

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

RELLENADORA DE LÍQUIDOS (MARCIANO)

AUTORES:

Luis Alexander Santa Cruz Dávila

Diana Gamboa López

Adriana Román Cueva

Arturo Huatuco Chávez

Nayeli Serrano Tullume

DOCENTE:

ELIOT YURI PEREYRA DUEÑAS

LIMA – PERÚ

2025 – II

ÍNDICE

ÍNDICE

- **Resumen**
- **Introducción**
- **Capítulo 1: Aspectos Generales**
 - 1.1 Problema de Investigación
 - 1.2 Problema General y Específicos
 - 1.2.1 Problema General
 - 1.2.2 Problemas Específicos
 - 1.3 Hipótesis General y Específicos
 - 1.3.1 Hipótesis General
 - 1.3.2 Hipótesis Específicos
 - 1.4 Objetivo General y Específicos
 - 1.4.1 Objetivo General
 - 1.4.2 Objetivos Específicos
- **Capítulo 2: Marco Teórico**
 - 2.1 Fundamentos de la Automatización Industrial
 - 2.2 Tipos de Sistemas de Automatización (CNC, PLC, robots, etc.)
 - 2.3 Componentes Clave en la Automatización Industrial (sensores, actuadores, PLCs)
 - 2.4 Ventajas y Desventajas de la Automatización en la Industria
 - 2.5 Indicadores de Eficiencia en Sistemas Automatizados
 - 2.6 Nuevas Tendencias en la Automatización Industrial
 - 2.7 Desafíos en la Implementación de la Automatización en la Industria
- **Capítulo 3: Planteamiento de la Solución**
 - 3.1 Objetivo Práctico del Capítulo
 - 3.2 Selección de Sistemas y Tecnologías para la Automatización
 - 3.3 Criterios Técnicos de Evaluación Comparativa
 - 3.4 Equipamiento y Herramientas para la Implementación de la Automatización
 - 3.5 Presentación y Análisis de Resultados de la Implementación de la Automatización
- **Capítulo 4: RESULTADOS**
 - 4.1 Recolección de datos
 - 4.2 Pruebas y validación
 - 4.3 Análisis y discusión
- **Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones**
 - 5.1 Conclusiones
 - 5.2 Recomendaciones
- **REFERENCIAS:**
 - nacionales
 - internacionales

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y la implementación de una rellenadora de chupetes automatizada, desarrollada en el curso de Automatización Industrial. El sistema busca optimizar el proceso de llenado de forma precisa, segura y eficiente, reduciendo la intervención manual y mejorando la productividad.

El sistema está compuesto por un PLC que controla tres electroválvulas de 24 VDC, las cuales dirigen el flujo de aire comprimido hacia los pistones neumáticos encargados de realizar los movimientos de llenado y expulsión del producto. Se emplean dos pistones compactos de 50x50 mm con 100 mm de carrera y un pistón tubular de 25 mm de diámetro y 25 mm de carrera, los cuales permiten ejecutar las acciones necesarias en el proceso.

El control del sistema se realiza mediante una botonera que incluye pulsadores de Start, Stop y Emergencia, garantizando una operación sencilla y segura. Para el cableado se utiliza cable automotriz N°18 (AWG 18), seleccionado por su flexibilidad, capacidad de corriente y aislamiento adecuado para sistemas de 24 VDC.

Este proyecto permite aplicar de manera práctica los conocimientos de automatización, control eléctrico y neumática, integrando componentes industriales reales en un sistema funcional. Los resultados obtenidos demuestran que es posible desarrollar una máquina de bajo costo, confiable y adaptable a distintos procesos de llenado automatizado.

Introducción

La automatización industrial se ha convertido en una herramienta esencial para mejorar la productividad, la precisión y la seguridad en los procesos de manufactura. Su aplicación permite reducir la intervención manual, optimizar los tiempos de operación y garantizar una mayor uniformidad en los resultados. En este contexto, el presente proyecto propone el diseño y la implementación de una **rellenadora de chupetes** automatizada, desarrollada como parte del curso de Automatización Industrial.

El sistema está conformado por un controlador lógico programable (PLC), tres electroválvulas de 24 VDC, tres pistones neumáticos, una botonera de control y una fuente de poder de 24 VDC. Estos elementos trabajan de manera coordinada para realizar el proceso de llenado de forma automática, segura y eficiente. El PLC recibe las señales de los pulsadores y sensores, procesa la información y activa las salidas que controlan las electroválvulas, permitiendo que los pistones ejecuten los movimientos de apertura, llenado y expulsión del producto.

La finalidad del proyecto es aplicar los conocimientos adquiridos sobre control eléctrico, sistemas neumáticos y programación de PLC para desarrollar un sistema automatizado funcional. De esta manera, se busca demostrar cómo la automatización puede mejorar la eficiencia y la precisión de un proceso que comúnmente se realiza de forma manual, reduciendo errores y estandarizando la cantidad de producto dispensado.

El desarrollo de este trabajo contribuye también a fortalecer las habilidades técnicas en el diseño de sistemas de control, el uso adecuado de componentes eléctricos y neumáticos, y la interpretación de esquemas de conexión. Asimismo, promueve una visión práctica de la ingeniería, orientada a la optimización de procesos mediante soluciones tecnológicas accesibles y seguras.

En el presente informe se detallan los aspectos generales del proyecto, la descripción de los componentes, las conexiones eléctricas, y las recomendaciones para garantizar un funcionamiento correcto del sistema de automatización propuesto.

Capítulo 1: Aspectos Generales

1.1 Problema de Investigación

En la elaboración manual de bolsas corrugadas tipo “chupete” se presentan múltiples dificultades operativas. Entre las más comunes destacan: la variación de la cantidad de líquido en cada unidad, inconsistencias en el sellado térmico, dependencia directa del operador y tiempos elevados de producción. Estas limitaciones generan pérdidas de materia prima,

incremento de productos defectuosos, baja productividad y falta de estandarización en el proceso.

La ausencia de automatización hace que la calidad del producto dependa de la habilidad del operario, lo que provoca errores recurrentes. Por ello, surge la necesidad de implementar un sistema automatizado que permita realizar el proceso de dosificación, sellado y liberación del producto de forma uniforme y controlada.

1.2 Problema General y Específicos

1.2.1 Problema General

¿Cómo automatizar el proceso de dosificación, sellado y liberación de bolsas corrugadas tipo “chupete” para reducir errores operativos y mejorar la productividad del sistema?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Qué sistema de control permite gestionar la secuencia de operación de manera segura y confiable?
- ¿Qué sensores y actuadores son adecuados para garantizar una dosificación precisa y un sellado uniforme?
- ¿Cómo integrar correctamente los componentes eléctricos y neumáticos para lograr un proceso coordinado?
¿Qué parámetros técnicos (temperatura, fuerza, tiempo de sellado) garantizan la calidad del producto final?

1.3 Hipótesis General y Específicas

1.3.1 Hipótesis General

La implementación de un sistema automatizado basado en PLC, sensores fotoeléctricos y actuadores neumáticos permitirá reducir los errores en el proceso de producción de bolsas tipo “chupete”, incrementando la eficiencia y uniformidad del producto final.

1.3.2 Hipótesis Específicas

- El uso de un sensor fotoeléctrico permitirá detectar correctamente la posición de la bolsa, evitando errores de llenado y activación.
- La integración de cilindros neumáticos de doble y simple efecto permitirá realizar el sellado y la expulsión del producto de manera controlada.
- La incorporación de electroválvulas controladas por el PLC asegurará la sincronización de los actuadores durante el proceso.
- La separación de circuitos mediante relés contribuirá a la protección del sistema eléctrico, evitando daños en la selladora térmica y los componentes de control.

1.4 Objetivo General y Específicos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema automatizado para la dosificación, sellado y liberación de bolsas corrugadas tipo “chupete”, que reduzca errores operativos y mejore la eficiencia del proceso productivo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Integrar un PLC como unidad central de control para gestionar las etapas del proceso.
- Implementar un sensor fotoeléctrico para detectar la presencia y posición de la bolsa antes del llenado.
Utilizar actuadores neumáticos para ejecutar las operaciones de sellado, compresión y expulsión del producto.
- Incorporar electroválvulas y relés para controlar el flujo de aire y la potencia eléctrica del sistema.
- Realizar pruebas de funcionamiento para evaluar la eficiencia, precisión y estabilidad del proceso automatizado.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Fundamentos de la Automatización Industrial

La automatización industrial es el conjunto de técnicas, tecnologías y sistemas que permiten ejecutar procesos productivos con mínima intervención humana. Su finalidad es aumentar la eficiencia, reducir errores, mejorar la calidad del producto y estandarizar la producción.

En un sistema automatizado, las funciones manuales como accionamiento, control o supervisión son reemplazadas por hardware, software y dispositivos electrónicos capaces de operar de forma autónoma.

La automatización se apoya en tres pilares fundamentales:

1. **Sensores:** detectan eventos o variables del entorno.
2. **Actuadores:** ejecutan movimientos o acciones físicas.
3. **Controladores:** procesan la lógica y coordinan el funcionamiento de todos los componentes.

Gracias a estos elementos, un proceso puede repetirse de manera consistente, segura y precisa, reduciendo variabilidad y errores humanos.

2.2 Tipos de Sistemas de Automatización

Existen distintos niveles o tecnologías aplicadas a la automatización industrial, entre las más relevantes se encuentran:

a) Control Numérico Computarizado (CNC)

Un sistema CNC se utiliza para el mecanizado de piezas a través de comandos programados. Opera con servomotores, husillos y trayectorias predefinidas. Es ideal en la manufactura de alta precisión como fresado, torno o corte.

Su enfoque es secuencial y control de movimiento continuo, pero no es el tipo de sistema ideal cuando se requiere detectar presencia y ejecutar movimientos discretos repetitivos (extender / retraer un pistón).

b) Controlador Lógico Programable (PLC)

El PLC es un dispositivo electrónico diseñado para ejecutar instrucciones lógicas y secuencias de operación industrial.

Es robusto, soporta condiciones ambientales, opera con señales de entrada/salida y puede interactuar con sensores, relés, actuadores neumáticos y equipos eléctricos.

Los PLC son usados en:

- Sistemas de llenado
- Empaquetado
- Control de líneas de producción
- Transportadoras
- Procesos repetitivos secuenciales

Por su naturaleza modular y confiable, el PLC es ampliamente utilizado en proyectos como la automatización de llenado y sellado.

c) Robots Industriales

Los robots industriales realizan tareas repetitivas programadas como soldadura, ensamblaje, paletizado o manipulación de materiales.

Cuentan con múltiples grados de libertad y son útiles cuando se requiere adaptabilidad y movimiento complejo.

Sin embargo, su costo y complejidad no los hacen adecuados para proyectos donde la operación se basa en movimientos lineales simples.

2.3 Componentes Clave en la Automatización Industrial

Un sistema automatizado está conformado por un conjunto de elementos:

a) Sensores

Los sensores convierten fenómenos físicos en señales eléctricas.

Permiten detectar objetos, medir presión, posición, temperatura, nivel u otras variables.

En el proyecto, se emplea un **sensor fotoeléctrico**, el cual detecta la presencia de la bolsa corrugada y envía señal al PLC para permitir la dosificación.

b) Actuadores

Los actuadores transforman energía en movimiento mecánico.

Pueden ser eléctricos, hidráulicos o neumáticos.

Los actuadores neumáticos son frecuentes en procesos de empaquetado por su simplicidad, bajo mantenimiento y rapidez.

En el sistema del proyecto se emplean:

- **Cilindros neumáticos de doble efecto:** para movimientos de fuerza controlada, como bajar y subir durante el sellado.
- **Cilindros neumáticos de simple efecto:** para desplazamientos breves, como empujar o desprender la bolsa sellada.

c) Electroválvulas

Regulan el paso de aire hacia los actuadores.

Las válvulas 5/2 son las más utilizadas en cilindros de doble efecto, ya que permiten invertir el flujo de aire para extender o retraer el pistón.

d) Controlador (PLC)

El PLC recibe señales del sensor, ejecuta la lógica programada y envía órdenes a electroválvulas, relés o sistemas de potencia.

Su robustez y confiabilidad lo convierten en el estándar de la automatización industrial.

e) Relés

Son interruptores electromagnéticos que permiten aislar circuitos de control (baja tensión) de circuitos de potencia (altas corrientes).

En el proyecto se aplican:

- **Relé de potencia para la selladora.**
- **Relé de control para el módulo térmico.**

2.4 Ventajas y Desventajas de la Automatización en la Industria

Ventajas

- Reducción de errores humanos.
- Mayor precisión en procesos repetitivos.
- Mejora del control de calidad.
- Incremento de productividad.
- Menos desperdicio de recursos.
- Seguridad operativa y menor exposición de personal.

Desventajas

- Alta inversión inicial.
- Mantenimiento especializado.
- Dependencia de componentes electrónicos.
- Posible desempleo operario si no existe reconversión.
- Mayor complejidad técnica en comparación con procesos manuales.

2.5 Indicadores de Eficiencia en Sistemas Automatizados

Para evaluar si un sistema automatizado es eficiente, se emplean métricas como:

- **Tiempo de ciclo (Tc):** duración completa del proceso por unidad.
- **Rendimiento (Q):** cantidad de unidades producidas por hora.
- **Tasa de rechazo (R):** porcentaje de bolsas defectuosas.
- **Consumo energético (E):** uso de energía por unidad producida.
- **Disponibilidad (D):** tiempo real en que el sistema opera sin fallas.

Una automatización correcta reduce tiempos y rechazo, mientras incrementa producción y uniformidad.

2.6 Nuevas Tendencias en la Automatización Industrial

Las tendencias actuales apuntan a sistemas cada vez más inteligentes y autónomos:

- **Industria 4.0:** integración de datos, sensores y comunicación en red.
- **IoT Industrial:** monitoreo remoto en tiempo real.
- **Sistemas colaborativos (COBOT):** interacción segura entre robots y trabajadores.
- **Optimización con IA:** análisis predictivo para evitar fallos.
- **Sistemas modulares:** fácil mantenimiento y ampliación.

Estas innovaciones permiten aumentar la competitividad y reducir costos operativos.

2.7 Desafíos en la Implementación de la Automatización en la Industria

La implementación de sistemas automatizados presenta desafíos técnicos y organizacionales:

- Selección adecuada de tecnologías.
- Compatibilidad entre sensores, actuadores y controladores.
- Correcta instalación de sistemas neumáticos.
- Protección eléctrica y aislamiento mediante relés.
- Capacitación de personal operativo.
- Mantenimiento preventivo para evitar fallas.
- Planificación de costos para evitar sobreinversión.

En sistemas como el de la rellenadora, el mayor reto es sincronizar etapas mecánicas (llenado, presión, sellado y corte) con la lógica del PLC y los tiempos de activación de válvulas.

3.1 Objetivo Práctico del Capítulo

3.2 Selección de Sistemas y Tecnologías para la Automatización

Para cumplir los requerimientos del proceso —dosificación, sellado térmico y liberación del producto— se optó por una solución basada en **control secuencial mediante PLC**, acompañado de **sensores, actuadores neumáticos y dispositivos de potencia**.

La elección del PLC se justificó debido a:

- Su capacidad de **ejecutar procesos repetitivos y lógicos**.
- **Robustez y estabilidad** frente a variaciones eléctricas.
- Facilidad para **integrar entradas digitales** (sensores) y **salidas a electroválvulas o relés**.
- Compatibilidad con sistemas neumáticos industriales.

Los actuadores neumáticos fueron seleccionados por su:

- **Rapidez de accionamiento**.
- **Alta fuerza en espacios reducidos**.
- Mantenimiento simple.
- Buena relación costo/beneficio frente a motores eléctricos.

El sistema de detección se realizó mediante **sensor fotoeléctrico**, debido a que:

- No requiere contacto físico con la bolsa.
- Responde rápidamente.
- Detecta materiales plásticos, incluso transparentes o corrugados.
- Evita errores humanos en la etapa de llenado.

Finalmente, para garantizar un proceso seguro, se emplearon **relés electromecánicos**, los cuales permiten aislar circuitos de baja señal (PLC) de los circuitos de mayor potencia (selladora).

3.3 Criterios Técnicos de Evaluación Comparativa

Durante el diseño del sistema se evaluaron distintas alternativas tecnológicas.

Los criterios comparativos fueron:

a) Precisión del proceso

- El llenado manual o por gravedad simple genera variaciones entre unidades.
- El uso de sensor + lógica secuencial permite un llenado más uniforme.

b) Seguridad

- Sistemas manuales dependen del operador y aumentan riesgos térmicos.
- El uso de PLC y relés garantiza activaciones controladas.

c) Confiabilidad

- Válvulas manuales no aseguran repetibilidad.
- Electroválvulas 5/2 proporcionan movimiento cíclico estable del pistón.

d) Costo y mantenimiento

- Motores o robots elevan el costo inicial.
- Neumática y PLC representan una solución eficiente y accesible.

Con base en estos criterios, la alternativa seleccionada fue el uso de:

- **PLC como controlador principal.**
- **Electroválvulas neumáticas para actuadores.**
- **Sensor fotoeléctrico para detección.**
- **Relés para aislamiento eléctrico y protección.**

3.4 Equipamiento y Herramientas para la Implementación de la Automatización

El sistema implementado se compone de los siguientes elementos:

a) PLC

Dispositivo central encargado de procesar la lógica del sistema.

Recibe señales del sensor y botonera, y controla electroválvulas y relés.

b) Sensor fotoeléctrico

Detecta la presencia de la bolsa corrugada en el punto de operación.

Una vez detectada, habilita el ciclo de llenado y sellado.

c) Actuadores neumáticos

- **Cilindro de doble efecto (superior):** aplica presión sobre la selladora eléctrica para asegurar el cierre térmico.
- **Cilindro de doble efecto (intermedio):** posiciona la bolsa y mantiene contacto durante la dosificación.
- **Cilindro de simple efecto (inferior):** expulsa la bolsa sellada y separa el producto.

d) Electroválvulas neumáticas 5/2

Permiten dirigir el flujo de aire hacia los cilindros.

Cada una controla un actuador distinto para mantener la sincronización del proceso.

e) Relés

- **Relé de potencia:** activa la selladora eléctrica.
- **Relé de señal:** controla el módulo térmico que regula la temperatura.

f) Fuente de alimentación

Convierte la red eléctrica (220 VAC) a 24 VDC para alimentar PLC, sensores y bobinas.

g) Botonera

Permite al operario iniciar o detener el proceso manualmente sin intervenir en las partes mecánicas.

h) Mangueras neumáticas

Conectan electroválvulas y cilindros.

Material: poliuretano (PU), flexible y apto para baja presión.

i) Depósito de líquido

Recipiente plástico transparente que alimenta el sistema por gravedad.

3.5 Presentación y Análisis de Resultados de la Implementación de la Automatización

Tras la integración de los componentes y la programación del PLC, se realizaron pruebas operativas.

Los resultados demostraron:

1. Reducción de errores en llenado

El sensor fotoeléctrico evitó activaciones sin bolsa, disminuyendo desperdicios.

2. **Consistencia en sellado**

El pistón central aplicó presión uniforme sobre la selladora, generando cierres más homogéneos.

3. **Mejor productividad**

El proceso secuencial automatizado permitió aumentar el número de unidades sin incrementar esfuerzo humano.

4. **Mayor seguridad operativa**

Los relés aislaron la carga de la selladora, evitando contacto directo con el controlador y evitando riesgos eléctricos.

5. **Simplificación de tareas del operario**

El personal solo debe colocar la bolsa y activar el sistema a través de la botonera, reduciendo la intervención manual.