



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE
ENVASADO DE LÍQUIDOS PARA LA PLANTA DE LÁCTEOS
TUNSHI”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

AUTORES: HJALMAR GERMÁNICO GUERRA PALMA

MARCELO BERNAVE CHANCUSIG LÓPEZ

TUTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba - Ecuador

2017

©2017, Hjalmar Germánico Guerra Palma, Marcelo Bernave Chancusig López.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE LÍQUIDOS PARA LA PLANTA DE LÁCTEOS TUNSHI, de responsabilidad de los señores Hjalmar Germánico Guerra Palma y Marcelo Bernave Chancusig López, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Gilberto Luna.		
DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Freddy Chávez V.		
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
Ing. Marco Antonio Viteri.		
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. José Enrique Guerra.		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

NOTA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ESCRITA: _____

Nosotros, Hjalmar Germánico Guerra Palma y Marcelo Bernave Chancusig López somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Hjalmar Germánico Guerra Palma

Marcelo Bernave Chancusig López

DEDICATORIA

Le agradezco a Dios por haberme dado la salud y las fuerzas necesarias para llegar a la culminación de mi carrera. A mis padres y a mi hermana que aportaron con sus conocimientos y recursos económicos para poder cumplir con esta etapa de mi vida, a mis maestros que formaron parte de mi ciclo estudiantil con sus enseñanzas académicas y de manera especial a todas las personas que me apoyaron en su momento.

Hjalmar

Agradezco a mi madre la cual fue uno de los pilares fundamentales de mi formación como profesional, por su lucha, dedicación y apoyo incondicional que lograron darme la fortaleza y ánimos para cumplir mis metas. A mis hermanos y sobrinos que siempre creyeron en mí y formaron parte de este logro.

Marcelo

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme su bendición para poder cumplir con esta meta de mi vida, a mis maestros quienes me brindaron todo el apoyo para formarme como profesional especialmente a mi tutor de tesis Ing. Marco Viteri con sus sugerencias y comentarios sirvieron para terminar con éxito este proyecto.

Hjalmar

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darnos la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad. A la Planta de Lácteos Tunshi por permitirnos realizar este proyecto especialmente al Ing. Marco Manzano por todo el apoyo y facilidad que aportó a lo largo del trabajo.

Marcelo

INDICE GENERAL

	PÁGINAS
DERECHOS DE AUTOR	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xii
INDICE DE ECUACIONES	xiv
INDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Bebidas Preparadas.....	5
1.2 Envasado de bebidas preparadas o líquidos	5
<i>1.2.1 Tipos de envasadoras de líquidos</i>	<i>5</i>
1.3 Tipo de llenado de líquidos	6
1.4 Automatización Industrial.....	6
1.5 Sistemas neumáticos	7
<i>1.5.1 Componentes.....</i>	<i>7</i>
1.6 Sistemas mecánicos.....	8
<i>1.6.1 Motor DC</i>	<i>8</i>
<i>1.6.2 Banda Transportadora</i>	<i>8</i>
<i>1.6.3 Válvula proporcional.....</i>	<i>9</i>
<i>1.6.4 Electroválvula</i>	<i>9</i>
1.7 Sistemas Electrónicos	10
<i>1.7.1 Targetas de desarrollo</i>	<i>10</i>
<i>1.7.1.1 Arduino.....</i>	<i>11</i>
<i>1.7.2 Comunicación inalámbrica.....</i>	<i>11</i>

1.7.3	Sensores.....	11
1.7.2.1	Tipo de sensores.....	12
1.7.4	Semiconductores.....	13
1.8	Sistemas de control.....	15
1.8.1	Lazo abierto.....	15
1.8.2	Lazo cerrado.....	15
1.8.3	Controlador PID.....	15
1.9	Controlador Lógico Programable (PLC).....	16
1.9.1	Interfaz hombre - máquina (HMI).....	17
1.9.2.1	Android Studio.....	18
1.9.2.2	Programación orientada a objetos JAVA.....	19
1.9.2.3	Android Studio.....	19
CAPITULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO.....	20
2.1	Requerimientos Del Sistema.....	20
2.2	Concepción De La Arquitectura Del Sistema.....	20
2.2.1	Requerimientos Del Diseño Mecánico.....	20
2.2.2	Diseño Mecánico.....	22
2.2.2.1	Reservorio.....	22
2.2.2.2	Banda Transportadora.....	22
2.2.2.3	Soporte para el almacenamiento de envases.....	24
2.2.2.4	Tubería.....	24
2.2.3	Requerimientos Del Diseño Electrónico.....	26
2.2.4	Diseño Electrónico.....	26
2.2.4.1	Control de Motor DC mediante PWM.....	26
2.2.4.2	Diseño de la Placa de Circuito Impreso.....	27
2.2.5	Requerimientos Del Diseño De Control.....	28
2.2.6	Diseño De Control.....	29
2.2.6.1	Sensores.....	29
2.2.6.2	Elementos de Control.....	30
2.2.6.3	Actuadores.....	32
2.2.6.4	Protección.....	36
2.2.7	Requerimientos De Software Del Sistema.....	38
2.2.8	Programación Del Sistema.....	38
2.2.8.1	Funcionamiento del Sistema.....	38
2.2.8.2	Programador Lógico Controlado.....	40
2.2.8.3	Control PID.....	41

2.2.8.4	<i>Programación Arduino</i>	43
2.2.8.5	<i>Comunicación Logo – Tarjeta de desarrollo</i>	44
CAPITULO III		
3.	MARCO RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN	49
3.1	Pruebas De Campo Al Sistema	49
3.1.1	<i>Tamaño de la Muestra</i>	49
3.1.2	<i>Pruebas Totales</i>	51
3.1.3	<i>Calculo del tiempo de vaciado completo</i>	52
3.1.4	<i>Cálculo de errores o pérdidas</i>	53
3.1.5	<i>Comprobación del Sensor de Peso</i>	56
3.1.6	<i>Pruebas de capacidad de la Banda Transportadora</i>	56
3.1.7	<i>Pruebas de conexión inalámbrica</i>	57
3.1.8	<i>Análisis de costos</i>	58
CONCLUSIONES		60
RECOMENDACIONES		61
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINAS
Tabla 1-2: Requerimientos del diseño mecánico.....	21
Tabla 2-2: Requerimientos del diseño electrónico	26
Tabla 3-2: Requerimientos del diseño de control.....	31
Tabla 4-2: Comparación dispositivos control.....	31
Tabla 5-2: Características HMI	32
Tabla 6-2: Datos de Electroválvula Proporcional.....	33
Tabla 7-2: Datos actuador neumático.....	35
Tabla 8-2: Datos actuador neumático empuje	35
Tabla 9-2: Datos de Electroválvula direccional Paso	35
Tabla 10-2: Datos de Electroválvula direccional Empuje	36
Tabla 11-2: Censo de Carga	36
Tabla 12-2: Consumo por partes	37
Tabla 13-2: Consumo por partes	37
Tabla 14-2: Breakers de protección.....	37
Tabla 15-2: Requerimientos de software del sistema.....	38
Tabla 1-3: Muestras previas de tiempo por etapas	50
Tabla 2-3: Número de pruebas	50
Tabla 3-3: Pruebas totales	51
Tabla 4-3: Pruebas de vaciado total.....	53
Tabla 5-3: Muestras previas exactitud.....	54
Tabla 6-3: Cálculo media poblacional exactitud cantidades	54
Tabla 7-3: Pruebas exactitud	55
Tabla 8-3: Pruebas exactitud	55
Tabla 9-3: Pruebas error del sensor de peso	56
Tabla 10-3: Pruebas banda transportadora	57
Tabla 11-3: Pruebas de conexión inalámbrica.....	57
Tabla 12-3: Comparación de costos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINAS
Figura 1-1: Envasadora por nivel.....	6
Figura 2-1: Elementos de un circuito neumático básico	7
Figura 3-1: Motor DC	8
Figura 4-1: Banda Transportadora.....	9
Figura 5-1: Válvula proporcional	9
Figura 6-1: Electroválvula	10
Figura 7-1: Sistemas electrónicos	10
Figura 8-1: Tarjetas de desarrollo.....	11
Figura 10-1: Transistores	13
Figura 11-1: Tiristor	14
Figura 12-1: Banco de relés	14
Figura 13-1: Controlador PID	16
Figura 14-1: Estructura PLC.....	17
Figura 15-1: Estructura de un graficet	17
Figura 16-1: HMI.....	18
Figura 17-1: Arquitectura del sistema Android	18
Figura 1-2: Diseño Mecánico completo.....	21
Figura 2-2: Reservorio	22
Figura 3-2: Banda Transportadora.....	23
Figura 4-2: Rodillos y Soportes	23
Figura 5-2: Rodillos y Soportes	24
Figura 6-2: Soporte de producto	24
Figura 7-2: Presiones nominales Mangueras de Poliuretano	25
Figura 8-2: Acople 3/8 a 1/4	25

Figura 9-2:	Opto acoplador 4n25.....	26
Figura 10-2:	Circuito de potencia motor.....	27
Figura 11-2:	Diseño PCB.....	27
Figura 12-2:	Sensor ultrasónico.....	29
Figura 13-2:	Sensor capacitivo	29
Figura 14-2:	Celda de carga.....	29
Figura 15-2:	Logo 230RC.....	30
Figura 16-2:	Punto de Calculo Presión	32
Figura 17-2:	Longitud de salida de vástago	34
Figura 18-2:	Determinación de Actuador Neumático.....	34
Figura 19-2:	Modo manual del sistema	39
Figura 20-2:	Modo automático del sistema	39
Figura 21-2:	Grafcet Logo	40
Figura 22-2:	Sistema de control de lazo cerrado con control PID	41
Figura 23-2:	Diagrama de flujo del PID del sistema	43
Figura 24-2:	Diagrama de flujo Arduino DUE	44
Figura 25-2:	Comunicación del sistema.	44
Figura 26-2:	Comunicación Tarjeta de desarrollo - Logo.....	45
Figura 27-2:	Módulo ZS040	45
Figura 28-2:	Diagrama de flujo HMI.....	46
Figura 29-2:	Bibliotecas HMI.....	46
Figura 30-2:	Recepción de datos	47
Figura 31-2:	Cadenas de dato	47
Figura 32-2:	Cadenas de dato	48
Figura 1-3:	Máquina Terminada	49
Figura 2-3:	Comparación Prueba 1 vs Prueba 2.	52
Figura 3-3:	Llenadora de líquido de 4 líneas	58

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperios
ATM	Atmosfera
AWG	American wire gauge
BPS	Baudios por segundo
CAD	Diseño asistido por computadora
CC	Centímetros Cúbicos
E	Energía
gr	Gramos
HMI	Interfaz Hombre Máquina
Kg	Kilogramo
Kwh	Kilowatt hora
L	Litro
M	Metro
mA	Mili Amperios
MCM	Circular mil
Min	Minuto
mm	Milímetro
°C	Grados centígrados
P	Potencia

Pa	Pascales
PCB	Placa de circuito impreso
PLC	Controlador lógico programable
PSI	Libras por pulgada cuadrada
Pul	Pulgada
PWM	Modulación por ancho de pulso
RPM	Revoluciones por minuto
S	Segundo
V	Voltaje
VCA	Voltaje de corriente alterna
VDC	Voltaje de corriente directa
W	Watts

ÍNDICE DE ECUACIONES

	PÁGINAS
Ecuación 1-1: Control PID.....	19
Ecuación 1-2: Volumen del cilindro.....	22
Ecuación 2-2: Volumen del cono.....	22
Ecuación 3-2: Volumen total.....	22
Ecuación 4-2: Presión en el punto A.....	33
Ecuación 5-2: Corriente.....	36
Ecuación 6-2: Función de Transferencia PID.....	42
Ecuación 1-3: Tamaño muestral.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Programación del Arduino
Anexo B	Programación de HMI
Anexo C	Hoja de datos del sensor de peso
Anexo D	Maquina llenadora de 4 hilos
Anexo E	Diagramas en Eplan
Anexo F	Prueba de Resistencia
Anexo G	Manual de Usuario

RESUMEN

Se Implementó un Sistema Automático de Envasado de Líquidos para la Planta de Lácteos Tunshi, se seleccionó la instrumentación necesaria para la construcción de la máquina para el proceso de envasado de líquidos, optimizando recursos. Los componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos se dimensionaron para la automatización del sistema. La máquina fue construida en Acero Inoxidable 304, controlada por el microcontrolador Arduino y por un Controlador Lógico Programable (PLC), los cuales reciben los datos de los sensores de proximidad, presencia y peso, de pulsadores, los cuales se procesan y permiten controlar a los actuadores del sistema mediante el uso de un banco relés, circuitos de potencia y relés de estado sólido. Para la apertura y cierre de la válvula de llenado se implementó un control PID que permite mantener la precisión del proceso. El sistema está en capacidad de llenar hasta 210 envases de 1 litro en una hora, se encuentra controlado por una Interfaz Hombre Máquina (HMI) diseñada en el sistema operativo de código abierto Android, con la herramienta de Google para el desarrollo de este tipo de aplicaciones. La interfaz de usuario se comunica con el sistema mediante tecnología inalámbrica Bluetooth y permite un control totalmente automático del proceso de envasado optimizando los tiempos y recursos de producción en la planta de Lácteos de Tunshi. Se recomienda verificar el nivel del tanque reservorio para no tener problemas en el llenado.

PALABRAS CLAVES:

<TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <SISTEMA AUTOMATIZADO>, <CONTROL DEL LLENADO>, <MÁQUINA ENVASADORA>, <SENSORES DE PRESENCIA Y PESO>, <INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)>, <CONTROL PID>.

ABSTRACT

It was implemented an Automatic Packing System for Liquids, for the Dairy Plant “Tunshi”, it was selected the needed instrumentation for the construction of the machine for the Packing Process Liquids, optimizing resources. The mechanic, electrical, electronical, and pneumatic components, were dimensioned, for the automation of the system. The machine was built in Stainless Steel 304, Controlled by the Arduino microcontroller, and by a Programmable Logic Controller (PLC), which receive the data of the proximity sensors, presence and weight, of pushbuttons, which are processed and allow to control the actuators of the system through the use of the relay bank, power circuit and solid state relays. For the opening and closing of the filling valve, a Proportional Integral Derivative (PID) control was implemented, which allows to maintain the process pressure. The system is able to fill up to 210 packings of one liter in one hour, is controlled by a Man Machine Interface (HMI), designed in the Android open source operating system, with the Google tool, for developing of this kind of applications. The user interface communicates with the system through Bluetooth wireless technology and allows a fully automatic control of the packing process by optimizing the production times and resources in the Tunshi Dairy Board. It is recommended to verify the level of the reservoir tank in order not to have problems of filling.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <AUTOMATIC CONTROL ENGINEERING>, <AUTOMATIZED SYSTEM>, <FILL CONTROL>, <PACKING MACHINE>, <PROXIMITY AND PRESENCE SENSORS>, <MAN MACHINE INTERFACE (HMI)>, <PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE (PID)>.

INTRODUCCIÓN

La Planta de Lácteos “Tunshi” tuvo inicio en el año de 1997 siendo un proyecto con la embajada de Japón en convenio con la Facultad Ciencias Pecuarias, dotando de equipos y maquinaria importados del Japón hacia el Ecuador, su fuente principal de materia prima es la misma ganadería de la estación, en donde se arroja de 300 a 450 litros de leche diarios los mismos que son recogidos en la mañana y llevados a la Planta Láctea para su posterior elaboración.

Se creó como una alternativa para el desarrollo productivo e investigativo, así mismo para el beneficio del sector campesino e indígena que se dedica a la producción de leche. En este último año se han tenido muchos problemas para lo cual se ve la necesidad de plantear alternativas para el mejoramiento y poder brindar una verdadera investigación en ella, una de esas alternativas es dejar que los estudiantes de distintas escuelas como Electrónica, Industrial, Mecánica, etc. Implementen sus tesis dotando equipos que cumplan con los estándares de calidad y que cubran ese déficit que en este momento posee la planta.

Los productos que elaboran son: leche pasteurizada y homogenizada para su comercialización, el queso fresco y yogurt se procesan bajo pedidos de los principales clientes, también se destaca que sus instalaciones disponen para la realización de práctica académicas de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Pecuarias; además mediante convenios facilitan sus instalaciones a instituciones educativas con carreras afines que cuentan en su malla curricular actividades agroindustriales.

Para ello cuenta con maquinaria calificada y específica como: calderos a vapor, pasteurizadora UHT, enfundadura de lácteos, máquina para la fabricación de yogurt, cámaras de frío, contenedores y moldes para queso. Como producto secundario la planta produce jugos naturales y para ello cuenta con una Máquina Mezcladora.

En el presente trabajo de titulación se realizó la Implementación de un Sistema Automático de Envasado de Líquidos para la Planta de Lácteos Tunshi, con los siguientes objetivos:

- Investigar, analizar y seleccionar la instrumentación necesaria para la construcción de una máquina que facilite el proceso de envasado de líquidos, optimizando recursos.
- Diseñar los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos del sistema a automatizar.

- Diseñar e implementar un Sistema de Control PID para el control de llenado de los envases.
- Realizar un banco de pruebas que permita verificar el adecuado funcionamiento del sistema.

Para el desarrollo del mencionado proyecto se utilizó de forma combinada los siguientes métodos y técnicas de investigación:

Revisión documental: Como primer paso se realizó la investigación debida para determinar los elementos y dispositivos idóneos, que más se adapten al proceso.

Sistematización: Con las investigaciones previas se determinó los diseños más adecuados para el sistema, optimizando recursos económicos.

Experimentación: En esta etapa se realizó las debidas pruebas de campo del equipo.

Observación: Se evaluó los resultados y se corrigió errores

Estadística descriptiva: Se utilizó para determinar el tamaño muestral de las pruebas a realizar, con ello se registró de resultados de las mismas, se tabuló datos y se estableció porcentajes de error de desperdicios de materia prima, como también los tiempos de proceso.

Análisis y síntesis: Se analizó los resultados obtenidos y se estableció conclusiones y recomendaciones.

ANTECEDENTES

En la actualidad la planta no cuenta con una máquina para el envasado, por esta razón se planteó la Implementación de un Sistema Automático de Envasado de Líquidos, para complementar el Sistema de Mezclado de líquidos que posee, así como también fomentar la investigación en los estudiantes y profesionales, pudiendo tener una idea más clara de cómo se realiza un proceso industrial a baja escala, minimizando perdidas de materia prima, optimizando recursos económicos y entregando un producto apto al consumo humano.

Para la Implementación de esta propuesta se debe tomar en cuenta muchos parámetros muy importantes como cita el estudio de Henry Cruz Navarrete y Edinson Campoverde Williams cual titula DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA FLEXIBLE PARA ENVASADO DE LÍQUIDOS página 127 concluye uno de los factores más importantes para el desarrollo de la máquina es trabajar acorde a las normas higiénicas que conllevan para la construcción de este tipo de máquinas para que no se vea afectado la inocuidad del producto que se vaya a procesar.

(Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, 2010,
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2407/14/UPS-GT000134.pdf>)

Como también se debe tener en cuenta las recomendaciones como las revisadas en la publicación de MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PROCESO DE ENVASADO DE VINO EN POLIETILENO ALUMINIZADO TUBULAR CONTINUO página 69:

- Dependiendo de la cantidad de líquido a envasar el tiempo de estabilización ira mejorando de acuerdo a la calibración de los sensores.
- El equipo se elaboró con acero inoxidable para garantizar la calidad e higiene del producto final.
- Con la construcción del equipo mejoró la producción reduciendo costos y tiempo de envasado.

(Escuela Politécnica Nacional, 2012, <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4493>)

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida la Implementación de un Sistema Automático de Envasado de Líquidos para la planta de Lácteos de Tunshi, mejorará su producción?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es el porcentaje de optimización de materia prima?
- ¿Cuántas unidades es capaz de llenar el sistema en una unidad de tiempo?
- ¿Cuál es el porcentaje de minimización de errores en el proceso de envasado?

Delimitación

Se delimita espacialmente en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para la Planta de Lácteos ubicada vía a licto en comunidad Tunshi San Nicolás.

Alcance

El presente trabajo es un Sistema Automático de Envasado de Líquidos, con el fin de complementar el Sistema de Mezclado, así como también fomentar la investigación en los estudiantes y profesionales, pudiendo tener una idea más clara de cómo se realiza un proceso industrial a baja escala. Al mismo tiempo se deja la brecha abierta para posteriores investigaciones sobre la producción de bebidas preparadas.

La memoria descriptiva del presente trabajo de titulación consta de: Introducción, Capítulo I, II y III, Conclusiones y Recomendaciones. El primer capítulo, denominado Marco Teórico, se investigó y se procedió al diseño de hardware y software del sistema

El segundo capítulo es el Marco Metodológico, se detalla paso a paso la implementación del sistema tanto hardware como software, justificando el uso de cada uno de los componentes del mismo.

El tercer capítulo se dedica al análisis y discusión de resultados de las pruebas efectuadas del sistema.

En las Conclusiones se resumen los resultados alcanzados en el trabajo y se resaltan los aspectos novedosos y posteriormente se determina las debidas recomendaciones a tener en cuenta.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Bebidas Preparadas

Son las más comunes que el ser humano ha consumido a lo largo de la historia además del agua, son los diferentes tipos que se pueden obtener de manera natural o artificial. Hoy en día existe una gran variedad en el mercado, entre ellas tenemos: leche, gaseosas, jugos, aguas saborizadas artificialmente. Cada una de estas supone un presupuesto y un tipo de consumidor diferente, desde el agua potable hasta los productos líquidos procesados son considerados bebidas, mientras hayan cumplido con todas las normas que les permiten estar aptos para el consumo humano. (Definición de Bebida, 2009, <http://www.definicionabc.com/general/bebida.php>).

1.2 Envasado de líquidos

Es un método que consiste en conservar los alimentos a una temperatura alta, con la función de destruir los posibles microorganismos presentes y sellarlos en botellas, latas o bolsas herméticas. Las principales funciones del envasado son: Permitir una distribución eficiente de los alimentos, mantener la higiene del producto, proteger los nutrientes y el sabor, reducir los daños en el producto. (Envasado de alimentos líquidos, 2016, http://www.pulevasalud.com/ps/subcategoria.jsp?ID_CATEGORIA=100383&RUTA=1-2-47-222-100379-100383).

1.2.1 Tipos de envasadoras de líquidos

Con el aumento de las necesidades de las fábricas embotelladoras y con el propósito de aumentar la productividad, se desarrollaron soluciones de maquinaria para el envasado en diferentes tecnologías. Estas máquinas están diseñadas para optimizar el proceso de cada producto, logrando un envasado eficiente, confiable, fáciles de operar y mantener.

Existen varios tipos de envasadoras: por nivel, volumétrica, lineal, a continuación, detallamos el tipo envasadora utilizada en nuestro diseño.

➤ Envasadora por nivel

Posee una pequeña bomba la cual mantiene las mangueras con líquido para que al momento de abrirse las válvulas realicen un llenado rápido. Las botellas son colocadas en la parte inferior como se muestra en la figura 1-1, de las boquillas y al abrirse las válvulas de manera manual el

líquido es introducido en las botellas, después del llenado el operador coloca las tapas sobre las botellas y realiza el enroscado con un turbo neumático. (NAVARRETE, Henry, CAMPOVERDE, Edinson, 2010, pág. 25).



Figura 1-1. Envasadora por nivel.

Realizado por: Repositorio: Fillers, 2016. <http://www.fillers.com/>

1.3 Tipo de llenado de líquidos

En la actualidad el llenado de bebidas se realiza con distintas tecnologías en las que cabe destacar las que se realizan en caliente y en frío. Llenado en caliente: está restringido prácticamente a los envases de cristal. La bebida se introduce en la botella a una temperatura superior a 85 °C, luego se tapona y pasan las botellas por un túnel de pasteurización y posteriormente un enfriamiento para su estabilizado. Llenado en Frío: Aplicado a bebidas con temperaturas de llenado bajas, y donde las condiciones ambientales son muy estrictas. Este tipo de productos suele tener una baja fecha de caducidad, del orden de 30 días, y son distribuidos a baja temperatura, en cadenas de frío y son productos de alta calidad. Se aplica a envases de cartón.

(Llenado de líquidos, 2012,

http://www.machinepoint.com/foodtechnologies/machinery.nsf/beverage_technology/llenado_de_liquidos.html).

1.4 Automatización Industrial

Es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar un proceso, máquina o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana. Lo que se busca con la automatización es generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad. (¿Qué es la Automatización Industrial?, 2011, <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>).

1.5 Sistemas neumáticos

Estos sistemas utilizan aire sometido a presión como medio para transmitir fuerza, el movimiento del émbolo en los cilindros de los actuadores es más rápido que en los mecanismos hidráulicos. Un circuito neumático básico puede representarse mediante el siguiente diagrama funcional que se muestra en la figura 2-1.

(Sistemas Neumáticos e Hidráulicos, 2017, http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4697.htm).

Como ventajas tenemos que tiene un costo bajo debido a que estos sistemas son baratos de hacer y tienen un diseño sencillo compuesto de materiales como el plástico, el zinc o el aluminio. Son muy seguros, ya que estos sistemas utilizan aire. Su desventaja principal es que puede ser difícil controlar la velocidad y la precisión del sistema, cuando se requiere velocidades muy específicas y de posicionamiento, puede ser necesario construir y colocar sistemas adicionales para ofrecer un control adicional. (Ventajas y Desventajas de los Sistemas Hidráulicos y Neumáticos, 2013, <http://iem-chn.blogspot.com/2013/08/14-ventajas-y-desventajas-de-los.html>).



Figura 2-1. Elementos de un circuito neumático básico.

Fuente: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/image45751.jpg.

1.5.1 Componentes

- **Compresor:** Es una máquina diseñada para aumentar la presión en los gases y comprimir el aire.
- **Tanque depósito:** Acumula el aire a alta presión que produce el compresor y lo enfría.
- **Filtro:** Extrae todas las impurezas y el agua condensada que se encuentra en el aire comprimido.
- **Unidad de mantenimiento:** Prepara el aire comprimido con una presión uniforme y libre de impurezas.
- **Cilindro:** Es capaz de producir trabajo útil en dos sentidos, ya que dispone de una fuerza activa tanto en avance como en retroceso.

(Neumática, 2016, https://control.sdindustrial.com.mx/news_agosto16_notas.html).

1.6 Sistemas mecánicos

Son constituidos por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir un movimiento circular o lineal desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía. Se caracterizan porque se pueden asociarse con sistemas eléctricos y producir movimiento a partir de un motor accionado por la energía eléctrica.

(Definición de sistemas mecánicos, 2012, <http://sistemasmecanicosiws.blogspot.com/2012/05/definicion-de-sistemas-mecanicos.html>).

1.6.1 Motor DC

El motor de corriente directa (figura 3-1) es una máquina que tiene la función de convertir la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción que se genera del campo magnético. (Motor de corriente directa (c.d.) o continua (c.c.), 2015, http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_motor_cd/af_motor_cd_6.htm).



Figura 3-1. Motor DC.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

1.6.2 Banda Transportadora

El procedimiento consiste en una banda flexible, accionada por un motor, sobre la cual se transportan las cargas.

- La banda transportadora debe reunir los siguientes requisitos:

Alta resistencia mecánica, elevada resistencia al desgaste y alta resistencia a la humedad.

- Se emplean distintos tipos de materiales para conformar las bandas:

De tela naturales, sintéticas y de acero, tal como observamos en la figura 4-1.

(Banda transportadora, 2012, <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>).



Figura 4-1. Banda Transportadora.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

1.6.3 Válvula proporcional

Es aquella en la que una magnitud física del fluido sea caudal o presión, a la salida de la válvula es proporcional a una señal eléctrica analógica de entrada, es decir, $x = k * v$, donde x es presión o caudal; k una constante de proporcionalidad y v es la señal analógica de tensión continua que se introduce en la válvula. Proporcional que se muestra en la figura 5-1 convierte una señal eléctrica analógica de entrada en una determinada posición, para la apertura y el cierre del paso del líquido para el llenado de las botellas.

(Neumática proporcional, 2014, <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap8-neumatica-proporcional.pdf>).

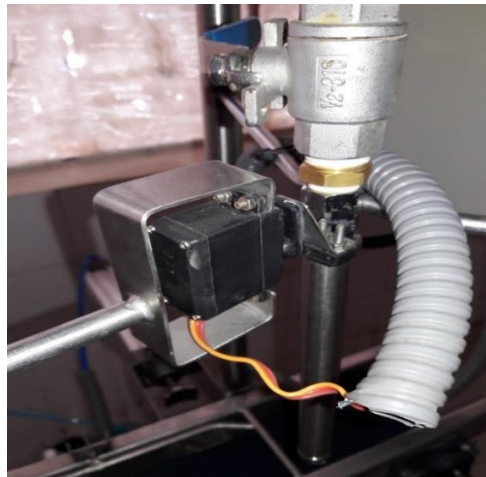


Figura 5-1. Válvula proporcional.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

1.6.4 Electroválvula

Es una válvula solenoide que abre o cierra el paso del aire comprimido en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una

base fija que atrae el émbolo se la indica en la figura 6-1. (Electroválvulas, 2015, <http://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>).



Figura 6-1. Electroválvula.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

1.7 Sistemas Electrónicos

Es un conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado. Básicamente son tres etapas como en la figura 7-1: La primera (transductor), la segunda (circuito procesador) y la tercera (circuito actuador). (Sistemas electrónicos: características, historia y evolución de los sistemas electrónicos, 2014, <http://www.maquinariapro.com/sistemas/sistema-electronico.html>).

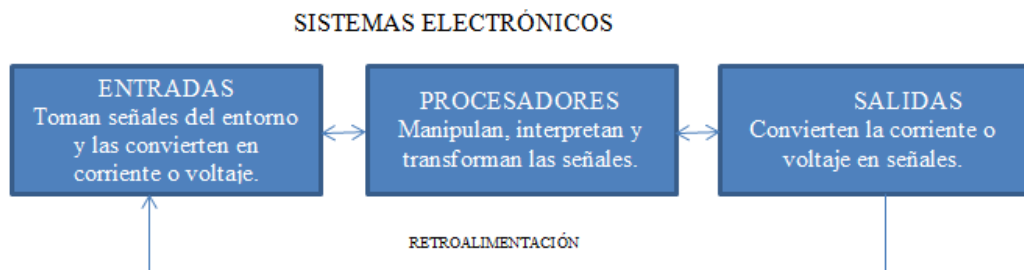


Figura 7-1. Sistemas electrónicos.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

1.7.1 Tarjetas de desarrollo

Son tarjetas utilizadas para proyectos electrónicos no tan complejos, se pueden destacar la tarjeta Arduino y Raspberry Pi como las de la figura 8-1. Antes de estas las cosas eran más complicadas, ahora estamos viendo una explosión de nuevas tarjetas que salen al mercado, aunque la mayoría de ellas van a desaparecer con la misma rapidez. Son fáciles de programar ya que su software es libre y su costo es relativamente bajo para los beneficios que nos prestan. (¿Qué tarjeta de desarrollo elegir?, 2017, <http://hacedores.com/que-tarjeta-de-desarrollo-elegir-parte-1/>).

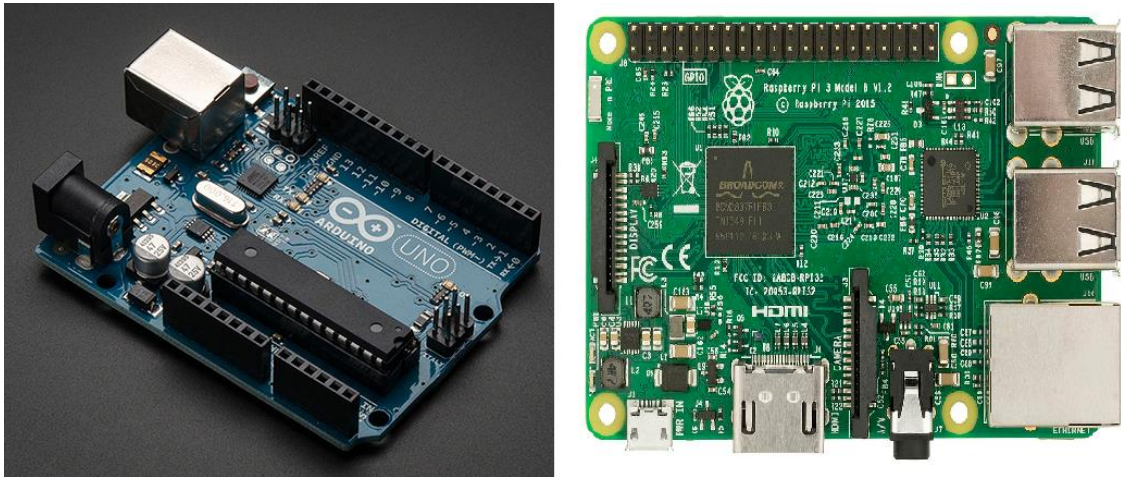


Figura 8-1. Tarjetas de desarrollo
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

1.7.1.1 Arduino

Es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open - source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Trabaja en un entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. (¿Qué es Arduino?, 2016, <http://arduino.cl/que-es-arduino/>).

1.7.2 Comunicación inalámbrica

Es aquella que en la comunicación no se encuentran unidos por un medio de comunicación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. El hecho de que el punto de entrada en la red de comunicaciones no esté ligado a una ubicación fija y que el medio de transmisión ya esté preparado favorece su expansión, que puede ser más rápida que la de cualquier otro tipo de tecnología. (Comunicación Inalámbrica, 2012, [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf)).

➤ Módulo bluetooth

Gracias a sus puertos TxD y RxD nos permite realizar comunicaciones inalámbricas con una distancia máxima de 10 metros. Son fáciles de manejar ya que poseen un puerto serial de bajo consumo. (Configuración del módulo bluetooth HC-06 usando comandos AT, 2016, http://www.naylampmechatronics.com/blog/15_Configuraci%C3%B3n--del-m%C3%B3dulo-bluetooth-HC-06-usa.html).

1.7.3 Sensores

Son unidades que emiten una señal analógica y convierte una magnitud física en una magnitud eléctrica. Existe una amplia variedad de sensores como se muestra en la figura 9-1. Para aplicaciones especiales se puede fabricar sensores específicos. (Sensores, 2012, <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sensores.htm>).



Figura 9-1. Tipos de sensores.

Fuente: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/images/sensores-foto-princi.jpg>

- **Características de los sensores**

Dependen de la variable a medir, los aspectos a tener en cuenta en el momento de seleccionar un sensor son los siguientes: Exactitud: especifica la diferencia entre el valor medido y el valor real de la variable que se está midiendo. Conformidad o repetitividad: el grado con que mediciones sucesivas difieren unas de las otras. Sensibilidad: viene dado por el mínimo valor de la variable medida que produce un cambio en la salida. Error: es la desviación entre valor verdadero y valor medido. Rango: es la diferencia entre el mayor valor y el menor valor que se puede medir. Rapidez de respuesta: capacidad del instrumento de seguir las variaciones de la entrada. (Sensores. Definición y características, 2015, <http://controlreal.com/es/sensores-definicion-y-caracteristicas/>).

1.7.3.1 Tipo de sensores

- **Sensores de proximidad**

Pueden ser de tipo lineal como los detectores de desplazamiento o de tipo conmutador, la conmutación entre dos estados indica una posición particular. Hay dos tipos: inductivos y capacitivos.

Inductivos: Se emplean para medir distancias a objetos metálicos, sin tener contacto físico con los mismos. Capacitivos: se emplean para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos, como la madera, los líquidos y los materiales plásticos. (Sensores conceptos generales. 2014. http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm).

- **Sensores ultrasónicos**

Se caracterizan por su fiabilidad y versatilidad. Se utilizan para realizar la detección de objetos o mediciones de nivel con una precisión milimétrica, ya que su método de medición es fiable en casi todo tipo de condiciones. (Sensores Ultrasónicos | Medición de Distancias Sin-Contacto, 2017, http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_182.htm).

- **Sensores de peso**

También conocidos como celdas de carga desarrollados con la finalidad de detectar los cambios eléctricos provocados por una variante en la intensidad de un peso aplicado sobre una báscula o balanza, información que a su vez se transmite hacia un indicador de peso o controlador de peso. (Celdas de carga, 2015, <http://cl.omega.com/prodinfo/celdas-de-carga.html>).

1.7.4 Semiconductores

Es un material aislante que, cuando se le añaden ciertas sustancias o en un determinado contexto, se vuelve conductor. Esto quiere decir que, de acuerdo a determinados factores, el semiconductor actúa a modo de aislante o como conductor.

(Definición de semiconductor, 2014, <http://definicion.de/semiconductor/>).

- **Transistor**

Es un dispositivo que regula el flujo de corriente o de tensión actuando como un interruptor o amplificador para señales electrónicas, se observa en la figura 10-1 los transistores tipo sombrero.



Figura 10-1. Transistores.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

- Tiristor

Es un dispositivo que tiene dos estados de funcionamiento: conducción y bloqueo. Posee tres terminales: Ánodo (A), Cátodo (K) y Puerta (G). La conducción entre ánodo y cátodo es controlada por el terminal de puerta. Se dice que es un dispositivo unidireccional, debido a que el sentido de la corriente es único (figura 11-1).

(El tiristor, 2014, <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-tiristor.php>).

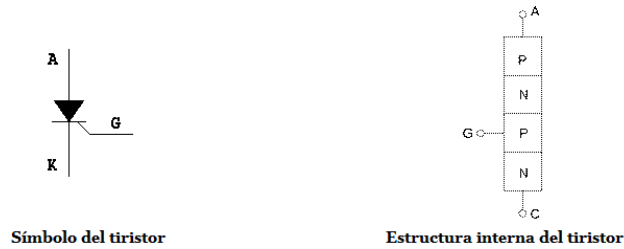


Figura 11-1. Tiristor.

Fuente: <https://st-elf.electronicafacil.net/tutoriales/154/Estructuririsb.gif>

- Relé de estado sólido

Es un circuito híbrido, normalmente compuesto por un opto acoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia, en la figura 12-1 podemos ver un banco de relés para Arduino. (Relé sólido, 2014, http://www.soloelectronica.net/rele_solido.htm).



Figura 12-1. Banco de relés.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

1.8 Sistemas de control

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. Un sistema de control ideal debe conseguir los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. 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.

(Sistemas de control, 2015, <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>).

1.8.1 Lazo abierto

Son sistemas en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control). (Sistemas de control - lazo abierto - lazo cerrado, 2014, http://www.academia.edu/7885227/Sistemas_de_control_-_lazo_abierto_-_lazo_cerrado).

1.8.2 Lazo cerrado

Son aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control). (Sistemas de control - lazo abierto - lazo cerrado, 2014, http://www.academia.edu/7885227/Sistemas_de_control_-_lazo_abierto_-_lazo_cerrado).

1.8.3 Controlador PID

Es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado. El PID tiene tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

- El valor Proporcional depende del error actual.
- El Integral depende de los errores pasados.
- El Derivativo es una predicción de los errores futuros.

La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control como se ilustra en la figura 13-1. (Controladores PID, 2015, <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>).

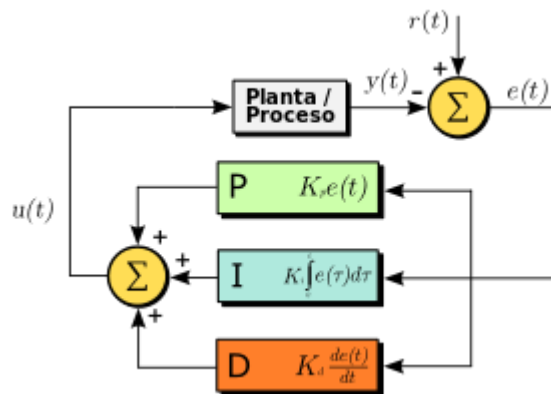


Figura 13-1. Controlador PID.

Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/asheesh-151123152100-lva1-app6892/95/pid-control-system-3-638.jpg?cb=1448292149>.

La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

La función de transferencia resulta:

$$C_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad \text{Ec. (1-1)}$$

(“Controladores PID”. (2015). <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>).

1.9 Controlador Lógico Programable (PLC)

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

(PLC, 2014,

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMHI/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>).

- Funciones

Entre las principales podemos destacar las siguientes:

- Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores.

- Dialogo hombre - máquina: Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.

(PLC, 2014,

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>).

- Estructura

El controlador programable tiene una estructura constituida por los elementos básicos descritos en la figura 14-1:

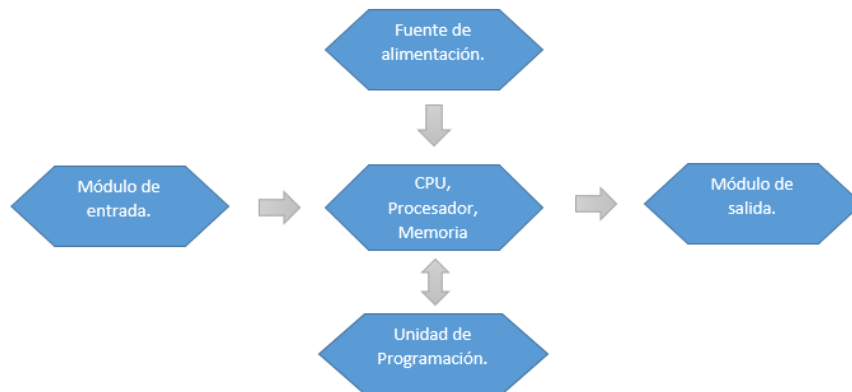


Figura 14-1. Estructura PLC.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

- Programación

Se realiza mediante un diagrama funcional o Grafcet (figura 15-1) que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

Un grafcet está compuesto de:

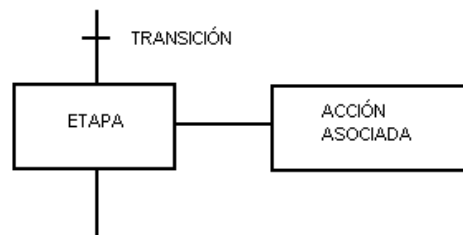


Figura 15-1. Estructura de un grafcet.

Fuente: <http://www.automatas.org/images/grafce1.gif>.

1.9.1 Interfaz hombre - máquina (HMI)

Es una interfaz de usuario la cual es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. Para que sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades, se lo puede enseñar como en la figura 16-1.

(Interfaz Hombre-máquina (HMI), 2016, <https://www.copadata.com/es-mx/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>).



Figura 16-1. HMI.

Fuente: http://www.proface.es/files/images/product/soft/remotehmi/feature_feature_1.jpg.

1.9.1.1 Android Studio

Es un sistema operativo basado en el núcleo Linux. Diseñado para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes o tablets; los componentes principales del sistema operativo son:

- Aplicaciones, marco de trabajo, bibliotecas, runtime de Android y núcleo Linux, todo esto se visualiza en la figura 17-1.

(Sistema Operativo Android, 2016, <http://android-studio.uptodown.com>).



Figura 17-1. Arquitectura del sistema Android.

Fuente: <http://www.urbina.cl/wp-content/uploads/2013/12/system-architecture-300x215.jpg>

1.9.1.2 Programación orientada a objetos JAVA

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, actualmente es uno de los lenguajes más usados para la programación en todo el mundo, es un lenguaje útil para casi todo tipo de problemas. Trabaja con aplicaciones cliente - servidor y aplicaciones web.

(¿Qué es Java? Concepto de programación orientada a objetos vs programación estructurada (CU00603B),2015, http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=368:i-que-es-java-concepto-de-programacion-orientada-a-objetos-vs-programacion-estructurada-cu00603b&catid=68:curso-aprender-programacion-java-desde-cero&Itemid=188).

1.9.1.3 Android Studio

Proporciona las herramientas más rápidas para la creación de aplicaciones en todos los tipos de dispositivos Android. La edición de códigos de primer nivel, la depuración, las herramientas de rendimiento, un sistema de compilación flexible y un sistema instantáneo de compilación e implementación te permiten concentrarte en la creación de aplicaciones únicas y de alta calidad.

(Conoce Android Studio | Android Studio, 2015, <https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=es-419>).

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÒGICO

En este capítulo se detalla paso a paso el diseño de Hardware y Software del Sistema Automático de Envasado de Líquidos. Se especificó lo requerimientos técnicos que se requieren y se realizó el diseño en bloques de cada uno componentes. Se justificó la selección de los diferentes dispositivos como sensores, elementos de control y actuadores que forman parte del mismo. Por último, se presentó el diseño final del sistema.

2.1 Requerimientos Del Sistema

Después de las debidas investigaciones y su respectivo análisis, se pudo definir los requisitos que el sistema debe cumplir:

- Sistema que se adapte al entorno de trabajo.
- Control de higiene con normas alimenticias.
- Diseño de bajo costo.
- Nivel del líquido en el reservorio de 70 litros.
- Control del peso del llenado.
- Cumplir con la demanda máxima de la planta.

2.2 Concepción De La Arquitectura Del Sistema

La arquitectura general propuesta para el Sistema Automático de Envasado de Líquidos posee dos partes Hardware: Diseño Mecánico, Electrónico y de Control; Software: Programación y Diagramas de flujo, los cuales se detallan paso a paso en el presente capítulo, obteniendo un diseño final del equipo.

2.2.1 *Requerimientos Del Diseño Mecánico*

Es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales para la máquina, que cumpla una determinada función. Se detallan a continuación en la tabla 1-2:

Tabla 1-2: Requerimientos del diseño mecánico

Requerimiento	Componente
Capacidad 70 litros, porque el proceso previo de mezclado es de 70 litros máximo.	Reservorio
Banda de tela sintética de poliuretano porque es para alimentos. Largo 1.5 (m) debido al espacio donde se instaló. Ancho máximo 20 (cm) con ajuste para diferentes tipos de envase.	Banda Transportadora
Soporte 60 (cm) x 70 (cm) x 90 (cm), por el espacio y es suficiente para almacenar hasta 40 envases de 1 litro.	Soporte para Almacenamiento de Envases

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

En la figura 1-2 se observa el diseño del sistema que se implementó:

- A. Reservorio
- B. Tablero de Control
- C. Mesa o soporte de producto.
- D. Soporte de banda transportadora
- E. Pistones neumáticos
- F. Motor de banda
- G. Banda transportadora.
- H. Válvula proporcional dosificadora.

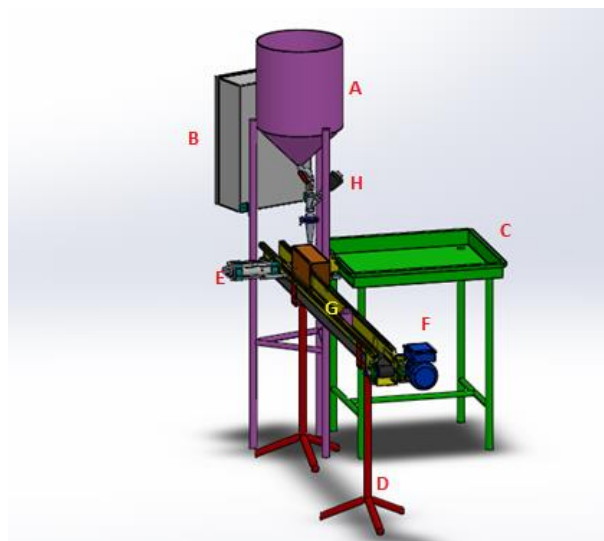


Figura 1-2. Diseño Mecánico Completo.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.2 Diseño Mecánico

En el primer paso se realizó el diseño estructural del sistema, detallando los componentes y los requerimientos dichos anteriormente:

2.2.2.1 Reservorio

Es un recipiente cilíndrico de fondo cónico que almacena el producto para envasar, se realizó de esta forma con el fin de evitar que en el fondo se acumulen residuos de productos o procesos previos. En la figura 2-2 se observa la forma del reservorio.

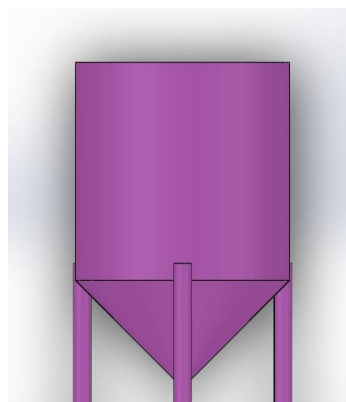


Figura 2-2. Reservorio.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

A continuación se muestra el cálculo de la capacidad del reservorio:

$$V_c = \pi * r^2 * H \quad \text{Ec (1-2)}$$

$$V_c = 3.1416 * 0.21 * 0.21 * 0.50 = 69.2 \text{ L}$$

$$V_f = \frac{1}{3} * \pi * r^2 * H_2 \quad \text{Ec (2-2)}$$

$$V_f = \frac{1}{3} * 3.1416 * 0.21 * 0.21 * 0.05 = 1.3 \text{ L}$$

$$V_t = V_c + V_f \quad \text{Ec (3-2)}$$

$$V_t = 69.2 \text{ L} + 1.3 \text{ L} = 70.5 \text{ L}$$

2.2.2.2 Banda Transportadora

La banda transportadora (figura 3-2) es del tipo horizontal y presenta las siguientes características.

- Tipo de banda y recubrimiento

Debido que no soporta grandes pesos ni se expone a impactos y erosiones de determine que la banda será de: Tejido solido liso de constitución sintético, ya que el tejido consta de urdimbre y soporta perfectamente la tracción longitudinal. Además, posee un recubrimiento de polyester sintético que le da un nivel más alto de resistencia.

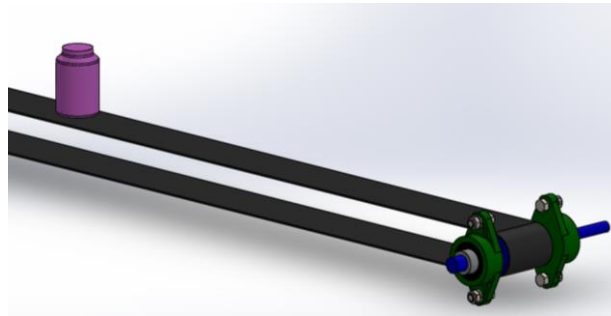


Figura 3-2. Banda Transportadora
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

- Rodillos y Soportes

Son uno de los componentes principales de la banda transportadora y de ello depende la calidad y funcionamiento de la misma. Sus principales funciones son las siguientes:

- Soportan el material al transportar
- Contribuyen al centrado de la banda
- Ayudan a la limpieza, y deben ser de fácil desmontaje.

En la figura 4-2 se observa el diseño de los rodillos implementados.

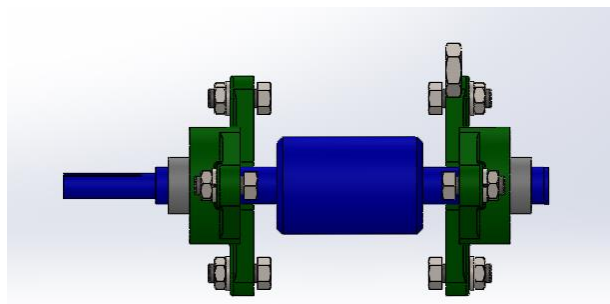


Figura 4-2. Rodillos y Soportes
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

- Tambores.

Los tambores se construyeron en acero, nos sirven de eje para los rodillos, en la figura 5-2 se observa el diseño de los rodillos construidos.

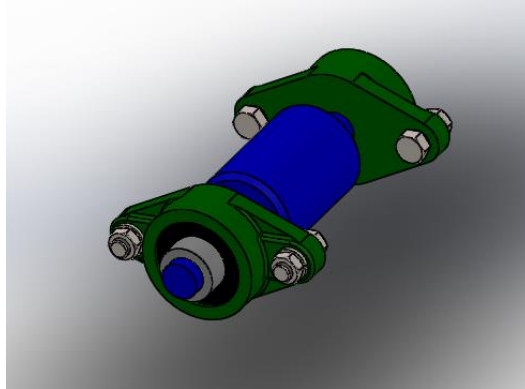


Figura 5-2. Rodillos y Soportes

Fuente: Guerra H. y López M. 2017.

2.2.2.3 Soporte para el almacenamiento de envases

Consiste en una base rectangular, la cual servirá se soporte para el producto final, de igual modo está construido en su totalidad en acero inoxidable. En la figura 6-2 se observa la forma del soporte implementado.



Figura 6-2. Soporte de producto

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.2.4 Tubería

Continuando con el dimensionamiento del sistema, se colocó manguera de poliuretano de $\frac{1}{4}$ de pulgada, con una longitud de 2 metros por cada vía, dando un total de 8 metros.

En la figura 7-2 se aprecia las presiones nominales que soportan las mangueras de acuerdo a su dimensión.

Referencia	OD	ID	Color	Presión de Trabajo
MPC1011	1/8"	2 mm	Negro	150 PSI
MPC1015	1/8"	2 mm	Azul	150 PSI
MPC1021	1/4"	4.15 mm	Negro	150 PSI
MPC1025	1/4"	4.15 mm	Azul	150 PSI
MPC1091	5/16"	5 mm	Negro	150 PSI
MPC1095	5/16"	5 mm	Azul	150 PSI
MPC1031	3/8"	6 mm	Negro	150 PSI
MPC1035	3/8"	6 mm	Azul	150 PSI
MPC1041	1/2"	8.5 mm	Negro	150 PSI
MPC1045	1/2"	8.5 mm	Azul	150 PSI

Figura 7-2. Presiones nominales Mangueras de Poliuretano.

Fuente: <http://www.neumaic.com/files/Mangueras-y-Racores/01%20Mangueras.pdf>

- Unidades de acoplamiento rápido.

Los racores de acople rápido que se usaron fueron de 3/8 a 1/4 de pulgada. En la figura 8-2 se observa el tipo de racor usado.



Figura 8-2. Acople 3/8 a 1/4

Fuente: <https://http2.mlstatic.com/racores-neumaticos.jpg>

2.2.3 *Requerimientos Del Diseño Electrónico*

Se refiere a la concepción, y producción de sistema electrónico, abarcando desde circuitos integrados hasta el desarrollo de placas de circuito impreso. Se detallan a continuación en la tabla 2-2:

Tabla 2-2: Requerimientos del diseño mecánico

Requerimiento	Componente
Para control de velocidad de motor mediante señal PWM.	Control PWM
Placa de circuito impreso para montaje de elementos electrónicos.	PCB

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

2.2.4 *Diseño Electrónico*

En el segundo paso se realizó la parte electrónica del sistema, detallando los componentes y los requerimientos dichos anteriormente:

2.2.4.1 *Control de Motor DC mediante PWM*

La etapa de control del motor DC es de mucha importancia ya que controla la banda transportadora del sistema, el cual debe ser un sistema estable ya que de ello dependerá el correcto funcionamiento. Para el circuito de control se utilizó la técnica de control mediante PWM, una señal de onda cuadrada que varía su ancho de pulso y por ende su valor de voltaje y controla un circuito basado en transistores de potencia.

La señal de control sale desde microcontrolador Arduino y se acopla por medio del circuito mostrado en la figura 9-2, donde se limita la corriente por medio de la resistencia en serie, la misma que ingresa al CI 4N25.

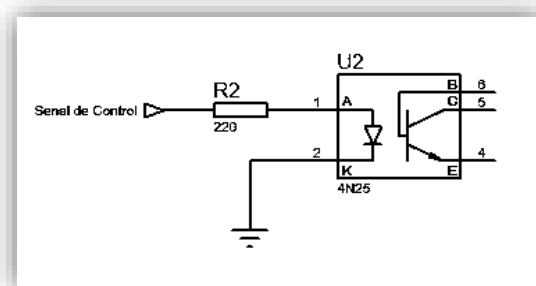


Figura 9-2. Opto acoplador 4n25.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

En la figura 10-2 se aprecia el circuito de potencia basado en transistores, el cual a pequeños cambios de corriente en base de Q1, varía el valor de corriente que sale de Colector y controla las RMP del motor DC.

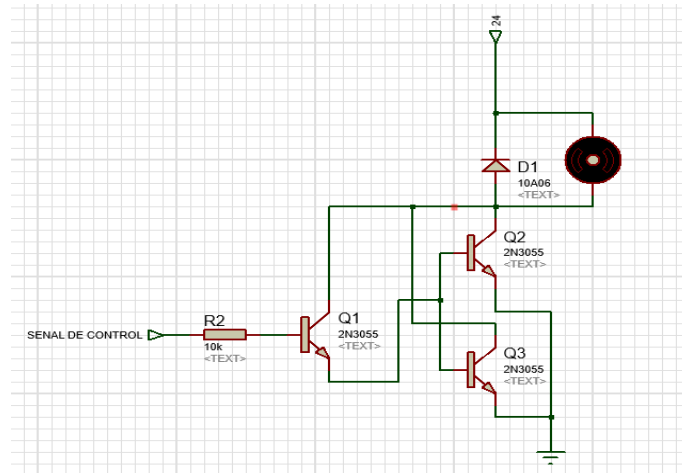


Figura 10-2. Circuito de potencia motor.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.4.2 Diseño de Placa de Circuito Impreso

El circuito de control del motor DC se monta sobre una placa de circuito impreso la cual fue diseñada y construida por nosotros. En la figura 11-2 se muestra el diseño de la misma.



Figura 11-2. Diseño PCB.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.5 *Requerimientos Del Diseño De Control*

Son los componentes utilizados para el control del sistema que lo permiten funcionar de forma óptima. Se detallan a continuación en la tabla 3-2:

Tabla 3-2: Requerimientos del diseño de control

Requerimiento	Componente
Ultrasónicos, porque es alimentos y no se puede tener contacto con él. Capacitivos, detectan la presencia de objetos no metálicos como envases. Celda de carga, para un mejor dosificado se lo realizo mediante peso.	Sensores
Siemens Logo, por el costo y la versatilidad de uso. Arduino, para comunicación inalámbrica con el HMI. HMI, pantalla táctil Android para control y visualización del sistema.	Elementos de control
Motor DC de 24 V con reductor, para banda transportadora, por su costo y la facilidad de control de velocidad. Válvula Proporcional, para un dosificado más exacto. Cilindros Neumáticos Doble Efecto, para mayor facilidad de movimientos mecánicos y su costo. Electroválvulas Neumáticas, para control de los cilindros neumáticos.	Actuadores
Breaker, consumo de potencia, dimensionamiento del conductor, para evitar sobrecargas y proteger el sistema.	Protección
Montaje de elementos.	Tablero

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

2.2.6 Diseño De Control

En el tercer paso se realizó el diseño de control del sistema, detallando los componentes y los requerimientos dichos anteriormente:

2.2.6.1 Sensores

Sensores ultrasónicos (figura 12-2): Se utilizó el sensor HC-SR04 para medir el nivel de líquidos, al ser ultrasónico no tiene contacto directo con el alimento y es una gran ventaja. Consta de: dimensiones del circuito: 43 x 20 x 17 mm, tensión de alimentación: 5 Vcc, rango máximo: 4.5 m y mínimo: 1.7 cm

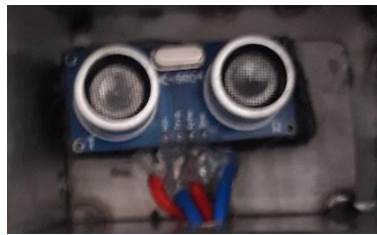


Figura 12-2. Sensor ultrasónico.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

Sensores de proximidad capacitivos (figura 13-2): Se utilizó el sensor NPN DE 24V capacitivo, para detectar la presencia de los envases y controlar de una mejor manera el proceso. Tiene: corriente: máxima 200 mA, temperatura: -25 a +70 °C, longitud del cable: 2 m.



Figura 13-2. Sensor capacitivo.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

Sensores de peso (figura 14-2): Se usó las celdas de carga con su módulo acoplador o de condicionamiento para el dosificado de materia prima, con ellos se obtiene una medida exacta. Posee: precisión: 0.05%, temperatura: -20 a +55°C, longitud del cable: 550mm.



Figura 14-2. Celda de carga.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.6.2 Elementos de Control

- Se eligió un Logo Siemens por las siguientes razones:
 - Versatilidad
 - Programación sencilla
 - Instalación rápida
 - Tamaño pequeño y compacto
 - Puerto de Comunicación serie

Se puede visualizar en la figura 15-2, los componentes como son: Control, unidad de operación y visualización, fuente de alimentación, 8 entradas y 4 salidas, interfaz para módulo de programa y cable de PC.



Figura 15-2. Logo 230RC.

Fuente: Guerra H. y López M. 2017.

- Tarjeta de desarrollo Arduino

Arduino es un microcontrolador que nos sirve para enlazar el Logo con el HMI mediante una comunicación serie. En la tabla 10-2 se muestra una comparación entre un microcontrolador Arduino frente a otros dispositivos de control.

Tabla 4-2: Comparación dispositivos control

	ARDUINO		RASPBERRY PI
	UNO	DUE	
Tipo	Microcontrolador	Microcontrolador	Computador Embebido
Multitarea	NO	NO	SI
SO	NO	NO	SI
Velocidad	16 Mhz	84 Mhz	700 Mhz
Memoria	32 KB	32 KB	SD hasta 16 GB
Network	Ampliación	Ampliación	SI
Entorno de Desarrollo	Arduino IDE	Arduino IDE	Cualquier Soporte Linux
Costo (USD)	17	23	65

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Se comparó entre las dos variantes básicas que ofrece Arduino, frente a una computadora embebida o mini computadora, donde se escogió la opción del microcontrolador por las siguientes razones:

- Costo del dispositivo
- Versatilidad y flexibilidad
- El equipo no demanda gran velocidad de procesamiento, un computador embebido sería algo innecesario y exagerado.

Por último, se eligió entre un Arduino UNO y un DUE, se optó por el DUE debido a la limitación que ofrece Arduino UNO en cuanto a Entradas y Salidas y que Arduino DUE ofrece salidas analógicas que pueden ser usadas en un caso de expansión del equipo.

Arduino es de código abierto y de sencilla implementación, así como su programación, el cual genera la señal PWM para el control de la banda transportadora y para la válvula proporcional servo controlada.

- Interfaz Hombre Maquina (HMI)

El HMI es una pantalla MultiTouch de 7 pulgadas que consta de las siguientes características y se aprecian en la tabla 5-2.

Tabla 5-2: Características HMI.

Fabricante	Samsung
Procesador	ARM Dual Core 1.4 GHZ
RAM	1 GB
ROM	2 GB
Pantalla	Capacitiva MultiTouch
Color	16 millones de colores
Memoria RAM	1 GB

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

2.2.6.3 Actuadores

- Electroválvula Proporcional

Para el dosificado del producto se usará una válvula de paso hidráulica proporcional, la cual su dimensionamiento se detalla a continuación.

- Presiones en el equipo.

Se observa el Punto A en la figura 16-2, que es en donde se ubicó el actuador, y es en donde se realizó los cálculos que se detallan a continuación.

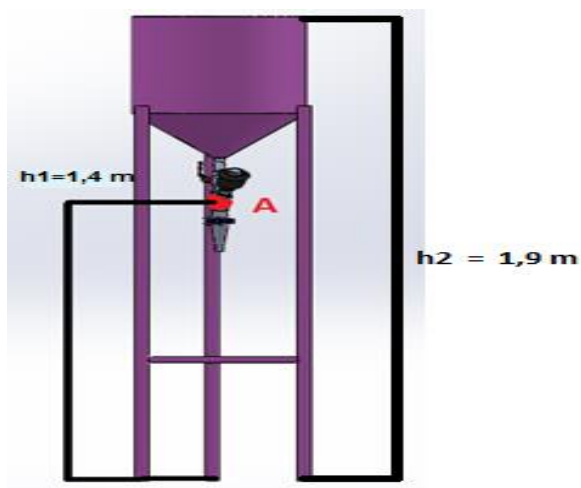


Figura 16-2. Punto de Calculo Presión

Fuente: Guerra H. y López M. 2017.

Datos:

$$\rho = 1211 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$h = (1,9-1,40) \text{ m}$$

$$1 \text{ atm} = 73281 \text{ Pa (A nivel de Riobamba)}$$

Se calcula la presión en el punto A:

$$P_A = (\rho * g * h) + 1 \text{ atm} \quad \text{Ec (4-2)}$$

$$P_A = (1211 * 9.8 * 0.5) + 73281 \text{ Pa}$$

$$\mathbf{P_A = 11 \text{ PSI}}$$

Con el reservorio lleno de fluido, se tendrá una presión de 11 PSI o 0,75 bar en el punto A, a lo que se procederá al dimensionamiento del actuador que soporte dicha presión revisando catálogos de fabricantes.

Tabla 6-2: Datos de Electroválvula Proporcional.

Tipo de válvula	2/2 Proporcional
Forma de accionar	Servomotor 5 VCD
Caudal Nominal	1 A 10 L/MIN
Rango de presión	0 A 10 BAR
Retorno	Servo regresión automático
Diámetro salida	1/2 Pulgada
Diámetro Entrada	1/2 Pulgada
Accionamiento manual	No
Rango Temperatura	-10 ° C a 60°C

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

- Dimensionamiento Neumático

Los actuadores neumáticos en el sistema cumplen dos funciones:

- Permitir e impedir el paso de envases.
- Empuje de envases al dosificado, actuador para paso de envases.

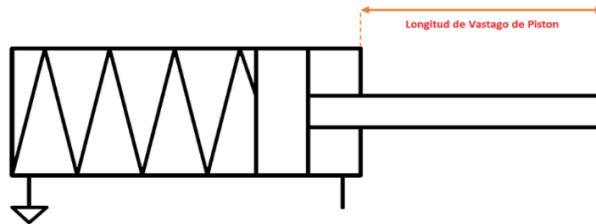


Figura 17-2. Longitud de salida de vástago

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

En este actuador como la fuerza en el extremo del vástago del pistón es irrelevante ya que no tiene como función principal empujar o halar alguna carga o peso se escogió por la longitud del mismo, ya que su función principal es permitir o impedir el paso de envases y eso se logra solamente con la salida o entrada del dicho vástago. En la figura 17-2 se puede observar la longitud de vástago del pistón. La longitud del vástago se determinó de acuerdo al ancho de la banda transportadora, como se muestra en la imagen 18-2 simulado

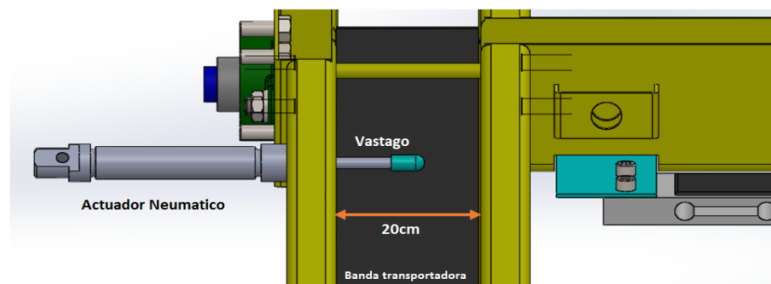


Figura 18-2. Determinación de Actuador Neumático

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

El paso siguiente, como ya se tenía determinado la longitud del recorrido del vástago de salida del actuador, fue encontrar uno que se ajuste a la presión de trabajo de hasta 8 bares que proporciona el compresor que posee la Planta de Lácteos. Luego de ello el actuador a usar fue el siguiente y se detalla en la tabla 7-2.

Tabla 7-2: Datos actuador neumático

Actuador	Presión Trabajo (psi)	Presión Max (psi)	Diámetro Racor (Pul)
Cilindro Neumático Doble Efecto (Paso)	70 psi	140	3 / 8

Fuente: (Tsmc 2016, <http://www.danfoss.com/products-and-solutions/>)

- Actuador para empuje de envases

Continuando con la selección del actuador neumático va determinado por la longitud de salida del vástago y que trabaje entre 0 a 8 bares de presión.

De igual manera, los datos del actuador número dos se detalla en la tabla 8-2.

Tabla 8-2: Datos actuador neumático empuje

Actuador	Presión Trabajo (psi)	Presión Max (psi)	Diámetro Racor (Pul)
Cilindro Neumático Doble Efecto (Empuje)	70 psi	140	3 / 8

Fuente: (Tsmc 2016, <http://www.danfoss.com/products-and-solutions/>)

- Electroválvula direccional de control neumática

Recordando se tiene dos actuadores neumáticos, que trabajan en un rango de presión desde 0 a 140 psi, la planta posee un compresor neumático que entrega hasta 150 PSI de presión con un Caudal de 80L/min, con estos datos se procede a la selección. En la tabla 9-2 se aprecia las características de la válvula seleccionada para el actuador de paso.

Tabla 9-2: Datos de Electroválvula direccional Paso.

Función de válvula	5/2 Monoestable
Tipo de accionamiento	Solenoides 220VCA
Caudal Nominal	1 a 10 L/min
Presión	0 a 10 bar
Diámetro Nominal Salida	3/8 Pulgada
Diámetro Nominal Entrada	3/8 Pulgada

Fuente: (Skinner Valve, 2016, www.skinner/products.com)

En la tabla 10-2 se aprecia las características de la válvula seleccionada para el actuador de empuje.

Tabla 10-2: Datos de Electroválvula direccional Empuje.

Función de válvula	5/2 Monoestable
Tipo de accionamiento	Solenoides 220VCA
Caudal Nominal	1 a 10 L/min
Presión	0 a 10 bar
Diámetro Nominal Salida	3/8 Pulgada
Diámetro Nominal Entrada	3/8 Pulgada

Fuente: (Skinner Valve, 2016, www.skinner/products.com).

2.2.6.4 Protección

- Consumo de Potencia del Sistema

Como primer paso para determinar la potencia consumida por el equipo se realizó el censo de carga debido el cual se detalla a continuación en la tabla 11-2.

El censo de carga consiste en listar todas y cada de las cargas del sistema, sumar sus potencias y mediante ello obtener la potencia nominal del sistema.

Tabla 11-2: Censo de Carga.

Censo de Carga		
Cant.	Dispositivo	Potencia (W)
1	Fuente 24v	100
3	Luces Piloto	30
2	Electroválvulas Neumáticas	40
1	PLC Siemens	10
	Total	180

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Con la potencia total consumida, se procede al cálculo de consumo de corriente con la siguiente formula:

$$V = 220 \text{ VCA} ; \quad P = 140 \text{ w}$$

$$I = P / V = 180 / 220 \quad \text{Ec (5-2)}$$

$$I = 0,81 \text{ A}$$

- Dimensionamiento del Conductor

Con la potencia total y corriente calculada se procede al dimensionamiento de conductor necesario, para ello se resume los datos previamente obtenidos en la tabla 12-2.

Tabla 12-2: Consumo por partes.

Nombre	Potencia (W)	Corriente (A)
Sistema	180	0,81

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Tabla 13-2: Consumo por partes.

Calibre AWG ó MCM	Sección mm ²	FORMACION No. de Hilos por diámetro en mm.	ESP ESDR AISLAMIENTO mm	DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
						Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.52	1 x 0.813	0.76	2.33	9.81	6	7	TF	A,E
18	0.82	1 x 1,02	0.76	2.54	13.16	6	7	TF	A,E
16	1.31	1 x 1,29	0.76	2.81	18.10	10	8	TF	A,B
14	2.08	1 x 1,63	0.76	3.15	26.10	20	15	TW	A,B
12	3.31	1 x 2,05	0.76	3.57	38.30	25	20	TW	A,C
10	5.26	1 x 2,59	0.76	4.11	57.40	40	30	TW	A,D
8	8.34	1 x 3,26	1.14	5.54	95.20	60	40	TW	A,B

Fuente:(Disensa 2013, disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf).

Con los datos calculados, nos referimos a la tabla anterior 13-2, donde se muestra el grosor del conductor según el amperaje, donde se determinó que el conductor apropiado es el #20 AWG.

- Dimensionamiento de la Protección

De acuerdo a investigaciones previas, se sabe que los valores nominales de los breakers monofásicos parten desde los 10 amperios. De acuerdo al dimensionamiento del conductor, determinamos que necesitamos un conductor calibre #20 AWG, el dispositivo de protección debe ser del valor inmediato superior a determinado.

La tabla 14-2 mostrada a continuación se muestra la protección calculada.

Tabla 14-2: Breakers de protección.

Nombre	Corriente (A)	Conductor (A)	Protección (A)
Sistema	0,81	6	10

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

2.2.7 *Requerimientos De Software Del Sistema*

Tabla 15-2: Requerimientos de software del sistema

Requerimiento	Software
Programación de Logo Siemens	LogoSoft Confort V8
Programación HMI	Android Studio 2.3.6
Diseño Mecánico	SolidWorks 2017
Diseño Electrónico	Proteus 8.2

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

2.2.8 *Programación Del Sistema*

A continuación, se detalló paso a paso la programación de los diferentes dispositivos de control del sistema con los requerimientos de la tabla 15-2:

2.2.8.1 *Funcionamiento del Sistema*

El sistema posee un modo de operación automático principalmente y un modo manual, el cual es menos relevante ya que para el proceso no conviene un modo de dosificado manual, sino más bien es para mantenimiento y limpieza de las diferentes partes del mismo.

- Modo Manual

Como se dijo anteriormente, este modo es principalmente para limpieza de la banda transportadora, o si de pronto existe obstrucción en la misma, de igual manera en los cilindros neumáticos se puede extraer o contraer el vástago de manera manual con fines de limpieza. El modo manual se opera desde la Interfaz de Usuario HMI. En la figura 19-2, se puede apreciar el modo manual del sistema:

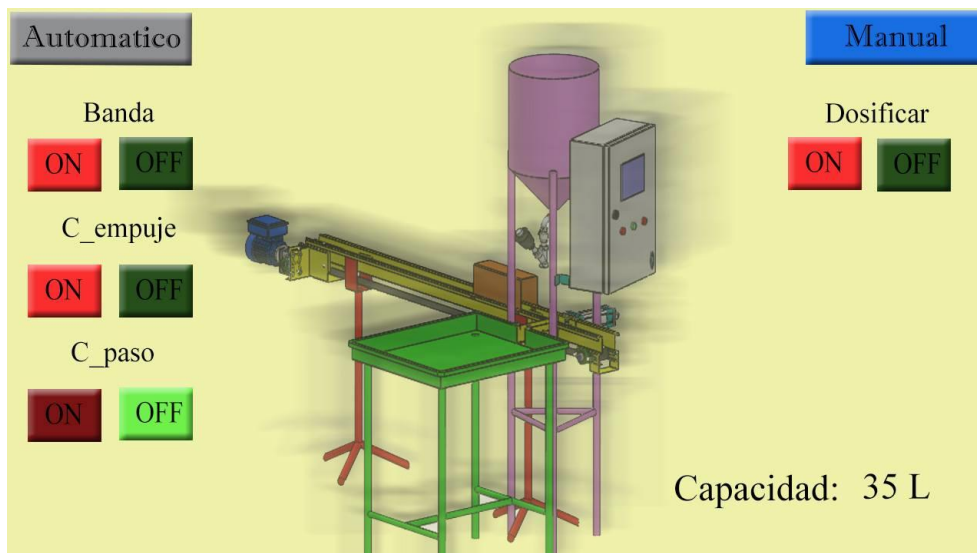


Figura 19-2. Modo manual del sistema
 Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

- Modo Automático

El dosificado se lo realiza de modo automático, los datos de nivel son obtenidos por el sensor de nivel, y enviados de manera inalámbrica hacia el HMI donde se son visualizados. Los envases vacíos son transportados en la banda transportadora, se deslizan sobre ella hasta el primer sensor capacitivo donde al ser detectado envía un pulso hacia el controlador, el cual activa cilindro neumático impidiendo el paso de solo un envase, donde el envase que paso se desliza hasta el segundo cilindro neumático donde es empujado hacia el dosificador donde se llena envase según la capacidad que haya elegido el usuario. La pantalla HMI contiene los botones de control de Inicio y Paro. En la figura 20-2, se puede observar el modo automático del sistema:

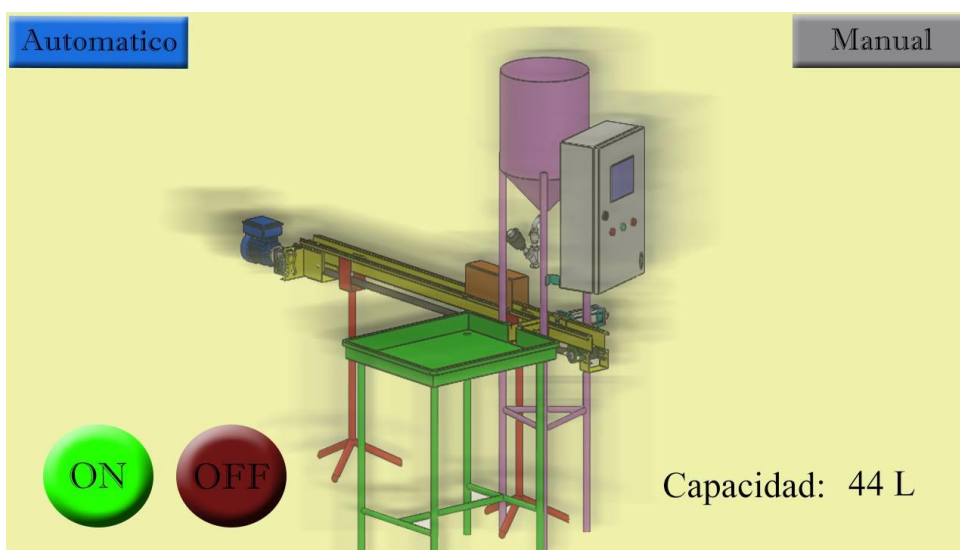


Figura 20-2. Modo automático del sistema
 Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.8.2 Programador Lógico Controlado

El sistema posee un Controlador Lógico Controlado de la marca Siemens, el cual se encarga del control del sistema.

La programación del Logo se la detalla a continuación. Definición de los pasos del proceso:

- 1) Pulso Inicio, se enciende el indicador de color verde y se pone en marcha la banda transportadora.
- 2) Al detectar una presencia de envase el sensor capacitivo 1, el cilindro neumático de paso se activa.
- 3) El envase 1 continúa moviéndose por la banda hasta el tope, donde el cilindro neumático de empuje hacia el punto de dosificado.
- 4) Al detectar una presencia de envase el sensor capacitivo 2, empieza el dosificado.

En la figura 21-2 se detalla el Grafcet elaborado para la programación del Logo.

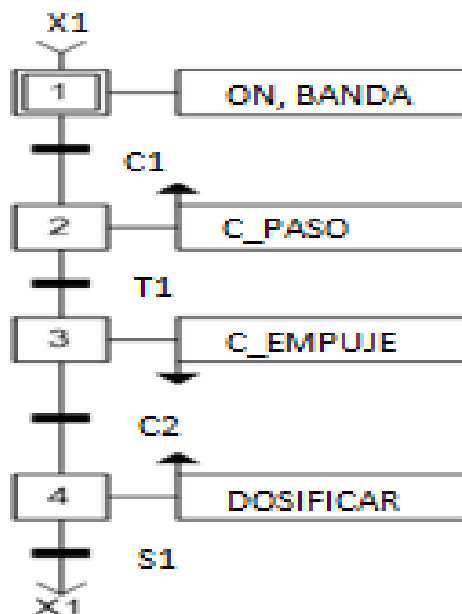


Figura 21-2. Grafcet Logo.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.8.3 Control PID

Un sistema de control de lazo cerrado es estable en cuanto a perturbaciones ya que constantemente se compara la señal de salida con la señal deseada. Un control del tipo PID, es un tipo de control más robusto, ya que se lo realiza por la retroalimentación de un sensor, para que este tipo de control exista debe existir un Error entre valor de consigan y un valor leído. En el sistema se implementó un sistema de control PID muestra su esquema en la figura 22-2.

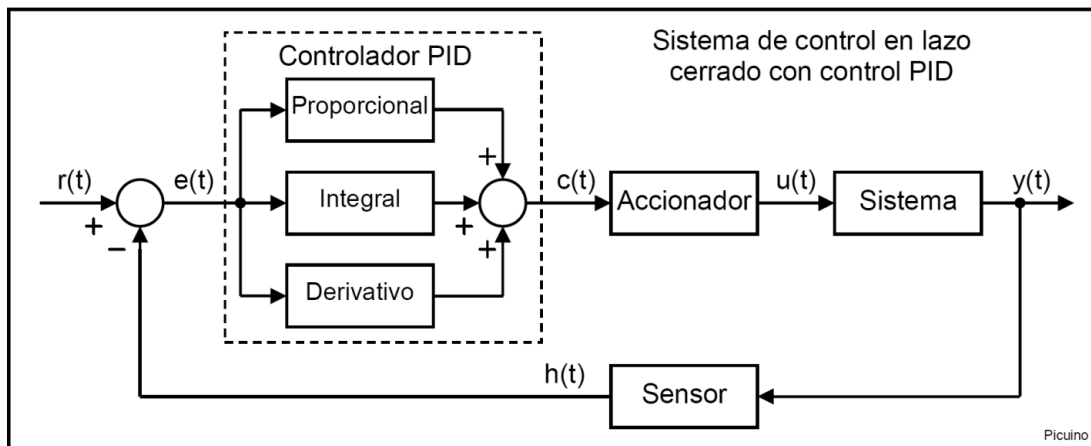


Figura 22-2. Sistema de control de lazo cerrado con control PID

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

Dónde:

- **Señal de entrada $r(t)$:** Es el valor de SetPoint que ingresa el usuario, en este caso el valor del nivel deseado a llenar.
- **Error $e(t)$:** Es diferencia positiva o negativa que se establece entre el nivel deseado y el nivel obtenido o presente.
- **Controlador PID:** El dispositivo el cual se encarga de lectura, procesamiento de datos y en donde se desarrolló el algoritmo PID de corrección.
- **Accionador:** Es el actuador a la cual se aplica la señal PWM corregida y va a realizar una acción de control.
- **Sistema:** Es el proceso de dosificado del sistema.
- **Sensor $h(t)$:** Es el sensor de nivel el cual me indica el valor del fluido en el reservorio.

Función de transferencia el PID implementado en la máquina:

$$\frac{w}{V} = \frac{K}{(Js + B)(Ls + R) + K^2}$$

$$\frac{\theta}{V} = \frac{K}{s[(Js + B) * (Ls + R) + K^2]} \quad \text{Ec. (6-2)}$$

Dónde:

J: Momento de inercia.

K: Constante del motor.

B: Coeficiente de fricción viscosa.

R: Resistencia eléctrica.

L: Inductancia eléctrica.

Voltaje = 5 [V].

Corriente = 1 [A].

Resistencia = 9 [Ω].

Revoluciones = 60 [rpm].

- Como resultado del cálculo del PID tenemos:

$$\frac{\theta}{V} = \frac{521.5}{1.28s^3 + 852s^2 + 19.3s}$$

En la figura 23-2, se observa el diagrama de flujo del control PID implementado en el sistema:

Inicio del Sistema.

Lectura de las diferentes variables.

Recepción de Datos.

Sistema Automático: NO, activan los actuadores según se requiera.

SI, Movimiento Banda Transportadora, Activación Actuadores.

Dosificación de Materia Prima.

Control con el sensor de peso, se llenó: SI, Regresa recepción de datos

NO, Dosificar Materia Prima.

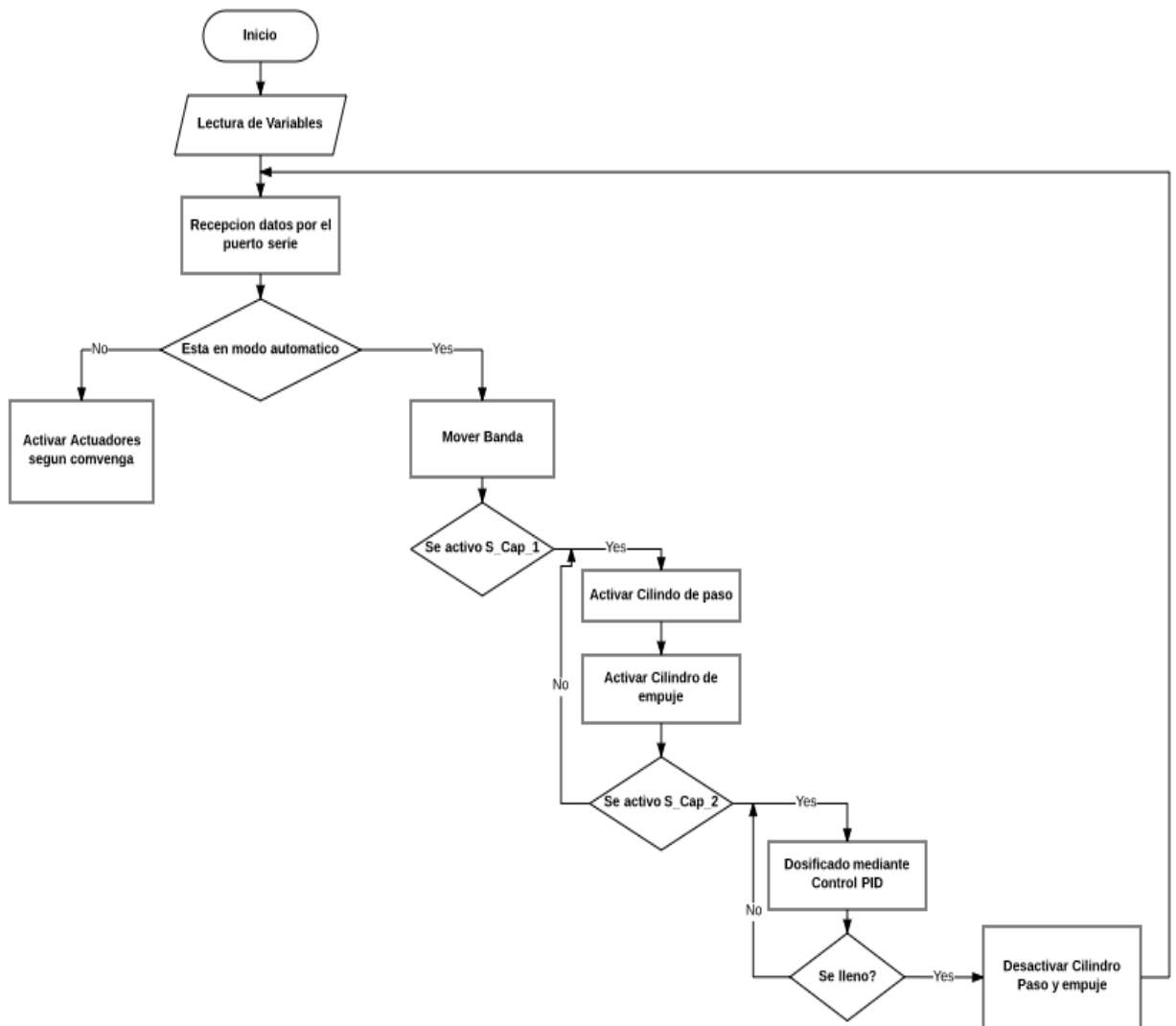


Figura 23-2. Diagrama de Flujos del PID del sistema.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.8.4 Programación Arduino

Se realizó en un microcontrolador Arduino DUE porque ofrece salidas analógicas que pueden ser usadas en un caso de expansión del equipo, a continuación en la figura 24-2, se observa el diagrama de flujo de la programación realiza del sistema con Arduino DUE: Inicio del sistema, Lectura de Variables, Recepcion de Datos enviados del HMI, Modo Automatico: SI, Enviar Datos de activacion al Logo, NO, Enviar datos según convenga al Logo.

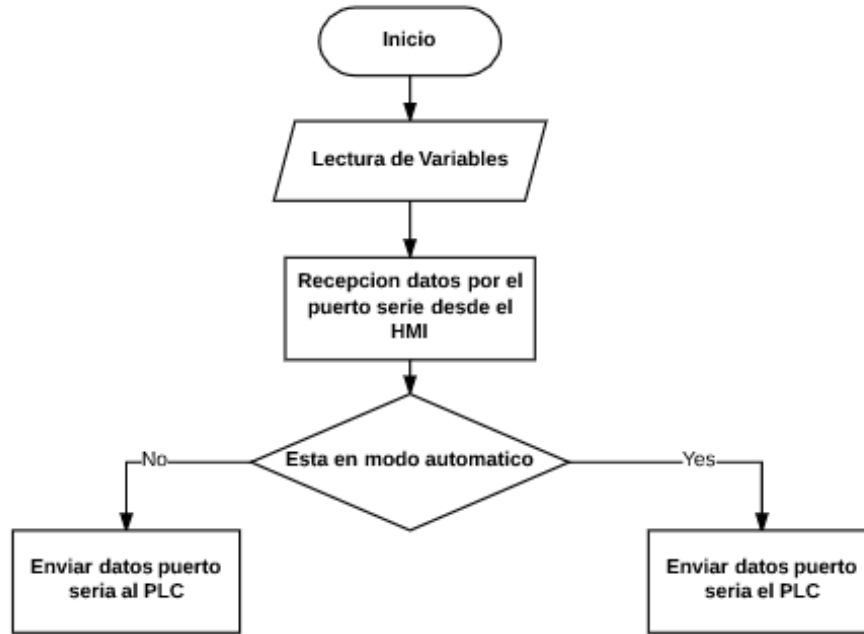


Figura 24-2. Diagrama de Flujos del Arduino DUE
 Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

2.2.8.5 Comunicación Logo – Tarjeta de desarrollo

En la figura 25-2 se puede observar la comunicación que se realizó entre los diferentes componentes para la conexión inalámbrica.

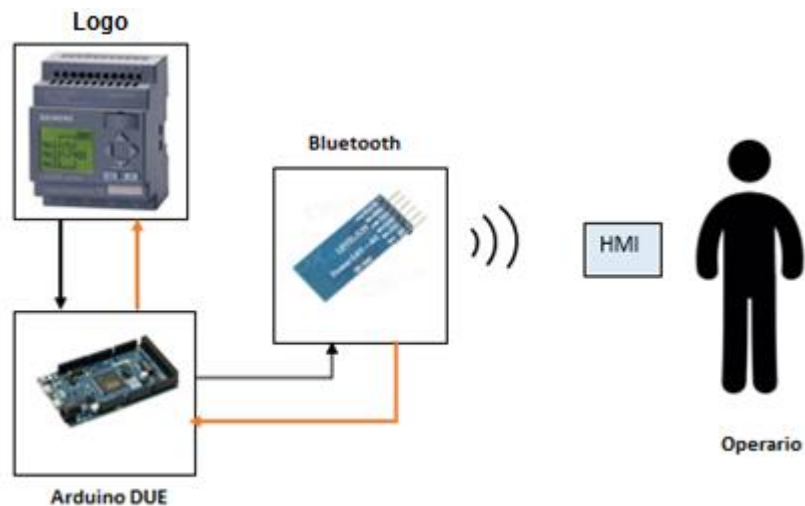


Figura 25-2. Comunicación del sistema.
 Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

El logo y el microcontrolador Arduino se comunican entre sí mediante comunicación serie pasando a través del protocolo RS232, un ejemplo se muestra en la figura 26-2.

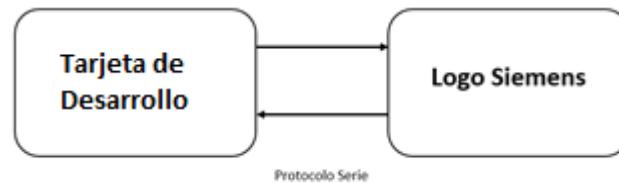


Figura 26-2. Comunicación Tarjeta de Desarrollo - Logo.

Fuente: Guerra H. y López M. 2017.

El PLC posee una salida RS232, la cual pasa a través de un circuito convertidor basado en el IC MAX232, que transforma a los niveles de voltaje TTL para que puedan ser interpretados por el puerto serie de la tarjeta de desarrollo.

La pantalla se comunica al sistema mediante comunicación Inalámbrica bluetooth por medio del módulo ZS040 el cual se muestra en la figura 27-2.

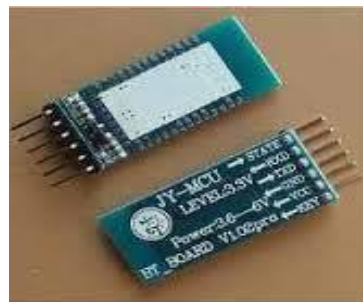


Figura 27-2. Módulo ZS040.

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/module-ZS040>

Es un módulo de comunicación Bluetooth que trabaja bajo el rango estándar de 2,4Ghz, el módulo se conecta directamente al microcontrolador Arduino. En la figura 24-2 se muestra el esquema de conexión del HMI con el Sistema, funcionando a una velocidad de conexión de 9600 baudios por segundo (bps).

- Programación HMI

En la figura 28-2, se muestra el diagrama de flujo de la programación del HMI del sistema: Inicio del sistema, Lectura de Variables, Recepcion de Datos enviados del bluetthoo hacia el arduino, Modo Automatico: SI, Enviar Datos de activacion al Logo, NO, Enviar datos según convenga al Logo.

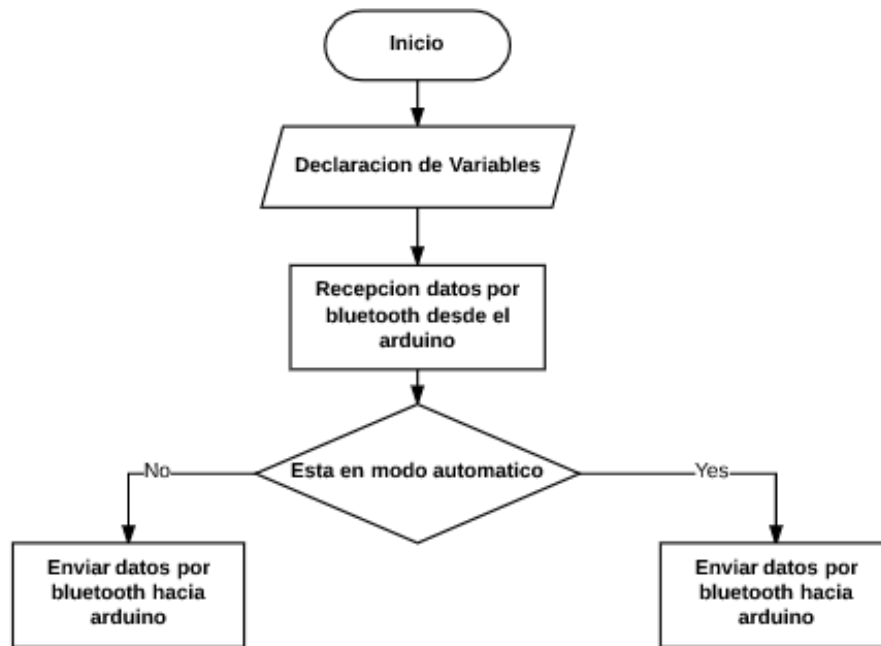


Figura 28-2. Diagrama de Flujos del HMI

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

Como se mencionó en el apartado anterior, el desarrollo de la aplicación se lo realizó en la herramienta oficial de Google para Android, bajo el lenguaje de Programación Orientado a Objetos JAVA. A continuación, se detallará de manera breve la programación del HMI realizada. En la figura 29-2 se muestra las librerías para el desarrollo de algoritmos e instancias de programación:

```

1  import java.util.Set;
2  import android.app.Activity;
3  import android.bluetooth.BluetoothAdapter;
4  import android.bluetooth.BluetoothDevice;
5  import android.content.Intent;
6  import android.os.Bundle;
7  import android.util.Log;
8  import android.view.View;
9  import android.widget.AdapterView;
0  import android.widget.AdapterView;
1  import android.widget.Button;
2  import android.widget.ListView;
3  import android.widget.TextView;
4  import android.widget.Toast;
5  import android.widget.AdapterView.OnItemClickListener;

```

Figura 29-2. Bibliotecas HMI.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

- Recepción de Datos

En la figura 30-2 se muestra el algoritmo que recibe los datos enviados desde el microcontrolador a través del módulo bluetooth:

```
public void handleMessage(android.os.Message msg) {
    if (msg.what == handlerState) {
        String readMessage = (String) msg.obj;
        recDataString.append(readMessage);
        int endOfLineIndex = recDataString.indexOf("~");
        if (endOfLineIndex > 0) {
            String dataInPrint = recDataString.substring(0, endOfLineIndex);
            txtString.setText("Data Received = " + dataInPrint);
            int dataLength = dataInPrint.length();
            txtStringLength.setText("String Length = " + String.valueOf(dataLength));

            if (recDataString.charAt(0) == '$')
            {
                String sensor0 = recDataString.substring(1, 5);
                String sensor1 = recDataString.substring(6, 10);
                String sensor2 = recDataString.substring(11, 15);
                String sensor3 = recDataString.substring(16, 20);
            }
        }
    }
}
```

Figura 30-2. Recepción de datos.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

La cadena que proviene desde el microcontrolador tiene el siguiente formato: “\$Estado – Volumen ~” mostrado en la figura 31-2:

```
1.- $1-35~
2.-
```

Figura 31-2. Cadenas de dato.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

Donde:

- Estado: Hace referencia al pulso ON y OFF.
- Volumen: Volumen actual del reservorio
- “\$” y “~”: Bit de Inicio y Fin de la cadena

Luego de recibir los datos, la cadena se descompone y se separa los datos según corresponda en estado o volumen, y dichos datos se muestran en su respectivo “EditText” o “TextView”

- Envío de Datos.

La aplicación envía datos de control hacia el microcontrolador con el fin de operar el equipo. Se envía caracteres “1” o “0” que indican el inicio o paro del proceso de dosificado, para ello se desarrolló un algoritmo para enviar dichos caracteres con la función “mConnectedThread” que es una sub-función que controla y gestiona el módulo bluetooth del HMI, el algoritmo se muestra en la figura 32-2:

```
BluetoothAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter(); // get BluetoothAdapter
checkBTState();

// Set up onClick listeners for buttons to send 1 or 0 to turn on,
btnOff.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    public void onClick(View v) {
        mConnectedThread.write("0"); // Send "0" via Bluetooth
        Toast.makeText(getApplicationContext(), "Turn off LED", Toast.LENGTH_SHORT);
    }
});
```

Figura 32-2. Cadenas de dato.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo se indica las pruebas que se realizó al Sistema de Envasado y los resultados obtenidos a partir de ello, donde se observó que estos cumplen con los requerimientos presentados en el capítulo anterior. Además, también se presenta un análisis de costos del sistema implementado.

3.1 PRUEBAS DE CAMPO AL SISTEMA

El sistema construido consta de tres partes, una mecánica, hardware y software que trabajan de forma simultánea con un objetivo común. Cabe recalcar que el sistema en su totalidad está construido en Acero Inoxidable 304, que es el tipo de acero especialmente para conservación y transporte de productos alimenticios, como se observa en la figura 1-3 la maquina terminada para las pruebas.



Figura 1-3. Máquina Terminada.
Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

3.1.1 *Tamaño de la Muestra.*

Como primer paso se calculó a número de muestras a tomar obteniendo una estimación de media poblacional con la siguiente formula.

$$n = \frac{t^2_{(\alpha/2, n-1)} * S^2}{E^2} Ec (3 - 1)$$

Dónde:

n = Tamaño de la Muestra.

$t_{(\alpha/2, n-1)}$ = valor que pertenece a la distribución T-student, depende del nivel de confianza asignado y los grados de libertad. Se escogió esta distribución debido a que el tamaño de la muestra previas son menos a 45.

S^2 = Valor de la varianza de la muestra previa.

E^2 = Error máximo esperado.

Como primer paso, se obtiene de los tiempos haciendo uso de un cronometro de las etapas antes mencionadas que se detallan en la tabla 3-1.

Tabla 1-3: Muestras parciales de tiempo por etapas.

Nro.	Etapas		
	Banda T (Sec)	Empuje (Sec)	Dosificado (Sec)
1	8,85	1,1	7
2	8,42	1,1	7,01
3	8,00	1,00	7
4	8,35	1,20	7,1
5	8,11	1,1	9
6	8,29	1,1	6,99

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Cabe recalcar que la toma de datos del proceso de dosificado se lo realizo con un volumen constante en el reservorio a su máxima capacidad de 70L con envases de 1L. Se aplica la fórmula 3-1 a los datos de la tabla 1-3 para obtener el número de muestras a tomar en las diferentes etapas, los resultados se obtienen en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Número de pruebas.

	Banda T	Empuje	Dosificado
MEDIA	8,34	1,1	7,016666667
VARIANZA	0,088	0,004	0,001706667
ERROR	1	1	1
CONFIANZA	0,01	0,01	0,01
T	7,453318505	7,453318505	7,453318505
MUESTRAS	4,86	0,22	0,09

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Con los cálculos realizados de la tabla 2-3, se determinó el número de pruebas a realizar por etapas.

- Banda T: 4,86 \approx 5 Muestras.

Se considera un error de un 1%, recordando que la fórmula de cálculo para la media poblacional nos da la libertad de elegir el error entre 0% y 5% a decisión del usuario, recordando que entre más pequeño el error, más exacto es el sistema.

3.1.2 Pruebas Totales

Ya con el número de muestras a tomar calculado, se procedió a la toma de las mismas, las cuales se detalla a continuación en la tabla 3-3.

Parámetros de prueba generales:

- Reservorio: 70L.
- Cantidad de Envases: 10.
- Capacidad por Envases: 1L.

Tabla 3-3: Pruebas totales.

Envase	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
	Tiempo (Seg)	Tiempo (Seg)	Tiempo (Seg)	Tiempo (Seg)	Tiempo (Seg)
1	12,1	12	12,2	12,1	11,98
2	20,92	20,89	21	20,99	20,22
3	29,91	29,86	30,01	30,01	29,19
4	39,43	39,33	40,11	39,55	38,79
5	49,23	49,12	49,99	49,66	48,77
6	59,51	59,11	60,23	59,95	59,01
7	70,11	69,89	70,68	70,53	69,66
8	81,29	80,00	81,89	81,61	79,85
9	92,92	92,50	93,37	92,99	92,37
10	105,2	104,94	105,66	105,3	104,6

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Como se ve en la tabla 3-3, cuando el reservorio está a su máxima capacidad, para envasar los primeros 10 envases le toma un tiempo de 104,6 segundos, cabe recalcar que a medida que el nivel del fluido disminuya en el mismo el tiempo aumentara, ya que la dosificación es por caída de gravedad y depende de la altura del fluido en el reservorio. La figura 2-3 es una gráfica construida con los datos de la tabla 3.3 de Tiempo (seg) vs Numero de Prueba, donde se observa una grafico de barras que compara 2 de las 5 pruebas en las mismas condiciones elegidas al azar, donde se aprecia que la variación entre una y otra es mínima, lo que garantiza una estabilidad del equipo.

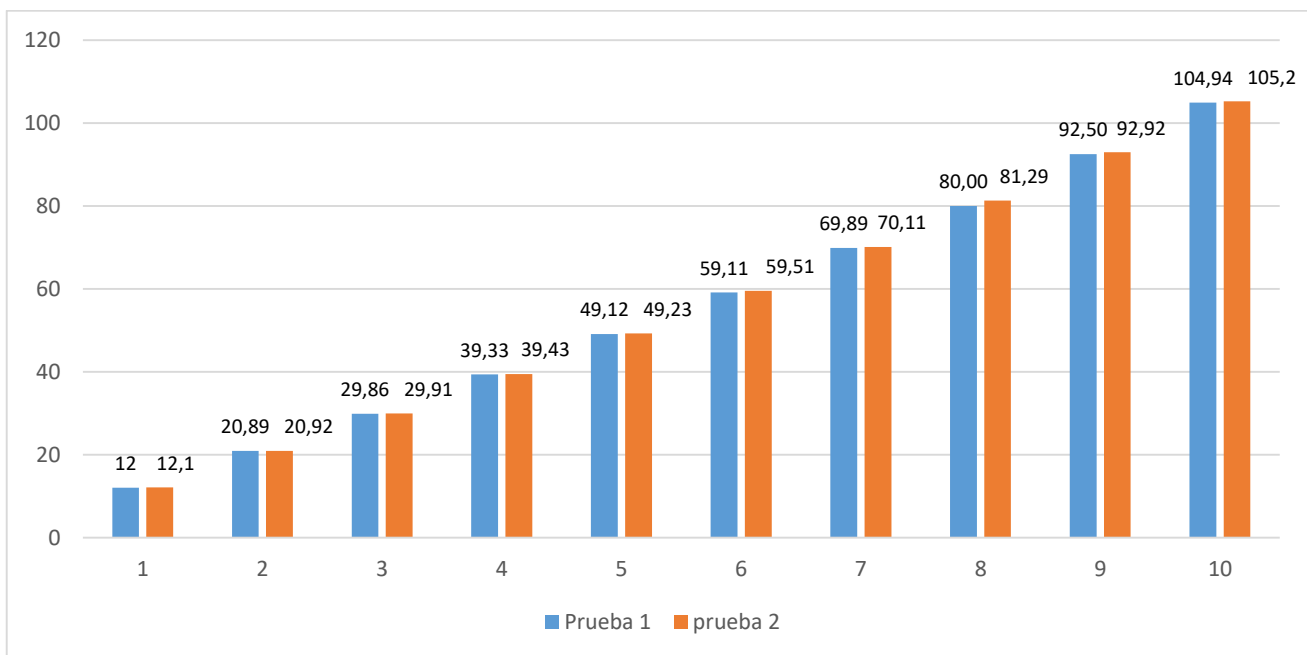


Figura 2-3. Comparación Prueba 1 vs Prueba 2.

Realizado por: Guerra H. y Chancusig M. 2017.

3.1.3 Cálculo del tiempo de vaciado completo.

Este parámetro hace referencia a que tiempo le toma al sistema en envasar una cantidad de 70L que es la máxima capacidad que puede almacenar en el reservorio. Se tomó el dato de numero de muestras calculado en el apartado 3.1.1, donde establece que se necesita aun numero de 5 muestras.

La dosificado se lo realiza por acción de la fuerza de gravedad, y entre más disminuye la cantidad de fluido en el reservorio, el vaciado se hace más lento, lo que afecta directamente la cantidad de unidades envasadas por unidad de tiempo.

Parámetros de prueba:

- Reservorio: 70L
- Cantidad de Envases: 10
- Cantidad de envases estimados \approx 70
- Capacidad por Envases: 1L

Los datos son registrados en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Pruebas de vaciado total.

Envases	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
	Tiempo (Seg)	Tiempo (Seg)	Tiempo (Seg)	Tiempo(Seg)	Tiempo (Seg)
1 - 10	104,6	103,1	105,1	103,43	104,96
11 - 20	119,3	118,09	119,9	118,21	120,1
21 - 30	131,02	130,98	132	131,03	131,76
31 - 40	146,2	146,1	146,9	146,31	146,9
41 - 50	172,9	171,3	173,8	171,5	173,5
51 - 60	221,38	221,34	222,19	221,76	221,98
61 - 70	299,43	299,01	300,1	300,04	300,87
Total	1194,83	1201,32	1199,99	1192,28	1200,07

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Si tomamos como referencia el resultado final de las pruebas realizadas, se observa que se necesita 1194,83 segundos aproximadamente 20 minutos para envasar los 70L que contiene el reservorio, donde se puede establecer lo siguiente:

- Con el reservorio lleno, el sistema puede envasar 6 envases de 1L en un minuto.
- El sistema está en capacidad de envasar hasta 210 envases de 1L en una hora.

3.1.4 Cálculo de errores o pérdidas.

Tal y como se realizó antes, se procedió a sacar el tamaño de la muestra para determinar el número de pruebas a realizar, para ello se utilizó la ecuación 3-1.

$$n = \frac{t^2 (a/2, n-1) * S^2}{E^2} Ec (3 - 1)$$

En la tabla 5-3 se registró los datos recogidos que se usaron para el cálculo de dicha muestra, para ello se utilizó jugo de naranja, cabe recalcar que se restó los 75 gr. de peso del envase.

Tabla 5-3: Muestras previas exactitud.

Jugo de Naranja	
Volumen L	Peso F Gr
1	1099,98
1	1099,97
1	1099,99
1	1099,97

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Los datos fueron tomados manualmente con una báscula digital y fueron registrados con las muestras previas tomadas, se aplicó la ecuación 3-1 a los datos de la tabla 5-3, donde se obtuvo los resultados registrados en la tabla 6-3.

Tabla 6-3: Cálculo media poblacional exactitud cantidades.

	Exactitud
MEDIA	1099,98
VARIANZA	0,667
ERROR	0,01
CONFIANZA	0,01
T	7,453318505
MUESTRAS	6,11

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 5-3, las muestras que se tomaron fueron las siguientes:

#Muestras: $6.11 \approx 6$ muestras

Con el número de muestras ya calculado, se procede a la toma de datos de la capacidad de cada envase. Los valores se registran en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Pruebas exactitud.

Nro.	Jugo de Naranja	
	Volumen L	Peso F. Gr
1	1	1099,97
2	1	1099,99
3	1	1099,98
4	1	1099,99
5	1	1099,96
6	1	1099,98

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Para la determinación de pérdidas que genera el sistema, se comparó el volumen de entrada con el volumen de salida obteniendo el valor de volumen en peso.

En valor de en Gr del Peso E, es una constante y tiene un valor de Peso E = 1100 Gr.

Las pérdidas que el sistema genera se lo determino con la siguiente ecuación y se registran en la tabla 8-3.

$$Perdidas = 100 - \left(\frac{Peso F}{Peso E} \times 100 \right) Ec(3 - 2)$$

Tabla 8-3: Pruebas exactitud.

Nro.	Volumen (L)	Peso E (gr)	Peso F (gr)	Pérdidas o Error(%)
1	1	1100	1099,97	0,00270
2	1	1100	1099,99	0,00094
3	1	1100	1099,98	0,00180
4	1	1100	1099,99	0,00094
5	1	1100	1099,96	0,00360
6	1	1100	1099,98	0,00180

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Como se puede ver en la tabla 8-3, se obtuvo los valores de pérdidas de cantidades o error en la medición, donde se obtiene un valor de Pérdidas Máximas del 0,00360 % que equivale al 3,6 ml en 1L, lo cual se considera aceptable porque el error máximo por defecto tolerado es de 15 ml.

3.1.5 Comprobación del Sensor de Peso

Con el rango error obtenido en el apartado anterior 3.1.4, con en las pruebas de exactitud del sensor de peso se procedió a la comprobación para conocer si están dentro del rango permitido con los datos del fabricante.

Como se puede observar en la tala 9-3, el error obtenido en las pruebas es menor al error máximo especificado por el fabricante. El datasheet se adjunta en el Anexo C.

Tabla 9-3: Pruebas error del sensor de peso

Error Obtenido (%)	Error
0,00270	0.05%
0,00094	0.05%
0,00180	0.05%
0,00094	0.05%
0,00360	0.05%
0,00180	0.05%

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Se puede verificar que los resultados obtenidos del sensor de peso se encuentran en el rango establecido, lo cual ayudara a que nuestro sistema sea estable y exacto.

3.1.6 Pruebas de capacidad de la Banda Transportadora

Se llevó a cabo las pruebas con la banda transportadora con el fin de conocer cuál es peso máximo que soporta, ya que el motor con la caja reductora es capaz de mover 100kg/cm. Se deber tener en cuenta que el peso de los envases en casi despreciable ya que son de plástico y están vacíos. El diámetro del envase de 1L, el cual es el más grande a usar es de 10cm, la longitud de trabajo de banda es de 1.1 m de los 1.5 que está construida, por lo que caben hasta 11 envases vacíos. El peso por envase es de 110gr por 11 envases, se tiene un total de 12100 gr.

Se realizó las pruebas y se detallan a continuación en la tabla 10-3 con los envases llenos totalmente con el fin de determinar si en algún momento la banda se detiene.

Tabla 10-3: Pruebas error del sensor de peso

Cantidad de Envases	Peso Total Gr.	¿Se detiene?
2	2200	No
4	4400	No
6	6600	No
8	8800	No
10	11000	No
11	12100	No

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Como se observa, la banda transportadora mueve sin problema alguno hasta 12100 gr de peso, lo que representa una gran eficiencia de la misma.

3.1.7 Pruebas de conexión inalámbrica

Se requirió comprobar la conexión de distancia máxima que se tiene entre el HMI y la máquina, para lo cual se van a utilizar 6 muestras del apartado 3.1.4, las mismas que nos ayudaran a determinar dicha necesidad.

Tabla 11-3: Pruebas de conexión inalámbrica

Distancia (m)	¿Funciona?
1.5	Si
2.5	Si
3.5	Si
4.5	Si
6.5	Si
7.5	No

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

Se determinó mediante las pruebas de la tabla 11-3 que la distancia máxima de conexión es de 7 metros, lo cual difiere con lo establecido en la teoría ya que es de 10 metros. Esto sucede por no tener el suficiente voltaje y también por la interferencia que realizan los materiales de construcción, en este caso una pared de hormigón.

3.1.8 Análisis de costos.

Se llevó a cabo un análisis de costo con el fin de conocer cuál es el alcance de la maquina ante el mercado y fabricantes. Para esto se la comparo con una maquina llenadora de líquido de 4 líneas como se muestra en la figura 3-3 la cual tiene los siguientes componentes que se detallan en el Anexo D.



Figura 3-3. Llenadora de líquido de 4 líneas.

Fuente: <http://www.ecuapack.com/linea-ensado-dosificado.html#linea-ensado-dosificado>.

Tabla 12-3: Comparación de costos

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA PROPIO	LLENADORA DE LÍQUIDO DE 4 LÍNEAS
Rangos de llenado	Hasta 1L	Hasta 5L
Precisión	0.0360%	0.01%
Amperaje (A)	0.81	3
Voltaje (V)	220	220
Potencia (W)	180	1000
Controlador	Logo Siemens	PLC Mitsubishi
Unidades 1L por hora	210	800
Banda Transportadora (m)	1.5	2.4
Material	Inox. 304	Inox. 304
Precio USD	4000	15000

Realizado por: Guerra H y Chancusig M. 2017.

En la tabla 12- 3 la llenadora de Líquidos de 4 Líneas, presenta un costo de \$ 15000 dólares americanos (USD). El Sistema Automático de Envasado de Líquidos, presenta el costo más bajo de \$ 4000 americanos (USD). El precio de nuestro equipo tiene un bajo costo en comparación a la inversión de otras máquinas para el envasado de líquidos, sin contar que en el mercado no existe un sistema similar al implementado.

CONCLUSIONES

- Se implementó un Sistema Automático de Envasado de Líquidos de bajo costo, simple y compacto, el mismo que satisface los requerimientos específicos del encargado de la planta.
- Se comprobó que la dosificación del producto con la válvula proporcional mediante un control PID es más exacto en el llenado de los envases, ya que nos ayuda a minimizar las pérdidas de materia prima.
- Fue necesario verificar el normal y correcto funcionamiento de cada uno de los sistemas que conforman la máquina, de tal manera asegurar el óptimo desempeño lo que es imprescindible para los resultados.
- De las pruebas realizadas se determinó que el sistema está en capacidad de envasar hasta 210 envases de un litro en una hora, cumpliendo la demanda máxima de producción de la planta.
- Se obtuvo un valor de perdidas máximas del 0,00360 % que equivale al 3,6 ml en un litro, lo cual es mínimo y aceptable debido a que el error máximo por defecto tolerado es de 15 ml.
- Al tratarse de un equipo para manejo de alimentos, para los componentes que puedan entrar en contacto directo con el producto se debe implementar materiales aprobados para dichos fines tales como el acero AISI 304.

RECOMENDACIONES

- Para tener un mejor control de las normas alimenticias es necesario implementar los equipos de envasado de líquidos con acero quirúrgico en las partes que tienen contacto directo con la materia prima.
- Para complementar el sistema de envasado es necesario el proceso de etiquetado y sellado, para tener un producto final listo para la distribución.
- Para ampliar la comunicación inalámbrica se recomienda utilizar wifi direct, la misma que tendrá cobertura en toda la planta por su gran alcance.
- El diseño de Hardware y Software de cualquier sistema es la base para el óptimo funcionamiento del mismo, tomando en cuenta siempre los requerimientos que se necesitan, ya que favorece en la detección de fallos para un mantenimiento a futuro de la máquina.
- En base al estudio realizado se determinó que es necesario la ampliación de nuevas máquinas automáticas para la planta, las mismas que ayudarán a reducir que la mano del hombre intervenga en los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **¿Qué es Arduino?** [en línea]. arduino.cl. 2016. [Consulta: 18 octubre 2016].
Disponible en: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
2. **¿Qué es Java? Concepto de programación orientada a objetos vs programación estructurada (CU00603B).** [en línea]. aprenderaprogramar.com. 2015. [Consulta: 24 octubre 2016]. Disponible en:
http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=368:i-que-es-java-concepto-de-programacion-orientada-a-objetos-vs-programacion-estructurada-cu00603b&catid=68:curso-aprender-programacion-java-desde-cero&Itemid=188
3. **¿Qué es un Siemens LOGO?** [en línea]. Siemens Logo. 2014. [Consulta: 7 octubre 2016]. Disponible en: <http://siemenslogo.com/que-es-un-siemens-logo/>
4. **¿Qué tarjeta de desarrollo elegir?** [en línea]. 2017. [Consulta: 12 septiembre 2016].
Disponible en: <http://hacedores.com/que-tarjeta-de-desarrollo-elegir-parte-1/>
5. **Banda transportadora.** [en línea]. dim.usal.es. (2012). [Consulta: 12 octubre 2016].
Disponible en:
<http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>
6. **Celdas de carga.** [en línea]. cl.omega.com. 2015. [Consulta: 25 septiembre 2016].
Disponible en: <http://cl.omega.com/prodinfo/celdas-de-carga.html>
7. **Comunicación Inalámbrica.** [en línea]. 2012. [Consulta: 15 septiembre 2016].
Disponible en:
[https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf)
8. **Configuración del módulo bluetooth HC-06 usando comandos AT.** [blog].
naylampmechatronics.com. 2016. [Consulta: 18 octubre 2016]. Disponible en:
http://www.naylampmechatronics.com/blog/15_Configuraci%C3%B3n--del-m%C3%B3dulo-bluetooth-HC-06-usa.html
9. **Conoce Android Studio | Android Studio.** [en línea]. 2015. [Consulta: 28 octubre 2016]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=es-419>

- 10. Controladores PID.** [en línea]. 2015. [Consulta: 18 noviembre 2016]. Disponible en:
<http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>
- 11. CRESPO, W.** ¿Qué es la Automatización Industrial? [en línea]. 2011. [Consulta: 10 septiembre 2016]. Disponible en:
<https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>
- 12. Definición de Bebida.** [en línea]. Definición ABC. 2009. [Consulta: 3 noviembre 2016]. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/bebida.php>
- 13. Definición de semiconductor.** [en línea]. 2014. [Consulta: 21 octubre 2016].
Disponible en: <http://definicion.de/semiconductor/>
- 14. Definición de sistemas mecánicos.** [blog]. sistemasmecanicosiws.blogspot.com. 2012.
[Consulta: 10 octubre 2016]. Disponible en:
<http://sistemasmecanicosiws.blogspot.com/2012/05/definicion-de-sistemas-mecanicos.html>
- 15. El tiristor.** [en línea]. electronicafacil.net. 2014. [Consulta: 22 Octubre 2016].
Disponible en: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-tiristor.php>
- 16. Electroválvulas.** [en línea]. altecdust.com. 2015. [Consulta: 21 septiembre 2016].
Disponible en: <http://www.altecdust.com/soporte-tecnico/que-son-las-electrovalvulas>
- 17. Envasado de alimentos líquidos.** [en línea]. pulevasalud.com. 2016. [Consulta: 3 noviembre 2016]. Disponible en:
http://www.pulevasalud.com/ps/subcategoria.jsp?ID_CATEGORIA=100383&RUTA=1-2-47-222-100379-100383
- 18. Interfaz Hombre-máquina (HMI).** [en línea]. copadata.com. 2016. [Consulta: 24 octubre 2016]. Disponible en: <https://www.copadata.com/es-mx/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>
- 19. Llenado de líquidos.** [en línea]. machinepoint.com. 2012. [Consulta: 5 noviembre 2016]. Disponible en:

http://www.machinepoint.com/foodtechnologies/machinery.nsf/beverage_technology/llenado_de_liquidos.html

20. **Motor de corriente directa (c.d.) o continua (c.c.).** [en línea]. asifunciona.com. 2015. [Consulta: 10 octubre 2016]. Disponible en:
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_motor_cd/af_motor_cd_6.htm
21. **NAVARRETE, Henry, & CAMPOVERDE, Edinson.** Diseño e implementación de una máquina flexible para envasado de líquidos. [en línea]. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Facultad de Ingeniería. Escuela Ingeniería Electrónica. Guayaquil, Ecuador. 2010. pp, 21-24. [Consulta: 3 noviembre 2016]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2407/14/UPS-GT000134.pdf>
22. **Neumática proporcional.** [en línea]. 2014. [Consulta: 20 septiembre 2016]. Disponible en: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap8-neumatica-proporcional.pdf>
23. **Neumática.** [en línea]. control.sdindustrial.com.mx. 2016. [Consulta: 17 septiembre 2016]. Disponible en: https://control.sdindustrial.com.mx/news_agosto16_notas.html
24. **OYOLA, E., & ORALIA, J., & PLANCARTE, J.** Ventajas y Desventajas de los Sistemas Hidráulicos y Neumáticos. [blog]. 2013. [Consulta: 12 septiembre 2016]. Disponible en: <http://iem-chn.blogspot.com/2013/08/14-ventajas-y-desventajas-de-los.html>
25. **PLC.** [en línea]. 2014. [Consulta: 25 septiembre 2016]. Disponible en:
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>
26. **Relé sólido.** [en línea]. Soloelectronica.net. 2014. [Consulta: 22 octubre 2016]. Disponible en: http://www.soloelectronica.net/rele_solido.htm
27. **Sensores conceptos generales.** [en línea]. robots-argentina.com.ar. 2014. [Consulta: 23 septiembre 2016]. Disponible en: http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm

28. **Sensores Ultrasónicos | Medición de Distancias Sin-Contacto.** [en línea]. pepperl-fuchs.es. 2017. [Consulta: 25 septiembre 2016]. Disponible en: http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_182.htm
29. **Sensores.** [en línea]. pce-iberica.es. 2012. [Consulta: 22 septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sensores.htm>
30. **Sensores. Definición y características.** [en línea]. 2015. [Consulta: 22 septiembre 2016]. Disponible en: <http://controlreal.com/es/sensores-definicion-y-caracteristicas/>
31. **Sistema Operativo Android.** [en línea]. 2016. [Consulta: 24 octubre 2016]. Disponible en: <http://android-studio.uptodown.com>
32. **Sistemas de control - lazo abierto - lazo cerrado.** [en línea]. 2014. [Consulta: 15 noviembre 2016]. Disponible en: http://www.academia.edu/7885227/Sistemas_de_control_-_lazo_abierto_-_lazo_cerrado
33. **Sistemas de control.** [en línea]. upcommons.upc.edu. 2015. [Consulta: 8 noviembre 2016]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>
34. **Sistemas electrónicos: características, historia y evolución de los sistemas electrónicos.** [en línea]. Maquinariapro.com. 2014. [Consulta: 14 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.maquinariapro.com/sistemas/sistema-electronico.html>
35. **Sistemas Neumáticos e Hidráulicos.** [en línea]. 2016. [Consulta: 12 septiembre 2016]. Disponible en: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4697.htm