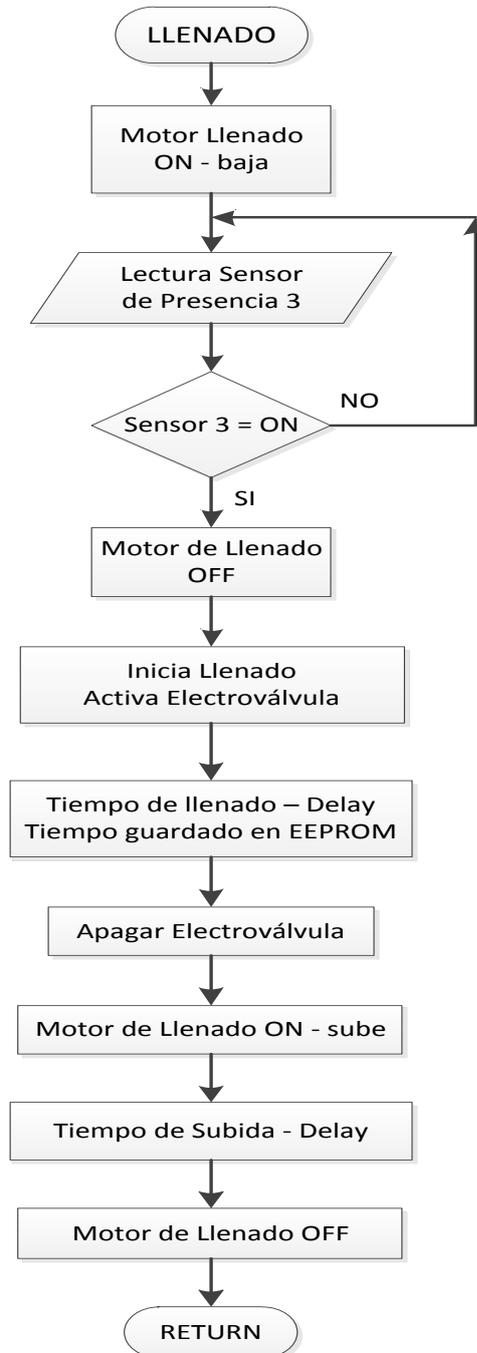


Elaborado por: Autor

Sub-rutina de llenado.- Programa dedicado al control del mecanismo de llenado y el tiempo de apertura de la válvula para un correcto envasado.

### Diagrama 3.8

#### Diagrama de flujo – Sub rutina de llenado

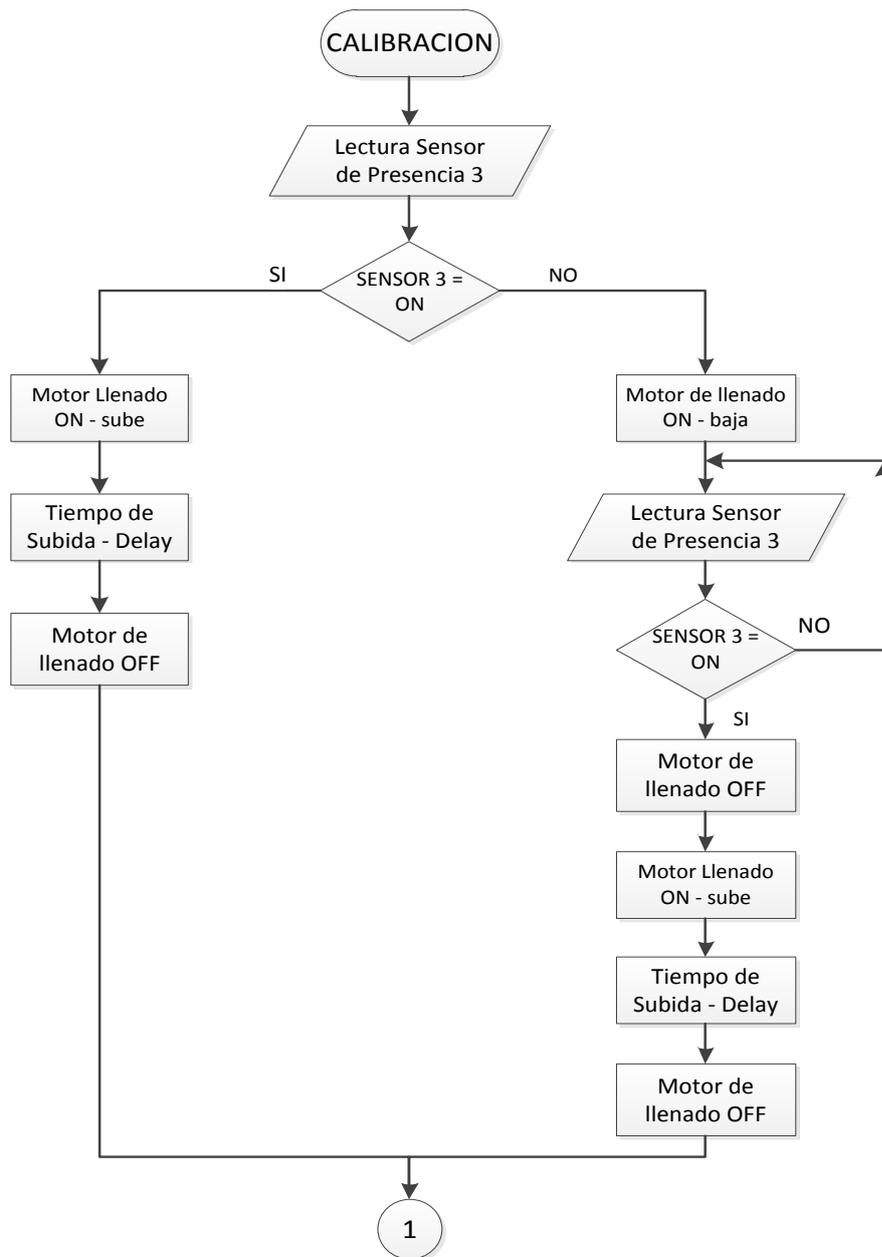


Elaborado por: Autor

Sub-rutina de calibración.- Se pone en marcha cada vez que se enciende el sistema. Es la encargada de posicionar cada elemento mecánico en su respectiva posición inicial, con el fin de que el operador verifique que todas las partes electromecánicas funcionan de forma correcta antes de iniciar el trabajo.

**Diagrama 3.9**

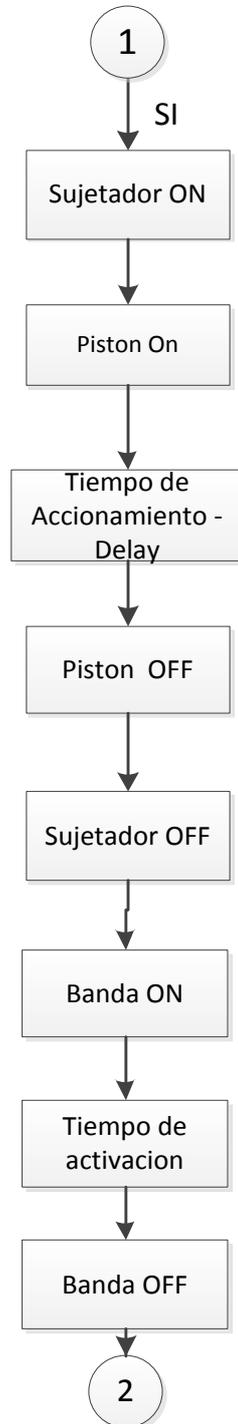
**Diagrama de flujo – Sub rutina de Calibración – Parte 1**



Elaborado por: Autor

**Diagrama 3.10**

**Diagrama de flujo – Sub-rutina de calibración – Parte 2**



Elaborado por: Autor

El diagrama 3.10 es la continuación de la calibración inicial, donde se activan el sujetador y el pistón secuencialmente, para su posterior desactivación, finalizando con el accionamiento de la banda transportadora por un corto periodo de tiempo.

### 3.6.3 Controlador

Como se mencionó en el capítulo anterior, el controlador debe tener las suficientes entradas y salidas digitales y análogas necesarias para el sistema.

**Tabla 3.6**  
**Entradas y salidas del Controlador**

<b>ENTRADAS DIGITALES</b>	
<b>1</b>	Sensor capacitivo – brazo de llenado
<b>2</b>	Sensor óptico – posición de botella en llenado y tapado
<b>4</b>	Botones – Ok, siguiente, atrás, pausa
<b>2</b>	Reloj externo 8 MHz
<b>Entradas Análogas</b>	
<b>1</b>	Potenciómetro – regulación de tiempo de llenado
<b>Salidas Digitales</b>	
<b>2</b>	Motor DC, brazo de llenado, control de giro
<b>2</b>	Palanca para final de carrera de botellas en llenado y tapado
<b>1</b>	Sujetador de botellas
<b>1</b>	Bandas laterales
<b>1</b>	Banda transportadora
<b>1</b>	Electroválvula
<b>6</b>	LCD 2x16
<b>1</b>	Pistón de sellado
<b>Total de entradas</b>	<b>10 digitales + 1 análoga</b>
<b>Total de Salidas</b>	<b>15 Digitales</b>
<b>Pines de conexión I/O utilizados</b>	<b>26</b>

Elaborado por: Autor

Para cumplir con los requerimientos se plantea la utilización de microcontrolador o la de un PLC Logo.

Relacionando el costo en el mercado local obtenemos:

**Tabla 3.7**  
**Cuadro comparativo – Microcontrolador y PLC**

<b>PRECIO DE MICROCONTROLADOR MAS PLACA DE CONTROL</b>	
Microcontrolador	15.00
Pantalla LCD 2x16	10.00
Relés	10.00
Caja protectora	45.00
Fuente de 12 V	25.00
Circuito Impreso	26.00
Elementos electrónicos	30.00
<b>TOTAL</b>	<b>161.00</b>
<b>PRECIO DE PLC Y ACCESORIOS</b>	
Precio de Logo 12/4 4I-4S rele	165.00
Módulo de expansión DM16-24R 8I-8S	159.00
Fuente de poder logo	112.00
Cable de programación	80.00
<b>TOTAL</b>	<b>416.00</b>

Elaborado por: Autor

Se puede apreciar que en este proyecto es más conveniente la utilización del microcontrolador por la cantidad de entradas y salidas necesarias, su costo es considerablemente menor ante un PLC.

Por lo cual seleccionamos el mejor microcontrolador que se ajuste a nuestras necesidades

**Figura 3.14**

**Microcontrolador**

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I <sup>2</sup> C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

Fuente: Microchip Technology Inc

Al comparar la cantidad de pines configurables como I/O las opciones disponibles son la del pic 18F4555 y 18F4550, al tener un costo similar en el mercado local se procedió a escoger el PIC 18F4550 ya que cumple con los requisitos necesarios para el control del sistema, interfaz por medio de LCD y pulsadores, entrada análoga, interrupción, y memoria suficiente para el circuito. A su vez tiene costo accesible, y su confiabilidad ya probada. (Electronica Pic, 2010)

**Figura 3.15**

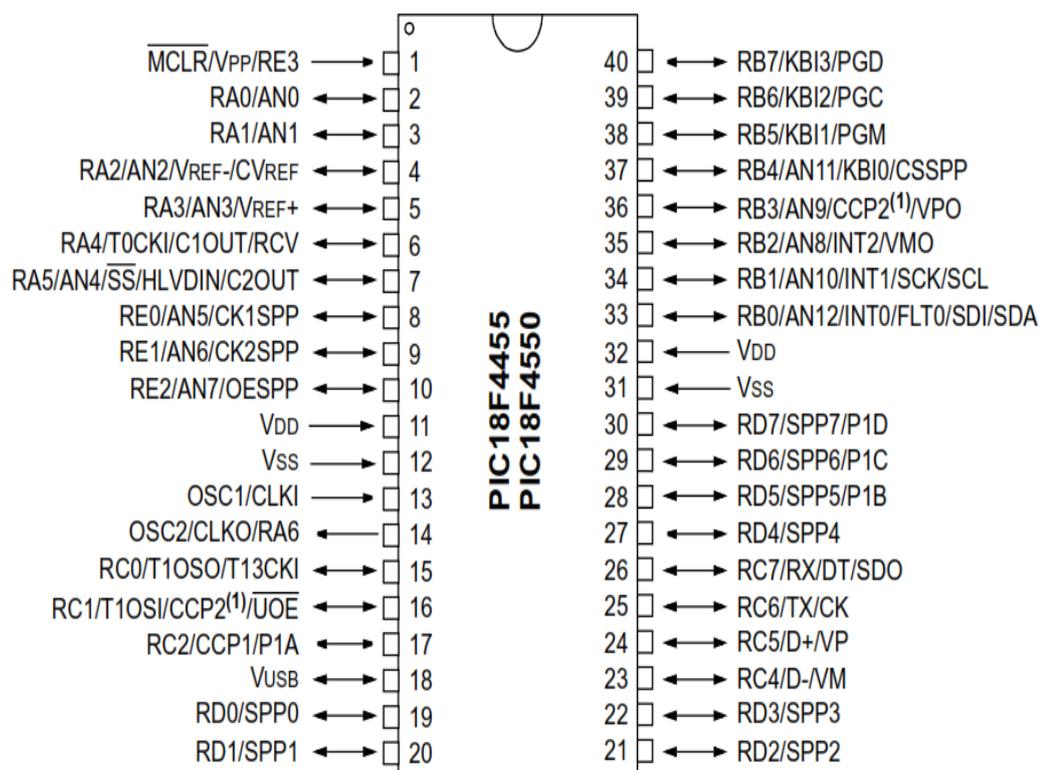
**Microcontrolador**



Fuente: <http://electronica-pic.blogspot.com/2010/04/primeros-pasos-con-el-18f4550.html>

**Figura 3.16**

**Distribución de pines del PIC 18F4550**



Fuente: microchip 2009

**3.6.4 Bloque de potencia**

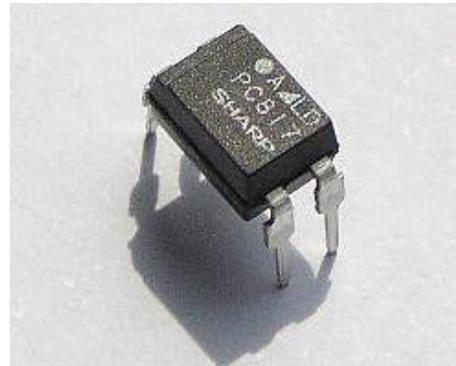
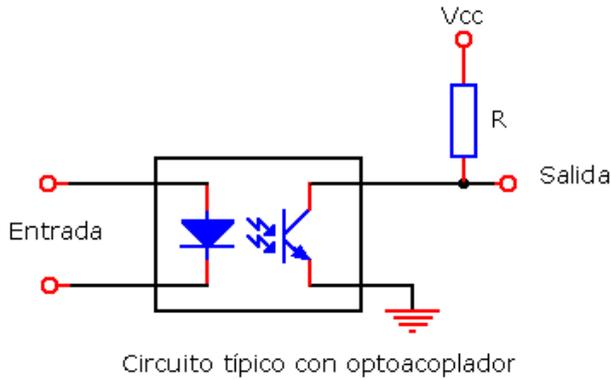
Se trabajará con una interfaz de relés para controlar los mecanismos de mediana potencia, y estos serán accionados por un módulo de opto acopladores para separar por completo la sección de control con la de potencia y así evitar futuros problemas con corrientes parásitas y cualquier otro tipo de interferencias.

Los opto acopladores a usar serán los PC817, ya que son de accionamiento TTL (lógica transistor a transistor) y salida tipo transistor colector abierto fácilmente adaptable al circuito de control.

La figura 3.15 representa la simbología y su forma física de un opto acoplador.

**Figura 3.15**

**Opto acoplador PC817**

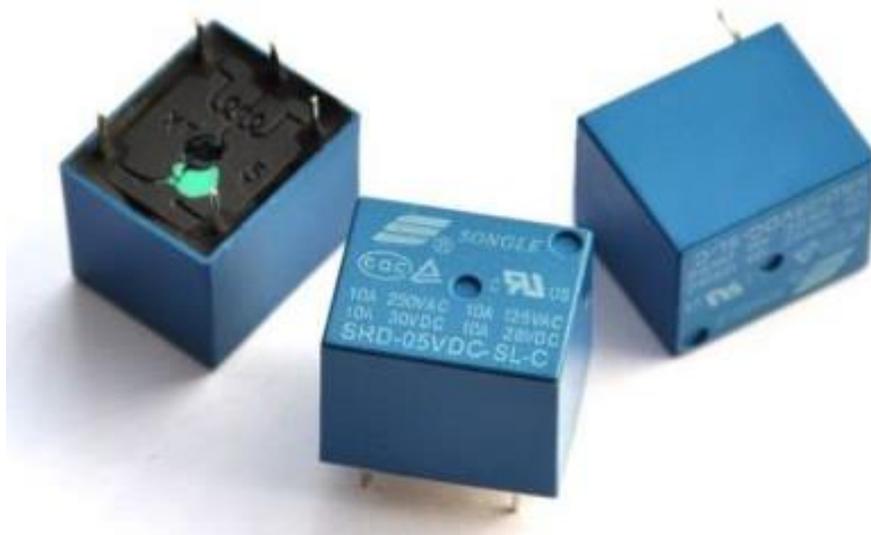


Fuente: <http://proyectoselectronics.blogspot.com/>

Los relés serán los más comunes que se encuentran en el mercado, del tipo DC a 5 V y salida NO y NC de 120V 10A, los cuales serán activados con el transistor NPN 2n222 en modo switch.

**Figura 3.18**

**Relés**



Fuente: <http://www.olimex.cl/>

**Figura 3.19**

**Transistor PN2222A**



Fuente: <http://electronicscomponents.teknoplace.net/>

**3.6.5 Sensores**

*Sensor.*- Se utilizarán sensores capacitivos y ópticos reflectivos los cuales serán ubicados estratégicamente.

A lo largo de la banda transportadora estarán colocados dos sensores reflectivos que serán los encargados de indicar cuando la botella se encuentra en la posición deseada.

El sensor capacitivo se utilizará como final de carrera para detener el brazo de llenado mientras baja.

El sensor capacitivo seleccionado cuenta con las siguientes características:

**Figura 3.20**

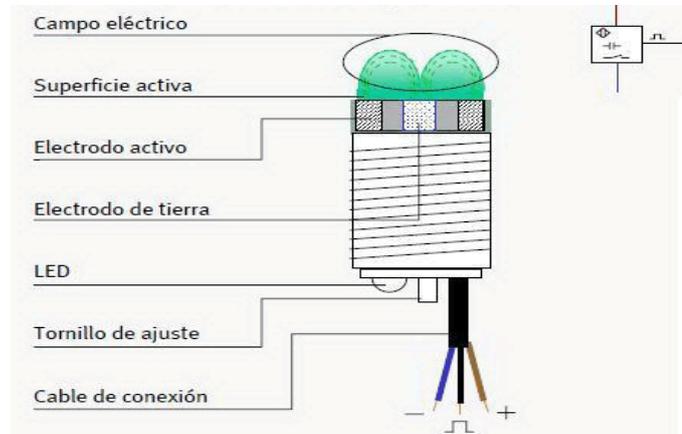
**Sensor capacitivo**



Fuente: [http://powermall.kr/shop/goods/goods\\_view.php?&goodsno=3182](http://powermall.kr/shop/goods/goods_view.php?&goodsno=3182)

**Figura 3.21**

**Forma interna del sensor capacitivo**



Fuente: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/capacitivo.html>

**Tabla 3.8**

**Características del sensor capacitivo**

CARACTERÍSTICAS	DATOS
Modelo	CUP18RP-8PA
Tipo	Sensor de proximidad de tipo capacitivo
Detección de tamaño de área	M18
Tipo de estructura	Tipo redondo (caja de plástico)
Distancia de detección	8mm (solo con CUP-18*-8)
Potencia y tipo de salida	D.C PNP salida
Estado de salida	Normalmente abierto (N.O)
Objeto detectable estándar (mm)	Hierro 50 X 50 X 1 (estado conectado <a tierra>)
Ajuste de la distancia	0 ~ 6.4 mm
Histéresis	Menos de 20% de la distancia de detección
Tensión de alimentación de energía	12 - 24 Vd.c
Salida de control	200 mA max (carga resistiva)
Consumo de corriente	Max. 10 mA

Fuente: Hoja de datos

El sensor óptico utilizado es:

**Figura 3.22**

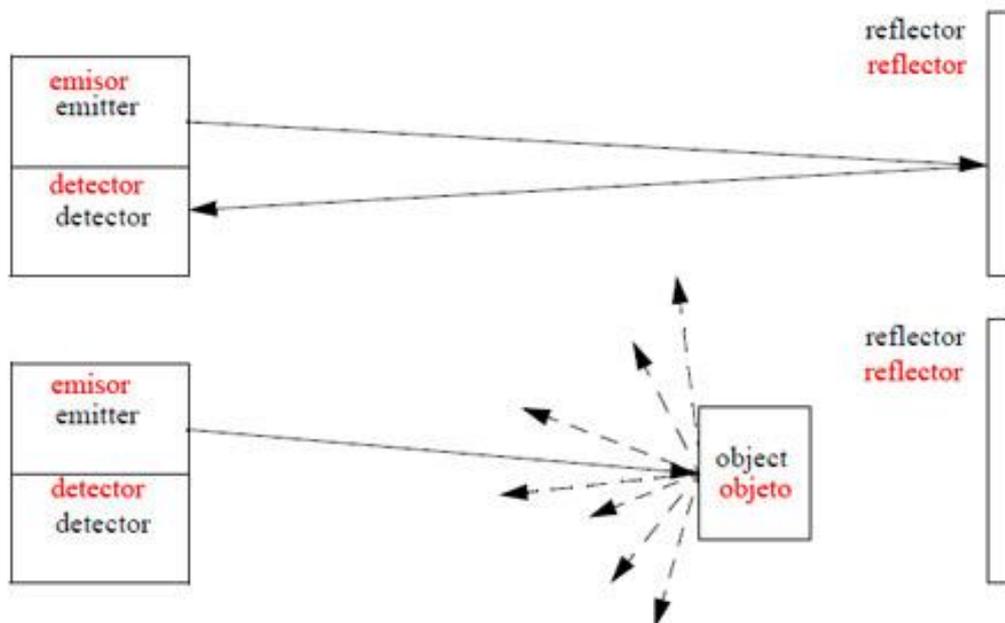
**Sensor óptico reflectivo**



Fuente: <http://www.nc-fs.com/product/hanguohanrongHANYOUNGNUX>

**Figura 3.23**

**Funcionamiento del sensor óptico**



Fuente: [http://www.tecnoficio.com/optica/sensores\\_opticos.php?psps\\_page=6](http://www.tecnoficio.com/optica/sensores_opticos.php?psps_page=6)

**Tabla 3.9**

**Características del sensor óptico**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DATOS</b>
<b>Modelo</b>	PZ1-M2N Hanyoung
<b>Tipo</b>	retro reflectivo
<b>Salida</b>	NPN On/Off
<b>Rango de detección</b>	de 0.1 a 2 mtr
<b>Alimentación</b>	12 a 24 v
<b>Salida de control</b>	100 mA max

Fuente: hoja de datos

**3.6.7 Interfaz humano máquina**

Display LCD cristal liquido

Muchas aplicaciones Microcontroladores requieren mostrar datos de diversas formas. Para ello se puede emplear fácilmente un display LCD. Estos módulos son la solución ideal en los casos donde se desea mostrar menú al usuario, respuestas a determinadas secuencias de comandos, para lo cual el hardware de control se resume en un par de teclas del tipo cursor. También son muy útiles en sistemas de mediciones múltiples y simultáneas, donde de otra forma habría que emplear varios decodificadores BCD y transistores para comandar display de 7 segmentos convencionales. (Lino, 2010)

**Figura 3.24**

**Display LCD**



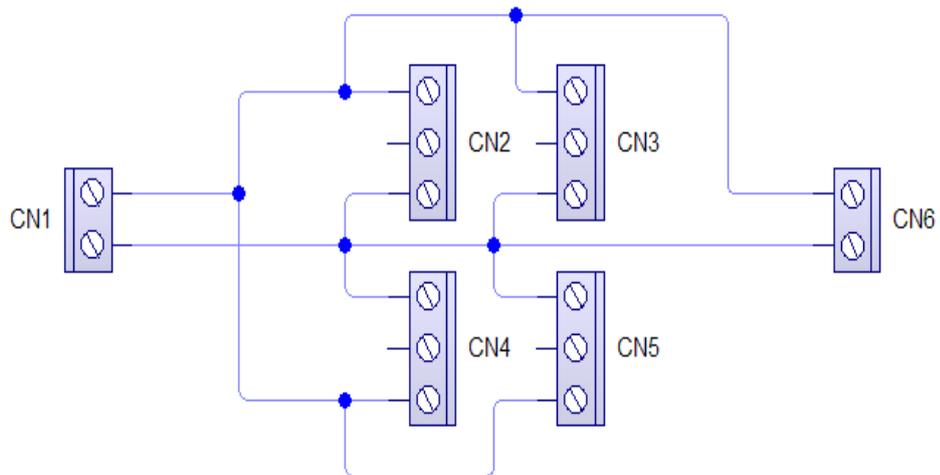
Fuente: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwikni/10826>

**3.6.8 Modelado de circuito impreso**

Banco de condensadores

**Diagrama 3.11**

**Conexión del banco de condensadores**

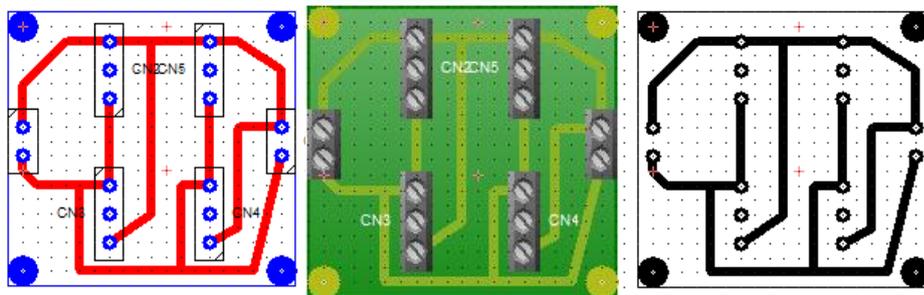


Elaborado por: Autor

Se conectan cuatro condensadores de 10000 uf en paralelo para formar un condensador de 40000 uf el cual será el encargado de filtrar el voltaje rectificado. En el diseño se utilizaron conectores de block para simular el espacio que ocupan los condensadores.

**Diagrama 3.12**

**Diseño de placa del banco de condensadores**

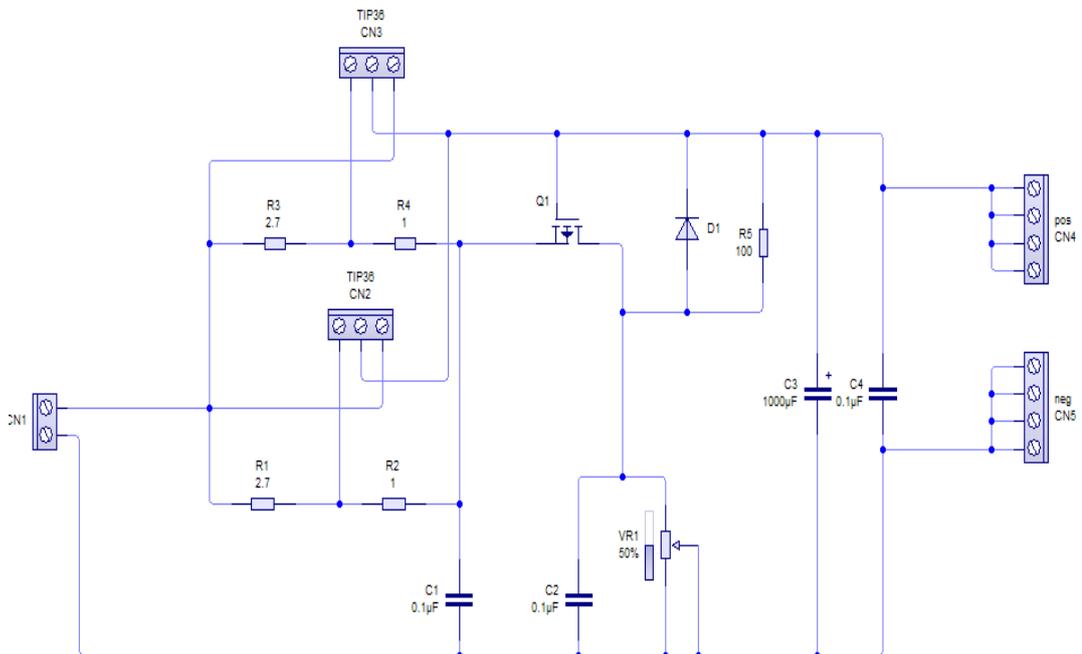


Elaborado por: Autor

Fuente de voltaje regulable 10 A

**Diagrama 3.13**

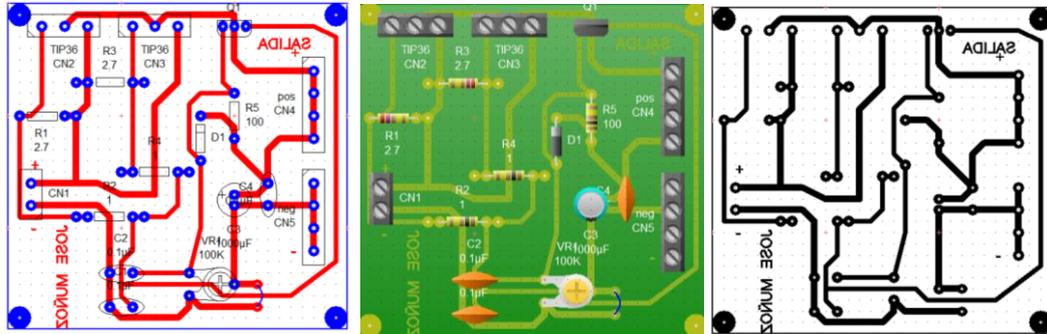
**Conexión de la fuente reguladora**



Elaborado por: Autor

### Diagrama 3.14

#### Diseño de Placa de fuente reguladora

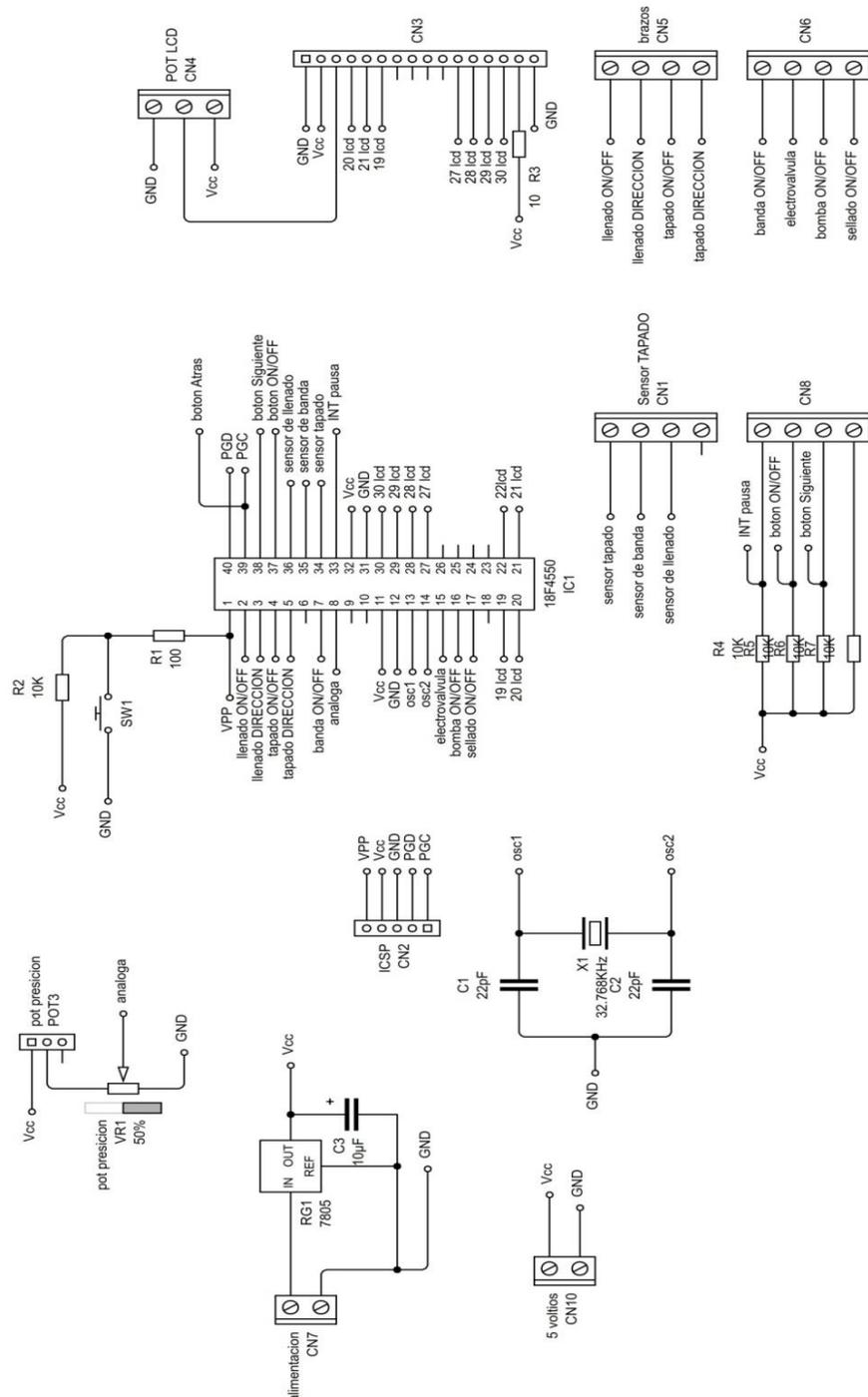


Elaborado por: Autor

El diagrama 3.14 es el diseño esquemático de la fuente reguladora de voltaje, con capacidad de administrar máximo 10 amperios momentáneos y 5 continuos en voltajes regulables de 1.5 V hasta 25 V.

De R1 a R4 deben ser resistencias de mínimo 2 vatios, y los dos transistores tip35 y Q1 deben tener un buen disipador de calor para evitar su pronto deterioro.

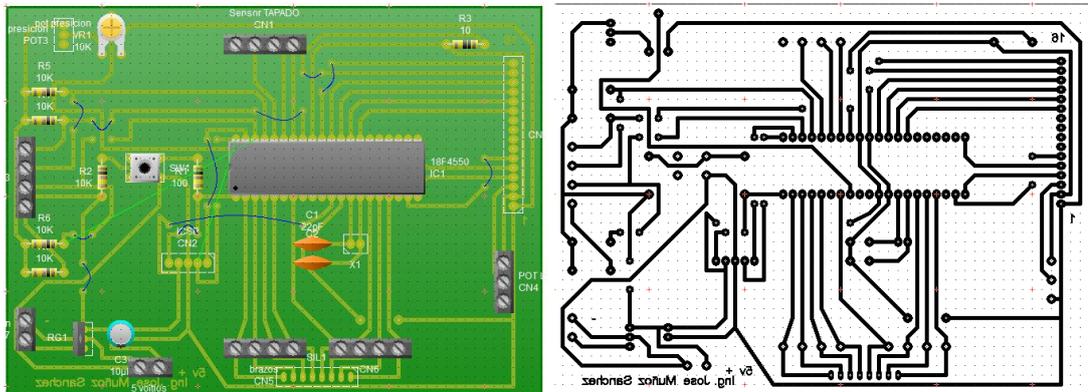
**Diagrama 3.15**  
**Conexión de la Placa Principal**



Elaborado por: Autor

### Diagrama 3.16

### Diseño de Placa Principal

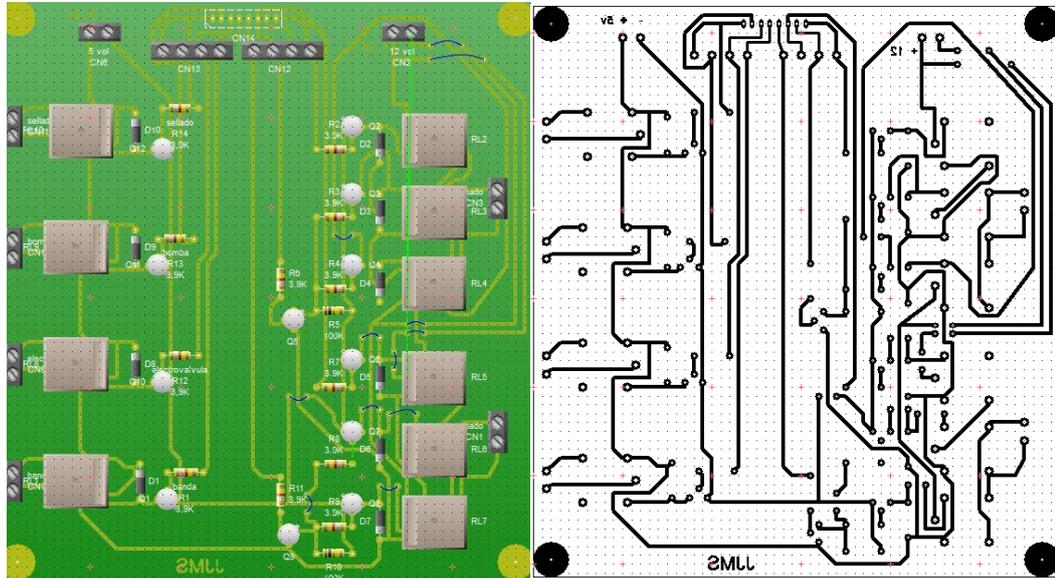


Elaborado por: Autor

El diagrama esquemático de la placa de control muestra detalladamente sus conexiones, así como los elementos utilizados para su elaboración, de los cuales se puede destacar el Microcontrolador 18F4550 que es el encargado de manejar todo el proceso lógico de la máquina. El potenciómetro POT3 es el encargado de enviar una señal analógica, con la cual se regulará el tiempo de llenado del sistema.

### Diagrama 3.18

#### Diseño de Placa de Potencia



Elaborado por: Autor

En diagramas se puede observar el esquemático y el PBC respectivamente, donde se representan todas las salidas requeridas para hacer funcionar el sistema, así como la conexión de control transistor – relé. Con la orden enviada desde la placa master.

Se pueden observar dos salidas con inversor de giro controladas por relé y el resto de salidas ON/OFF.

#### 3.7. Subsistema hidráulico

Como se desean llenar 4 botellas de 500 c.c (1/2 litro) en 8 segundos, entonces el caudal necesario sería:

$$Qn = \frac{V}{t} [lt/sg] \quad (17)$$

#### Fórmula de Caudal

Dónde:

$Q_n$  = Caudal necesario [ $lt/sg$ ]

$V$  = volumen de agua [ $m^3$ ]

$t$  = tiempo [ $sg$ ]

Como son 4 botellas a la vez, tendríamos:

$$V = 4 * \frac{1}{2} lt$$

$$V = 2 lt$$

Entonces:

$$Q_n = \frac{2 lt}{8 sg}$$

$$Q_n = 0.25 lt/sg$$

Convirtiendo las unidades obtenemos:

$$Q_n = 0.25 \frac{lt}{sg} * \frac{1 m^3}{1000 lt} = 0.00025 m^3/sg$$

Sabiendo el caudal necesario para que la máquina cumpla lo solicitado podemos establecer los requisitos de entrada del fluido a la máquina.

Se utilizará picos reductores de monel con un diámetro de 7 mm cada uno.

Conociendo la fórmula del área de un círculo y sabiendo que se utilizaran cuatro picos, calculamos el área total de salida del agua.

$$A = r^2 \times \pi [m^2] \tag{18}$$

### Área de un Círculo

Dónde:

$A = \text{Área [m}^2\text{]}$

$r = \text{radio [m]}$

$\pi = \text{Constante pi}$

$$r = 3,5 \text{ mm} = 3,5 \times 10^{-3}$$

$$A = (3,5 \times 10^{-3}) \times \pi \times 4$$

$$A = 1,539 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Obtenida el área total la relacionamos con una ecuación de caudal.

$$Q = v \times A \text{ [lt/sg]} \quad (19)$$

### **Caudal**

Dónde:

$Q = \text{Caudal [lt/sg]}$

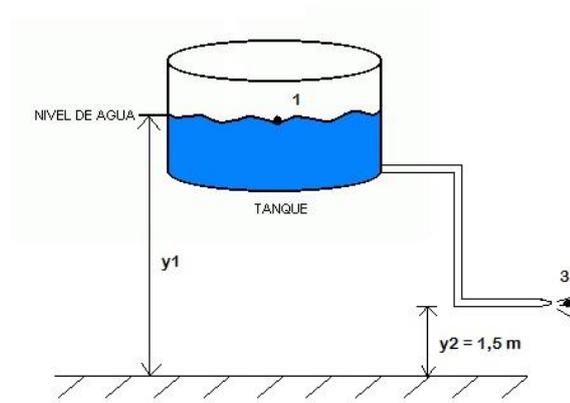
$v = \text{velocidad [m/s]}$

$A = \text{área de salida [m}^2\text{]}$

Como ya conocemos el Área de Salida y el Caudal deseado, utilizaremos la ecuación de Bernoulli para relacionar la altura que debe tener el reservorio con la velocidad del agua.

**Figura 3.25**

**Altura del Tanque**



Elaborado por: Autor

Siendo  $y_1$  la altura que deseamos buscar aplicamos la Ecuación de Bernoulli en el punto 1 y el punto 3, de lo cual obtenemos:

$$P_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_3 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_3^2 + H_t \quad (20)$$

**Ecuación de Bernoulli**

Dónde:

P = presión en un punto

$\rho$  = densidad del líquido

y = altura del líquido

v = Velocidad del líquido

H<sub>t</sub> = pérdidas de carga totales

Como:

$$P1 = P3 = 1 \text{ atm}$$

$$v1 = 0$$

Reducimos y despejamos:

$$pg(y1 - y2) = \frac{1}{2}pv3^2 + Ht$$

$$v3 = \sqrt{2[g(y1 - y2) - Ht]}$$

Sabiendo que:

Caudal deseado:  $Q = 0,00025 \text{ m}^3/\text{sg}$

Altura del Tanque:  $y1 = ?$

Área de Salida:  $A = 1,539 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Perdidas de Cargas:  $Ht = ?$

Reemplazamos v3 en la ecuación 23

$$Q = \sqrt{2[g(y1 - y2) - Ht]} \cdot A$$

Despejamos y1:

$$\frac{Q^2}{A^2} = 2[g(y1 - y2) - Ht]$$

$$\frac{Q^2}{A^2 \cdot 2 \cdot g} + \frac{Ht}{g} = y1 - y2$$

$$y1 = \frac{Q^2}{A^2 \cdot 2 \cdot g} + \frac{Ht}{g} + y2 \quad (21)$$

## Despeje de Y1

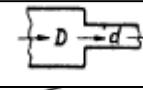
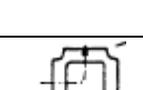
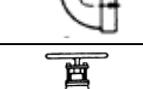
Como se tienen dos incógnitas y una ecuación procedemos a calcular las pérdidas de carga en el sistema:

Al ser la distancia del tanque elevado a la máquina, relativamente corta, las pérdidas primarias se desprecian, lo contrario sucede con las pérdidas secundarias por la cantidad de elementos que usa.

Utilizando el método de longitudes equivalentes obtenemos:

**Tabla 3.10**

### Longitud equivalente a pérdidas de cargas

FORMA	DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	CANTIDAD	LONGITUD EQUIVALENTE
	Entrada de agua	22.6 mm	1	0.4
	Reducción	22.6/11.3 mm	1	0.15
	Válvula de compuerta con solenoide	11.3 mm	1	0.1
	Tee	11.3 mm	5	0.8
	Codo	11.3 mm	4	0.8
	Válvula de globo	11.3 mm	4	0.1
	Reducción	11.3/7	4	3.5
<b>TOTAL – longitudes equivalentes</b>				<b>22.25</b>

Realizado por: Autor, valores obtenidos de tablas - Norma COVENIN

$$H_t = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{Lc}{D^{4.87}} \quad (22)$$

### Ecuación de pérdidas equivalentes - Hazen-Williams

Dónde:

Ht = Pérdidas de cargas totales

Q = Caudal

C = Coeficiente de fricción

Lc = Sumatoria de longitudes equivalentes de los accesorios

D = Diámetro de la tubería

Obtenemos el coeficiente de fricción de la tubería, acero inoxidable 104 de la Norma COVENIN

C = 140

Reemplazamos:

$$Ht = 10.67 * \left( \frac{0.00025}{140} \right)^{1.852} * \frac{22.25}{(0.0113)^{4.87}}$$
$$Ht = 16.27$$

Obtenido este valor reemplazamos en la ecuación 25

$$y1 = \frac{(0,00025 \text{ m}^3/\text{sg})^2}{(1,539 \times 10^{-4} \text{ m}^2)^2 \cdot 2 \cdot (9,8 \text{ m}/\text{sg}^2)} + \frac{16.27}{9,8} + 1,5 \text{ m}$$
$$y1 = 3.29 \text{ m}$$

Con el valor encontrado se puede asegurar que la distancia mínima de la altura del tanque para que el caudal cumpla con lo deseado es de 3.29 metros. Con la realización de un ensayo para comprobar, se puede especificar una altura de 3.5 metros para asegurar que la caudal siempre este en un rango permisible.

### **3.7.1 Electroválvula**

Clases y funcionamiento:

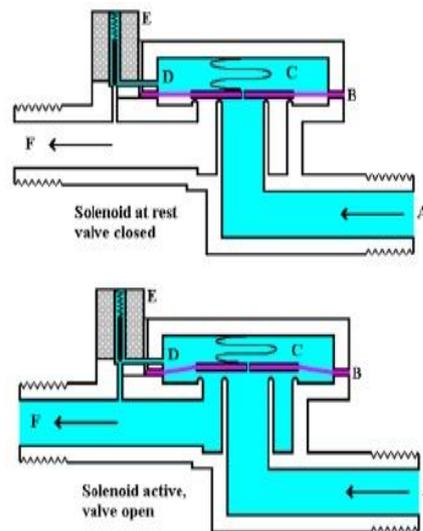
Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula.

El solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica para así accionar la válvula. Existen varios tipos de electroválvulas, en algunas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es común que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula este abierta. También es posible construir electroválvulas bi-estables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrarla o bien un solo solenoide que abre con un impulso y cierra con el siguiente. (Juanbro, 2014)

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas, que quedan abiertas cuando no hay alimentación. (Arán, 2014)

**Figura 3.26**

### **Forma interna de una electroválvula**



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/28247774/Electrovalvula>

Se utilizará la electroválvula de ½ pulgada a 110V.

Válvula solenoide de uso general, 2 Vías - Acción Mixta, normalmente cerrada.

**Tabla 3.11**

**Características de la electroválvula**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DATOS</b>
Rosca tipo Agua	1/2"
Material	latón
Fluidos	Agua, aire, gas inerte, vapor a baja presión, aceites minerales (2°E), gasolina y gasóleo.
Material del diafragma	EPDM. para agua o vapor (-10 + 140°C).
Presión mínima	0.1 bar
Bobina estándar	(serie F) de 8 Watts.
Aplicaciones más comunes	automatización

Fuente: Hoja de datos

**Figura 3.27**

**Electroválvula**

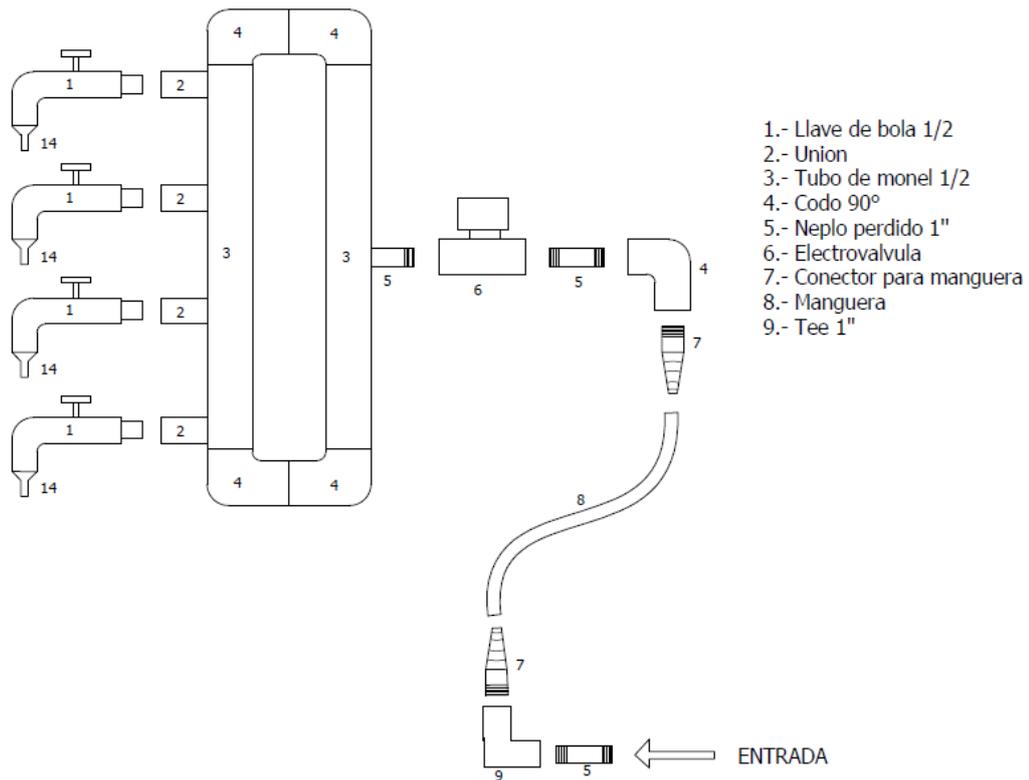


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/28247774/Electrovalvula>

### 3.7.4 Conexiones hidráulicas

Diagrama 3.19

Plano de Conexiones de tuberías



Elaborado por: Autor

En el diagrama se puede observar las conexiones hidráulicas. Los accesorios 2, 3, 4 y 5 estarán soldados formando una sola pieza de Monel, a la cual se la conoce con el nombre de MANIFOR.

Al mantener estable el nivel del tanque elevado indirectamente estamos proporcionando un caudal estable del sistema. El líquido se reparte a través de los picos de salida, todos activados por la electroválvula que abrirá o cerrará el flujo.

Finalmente se contará con una pequeña llave de bola, con la cual se calibrará para que cada pico de salida tenga el mismo caudal, es decir las cuatro botellas llenen de forma pareja en el tiempo programado.

## CAPÍTULO IV

### IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Implementación

En este capítulo se detallan los pasos del ensamblaje mecánico y electrónico así como sus pruebas y calibración.

##### 4.1.1 Subsistema de Avance de botellas

El avance de las botellas se realizó utilizando una banda transportadora, la cual esta soportada con tres rodillos, uno de transmisión de movimiento, el segundo de guía y el tercero para templar.

El rodillo encargado de transmitir el movimiento a la banda transportadora está conectado a través de una cadena a un moto reductor AC, que aparte de la reducción interna de velocidad del motor utiliza engranes de diferentes diámetros para reducir la velocidad de la banda en 0,0424 m/s, lo que le da estabilidad a las botellas para no caerse al arrancar o parar la banda y a su vez aumenta el torque de la banda.

**Figura 4.1**

#### **Banda Transportadora**



Elaborado por: Autor

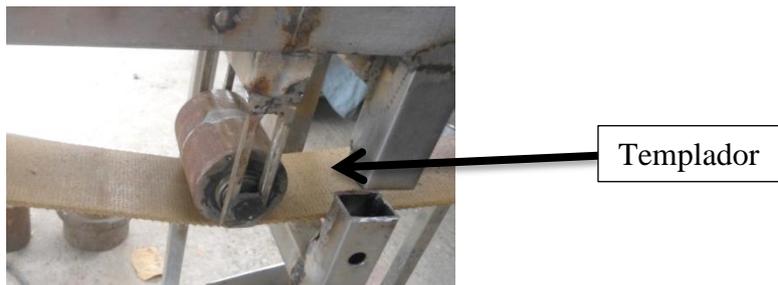
El control del motor que moverá la banda será ON/OFF. El microcontrolador dará la orden de arranque o parada y a través de la interfaz de potencia se accionará el motor.

#### 4.1.1.1 Calibración

La calibración de la banda se la realizará con el rodillo de temple, no se puede dejar muy holgada ni muy templada ya que patinará o se detendrá, ocasionando fallas en el sistema y reducción de la vida útil de la banda.

**Figura 4.2**

#### Templador de Banda Transportadora



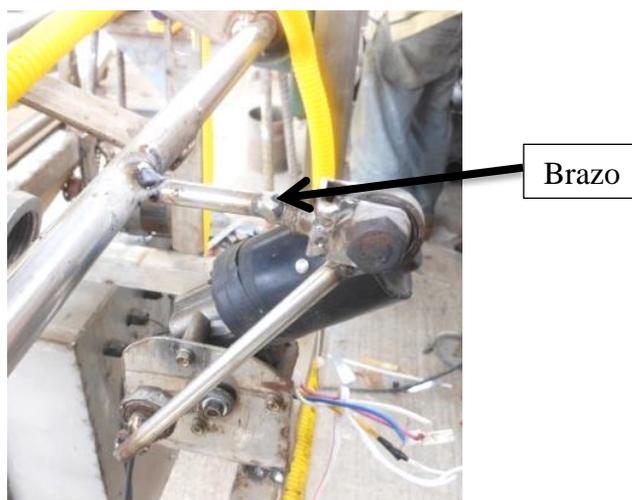
Elaborado por: Autor

#### 4.1.2 Subsistema del bloque de llenado

El mecanismo de llenado se realizó utilizando el principio del mecanismo de biela-manivela, con tres eslabones, concluyendo al final en un solo grado de libertad.

**Figura 4.3**

#### Brazo de llenado



Elaborado por: Autor

Utilizando un motor DC TRICO, se controlará el sentido de giro que llevará a

determinar si el brazo de llenado sube o baja las llaves de salida del agua.

Este control lo realizará el microcontrolador a través de la interfaz de potencia para la inversión de la polaridad y del giro.

A su vez el microcontrolador accionará una electroválvula ON/OFF la cual permitirá al flujo de agua que pase por las tuberías y llegue a las botellas.

#### **4.1.2.1 Calibración**

Un sensor Capacitivo está ubicado a un costado del brazo de llenado para detectar cuando éste se encuentre abajo. Lo cual ayudará al microcontrolador a conocer su ubicación real y permitir realizar la auto calibración cada vez que se enciende la máquina.

El sensor está ubicado en un soporte con forma de ojo chino el cual permite subirlo a bajarlo en el momento de su calibración.

**Figura 4.4**

#### **Sensor de brazo de llenado**



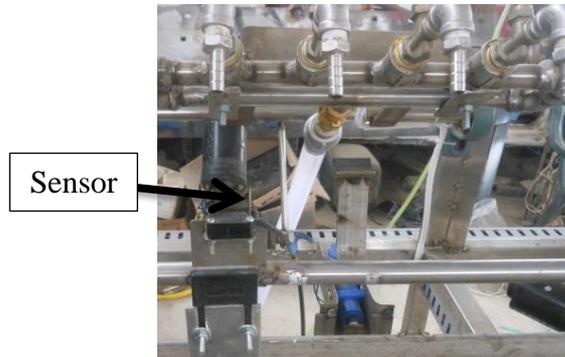
Elaborado por: Autor

Un sensor óptico retro reflectivo es el encargado de detectar cuando las cuatro botellas se encuentran en posición para proceder con la bajada del módulo de llenado y dar inicio al envasado.

Este sensor está ubicado a la altura del cuello de la última botella, lo cual hay que tener muy en cuenta al realizar su calibración.

**Figura 4.5**

**Sensor Óptico de llenado**



Elaborado por: Autor

Es necesario mantener controlado el nivel del líquido en el tanque elevado para así mantener siempre constante el caudal, la altura mínima que debe de tener el líquido es de 3.5 metros para poder obtener el caudal deseado. Este control de nivel se lo realiza en las instalaciones donde se vaya a instalar la máquina y se escogerá el método según su infraestructura. Normalmente se utiliza un mecanismo simple de flotador en acero inoxidable para mantener un nivel de agua en un rango establecido.

Una vez estable el nivel del líquido es necesario hacer las pruebas de llenado para ir regulando manualmente las válvulas individuales que se encuentran en cada pico de llenado para lograr que todas las botellas llenen al mismo nivel. Luego de esto se calibrará a través del software y hardware el tiempo de llenado para lograr los 500 cc deseados. Esta última forma de calibración se la detalla en los anexos – manual de Usuario.

**Figura 4.6**

**Válvulas de llenado**



Elaborado por: Autor

### 4.1.3 Subsistema del bloque de sellado

Se encuentra estructurado por un pistón para el sellado, un sujetador para las botellas y el sensor para detectar las botellas.

El pistón está conectado a una biela manivela adaptada, conectado a un motor DC TRICO, el pistón cuenta con una guía para que el movimiento sea únicamente vertical y así lograr una presión y un golpe firme sobre la tapa de la botella.

**Figura 4.7**

**Pistón de Sellado**



Elaborado por: Autor

El sujetador de botellas se encuentra ubicado debajo del pistón de sellado, es una placa con la forma del cuello de la botellas sostenida con guías redondas de ambos lados para asegurar su estabilidad, dos resortes la mantienen siempre en posición y en el momento que una botella va a ser sellada el actuador universal jalará la placa asegurando la botella.

**Figura 4.8**

**Placa Sujetador de botellas**



Elaborado por: Autor

**Figura 4.9**

**Sujetador y Actuador**



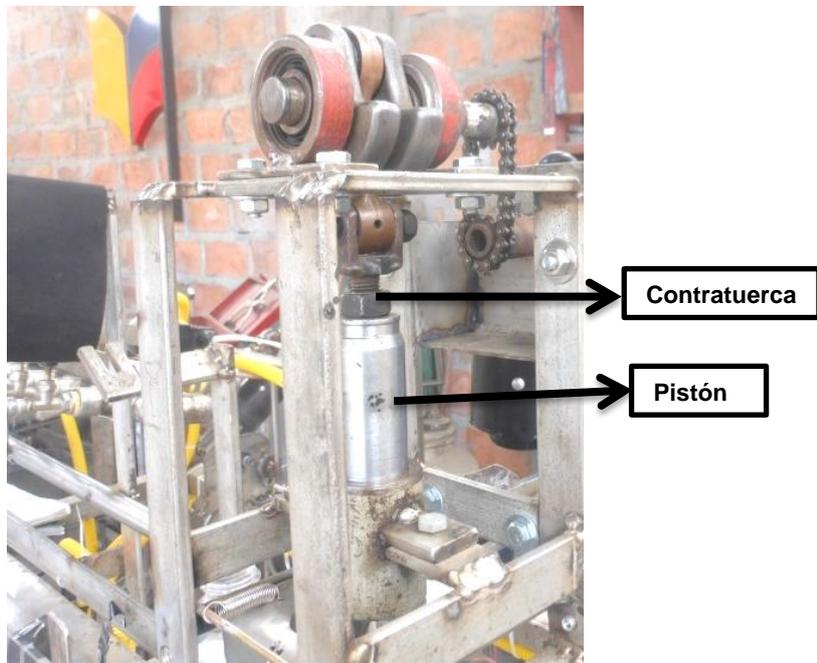
Elaborado por: Autor

**4.1.3.1 Calibración**

La altura del pistón puede calibrarse manualmente desenroscándolo y apretándolo con la contratuerca. Esto se realiza la primera vez y de nuevo solo en caso que se haya aflojado o haya variado levemente el diseño del pico de las botellas.

**Figura 4.10**

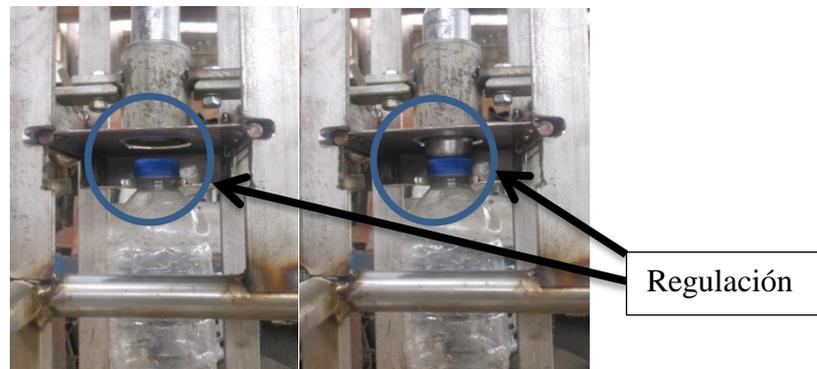
**Calibración de pistón**



Elaborado por: Autor

**Figura 4.11**

**Regulación de la altura del Pistón**



Elaborado por: Autor

Para realizar la calibración del pistón de sellado, se toma la medida con un pie de rey entre la distancia máxima que baja el pistón hasta el pico de la botella sin tapa.

**Tabla 4.1**

**Calibración del Pistón**

<b>2.07 mm <math>\pm</math>0,5 mm</b>			
Botellas bien selladas	5	Botellas mal selladas	0
<b>2.58 mm a 3mm</b>			
Botellas bien selladas	2	Botellas mal selladas	3 (flojas)
<b>1.56 mm a 1 mm</b>			
Botellas bien selladas	3	Botellas mal selladas	2 (aplastadas)

Elaborado por: Autor

En el cuadro se puede apreciar que el rango de calibración se encuentra en 2.07 mm de separación con una tolerancia de  $\pm$ 0,5 mm. Pasando de estos niveles o quedan muy flojas las tapas o son aplastadas por el pistón.

El sensor óptico reflectivo que está ubicado al inicio de la sección de sellado puede ser calibrado moviéndolo levemente y presionando sus tornillos hasta que quede frente a frente con el espejo, es necesario verificar que el centro del sensor este a la misma altura de la tapa de la botella.

**Figura 4.12**

**Sensor Óptico de sellado**



Elaborado por: Autor

**4.1.4 Subsistema de Control**

Se procedió a montar las placas electrónicas para grabar y probar el programa.

**Figura 4.13**

**Placa de Control**



Elaborado por: Autor

**Figura 4.14**  
**Interfaz de Potencia**



Elaborado por: Autor

**Figura 4.15**  
**Prueba de Hardware y software**



Elaborado por: Autor

Una vez listo el hardware y probado el software se procedió a montar la caja de control en la máquina con sus respectiva protección y se realizaron todas las conexiones de los botones, las fuentes los sensores, y de más.

**Figura 4.16**  
**Ensamble de caja de control**



Elaborado por: Autor

## 4.2 Pruebas

Se realizaron las pruebas de cada sección de la máquina verificando y calibrando cada parte, logrando el funcionamiento esperado.

Se llenaron 100 botellas probando la máquina, probando el software y verificando constantemente el hardware, sin presentar problemas en su funcionamiento.

**Figura 4.17**

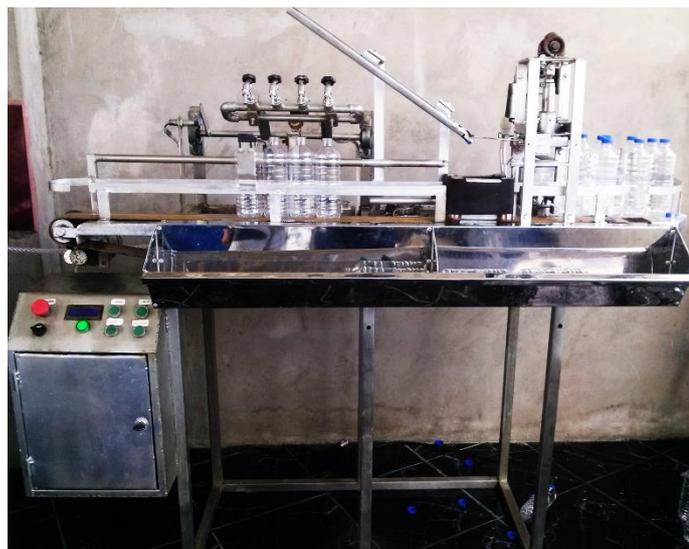
### **Funcionamiento Completo – llenando**



Elaborado por: Autor

**Figura 4.18**

### **Funcionamiento Completo - tapando**



Elaborado por: Autor

### 4.3 Análisis de Resultados

Con una capacidad de llenado de 14 botellas llenas y selladas por minuto lo que resulta en 840 botellas listas por cada hora de trabajo.

El trabajo se puede realizar con un solo operario a cargo.

Se realizaron sus respectivas pruebas dando como resultado la siguiente tabla.

**Tabla 4.2**

#### Pruebas

# de Botellas	Botellas mal tapadas	Botellas Mal llenadas	Llenado y sellado correcto
28	2	0	26
28	2	0	26
28	1	0	27

Elaborado por: Autor

Con un porcentaje de error de tapado del 6.67 % habiendo una botella mal sellada cada 15 botellas, esto se produce por las variaciones mínimas que ocurren en la forma física de las tapas de fábrica.

### 4.4 Análisis Económico

#### 4.4.1 Costos del Proyecto

En la realización de este proyecto hubo costos directos e indirectos que se detallan a continuación:

Costos Directos, Son aquellos que la gerencia es capaz de asociar con los artículos, servicios o áreas específicos. Los materiales y la mano de obra directa son los ejemplos más claros. (Bravo, 2009)

**Tabla 4.3****Costo Directo**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
<b>MATERIA PRIMA</b>			
<b>SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO</b>			
Microcontrolador 18f4550	1	15	15
Pantalla LCD 16x2	1	10	10
Relés	10	1	10
Caja Protectora	1	45	45
Fuente 12V	1	25	25
Elementos de Fuente regulable	1	25	25
Circuitos Impresos	2	13	26
Pulsadores	6	7	42
Sensor Capacitivo	1	48	48
Sensor Reflectivo	2	65	130
Otros elementos electrónicos	1	30	30
<b>ESTRUCTURA</b>			
Tubo de Monel 1/8	1	36	36
Tubo cuadrado Monel 1x1''	2	39	78
Tubo cuadrado Monel 1,2x1,2''	1	45	45
Plancha de Monel 6 mtr 1mm	1	116	116
perfil Monel 1x2mm	1	43	43
Soldadura R 91 5/8	2	15	30
plancha de Monel 1 mtr 3mm	1	30	30
<b>SISTEMA DE AVANCE</b>			
Banda Transportadora 3mtr	1	25	25
rodillos	3	15	45
Motoreductor AC	1	60	60
<b>SISTEMA DE LLENADO</b>			
Electroválvula	1	90	90
Manómetro	2	3,5	7

Válvula manual de regulación	4	5,6	22,4
Válvula reguladora de presión	1	150	150
Elementos y tubería de Monel	1	35	35
Motor Trico	1	36	36
<b>SISTEMA DE SELLADO CON SUJETADOR</b>			
Motor TRICO	1	36	36
Actuador de botella	1	20	20
Pistón y Biela de Motor	1	25	25
<b>GASTOS VARIOS</b>			
Mano de Obra Soldador	1	450	450
Torno	1	100	100
Instalación Eléctrica (Cable etc)	1	25	25
Pernos, Pinturas, etc.	1	20	20
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>			<b>1930,4</b>

Elaborado por: Autor

Costos Indirectos.- Son aquellos comunes a muchos artículos y por tanto no son directamente asociables a ningún artículo o área. Usualmente, los costos indirectos se cargan a los artículos o áreas con base en técnicas de asignación. (Bravo, 2009)

**Tabla 4.4**

**Costos Indirectos**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Transporte	1	50	50
Materiales de oficina	1	100	100
Botellas y tapas de pruebas	200	0,12	24
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>			<b>174</b>

Elaborado por: Autor

Costo total, es la suma de los costos Directos e Indirectos detallados anteriormente.

**Tabla 4.5**

**Costo Total**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>
Costos Directos	1930,4
Costos Indirectos	174
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>2104,4</b>

Elaborado por: Autor

**4.4.2 Análisis costo beneficio**

Para determinar el análisis costo beneficio se debe tener una idea clara de lo que esto es, no es más que el proceso de colocar cifras en dólares en los diferentes costos y beneficios de una actividad o cambio dentro de una empresa.

Se debe utilizar un análisis costo-beneficio para comparar los costos y beneficios de las diferentes decisiones que se dan dentro de una empresa, y más si se producen cambios en áreas de producción, ya que esto implica un análisis de costos de producción y precios, incluyendo los beneficios.

Todo este análisis debe ser una guía para tomar la mejor decisión, teniendo en cuenta el beneficio, la satisfacción de los clientes.

A continuación se detalla un análisis de costos de producción de botellas de agua PET de 500 cc en una planta procesadora de agua.

**ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN SIN LA MÁQUINA**

**Tabla 4.6**

**Costo – Materia prima**

<b>Materia prima</b>	<b>Litros</b>	<b>Costo por cada 10000 litros de agua procesada \$</b>	<b>Total \$</b>
<b>Agua</b>	5000	60	30

Elaborado por: Autor

Se requieren 5000 litros de agua mensuales para llenar 10000 botellas de 500 cc cada una. Con un costo de 60 dólares por cada 10000 litro de agua procesada, por lo cual equivale a un gasto de 30 dólares los 5000 litros utilizados.

**Tabla 4.7**

**Costo – Mano de obra**

<b>Mano de obra</b>	<b>Área</b>	<b>Sueldo Mensual c/u</b>	<b>Total</b>
1	Llenado, sellado y etiquetado	360	360
<b>Costo Total de Mano de Obra</b>			360

Elaborado por: Autor

Se dispone de dos trabajadores, encargados del llenado, sellado y etiquetado. Todo de forma manual.

**Tabla 4.8**

**Costo – indirectos de fabricación**

<b>Costos indirectos de fabricación</b>	<b>Diario /botellas</b>	<b>Mensual / botellas</b>	<b>Costo de Unidad \$</b>	<b>Total</b>
Botellas	380	10000	0.06	600
Tapas	380	10000	0.015	150
Etiquetas	380	10000	10 c/1000 u	100
Fundas para pacas	16	416	0.015	6.24
<b>Total costos Indirectos de fabricación</b>				856.24

Elaborado por: Autor

En la tabla anterior se describen los costos de las botellas, tapas, fundas y las etiquetas necesarias para producir 10000 botellas mensuales.

**Tabla 4.9**

**Otros gastos**

<b>Otros Gastos</b>	
Administrativos	70
Gastos de Ventas	50
Gastos Varios	60
<b>Total</b>	<b>180</b>

Elaborado por: Autor

Son gastos adicionales que se generan dentro de la empresa, y que influyen en el costo de producción, y el costo total se obtiene mediante la suma de estos costos y gastos.

**Tabla 4.10**

**Total de costos**

Materia prima	<b>30.00</b>
Mano de obra	360.00
Costos Indirectos	856.24
Otros Gastos	180.00
<b>TOTAL de Costos</b>	<b>1426.24</b>

Elaborado por: Autor

Cálculo del costo unitario de producción

Regla de 3:

$$10000 \quad 1426.24$$

$$1 \quad x$$

$$X = 1 * 1426.24 / 10000$$

$$X = 0.1426$$

El costo de producción por botella de agua es de 0.1426 centavos.

Según el estudio de mercado realizado por la empresa “AguaGar” para poder ser competitivos en el mercado local su costo por unidad no debe exceder de \$0.21 centavos de dólar.

Restando el PVP (precio venta al público) menos el costo de producción por unidad obtenemos una diferencia que equivaldría a las ganancias obtenidas.

$$0.21 - 0.1426 = 0.0674 \text{ ctv}$$

Una ganancia de 6,74 centavos equivale a una utilidad del 47% por botella vendida.

Las ganancias mensuales de la planta en este producto es de:

$$\text{Numero de producción} * \text{Precio de Venta} = \text{Ingresos} \quad (23)$$

**Fórmula de ingreso bruto**

$$10000 * 0.21 = 2100$$

$$\text{Ingresos} - \text{Gastos} = \text{Utilidad Neta} \quad (24)$$

**Fórmula de utilidad neta**

$$\text{Ingresos} - \text{Gastos} = \text{Utilidad Neta}$$

$$2100 - 1426.24 = 673.76$$

La utilidad neta de la empresa elaborando este producto antes de haber implementado la máquina es de \$ 673.76

## ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN CON LA MÁQUINA

**Tabla 4.11**

### Costo – Materia prima

Materia prima	Litros	Costo por cada 10000 litros de agua procesada \$	Total \$
Agua	18720	60	112.32

Elaborado por: Autor

Se requieren 18720 litros de agua mensuales para llenar 37440 botellas de 500 cc cada una. Con un costo de 60 dólares por cada 10000 litro de agua procesada, por lo cual equivale a un gasto de 112.32 dólares los 5000 litros utilizados.

**Tabla 4.12**

### Costo – Mano de obra

Mano de obra	Área	Sueldo Mensual c/u	Total
1	Operador de Máquina y etiquetado	360	360
<b>Costo Total de Mano de Obra</b>			360

Elaborado por: Autor

Se dispone de dos trabajadores, encargados del llenado, sellado y etiquetado. Todo de forma manual.

**Tabla 4.13**

**Costo – indirectos de fabricación**

<b>Costos indirectos de fabricación</b>	<b>Diario /botellas</b>	<b>Mensual / botellas</b>	<b>Costo de Unidad \$</b>	<b>Total</b>
Botellas	1440	37440	0.06	2246.4
Tapas	1440	37440	0.015	561.6
Etiquetas	1440	37440	10 c/1000 u	374.40
Fundas para pacas	60	624	0.015	9.36
<b>Total costos Indirectos de fabricación</b>				<b>3191.76</b>

Elaborado por: Autor

En la tabla anterior se describen los costos de las botellas, tapas, fundas y las etiquetas necesarias para producir 37440 botellas mensuales.

**Tabla 4.14**

**Otros gastos**

<b>Otros Gastos</b>	
Administrativos	90
Gastos de Ventas	50
Gastos Varios	60
<b>Total</b>	<b>200</b>

Elaborado por: Autor

Son gastos adicionales que se generan dentro de la empresa, y que influyen en el costo de producción, y el costo total se obtiene mediante la suma de estos costos y gastos.

**Tabla 4.15**

**Total de costos**

Materia prima	112.32
Mano de obra	360.00
Costos Indirectos	3191.76
Otros Gastos	200.00
<b>TOTAL de Costos</b>	<b>3864.08</b>

Elaborado por: Autor

Calculo del costo unitario de producción por medio de una regla de tres.

$$\begin{array}{cc} 10000 & 3864.08 \\ 1 & x \end{array}$$

$$X = 1 * 3864.08 / 37400$$

$$X = 0.1033$$

El costo de producción por botella de agua es de 0.1033 centavos.

Según el estudio de mercado realizado por la empresa “Agua Gar” para poder ser competitivos en el mercado local su costo por unidad no debe exceder de \$0.21 centavos de dólar.

Restando el PVP (precio venta al público) menos el costo de producción por unidad obtenemos una diferencia que equivaldría a las ganancias obtenidas.

$$0.21 - 0.1033 = 0.1067 \text{ ctv}$$

Al aumentar la producción y disminuir la mano de obra el costo por botella disminuye generando una ganancia de 0.1067 centavos equivale a una utilidad del 103% por botella vendida.

Las ganancias mensuales de la planta en este producto es de:

$$\text{Numero de producción} * \text{Precio de Venta} = \text{Ingresos}$$

$$37440 * 0.21 = 7862.4$$

$$\text{Ingresos} - \text{Costos} = \text{Utilidad Neta}$$

$$7862.4 - 3864.08 = 3998.32$$

*La utilidad neta de la empresa elaborando este producto después de haber implementado la máquina es de \$ 3998.32*

### **TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN**

En esta sección determinamos el tiempo que se requiere para que la empresa recupere la inversión de la máquina.

**Tabla 4.16**

#### **Diferencia de utilidades, antes y después**

	<b>Utilidad Neta</b>
Antes de la máquina	673.76
Con la máquina	3998.32
<b>Utilidad adicional</b>	3324.56

En el cuadro se puede apreciar la diferencia de utilidad que hay antes y después de implementar la máquina en la empresa.

Como el costo de producción de la máquina fue de \$ 2104.40 la recuperación se realizara en:

$$\begin{array}{rcl} 3324.56 & 24 \text{ días al mes} & \\ 2104.40 & X & \end{array}$$

$$X = 15 \text{ días}$$

Con una regla de tres básica se puede verificar que la recuperación se realizara en apenas 15 días.

Este corto plazo se logra gracias a que la producción aumento de 10000 botellas mensuales a 37440 que equivale a un aumento del 374.4 %

El tiempo de recuperación de la inversión depende de la velocidad con la que la empresa crezca en el mercado, ya que al ser implementada la máquina ya cuentan con el suficiente producto para cubrir altas demandas. Depende del personal administrativo aumentar las ventas para así sacarle el mayor provecho a la empresa.

Los cálculos fueron realizados utilizando la producción de tres horas diarias de la máquina. Por lo cual la empresa puede expandirse aún más, hasta llegar a procesar 6720 botellas por día, para esto se debe poner a una persona fija como operario de la máquina y aumentar el personal para el área de etiquetado y empaquetado. Generando más producción y a su vez mas ganancias.

#### **4.5 Conclusiones**

- Se logró realizar con éxito la construcción de una Máquina Llenado y Tapadora lineal de botellas PET de 500 cc semiautomática, la cual logra producir hasta 840 botellas por hora, mientras que manualmente se trabajaban 380 botellas diarias.
- Se escogió sellar las botellas una a una, ya que realizar esta acción las cuatro a la vez aumentaba considerablemente su costo económico, y su beneficio no sería apreciado para las pequeñas y medianas empresas a las cuales va enfocada su producción.
- La Máquina llenadora y tapadora contribuirá al crecimiento de la empresa “Agua Gar” y la capacidad de cubrir la demanda del producto.

#### **4.6 Recomendaciones**

- Se puede utilizar cualquier método para mantener estable el nivel del tanque y por ende el caudal de llenado, pero siempre teniendo en cuenta las normas de higiene si se trata de líquidos para el consumo humano y hay que evitar al máximo las perturbaciones que genera el llenado del tanque.
- La sección más minuciosa al momento de calibrar es el colocador de tapas, ya que una pequeña variación puede disminuir enormemente la eficiencia de la máquina
- Todo personal que use la maquina deberá ser previamente capacitado para evitar daños físicos y materiales, es necesario que se sigan las recomendaciones expuestas en el manual de usuario y el plan de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento del equipo.
- Se puede utilizar la máquina para envasar otro tipo de líquidos siempre y cuando no sean gaseosos y su viscosidad sea similar al del agua. (agua de coco, jugos naturales, entre otros).
- Si se desea aumentar la producción se puede disminuir el tiempo de llenado utilizando un MANIFOR de una pulgada de diámetro o superior con su respectiva electroválvula.

## Bibliografía

- [1] Biología. (06 de 2013). Recuperado el 05 de 04 de 2014, de BuenasTareas.com:  
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Biologia/27188363.html>
- [2] Cortés, M. (s.f.). *Eleccion de maquinaria para el envasado de productos*. Recuperado el 15 de 06 de 2014, de guiaenvase: <http://www.guiaenvase.com>
- [3] Nice, N. S. (2004). *Sistemas de Control para Ingeniería* (1era Ed ed.). México: Continental.
- [4] Universidad Politécnica de Catalunya. (09 de 05 de 2001). *UPCommons*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/>:  
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>
- [5] Ingenio-upp. (10 de 03 de 2008). *Que es un Microcontrolador*. Obtenido de ingenio-upp.blogdiario: <http://ingenio-upp.blogdiario.com/>
- [6] López, C., Cuasapaz, P., & Madera, R. (19 de 11 de 2014). *CONTROL DE ACCESO POR CLAVE*. Ibarra: UTN.
- [7] López, C., Cuasapaz, P., & Madera, R. (2014). *Inmótica*. Ibarra: UTN.
- [8] Cervantes, J. M. (s.f.). *Introduccion al Microcontrolador. Tutorial*.
- [9] Lozano, J. (10 de Diciembre de 2014). *Interfaz Fisica*. Obtenido de <http://www.dtic.upf.edu/>:  
<http://www.dtic.upf.edu/~jlozano/interfaces/interfaces8.html>
- [10] Univerframesimon. (06 de 10 de 2014). *Software libre y Software propietario*. Recuperado el 13 de 12 de 2014, de <http://univerframesimon.blogspot.mx/>: <http://univerframesimon.blogspot.mx/>
- [11] Viana, C. (17 de Mayo de 2001). *fluidos.eia.edu.co*. Obtenido de Control de Cambiadores:  
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/accesorioshidraulicos/valvulas/valvulas.html>

- [12] Quiminet. (22 de 08 de 2012). *www.quiminet.com/*. Recuperado el 22 de 07 de 2014, de *www.quiminet.com/*: <http://www.quiminet.com/articulos/el-uso-de-las-electrovalvulas-en-la-industria-2648462.htm>
- [13] DACS. (4 de Octubre de 2014). *Sensores*. Obtenido de *sensordeproximidad*: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>
- [14] DACS. (s.f.). *Sensor inductivo*. Obtenido de *sensoresdeproximidad*: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/inductivo.html>
- [15] DACS. (s.f.). *Sensores de proximidad*. Obtenido de *sensoresdeproximidad*: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/>
- [16] Emerson Electronic. (12 de Marzo de 2013). *Emersom Climate Technologies*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de <http://www.emersonclimate.com/>: <http://www.emersonclimate.com/es-LA/Resources/Documents/Emerson-ManualTecnico2013.pdf>
- [17] DACS. (10 de 09 de 2014). *Sensores capacitivo*. Obtenido de *sensordeproximidad*: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/capacitivo.html>
- [18] Castro De la Cruz, J. (15 de 05 de 2012). *Tesis Estudio de un sistema de supervisión remota de seguridad en edificaciones utilizando la red GPRS*. Guayaquil. Obtenido de *dspace.unach.edu.ec*: <http://hdl.handle.net/123456789/394>
- [19] Alonzo, J. M. (2004). *Circuitos eléctricos auxiliares. Electromecánica de vehículos*. Paraninfo S.A.
- [20] Autocosmos. (14 de 09 de 2011). *Como trabajan los seguros electricos de un auto*. Obtenido de *autocosmos.com*: <http://noticias.ve.autocosmos.com/2011/09/14/como-trabajan-los-seguros-electricos-de-un-auto>

- [21] Electrónica Pic. (15 de 04 de 2010). *unpocodelectronica.netau.net*. Obtenido de electrónica-pic.blogspot.com: <http://electronica-pic.blogspot.com/2010/04/primeros-pasos-con-el-18f4550.html>
- [22] Lino, M. R. (2010). *Tesis. Muchas aplicaciones Microcontroladores requieren mostrar datos de diversas formas. Para ello se puede emplear fácilmente un display LCD. Estos módulos son la solución ideal en los casos donde se desea*. Guayaquil.
- [23] Arán, L. J. (14 de 12 de 2014). *Elaboración de manual de prácticas de laboratorio de Neumática, Electro neumática y PLC*. Obtenido de manualdepracticasnplc: <http://manualdepracticasnplc.blogspot.com/>
- [24] Juanbro. (05 de 07 de 2014). *Electrovalvulas*. Obtenido de [www.fiuxy.com](http://www.fiuxy.com): <http://www.fiuxy.com/educacion-ciencia-y-tecnologia/2485391-electrovalvulas.html>
- [25] Bravo, G. (15 de 12 de 2009). *Zen Empresarial*. Recuperado el 24 de 11 de 2014, de [zenempresarial.files.wordpress.com](http://zenempresarial.files.wordpress.com): <http://zenempresarial.files.wordpress.com/2009/12/contabilidad-de-costos.pdf>

# ANEXOS

# **ANEXO 1**

## **MANUAL DE USUARIO**

## MANUAL DE USUARIO

### Llenadora y selladora de botellas PET de 500 cc semiautomática



***Advertencia:***

La máquina solo debe ser operada por personal capacitado.

No manipular bajo los efectos del alcohol u algún estupefaciente.

Peligro de aplastamiento, no poner la mano cerca de los rodillos de la banda transportadora, las bandas laterales, ni por debajo de la máquina en la cadena de transmisión.



Para limpieza y mantenimiento asegurarse que la máquina este desconectada, si no es posible dejar el interruptor en OFF y dejar presionado el botón de emergencia, a su vez notificar al personal en el área para que no activen la maquina accidentalmente.

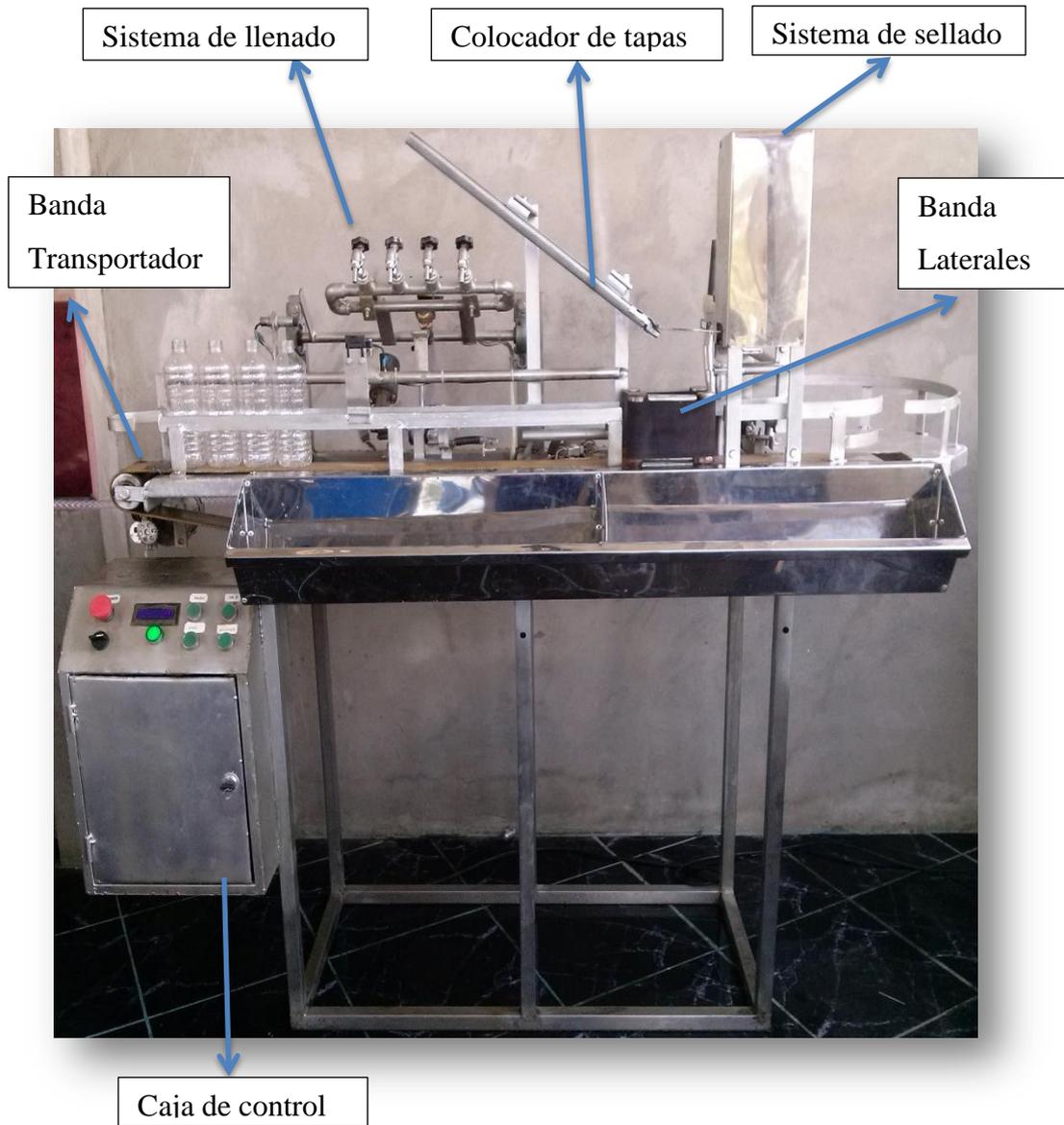
Siempre utilizar instalaciones con puesta a tierra.

*Por favor lea atentamente el Manual del Usuario antes de operar la máquina.*

*Antes de enchufarlo, por favor examine si el tomacorriente está correctamente conectado a tierra para garantizar su seguridad.*

## MANUAL DE USUARIO

### Llenadora y selladora de botellas PET de 500 cc semiautomática



## Llenadora y selladora Semiautomática

FIGURA 1

### Características Técnicas

Tipo	Llenadora y selladora semiautomática
Tensión Nominal	110 V
Frecuencia Nominal	60 Hz
Corriente Nominal	1 Amp
Capacidad	14 botellas/minuto – 840 botellas/hora
Tipo de líquidos	Agua, jugos, y líquidos de densidad similar a $1 \text{ kg/m}^3$ (d agua) no carbonatados
Forma de llenado	Lineal
Colocador de tapas	Tipo trampa

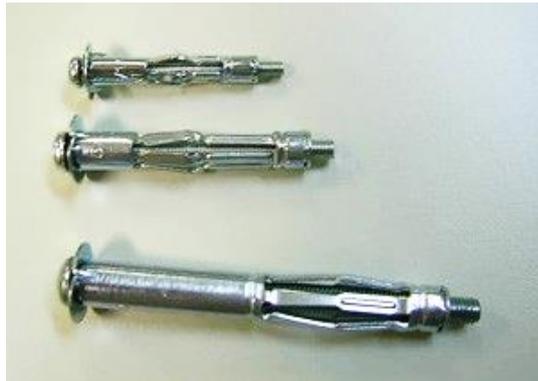
La máquina llenadora y selladora de botellas PET de 500 cc de agua semiautomática está diseñada como su nombre lo dice para llenar botellas de plástico de ½ litro con agua para el consumo humano, a su vez les coloca las tapas y las sella.

En este manual se explicará su funcionamiento y forma de utilizar y poner en marcha.

## INSTALACIÓN

La máquina debe ser instalada en un medio protegido, que no esté expuesta directamente al sol ni a la lluvia.

Debe de ser instalada en un piso nivelado y empernado al piso (figura 2) para evitar vibraciones que perjudiquen su normal funcionamiento.

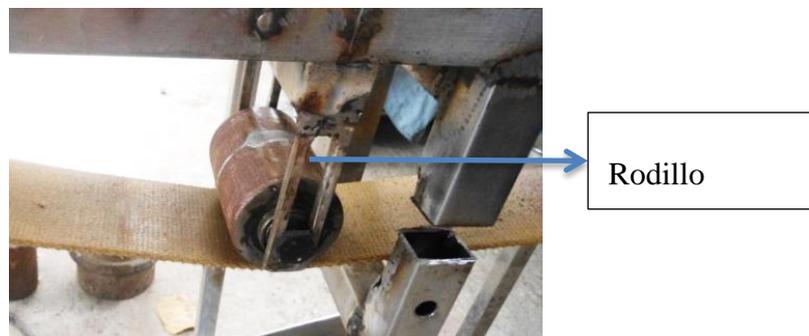


### Pernos de Fijación

Figura 2

Luego de su instalación se procederá a revisar que todas las piezas se encuentren en su lugar correspondiente, las cuales son:

La ubicación correcta de la banda transportadora, revisar que se encuentre templada, de no ser así ajuste el rodillo de temple (figura 3)

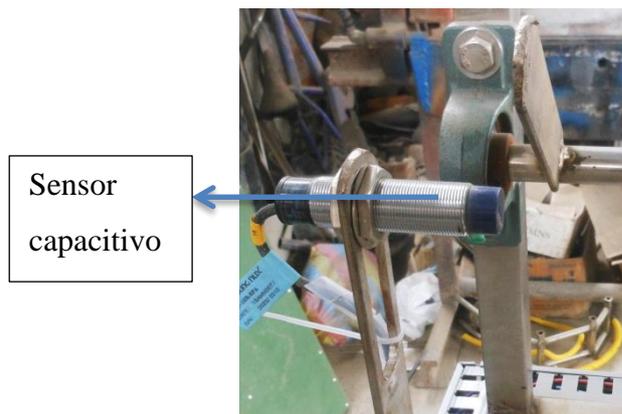


### Rodillo para templar

Figura 3

Se verificará la correcta ubicación de los sensores. El que se encuentra ubicado en el brazo de llenada (figura 4), posición e llenado (figura 5) y el que se encuentra en la sección de sellado (figura 6). Ambos se deben encontrar en la forma y la posición como se muestra en las figuras.

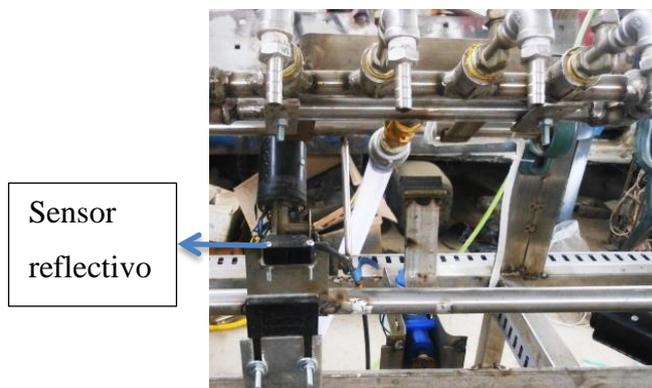
Se debe verificar que el sensor Capacitivo del brazo se active cuando el brazo llegue a su posición final la cual es con los picos de llenado dentro de la botella sin aplastar la misma.



**Sensor de Brazo**

Figura 4

El sensor óptico reflectivo de la posición de llenado debe estar ubicado a la altura del cuello de la botella donde van colocadas las tapas, ya que en esta sección el plástico es más grueso y permite una mejor detección. Se tiene que verificar que el sensor este activo observando el led rojo en su interior. Colocando las 4 botellas en la posición de llenado este debe mantenerse encendido y al no haber botellas el led debe estar apagado.



**Sensor óptico de llenado**

Figura 5

Al igual que el sensor óptico reflectivo de la sección de llenado, este debe estar ubicado a la altura de la tapa de la botella. Y para su comprobación se puede pasar una botella por esta sección y al pasar por este punto debe encenderse la luz, al no haber botellas esta debe permanecer apaga.



Sensor  
reflectivo

### **Sensor óptico de sellado**

Figura 6

Se procederá a verificar visualmente que se encuentre en buen estado las guías del brazo de llenado, su motor, y tuberías en buen estado (figura 7), a su vez la sección de sellado que son el sujetador, el pistón (figura 8) y el colocador de tapas (figura9) no deben haber objetos que impidan su funcionamiento.



### **Llenado**

Figura 7



Pistón de  
tapado

### Tapado

Figura 8



Colocador de  
tapas

Bandas Laterales

### Colocador de tapas

Figura 9

Verificar que la máquina esté conectado en un tomacorriente principal de 110 V con conexión a tierra.

### FUNCIONAMIENTO.

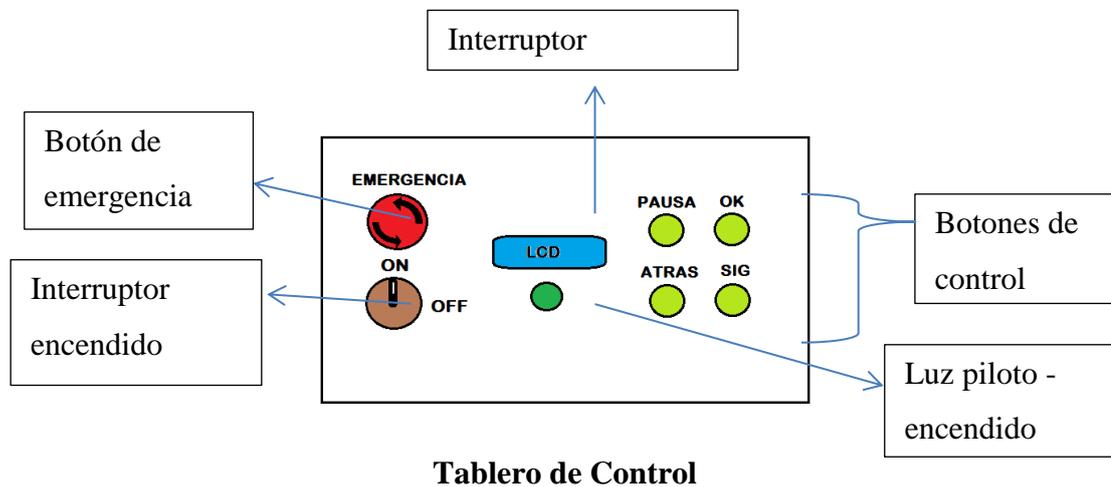


Figura 10

1.- Se encenderá la máquina con el interruptor principal. Saldrá un mensaje por dos segundos “José Muñoz Sánchez, Ing. Mecatrónico” luego cambiara a “Llenadora selladora semiautomática”

2.- presionar el botón “OK” para iniciar la auto calibración.

Una vez presionado la máquina muestra un mensaje “Auto calibración, espere...” e iniciara con:

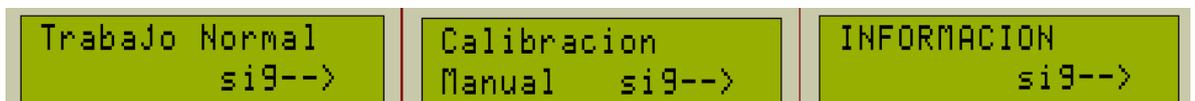
- Verificará que el brazo de llenado se encuentre en la posición inicial, para esto hará bajar y luego subir el brazo automáticamente.
- Luego Activará el sujetador de botellas y consecutivamente el pistón, seguidamente detendrá el pistón y desactivara el sujetador.
- Para finalmente activar la banda transportadora, y los actuadores que detienen las botellas por un pequeño periodo de tres segundos.
- Luego aparecerá un mensaje diciendo “Trabajo Normal, Siguiente→”

En todo este periodo el operador debe verificar visualmente que todo esté trabajando sin complicaciones para poder seguir operando la máquina.

3.- en esta parte usted podrá seleccionar varias opciones de un menú que disponemos. Las cuales son:

Trabajo Normal, Calibración Manual, Información.

Puede seleccionar cualquiera moviéndose con el botón “siguiente” o “atrás” y escoger con la tecla “OK”



### Menús

Figura 11

**Trabajo Normal.-** Antes de presionar “OK” a trabajo Normal hay que prepararse, tener listas las botellas vacías, colocar las Tapas boca abajo en el canal. Una vez listos presionamos “OK”.

Mientras la banda hace avanzar las botellas, las que están llenas pasan por el mecanismo de colocación de tapas, al pasar la botella por debajo de este canalón quedaran las tapas atrapadas y colocadas en el pico de cada botella. Cuando estas botellas lleguen a la sección de tapado la banda se detendrá y se activara el sujetador, este sujetará la primera botella por el cuello para que inmediatamente el pistón le dé un impacto para así sellar la botella, esto sucederá con las cuatro botellas llenas, una vez que las cuatro estén tapadas la banda se activará hasta que las botellas vacías lleguen al punto de llenado iniciando nuevamente el proceso.

Cada vez que se sellan cuatro botellas llenas el contador que aparece en la pantalla aumentará.

Cuando se desee detener el proceso momentáneamente para ya sea colocar la etiqueta de las botellas selladas, empaçar u otra actividad se utilizará el botón “PAUSA”. Aparecerá el mensaje mostrado en la figura 12. Este botón dejará que la máquina termine el proceso actual es decir si está llenando, dejará que las botellas se llenen por completo, y si está sellando, terminará de sellar las cuatro botellas y luego se detendrá. Cuando ya se esté listo de nuevo se presionará “OK” para continuar con el trabajo normal.



### **Pausa**

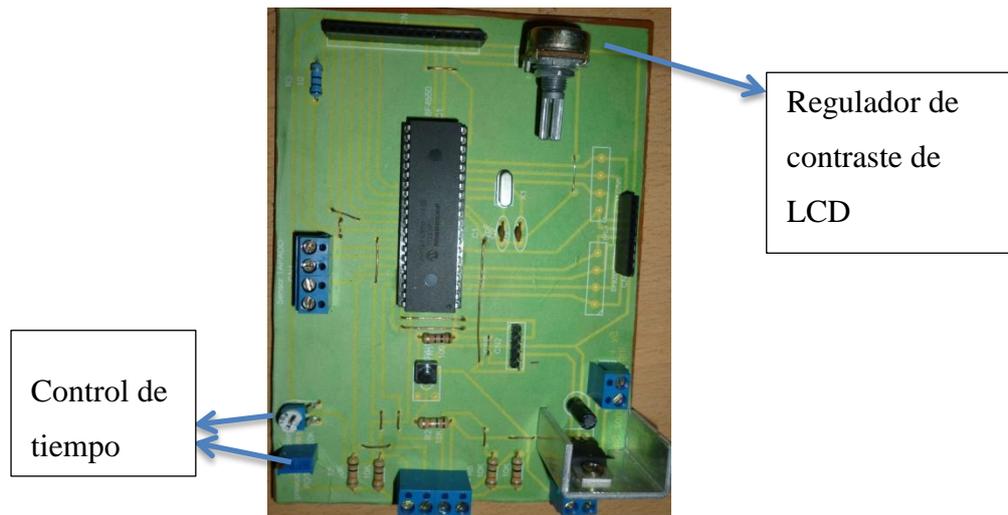
Figura 12

Nota: el operario siempre debe estar pendiente que las botellas se encuentren en el lugar adecuado, siempre estén puestas las botellas vacías, y nunca haga falta las tapas en el canalón, es decir estarlo relleno constantemente. Y al finalizar debe darle un pequeño apretón a las tapas para cerciorarse que el enroscado este en el tope.

### **CALIBRACIÓN MANUAL:**

Al Seleccionar “Calibración Manual” se puede visualizar en el display un pequeño menú, que al igual que el anterior se puede desplazar con las teclas “siguiente” y “atrás”.

La primera opción de este sub-menú es el tiempo de llenado. Aquí se puede calibrar el tiempo que va a pasar encendida la electroválvula, por lo cual se controla el tiempo que entre agua a las botellas. Se puede observar una lectura que va desde 0 hasta 1023. La cual se puede modificar moviendo dos potenciómetros que se encuentran en la placa principal como se muestra en la figura 13.



**Potenciómetro control del timer**

Figura 13

Como se puede observar en la figura hay dos potenciómetros, uno para grandes saltos de tiempo y el segundo para la precisión (avances más pequeños)

Una vez regulado el tiempo, este solo quedará grabado si se presiona la tecla “OK” pero antes de ello hay que ubicar manualmente 4 botellas en la posición de llenado, ya que al presionar la máquina solo activará el brazo y comenzará el llenado con el nuevo tiempo. No activa la banda ni el tapado.

Esta calibración va de la mano con la calibración de las llaves de paso que se encuentran encima de cada pico de llenado. (Figura 14) estas son de regulación manual y solo deben de ser ajustadas la primera vez que se calibra. Su función es evitar que una botella llene más que el resto, logrando que todas se llenen en el tiempo establecido por igual.



**Llaves de paso**

Figura 14

Nota: la calibración del tiempo de llenado solo debe realizarla personal calificado y autorizado por el dueño de la máquina.

La segunda opción del sub-menú es “avance”. Su función es activar únicamente la banda transportadora por un periodo de tiempo para que el operador verifique que su funcionamiento sea el correcto.

Y la tercera opción es “Tapado” aquí se manda a activar el sujetador y el pistón cada vez que se presiona “OK” e igual que en la anterior sirve para visualizar su correcto funcionamiento y ajustar la altura del pistón.

### **INFORMACIÓN:**

Al seleccionar la opción “información” aparecerá por un breve momento dos mensajes mostrando la información del Autor.

### **OBSERVACIONES**

En caso de Algún problema suscitado mientras se opera la máquina presionar inmediatamente el botón de Emergencia y llamar al técnico.

Este Manual explica la forma de usar la máquina y de verificar su estado, mas no es un manual de reparaciones. Para algún otro problema no mencionado comunicarse con el técnico.

## **ANEXO 2**

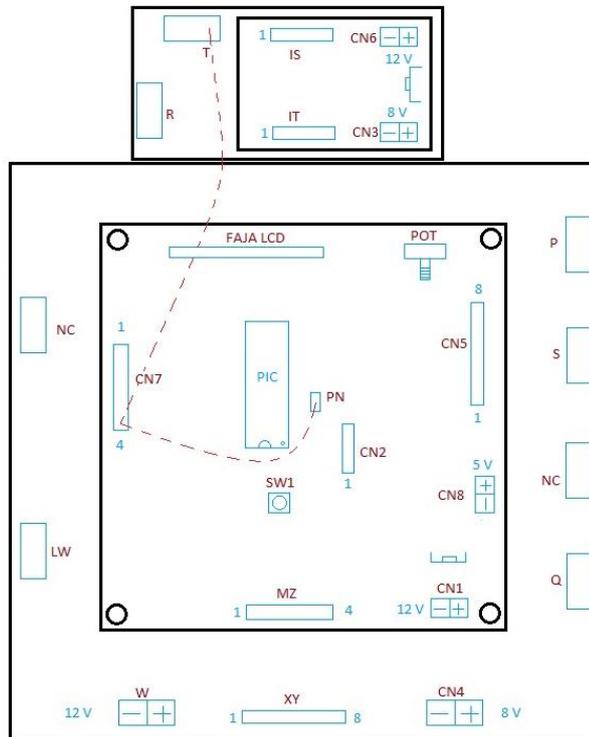
# **Plan de Mantenimiento**

# PLAN DE MANTENIMIENTO

<b>DIARIO</b>				
<b>SEMANAL</b>				<b>OPERACIONES A EJECUTAR</b>
<b>MENSUAL</b>				
<b>6 MESES</b>				
<b>ANUAL</b>				
				Limpieza de la estructura antes y después de su uso
				Revisar estado del colocador de tapas
				Limpieza del pistón de sellado
				Engrase de la cadena y piñones del motor -banda transportadora
				Engrase de cadena y piñones - bandas laterales
				Engrase de cadena y piñones - piston de sellado
				Revisión del estado de las bandas laterales, reajustar o cambiar de ser necesario
				Revisión visual de fugas de agua
				Engrase de chumaceras de brazo de llenado
				Engrase de chumaceras del pistón de sellado
				Engrase de bocín - pistón de sellado(grasa grado alimenticio)
				Engrase de guías del sujetador (grasa grado alimenticio)
				Reemplazo de bandas laterales
				Reemplazo de resorte en el sujetador de tapas
				Limpieza profunda del monel y desinfección
				Balanceo de rodillos de las bandas laterales
				Desmontaje del manifor - limpieza interna
				Limpieza de electroválvula
				Mantenimiento del motor AC banda transportadora
				Revisión de válvulas manuales
				Revisión de estado de los actuadores de botella
				Revisión de estado de la banda transportadora

## **ANEXO 3**

# **Conexiones de la placa principal y la interfaz de potencia**



### Especificaciones:

CN7: 4.- Salida hacia relé-sujetador. 3.- In sensor óptico. 2.- In sensor capacitivo.

1.- In sensor óptico.

CN2: Pines de grabación PIC

Pot: Potenciómetro regulador de brillo LCD

Faja LCD: Conector de faja para display

CN5: Pines de conexión para interfaz de potencia.

XY: Pines de conexión con CN5

W: Voltaje para Motor DC del Brazo de llenado

Stw: Pulsador reset

MZ: 1.- Pausa. 2.- OK. 3.- Siguiente. 4.- Atrás.

LW: Salida Brazo de llenado

P: Salida Banda transportadora

S: Salida AC Electroválvula

Q: Salida DC Pistón

R: Salida DC Sujetador

T: Conector a CN7 Pin 4

CN8: Salida 5V

## **ANEXO 4**

### **Construcción de la máquina**



Estructura Base



Armado de Rodillos

Armado de mecanismo de sellado



Motores auxiliares en la colocacion de tapas



MANIFOR

## **ANEXO 5**

### **Código Fuente del Microcontrolador**

```

#include <18F4550.h>
#device adc=10
#fuses NOWDT,INTRC_IO, PLL1,
CPUDIV1,NOPROTECT,NOLVP,NOBROWNOUT,NOPBADEN
#use delay(clock=4M)
#use standard_io(a)
#use standard_io(b)
#use standard_io(c)
#use standard_io(d)
#define use_portd_lcd TRUE
#include <lcd.c>
#include <math.h>

int on = 0, sig=0, prueba=1, menu1=0, ok=0, llenando=0, contBotellas=0, pausa=1,
temp=0, cont4=0;
int16 tiempo=0, tiempo2, conteoms=0, totalBotellas=0;
float val=0, lectura=0;
int16 lecturas[10]; //vector de lecturas
int i=0, prueba2 = 0;
int16 total = 0; //sumatoria para sacar promedio de lecturas analogicas

/***/variables modificables con prueba error*****/

int16 t_subida_brazoDeLlenado=300, t_bajada_brazoDeLlenado=0,
t_activaSujetador= 50, t_activarPiston=1000 , t_movimientoPiston= 1000,
t_desactivaSujetador=1000;
int16 t_bandaDetenida2=400, baseTiempo=14000, inercia_banda=800;

//baseTiempo = tiempo base de llenado

/***/

#int_TIMER2
TIMER2_isr() //interrupcion del timer2 conteo de tiempo de llenado

```

```

{
if(llenando==1)
{
conteoms++;
}

if(conteoms>=tiempo)
{
conteoms=0;
output_low(pin_C0); //apaga la electrovalvula
llenando = 0;
}

if(llenando==0)
{
disable_interrupts(INT_TIMER2);
}
}

void llenado()
{
output_high(pin_A5); //activa la banda transportadora
cont4 = 0;
/**ciclo para identificar si las 4 botellas están en posición, el sensor se quedara
detectando la última y esta no se moverá así la banda siga girando
while(cont4<4)
{
cont4 = 0;
if(input(pin_B2) ==0) cont4++; //si el sensor de llenado detecto que las botellas
estén en posición
delay_ms(100);
if(input(pin_B2) ==0) cont4++;
delay_ms(100);
if(input(pin_B2) ==0) cont4++;

```

```

delay_ms(100);
if(input(pin_B2) ==0) cont4++;
delay_ms(100);
}

output_low(pin_A5);           //desactiva la banda transportadora
output_low(pin_A1);          //dirección: baja el módulo de llenado
delay_ms(15);
output_high(pin_A0);         //enciende el motor, procede a bajar el modulo
while(input(pin_B3)==0)     //mientras el sensor este desactivo sigue bajando el
módulo de llenado
{ }
delay_ms(t_bajada_brazoDeLlenado);
output_low(pin_A0);          //se apaga el motor
llenando = 1;                //indicación interna de que comenzó el proceso de llenado
conteoms = 0;                //pone el contador del tiempo transcurrido en 0
output_high(pin_C0);         //enciende la electroválvula (comienza el
llenado de agua)
enable_interrupts(INT_TIMER2); //activa la interrupción del timer para iniciar
conteo de tiempo
//disabled_interrupts(INT_TIMER2);

while(llenando==1)          //espera la confirmación del timer de que acabo el
proceso de llenado
{
//***** Boton pausa *****
if(input(pin_B0) == 0)
{
while(input(pin_B0) ==0)
{}
if(pausa != 0) //para evitar que se borre el dato si es presionado dos veces
{
switch (pausa)
{

```

```

case 1: temp = 1;
break;
case 2: temp = 3;
break;
case 3: temp = 3;
break;
case 4: temp = 1;
break;
default: temp = 0;
break;
}
pausa = 0;          //indicación de estado de pausa
}

printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "PAUSA pres. OK");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Total %Lu", totalbotellas);
delay_ms(5);
}
/*****
}

disable_interrupts(INT_TIMER2); //en caso de ser calibracion no cumple la
condicion del timer para desabilitarlo
conteoms=0;
delay_ms(500);

//SACUDIDA
output_high(pin_A1); //direccion: sube el modulo de llenado
delay_ms(15);
output_high(pin_A0); //enciende el motor, procede a subir el modulo
delay_ms(120);
output_low(pin_A0); //apaga el motor, detiene el modulo

```

```

delay_ms(15);
output_low(pin_A1); //direccion: baja el modulo de llenado
delay_ms(15);
output_high(pin_A0); //enciende el motor, procede a bajar el modulo
delay_ms(100);
output_low(pin_A0); //apaga el motor, detiene el modulo
delay_ms(500);

output_high(pin_A1); //direccion: sube el modulo de llenado
delay_ms(15);
output_high(pin_A0); //enciende el motor, procede a subir el modulo

delay_ms(t_subida_brazoDeLlenado); //tiempo de subida del modulo
output_low(pin_A0); //apaga el motor, detiene el modulo
delay_ms(15); //evita arcos electricos y desincronizacion de relays por lo cual evita
cortocircuitos
output_low(pin_A1); //direccion: modo default (apaga el relay)

if(prueba2 == 0)
{
output_high(pin_A5); //activa la banda transportadora
output_high(pin_C1); //activa motor auxiliar

output_low(pin_A3); //seleccion : actuador de llenado
delay_ms(15); //anti rebotes
output_high(pin_A2); //activa el actuador
delay_ms(3000); //para que en no choquen con las botellas ya llenas
output_low(pin_A2); //desactiva el actuador
delay_ms(15); //anti rebotes
output_low(pin_A3); //apaga relay
}
}

void AvanceSellado()

```

```

{
while(contBotellas < 4)
{
if(input(pin_B1) == 0)    //verifica sensor 2 (sensor de botellas para sellado)
{
output_low(pin_C1);      //desactiva motor auxiliar
delay_ms(t_bandaDetenida2);    //espera a que la botella llegue a posición
*****calibrar
output_high(pin_E1);     //activa el sujetador de botellas
output_high(pin_C2);     //activa piston
output_low(pin_A5);      //desactiva la banda transportadora
delay_ms(t_activarPiston); //para estar seguros que se activó el pistón
output_low(pin_C2);      //desactiva el pistón
delay_ms(t_movimientoPiston); //tiempo que demora el pistón en regresar a su
posicion inicial
contBotellas ++;
output_low(pin_E1);      //desactiva el sujetador de botellas
output_high(pin_A3);     //seleccion : actuador de sellado
delay_ms(15);           //anti rebotes
output_high(pin_A2);     //activa el actuador
delay_ms(t_desactivaSujetador); //tiempo para que el sujetador regrese a su posicion
inicial
output_high(pin_A5);     //activa la banda transportadora
delay_ms(1250);         //para que la banda obtenga su velocidad nominal

output_low(pin_A2);      //desactiva el actuador
delay_ms(15);           //anti rebotes
output_low(pin_A3);      //apaga relay
}
else
{
output_high(pin_A5);     //activa la banda transportadora
output_high(pin_C1);     //activa motor auxiliar
}
}

```

```

//***** Boton pausa *****
if(input(pin_B0) == 0)
{
while(input(pin_B0) ==0)
{}
if(pausa != 0) //para evitar que se borre el dato si es presionado dos veces
{
switch (pausa)
{
case 1: temp = 1;
break;
case 2: temp = 3;
break;
case 3: temp = 3;
break;
case 4: temp = 1;
break;
default: temp = 0;
break;
}
pausa = 0; //indicacion de estado de pausa
}
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "PAUSA pres. OK");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Total %Lu", totalbotellas);
delay_ms(5);
}
//*****

}

output_high(pin_A5); //activa la banda transportadora
output_high(pin_A3); //selección : actuador de sellado
delay_ms(15); //anti rebotes

```

```

output_high(pin_A2);      //activa el actuador
delay_ms(1000);         //tiempo para que salga la última botella
output_low(pin_A5);     //desactiva la banda transportadora
output_low(pin_A2);     //desactiva el actuador
delay_ms(15);          //anti rebotes
output_low(pin_A3);     //apaga relay

totalBotellas = totalBotellas + contBotellas ;      //en cada ciclo de sellado el
contador final suma las 4 botellas
contBotellas = 0;      //borra el contador para prepararse a un nuevo ciclo
}

//libreria para guardar en la memoria eeprom un dato de 16 Bits
void write_eeprom_16bits(int address, long* val){
int pLow, pHigh;
pLow = val;
pHigh = val>>8;
write_eeprom(address,pHigh);
delay_ms(12);
++address;
write_eeprom(address,pLow);
delay_ms(12);
}

//libreria para leer en la memoria eeprom un dato de 16 Bits
long read_eeprom_16bits(int address){
int pLow, pHigh;
long result;
pHigh = read_eeprom(address);
++address;
pLow = read_eeprom(address);
result=(pHigh<<8);
result+=pLow;
return result;
}

```

```

void main(){
    set_tris_A(0x00);
    output_high(pin_B1);
    output_high(pin_B2);
    set_tris_b(0x7f); //01111111
    set_tris_C(0x00);
    set_tris_D(0x00);
    set_tris_E(0x09); //00001001
    output_A(0x00);
    output_low(pin_B7);
    output_C(0x00);
    output_D(0x00);
    output_low(pin_E1);
    output_low(pin_E2);

    setup_adc_ports(AN0);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,99,10);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);
    disable_interrupts(INT_TIMER2);
    disable_interrupts(INT_EXT);
    enable_interrupts(GLOBAL);

    lcd_init();
    printf(lcd_putc, "\f");
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(LCD_PUTC, "Jose Munoz S.");
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(LCD_PUTC, "Ing. Mecatronico");
    delay_ms(2000);

```

```

printf(lcd_putc, "\f");

//pone el valor 0 a todo el vector de lecturas.
for(i=0; i<10 ; i++)
{
lecturas[i] = 0;
}

while(TRUE)
{
//*****BOTON OK, SELECCIONA LOS MENUS*****
if(input(pin_B4)==0)      //boton OK precionado
{
while(input(pin_B4)==0)  //ciclo antirrebote
{
delay_ms(20);
}

if(on<2){                //para accionar la autocalibracion
on++;
}
else
{
ok=1;
}
}

//*****BOTON SIGUIENTE*****
if(input(pin_B5)==0)      //si se preciona el botono siguiente
{
while(input(pin_B5)==0)  //ciclo antirrebote
{
delay_ms(5);
}
if(on==2)

```

```

{
if(ok==1)
{
sig++;
if(sig>=3)sig=0;

}
else if(ok==0)
{
menu1++; //para escoger entre el menu principal
if(menu1>=4) menu1=1;
}
}
}
if(input(pin_B6)==0) //si se preciona el boton ATRAS
{
while(input(pin_B6)==0) //ciclo antirrebote
{
delay_ms(5);
}
if(on==2)
{
if(ok==1)
{
ok=0;
menu1=1;

}
else if(ok==0)
{
menu1++; //para escoger entre el menu principal
if(menu1>=4) menu1=1;
}
}
}

```

```

}
//*****PRESENTACION*****
if(on==0)
{
printf(lcd_putc,"\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "llenadora-selladora");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "SemiAutomatica");
delay_ms(50);
}
//*****
//CALIBRACION INICIAL
else if(on==1) //preparar la máquina para iniciar trabajo.
{
tiempo = read_eeprom_16bits(0x00) + baseTiempo;           //lectura de
eeprom
printf(lcd_putc,"\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Auto Calibracion");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Espere...");
delay_ms(5);

//CALIBRACION DE MODULO DE LLENADO
if(input(pin_B3)==1)           //si está activo el sensor de posición de
llenado
{
output_high(pin_A1);           //hace girar el motor de llenado hacia la derecha
delay_ms(15);                 //retardo para evitar un corto en los relay
output_high(pin_A0);           //motor de llenado ON
delay_ms(t_subida_brazoDeLlenado); //retardo para posicionar el brazo de
llenado
output_low(pin_A0);           //motor de llenado OFF

```

```

output_low(pin_A1);          //coloca la dirección en izquierda por default
}
else                          //si no está activo el sensor de posición de llenado
{
output_low(pin_A1);          //hace girar el motor de llenado hacia la
izquierda
delay_ms(15);

while(input(pin_B3)==0)      // sigue girando el motor hacia la izquierda
{
output_high(pin_A0);        //motor de llenado ON
}
//el sensor de posicion se activo
delay_ms(t_bajada_brazoDeLlenado);
output_low(pin_A0);         // motor de llenado OFF
delay_ms(800);
output_high(pin_A1);        //hace girar el motor de llenado hacia la derecha
delay_ms(15);
output_high(pin_A0);        //motor de llenado ON
delay_ms(t_subida_brazoDeLlenado); //retardo para posicionar el brazo de
llenado
output_low(pin_A0);         // motor de llenado OFF
output_low(pin_A1); //dirección en izquierda por default (desactiva relay q no se
usara)
}
//*****

//CALIBRACION DE MODULO DE SELLADO

output_low(pin_A3);         //selección: actuador sellado
delay_ms(15);              //anti rebotes
output_high(pin_A2);        //activa el actuador
delay_ms(100);
output_high(pin_E1);        //activa el sujetador de botellas
delay_ms(t_activaSujetador);

```

```

output_high(pin_C2);           //activa pistón
delay_ms(t_activarPiston);    //para estar seguros que se activó el pistón
output_low(pin_C2);           //desactiva el pistón
delay_ms(t_movimientoPiston); //tiempo que demora el pistón en regresar a su
posición inicial
output_low(pin_E1);           //desactiva el sujetador de botellas
delay_ms(t_desactivaSujetador); //tiempo para que el sujetador regrese a su
posición inicial

```

```

output_low(pin_A2);           //desactiva el actuador

```

```

//*****

```

```

//CALIBRACION DE MODULO DE LA BANDA

```

```

output_high(pin_A3);           //dirección de actuador. Sale
delay_ms(15);                 //anti rebotes
output_high(pin_A2);           //activa el actuador
delay_ms(600);
output_low(pin_A2);           //desactiva el actuador
delay_ms(50);                 //anti rebotes
output_low(pin_A3);           //pone el relay en reposo

output_high(pin_A5);           //activa la banda transportadora
output_high(pin_C1);           //activa motor auxiliar
delay_ms(2000);               //tiempo para que el sensor no detecte la misma botella
output_low(pin_A5);           //desactiva la banda transportadora
delay_ms(inercia_banda);
output_low(pin_C1);           //desactiva motor auxiliar

output_low(pin_A3);           //dirección de actuador. sale
delay_ms(15);                 //anti rebotes
output_high(pin_A2);           //activa el actuador
delay_ms(600);

```

```

output_low(pin_A2);          //desactiva el actuador
delay_ms(50);              //anti rebotes
output_low(pin_A3);        //pone el relay en reposo

printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "OK");
delay_ms(500);
printf(lcd_putc, "\f");

//*****

//calibracion();          //llamar la clase de calibración

printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Listo..");
delay_ms(1000);
on=2;          //on=2 no debe ser usado el 2
menu1=1;       //para saltar directamente al menu

}
//*****MODO DE TRABAJO NORMAL*****
else if(menu1==1)
{
prueba=0;     //activa el modo de trabajo normal (la clase de llenado llamara a la de
tapado)
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Trabajo Normal");
lcd_gotoxy(10,2);
printf(LCD_PUTC, "sig-->");
delay_ms(50);

```

```

if(input(pin_B4)==0)      //si se presionó el botón OK
{
while(input(pin_B4)==0)  //ciclo anti rebote
{
delay_ms(20);
}
prueba=0;
printf(LCD_PUTC, "Ejecutando");
lcd_gotoxy(10,2);
printf(LCD_PUTC, "...");
delay_ms(50);

while(TRUE)              //ciclo infinito, solo saldrá con la interrupción de STOP
{
//***** Botón pausa *****
if(input(pin_B0) == 0)
{
while(input(pin_B0) ==0)
{}
if(pausa != 0)          //para evitar que se borre el dato si es presionado dos veces
{
switch (pausa)
{
case 1: temp = 1;
break;
case 2: temp = 3;
break;
case 3: temp = 3;
break;
case 4: temp = 1;
break;
default: temp = 0;
break;
}
}
}
}

```

```

}
pausa = 0;          //indicacion de estado de pausa
}
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "PAUSA pres. OK");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Total %Lu", totalbotellas);
delay_ms(5);
}
//*****
//***el programa terminara su ciclo completo sea llenado o tapado, luego se
pausara***

if(pausa == 1)
{
pausa = 2;
llenado();
if(pausa != 0) pausa = 3;
}
else if(pausa == 3)
{
pausa = 4;
AvanceSellado();

if(pausa !=0)
{
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Trabajo Normal");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Total %Lu", totalbotellas);
delay_ms(50);
pausa = 1;

```

```

}

}
else if(pausa == 0)
{
if(input(pin_B4)==0)      // ciclo en espera de que el botón ok sea presionado
{
while(input(pin_B4)==0)      //ciclo anti rebotes
{
delay_ms(5);
}

pausa = temp;

printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "EJECUTANDO");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "...");
}
if(input(pin_B6)==0)      // si el botón es presionado borra el contador
mientras esta pausado
{

while(input(pin_B6)==0)      //ciclo anti rebotes
{
delay_ms(5);
}
totalbotellas = 0;      //contador de botellas borrado
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "PAUSA pres. OK");
lcd_gotoxy(1,2);      //muestra el conteo de las botellas
printf(LCD_PUTC, "Total %Lu", totalbotellas);

```

```

}
}
}
}
}

//*****

//*****MODO DE CALIBRACION MANUAL*****

else if(menu1==2)
{
prueba=1;          //activa el modo prueba
if(ok==0)
{
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Calibracion");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Manual sig-->");
delay_ms(50);
}
else if(ok==1)
{
//-----ETADA DE LLENADO-----
if(sig==0)
{
set_adc_channel(5);
delay_us(40);
lectura = read_adc();          //Lectura del potenciómetro para regular el tiempo de
llenado
delay_ms(100);
lecturas[i] = lectura;
i++;

```

```

if(i>=9)
{
for(i=0; i<10 ; i++)
{
total = total + lecturas[i];
}
total = total/10;
tiempo2=total;

i = 0;

printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "llenado sig->");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "lec = %Lu", tiempo2);
lcd_gotoxy(12,2);
printf(LCD_PUTC, "ms");
delay_ms(50);
}

if(input(pin_B4)==0) //si el botón OK ha sido presionado
{
while(input(pin_B4)==0) //ciclo anti rebotes
{
delay_ms(5);
}
write_eeprom_16bits(0x00, tiempo2); //graba en la eeprom el tiempo
programado
tiempo = tiempo2 +baseTiempo;
delay_ms(50);
prueba2 = 1;
llenado(); //inicia solamente el proceso de llenado
prueba2 = 0;

```

```

}

}
else if(sig==1)
{
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Avance");
lcd_gotoxy(10,2);
printf(LCD_PUTC, "Sig->");
delay_ms(50);

if(input(pin_B4)==0) //si el botón OK ha sido presionado
{
while(input(pin_B4)==0) //ciclo anti rebotes
{
delay_ms(5);
}
output_high(pin_A5); //activa la banda transportadora
output_high(pin_C1); //activa motor auxiliar
delay_ms(2000);
output_low(pin_A5); //desactiva la banda transportadora
output_low(pin_C1); //desactiva motor auxiliar
}
}
else if(sig==2)
{
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Tapado");
lcd_gotoxy(10,2);
printf(LCD_PUTC, "Sig->");
delay_ms(50);

```

```

if(input(pin_B4)==0)                                //si el botón OK ha sido presionado
{
while(input(pin_B4)==0)                            //ciclo anti rebotes
{
delay_ms(5);
}
output_high(pin_E1);                               //activa el sujetador de botellas
delay_ms(t_activaSujetador);
output_high(pin_C2);                               //activa pistón
delay_ms(t_activarPiston);                         //para estar seguros que se activó el pistón
output_low(pin_C2);                               //desactiva el pistón
delay_ms(t_movimientoPiston);                     //tiempo que demora el pistón en
regresar a su posición inicial
output_low(pin_E1);                               //desactiva el sujetador de botellas
delay_ms(t_desactivaSujetador);                   //tiempo para que el sujetador regrese a su
posicion inicial
}
}
}
}
else if(menu1==3)
{
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "INFORMACION");
lcd_gotoxy(10,2);
printf(LCD_PUTC, "sig-->");
delay_ms(50);
if(input(pin_B4)==0)                              //si se presionó el botón OK
{
while(input(pin_B4)==0)                          //ciclo anti rebote
{ delay_ms(20); }
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
}
}
}
}

```

```
printf(LCD_PUTC, "Embotelladora");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Realizada por:");
delay_ms(2000);
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "Ing. Jose Munoz ");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "Sanchez");
delay_ms(2000);
printf(lcd_putc, "\f");
lcd_gotoxy(1,1);
printf(LCD_PUTC, "josejuliank@");
lcd_gotoxy(1,2);
printf(LCD_PUTC, "hotmail.com");
delay_ms(2000);
}
}
}
}
```

# **ANEXO 6**

## **Planos**