

## Implementación de PLC-HMI para control y monitoreo en la automatización de una máquina emplayadora en la industria refresquera para empaquetado de Tetra Briks

### PLC-HMI implementation for control and monitoring in the automation of a packaging machine in the soft drink industry for Tetra Briks packing

E. Flores-García <sup>a</sup>, J. C. Quezada-Quezada <sup>b</sup>, I. Bautista-Mejía <sup>c</sup>, R. V.H. Calderón-Medina <sup>d</sup>

---

#### Abstract:

This work introduces the automation proposal for the packaging process of beverages in Tetra Brik package of 500 ml, in the Mexican company commonly known as Boing. The proposed system is constituted of automatic control technology PLC, which receives and registers information coming from measurement instruments, such as presence, photoelectric, proximity, inductive, and RTD sensors; this information allows executing control actions based on the control logic developed and programmed in the PLC, in order to send control signals to the actuators intervening in the process development, such as electric resistances, electric motors, pneumatic pistons, alarms, and indicator lamps. The process begins by moving the product through a conveyor according to the requested quantity, 3 or 6 juice packs in 500 ml presentation, being this the first parameter that must be specified through a HMI, which starts the machine operation for the beverage packaging process. This automation proposal takes as initial control actions turning on a furnace and a compressor, and consequently, the system starting, to proceed with the stages of distribution, sealing, and moulding of the required product.

#### Keywords:

Automation, HMI, Industrial process, Ladder diagram, Packaging, PLC, Tetra Pak

---

#### Resumen:

En este trabajo se presenta la propuesta de automatización del proceso de empaquetado de bebidas en envase Tetra Brik de 500 ml, en la empresa mexicana conocida comúnmente como Boing. El sistema propuesto está constituido por tecnología de control automático PLC, el cual recibe y registra información captada por instrumentos de medición, tales como sensores de presencia, fotoeléctricos, de proximidad, inductivos, y RTD, que permite ejercer acciones de control con base en la lógica de control desarrollada y programada en el PLC, para enviar señales de control a los elementos actuadores que intervienen en el desarrollo del proceso, tales como resistencias eléctricas, motores eléctricos, pistones neumáticos, alarmas y lámparas indicadoras. El proceso comienza desplazando el producto a través de un transportador o *conveyor* según la cantidad solicitada, 3 o 6 cajas de jugo en presentación de 500 ml, siendo lo primero que se debe especificar a través de una HMI, lo cual inicia la operación de la máquina del proceso de empaquetado de bebidas para su empaquetamiento. Esta propuesta de automatización toma como acciones de control iniciales encender un horno y un compresor, consecuentemente el arranque del sistema para proceder a las etapas de distribución, sellado y moldeado del producto requerido.

#### Palabras Clave:

Automatización, Diagrama de escalera, Embalaje, HMI, PLC, Proceso industrial, Tetra Pak

### Introducción

Los sistemas controlados automáticamente dentro de algún proceso industrial, constituyen una mejora en la cadena de producción, puesto que el uso de sistemas automatizados no es en sí un lujo, sino una necesidad;

con tal razón, el presente trabajo se enfoca en el proceso industrial de empaquetado, mejor conocido como emplayado por la acción de envolver o empaquetar usando hule playo, de 3 y 6 envases Tetra Brik® de bebida de jugo, conocida comúnmente en el mercado mexicano como Boing® 500 ml, que actualmente se

---

<sup>a</sup> Autor de correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tizayuca, <https://orcid.org/0000-0002-4606-8217>, Email: [efloresg@uaeh.edu.mx](mailto:efloresg@uaeh.edu.mx)

<sup>b,c,d</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tizayuca, <https://orcid.org/0000-0003-3125-3708> - jcarlos@, ba319489@, rafael\_calderon@ (uaeh.edu.mx)

producen en la empresa refresquera denominada Sociedad Cooperativa Trabajadores de Pascual S.C.L. Dicho proceso se realiza de forma manual, empleando personal que estiba y guarda el producto en bolsas plásticas con cantidades determinadas, lo que implica una producción que pudiera considerarse lenta y de calidad cuestionable. Actualmente, en el mundo existe maquinaria capaz de realizar el empaquetado de envases de jugo del mismo material, pero específicamente para el proceso de empaquetado de 3 y 6 envases con la presentación antes mencionada, son considerablemente escasas. Por ello, mediante el presente proyecto, se realiza la propuesta de adaptación de la maquinaria actual existente en la empresa para desarrollar ese proceso específico, lo que se cree representa una mejora significativa para la empresa, en el proceso, teniendo como beneficio incrementar la rapidez y mejorar el formado de paquetes en la producción. Con base en la consulta de información relacionada con la máquina que se emplea actualmente para esa etapa, hasta donde se logró averiguar, se identificó que no hay máquina específica y especializada para el empaquetado con las características requeridas.

Existen empresas que desarrollan maquinaria automática para tales fines, pero para productos distintos, en el rubro alimentario, médico, refresquero, entre otros. Una de ellas es ABB [1], donde se provee maquinaria para todo el mundo a empresa dedicadas al empaquetado y embalaje, lo cual promete a sus productos tener características que garanticen la calidad y durabilidad del contenido, así como los requerimientos de formado de empaques para guardar y transportar el producto.

Además, hay asociaciones que se encargan de regular y normar el embalaje de productos, como el Instituto de Ingeniería de Procesos y Embalaje [2], que desarrolla normas que se deben aplicar para obtener productos con calidad en su empaquetado, en función de la materia prima empleada. Para una elección adecuada del material a utilizar para resguardar un producto, existe un amplio catálogo con especificaciones necesarias a tener en cuenta, entre las que destacan la durabilidad, rigidez, toxicidad, entre otras; el cual puede ser consultado en la publicación sobre envases y embalajes [3].

## Historia del arte Definiciones

**Empaque.** Material que protege un artículo envolviéndolo con o sin envase, con el fin de preservarlo y facilitar su entrega al consumidor.

**Embalaje.** Caja o envoltura que protege las mercancías para su transporte.

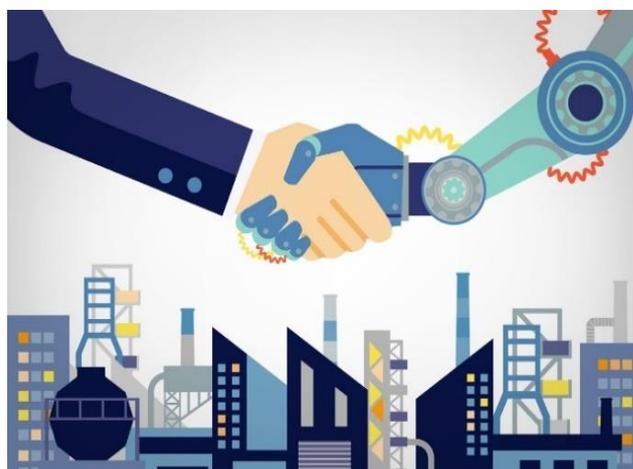


Figura 1. La automatización en la industria [12].

**Emplayado.** Método consistente en envolver productos en hule *poliestrech*.

**Tetra Brik Aseptic.** Envase de lámina gruesa de aluminio como barrera y un tratamiento de esterilización de corta duración.

### Cronología del embalaje

- 8000 a.c Se crean vasijas de barro sin cocer y arcilla.
- 1200 d.c El papel llega a España.
- 1800 Se vende mermelada en frasco y se utilizan los cartuchos de hojalata soldada a mano para alimentos secos.
- 1850 Cajas de cartón cortadas y dobladas a mano, tapón roscado.
- 1901 surge la revolución industrial. Aparece el plástico, uniéndose al papel, cartón y vidrio como elementos principales del embalaje.
- En 1911 nace la industria de los envases flexibles. Tetra Pak se inició en la década de los 50 convirtiéndose en uno de los principales abastecedores a nivel mundial de sistemas de envasado flexible.

## Importancia del empaque y embalaje

La parte del proceso más delicada es la distribución o transporte del producto al mercado global; esta acción conlleva una serie de requerimientos de empaque y embalaje que garantice que el producto llegará en buen estado al lugar de destino. Un empaque apropiado es importante para proteger, almacenar y manipular el producto de forma segura; por lo que cada empaque debe ser diseñado para proteger el producto en su desplazamiento, desde la línea de producción hasta llegar al consumidor final.

Un empaque con malformaciones de manufactura puede resultar catastrófico para el fabricante, exportador y repartidor; pudiendo representar factores como descomposición del producto, maltrato del empaque, hasta muy posible el rechazo de la compra por parte del consumidor, resultando en pérdidas económicas significativas.

## Empacadora industrial

Es una máquina que cumple con la tarea de agrupar unidades de un producto considerando su manipulación, transporte y almacenaje; son máquinas muy completas, con alto grado de automatización, constituidas por componentes electrónicos, mecánicos, neumáticos, así como software. Por ejemplo, la mostrada en la Figura 2.

## Clasificación de máquinas empacadoras de tipo industrial

*Sistema horizontal.* Desarrolla el proceso de empaque del producto de forma horizontal, de ahí su nombre; posee una banda apoyada con rodillos accionados con motores para su funcionamiento. La Figura 3 presenta un ejemplo de este tipo de máquina.

*Sistema vertical.* Constituida de una tolva o embudo; posee un sensor encargado de verificar la porción de producto que se desea envolver; tiene cuello y tubo de formado por donde viaja el plástico obteniendo la forma para cada empaque; consta también de un mecanismo de cadenas de arrastre, engranes, un moto-reductor, y bandas que alimentan el plástico hacia el tubo por medio de fricción generada por el arrastre del mismo, suministrándolo sin dañarlo. Actualmente, al sistema se le ha incorporado la electrónica para su control de operación, permitiendo controlar todas las variables involucradas en el proceso. La Figura 4 muestra un ejemplo de este tipo de empacadora.

## Tipos de sellado

*Por ultra frecuencia.* Consiste en colocar el termoplástico entre dos electrodos usándolo a manera de dieléctrico [4].



Figura 2. Empacadora automatizada industrial [13].



Figura 3. Máquina de emplayadora horizontal Tetra Pak® Tray Shrink 30 [14].

*Por gas caliente.* Técnica de unir materiales plásticos los cuales son calentados por un chorro de aire o gas inerte que es previamente aumentado en su temperatura [4].

*Por resistencias eléctricas.* Se basa en una "mordaza caliente" que produce una unión del tipo sello por presión; la temperatura se controla utilizando resistencias eléctricas montadas dentro y/o fuera de la mordaza fabricada de un buen conductor térmico [4].

*Por impulso eléctrico.* El elemento que realiza el sellado es una resistencia del tipo banda, que es calentada solo en una porción de tiempo para el ciclo de sellado [4].

*Por impulso.* Permite remover el calor rápidamente después de que el sello se ha producido, teniendo presiones mayores sin flujo de material fundido; produciendo una unión más resistente y una apariencia más limpia y homogénea [4].

### Sensor fotoeléctrico de tipo reflexivo

Se emite un haz luminoso desde el elemento emisor de luz, el cual es recibido por el elemento receptor de luz [5].



Figura 4. Máquina neumática vertical para productos en polvo [15].

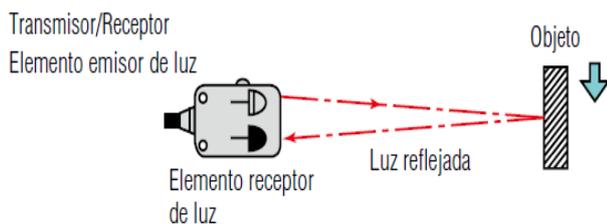


Figura 5. Principio de funcionamiento del sensor fotoeléctrico de tipo reflexivo [5].

### Sensor fotoeléctrico de barrera

El transmisor y el receptor están separados; cuando el objeto se encuentra entre éstos, se interrumpe la luz [5].

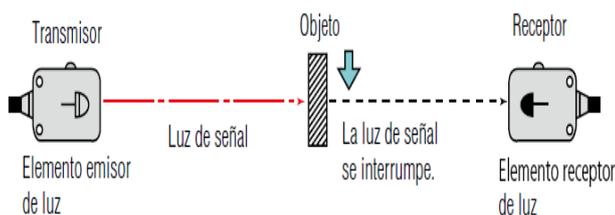


Figura 6. Principio de funcionamiento del sensor de barrera fotoeléctrico [5].

### Sensor inductivo de tipo ferroso

Cuando un objeto metálico se acerca al campo magnético, fluye una corriente de inducción en el objeto; conforme el objeto se acerca al sensor, aumenta el flujo de corriente de inducción. El sensor detecta este cambio

en el estado de oscilación mediante el circuito de detección de amplitud, y emite una señal de detección [5].

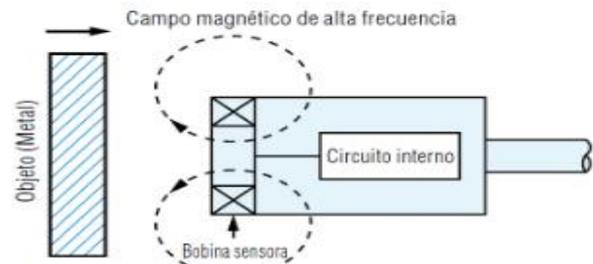


Figura 7. Principio de funcionamiento del sensor inductivo [5].

### Sensor inductivo de tipo no ferroso

Cuando un objeto de metal no ferroso, como el aluminio o el cobre, se acerca al sensor, la frecuencia de oscilación aumenta; cuando la frecuencia de oscilación se vuelve mayor que la de referencia, el sensor emite una señal de detección [5].

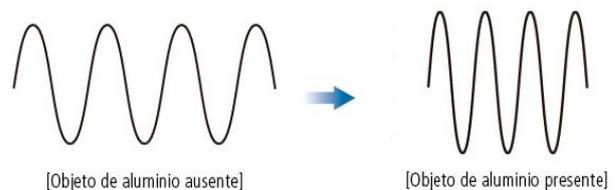


Figura 8. Principio de funcionamiento del sensor inductivo no ferroso [5].

### Termopar

Un termopar es un detector de temperatura basado en resistencia, que varía el valor, en términos de una señal eléctrica, en función de la temperatura del objeto.

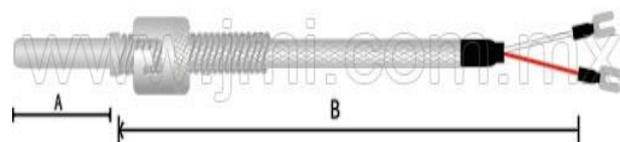


Figura 9. Termopar tipo J [16].

### Desarrollo

En la industria, las etapas de producción y empaquetado de productos demandan gran cantidad de empleados, implicando inconvenientes; uno de ellos se genera por el tiempo que tarda cada trabajador en empaquetar producto en bolsas plásticas, dependiendo

la requisición. Otro problema surge cuando un obrero empaqueta productos rápidamente sin tener conciencia de su trabajo; el producto se maltrata, además de que comienza a acumularse, porque el empleado tiene que corregir o retirar el producto que se haya dañado, creando pérdidas económicas, generando y ocasionado retrasos, y afectando las demás etapas que conforman el proceso de empaquetado final.

En el presente trabajo se presenta una propuesta de automatización de una máquina para el proceso de empaquetado en la empresa Boeing, que esencialmente radica en la adaptación de maquinaria actual ahí existente, mediante varias etapas; se incorpora una HMI para dar marcha al sistema y monitorear el proceso. La primera fase de adaptación consiste en una banda transportadora donde serán desplazados los envases *Tetra Brik* de los jugos recién producidos; a su paso por la banda, se encuentra la etapa de freno mecánico y un sensor contador encargado de registrar la cantidad de productos que pasan, según lo requerido, 3 o 6 piezas; esta información de conteo es recibida por el PLC (*Programmable Logic Controller*) y monitoreada en la HMI (*Human-Machine Interface*) para dar paso a la siguiente etapa de distribución, donde se tienen dos pistones encargados de centrar y acomodar la carga, permitiendo que los productos puedan ser desplazados a la siguiente etapa que es la de sellado, donde se realiza el empalme del plástico por medio de una resistencia eléctrica. Esta etapa consta de un pistón acoplado a una estructura tipo guillotina encargada de presionar el plástico contra la resistencia; además, está vinculada a la etapa de alimentación de hule playo, esto es, en el momento que el producto está siendo desplazado en la fase de sellado, la etapa de alimentación acciona los rodillos de hule suministrando el necesario para realizar el empaquetado de los productos. Llegado a este punto, el producto pasa a través de un horno de encogimiento de hule playo, desplazado por un transportador, para darle firmeza o formado a cada paquete.

Para cada etapa antes mencionada, la tecnología PLC-HMI implementada permite realizar el control y monitoreo del sistema, ejecutando las acciones de control de cada parte de la máquina integrada por las etapas de transporte, freno mecánico, distribuidor, alimentador, sellado, y horno de encogimiento.

En caso de presentarse alguna falla o algún producto atorado, se activa una alarma sonora para indicar al operador que debe verificar el sistema y reanude la producción.

En la imagen de la Figura 10 se muestran las variables a controlar en el sistema, las cuales son, temperatura para el horno de encogimiento y la resistencia eléctrica; velocidad para bandas transportadoras y rodillos de hule playo; presión de aire para actuar los pistones neumáticos; y corriente para las selladoras de bolsas plásticas. Además, se muestran los elementos fundamentales para ejercer las acciones de control, como motores, variadores de frecuencia, sensor contador, pistones neumáticos, electroválvulas, y las selladoras por resistencia eléctrica.

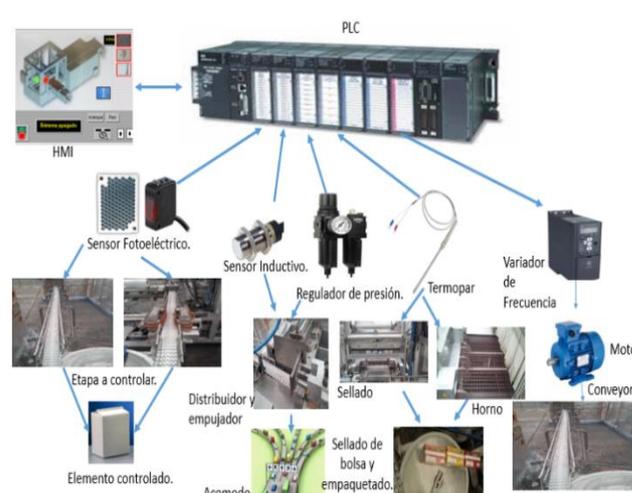


Figura 10. Variables a controlar y tecnología a implementar.

Con el propósito de emplear un motor óptimo para el movimiento de las bandas y los rodillos, se recurrió al manual para el cálculo de la potencia de un motor, desarrollado en este caso por la empresa WEG [6], de igual manera, se utilizó el manual de Festo [7] para actuadores neumáticos, para conocer las dimensiones y especificaciones que se consideraron adecuadas para la máquina empaquetadora [8]; todo lo anterior, con base en normas para la instalación de maquinaria y protocolos de comunicación [9].

### Modelo tecnológico

Un modelo a escala que realice las funciones características y relevantes de la máquina empaquetadora automatizada, permite verificar que el sistema cuenta con los algoritmos de control y las tecnologías pertinentes para poder llevarlo al sistema real; el modelo tecnológico propuesto en este proyecto es de tipo industrial, es decir, implementa la tecnología de control PLC que, por sus características, permite ejecutar secuencias de operación de la máquina,

además de permitir manipular simultáneamente varios elementos de entrada y salida; asimismo, se emplea una computadora para el diseño, mediante el software *Cimplicity*<sup>[10]</sup>, y ejecución de la HMI.

Por su parte, los sensores fotoeléctricos, de presencia, contador, inductivo de proximidad, de temperatura; la selladora por resistencia eléctrica; pistones neumáticos; electroválvulas neumáticas; compresor de aire; variadores de frecuencia; motores eléctricos; son elementos que constituyen los materiales considerados para la composición del sistema automatizado.

El desarrollo del modelo tecnológico posibilita la simulación y verificación de la puesta en marcha y el funcionamiento del sistema; para ello, la operación de esos componentes es equiparada, por ejemplo, las cadenas de arrastre por pistones neumáticos con su adecuación para realizar el movimiento de provisión de envases, implicando la inclusión de un sistema compresor y las electroválvulas. En el modelo se usan motores trifásicos para representar el accionamiento de las bandas transportadoras a modo de simulación, y consecuentemente se emplea el variador de frecuencia para regular la velocidad de los motores.

La máquina está estructurada por etapas; transporte, freno mecánico, distribuidor con pistones neumáticos, alimentador de hule, sellado, y horno de encogimiento. En la primera fase, la banda transportadora desplaza los jugos recién producidos y moldeados (recibidos de la etapa anterior); en ese transcurso, se tiene una etapa de frenado mecánico y un sensor contador que registra el número indicado de envases que se debe permitir pasar, 3 o 6, según lo seleccionado por el usuario desde la HMI; en la siguiente etapa de distribución, con base en la cantidad de jugos provistos, se prosigue a centrar y empujar los envases a la siguiente etapa de sellado, dejando los envases listos para envolver con el hule playo; un sensor de presencia registra el paso del producto para accionar el rodillo del hule que lo distribuye al paquete en la cantidad necesaria; entonces, inicia la siguiente etapa que consiste en cortar y sellar el paquete envuelto, donde al final de ésta se encuentra el horno de encogimiento encargado de dar firmeza al empaquetado; en la última etapa del proceso, el producto empaquetado cae en un depósito para posteriormente ser almacenado.

### Programación e Interfaz

En la industria, es demasiado común ver procesos que son controlados por PLC; además, se pueden ver aplicados diferentes protocolos de comunicación, que

son un conjunto de reglas que permiten que diversos dispositivos puedan interactuar en una red. Un PLC es un dispositivo electrónico empleado en ambientes industriales que reemplaza a los elementos secuenciales de relevación, y se utiliza en etapas monitoreadas en tiempo real; asimismo, puede operar en situaciones poco favorables de oscilación, temperatura, ruido industrial, agua, polvo, etc., lo que lo hace viable y robusto.

Actualmente existen cinco lenguajes normados a nivel internacional por el estándar IEC-61131-3<sup>[11]</sup> para la programación de PLCs; uno de esos es el de Diagrama Escalera (LD, *Ladder Diagram*), de los más utilizados en las industrias por su nivel gráfico de aplicación y apreciación. Por mencionarlos, los otros cuatro lenguajes son Texto Estructurado (ST, *Structured Text*), Lista de Instrucciones (IL, *Instruction List*), Diagrama de Bloques de Funciones (FBD, *Function Block Diagram*), y Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC, *Sequential Function Chart*).



Figura 11. Máquina empaquetadora con modificación en la empresa Pascual Boing.



Figura 12. PLC GE-Fanuc 90-30<sup>[17]</sup>.

En el presente proyecto, se utiliza el lenguaje LD para la programación de los algoritmos de control de la máquina empaquetadora; el cual se basa en el funcionamiento de relevadores electromagnéticos.

La HMI, es un software digital que permite monitorear y controlar remotamente un proceso ejecutándose en tiempo real; lo cual es de mucha utilidad, especialmente cuando la intervención directa del personal no es viable para el control de la máquina o el proceso, por ejemplo,

una planta generadora nuclear. En la industria existe una gran cantidad de maquinaria que tiene integrada una HMI para facilitar la operación y el monitoreo de los procesos; en este trabajo, la interfaz gráfica se desarrolló mediante el software *Cimplicity*<sup>[10]</sup>; ésta se muestra en la Figura 13, donde se visualiza la máquina industrial empaquetadora de 3 y 6 productos.

La Figura 14 presenta una vista general de la máquina con las etapas que se le han mejorado; para dos de éstas, se cuenta con dos bandas transportadoras, ambas horizontales; la primera corresponde al transportador principal, y la segunda al horno de encogimiento de hule playo.

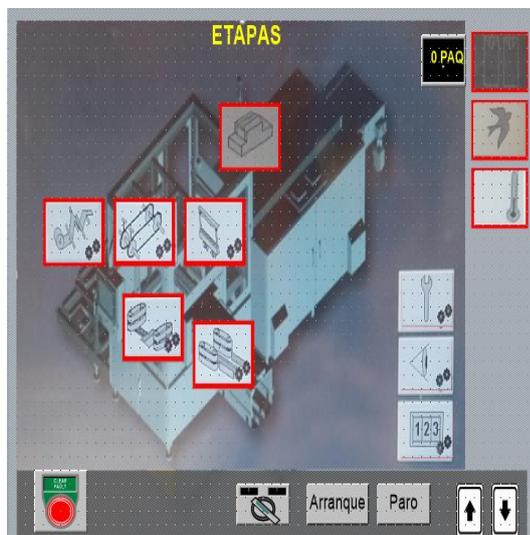


Figura 13. HMI de operación de la máquina empaquetadora.

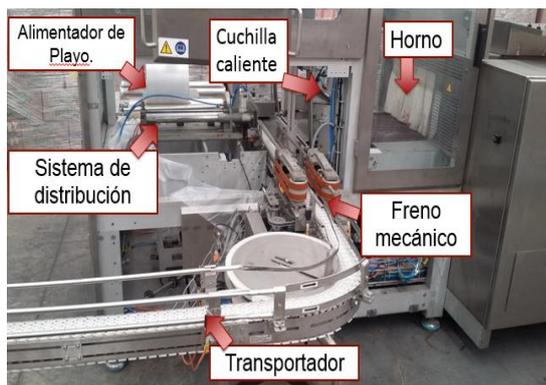


Figura 14. Máquina implementada en la empresa Pascual Boing.

En la primer banda inicia el proceso de transporte del producto que se desplaza hacia la etapa de frenado, donde a su interior hay un sensor contador que permite controlar el paso del producto, 3 o 6 envases, según requiera la producción; con la cantidad requerida,

prosigue la etapa de distribución que consiste en un juego de pistones neumáticos encargados de centrar y empujar los productos para proceder a envolverlos en hule playo, que a su vez son dirigidos a la etapa de sellado donde se efectúa el pegado del hule; una vez que el paquete se envolvió completamente, es dirigido al horno de encogimiento donde se da firmeza al plástico que envuelve cada paquete, terminando así el proceso de empaquetado.

A continuación, se explica de manera general la programación de los algoritmos de control, desarrollada en LD mediante el software *Proficy Machine Edition 8.0*; dividida para cada etapa del proceso. La manera de relacionar la lógica en LD con la HMI, es mediante el direccionamiento de los operadores booleanos dirigidos a los botones de la parte inferior de la HMI; entre ellos destaca el botón de paro de emergencia con su lámpara indicadora de operación, que permite visualizar que el sistema está detenido forzosamente.

### Algoritmos de control en LD Rutina Principal

En la Figura 15 se muestra las líneas de programación para el arranque, paro, paro de emergencia y selección de cantidad de producto (3 o 6 jugos). También se incluye el inicio de la producción; esto es, antes del arranque de la máquina, el encendido del horno de encogimiento (resistencia), sellado (resistencia eléctrica), y la presión de aire (encender compresor).

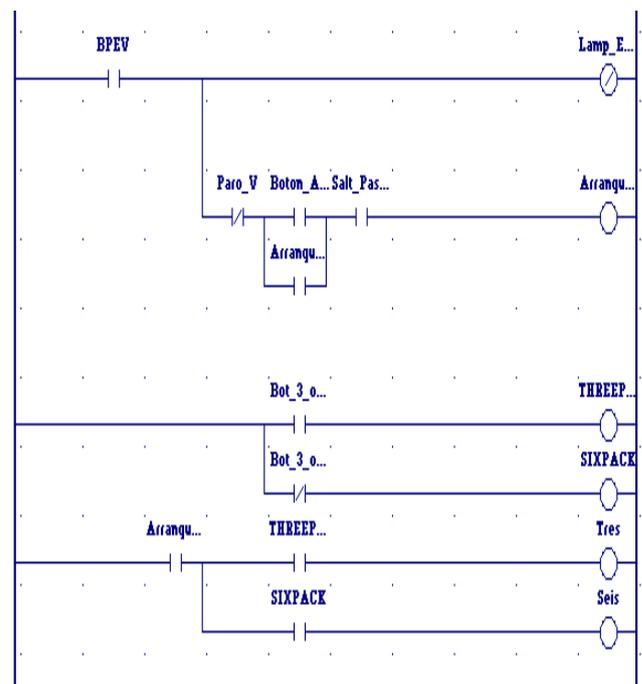


Figura 15. Algoritmo de control rutina Principal.

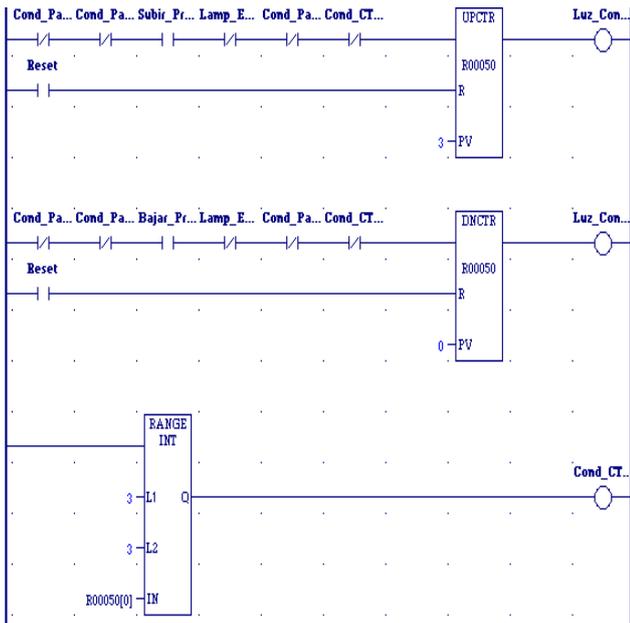


Figura 16. Algoritmo de control Inicio producción.

### Rutina Transportador

Control de transportador, donde inicia el desplazamiento del producto; aquí se controla la velocidad del motor vinculando la señal Motor1 a un variador de frecuencia.

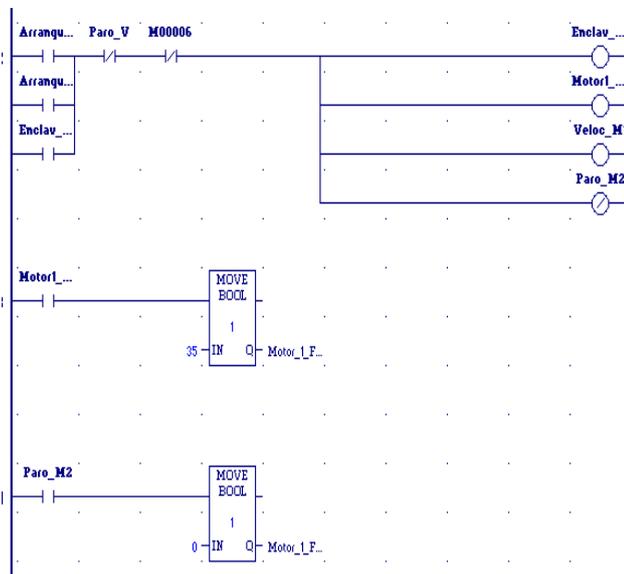


Figura 17. Algoritmo de control rutina Transportador.

### Rutina Freno mecánico

Incluye un contador para el control del paso del producto, 3 o 6 piezas, mediante un sensor (Sens\_Cont) asociado a un contacto normalmente abierto; mientras el producto pasa a través del freno, el sensor registra el conteo en el bloque UPCTR, que es un contador de

subida; mientras no se cumpla la cantidad solicita de producto que pasa a través del freno, éste permitirá que la bobina (Enc\_Fren) esté activa permitiendo accionar el motor del freno, de lo contrario éste procederá a detenerse.

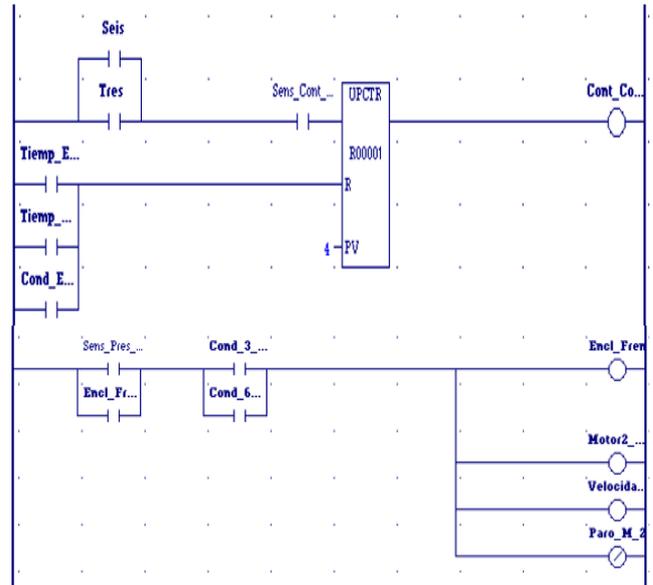


Figura 18. Algoritmo de control rutina Freno mecánico.

### Rutina Distribuidor

Corresponde a la activación de los pistones neumáticos encargados de centrar y empujar el producto a la etapa de sellado; esta secuencia está dada para las dos posibilidades; 3 o 6 envases. Figuras 19 a 21.

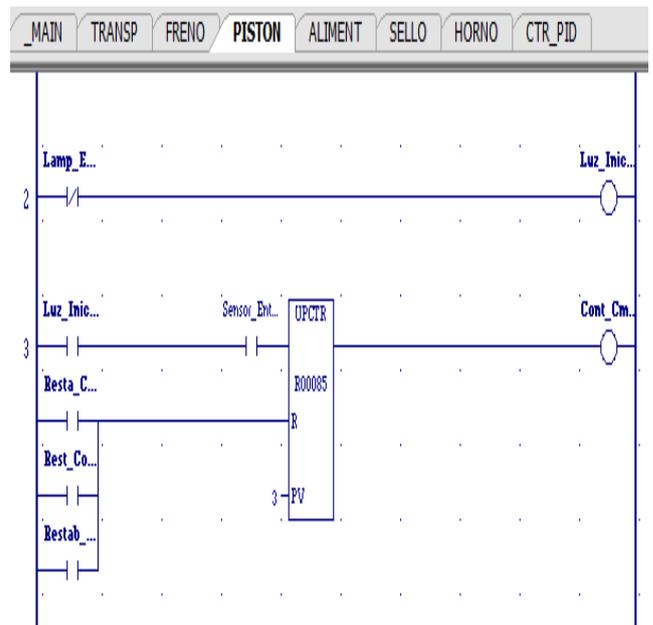


Figura 19. Algoritmo de control rutina Distribuidor.

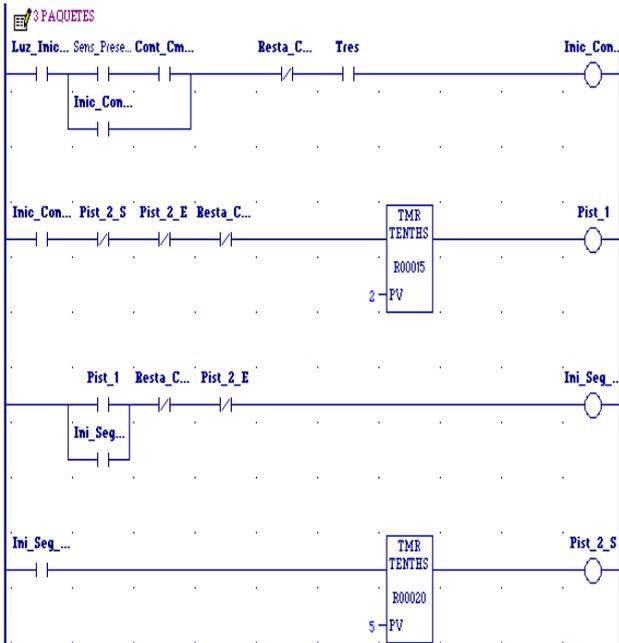


Figura 20. Algoritmo de control rutina Distribuidor.

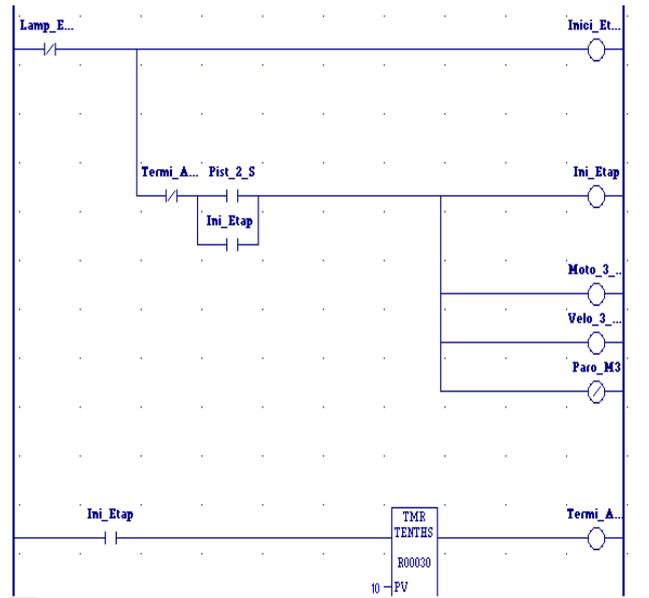


Figura 22. Algoritmo de control rutina Alimentador de hule playo.

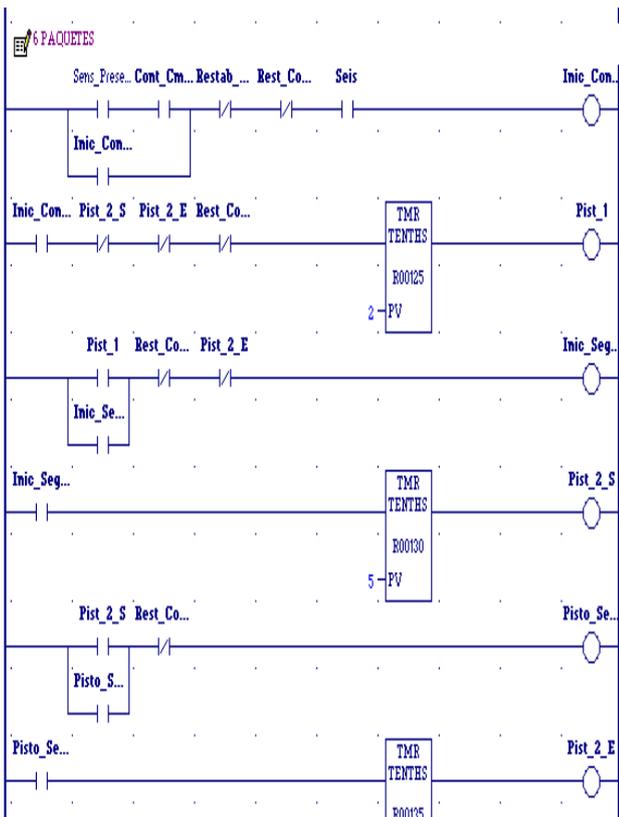


Figura 21. Algoritmo de control rutina Distribuidor.

#### Rutina Alimentador de hule playo

Vinculada con la etapa anterior, mientras el pistón es accionado para empujar el producto, activa la bobina Motor\_3, que corresponde a los motores del alimentador de hule playo.

#### Rutina Sellado

En el momento que el sensor detecta presencia de producto, se activa la bobina Pist\_Cuc, que corresponde al accionamiento de un pistón de simple efecto que acciona al sellador en forma de cuchilla.

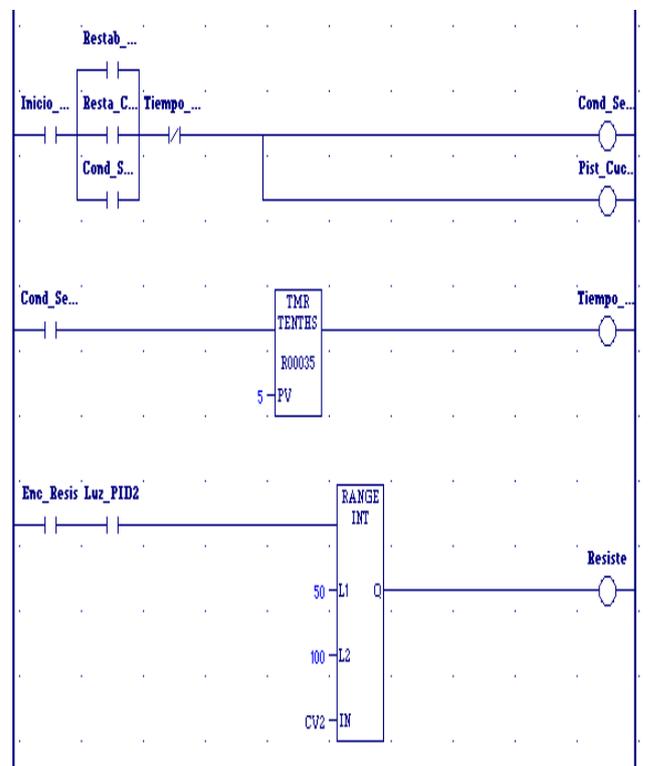


Figura 23. Algoritmo de control rutina Sellado.

### Rutina Horno de encogimiento

Control del encendido del horno de encogimiento; desde el momento en que se arranca el sistema debe encender y permanecer así. La banda transportadora que está en su interior debe estar siempre en funcionamiento, para evitar que la cinta, hecha de material plástico macizo, se pueda quemar debido al calor.

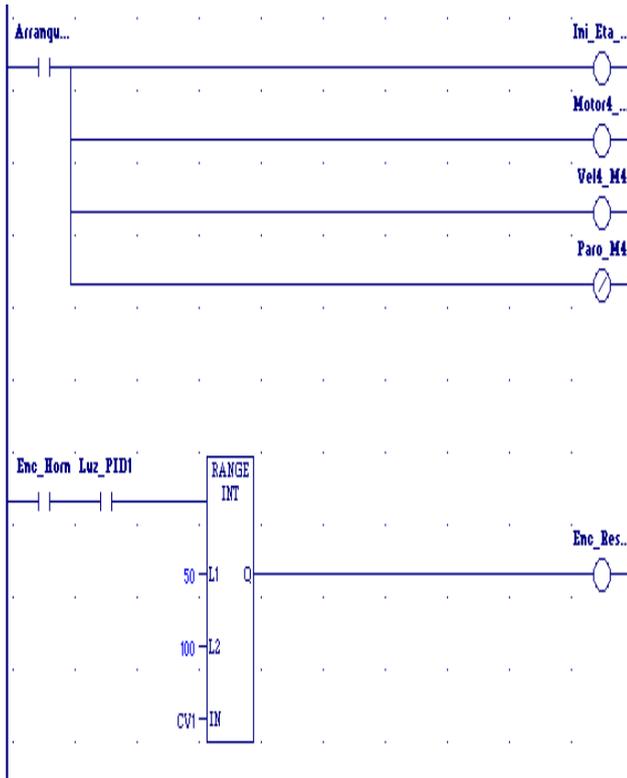


Figura 24. Algoritmo de control rutina Horno de encogimiento.

Mantener la cinta en movimiento proporciona ventilación para no ocasionarle alguna deformación en su estructura que pudiera llegar a provocar falla en el sistema.

### Rutina Control PID temperatura

Algoritmo para un control tipo PID de temperatura, tanto para el horno como la resistencia eléctrica del sellado.

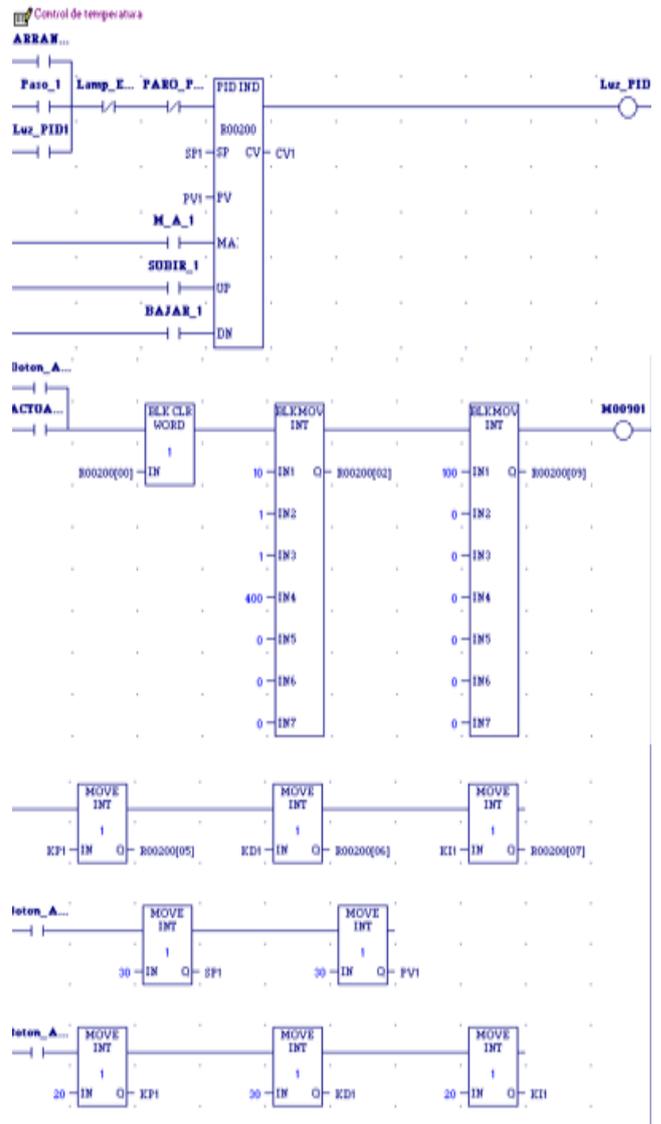


Figura 25. Algoritmo rutina Control PID temperatura.

### Operación de la HMI

En la HMI mostrada en la Figura 26, del lado derecho se encuentran tres recuadros: un termómetro (encender resistencia), una paloma (encender presión de aire) y dos empaques (iniciar producción); en la parte inferior derecha se encuentran dos botones con una flecha cada uno, los cuales permiten subir o bajar el paso a la máquina según se requiera; una vez que se llega a la etapa de producción, se habilita el botón de arranque y el selector de productos a trabajar, para poder dar inicio al proceso de empaquetado.

Se anexó una sección de ajustes que permite monitorear cada parte de la máquina, a la que se accede mediante el botón azul con una llave herramienta, que abre la pantalla de la Figura 27, mostrando las etapas del

proceso; al dar clic en alguna de ellas, se muestran los elementos que están interactuando.

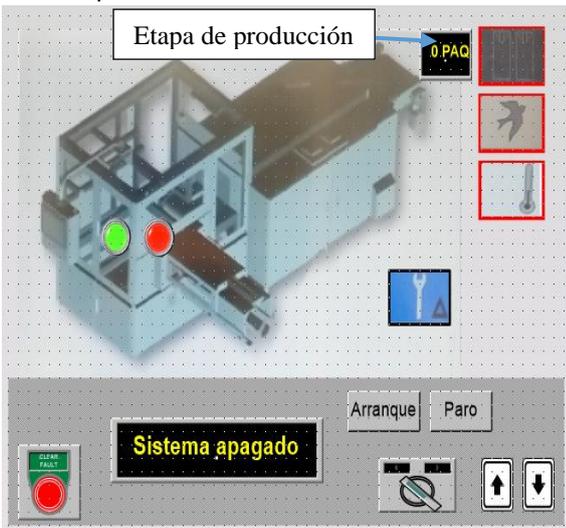


Figura 26. HMI de la máquina emplayadora.

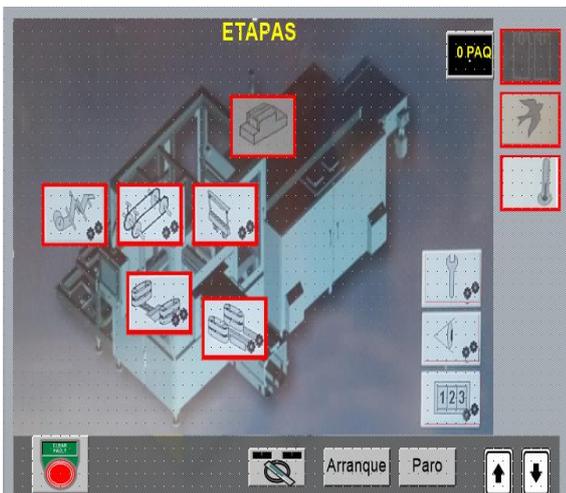


Figura 27. Pantalla HMI Sección de ajustes.

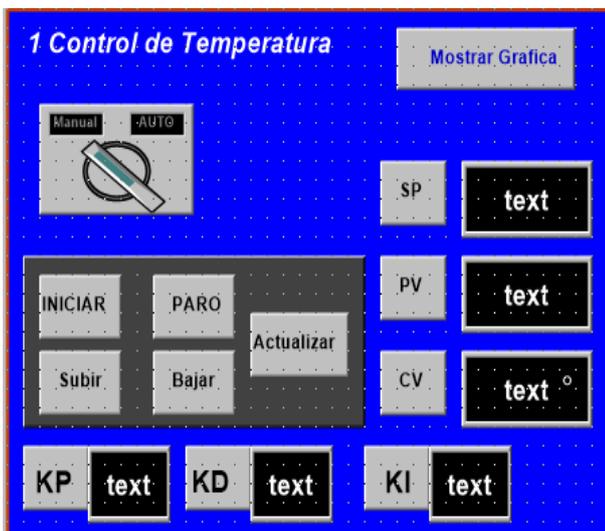


Figura 28. HMI Control de temperatura.

Finalmente, en la HMI se ha implementado un control de temperatura, tanto para el horno de encogimiento como para la resistencia de sellado; así mismo, un control de presión de las válvulas neumáticas; permitiendo establecer un ajuste más fino para una mejor respuesta del proceso realizado por la máquina empacadora.

## Conclusiones

Se ha logrado el control eficiente, la automatización efectiva y la implementación de la máquina empacadora de 3 y 6 envases Tetra Brik 500 ml. Se tomó como referencia el diseño de la empresa Tetra Pak para la mejora y construcción de la máquina, y para la elección e inclusión de sus partes, de diferentes modelos, al sistema. Algunas de las etapas del proceso fueron propuestas particularmente para el presente proyecto, así como el tamaño que presentaría el equipo. Se realizó un análisis detallado de las diferentes fases que conlleva el proceso de empaquetado; incorporando un control de tipo PID para las etapas que lo requieren, a saber, las de temperatura. La construcción de un modelo tecnológico ha permitido representar y demostrar el funcionamiento satisfactorio del sistema, con base en la implementación de los algoritmos de control desarrollados en LD mediante el software *Proficy Machine Edition 8.0*, así como en su monitoreo por medio de la HMI diseñada a través del software *Cimplicity*. El cableado eléctrico de entradas y salidas digitales del PLC, permite el direccionamiento a memorias internas del mismo, para posteriormente ser re-direccionadas hacia la HMI, lo que posibilita efectuar el control y monitoreo del proceso de manera remota, desde una computadora portátil (laptop).

## Referencias

- [1] ABB, «Packaging Industry,» Vols. %1 de %2vol. 1., n° 1, p. 8, 2017.
- [2] I. pack, «Global distribution packing standards,» 2014.
- [3] Y. Mathon, «Envases y embalajes,» INTI, Envases y embalajes.
- [4] A. J. G. S. F. J. G. Reyes, «Elaboración y automatización de una maquina empacadora industrial a escala.,» 2009.
- [5] keyence, «Guía de sensores para fábricas clasificados por principios,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sens\\_orbasics/contact/info/](https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sens_orbasics/contact/info/).
- [6] WEG, «WEG SOLUCIONES,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.weg.net/institutional/MX/es/>.

- [7] FESTO, «Autuadores neumaticos,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.festo.com/cms/es-mx\\_mx/9510.htm](https://www.festo.com/cms/es-mx_mx/9510.htm).
- [8] J. E. H. C. D. G. Gomez, «Automatización y prueba de manipuladores industriales con cilindros neumáticos y ventosas utilizando PLC,» UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA, 2010.
- [9] IEEE, «A Model-Driven Approach on Object-Oriented PLC,» vol. vol. 11, n° 3, p. p. 11, 2015.
- [10] G. F. Automation, «SCADA/HMI CIMPPLICITY,» 2001. [En línea]. Available: [http://www.infopl.net/files/descargas/ge/infoPLC\\_net\\_Cimplicity\\_Manual\\_Operacion\\_CIMEdit.pdf](http://www.infopl.net/files/descargas/ge/infoPLC_net_Cimplicity_Manual_Operacion_CIMEdit.pdf).
- [11] M. B. F. M. d. S. y. T. V. R. A. T. Rodrigues, «OpenPLC: An Open Source Alternative to Automation,» 2014.
- [12] Tecnología media telecom, «Solo el 16% de las empresas apuesta realmente por la automatización,» 2017. [En línea]. Available: <https://tecnologia.mediatelecom.com.mx/2018/10/19/solo-el-16-de-las-empresas-apuesta-realmente-por-la-automatizacion/>.
- [13] POMA , «Empaquetadora automatizada de la película de encogimiento, empaquetadora del embalaje automático,» [En línea]. Available: <http://spanish.beverageproductionline.com/sale-10352778-shrink-film-automated-packaging-machine-automatic-wrapping-packing-machine.html>.
- [14] Tetra Pak, «TETRA PAK® TRAY SHRINK 30,» 2018. [En línea]. Available: <http://productxplorer.tetrapak.com/en/equipment/tetra-pakr-tray-shrink-30>.
- [15] INTERTEC, «Maquina empaquetadora vertical,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.intertec.com.co/productos/7/7-5.html>.
- [16] JM INDUSTRIAL, «TERMOPAR TIPO J,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.jmi.com.mx/termopar-tipo-j>.
- [17] GE FANUC, «PLC Series 90-30,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.geautomation.com/products/series-90-30>.