



UNAP



**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TESIS

**MODELADO Y SIMULACIÓN DEL CONTROL DE LLENADO DE
BOTELLAS TIPO PERSONAL DE AGUA TRATADA DE LA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS – UNAP - 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:

**CESAR ISAC MOZOMBITE RUIZ
EFRAÍN PATRICIO WAJAI**

ASESORES:

**Ing. ROGER RUIZ PAREDES, Dr.
Ing. JORGE LUIS CARRANZA GONZALES, Mtro.
Ing. ALFONSO MIGUEL RÍOS CACHIQUE, MSc.**

IQUITOS, PERÚ

2022



UNAP

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Escuela Profesional de
Ingeniería en Industrias Alimentarias

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 017-CGT-FIA-UNAP-2022

A los 26 días del mes de julio de 2022, a horas 18:00, en las instalaciones del laboratorio de ingeniería, ubicado en la Planta Piloto, sito Av. Freyre N° 610, dando inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **“MODELADO Y SIMULACIÓN DEL CONTROL DE LLENADO DE BOTELLAS TIPO PERSONAL DE AGUA TRATADA DE LA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS – UNAP – 2020”**, presentado por los Bachilleres: **CESAR ISAC MOZOMBITE RUIZ y EFRAIN PATRICIO WAJAI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) en Industrias Alimentarias, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal N° 021-FIA-UNAP-2022 del 01 de febrero de 2022, está integrado por:

Ing. SEGUNDO ARÉVALO DEL AGUILA, MSc.
Ing. JUAN ALBERTO FLORES GARAZATUA, Mtro.
Ing. GABRIEL EMILIO VARGAS ARANA, Dr.

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: ACERTADAMENTE

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: APROBADA con la calificación BUENA (16)

Estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de Ingenieros(as) en Industrias Alimentarias Siendo las 19:20 se dio por terminado el acto de sustentación.

Presidente

Ing. SEGUNDO ARÉVALO DEL AGUILA, MSc.
CIP: 26699

Miembro

Ing. JUAN ALBERTO FLORES GARAZATUA, Mtro
CIP: 31646

Miembro

Ing. GABRIEL EMILIO VARGAS ARANA, Dr.
CIP: 147224

Asesor

Ing. ROGER RUIZ PAREDES, Dr.
CIP: 41754

Asesor

Ing. JORGE LUIS CARRANZA GONZALES, Mtro.
CIP: 71113


Asesor

Ing. ALFONSO MIGUEL RÍOS CACHIQUE, MSc
CIP: 211418

MIEMBROS DE JURADO

Tesis aprobada en la sustentación pública el día martes 26 de julio del 2022, por los jurados nombrados por la Dirección de Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentaria para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



ING. Segundo Arévalo Del Águila, MSc
CIP: 26699



ING. Juan-Alberto Flores Garazatua, Mtro.
CIP: 31646



ING. Gabriel Emilio Vargas Arana, Dr.
CIP: 147224

AUTORIZACIÓN DE LOS ASESORES

El Ing. Roger Ruiz Paredes, Dr. Docente principal adscrito al departamento de Ingeniería de alimentos, Ing. Jorge Luis Carranza Gonzales, Mtro docente Asociado adscrito al departamento de Ingeniería de alimentos y el Ing. Alfonso Miguel Rios Cachique, MSc docente Auxiliar adscrito al departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la facultad de Industrias Alimentarias.

INFORMAN:

Que los Bachilleres **CESAR ISAC MOZOMBITE RUIZ** y **EFRAÍN PATRICIO WAJAI**, han realizado bajo nuestra dirección el trabajo contenido en la memoria titulada **“MODELADO Y SIMULACIÓN DEL CONTROL DE LLENADO DE BOTELLAS TIPO PERSONAL DE AGUA TRATADA DE LA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS – UNAP – 2020”** y considerando que el mismo reúne los requisitos necesarios para ser presentado ante el jurado calificador, a tal efecto para la obtención del título en Ingeniería en Industrias Alimentarias.

AUTORIZAMOS: A los bachilleres a presentar el trabajo final de carrera, para proceder a su sustentación cumpliendo así con la normativa vigente que regula los Grados y Títulos de la facultad de Industrias Alimentarias, en la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.



ING. Roger Ruiz Paredes, Dr.

CIP: 41754



ING. Jorge Luis Carranza Gonzales, Mtro.

CIP: 71113



ING. Alfonso Miguel Ríos Cachique, MSc.

CIP: 211418



Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
70072728

Fecha de comprobación:
06.07.2022 13:55:02 -05

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
06.07.2022 13:57:57 -05

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: **TESIS RESUMEN CÉSAR ISAC MOZOMBITE RUIZ y EFRAIN PATRICIO WAJAI**

Recuento de páginas: **57** Recuento de palabras: **8273** Recuento de caracteres: **52050** Tamaño de archivo: **965.33 KB** ID de archivo: **81114279**

24.9% de Coincidencias

La coincidencia más alta: **7.77%** con la fuente de Internet (<http://tesis.usat.edu.pe/handle/usat/1687>)

24.9% Fuentes de Internet 848 Página 59

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

12.8% de Citas

Citas 27 Página 60

No se han encontrado referencias

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta tesis, primeramente a Dios, por permitirme tener vida, salud y poder realizar uno más de mis propósitos, que es ser ingeniero de industrias alimentarias, a mis padres que con su fuerza moral y amor me impulsan a sobrellevar los obstáculos, a mí, cuya perseverancia me inspira a culminar los proyectos emprendidos y por su apoyo incondicional en mis decisiones quienes me llenan de dicha y comparten conmigo momentos invaluable que me motivan a proyectarme y seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de lo que pones en frente mío para ser mejor, y crezca de diversas maneras.

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco, Padre Celestial, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

A mis padres por demostrarme la veraz e invaluable amistad que me ofrecen, por el apoyo tenaz en los momentos más enrevesados de mi vida y por ser parte importante de mi vida y crecimiento profesional.

ÍNDICE

	Páginas
Portada	i
Acta de Sustentación	ii
Jurados y Asesores	iii
Asesores	iv
Resultado del Informe de similitud	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Índice de figuras	xii
Índice de cuadros	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	6
1.2.1 Automización	6
1.2.1.1 Función de la automización	7
1.2.1.2 Automización industrial	7
1.2.1.2.1 Sistema de automización	8
1.2.1.2.2 Controlador	9
1.2.2 Controlador lógico programable (PLC)	9
1.2.2.1 Ventajas de automatizar con PLC	10

1.2.2.2 Entradas y salidas digitales	11
1.2.2.3 Entradas y salidas analógicas	11
1.2.3 Sistema de control	12
1.2.3.1 Control a lazo abierto (Open Loop)	12
1.2.3.2 Control a lazo cerrado (Feedback)	13
1.2.4 Lenguajes de programación de PLC	13
1.2.4.1 Lenguaje de programación Ladder (KOP)	13
1.2.4.2 Lenguaje de diagrama de funciones (FUP)	14
1.2.4.3 Lenguaje de consulta estructurada (SQL)	15
1.2.5 Automización de procesos industriales	15
1.2.5.1 Proceso continuo	15
1.2.5.2 Proceso discreto	16
1.2.5.3 Proceso discontinuo por lotes	16
1.2.6 Neumática	16
1.2.6.1 Principales aplicaciones en la industria	16
1.2.6.2 Ventajas y desventajas en el uso del aire comprimido	17
1.2.7 Máquinas	18
1.2.8 Descripción del equipo llenador de botellas de la planta Piloto FIA – UNAP	22
1.2.8.1 Sistema de alimentación de líquido	23
1.2.8.2 Válvulas de llenado	24
1.2.8.3 Mangueras de alimentación de las válvulas	24
1.2.8.4 Actuadores neumáticas	25
1.2.8.5 Actuador neumático principal	26
1.2.8.6 Banda transportadora de botellas	26

1.3 Definición de términos básicos	27
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	30
2.1 Formulación de la hipótesis.	30
2.2 Variables y su operacionalización.	30
2.2.1 Variables dependientes	30
2.2.2 Variables independientes	30
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	32
3.1 Tipo y diseño	32
3.1.1 Materiales y métodos	32
3.1.1.1 Materia prima	33
3.2 Diseño muestral	34
3.2.1 Procedimientos para la recolección de los datos experimentales	34
3.2.2 Prueba de funcionamiento del equipo llenador de botellas	34
3.3 Procesamiento y análisis de los datos	41
3.4 Aspectos éticos	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	43
4.1 Análisis de los resultados	43
4.2 Análisis estadístico	43
4.3 Programa diseñado para el llenado de botellas	48
4.4 Balance de materia para el proceso de llenado de botella	50

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	53
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	55
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	56
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	57
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura N° 1: Parte de mando y parte operativa	8
Figura N° 2: Esquema de funcionamiento de un PLC	11
Figura N° 3: Sistema de control a lazo abierto	12
Figura N° 4: Sistema de control a lazo cerrado.	13
Figura N° 5: Diagrama de bloques de funciones	14
Figura N° 6: Lenguaje de consulta estructurada	15
Figura N° 7: Envasadora manual 3 válvulas	20
Figura N° 8: Envasadora semiautomática para líquidos WK – SL	21
Figura N° 9: Llenadora de botellas lineales ASTIMEC	22
Figura N° 10: Vista frontal del tanque abastecedor de agua	23
Figura N° 11: Válvulas llenadoras	24
Figura N° 12: Mangueras de alimentación conectadas a las válvulas llenadoras.	25
Figura N° 13: Actuadores neumáticos	25
Figura N° 14: Actuador neumático de llenado	26
Figura N° 15: Banda transportadora	27
Figura N° 16: Prueba de funcionamiento	35

Figura N° 17: Diagrama de proceso para llenado de botella	36
Figura N° 18: Gráfica de Probabilidad	45
Figura N° 19: Gráfica de cubo para el volumen de llenado	46
Figura N° 20: Análisis de Pareto para el llenado de botellas	47
Figura N° 21: Superficie de respuesta del llenado de botellas	48
Figura N° 22: Programa de llenado de botellas	49
Figura N° 23: Circuito eléctrico de fuerza	50

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro N° 1: Símbolos de diagrama Ladder	14
Cuadro N° 2: Tiempos de funcionamiento durante llenado de botellas	51
Cuadro N° 3: Producción estimada de llenado de botellas con agua.	51

RESUMEN

La presente investigación se realizó sobre una máquina automática construido acero inoxidable AISI 304 que es una llenadora de líquidos en envases tipo PET en presentaciones de 325 y 500 ml y que se encuentra ubicado en la Planta Piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Para la ejecución del mismo se recuperó el PLC (controlador lógico programable) original (desconfigurado por falta de uso) y se implementó un sistema de control alternativo, ambos sistemas son los encargados de llevar a cabo el proceso de llenado de los envases de 325 y 500 ml articulando todos los mecanismos involucrados brindándole al operador del equipo un entorno amigable y de fácil manejo.

El equipo está comandado por un PLC que mediante un comando de conteo (temporizador) esta enlazado con los diversos actuadores electro neumáticos para inferir cada una de las funciones necesarias para el correcto envasado del agua; proceso que concluye con el sellado de los envases por parte del operario en forma manual.

En las pruebas se verificó el correcto funcionamiento del equipo, además se determinó que la velocidad de producción que son de 21 segundo para llenar cuatro botellas de 325 ml y 24 segundos para llenar cuatro botellas de 500 mL, para los envases de 325 ml es de 685 envases por hora, mientras que para los envases de 500 ml es de 600 envases por hora.

Palabras clave: Automatización, programación, PLC, temporizador.

ABSTRACT

The present investigation carried out was carried out on an automatic machine built of stainless steel AISI 304 that is a filler of liquids in PET-type containers in 325 and 500 ml presentations and that is located in the Pilot Plant of the Faculty of Food Industries of the National University of the Peruvian Amazon.

For the execution of the same, the original PLC (programmable logic controller) was recovered (unconfigured due to lack of use) and an alternative control system was implemented, both systems are in charge of carrying out the filling process of the 325-liter containers. 500 ml articulating all the mechanisms involved, providing the equipment operator with a friendly and easy-to-use environment.

The equipment is commanded by a PLC that by means of a count command (timer) is linked with the various electro-pneumatic actuators to infer each one of the necessary functions for the correct bottling of the water; process that concludes with the sealing of the containers by the operator manually.

In the tests, he verified the correct operation of the equipment, it was also determined that the production speed, which is 21 seconds to fill four 325 ml bottles and 24 seconds to fill four 500 ml bottles, for 325 ml containers is 685 containers per hour, while for 500 ml containers it is 600 containers per hour.

Keywords: Automation, programming, PLC, timer.

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XX, el ser humano ha implantado en fábricas, empresas, centros de producción, etc. diversos tipos de mecanismos para llegar a la automatización y la implantación de sistemas neumáticos que aporten en el control de procesos, en la producción en serie y en la eficiencia de trabajo, (Centeno J, y Jiménez V, 2010), buscando con ello mejorar la producción y rentabilidad de cada proceso.

En la actualidad se han fabricado una gran variedad de máquinas dosificadoras semiautomáticas y automáticas que facilitan el proceso de llenado de líquidos en botellas, siendo adoptado rápidamente esta tecnología por las empresas dedicadas a este rubro.

Actualmente, en la región y en todo el país la demanda por productos embotellados ha crecido notablemente, especialmente los de bebidas y agua con gas o sin gas, por ser de uso personal y fácil de transportar.

Dicho crecimiento en la industria de bebidas ha tenido un aumento anual de casi 27% en términos de volumen de producción en los últimos cinco años, según la Sociedad Nacional de Industrias (SNI) en el 2014, así como también se incrementó de consumo de agua per cápita de 0,74 litros a 1,5 litros favoreciendo el auge de este sector comercial, (Timana J, 2018).

La creciente demanda por agua en botellas personales (por su bajo costo y fácil transporte durante su consumo) ha sido decisivo para que las empresas locales dedicadas a este negocio vean la manera de poder llegar y cubrir este faltante el cual al realizarlo de forma personal sin el equipo dosificador

adecuado ocasiona el empleo de muchas más personas y con un uso considerable de tiempo encareciendo el producto.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

En el año 1991, se realizó investigación “el control del nivel de un proceso tiene por interés en conocer cómo responde el nivel del líquido en el tanque, a los cambios en el flujo de entrada y a los cambios en la apertura de la válvula de salida” (Smith C. A., 1991).

En el año 2004, se realizó investigación para “el diseño, construcción e instalación de un sistema de flujo para el control automático del drenaje de líquidos”. (FIQ-UNAP). Iquitos - Perú. Este sistema estaba compuesto de los siguientes componentes: un tanque cilíndrico de acero naval con capacidad de 50 lt, una tubería de hierro galvanizado de 1/4” pulgada de diámetro, una válvula solenoide para tubería de 1/4” pulgada, un controlador lógico programable (Programmable Logical Controller PLC) y dos pulsadores (rojo y verde) (García R, 2004).

En el año 2010, de la Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, programa de Mecatrónica, realizó una investigación sobre el diseño y simulación de una máquina llenadora - formadora para quesadillos, realizando un diseño mecánico empleando un software CAD para la simulación de movimiento y resistencia mecánica, empleando también lenguajes de programación y un PLC. Se midieron 2 propiedades importantes como son la densidad y viscosidad. La densidad final de operación fue de 1090 kg/m^3 siendo un fluido no newtoniano del tipo pseudoplástico siendo necesario la instalación de una máquina dosificadora de inyección con pistón automatizada de

cuatro boquillas con un nivel de producción de 2100 unidades / hora (Tapias J, 2010).

En el año 2006, en la Universidad Simón Bolívar, Coordinación de Ingeniería Electrónica, se realizó un proyecto de mejoramiento del sistema de etiquetado de la Empresa de Cervecería Regional, Planta de agua realizando una “Automatización de etiquetadora de botellas Kronos bajo PLC SIEMENS” desarrollando un software bajo la plataforma de Siemens STEP 7, implementando algoritmos de control. Se logró tener más confiabilidad en el proceso garantizando la seguridad, la calidad y rendimiento del proceso de etiquetado garantizando la operatividad y la producción en línea (D., 2006).

En el año 2010, se realizó en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil, Facultad de Ingeniería Electrónica, pensando en incrementar la producción del microempresario y hacerlo más competitivo frente a las grandes empresas, se planteó la investigación “Diseño e implementación de una máquina flexible para envasado de líquidos”, semiautomática con materiales locales y de bajo costo, elaborando un diagrama de flujo para todo el proceso minimizando los errores, ahorro de espacio físico al conectar los motores a un solo variador para su comando e implementando un panel táctil para un fácil manejo de los comandos (Cruz H., 2010).

Modelo matemático del llenado de botellas

Según Marmolejo E y Riestra J (2013) se pueden presentar diferentes formas de contenedores de líquidos donde frecuentemente están:

- a) Recipientes con sección transversal constante.
- b) Recipientes con sección transversal variable
- c) Recipientes con sección transversal variable con la altura.

En esta investigación se trabajará con un contenedor del tipo “a”.

Para tal efecto se asumirá lo siguiente: El volumen de cualquier recipiente está determinado por su área de su base multiplicado por su altura

$$V = A * L \quad (1)$$

Asumiendo algunas condiciones: el área “A” (m²) de la sección transversal de la botella será constante, “h” (m) es la altura del líquido conforme se llena el recipiente conforme aumenta el tiempo “t” (s), entonces la ecuación (1) quedara

$$\Delta V = A * \Delta h \quad (2)$$

Donde ΔV es directamente proporcional al área multiplicado por su altura, también Δh se incrementará conforme aumente el tiempo.

Si el Flujo del líquido (G) es constante en cualquier tiempo, entonces

$$\Delta V = G * \Delta t \quad (3)$$

Igualando las ecuaciones (2) y (3)

$$G * \Delta t = A * \Delta h$$

Queda

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{G}{A} \quad (4)$$

Dando límites

$h \Big|_0^h$ al inicio del llenado la altura del líquido es cero y al final es “h”.

$t \Big|_0^t$ al inicio del llenado el tiempo es cero y al final es “t”.

Reemplazando en la ecuación (4)

$$\frac{h - 0}{t - 0} = \frac{G}{A} \quad (5)$$

$$\frac{h}{t} = \frac{G}{A}$$

$$h = \frac{G}{A} * t \quad (6)$$

La ecuación (6) indica que la variación de la altura del líquido es directamente proporcional al flujo e inversamente proporcional al área de recipiente, con una constante de proporcionalidad $\left(\frac{G}{A}\right)$.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

En términos técnicos, automatización significa el funcionamiento automático de una máquina o conjunto de máquinas, encaminado a un fin único, lo cual permite realizar con poca intervención del hombre una

serie de trabajos industriales o administrativos o de investigación (Sánchez, 2011).

1.2.1.1 Función de la automatización

Creuz A. (2009). Opina que la automatización es un proceso productivo y está dirigido a:

- ✓ Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos difíciles e incrementando la seguridad.
- ✓ Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- ✓ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- ✓ Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- ✓ Integrar la gestión y producción.

1.2.1.2 Automatización industrial

Alvear E. (2018) cita a Mendiburu H. (2003) quien manifiesta que, en todo proceso industrial la automatización es un sistema de control automático, el mismo que verifica su propio funcionamiento, efectuando mediciones y correcciones sin la interferencia del ser humano.

1.2.1.2.1 Sistema de automatización

La automatización de un sistema es realizada por personal especializado apoyado por el personal técnico que conoce muy bien el proceso productivo, dicha automatización es una herramienta para tener un trabajo más eficiente, mejorar la producción al tener una interface hombre máquina, Mendiburu H. (2003).

Un sistema automatizado está constituido por dos partes importantes, la parte de mando y la operativa.

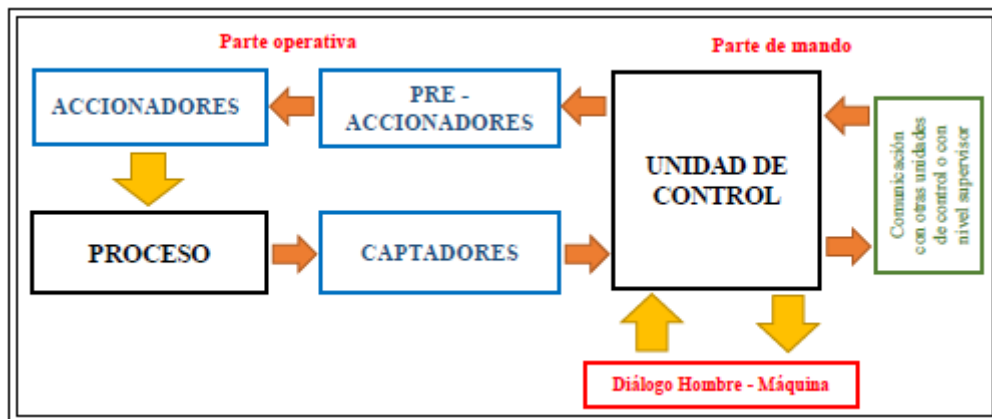


Figura 1: Parte de mando y parte operativa
Fuente: Piedrafita R. (2008).

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación. Forman parte de ella los accionadores de las máquinas como son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos; accionadores hidráulicos, compresores, bombas, etc. (Piedrafita R. 2008).

1.2.1.2.2 Controlador

Un tipo de controlador más eficiente es el PLC, que se encarga de comparar un valor de salida frente a otra de referencia deseada con la finalidad de corregir este error no deseado. Estos controladores están compuestos por microprocesadores donde se almacenan algoritmos en una memoria (RAM) que le van a permitir seguir una secuencia de control mediante una interface para manejar las entradas y salidas tanto analógicas como digitales, Piedrafita R. (2008) citado por Alvear H (2018).

1.2.2 Controlador lógico programable (PLC)

Un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC) es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción, Carrillo et al. (2005).

Según Carrillo et al. (2005) nos menciona que, los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad central de proceso
- Módulos de entrada
- Módulos de salida

- Fuente de alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

1.2.2.1. Ventajas de automatizar con PLC

Carrillo et al. (2005), manifiesta que son múltiples las ventajas que ofrecen este tipo de controladores, entre estos tenemos:

- ✓ Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos.
- ✓ Son flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de manera rápida y fácil.
- ✓ Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos.
- ✓ La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.
- ✓ Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- ✓ Capacidad de entradas y salidas.
- ✓ Monitoreo.
- ✓ Velocidad de operación.
- ✓ Están diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad, temperaturas extremas.

1.2.2.2. Entradas y salidas digitales

Los módulos de entradas y salidas digitales trabajan con señales de tensión, las empresas prefieren emplear 24 voltios que se interpreta como un 1 y cuando llegan cero voltios se interpreta como un 0. Las empresas prefieren trabajar con este voltaje porque puede recorrer grandes distancias sin que disminuya su intensidad transmitiendo una señal confiable, Piedrafita R. (2008).

1.2.2.3. Entradas y salidas analógicas

Según Piedrafita R. (2008) los módulos de entradas analógicas están diseñadas para recibir señales físicas como temperatura, presión, caudal y las convierten en un valor numérico, permitiendo al autómatas realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

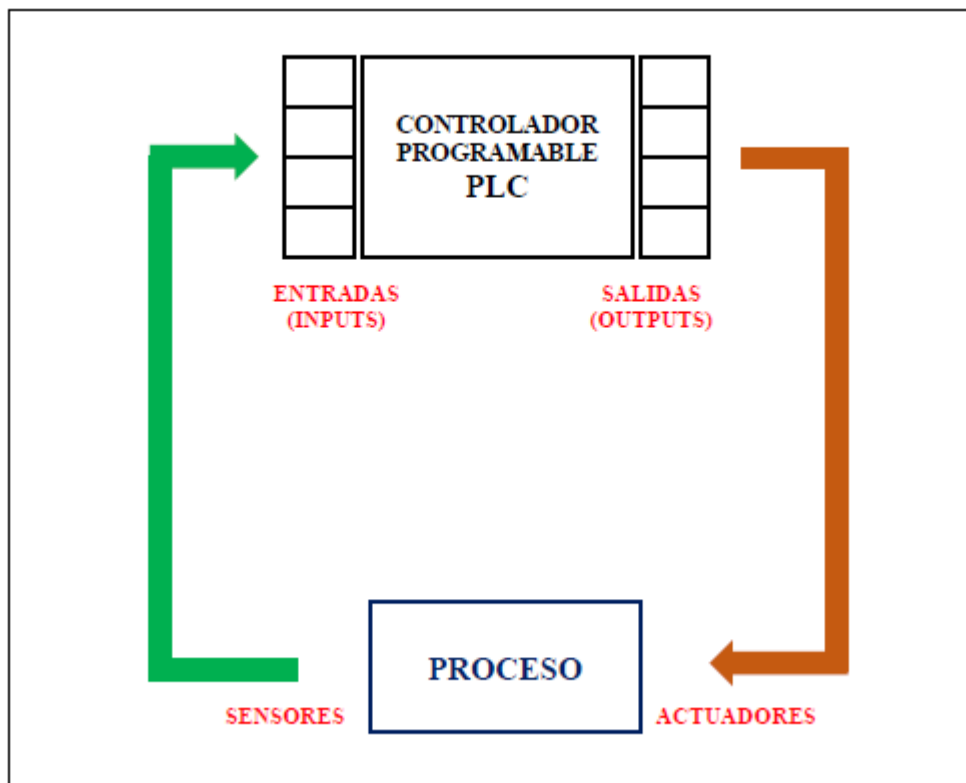


Figura 2: Esquema de funcionamiento de un PLC.
Fuente: Alvear H (2018).

1.2.3. Sistemas de control

Las industrias elaboran diferentes productos, razón por la cual deberán contar con diferentes tipos de control para su proceso productivo, se cuenta con dos tipos de sistemas de control: de lazo abierto y de lazo cerrado, Mendiburu H. (2003).

1.2.3.1 Control a lazo abierto (Open Loop)

Su característica principal es que no existe realimentación del proceso al controlador, considerando que este no presenta alteraciones con el tiempo, es fácil de implementar, además son económicos, simples, y de fácil mantenimiento y sus desventajas consisten en que no son exactos, no corrigen los errores que se presentan, su desempeño depende de la calibración inicial, ejemplos de este tipo de control están dados en las lavadoras, licuadoras, batidoras, etc. (Mendiburu H. 2003).

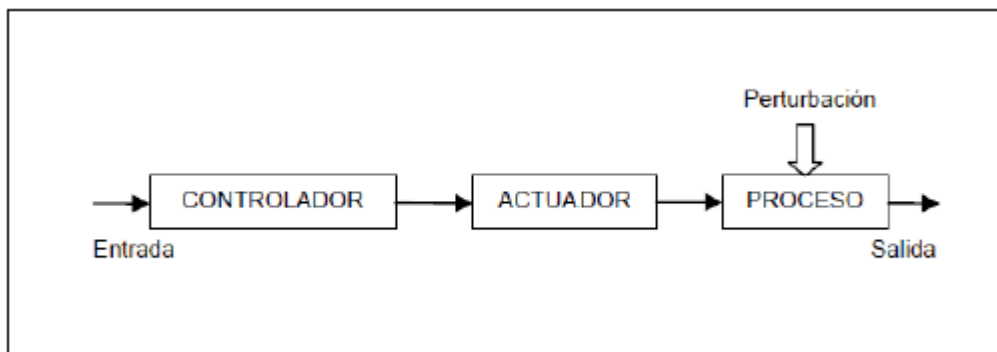


Figura 3: Sistema de control a lazo abierto
Fuente: Mendiburu (2013).

1.2.3.2. Control a lazo cerrado (Feedback)

Un sistema de control de lazo cerrado, es aquel en donde la señal de salida (con las características deseadas) o parte de la señal de salida es realimentada y tomada como una señal de entrada al controlador para minimizar el error o eliminarla. (Mendiburu H. 2003).

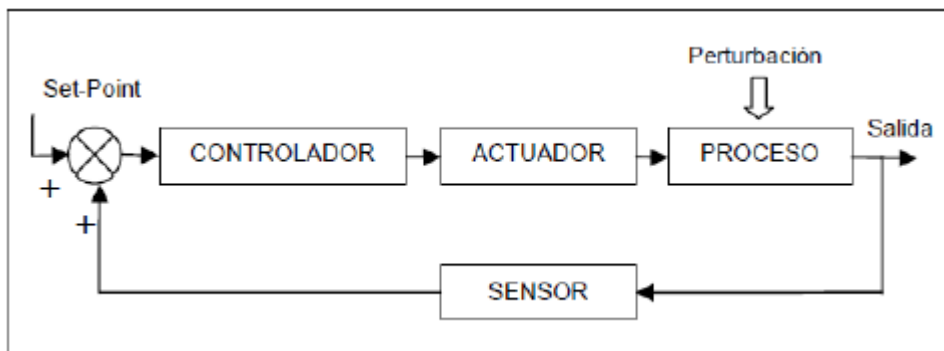


Figura 4: Sistema de control a lazo cerrado.
Fuente: Mendiburu (2013).

1.2.4. Lenguajes de programación de PLC.

1.2.4.1 Lenguaje de programación Ladder (KOP)

“El Ladder, también llamado esquema de contactos, es un lenguaje de programación gráfico muy usado en programación de los PLC, está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos” (Siemens, 2014, pág. 211).

Cuadro 1: Símbolos de diagrama Ladder

Simbología	Nombre	Descripción
	Contacto NO	"Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada, una variable o un bit de sistema". (Siemens, 2014, pág. 211)
	Contacto NC	"Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico. Cosa que debería de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización". (Siemens, 2014, pág. 212)
	Bobina NA	"Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna". (Siemens, 2014, pág. 211)
	Bobina NC	"Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento complementario al de la bobina NA". (Siemens, 2014, pág. 212)
	Bobina RESET	"Una vez activa no se puede desactivar si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación". (Siemens, 2014, pág. 212)
	Bobina SET	"Permite desactivar una bobina SET previamente activada".

Fuente: Siemens, 2014.

1.2.4.2 Lenguaje de diagrama de funciones (FUP)

"Que es una programación de lenguaje basado en las lógicas de gráficos símbolos utilizados en booleana álgebra" (Siemens, 2014, pág. 212).

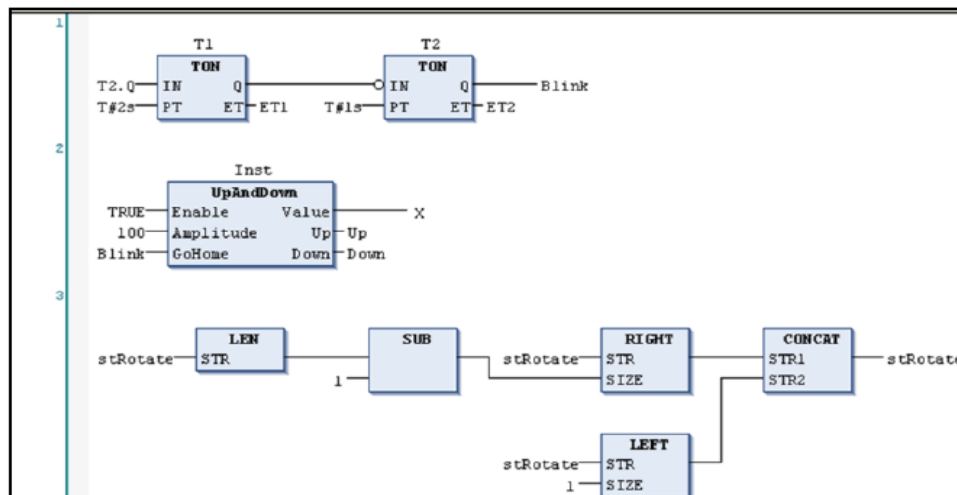


Figura 5: Diagrama de bloques de funciones
Fuente: Siemens, 2014.

1.2.4.3. Lenguaje de consulta estructurada (SQL)

“Es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto. Que consiste en un lenguaje de manipulación de datos y un lenguaje de control de datos” (Siemens, 2014, pág. 213).

```
1 IF #req THEN
2
3   #temp_media := ((#var1 + #var2 + #var3) / 3);
4
5   IF #temp_media > #Lim_Val THEN
6     #Error := true;
7     #result := -99.9;
8   ELSE
9     #result := #temp_media;
10    #Error := false;
11  END_IF;
12  (*comentario 1
13  comentario 2
14  comentario 3*)
15
16
17
18 END_IF;
```

Figura 6: Lenguaje de consulta estructurada

Fuente: Siemens, 2014.

1.2.5 Automatización de procesos industriales

Actualmente existen tres tipos de procesos (Cembranos J. 2008).

1.2.5.1. Proceso continuo

Se caracteriza porque las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema, al mismo tiempo que en el otro extremo se obtiene de forma continua el producto elaborado. Las variables empleadas en el proceso y sistema de control son de tipo analógico; dentro de unos límites determinados, las variables pueden tomar infinitos valores. El proceso tiene un tiempo variable según el producto a elaborar, requiere un período de arranque y cuando se detiene su parada no es instantánea, sino que requiere un tiempo de parada total. (Cembranos. 2008).

1.2.5.2. Proceso discreto

La materia prima sobre la que actúa el proceso es habitualmente un elemento discreto que se trabaja de forma individual, el producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí. (Cembranos. 2008).

1.2.5.3. Proceso discontinuo por lotes

Las materias primas necesarias para el proceso son cantidades diferentes de piezas discretas de forma y constitución diferentes. Sobre este conjunto se realizan las operaciones necesarias para producir el producto acabado, o bien obtener un producto intermedio para ser incluido en un procesamiento posterior. (Cembranos. 2008).

1.2.6 Neumática

1.2.6.1. Principales aplicaciones en la industria

La tecnología neumática tiene como enfoque principal el estudio del comportamiento y aplicación del aire comprimido, ya que ciertas características de este lo convierten en una herramienta útil para la fabricación y producción. Actualmente varias son las industrias que han implementado esta tecnología como en su proceso productivo, entre ellas las de envasados de líquidos como la de lácteos, gaseosas, etc. (Centeno J, y Jimenes V, 2010).

Otros empleos del aire comprimido son en máquinas de taladros, de perforación, posicionamiento de piezas, máquinas para el etiquetado, prensas para madera, pistolas para pintura industrial, estampadoras,

empaquetado de productos, sujeción de piezas, envasadoras, apertura y cierre de puertas, robots industriales (Berrio L, y Ochoa S, 2007).

1.2.6.2. Ventajas y desventajas en el uso del aire comprimido

Roldán (2012) manifiesta los inconvenientes del uso del aire comprimido.

a) Ventajas

- ✓ Se adapta a las formas del recipiente que lo contiene.
- ✓ Es un fluido elástico.
- ✓ Presiona en todas las direcciones.
- ✓ Puede variar su presión y volumen por la aportación de frío o calor.
- ✓ Tiene fácil control y regulación.
- ✓ Es fácil de almacenar y transportar.
- ✓ Genera movimientos rápidos.
- ✓ Se transporta a gran velocidad (10 veces más rápido que un fluido hidráulico)
- ✓ La red de distribución es muy simple (una tubería), no precisando de retorno, ya que los retornos se envían a la atmósfera.
- ✓ Los retornos a la atmósfera son bastante limpios.
- ✓ Los aparatos de maniobra son relativamente sencillos.
- ✓ No hay consumo de energía cuando no hay consumo de aire.
- ✓ Es un fluido seguro en su utilización y no representa riesgo de explosión.

b) Desventajas

- ✓ Tiene el inconveniente de las fugas (estanqueidad)
- ✓ No es adecuado para trabajar con presiones elevadas, ya que el rendimiento disminuye.
- ✓ La presión de utilización está comprendida entre 0,1 y 10 bar.
- ✓ Los aparatos y circuitos tienen dificultad en su regulación, debido a la compresibilidad del aire y a las inercias de los órganos en movimiento.
- ✓ Para un mismo esfuerzo a realizar, los elementos neumáticos precisan 10 a 30 veces más volumen que los circuitos hidráulicos.
- ✓ La humedad en el aire neumático es otro de los problemas a resolver.

1.2.7 Máquinas

Actualmente existen muchos modelos de máquinas llenadoras de botellas, existiendo en el mercado máquinas manuales, semi automáticas y automáticas con diferentes capacidades de llenado.

• **Envasado de baja capacidad**

Cruz H y Campoverde E. (2010) describen el funcionamiento de este tipo de máquinas y mencionan que se las conoce como máquina de baja capacidad debido a que su producción por hora es reducida al poseer un control manual. Este tipo de máquina es muy usada por microempresas que tengan pequeños lotes de producción y que buscan

mejorar su proceso con equipos sencillos, económicos y pequeños, por los que no tiene que realizar adecuaciones en sus instalaciones.

Podemos mencionar algunas ventajas que presenta esta máquina lo cual le permite ser muy utilizada por las microempresas:

- a) Prácticas al momento de limpieza.
- b) Económicas, puesto que el desarrollo técnico no es muy avanzado.
- c) Confiables, por ser una máquina sencilla la operación resulta fácil.

Como desventaja de este modelo de envasadora se tiene que la producción dependerá de la destreza del operador al momento de envasar.

• **Envasadora manual 3 válvulas**

Sani A y Toapampa J, (2015), en su investigación, describen un equipo llenador de botellas de la marca WORKERS, este equipo es ideal para los microempresarios que desean emprender su negocio. Es versátil ya que puede envasar volúmenes de 250 mL hasta 1,5 litros, construida en acero inoxidable AISI 304, posee un tanque receptor de acero inoxidable con capacidad para 20 litros. Es un equipo completamente manual (necesita un operario) ya que, su funcionamiento consiste en la colocación de la botella en el lugar donde va ser dosificado el líquido, de igual manera ocurre con el proceso de dosificación que lo realiza el mismo operario por medio de una palanca que se mantiene apretada hasta que el volumen de la botella sea el adecuado, es decir, que el

volumen de los diferentes envases varían de acuerdo al operario que se encuentre manejando el equipo.

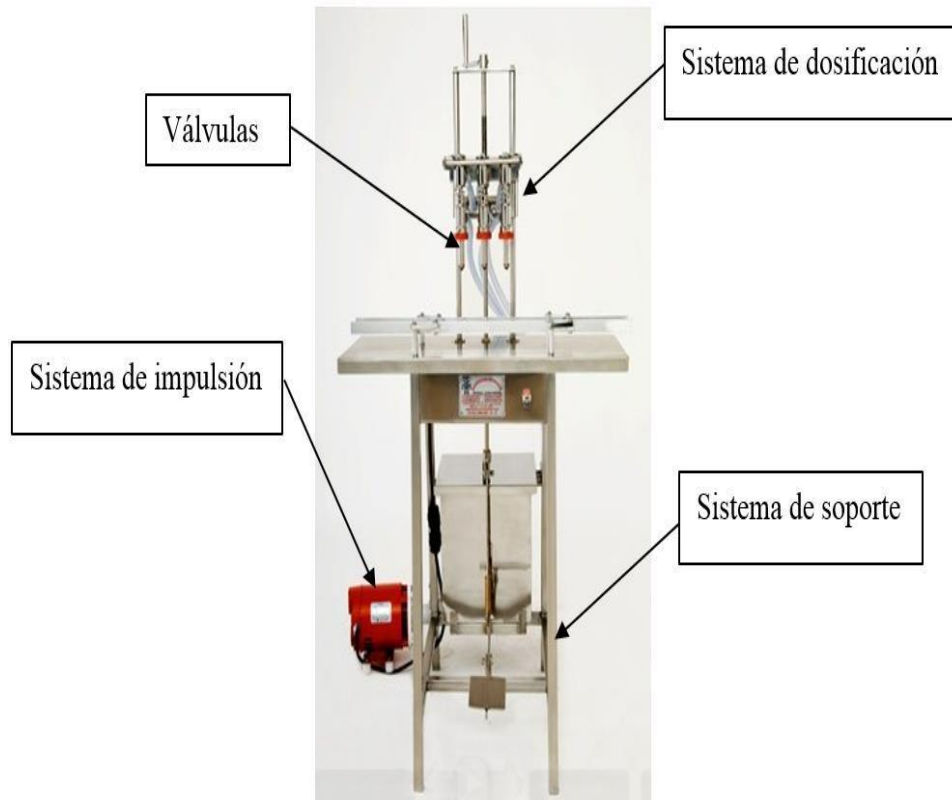


Figura 7: Envasadora manual 3 válvulas
Fuente: Workers (2021)

- **Envasadora automática para líquidos WK – SL (Workers).**

Esta máquina construida en AISI 304 ha sido diseñada para producciones de 1200 a 2400 litros por hora, dependiendo del número de válvulas de llenado en línea que pueden ser de 6, 8, 10, 12 en medidas de 13, 16, 19, 25 mm de diámetro dependiendo de la boca del envase a llenar y de las necesidades de producción, este equipo es de fácil operación la dosificación se da por medio de rebose o desbordamiento, esto significa

que el producto entra a la botella y el excedente lo regresa al tanque, de esta manera se evitan desperdicios y se quita el exceso de espuma.

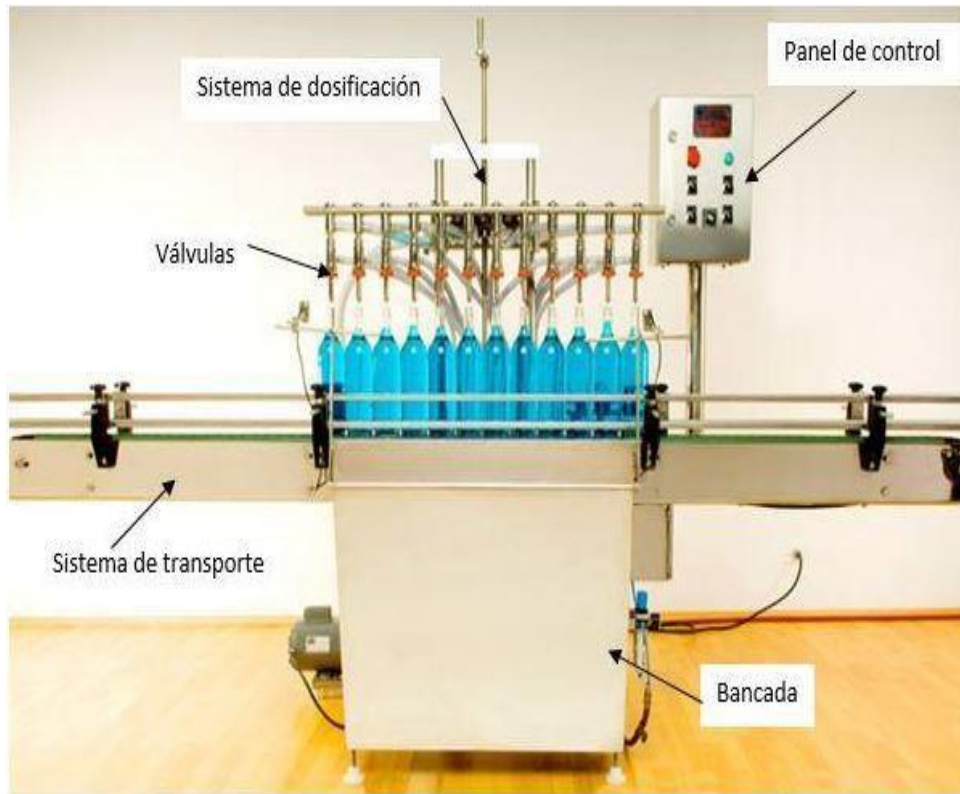


Figura 8: Envasadora semiautomática para líquidos WK – SL
Fuente: Workers (2021)

• Llenadora de botellas lineal

Otra máquina llenadora de botellas lineal automática marca ASTIMEC, utilizada para líquidos en botellas plásticas o vidrio. Posee una estructura robusta fabricada en acero inoxidable AISI 304, la misma que garantiza una gran calidad y durabilidad, la máquina cumple con las exigencias sanitarias que debe cumplir el proceso de envasado, las boquillas son de diseño especial con desplazamiento neumático y regulación de altura de acuerdo al envase ayuda a mejorar la

evacuación y recuperación del exceso de producto, las guías son regulables dependiendo del diámetro de la botella. Apta para diferentes tipos de líquidos como agua, licores, refrescos, yogurt, etc.

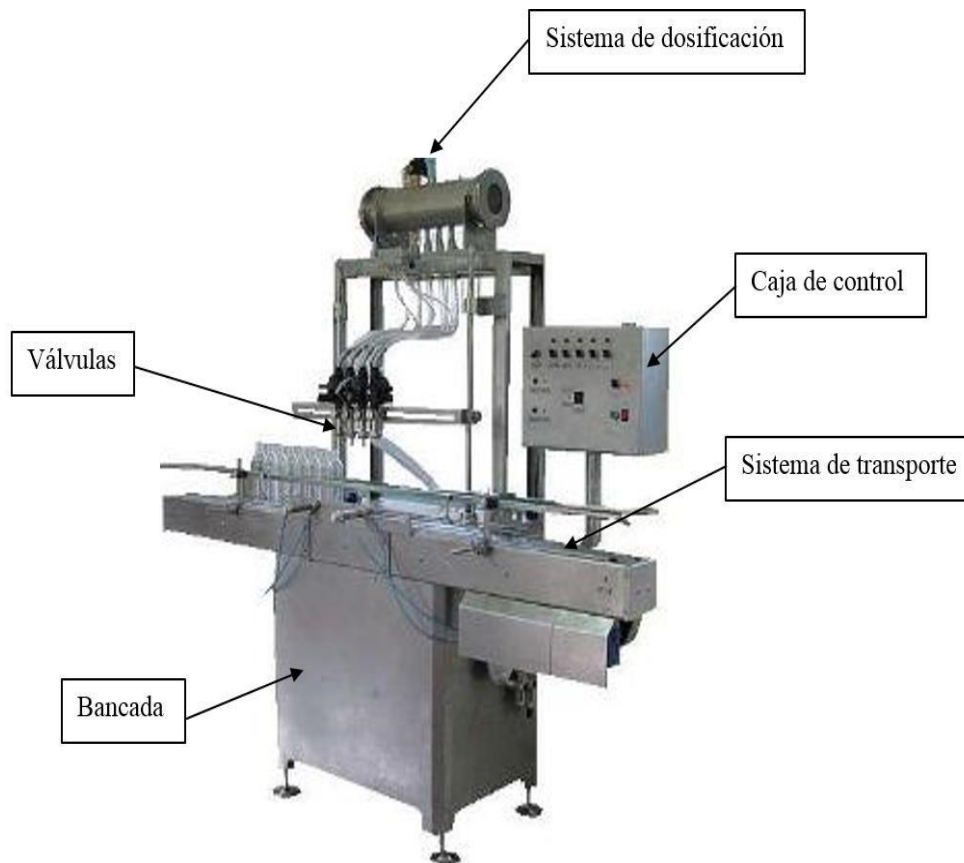


Figura 9. Llenadora de botellas lineales ASTIMEC
Fuente: Workers (2021)

1.2.8 Descripción del equipo llenador de botellas de la planta Piloto FIA-UNAP.

La máquina llenadora de agua está construida de material de acero inoxidable AISI 304, ideal para la elaboración y producción de alimentos. Cruz H y Campoverde E (2010) manifiestan que las características principales para el uso de este material son:

- ✓ Impide la contaminación de las materias primas por microorganismos.
- ✓ Prevenir el crecimiento de bacterias por medio de la disminución o aumento de temperatura.
- ✓ Elevada resistencia a la corrosión por agentes externos.
- ✓ Superficie poco porosa o rugosa.
- ✓ Buena capacidad de limpieza eliminando con ello posibles microorganismos presentes.

A continuación, se detalla las partes que componen el equipo llenador de botellas.

1.2.8.1 Sistema de alimentación de líquido.

El agua a envasar está depositada en un tanque ubicado en la parte superior del equipo, que tiene una capacidad de 80 litros, al cual están conectadas a las mangueras que se unen a las válvulas dosificadoras.



Figura 10: Vista frontal del tanque abastecedor de agua

1.2.8.2 Válvulas de llenado

El equipo cuenta con cuatro (04) válvulas unidas en un solo soporte, separadas entre si de acuerdo a la longitud que ocupan las 4 botellas al momento de llenarlas con agua.

Cada válvula cuenta con dos orificios: una a la cual se le conecta una manguera para llenar el líquido y otra para recircular el líquido que rebose del mismo y evitar derrames en la faja transportadora.

La apertura de la válvula se realiza por la compresión de un resorte el cual permite descubrir los orificios por los que sale el agua y al descomprimirse el resorte se cierra por completo la válvula.



Figura 11: Válvulas llenadoras

1.2.8.3 Mangueras de alimentación de las válvulas

Cada válvula posee dos mangueras de grado alimenticio para el llenado de agua, de 18 mm de diámetro interior y 22 mm de diámetro exterior.

Las mangueras de diámetro menor ubicadas en la parte inferior son las encargadas de conducir el agua de rebose a un depósito ubicado en la parte inferior del equipo.



Figura 12: Mangueras de alimentación conectadas a las válvulas llenadoras.

1.2.8.4 Actuadores neumáticos

El primer y segundo cilindro se encuentran en línea sobre la banda transportadora, su función principal es la de dejar pasar solo 4 botellas y sujetarlas para que las válvulas llenadoras cumplan su función.

Los actuadores están fijados al equipo por medio de pernos y están cerca de las barras estabilizadoras de las botellas.

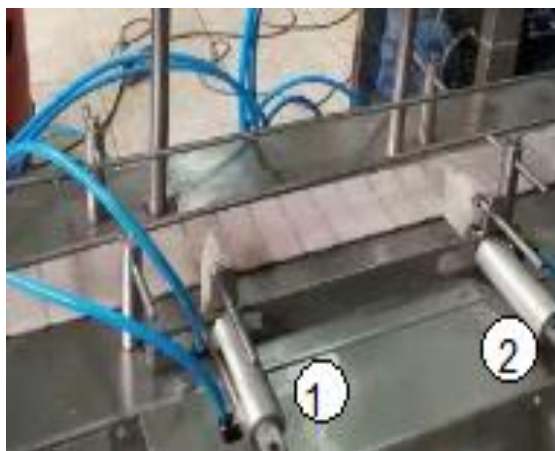


Figura 13: Actuadores neumáticos

1.2.8.5 Actuador neumático principal

Es el tercer actuador, es de mayor tamaño y esta sujeta a la base donde están ubicadas las válvulas de llenado, realiza el recorrido sobre dos ejes y su altura es regulado de acuerdo al tamaño de botella a llenar.



Figura 14: Actuador neumático de llenado

1.2.8.6. Banda transportadora de botellas

Es una banda de placas articuladas que consta de las siguientes partes:

- Parte móvil del transportador con dos cadenas de tracción.
- Catalinas de transmisión.
- Motor.
- Barras guías.
- Motor eléctrico.
- Reductor.
- Transmisión dentada abierta.
- Catalinas finales.
- Dispositivo de tensión.
- Bancada de transportador.



Figura 15: Banda transportadora

1.3 Definición de términos básicos

- Agua de mesa:

Es el agua potable tratada, adicionada o no con gas carbónico, embotellada por procedimientos sanitarios en envases herméticos e inocuos. “Según la OMS debe ser agua no contaminada más allá de los límites permitidos por bacterias, parásitos u otros microorganismos patógenos ni por sustancias químicas”, Semino F (2015).

- Actuadores:

Se les denomina así a los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico, Centeno J y Jiménez V (2010).

- Automatización:

Automatización Industrial (automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales, sustituyendo a operadores humanos, Cruz H y Campoverde E (2010).

- Electroválvulas:

Es una válvula electromecánica, y reciben excitación eléctrica proveniente de las salidas del autómeta, y mediante la conexión de bobinas se encargan de distribuir el aire a la salida deseada. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada, Cruz L y Rodríguez L (2008).

- Llenadora de líquidos:

Máquina empleada para llenar de productos líquidos en todo tipo de recipientes. Tiene un amplio campo de aplicación, se utiliza sobre todo en la industria: alimenticia, confitera, de la conservación y lechera-gaseosa, Vargas W (2013).

- Modelado:

Se define como un instrumento de investigación que simboliza las propiedades esenciales de un sistema u objeto, para escenificar, describir y analizar de manera más comprensible y sencilla a la realidad del problema, Alvares M y García R (2005).

- PLC:

Control Lógico Programable, es un sistema de control basado en un microprocesador, usando una memoria programable para el

almacenamiento interno de instrucciones, de esta manera se busca satisfacer las necesidades de control, Sani A y Toapanta J (2015).

- Simulación:

Es la comprobación y funcionamiento correcto (pistones, válvulas, actuadores, etc.) de un circuito neumático o electroneumático empleando un software, Centeno J y Jiménez V (2010).

- Tablero de control:

Son gabinetes donde se alojan todos los equipos de protección, maniobra, control, medición, comunicación, conexión y señalización que realizan funciones específicas dentro de un proceso de automatización. Rocatek (2021)

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de la hipótesis.

El modelado y simulación del control de llenado de botellas tipo personal de agua tratada de la FIA – UNAP contribuirá en mejorar el proceso productivo.

2.2 Variables y su operacionalización.

2.2.1 Variables dependientes

- Volumen de líquido

2.2.2 Variables independientes

- Tiempo de llenado
- Tiempo de actuadores neumáticos
- Tamaño de botella

VARIABLES	DEFINICIÓN	TIPO POR SU NATURALEZA	REPORTE DE ANÁLISIS	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍAS	VALORES DE LAS CATEGORÍAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Dependiente							
Volumen de líquido de los envases.	Altura alcanzada por la sustancia dentro del recipiente a llenar líquido.	Cuantificación dentro del recipiente a emplear.	ml	Intervalo	Alto	< 500	Cuaderno de apuntes
Independiente							
Tiempo de llenado	Parámetro del llenado de un recipiente conociendo su capacidad, el diámetro de la tubería por la cual circula el fluido que es agua y la rapidez a la que sale el fluido.	Cuantificación al final del proceso.	s	Intervalo	Bajo	21	Cuaderno de apuntes
					Alto	24	
Tiempo de actuadores neumáticos	Parámetro de funcionamiento, en la cual se transforma la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.	Cuantificación durante el proceso.	s	Intervalo	Bajo	3.0	Cuaderno de apuntes
					Alto	3.0	
Tamaño de botella	Envase para contener o guardar líquidos, el tamaño depende del volumen a contener.	Durante el proceso.	ml	Razón	Bajo	500	Reporte de análisis
					Alto	325	

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño

El tipo de investigación es experimental, porque se tomaron datos con medición numérica y se recopiló información, por esta característica será del tipo cuantitativa en la que se observaran los efectos que causen las variables independientes sobre la variable dependiente (Hernández R, Fernández C, y Baptista M, 2010) y su característica principal consistirá en la correcta manipulación y control de las variables presentes en la investigación.

En la presente investigación se aplicará un diseño factorial simple 2^3 haciendo un total de 8 tratamientos, Montgomery (2004); que consiste en tener 3 factores cada uno con 2 niveles de operación, los cuales representan en su integridad a todo el proceso.

Factores	Dominio experimental	
	Nivel (-)	nivel (+)
X ₁ : Tiempo de llenado (s)	5	8
X ₂ : Tiempo actuadores neumáticos (s)	3	3.2
X ₃ : Tamaño de botella (ml)	325	500

3.1.1 Materiales y metodos

El proyecto de investigación se realizó en las instalaciones de la planta piloto, en el taller de operaciones unitarias, laboratorio de control de calidad de alimentos y fisicoquímico pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonia peruana, con dirección en Av. Augusto Freyre N° 610, distrito de Iquitos, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

3.1.1.1 Materia prima

La materia prima ha sido suministrada por el taller de agua de mesa ubicada en la Planta Piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias.

Equipos

➤ Equipos del proceso

LLenador de líquidos de (04) boquillas construido por empresa
INDUSTRIAS RESF SAC

➤ Materiales del proceso

Envases PET de 325 y 500 ml.

Mesas de acero inoxidable.

Baldes de plástico.

Mandiles, botas de jebe, cubre bocas, guantes

➤ **Insumos**

Agua de mesa.

➤ **Materiales de laboratorio**

Solucion desinfectante

Matraces

3.2 DISEÑO MUESTRAL

3.2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS DATOS EXPERIMENTALES

La toma y recolección de datos se realizó en el campo, es decir directamente en el equipo llenador de botellas de agua ubicado en el taller de operaciones unitarias de la FIA-UNAP, estos parámetros son: tiempo de llenado, tiempo de actuadores neumáticos, tamaño de botella empleando las siguientes técnicas como son observación directa, de campo, bibliográfica, con sus respectivos instrumentos que fueron cuadernos de notas, videos de procesamiento.

Los datos obtenidos y registrados se transcriben estos a una plantilla excel y se analizaron mediante el diagrama de Pearson para un correcto análisis del proceso de llenado de las botellas de agua.

Los datos serán obtenidos durante todo el proceso de producción, por lo que nos asistiremos del diagrama de análisis de proceso (DAP) basado en el empleo de símbolos que representan la actividad mediante el cual podremos determinar las demoras y aplicar soluciones alternativas si fuera necesario (Torres, 2019).

3.2.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO LLENADOR DE BOTELLAS

Se hicieron pruebas en cada etapa del proceso, como son: banda transportadora, estación de llenado, llenado, salida de botellas llenas.



Figura 16: Prueba de funcionamiento

Las que se describe a continuación:

1. Prueba de funcionamiento de la banda transportadora, al encender el motor que le da movimiento se notó que estaba un poco torcido porque un eje no estaba en la posición correcta, procediendo a nivelarla.
2. Prueba de los actuadores de sujeción de botellas, se tuvo que dar mantenimiento al actuador 2 (eje no salía totalmente del interior del cilindro) causando que la botella no se ubique exactamente debajo del dosificador de llenado derribándolo al iniciar el llenado.
3. Prueba de actuador 3 y dosificadores, se verificó su buen funcionamiento del actuador y se dio mantenimiento general a los

cuatro (04) dosificadores porque había obstrucción en los orificios de salida del agua, causando que las botellas tengan diferentes volúmenes al final del llenado

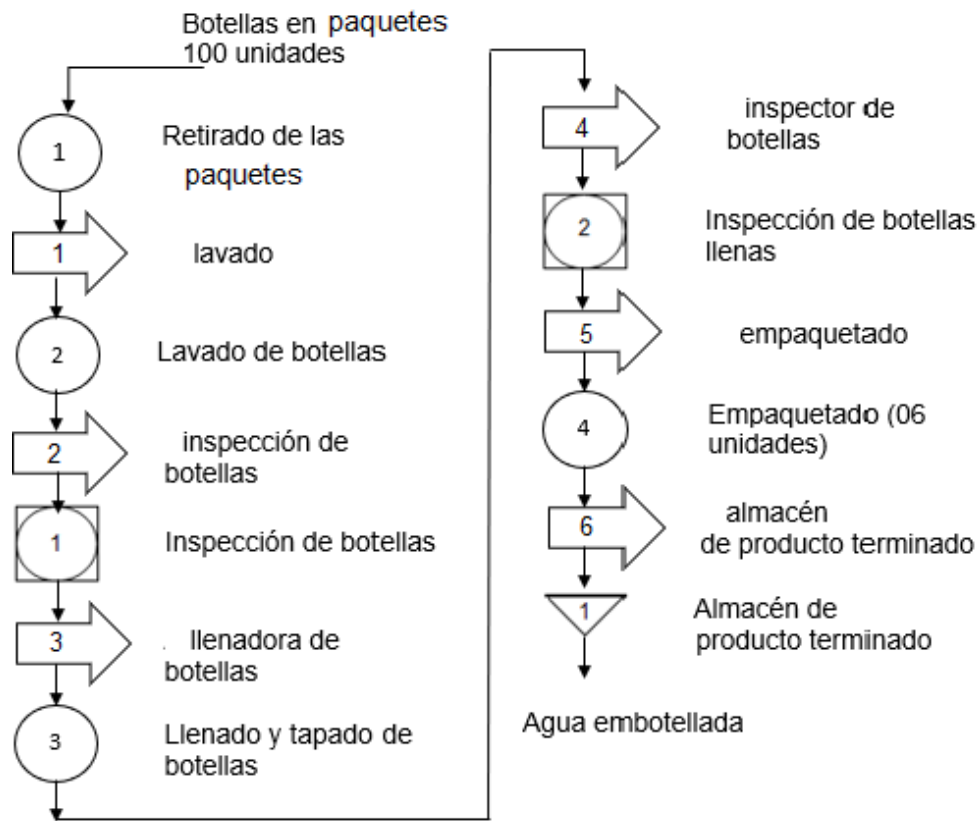


Figura 17. Diagrama de proceso para llenado de botella.

DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA

Actualmente, en la región Loreto no existe una planta productora de botellas tipo PET de ningún tamaño o capacidad, por lo que los envases PET para los ensayos de la investigación provienen de la ciudad de Lima.

Las etapas del proceso de llenado se muestran en la figura 16, los que se detallan a continuación:

✓ **INGRESO DE BOTELLAS**

Las botellas son recepcionadas en bolsas conteniendo 100 unidades cada una.

✓ **LAVADO**

Las botellas son colocadas en recipientes que contienen una solución de hipoclorito de sodio 0.2 % en 10 minutos para desinfectarlas de los microorganismos adquiridos por la manipulación obtenida durante embolsado y transporte.

✓ **INSPECCIÓN DE BOTELLAS**

En esta etapa las botellas son inspeccionadas por una persona y separadas las que presenten malformaciones o abolladuras que impidan un correcto llenado.

✓ **LLENADO Y TAPADO DE BOTELLAS**

Las botellas son colocadas en la banda transportadora para ser llenadas con agua tratada proveniente del taller de planta de agua de mesa de la FIA. Se llenarán botellas de 325 y 500 ml y finalmente en forma manual se taparán las botellas.

✓ **INSPECCIÓN DE BOTELLAS LLENAS**

Es una inspección visual cuya finalidad es la de retirar las botellas que no cumplan con el nivel establecido de líquido o alguna otra falla que presente (falta de líquido).

✓ **EMPAQUETADO**

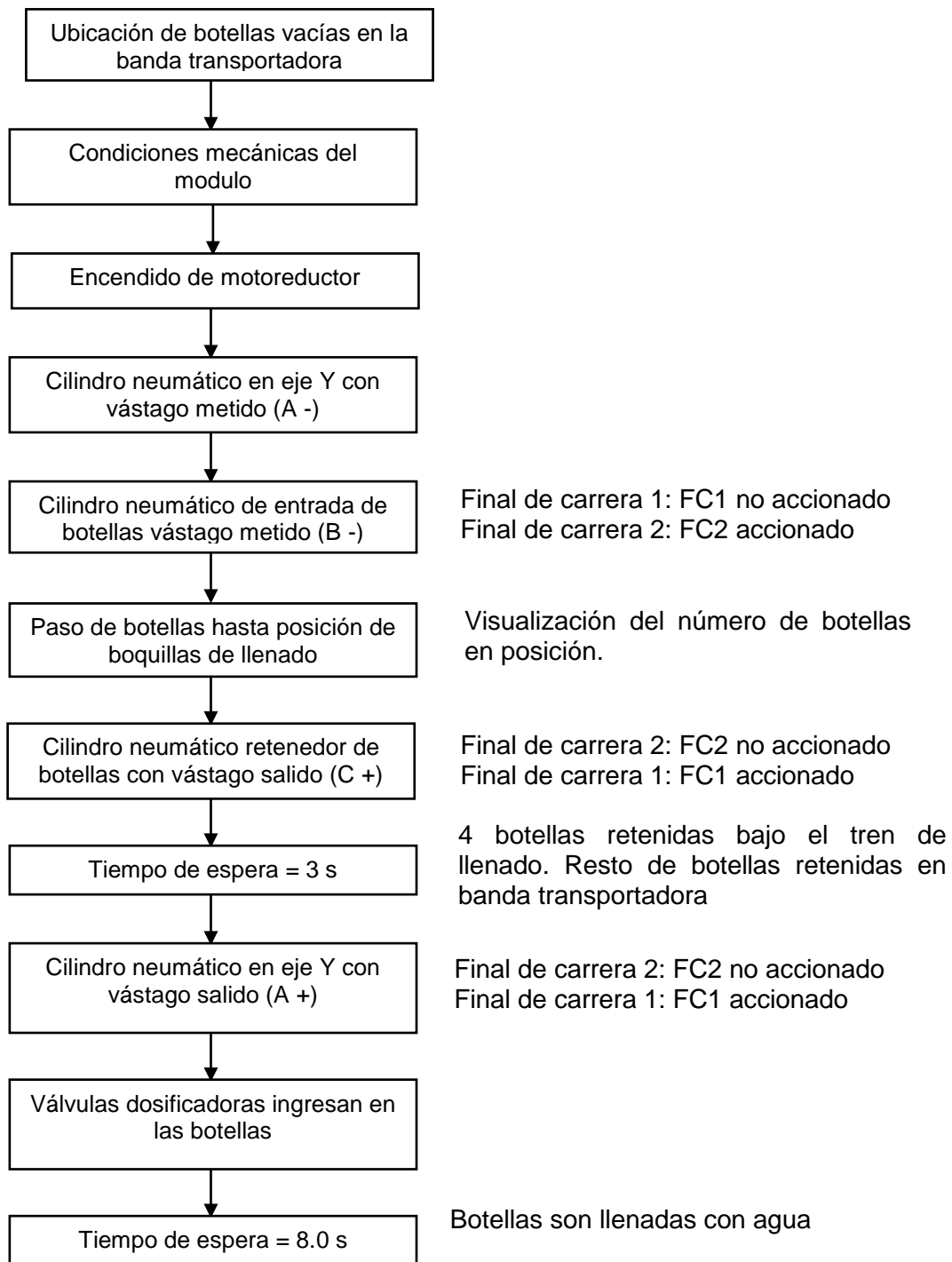
Las botellas han sido ubicadas manualmente en paquetes plásticos termo sellables de (06) unidades cada una para evitar un peso excesivo y lograr una correcta manipulación de los mismos.

✓ **ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO**

A temperatura ambiente de 30 °C. Los paquetes serán colocados sobre una parihuela que contendrá en su base 4 paquetes por 12 paquetes de altura, en un almacén de 20 x 5 metros cuadrados, podemos almacenar haciendo en un total de 11520 paquetes a 69120 botellas.

Como casi todo el proceso se da sobre el llenado de botellas, se presenta el siguiente diagrama de proceso para llenado de botella.

CONTROL DE LLENADO DE BOTELLAS



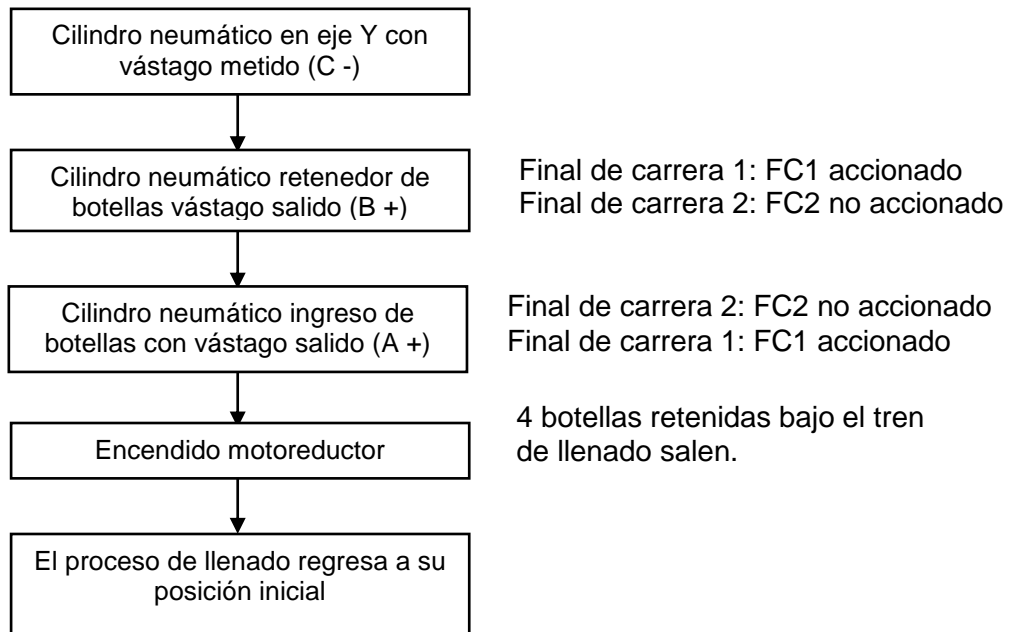
El proceso de llenado comienza cuando el técnico – operador coloca sobre la banda transportadora las botellas vacías (PET) que están limpias, sin residuos en su interior, de tamaño y volumen homogéneo.

Se debe verificar que el módulo de control del equipo se encuentre en perfecto estado (totalmente energizado, luces de contacto, etc) caso contrario el sistema instalado no funcionara.

Se verifican las condiciones mecánicas iniciales del módulo, estas son las posiciones iniciales de los vástagos de los cilindros neumáticos empezando por la posición del cilindro del eje Y, su vástago debe de estar en posición (A -) FC1 no accionado, el cilindro de entrada su vástago en posición (B -) FC1 no accionado y el cilindro retenedor de botellas en posición (C +) con FC1 accionado.

Seguidamente, se colocan las botellas en la banda transportadora y se enciende el equipo activándose primero el motoreductor iniciando el transporte de las botellas hacia el módulo de llenado, los envases serán detenidos al final del modulo por el cilindro neumático (2) retenedor de botellas con posición (A +) durante 4 segundos, tiempo en que las botellas se ponen en posición debajo de cada boquilla de llenado, inmediatamente el cilindro (1) de entrada en posición (B -) se activa sujetando las botellas, seguidamente las válvulas dosificadoras (llenadoras) bajan por acción del cilindro (3) ubicado en eje Y posición (C +) llenando con agua los envases. Al cabo de 8.0 segundos el vástago del cilindro en eje Y se contrae, finalizando el proceso de llenado, dando paso a la salida de las botellas.

CONTROL DE SALIDA DE BOTELLAS



Esta etapa comienza al finalizar el llenado de 8.0 segundos subiendo el vástago del cilindro y asumiendo posición (C -) retrayendo las válvulas dosificadoras (llenadoras).

Se activan los cilindros retenedor (A +) y de ingreso (B +) ambas en posición FC1 dejando de sujetar las botellas, seguidamente se activa el motoreductor trasladando las botellas hasta el final de la banda transportadora donde serán recogidas por el técnico - operador.

3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se tomarán los 24 datos según la matriz planteada, con los datos generados y obtenidos del proceso se generara un cuadro de datos, el cuál se procesara con el software Minitab V.19 analizando el efecto de las variables el cual se reflejara en el diagrama de Pearson.

3.4 ASPECTOS ÉTICOS

En la presente investigación se respeta la propiedad intelectual, los datos obtenidos y reportados son totalmente fidedignos y no han sido adulterados bajo ninguna circunstancia.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a la investigación bibliográfica y los datos de campo recopilados, se pudo determinar que los accesorios instalados en el equipo cumplen con el proceso de control de llenado de botellas con agua.

4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla 4: Resultado del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Modelo	7	121111	17302	8141.92	0.000
Lineal	3	121105	40368	18996.90	0.000
Tiempo llenado (s)	1	121104	121104	56990.12	0.000
Tiempo actuador (s)	1	1	1	0.47	0.512
Tamaño botella (ml)	1	0	0	0.12	0.740
Interacciones de 2 términos	3	4	1	0.55	0.663
Tiempo llenado (s)*Tiempo actuador (s)	1	1	1	0.47	0.512
Tiempo llenado (s)*Tamaño botella (ml)	1	2	2	1.06	0.334
Tiempo actuador (s)*Tamaño botella (ml)	1	0	0	0.12	0.740
Interacciones de 3 términos	1	2	2	1.06	0.334
Tiempo llenado (s)*Tiempo actuador (s)*Tamaño botella (ml)	1	2	2	1.06	0.334
Error	8	17	2		
Total	15	121128			

Del análisis estadístico de la tabla 4 se obtuvo aplicando software MINITAB deduce que los efectos de las variables: tiempo de actuador y tamaño de botella no son significativas durante el desarrollo del proceso porque presenta un ($P > 0.05$) la variable que si presenta un ($P < 0.05$) es el tiempo de llenado indicando que si influye directamente en el llenado de botellas con agua.

El proceso de llenado de botellas está determinado por la ecuación de regresión generado por software estadístico en base a las pruebas realizadas en unidades no codificadas:

$$\begin{aligned} \text{Volumen (ml)} &= 164 + 35.3 \text{ Tiempo llenado (s)} - 80.4 \text{ Tiempo actuador(s)} \\ &- 0.296 \text{ Tamaño botella (ml)} + 13.5 \text{ Tiempo llenado (s)*Tiempo actuador (s)} \\ &+ 0.0486 \text{ Tiempo llenado (s)*Tamaño botella (ml)} + 0.174 \text{ Tiempo actuador (s)*Tamaño botella (ml)} \\ &- 0.0286 \text{ Tiempo llenado (s)*Tiempo actuador (s)*tamaño botella (ml)} \end{aligned}$$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.45774	99.99%	99.97%	99.94%

La ecuación de regresión del modelo para el llenado de botellas con agua da un valor de $R^2 = 99.97\%$, el cual nos indica que es un modelo cuyas estimaciones se ajustan muy bien a los datos recolectados experimentalmente considerando los factores independientes en propuesta metodológica la matriz operacional de las variables.

La figura 19 muestra que los datos registrados siguen una distribución normal ya que el P valor es mayor que la significancia ($P > 0.05$), asimismo, indica que los datos son independientes, aleatorios y sin tendencias indicando que el proceso experimental y la toma de datos se realizó de la manera correcta.

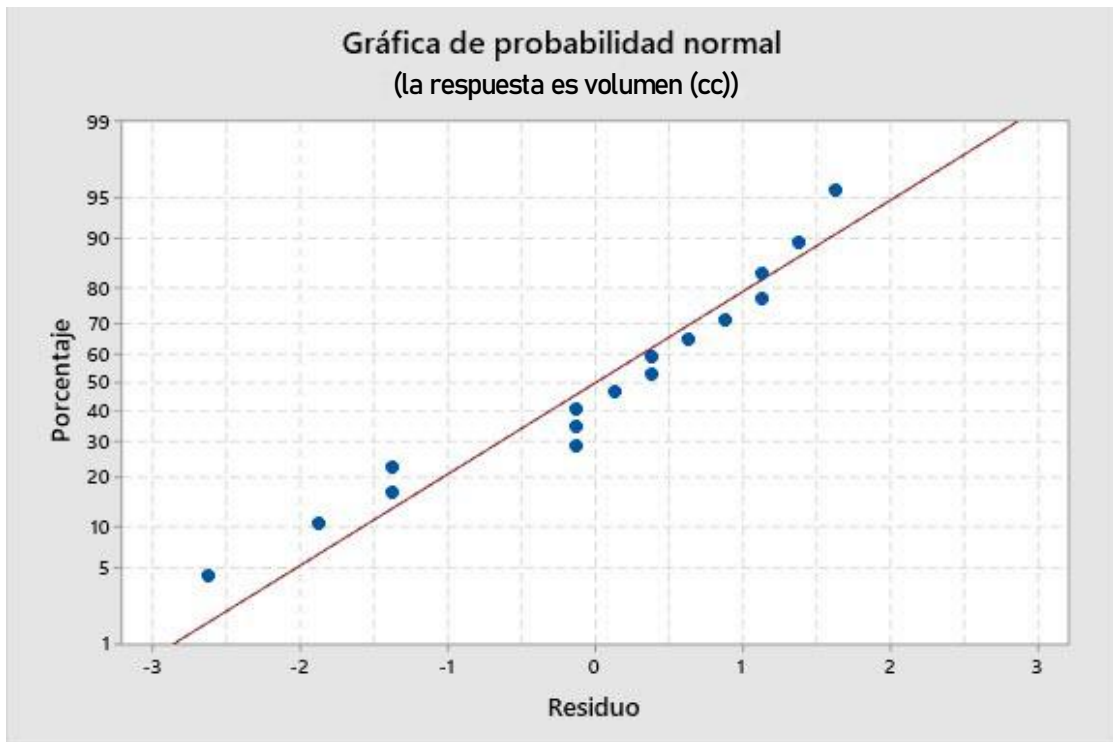


Figura 18: Gráfica de probabilidad

La figura 19, muestra el volumen de agua de llenado deseado, interpretándose que con un tiempo de llenado 5.0 segundos se logra un volumen de 324.5 ml también se aprecia que el tiempo del actuador no interfiere con el llenado pudiendo alargarse hasta 1.7 segundos sin alterar el proceso, del mismo modo para llenar 498.5 ml de agua es necesario un tiempo de 8.0 segundos.

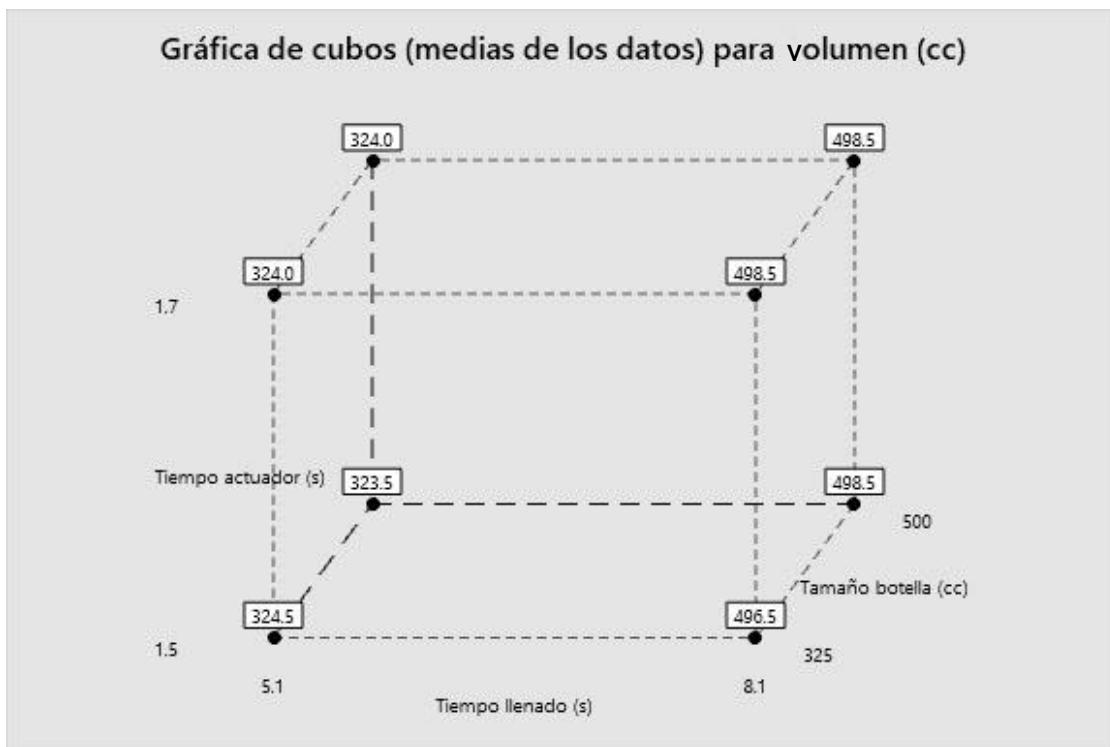


Figura 19: Gráfica de cubo para el volumen de llenado

La figura 20, nos muestra el diagrama de Pareto de efectos estandarizados, el cual muestra la línea divisoria con el valor 2.3, los efectos situados a su lado izquierdo no tienen un efecto significativo para el proceso y los ubicados al lado derecho si intervienen en el proceso en forma determinante.

La variable tiempo de llenado de botellas es la única que influye en el proceso dejando de lado las otras dos variables como las interacciones entre ellas, aquí indica claramente que los tiempos de los actuadores 1 y 2 y el tamaño de botella no impiden el llenado de las botellas solamente pueden extender el proceso, pero no detenerlo.

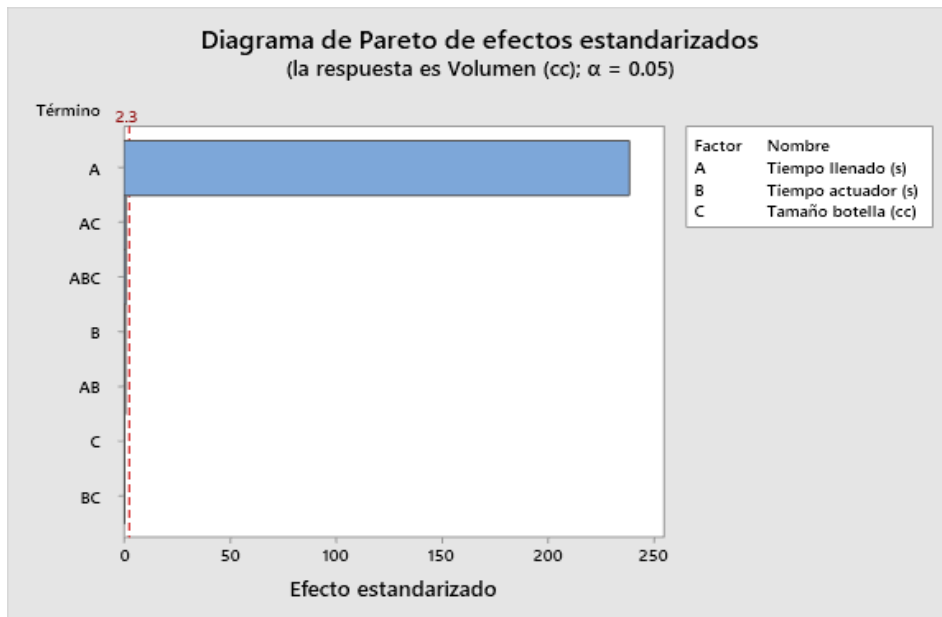


Figura 20: Análisis de Pareto para el llenado de botellas.

La figura 21, de superficie de respuesta tridimensional, nos presenta en forma gráfica como se relacionan las variables: tiempo de llenado (s) y tamaño de botella (325 y 500 ml), indica que para llenar 325 ml se necesita 5.0 segundos aproximadamente y para llenar la botella de 500 ml se necesitan 8.0 segundos aproximadamente.

Los tiempos de llenado pronosticados se ajustan a los obtenidos experimentalmente.

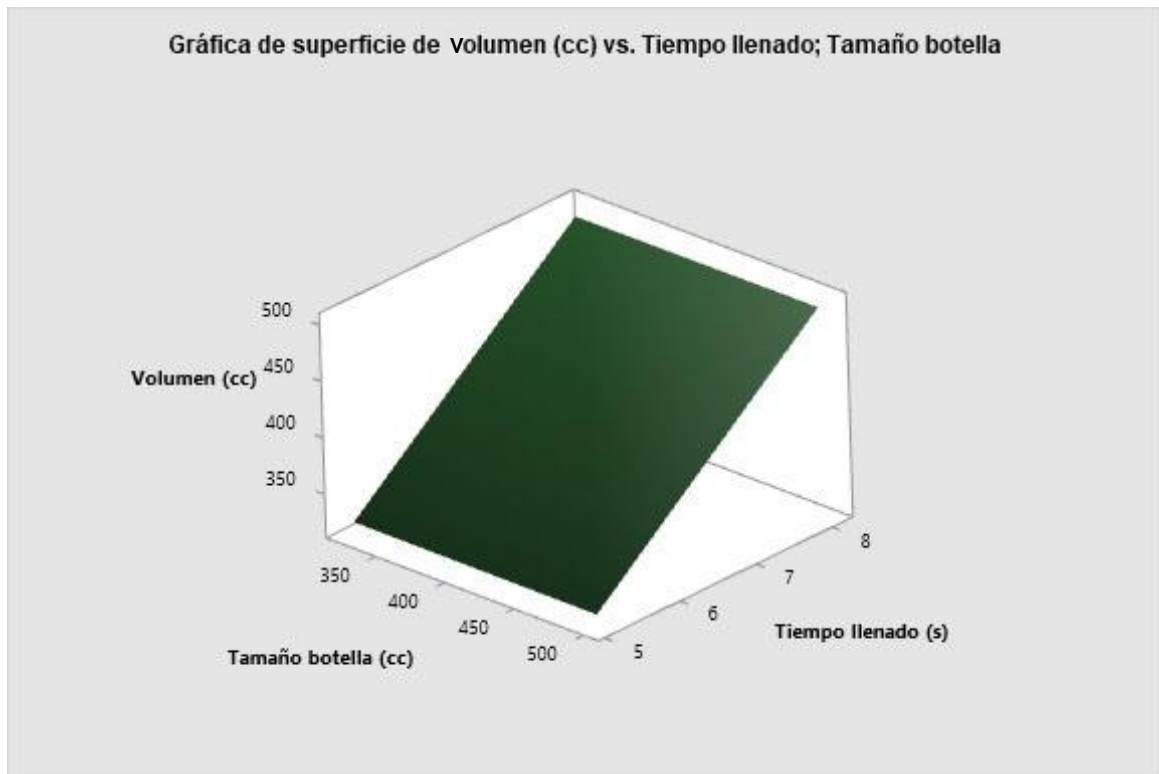


figura 21: Superficie de respuesta del llenado de botellas

4.3 Programa diseñado para el llenado de botellas

La figura 22, muestra el modelado del llenado de botellas desarrollado en el programa Ladder, en esta figura se aprecian los momentos en que actúan cada uno de los componentes.

Esquema del programa

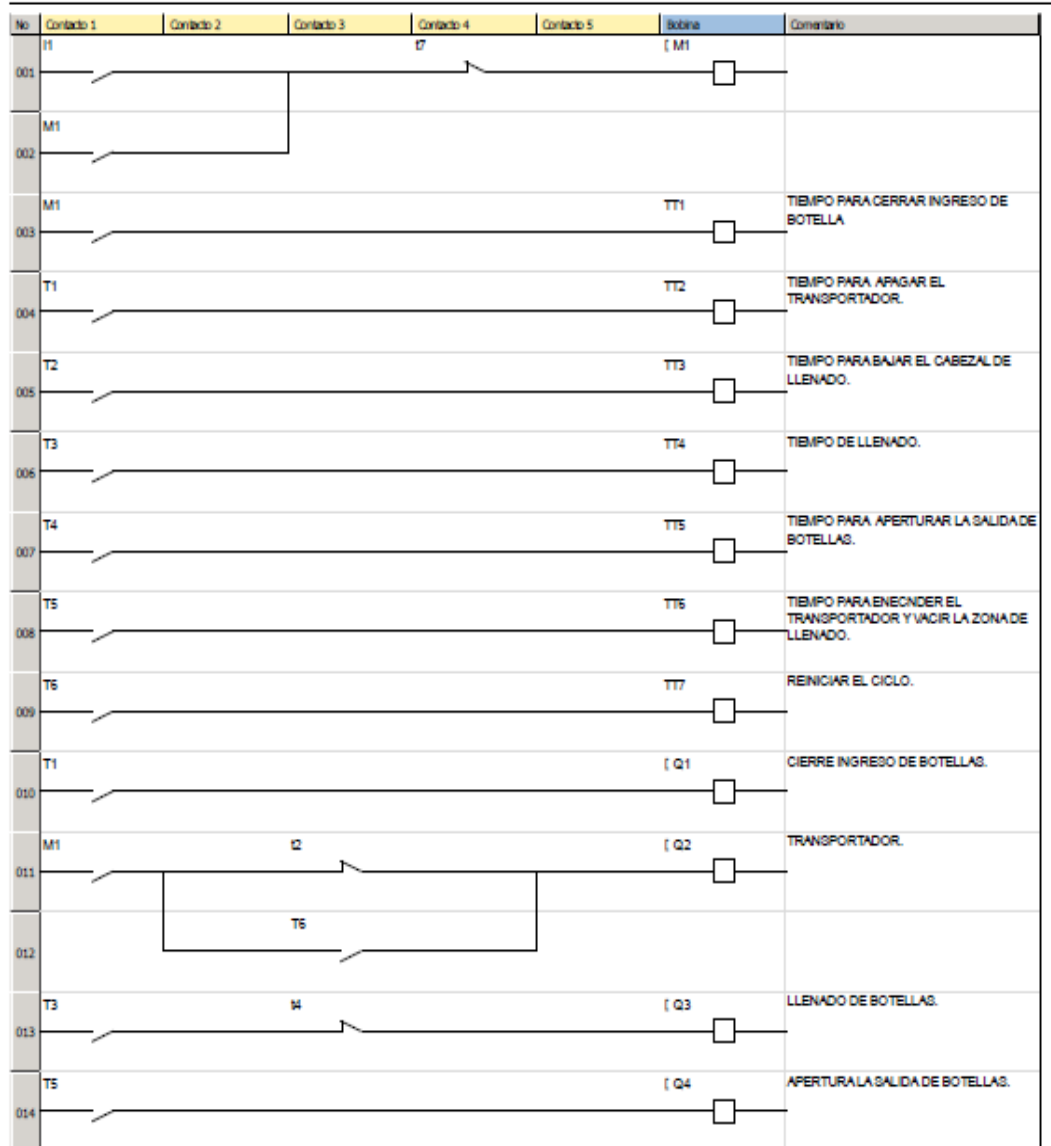


Figura 22: Programa de llenado de botellas

LEYENDA:

TT1: Bobina del temporizador interno del controlador.

t 1 : Contacto temporizado normalmente cerrado.

La figura 23 muestra la secuencia de pasos en el programa Ladder para el correcto funcionamiento de la llenadora de botellas.

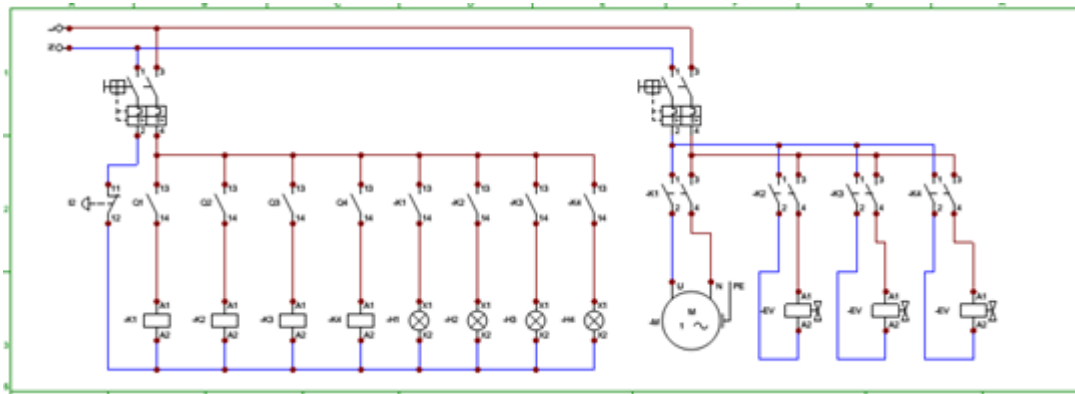


Figura 23: Circuito eléctrico de fuerza

LEYENDA:

- Q1: Acciona el motor del transportador.
- Q2: Acciona el cierre del ingreso de botellas a la zona de llenado.
- Q3: Acciona las boquillas de llenado.
- Q4: Acciona la apertura de la salida de botellas llenas, reinicia el ciclo.
- I1: Pulsador de color verde con contacto normalmente abierto, inicia el ciclo.
- I2: Pulsador parada de emergencia, corta el circuito eléctrico en caso de emergencia.
- M1: Motor eléctrico del transportador.
- EV: Electroválvulas.

Al presionar I1 se enciende Q1 el cual enciende el motor del transportador, luego de unos segundos se acciona automáticamente desde el PLC, Q2 el cual cierra el ingreso de botellas a la zona de llenado, después de 1 segundo de cerrar el ingreso se apaga en motor del transportador, 1.5 segundos después empieza el proceso de llenado el cual es accionado por el Q3, este periodo de llenado va desde los 5 hasta los 10 segundos, según formato. Una vez terminado el tiempo de llenado y alcanzado el nivel requerido en la botella, se regresa a su posición de reposo el equipo llenador para luego de 1.5 segundos se abre la salida de botellas llenas con el Q4 y se enciende el motor del transportador para vaciar lo zona de llenado y reiniciar el ciclo.

4.4 Balance de materia para el proceso de llenado de botellas

A partir de las pruebas y teniendo en cuenta que es un equipo electro-neumático se pudo establecer los tiempos de funcionamiento para cada etapa.

Cuadro 2: Tiempos de funcionamiento durante llenado de botellas.

Tamaño de botella	B. T	A 1	A 2	A 3	A 1	A 2	B. T	T (s)
325	5	1.5	1.5	5.0	1.5	1.5	5	21
500	5	1.5	1.5	8.0	1.5	1.5	5	24

Donde:

B.T: Banda transportadora

A 1: Actuador 1, sujetador de botellas

A 2: Actuador 2, sujetador de botellas

A 3: Actuador 3, boquillas llenadoras

T (s): Tiempo total del proceso de llenado en segundos

Del cuadro 2, se puede establecer un programa de producción de botellas como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 3: Producción estimada de llenado de botellas con agua.

Tamaño de botella	Tiempo de llenado (s)/4 bot.	Por hora	Por día
325	21	685	5480
500	24	600	4800

Considerando que la máquina llenadora tiene cuatro (04) dosificadoras para el llenado de las botellas, indica que cada 21 segundos (ciclo completo de entrada de botellas hasta que salen llenas de agua) se llenarán cuatro (04) botellas de una capacidad de 325 ml, y por hora se podrán llenar 685 unidades; para la botella de 500 ml aplicando el mismo procedimiento se podrán llenar 600 botellas en una hora.

Todos los ensayos practicados en el equipo llenador de botellas con agua se realizaron con el tanque de abastecimiento totalmente lleno (capacidad 80 litros), esta condición es importante porque el llenado de las botellas es íntegramente por gravedad, es decir la masa del agua es la que hace que se llenen las botellas en el tiempo programado para el actuador A 3 (actuador deslizante del tren de llenado), conforme se llenan las botellas el volumen (325 o 500 ml) disminuye ocasionando que las botellas presenten volúmenes diferentes, este efecto se presenta al disminuir el volumen en 20% del total del tanque (16 litros).

Estos 16 litros representan 53 botellas de 325 ml y 32 botellas de 500 ml, lo que significa que al pasar esta cantidad de botellas se debe agregar nuevamente los 16 litros consumidos para mantener las botellas con agua en los niveles establecidos.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

- El modelado y posterior simulación del proceso de llenado de botellas tipo personal con agua tratada del equipo existente en la FIA – UNAP nos permitió mejorar los tiempos de llenado, optimizando la cantidad de botellas llenadas, los tiempos programados originalmente en todo el sistema sumaba 40 segundos, actualmente con la reprogramación de los tiempos 5 segundo y 8 segundos (botella de 325 y 500 ml respectivamente) mejorando en un 60 % el ciclo de producción.
- Sarzosa P (2013) indica que una llenadora con cuatro dosificadores donde el tanque de almacenamiento de líquido está presurizado produce 1000 botellas por hora, el cual comparado con las 600 botellas por hora de llenado volumétrico representa un 60 % de avance aun con la desventaja de no ser presurizado.
- El porcentaje de mejoras en tiempos de llenado se asemejan mucho a lo reportado por Álvarez A y De la Jara P (2012), en su investigación sobre análisis y mejora de procesos de embotelladora de bebidas hidratantes, quien reporto una mejora del llenado reduciendo las mermas en un 55 %.
- Novoa y Terrones (2012), lograron disminuir los tiempos y mermas en el proceso de una embotelladora, logrando eliminar los cuellos de botella aplicando el método de teoría de restricciones (TOC) logrando también un mejor aprovechamiento de la materia prima, es decir las mermas se redujeron de acuerdo a las especificaciones técnicas de la máquina llenadora, lo cual era donde se generaba las demoras, similar congestión

encontramos en la máquina llenadora de agua reconfigurando los tiempos en cada tramo del proceso.

- El PLC SIEMENS instalado en la máquina llenadora configurado con los algoritmos de control y el programa LADDER demostró ser totalmente amigable y robusto para este proceso, coincidiendo con Díaz D. (2006) quien logró tener más confiabilidad en el proceso de etiquetado garantizando la seguridad, la calidad y rendimiento del proceso, garantizando la operatividad y la producción en línea.
- El diseño de un flujo grama de control como herramienta principal para el desarrollo de la propuesta se dio una visión holística de todo el proceso, permitiendo ilustrar y tener claridad sobre el funcionamiento del sistema diseñado sino que se constituye como mapa genérico adaptable a cualquier sistema de control, ya sea mediante, PLC, Microcontrolador, o PC a través de una plataforma construida en lenguaje de programación de alto nivel como C/C++, Lab, View, Mat Lab, Wonder Ware, etc coincidiendo con Rodriguez M y Cortez C (2007).
- El empleo del PLC en procesos de llenado como en nuestro caso también tuvo muy buenos resultados, según lo reportado por Velásquez J y Gonzales J (2017) quien implementó un prototipo con actuadores neumáticos, sensores, electroválvulas, solenoides, motores y un controlador lógico programable (PLC S7-1200) reduciendo los cuellos de botella y teniendo un llenado uniforme.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Al finalizar la presente investigación se concluyó que la automatización del equipo mejora la producción y eleva la eficiencia del equipo, en nuestra investigación se mejoró la producción en 60 % de su estado inicial respecto a la mejora realizada de llenado de agua en botellas.

El desarrollo de la investigación creó un impacto técnico y económico en el proceso de llenado de agua porque se identificó y se detalló cada etapa del llenado, realizando un diagnóstico actual de los tiempos y movimientos, logrando identificar los pasos que no agregan valor al proceso.

El modelado y simulación del proceso de llenado permitió identificar demoras y cuellos de botella existentes corrigiéndolas durante los ensayos de producción de llenado de agua en botellas.

El PLC permite una acción continua y automática, evitando demoras por un mal llenado de agua, reduciendo los tiempos, así como también las actividades del proceso.

La figura 20 indica que las variables de estudio para el llenado de agua en botellas son las adecuadas, mostrando datos, aleatorios y sin tendencias con un ($P > 0.05$).

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Continuar con los estudios de neumática en el equipo llenador de botellas de agua de la FIA – UNAP con envases PET de volúmenes superiores.
2. Presurizar el tanque de abastecimiento de agua tratada para disminuir el tiempo de llenado aumentando la producción.
3. Realizar periódicamente mantenimiento preventivo del equipo, poniendo énfasis en los actuadores que son los que realizan las paradas, avance y llenado de las botellas.
4. Como el equipo llenador de botellas se encuentra en la planta de Industrias Alimentarias, UNAP será necesario capacitar al personal técnico para su correcta manipulación y también puede servir para prácticas de algunos cursos que imparte la facultad.
5. La ecuación (3) que representa el modelado de llenado de botellas, predice correctamente el tiempo de llenado de las botellas de 325 ml y 525 ml.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Álvarez, M., & García, R. (2011). Simulación de los Procesos de Producción en los Ingenios Azucareros. Universidad Técnica del Norte.
- Álvarez, C. (2012). DE LA JARA, Paula. Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes (Doctoral dissertation, Tesis (título ingeniero industrial). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería 2012, 106p).
- Alvear Ching, E. D. (2018). Diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad en la etapa de laminado en la fabricación de la pasta wantan en la empresa Yuc Wa. Universidad Nacional Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Chiclayo – Perú.
- Berrío, L. G., & Gómez, S. O. (2007). Neumática básica. ITM.
- Cembranos NISTAL, F. J. (2008). Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Editorial Paraninfo.
- Centeno Valencia, J. D., & Jiménez Herrera, V. E. (2010). Manual consultivo de control neumático y electroneumático utilizando el software festo fluidSIM. Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Unidad académica de ciencias de la ingeniería y aplicadas. Carrera de Ingeniería en Electromecánica. Lacatunga -Ecuador.
- Creus, A. Instrumentación Industrial. 8 ed. España: Alfaomega, 2009. p.36
- Cruz H, Campoverde E. Diseño e implementación de una maquina flexible para envasado de líquidos. Universidad Politecnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Guayaquil-Ecuador. (2010).
- Díaz D. Automatización de etiquetadora de botellas Kronos bajo PLC Siemens. Universidad Simón Bolívar. Coordinación de Ingeniería Electrónica. Sartenejas-Venezuela. (2006).
- García R, Navarro V. Diseño, construcción e instalación de un sistema de flujo para el control automático del drenaje de líquidos. (Ingeniero). UNAP. Iquitos- Perú. (2004).
- Hernández R, Fernández C, y Baptista M. Metodología de la investigación 6^a. México. D.F. 2014. ISBN:978-4562-2396-0.
- Lindado, S. J. C., Polo, A., & Esmeral, M. (2005). Diseño y construcción de un controlador lógico programable basado en un núcleo reconfigurable. Tecnura, 9(17), 55-64.
- Mendiburu H. Automatización medioambiental. Primera edición. Lima – Perú. 2003.

- Modelling in Science Education and Learning. Vol 6(2), N° 13, 2013. Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada. Marmolejo E , Riestra J, 2013
- Montgomery, D. Diseño de análisis por experimentos. Segunda Edición. Editorial Limusa S.A. Mexico - D.F. 2004.
- Morillo j. Diseño de un sistema automatizado de envasado y dosificación de productos desinfectantes veterinarios. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Mecatronica. Santiago de Cali – Colombia. 2017.
- Novoa R. y Terrones M. Diseño de mejora de métodos de trabajo y estandarización de tiempos de la planta de producción de embotelladora Trisa EIRL en Cajamarca para aumentar la productividad – (Tesis de Pregrado) – Universidad Privada del Norte – Cajamarca, Perú. 2012.
- Piedrafita R. Ingeniería de la Automatización Industrial. Segunda edición. Editorial Alfaomega Ra – Ma. México. 2008.
- Roldán, J. Tecnología y Circuitos de Aplicación de Neumática, Hidráulica y Electricidad. Madrid, España: Parainfo, S.A. 2012.
- Sánchez J. Diseño e implementación de un sistema de automatización para mejorar la producción de carretos en la empresa La Casa de Tornillo SRL. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería. Chiclayo – Perú. 2011.
- Sarzosa P. Estudio de un sistema de dosificación de líquidos aplicable en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial para controlar el proceso de llenado de botellas. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería civil y mecánica. Ambato – Ecuador. 2013.
- Sani A, Toapanta J. Diseño, construcción e implementación de una máquina envasadora y dosificadora de refrescos para la industria de lácteos santillán “prasol”. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Facultad de mecánica escuela de ingeniería mecánica. Riobamba – Ecuador. 2015.
- Semino F. Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura – Perú. 2015.
- Siemens. (2014). controlador programable S7-1200.
- En línea 02 de mayo del 2021. http://www.rocatek.com/tableros_control.php.
- Smith C, Corripio A. En Principles and Practice of Automatic Process Control. Editorial Noriega-Limusa. E.E.U.U (1991).

- Tapias J, Ordóñez F. Diseño y simulación de una maquina llenadora-formadora para quesadillos. Universidad de San Buenaventura. Programa de Mecatrónica. Bogotá D.C. 2005.
- Timana J. Estudio para la instalación de una planta embotelladora de agua purificada en la ciudad de Talara -Piura. Universidad Católica de Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Chiclayo – Perú. 2018.
- Torres T. Propuesta de mejora del proceso de embotellamiento basado en la metodología TPM, para lograr elevar la eficiencia del sistema productivo en el área de envasado en una cervecería, Arequipa-2018. Universidad Tecnológica del Perú. Facultad de Ingeniería. Carrera de Ingeniería Industrial. Arequipa – Perú. 2019.
- Vargas W. Automatización de una maquina dosificadora de líquidos GRONINGER DFV-6001. Universidad Técnica del Norte. Facultad en Ciencias Aplicadas. Carrera en Ingeniería Mecatrónica. Ibarra – Ecuador. 2013.
- Velásquez Costa, J., & Gonzales Prado, J. (2017). Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico. *Industrial Data*, 20(1), 125–130. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13505>.
- Workers. WORKERS Equipo de envasado industrial. WORKERS Equipo de envasado industrial. [En línea] [Citado el: 02 de mayo de 2021.]. <http://www.maquinariaworkers.com/empresa>.

ANEXOS

Anexo 1

Equipo llenador



Mantenimiento del equipo



Equipo desarmado para su mantenimiento total



Ensamble del equipo



Nuevo tablero de control, con dos (02) PLC, uno para cada tipo de botella



Montaje para realizar las pruebas de funcionamiento del equipo



Pruebas de llenado verificar funcionamiento de dosificares y tomar tiempo a los actuadores







Programa en Ladder para el llenado de botellas

LLENADORA DE AGUA.zm2 - v0.0



Título

Información de programación

Autor : Autor

Nombre del documento : Título

Versión : 0.0

Módulo : SR2B121FU

Periodo de ejecución de la aplicación en el módulo : 8 x 2 ms

Acción del WATCHDOG : No activo

Tipo de Filtrado de Hardware de las Entradas : Lento (3 ms)

Teclas Zx inactivas

Formato de la fecha : dd/mm/yyyy

Cambio de horario de verano/invierno activo

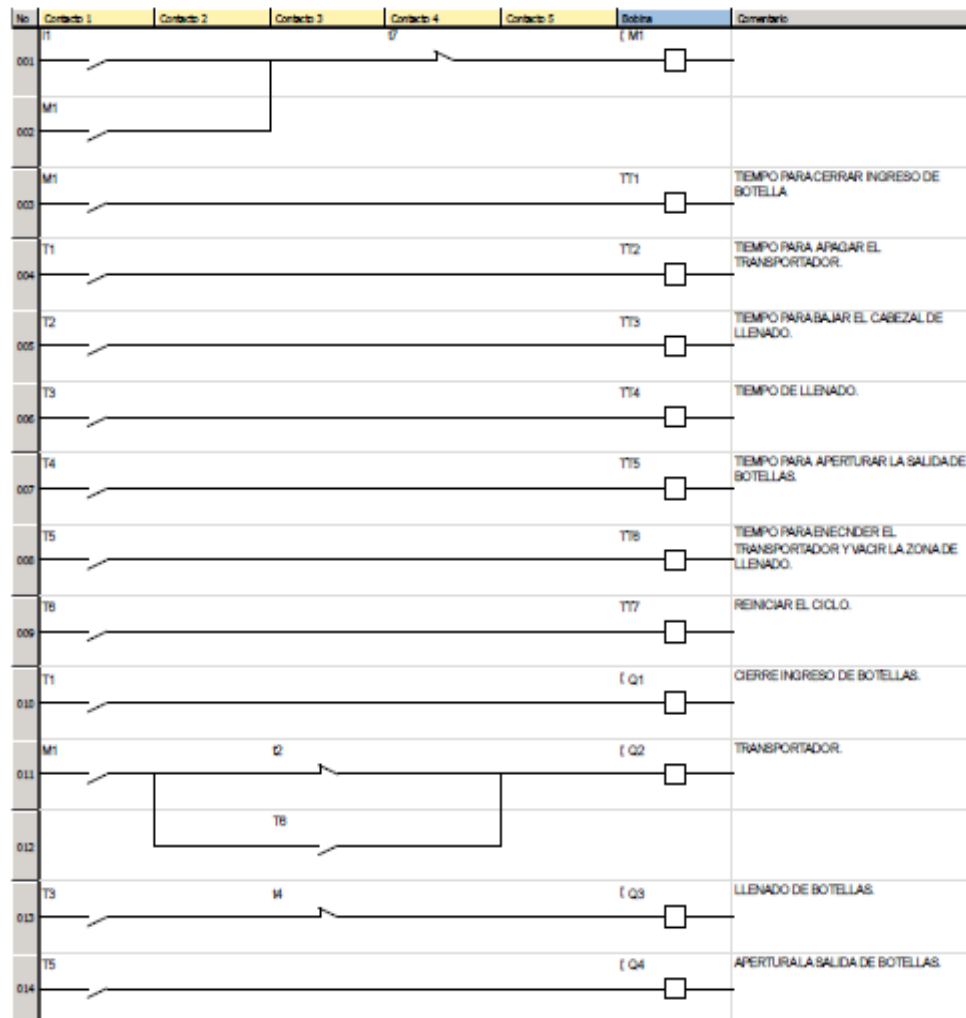
Zona : Europa

Cambio a horario de verano : Marzo, último domingo

Cambio a horario de invierno : Octubre, último domingo



Esquema del programa



Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
I1		Entradas DIG	—	No hay parámetros	(1/1)	

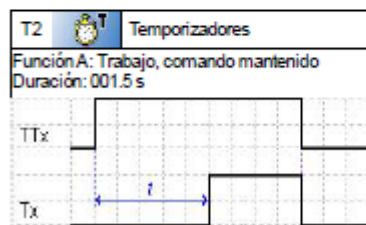
Salidas físicas

N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(10/6)	
Q2		Salidas DIG	No	(11/6)	
Q3		Salidas DIG	No	(13/6)	
Q4		Salidas DIG	No	(14/6)	

Funciones configurables

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (LC)	Comentario
M1		Relés auxiliares	—	No	No hay parámetros	(1/6) (2/1) (3/1) (11/1)	
T1		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(3/6) (4/1) (10/1)	
T2		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(4/6) (5/1) (11/3)	
T3		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(5/6) (6/1) (13/1)	
T4		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(6/6) (7/1) (13/3)	
T5		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(7/6) (8/1) (14/1)	
T6		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(8/6) (9/1) (12/3)	
T7		Temporizadores	No	No	Ver detalles a más distancia	(14) (9/6)	

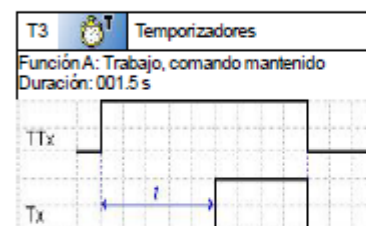
Temporizador

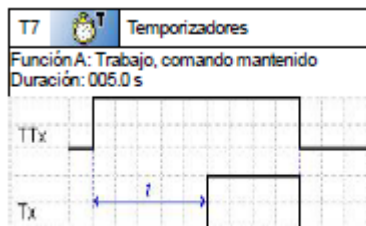
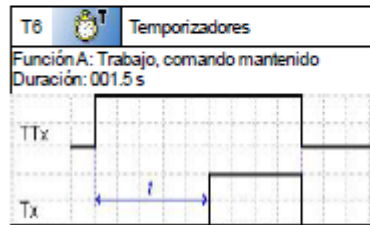
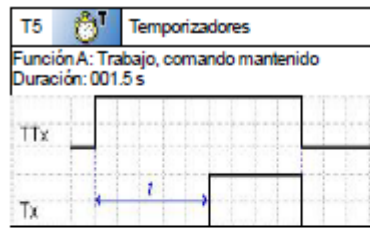


LLENADORA DE AGUA.zm2 - v0.0



Título





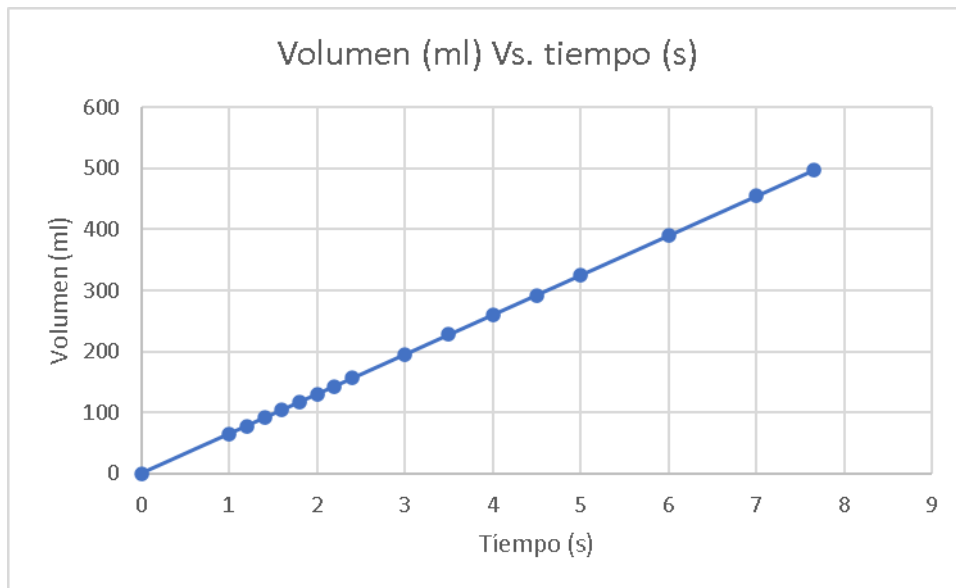
Cálculo del volumen de llenado aplicando la ecuación (3)

Datos:

G = Medido experimentalmente (ml)

t = tiempo (s),

G	tiempo (sg)	Volumen(ml)
0	0	0
65	1	65
65	1.2	78
65	1.4	91
65	1.6	104
65	1.8	117
65	2	130
65	2.2	143
65	2.4	156
65	3	195
65	3.5	227.5
65	4	260
65	4.5	292.5
65	5	325
65	6	390
65	7	455
65	7.65	497.25



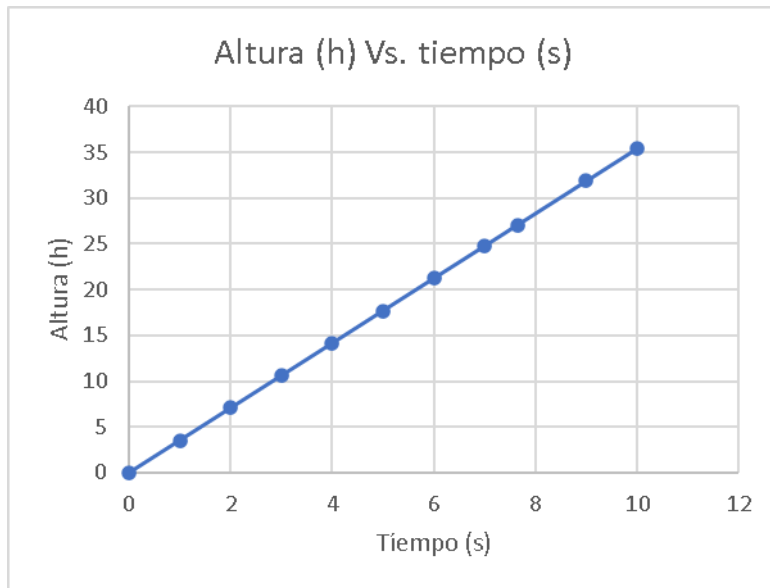
Cálculo de la altura de llenado aplicando la ecuación (6)

Datos:

G = Medido experimentalmente (ml)

A = 18.36 cm

ALTURA	G	AREA	TIEMPO (s)
0	65	18.3616	0
3.53	65	18.3616	1
7.07	65	18.3616	2
10.61	65	18.3616	3
14.16	65	18.3616	4
17.69	65	18.3616	5
21.23	65	18.3616	6
24.77	65	18.3616	7
27.08	65	18.3616	7.65
31.85	65	18.3616	9
35.39	65	18.3616	10



Las figuras (xxx) y (vvv) muestran un comportamiento lineal durante el proceso de llenado para los envases de 325 ml y 500 ml, mostrando dependencia directamente proporcional entre volumen vs. tiempo y la altura vs. tiempo.