

# Parcial Automatización de Procesos

Juan Salamanca, David Avellaneda, Carlos Martinez, Camilo Cifuentes

## I. ETAPAS DE DISEÑO

### A. Análisis y Planificación

El equipo de proyecto inicia identificando las necesidades y limitaciones del proceso manual actual.

#### Necesidades del Proceso de Automatización:

- 1) **Eficiencia Operativa:** La necesidad de aumentar la producción y competir en los mercados locales requiere un proceso más eficiente y rápido.
- 2) **Consistencia en el Producto:** Garantizar la consistencia en la calidad del jugo embotellado es fundamental para mantener la satisfacción del cliente y la reputación de la marca.
- 3) **Reducción de Desperdicios:** Minimizar los desperdicios durante el proceso, incluyendo derrames de jugo y botellas defectuosas, es esencial para mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad del negocio.
- 4) **Mayor Producción:** Aumentar la capacidad de producción para satisfacer la demanda del mercado y expandir la presencia de la marca en los mercados de Sabana Centro y Bogotá.
- 5) **Optimización de Recursos:** Utilizar los recursos disponibles de manera óptima, incluyendo mano de obra, materias primas y espacio de producción, para maximizar la eficiencia y reducir los costos operativos.

#### Limitaciones del Proceso Actual:

- 1) **Operación Manual:** El proceso de embotellamiento se realiza manualmente, lo que implica una velocidad limitada y un mayor potencial de errores humanos.
- 2) **Potencial de Contaminación:** La manipulación manual del jugo y las botellas aumenta el riesgo de contaminación, lo que puede comprometer la calidad y seguridad del producto final.
- 3) **Dependencia de la Mano de Obra:** La producción está limitada por la disponibilidad y eficiencia de la mano de obra, lo que puede dificultar la escalabilidad del proceso.

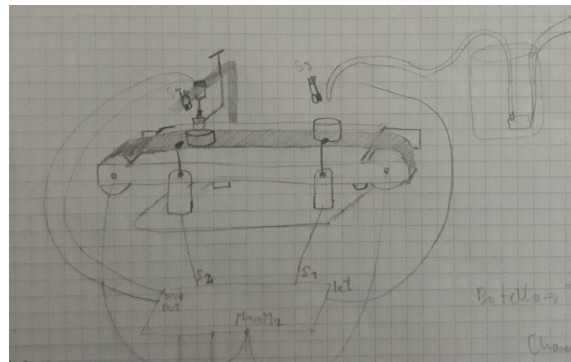


Fig. 1: bosquejo banda llenado y sellado

- 4) **Mayor Propensión a Errores:** La intervención humana en cada etapa del proceso aumenta la probabilidad de errores, como llenado desigual, sellado incorrecto o etiquetado defectuoso.
- 5) **Baja Velocidad de Producción:** La velocidad de producción está limitada por la capacidad de los operarios para llenar, sellar y preparar las botellas para su comercialización.
- 6) **Desperdicio de Materiales:** La manipulación manual puede llevar a la rotura de botellas o derrames de jugo, lo que resulta en desperdicio de materiales y pérdida de producción.

Se lleva a cabo un análisis detallado de cada paso, desde el llenado de las botellas hasta el sellado con tapa a presión. Se establecen los requisitos técnicos y funcionales para la automatización, incluyendo la necesidad de PLC, sensores y actuadores.

#### *B. Diseño del Sistema de Control*

En esta etapa, se desarrolla la arquitectura del sistema de control. Se tomaron en cuenta las necesidades antes mencionadas para adecuar la solución a un MPV el cual incorpora, sensores y actuadores necesarios representados en el diagrama ladder como entradas (contactos), salidas (bobinas) y temporizadores (TON). Para cada etapa del proceso la tabla III. Se define la lógica de control utilizando el lenguaje Ladder para programar los PLC, asegurando que todas las operaciones estén sincronizadas y seguras. Además tener en cuenta que para este caso las variables de control son S3 para controlar el proceso de llenado y S4 para controlar el proceso de sellado.

#### *C. Desarrollo del HMI (Interfaz Humano-Máquina)*

El equipo crea una interfaz intuitiva en Codesys que permite a los operadores iniciar, detener y monitorear el proceso de forma fácil y efectiva. Se incorporan animaciones para representar visualmente cada etapa del proceso y se utilizan indicadores luminosos para mostrar el estado en tiempo real de los sensores y actuadores. Además, se implementan interruptores físicos para la operación manual en caso de emergencia.

#### *D. Implementación del Prototipo Funcional*

Se ensambla un prototipo físico utilizando equipos y componentes reales, siguiendo las especificaciones del diseño. El proceso se dividió en dos secciones:

##### **1) Montaje de la estructura física:**

Se realizan diseños del montaje para establecer la disposición de los componentes del sistema, explorando posibles materiales y disposiciones. 6 7 8 La estructura está compuesta por materiales como aglomerado de madera, tubos PVC, mantilla y varillas metálicas. Para unir los componentes se usó adhesivo instantáneo y silicona. La estructura está conformada por una banda transportadora y un marco que sostiene los componentes electrónicos. 9 10

- 2) **Circuito eléctrico:** Se utilizan plataformas que admiten OpenPLC para ejecutar la lógica Ladder desarrollada en el software. El prototipo incluye sensores de proximidad, LEDs, motores y otros dispositivos necesarios para automatizar el proceso de embotellamiento. ??

## II. DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN

### A. Desarrollo del Proceso Automatizado

En esta subsección, se documenta el desarrollo del proceso automatizado. Ahora vamos a proceder a enseñar los requisitos funcionales y no funcionales que encontramos para el desarrollo del proyecto.

TABLE I: Requisitos Funcionales

Número REQ	REQ1
<b>Nombre</b>	Permitir que un operador inicie el proceso .
<b>Tipo</b>	Funcional
<b>Fuente</b>	Cliente
<b>Prioridad</b>	Alta

TABLE II: Requisitos Funcionales

Número REQ	REQ2
<b>Nombre</b>	Detenga el proceso .
<b>Tipo</b>	Funcional
<b>Fuente</b>	Cliente
<b>Prioridad</b>	Alta

TABLE III: Requisitos Funcionales

Número REQ	REQ3
<b>Nombre</b>	Indicación de proceso
<b>Tipo</b>	Funcional
<b>Fuente</b>	Cliente
<b>Prioridad</b>	Media

#### Requisitos funcionales:

**Requisito funcional REQ1:**El sistema debe permitir que un operador inicie el proceso de embotellamiento desde una interfaz HMI.

**Requisito funcional REQ2:**El sistema debe permitir que un operador detenga el proceso de embotellamiento en caso de emergencia desde una interfaz HMI.

**Requisito funcional REQ3:** El sistema debe indicar claramente cuándo el proceso de embotellamiento está en funcionamiento a través de indicadores de luz piloto en la interfaz HMI.

TABLE IV: Requisitos No Funcionales

Número REQ	REQ4
<b>Nombre</b>	Seguridad
<b>Tipo</b>	No Funcional
<b>Fuente</b>	Normas de Seguridad
<b>Prioridad</b>	Alta

#### Requisitos no funcionales:

**Requisitos no funcionales REQ4:** El sistema debe garantizar la seguridad para los operadores.

**Requisitos no funcional REQ5:** El sistema debe ser altamente confiable, con una tasa de fallos muy baja.

TABLE V: Requisitos No Funcionales

Número REQ	REQ5
<b>Nombre</b>	El sistema debe ser altamente confiable.
<b>Tipo</b>	No Funcional
<b>Fuente</b>	Cliente
<b>Prioridad</b>	Alta

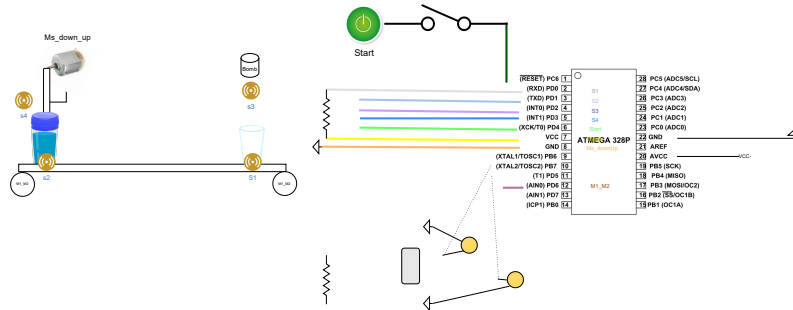


Fig. 2: Diagrama de Circuito MVC

### B. Implementación del Proceso Automatizado

En esta subsección, vamos a describir que sucedió con los requisitos anteriormente vistos.

#### Requisitos funcionales:

**Requisito funcional REQ1:** Este requisito se cumplió en la simulación, ya que se puede realizar el inicio del proceso por parte del operador.

**Requisito funcional REQ2:** Este requisito no se pudo cumplir dado que el microcontrolador solo tiene cuatro salidas y para el stop necesitaríamos cinco; por este motivo, no se pudo implementar en el sistema.

**Requisito funcional REQ3:** El sistema indica claramente cuando el proceso de embotellamiento está en funcionamiento a través de indicadores de luz piloto en la interfaz HMI.

**Requisitos no funcionales: Requisitos no funcionales REQ4:** Este requisito no se cumplió, ya que el enfoque del proceso se centró más en la eficiencia del proceso que en la seguridad de los operarios.

**Requisitos no funcional REQ5:** El sistema debe ser altamente confiable, con una tasa de fallos muy baja.

### III. DIAGRAMA DE CIRCUITO ELÉCTRICO

En esta sección, se presenta el diagrama de circuito eléctrico que muestra la conexión de sensores y actuadores al PLC. conectados a controlador PLC (microcontrolador ATMega328 P) ver figura 2

### IV. DEFINICIÓN DE VARIABLES

En esta sección, se detalla la definición de las variables utilizadas en el proceso automatizado y control. Se presentan en la siguiente tabla:

TABLE VI: Variables

Nombre	Entrada	Salida	Relay Interno	Tiempo	Contador	Tipo	Descripción
s1 arrive	Sí	No	No	No	No	Boolean	IN bottle arrives to be filled
s2 arrive	Sí	No	No	No	No	Boolean	IN bottle arrives to be sealed
s3 bottle full	Sí	No	No	No	No	Boolean	IN bottle is full?
s4 bottle seal	Sí	No	No	No	No	Boolean	IN bottle was sealed?
start	Sí	No	No	No	No	Boolean	IN start process
bomb	No	Sí	No	No	No	Boolean	OUT bomb is active?
Ms down up	No	sí	No	No	No	Boolean	OUT seal is active
M1 M2	No	Sí	No	No	No	Boolean	OUT band is active
TON0	No	No	No	Sí	No	Boolean	sealing time

## V. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES

El proceso se puede expresar por dos diagramas de secuencia que describen el proceso de llenado y sellado de la botella. En la figura 3, ubicado en la parte superior, muestra el flujo principal del proceso, mientras que la figura 4, ubicada en la parte inferior, muestra un flujo alternativo que se produce si se presiona el botón de detener. Diagrama principal El diagrama principal comienza con la entrada de una botella vacía al sistema. La botella es detectada por un sensor en la zona de llenado, lo que activa la válvula de llenado. La válvula permite que el líquido fluya a la botella durante un período de tiempo determinado. Una vez que el líquido se ha llenado, la válvula se cierra y la botella sale del sistema. El siguiente paso es el sellado de la botella. El motor de sellado se enciende durante un segundo para sellar la botella. Una vez que la botella está sellada, la banda transportadora se detiene y el proceso se detiene. Flujo alternativo Si se presiona el botón de detener durante el proceso de llenado, el flujo se desvía a un camino alternativo. En este camino, la banda transportadora se detiene y la válvula de llenado se cierra. La botella se retira del sistema y el proceso se detiene.<sup>3 4</sup>

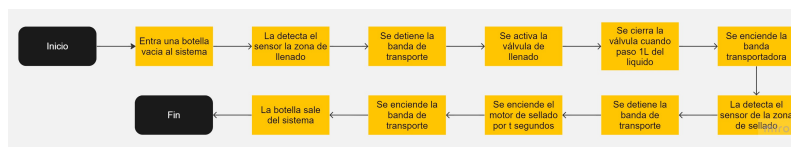


Fig. 3: Diagrama de actividades - Proceso de llenado y sellado

### Diagrama principal

Inicio: Una botella vacía entra al sistema. Entrada de botella vacía: Una botella vacía entra al sistema a través de una banda transportadora. Detección de la botella: Un sensor en la zona de llenado detecta la botella. Activación de la válvula de llenado: La válvula de llenado se activa, permitiendo que el líquido fluya a la botella. Llenado de la botella: El líquido fluye a la botella durante un período de tiempo determinado. Cierre de la válvula de llenado: La válvula de llenado se cierra, deteniendo el flujo de líquido. Detección de la botella llena: Un sensor en la zona de sellado detecta la botella llena. Activación del motor de sellado: El motor de sellado se enciende durante un segundo para sellar la botella. Salida de la botella: La botella sellada sale del sistema a través de una banda transportadora. Detención de la banda transportadora: La banda transportadora se detiene, completando el proceso. Fin: El proceso finaliza. Flujo alternativo

Presión del botón de detener: Si se presiona el botón de detener durante el proceso de llenado, el proceso se detiene. Detención de la banda transportadora: La banda transportadora se detiene. Cierre de la válvula de llenado: La válvula de llenado se cierra, deteniendo el flujo de líquido. Retirada de la botella: La botella se retira del sistema. Fin: El proceso finaliza.

## VI. PROGRAMACIÓN LADDER

En esta sección, se incluye la programación Ladder utilizada en el PLC, debidamente documentada.

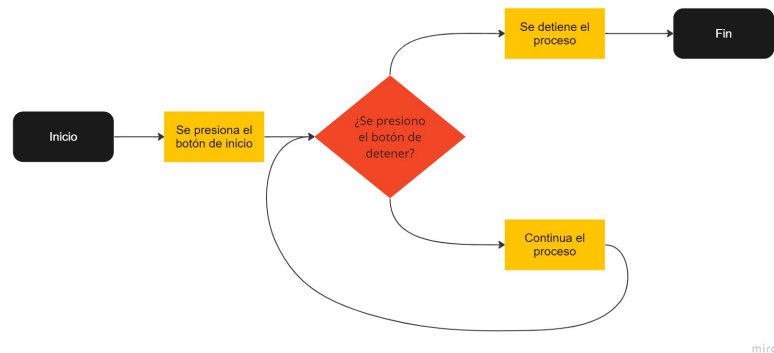


Fig. 4: Diagrama de actividades - Inicio e interrupción

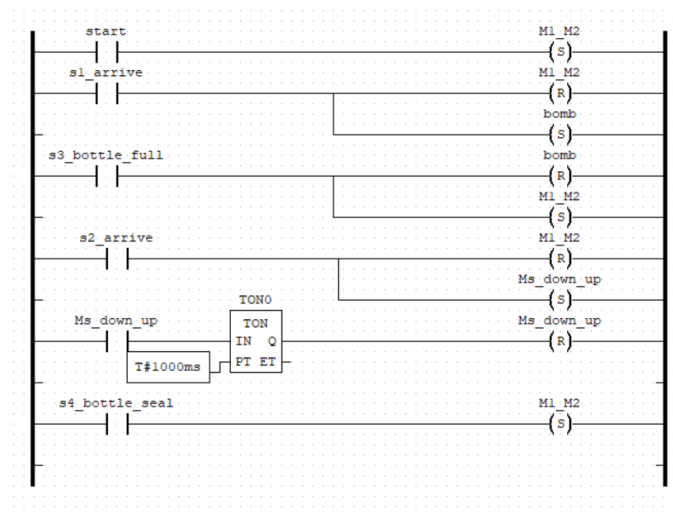


Fig. 5: Diagrama ladder en OpenPLC

La Figura 5 contiene la programación ladder utilizada para el prototipo funcional en que las entradas y salidas están en función de las bobinas en estado Set o Reset. Cabe decir que para este caso se utiliza un temporizador con el fin de controlar el sellado (en un único movimiento-el tiempo es tandeado para un único movimiento). La documentación de las variables se muestra en la Figura VI.

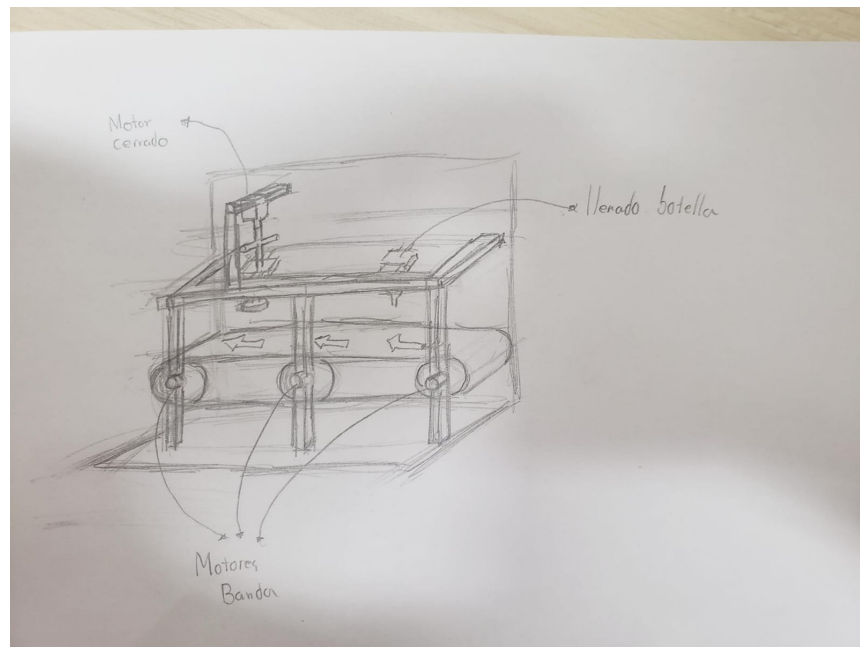


Fig. 6: Diseño del prototipo

## VII. ANEXOS

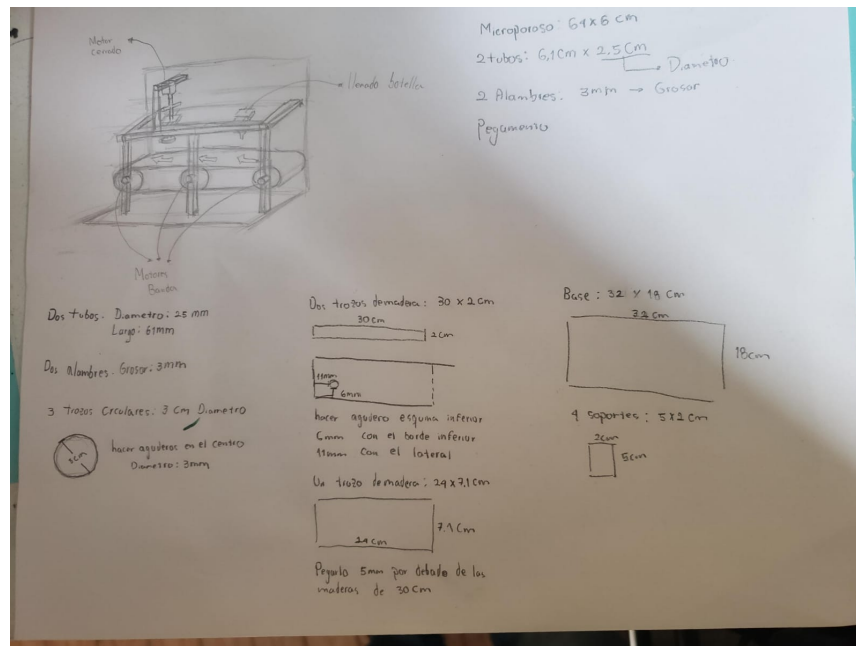


Fig. 7: Diseño del prototipo y sus componentes

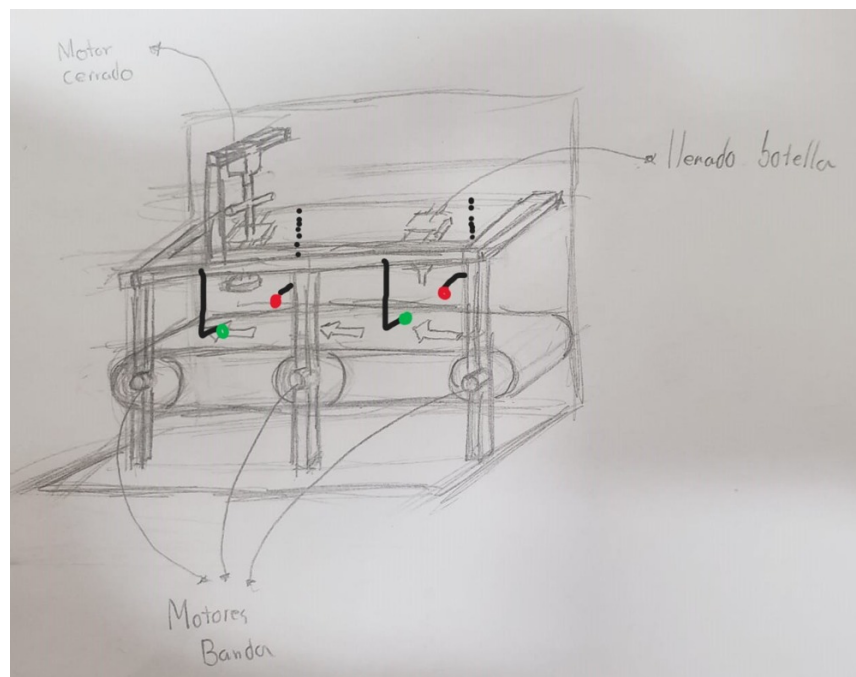


Fig. 8: Diseño del prototipo con sensores de proximidad





Fig. 9: Cinta transportadora 1



Fig. 10: Cinta transportadora 2