

## REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

### ***“Simulación de automatización para el proceso de llenado y sellado de botellas con licor de frutas”***

**Autor: Agustín Ponce Ponce**

**Tesis presentada para obtener el título de:  
Ing. Industrial en procesos y Servicios**

**Nombre del asesor:  
Ing. Miguel A. Heredia Vázquez**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación “Dr. Silvio Zavala” que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo “Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada”, se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





**Simulación de automatización para el  
proceso de  
llenado y sellado de botellas con licor de  
frutas**

**Tesina sometida a la Escuela  
De Ingeniería Industrial en Procesos y Servicios  
De la Universidad Vasco de Quiroga**

**Para obtener el grado de  
Ingeniero Industrial en Procesos y Servicios**

Presenta

**Agustín Ponce Ponce**

Asesor

Ing. Miguel A. Heredia Vázquez

Morelia, Michoacán, México

Noviembre de 2009

*A mis queridos padres Ma. Aírel Ponce Rangel y Agustín Ponce Rendón,  
por todo su apoyo, amor y comprensión que me han brindado en todo momento y  
por sus sabias palabras de aliento que me ayudan a seguir adelante.*





RESUMEN

---

En esta tesina se desarrolló un proceso semiautomático para el envasado de botellas de vidrio con licor de frutas, el envasado del licor se conforma de dos procesos los cuales son el llenado de las botellas con el licor de frutas y el sellado de las mismas utilizando tapones de corcho, dicha automatización está diseñada para su funcionamiento con instrumentos neumáticos, además aquí se exponen punto a punto cada uno de los pasos para poder desarrollar las simulaciones de llenado y taponado completas; estos pasos nos indican desde en qué parte del proceso se implantará la automatización, cómo determinar el tipo de instrumentos adecuados para la simulación, la simulación en FluidSIM, la simulación electroneumática, la programación de un PLC y finalmente el montaje de la simulación utilizando los instrumentos de FESTO didactic y exponiendo los resultados obtenidos.

ABSTRACT

---

In this thesis it was develop a semiautomatic process for packing in glass bottles with liquor of fruits, the packed of the liquor is made up of two processes which are the one filled of the bottles with the liquor of fruits and sealed of the same ones using cork plugs, this automation is designed for its operation with instruments based on air, they are also here exposed point to point each one of the steps to be able to develop the simulations of having filled and corked complete; these steps indicate us from where the process of automation it will be implanted, how to determine the type of appropriate instruments for the simulation, the simulation in FluidSIM, the electroneumatic simulation, PLC programming and finally the assembly of the simulation using the instruments of FESTO didactic and exposing the obtained results.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

La automatización de procesos, hoy en día juega un papel muy importante dentro de la industria manufacturera, es de tal importancia que sin ella los procesos dentro de las líneas de producción, al igual que el producto obtenido de las mismas, no alcanzaría los estándares de calidad establecidos ni mucho menos tendría la eficiencia y eficacia que se puede llegar a alcanzar con el buen manejo de las líneas automatizadas. Es por eso que en esta tesina se desarrolló un proyecto para el envasado de licores de frutas, por lo que el presente trabajo está organizado de la siguiente manera, planteamiento del problema, justificación, marco teórico, metodología y resultados.

Como planteamiento del problema de la misma, es que todo el proceso de manufactura del licor dentro de esta empresa se hace de forma manual, pero específicamente se va a desarrollar un proceso de automatización para el envasado del licor de frutas.

En la justificación del proyecto se explican las condiciones actuales del proceso de manufactura y la importancia de porqué se está llevando a cabo esta investigación.

Dentro del marco teórico se explican temas acerca de la fruta con la que se va a desarrollar el producto, cómo se hace dicho licor, la esterilización y el llenado de las botellas, el tipo de material que debe ser utilizado para el proceso de embotellado, la teoría acerca de la automatización de procesos, los conocimientos básicos y el equipo didáctico de neumática.

En la metodología de este proyecto se describen los métodos y las técnicas a seguir para lograr nuestro objetivo general.

En los resultados se expone lo obtenido en la metodología dándonos una idea de la factibilidad del proyecto.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

De la cosecha anual de las frutas de estación que se proveen en la huerta de los Ponce, ubicada en el pueblo de San Juan Túmbio se parte para la elaboración de licores de frutas, con el paso de los años, la notoriedad de estos productos como son los licores ha incrementado cuantiosamente y se tiene planeado producirlo en grandes cantidades para su venta y así desarrollar una empresa productora de licores y frutas en almíbar de la región, pero para desarrollarla de manera que satisfaga las necesidades de un gran volumen de mercado regional y nacional se debe contar con una excelente planeación de producción automatizada, para que el producto obtenga una buena presentación, color, tamaño, sabor, frescura e higiene, que contribuyan a la buena alimentación del consumidor.

Como ya se mencionó antes, la elaboración del producto es totalmente artesanal, y se tiene la intención de que a futuro sea una línea de manufactura totalmente automatizada, pero en esta tesina se desarrollará una celda de trabajo semiautomática para el envasado del licor de frutas, como primer paso hacia los objetivos que se tienen posteriormente de ser una línea completamente automática.

El proceso de envasado, al igual que toda la manufactura del licor, se desarrolla esgrimiendo utensilios de cocina, esto hace que la elaboración se torne cansada, tediosa y lenta para la persona que está llevando a cabo la elaboración y el llenado de las botellas, esta persona puede tardar hasta 65 segundos llenando una sola botella con una capacidad de un litro de líquido, esto sin mencionar que no se puede tener un margen de producción estable, ya que las personas se agotan y se tiene una cantidad variable en el proceso producción.

### 3. JUSTIFICACIÓN

---

El proceso de llenado de las botellas, dentro de la manufactura de los licores, actualmente en esta empresa se hace de una manera artesanal, empleando menesteres de cocina tales como embudos, cucharones, jarras, y vasos; si se diseña este proceso para que funcione de manera semiautomática, se renunciaría al uso de tales utensilios.

Automatizar la línea para el embotellado de licor es necesario porque se debe tener una producción constante, esto se lograría ya que las válvulas y los pistones no presentarían nunca síntomas de cansancio y trabajarían siempre de la misma manera y ritmo en que se les programe, esto nos daría como resultado un flujo de proceso continuo y un margen de producción estable, también se reducirá el tiempo de llenado de las botellas en un 20%, de igual forma la automatización de dicho sistema contribuirá al envasado haciéndolo más higiénico y esterilizado, ya que esto es fundamental para la elaboración de los licores porque de ello depende la conservación de la emulsión.

Industrializando el embotellado del licor de frutas, se están aplicando los conocimientos de la ingeniería industrial, tales como, diseño y objetivos de las instalaciones, procesos de manufactura, aplicaciones en las industrias, condiciones de trabajo, líneas de producción, entre otros conceptos vistos durante la carrera de Ingeniería Industrial.

#### 4. OBJETIVO GENERAL

---

El objetivo de esta tesina es aplicar los conocimientos obtenidos durante el diplomado de automatización y conjugarlos con el discernimiento logrado durante la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos y Servicios para diseñar un sistema mecánico dentro del área de producción, este sistema semiautomático debe cubrir las necesidades demandadas para el área de envasado de licores de frutas, partiendo del proceso de elaboración, con el que se ha venido haciendo esta bebida.

##### 4.1 Objetivos Específicos

Dentro del desarrollo de este proyecto de reingeniería para la elaboración de bebidas alcohólicas a partir de fruta, se tiene como objetivo general desarrollar un sistema semiautomático que tenga los siguientes objetivos específicos.

Realizar de manera mecánico-manual las siguientes operaciones.

1. Llenado de botellas de vidrio con cuello diseñado para tapones de corcho.
2. Sellado con tapón de corcho para las botellas anteriormente mencionadas.

Con el diseño y aplicación de estas operaciones se espera:

1. Lograr un proceso semiautomático para el llenado y sellado de botellas completamente higiénico.
2. Controlar la velocidad de producción.

## 5. Delimitación del tema

---

El tema delimitado de la tesina es el siguiente: “Simulación de automatización para el proceso de llenado y sellado de botellas con licores de frutas”, debido a que en esta tesina se diseñó un proceso semiautomático para el embotellado de licores de frutas obtenidas de la huerta de la Familia Ponce Ponce ubicada en el pueblo de San Juan Túmbio.

### 5.1 Alcances del tema

#### *Área de producción*

- ✓ El desarrollo de una celda de manufactura semiautomática, para el llenado de botellas de vidrio con licor de frutas y el taponado de las mismas utilizando tapones de corcho.

### 5.2 Factibilidad de la aplicación del proyecto

#### *Área de producción*

Los siguientes incisos podrían ser causa para que el proyecto pudiera tener poca factibilidad, aun así no son obstáculo para la realización de la automatización.

- ✓ Maquinaria costosa.
- ✓ Inadaptabilidad de los operarios.
- ✓ Inversión para capacitación del personal.

## 6. Marco teórico

---

### 6.1 Preámbulo

Se cuenta con huertas frutales ubicadas dentro del estado de Michoacán, México, con una micro localización en el pueblo de San Juan Túmbio, estas huertas producen frutas tales como:

- ✓ Durazno
- ✓ Pera
- ✓ Capulín
- ✓ Manzana
- ✓ Ciruela
- ✓ Membrillo

Y durante años se ha cosechado toda esta fruta para su preparación en almíbar y licores de frutas de temporada, en un principio la elaboración de estos productos, se ha venido concibiendo, para el consumo familiar y como obsequios entre amigos, esto, sin fines de lucro, pero con el paso del tiempo la popularidad de estos productos se ha incrementado considerablemente y se tiene planeado producirlo, en grandes cantidades, para su venta y así obtener una empresa productora de licores y frutas en almíbar de la región, pero para desarrollar una empresa que satisfaga las necesidades de un gran volumen de mercado se debe contar con una excelente planeación de producción automatizada, para que el producto obtenga una buena presentación, color, tamaño, sabor, frescura e higiene, que contribuyan a la buena alimentación del consumidor; cabe mencionar que no toda la fruta que produce la huerta se aprovecha, gran cantidad de ella se pierde, porque no es cosechada y no se utiliza, pero con el diseño de una planeación automatizada se espera que se aprovechen estos insumos agrícolas al máximo.

## 6.2 Los licores

### Historia de los licores

[1] La historia de los licores se remonta a tiempos inmemorables. La gran mayoría no duda en afirmar que tanto alquimistas como investigadores con afanes científicos de miles de años atrás los descubrieron, primeramente con fines medicinales y curativos. Hoy por hoy, si bien tienen una utilización diferente, debemos estar agradecidos a quienes los descubrieron por dejarnos un enorme legado de elixires que se continuarán disfrutando por lo largo de los tiempos. [1]

### Origen definición y tipos

#### Qué son los licores

[2] Son bebidas hidroalcohólicas aromatizadas obtenidas por maceración, infusión o destilación de diversas sustancias vegetales naturales, con alcoholes destilados aromatizados, o por adiciones de extractos, esencias o aromas autorizados, o por la combinación de ambos.

#### Tipos de licores

Los licores, tienen cuatro diferentes clasificaciones que son de acuerdo a:

1. Forma de elaboración.
2. Método de elaboración.
3. Según su combinación alcohol/azúcar.
4. De acuerdo al número de sustancias y saborizantes. [2]

#### Equipamiento

[3] Existe una gran cantidad de equipo que se puede utilizar para la manufactura del licor de frutas, una manera de hacer el embotellado más eficiente es con la automatización del proceso de producción, dicha automatización se puede llevar a cabo con máquinas prediseñadas para el sector *Beverage*, estas máquinas están diseñadas para pequeñas y medianas producciones embotelladoras.

Dentro del sector *Beverage* se utiliza toda una gama de equipamiento necesario para la elaboración de bebidas, pero son maquinaria muy costosa y se espera que nuestro diseño de automatización sea más económico que cada una de esas maquinas. [3]

### 6.3 Teorías a aplicar

#### 6.3.1 Planeación de las instalaciones

[4] La productividad de un centro o planta de trabajo depende en gran parte de su planeación, de la ubicación y distribución de planta, es decir el layout.

Podemos definir a la actividad de planeación de instalaciones como una estrategia que nos ayuda a maximizar los recursos, el uso y aprovechamiento de las instalaciones, así como cumplir con los requerimientos del producto, en manufactura, calidad y tiempos de entrega mediante el análisis de los factores internos y externos que afectan a la organización, lograr la óptima localización y distribución de una planta o centro productivo nos ayuda al logro y consecución de la misión de la empresa y a tener una mayor eficiencia.

#### Definición de los objetivos de la planeación de las instalaciones

Las instalaciones se deben diseñar con un uso previsto, es decir, el espacio asignado para cada área debe ser adecuado para las actividades que se van a desarrollar en ese cerco exclusivamente y no debe de tener ninguna otra aplicación. En el caso de la empresa de licores, el uso previsto de las instalaciones, debe ser un espacio necesario y adecuado para el procesamiento y envasado de productos agrícolas. [4]

#### 6.3.2 Tipos de industrias

Existen diferentes tipos de industrias y clasificaciones de ellas, las industrias de manufactura están dedicadas a proveer bienes y también existen empresas dedicadas a ofrecer productos intangibles como son las empresas de servicios, estas empresas se dividen en:

- ✓ Industrias primarias

- ✓ Industrias secundarias
- ✓ Industrias terciarias

### *Industrias primarias*

Cultivan y explotan todos los recursos naturales, tales como la agricultura, ganadería, minería, extrayéndolos y generando los insumos de materia prima.

### *Industrias secundarias*

Toma los productos de la materia prima o insumos primarios y los procesa para transformarlos en bienes de consumo y de capital, un ejemplo claro de ellos sería cuando una empresa que se dedica a la fabricación de salsas de tomate, recibe los tomates, especias y vinagres y los somete a un proceso de manufactura para crear la salsa.

### *Industrias terciarias*

Las industrias terciarias son las encargadas del área de servicios, como restaurants, bancos, el área de comunicaciones, la educación, etc., brindan un servicio intangible y se consume en el mismo instante en que se adquiere, no se puede almacenar y es muy difícil su medición para un buen servicio.

## **6.3.3 Producción y manufactura dentro de las industrias**

El tipo de industria que se relaciona directamente con el ingeniero industrial, es la industria secundaria, ya que las empresas que están dentro de esta clasificación se dedican a la transformación de la materia prima en productos terminados o piezas que forman a éstos.

### *Capacidad de manufactura*

La capacidad de manufactura define las limitaciones físicas y técnicas de una planta productora, en donde se identifican principalmente tres áreas:

- ✓ Capacidad de proceso tecnológico
- ✓ Tamaño y peso físico del producto
- ✓ Capacidades de producción

### Capacidad de proceso tecnológico

Está basada en los procesos de manufactura, esto quiere decir que la línea de producción está diseñada para cumplir una función, y no puede realizar una función para la que no esté diseñada.

### Capacidad física del producto

Establecida en las características físicas del producto, tales como, dimensiones, peso, y especificaciones de manejo especial.

### Capacidad de producción

Hace referencia y se basa en la capacidad que tiene una línea de producción, para realizar el producto final, medido en unidades de hora/semana; así como también la cantidad de personal que va a realizar las labores, los turnos y el monto de material que puede acumularse en almacén, ya sea producto terminado o materia prima.

## 6.3.4 Líneas de producción

Dentro de las industrias secundarias, un sistema de producción o una línea de producción, para la transformación de un bien, consta de estaciones de trabajo, estas estaciones de trabajo, pueden ser manuales o automatizadas, también existen las líneas de producción híbridas, las cuales tienen la capacidad de producir dos o más distintos modelos de producto en la misma línea, mezclando simultáneamente los diferentes tipos de productos.

Para el manejo de materiales dentro de las líneas de producción, se pueden utilizar rodillos, bandas o sistemas neumáticos, pero para el manejo de materia en procesos con grandes volúmenes y poca variedad, las tareas pueden ser divididas y asignadas a estaciones de trabajo individuales.

### 6.3.4.1. Clasificación de las líneas de producción según la variedad de productos

Las líneas de producción principalmente se pueden clasificar en tres tipos, conforme a la variedad de productos.

- ✓ Un solo modelo
- ✓ Por lote de producción
- ✓ Modelo mezclado

Y a su vez estas líneas se clasifican en dos tipos que son:

- ✓ Líneas de producción automatizadas
- ✓ Líneas de producción manuales
- ✓ Líneas de producción semiautomáticas

#### Líneas de producción automatizadas

Una línea de ensamble automatizada, consiste en varias estaciones de trabajo automáticas conectadas por medio de un sistema de transferencia de materiales, las estaciones y la línea de transferencia, deben estar conectadas y coordinadas con las máquinas que componen el sistema.

Cabe señalar que en un desarrollo ideal de una línea de producción automatizada, no se requieren seres humanos para la operación de la línea.

El desarrollo de líneas automatizadas, ha tenido un gran auge en países desarrollados debido a que se tiene un alto costo en la mano de obra. Las líneas de producción automatizadas, se emplean principalmente en producciones de altas cantidades, con operaciones altamente repetitivas, un problema significativo en este tipo de líneas es la falta de confiabilidad de los equipos.

### Líneas de producción manuales

Las líneas de ensamble manual, son en las que los operarios trabajan en forma secuencial, generalmente se inicia con una base a la que se van ensamblando piezas o modificando componentes hasta tener un producto final, estas operaciones incluyen el empleo de máquinas simples para la unión de partes como son la soldadura y el pegamento.

Dentro de la línea de producción con ensambles manuales, se suelen tener problemas comunes como los de:

- ✓ Velocidad de operación
- ✓ Dependiente del factor humano
- ✓ Problema de precedencias
- ✓ La destreza y la capacitación del trabajador

### Líneas de producción semiautomáticas

Este tipo de líneas es una combinación de las dos anteriores ya que no es completamente autónoma ni tampoco completamente manual, tiene actividades mezcladas manuales y automáticas.

#### 6.3.5 Métodos de transporte de trabajo

Para el transporte de la materia prima o transporte del trabajo dentro de las líneas de producción, existen principalmente dos tipos de métodos, los cuales son:

1. Transporte manual
2. Transporte automatizado

#### Transporte manual

Este tipo de transporte implica pasar los materiales de manera manual, aún y cuando se use una charola, un carrito o una caja, conlleva una dificultad para controlar la velocidad de producción de la misma. Dentro de estas líneas de producción los trabajadores suelen tener un

ritmo de trabajo más lento, puesto que ellos son los que indican la velocidad de la línea, porque no tiene un sistema que ancle el ritmo de trabajo.

### 6.3.5 Método de transporte automatizado

Este método de transporte depende de sistemas mecánicos para mover a lo largo de la línea los productos o materia prima, también pueden incluir dentro de la misma dispositivos mecánicos para la manipulación precisa del bien, ya sea para colocar, voltear, medir o levantar. uhguyg Dentro de los métodos de transporte o sistemas de transferencia existen dos clasificaciones de los sistemas, en los que se pueden catalogar como:

- ✓ Sistemas de transferencia Continua
- ✓ Sistemas de transferencia Sincrónica

Para que los trabajadores tengan un ritmo de trabajo constante dentro de una línea de producción automatizada, existen técnicas obtenidas dentro de la carrera de Ingeniería Industrial para determinar la velocidad de producción requerida, en la ecuación 6.3.5.1 se determina la velocidad de producción requerida por hora.

$$R_p = \frac{D_a}{S \cdot H}$$

Ecuación 6.3.5.1 Velocidad de producción requerida

En donde:

**R<sub>p</sub>** = Velocidad de Producción requerida

**D<sub>a</sub>** = Demanda Anual

**S** = Cantidad de turnos por semana

**H** = Horas turno

También cuando se tiene un flujo de producción continuo, se necesita un tiempo de producción promedio, esto para saber cuánto se está produciendo en dicha línea, la ecuación 6.3.5.2 nos determina el tiempo de producción promedio real convertido en minutos y la fórmula nos dice lo siguiente:

$$T_p = \frac{60}{R_p}$$

Ecuación 6.3.5.2 Tiempo de producción promedio real

En donde:

**T<sub>p</sub>** = Es el Tiempo de Producción promedio real, convertido a minutos

**R<sub>p</sub>** = Velocidad de Producción requerida

Cuando ya se ha determinado el tiempo de producción promedio y la velocidad de producción requerida, es necesario considerar la eficiencia de nuestra línea, para ello se modifica la fórmula 6.3.5.2 de la siguiente manera.

$$T_p = \frac{60 E}{R_p}$$

Ecuación 6.3.5.3 Eficiencia

En donde:

**T<sub>p</sub>** = Es el tiempo de producción Promedio real, convertido a minutos

**R<sub>p</sub>** = Velocidad de Producción Requerida

**E** = Eficiencia

Estas tres variables como son la velocidad de producción requerida (RP), el tiempo de producción promedio real (TP) y Eficiencia de la línea (E), nos ayudan a determinar el funcionamiento óptimo de la línea.

### Porcentaje de empleados por estación de trabajo

Para tener un balance óptimo en cada estación de trabajo, es necesario determinar el número recomendable de empleados a laborar en cada una de las estaciones de trabajo, para ello se desarrolló la ecuación 6.3.5.4

$$M = \frac{W}{N}$$

Ecuación 6.3.5.4 Montaje optimo por estación de trabajo

En donde:

**M** = Porcentaje óptimo por estación de trabajo

**W** = Cantidad de empleados totales

**N** = La cantidad de estaciones de trabajo

Este enfoque nos sirve para tener la relación de una planta altamente automatizada o en donde se usen varios operarios por estación de trabajo.

### Índice de productividad

Con el afán de medir el progreso de la productividad se emplea el índice de productividad, para establecer un punto de comparación. De un modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo: la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada, o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Lo habitual es que la producción se calcule utilizando números índices (relacionados, por ejemplo, con la producción y las horas trabajadas), y ello permite averiguar la tasa en que varía la productividad.

Para determinar la producción en un determinado tiempo:

$$P = \text{Producción total} / \text{Cantidad de Horas trabajadas}$$

Ecuación 6.3.5.5 Productividad

Para saber la productividad de cada operario por hora trabajada es:

$$P = \text{Producción total} / \text{Cantidad de horas trabajadas} * \text{Cantidad de empleados}$$

Ecuación 6.3.5.6 Productividad de cada operario

Con el fin de medir el progreso de la productividad, generalmente se emplea el índice de productividad como punto de comparación:

$$P = 100 * (\text{Productividad Observada}) / (\text{Estándar de Productividad})$$

Ecuación 6.3.5.7 Índice de productividad

La productividad observada es la productividad medida durante un periodo definido (día, semana, mes, año). El estándar de productividad es la productividad base o anterior que sirve de referencia. [4]

### 6.3.6 Automatización

Como ya se mencionó anteriormente, existen dos tipos de líneas de producción, las cuales son manuales y automatizadas, las líneas de producción automatizadas, tienen un conjunto de celdas y herramientas coordinadas con las máquinas que componen el sistema, esto con la finalidad de tener un producto terminado. El funcionamiento de dichas máquinas tiene como principio fundamental la neumática y la hidráulica dependiendo de la manufactura que realizan, el funcionamiento entre ambas es muy similar, los dos métodos funcionan presurizando su componente principal, el medio por el cual van a generar trabajo, que en el caso de la hidráulica es el aceite y en el de la neumática es el aire. Una de las principales diferencias por las cuales en algunos casos se maneja el aceite y no el aire, es porque el aceite

no se comprime, y el aire si es compresible, esto hace un manejo y un resultado muy diferente entre ambos.

### 6.3.6.1 Fundamentos

#### Símbolos y diagramas

La simbología y los diagramas son utilizados para indicar dentro de un proceso:

- ✓ La aplicación en el proceso
- ✓ El tipo de señales empleadas
- ✓ La secuencia de los componentes interconectados
- ✓ La instrumentación empleada

Las señales de instrumentación empleadas en el control de procesos son usualmente de los siguientes tipos:

- ✓ Neumática
- ✓ Electrónica
- ✓ Capilar
- ✓ Hidráulica

#### Clases de instrumentos

Existen principalmente dos clasificaciones para los tipos de instrumentos, dichas clasificaciones son las siguientes:

1. En función del instrumento
2. En función de la variable del proceso

##### 1. Clasificación en función del instrumento

Dentro de esta clasificación existen nueve clases de instrumentos dentro de un proceso simple, los cuales se muestran a continuación.

- ✓ Instrumentos ciegos
- ✓ Instrumentos indicadores
- ✓ Instrumentos registradores
- ✓ Sensores
- ✓ Transmisores
- ✓ Transductores
- ✓ Convertidores
- ✓ Receptores
- ✓ Controladores

### Instrumentos ciegos

Estos instrumentos no tienen indicación visible de la variable, son instrumentos que sirven como señalización de alarma, tales como presostatos y termostatos, que poseen una escala exterior con índice de selección de la variable, en estos instrumentos se ajusta el punto de disparo del interruptor al cruzar la variable, el valor seleccionado.

Transmisor de caudal



Transmisor de Presión



Fig.6.3.6.1.1 Instrumentos ciegos

### Instrumentos indicadores

Cuentan con una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable y se dividen en concéntricos y excéntricos, estos instrumentos indicadores pueden mostrar también el valor de la variable de manera digital.



Fig.6.3.6.1.2 Instrumentos indicadores

### Instrumentos registradores

Estos instrumentos registran a trazo continuo o a puntos la variable, pueden ser circulares o de gráfico rectangular o alargado, los de gráfico circular suelen tener un gráfico de 24 hrs., mientras que en los de gráfico rectangular la velocidad es de 20 mm/hrs.



Fig.6.3.6.1.3 Instrumentos registradores

### Sensores

Los instrumentos de sensor captan el valor de la variable del proceso y envía una señal de salida predeterminada, el sensor puede formar parte de otro instrumento o bien estar separado, este tipo de instrumentos se denominan elemento primario o detector, los sensores absorben la energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable.



Fig. 6.3.6.1.4 Sensores

### Transmisores

Los instrumentos transmisores captan la variable del proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática o electrónica.



Fig.6.3.6.1.5 Transmisores

### Transductores

Estos reciben una señal de entrada, producto de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida, algunos tipos de transductores son:

- ✓ Relé
- ✓ Transmisor
- ✓ Convertidor PP/I (presión de proceso a intensidad)
- ✓ Convertidor PP/P (presión de proceso de señal neumática)

### Convertidores

Reciben una señal de entrada neumática o electrónica y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar.



Fig. 6.3.6.1.6 Convertidores

## Receptores

Reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran, estos indicadores comparan la variable controlada (ya sea presión, nivel, temperatura, etc.) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada la pueden recibir directamente como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor. [5]

### 2. Clasificación en función de la variable del proceso

Dentro de esta clasificación principalmente y entre otras se muestra una clasificación de diez instrumentos de acuerdo a las variables del proceso.

- ✓ Instrumentos de caudal
- ✓ Instrumentos de nivel
- ✓ Instrumentos de presión
- ✓ Instrumentos de temperatura
- ✓ Instrumentos de densidad
- ✓ Instrumentos de humedad
- ✓ Instrumentos de viscosidad
- ✓ Instrumentos de posición
- ✓ Instrumentos de velocidad
- ✓ Instrumentos de PH

### Instrumentos de caudal

Dentro de un análisis o monitoreo de caudal existen dos variables a considerar, estas variables se consideran generalmente de forma independiente.

1. Flujo volumétrico
2. Flujo másico

Al hablar de flujo volumétrico o caudal de volumen, se considera la cantidad de volumen que pasa a través de un área de sección transversal, ya sea de un ducto o canal abierto, en un determinado tiempo. (VER ECUACION 6.3.6.1.7)

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ecuación 6.3.6.1.7 Caudal

**Q**= Caudal

**V**= Volumen

**T**= Tiempo

Por otro lado, en caso de que el proceso lo requiera, es necesario tener la opción de medir la cantidad de masa perteneciente a un fluido, que pasa a través de un área de sección transversal de un ducto en un determinado tiempo. (VER ECUACION 6.3.6.1.8)

$$M = \frac{M}{T}$$

Ecuación 6.3.6.1.8 Masa de un fluido

**M**= masa

**M**= masa del líquido

**T**= Tiempo

El flujo del material dentro de un proceso se puede medir mediante una gran variedad de métodos que dependen de:

- ✓ El material o fluido
- ✓ El volumen
- ✓ La precisión necesaria
- ✓ El control requerido



Fig.6.3.6.1.9 Tubo Venturi.

Sistema para medir Caudal figura 6.3.6.1.9 “TUBO VENTURI”

### Medidores de nivel

Los medidores de nivel son utilizados tanto para el funcionamiento correcto de un proceso, como para el balance adecuado de materias primas, y pueden clasificarse en:

- ✓ Medidores de nivel líquido
- ✓ Medidores de nivel sólido

### Instrumentos de presión

Son los que dan el valor de la variable aprovechando la presión hidrostática.

- ✓ Medidor manométrico
- ✓ Medidor de membrana
- ✓ Medidor tipo burbujeo
- ✓ Medidor de presión diferencial de diafragma

### Elementos finales de control

Los elementos finales de control son mecanismos que alteran el valor de la variable manipulada en respuesta a una señal de salida desde el dispositivo de control automático, estos elementos reciben una señal del controlador y manipula un flujo de material o energía para el proceso; un elemento final de control consta de generalmente dos partes:

- ✓ Un actuador que convierte la señal del controlador en un comando para el dispositivo manipulador.
- ✓ Un mecanismo para ajustar la variable manipulada.

Los elementos finales de control se clasifican principalmente en dos tipos:

- ✓ Válvulas
- ✓ Servomotores

### Válvulas

Las válvulas constituyen del 20% al 30% del costo de la tubería de una planta, por tanto, la selección de válvulas es de suma importancia en los aspectos económicos así como el tipo de operación de las plantas de procesos, las funciones básicas de una válvula son:

- ✓ Cierre
- ✓ Estrangulación
- ✓ Impedir el flujo inverso

### *Válvulas de cierre*

Son utilizadas para aislar equipo, instrumentos y componentes de la tubería.

### *Estrangulación*

Es cualquier válvula que no está abierta ó cerrada del todo durante el funcionamiento de la planta.

### Consideraciones para la selección de válvulas

- ✓ Tipo de válvula
- ✓ Capacidades de presión y temperatura
- ✓ Materiales de construcción
- ✓ Materiales para empaquetaduras y juntas
- ✓ Materiales de las guarniciones
- ✓ Servicio recomendado por el fabricante

### Tipo de válvula

El tipo de válvula dependerá de la función que debe efectuar, sea de cierre, de estrangulación o para impedir el flujo inverso, estas funciones se deben determinar después de un estudio cuidadoso de las necesidades de la unidad del sistema. Dado a que existen diferentes tipos de válvulas disponibles para cada función también es necesario determinar las condiciones de servicio en que se van a emplear las válvulas, esto es, conocer las características químicas y físicas de los fluidos que se manejan.

Existe una gran cantidad de materiales a los que las válvulas les pueden ofrecer un distinto tipo de servicio, entre los que se deberá determinar el estado y tipo de material son los siguientes:

- ✓ Líquidos
- ✓ Gases
- ✓ Líquidos y gases
- ✓ Líquidos con sólidos
- ✓ Vapores generados instantáneamente por la reducción en la presión del sistema
- ✓ Con corrosión o sin corrosión
- ✓ Con erosión o sin erosión

Una vez que se determina la función y el tipo de servicio, se puede seleccionar el tipo de válvula, las características principales y los usos más comunes de los diversos tipos de válvulas para servicio de bloque y cierre son:

- ✓ Válvulas de compuerta
- ✓ Válvulas de macho
- ✓ Válvulas de bola
- ✓ Válvulas de mariposa

#### *Válvulas de compuerta*

Brinda una resistencia mínima al fluido de la tubería debido a que se utiliza totalmente abierta o totalmente cerrada, este tipo de válvula se utiliza donde se requiere una circulación interrumpida y que tiene poca caída de presión.

#### *Válvulas macho*

Este tipo de válvulas tienen un cierre hermético y deben estar abiertas o cerradas del todo, este tipo de válvulas son de acción rápida, ocupan muy poco espacio y son de operación sencilla.

#### *Válvulas de bola*

No hay obstrucción al flujo, se utilizan en forma principal para servicio de corte y no son satisfactorias para estrangulación, son rápidas de operar y de mantenimiento fácil y producen cierre hermético con baja torsión.

#### *Válvulas mariposa*

Son empleadas para servicio de corte y estrangulación cuando se manejan grandes volúmenes de gases y líquidos a presiones relativamente bajas, son sencillas ligeras y de bajo costo.

Las válvulas tienen diferentes usos y existen diferentes tipos para cada una de las necesidades que se presentan, pero para el servicio de estrangulación son las siguientes:

- ✓ Válvulas de globo

- ✓ Válvulas de aguja
- ✓ Válvulas en Y
- ✓ Válvulas de Angulo
- ✓ Válvulas check

### *Válvulas de globo*

Se utilizan para cortar o regular el flujo del líquido y aunque su uso común es para regular el flujo de algún líquido, proporciona una estrangulación al grado deseado.

### *Válvulas de aguja*

Son básicamente válvulas de globo que tienen machos cónicos similares a agujas que ajustan con precisión en sus asientos, generalmente se usan como válvulas para instrumentos hidráulicos, aunque no para altas temperaturas, este tipo de válvulas tiene un costo elevado debido a que se utiliza maquinado con tolerancias muy precisas en su fabricación.

### *Válvulas en Y*

Son válvulas similares a la válvula de globo solo que tienen el conducto rectilíneo similar al de una válvula de compuerta debido a que el orificio está a unos 45° con el sentido del flujo.

### *Válvulas de ángulo*

Son válvulas de globo que tienen conexiones de entrada y salida en ángulo recto, este tipo de válvulas son adecuadas para pastas aguadas y líquidos que contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión.

### *Válvulas Check*

Se destinan a impedir la inversión del flujo en una tubería, su función es muy simple en donde la presión del fluido circulante abre la válvula y el peso del mecanismo y cualquier inversión en el flujo la cerrarán.

### *Servomotores*

Los servomotores son dispositivos de corriente continua que tienen la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición,

los servomotores pueden ser neumáticos, hidráulicos, eléctricos y digitales y dentro de esta clasificación los más usados suelen ser los neumáticos y los eléctricos por ser más simples, tener una actuación rápida y tener gran capacidad de esfuerzo.

### **Programación de un PLC**

La programación de un PLC se realiza mediante periféricos del autómatas, como pueden ser un PC, una consola de programación, un grabador EPROM, etc. El programa que más se ha utilizado hasta ahora ha sido el SYSWIN en sus diferentes versiones, pero se están empezando a utilizar nuevos programas más completos, como el CX-PROGRAMMER. Este último es el que vamos a utilizar en esta página a la hora de programar autómatas.

La programación de un autómatas comienza con la ejecución de un GRAFCET ó DIAGRAMA DE MANDO del proceso a controlar y basándonos en este GRAFCET realizaremos el DIAGRAMA DE RELES o ESQUEMA DE CONTACTOS, que permite una representación lógica de control similar a los sistemas electromecánicos.

### **Conocimientos de Hidráulica**

La hidráulica hace referencia a obtener trabajo hidráulico mediante el aceite, y los elementos que se requieren para lograrlo son los siguientes:

#### **1. Fuente que genere la presión**

- ✓ Bombas
- ✓ Elementos de trabajo
- ✓ Depósitos de aceite

#### **2. Válvula limitadora de presión**

Tiene un resorte que regula la presión, debe manejar una presión por debajo de la presión que resiste.

### 3. Válvula direccional

Regula el retorno del aceite y cambia el rumbo de la presión del mismo.

### 4. Válvula reguladora de caudal

Estrangula el caudal, y hace reducir la presión del caudal.

### 5. Filtro

Limpia las impurezas del aceite, generadas por desgaste de la bomba o del mismo aceite.

## Conocimientos de Neumática

Es la generación y utilización de aire comprimido para realizar un trabajo, se utiliza en sistemas limpios y que no requieren mucha potencia.

## Aplicaciones

- ✓ Sujetar (un pistón)
- ✓ Deformar (lento)
- ✓ Estampar (rápido)
- ✓ Máquinas-herramientas
- ✓ Sistemas de frenado
- ✓ Manipuladores
- ✓ Transportadores
- ✓ Ensamble de elementos electrónicos
- ✓ Cortado

La automatización industrial puede ser neumática, electroneumática o hidráulica, cuando se reconocen las áreas y las tareas susceptibles de automatizar, tiene gran importancia, ya que reduce costos, tiempos muertos y favorece al incremento de producción y calidad.

Como principio fundamental, en la hidráulica al igual que en la neumática se utiliza una estructura básica para poder generar trabajo partiendo del aire comprimido.

1. En primer lugar se necesita una fuente de energía, una alimentación; esto es un compresor de aire.
2. Como segundo plano está la estructura, se necesitan elementos de salida y señales de entrada, estos pueden ser botones, sensores etc.
3. Consecutivamente se deben tener elementos de procesamiento, estos funcionan como procesadores de señales.
4. Elementos finales de control, estos elementos son válvulas que controlan el retroceso del aire, líneas de entrada y desfogue del aire.
5. Dispositivos actuadores, estos son los elementos de trabajo, consumen la energía generada por los demás componentes, pueden ser pistones, Leeds, etc.

## Simbologías

### 1. Fuentes de alimentación

Compresor



Depósitos de Aire y unión T



### 2. Unidades de mantenimiento

Filtro



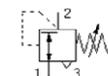
Lubricador



Purga de condensados

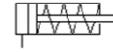


Regulador de presión



### 3. Símbolo para actuadores

Cilindro de simple efecto



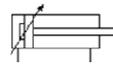
Cilindro de doble efecto



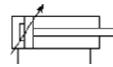
Cilindro de doble efecto con doble vástago



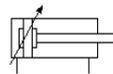
Cilindro de doble efecto con amortiguación



Regulable en un sentido



Cilindro de doble efecto con amortiguación

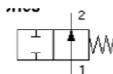


Regulable en ambos sentidos

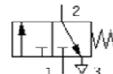


### 4. Símbolos para válvulas distribuidoras

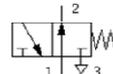
Válvula distribuidora 2/2 vías



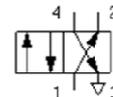
Válvula distribuidora 3/2 vías normalmente cerrada



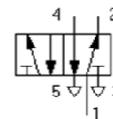
Válvula distribuidora 3/2 vías normalmente abierta



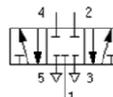
Válvula distribuidora 4/2 vías



Válvula distribuidora 5/2 vías



Válvula distribuidora 5/3 vías centro cerrado



## 5. Símbolos para métodos de accionamiento

### Manual

Accionamiento en general



Pulsador



Palanca con enclavamiento



Pedal



### Mecánico

Retorno por muelle



Centrado por muelle



Accionado por rodillo



Rodillo abatible



### Neumático

Accionamiento neumático directo



Accionamiento neumático indirecto (servo pilotado)



### Eléctrico

Accionamiento con simple bobina



Accionamiento con doble bobina



### Combinado

Funcionamiento con doble pilotaje

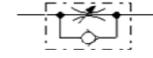


Y accionamiento manual auxiliar

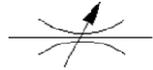


## 6. Reguladores de flujo

Válvula reguladora de flujo unidireccional

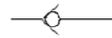


Válvula reguladora de flujo ajustable



## 7. Válvulas anti retorno

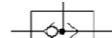
Válvula anti retorno



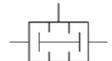
Válvula anti retorno precargada



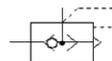
Selector de circuito función 'OR'



Válvula de simultaneidad función 'AND'



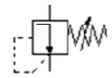
Válvula de descarga rápida



## 8. Válvulas de presión

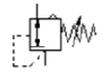
Válvula reguladora de presión ajustable,

Tipo sin descarga

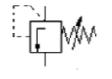


Válvula reguladora de presión ajustable

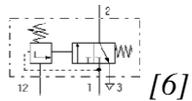
Tipo con descarga



Válvula de secuencia pilotaje externo



Válvula de secuencia combinada



[6]

### 6.4 Ubicación de la huerta frutal

La huerta está situada en el estado de Michoacán México en la población de San Juan Túmbio, en la carretera Pátzcuaro – Uruápan, Kilómetro 14, desviación carretera Cherán – Santa María

Huiramangaro.

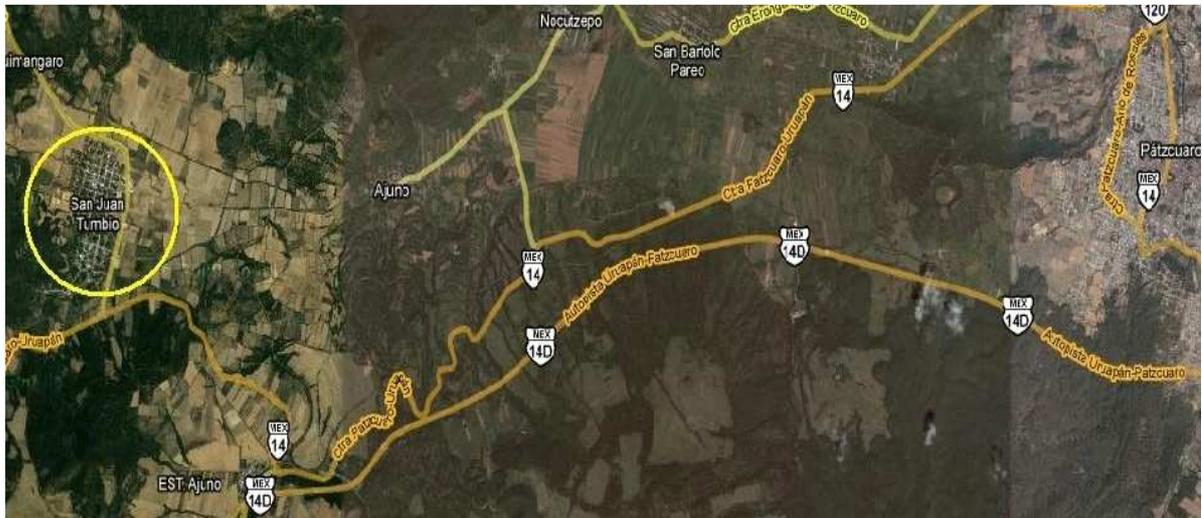


Fig.6.4.1 Ubicación de la huerta

Cuenta con una micro localización dentro del pueblo en los límites colindantes al borde de la carretera Cherán – Santa María Huiramangaro.



Fig.6.4.2 Ubicación de la huerta II

## 6.5 Conocimiento del proceso

### 6.5.1 Preparación de licor de frutas

La preparación del licor de fruta como se hace actualmente es de manera artesanal, y es del modo en que se ha venido haciendo durante mucho tiempo dentro de la población de San Juan Tumbio; para la preparación de este néctar, es necesario tener especial cuidado en la higiene y desinfección con la que se desarrolla, porque de ello depende la conservación de la bebida.

#### Utensilios

Para la disgregación de la fruta y su transformación en una bebida alcoholizada, es necesario que se tenga a disposición algunos utensilios de cocina, como son:

- ✓ Extractor de jugos de fruta
- ✓ Botellas para envasado
- ✓ Olla para esterilizar botellas
- ✓ Tela cabeza de indio
- ✓ Alcohol

#### Ingredientes

Los componentes que se utilizan como materia prima, para la elaboración del licor son los siguientes:

- ✓ Fruta
- ✓ Azúcar
- ✓ Ron

#### Preparación del Licor

Como paso esencial, antes de la transformación de la materia prima, se lleva a cabo, el lavado de la fruta, subsiguientemente la fruta se lleva al proceso de extracción, utilizando un extractor para frutas, en donde se obtiene el jugo y es almacenado en un contenedor, a continuación se

realiza el proceso de filtrado, en donde el jugo que se extrajo de la fruta, se cuela con un paño de tela, cabeza de indio, este proceso se repite tres veces, con el fin de destilar el licor y quede sin gabazos y con el color y olor de la fruta, posteriormente se agrega azúcar, esto dependiendo de la cantidad de licor que se esté haciendo, también se agrega el ron, en el entendido de que el azúcar y el ron cumplen la función de conservadores naturales.



Fig. 6.5.1.1 Contenedor donde se almacena el licor



Fig. 6.5.1.2 Filtrado del licor

Para la elaboración de los diferentes tipos de licores provenientes de las siguientes frutas como son el Durazno, la Pera, el Capulín, la Manzana, la Ciruela y el Membrillo todos tienen el mismo proceso de fabricación, con excepción del Capulín, que por ser una fruta muy pequeña y con un centro de semilla muy grande, es casi imposible estar eliminando fruta por fruta el

centro de semilla, para después hacer jugo la pulpa, tiene un proceso diferente, para obtener el licor desde la fruta, el proceso cuenta con unas variantes, que cuando ya se han realizado, se integra al mismo proceso de fabricación de las demás frutas. Dichas variantes de proceso se explican en el proceso del licor de Capulín.

### **Licor de Capulín**

La fruta recién cortada, se expone invariablemente al proceso de lavado, para después, llevarla al proceso de exposición de calor, este proceso se realiza en una olla, en donde se vierte azúcar y también agua, se tapa la olla y esporádicamente se revuelve con un palita de madera, este proceso se repite hasta que el capulín se ve deshidratado y que haya soltado su propio jugo y después se sigue con el proceso de colar y ponerle el ron.

Lo que hace la conservación del licor como ya se mencionó antes es el ron el azúcar y la buena esterilización del frasco ya que es un producto casero, también es muy conveniente que no entre aire al producto, y su envase debe ser de vidrio transparente y grueso.

Cuando el producto se contaminó con bacterias, es muy notorio porque se le pone una capa blanca en la superficie, como la del vinagre casero y el licor no sirve para consumo.

#### **6.5.1.1 Esterilización**

La esterilización de las botellas para el envasado del licor es un proceso fundamental, ya que de ello depende en gran parte la conservación de la emulsión, porque una buena desinfección evita la formación de bacterias que puedan dañar el producto.

Como actualmente se lleva a cabo este proceso es de la siguiente manera, se pone una olla, con agua suficiente de tal manera que cubra los frascos a esterilizar, poniéndose simultáneamente las botellas a utilizar, a fuego medio, y a partir de que suelte hervor se dejan hirviendo 20 a 30 min los frascos y las tapaderas, posteriormente se sacan del fuego y se dejan enfriar hasta que se puedan maniobrar, se escurren hasta que estén secos, después se enjuagan con el alcohol y se vuelven a escurrir.

### 6.5.1.2 Embotellado

Existen diferentes tipos de maquinaria para el envasado de los productos embotellados, pero en este proceso la elaboración que se describe es de manera casera y se realiza después de la esterilización, es ahí cuando comienza la manufactura de llenado del licor, este proceso se lleva a cabo utilizando embudos y es la forma en que se llenan todas y cada una de las botellas, después se tapan perfectamente bien selladas y se almacenan anotando la fecha de envasado y el nombre de la fruta después de que se ha realizado lo anterior se almacena y se deja añejar como tiempo mínimo 1 ó 2 meses, para que cuando el licor ya envasado madure y se penetre más el sabor y además tenga un color y olor más fuerte de la fruta que le corresponde.



Fig. 6.5.1.2.1 Llenado y taponado de botellas

## 7. Revisión técnica

---

Dentro de la manufactura de licores, se lleva a cabo un proceso que requiere de alta higiene además de eficiencia, esto es debido a que de la higiene depende el éxito y la conservación de la bebida, además de que si se realiza eficientemente, el desperdicio del producto y el tiempo de llenado se reducirán cuantiosamente.

### 7.1 Líneas de producción

Como ya se ha mencionado en temas anteriores las líneas de producción para la transformación de bienes, están compuestas por estaciones de trabajo; dichas estaciones pueden ser manuales, automáticas o semiautomáticas, también se cuenta con el servicio de las líneas híbridas, que son las líneas que tienen la capacidad de producir dos o más modelos de un producto dentro de la misma línea.

### 7.2 Válvulas de automatización

Existe una gran diversidad de válvulas para desarrollar un proyecto de automatización, pero para dicho proyecto se van a utilizar los siguientes instrumentos.

#### Para el proceso de llenado

##### *Pulsadores obturadores*

Dado que los pulsadores obturadores vienen en cajas de tres tipos de pulsadores, solamente se utilizará una y de ahí se harán las conexiones eléctricas correspondientes.



Fig. 7.2.1 Pulsador

### *Contacto obturador normalmente abierto*

Este contacto tendrá la función de verificar cuando exista botella en la base para iniciar el taponado.



Fig. 7.2.2 Obturador

### *Sensor óptico*

Dicho sensor cumple la función de detectar el nivel del líquido dentro de la botella y mandar una señal para detener el flujo acuoso.



Fig. 7.2.3 Sensor óptico

### *Válvula para el llenado de botellas*

Esta es una válvula de cierre KZCO, dicho instrumento cumple la función de dejar pasar u obstruir el paso impidiendo la salida del cualquier líquido.



Fig. 7.2.4 Válvula para el llenado de botellas

### *Contacto obturador final de carrera*

Este instrumento está diseñado para mandar una señal cuando el actuador esté en su final de carrera para cerciorarse de que el vástago del pisto esté haciendo su recorrido satisfactoriamente.



Fig. 7.2.5 Obturador final de carrera

### *Actuador*

Los actuadores neumáticos en este caso actuador de doble efecto con amortiguación y vástago cilíndrico, se pueden utilizar según las necesidades industriales que lo requiera debido a que son configurables y tienen una gran cantidad de accesorios para diferentes aplicaciones.



Fig.7.2.6 Actuador lineal

## **7.3 Neumática**

La Neumática es la rama de la técnica que se dedica al estudio y aplicaciones prácticas del aire comprimido. El aire comprimido es aire tomado de la atmósfera y confinado a presión en un espacio reducido, un ejemplo de ello es cuando inflamamos un globo y posteriormente lo soltamos sin cerrar, la energía acumulada por el aire lo hace volar y se produce una transformación de la energía almacenada en trabajo útil en mover el globo.

Hoy en día son muchos los sistemas que basan su funcionamiento en ello, dentro de los sistemas neumáticos, el aire comprimido se produce en un elemento llamado compresor, que es una bomba de aire comprimido accionada normalmente por un motor eléctrico, el aire se almacena en un depósito denominado receptor, después de almacenado el aire es conducido a través de válvulas a los cilindros, que son los componentes encargados de realizar el trabajo, cuando el aire comprimido fluye en el interior de un cilindro, obliga a desplazar un émbolo situado en su interior, proporcionando un movimiento lineal y efectúa el movimiento deseado

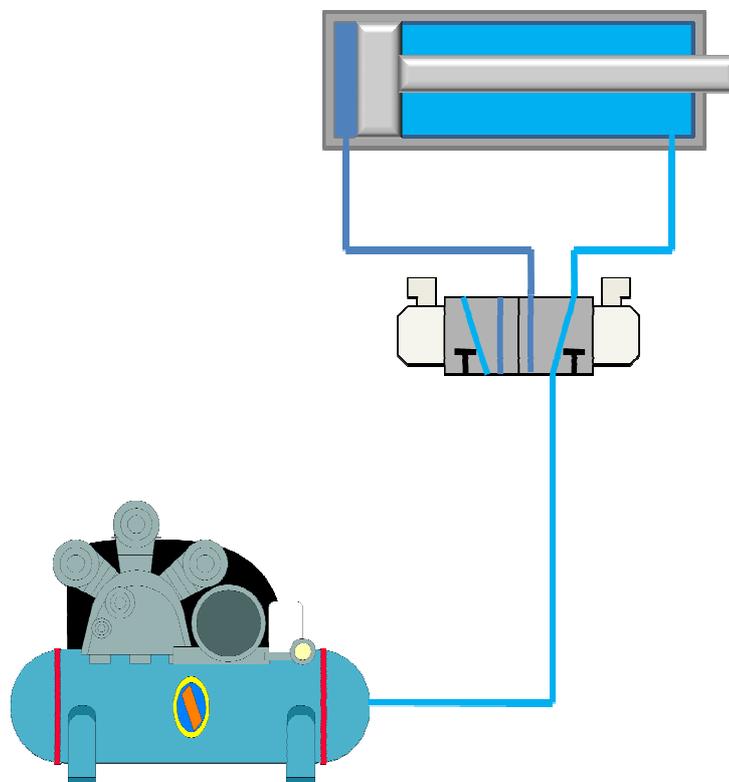


Fig.7.3.1 Sistema básico, compresor y actuador neumático

También se cuenta con válvulas que tienen como misión controlar el flujo de aire comprimido que entra y sale de los cilindros, estas válvulas son llamadas elementos de control del circuito.

Los esquemas neumáticos son una representación de las instalaciones neumáticas reales, y para realizarlos en la práctica estos circuitos es necesario disponer al menos de un equipo

neumático elemental además de los instrumentos necesarios para cada tipo de circuito, para solucionar este problema, ya que representaría un costo muy elevado podemos simular los circuitos neumáticos en programas específicos y especializaos, así se puede comprender su funcionamiento mediante la animación o simulación y si además se dispone de un laboratorio de neumática, se pueden diseñar circuitos en el PC, detectar posibles errores antes del montaje, para después realizar el diseño que se pensó en el PC con instrumentos reales.

### **7.4 Simulación**

La realización de la simulación se puede utilizar en cualquier disciplina y sirve para estudiar efectos de determinados cambios informativos, de organización y ambientales, en la operación de un sistema, al hacer alteraciones en un modelo de simulación se pueden observar todos los efectos que surgieron con el cambio y también en el comportamiento del mismo, en concreto la simulación computacional sirve para vencer los obstáculos del método científico, nos hace posible estudiar y experimentar complejas interacciones que ocurren al interior de un sistema dado, nos conduce a un mejor entendimiento del mismo sistema y proporciona sugerencias para mejorarlo, también ayuda a adquirir experiencia, puede verificar soluciones analíticas y convierte a especialistas en profesionales generalistas.

#### **7.4.1 Proceso realizado en Programa de Simulación**

[7]El FluidSIM es una herramienta, que utiliza los conocimientos básicos de neumática y trabaja en un entorno de Microsoft Windows, este software se desarrolló en colaboración con la Universidad de Paderborn, la empresa FESTO Didáctica GmbH & Co. Y Art Systems, Paderborn.

Una de las características importantes es su estrecha relación y con la función y simulación CAD. El FluidSIM permite por una parte, un esquema DIN justo de diagramas de circuito fluidos, por otra parte posibilita la ejecución, sobre las descripciones de componentes físicos de una simulación plenamente explicativa. Con esto se establece una división entre la elaboración de un esquema y la simulación de un dispositivo práctico.

Otra característica importante es su completo concepto didáctico, que ayuda a enseñar, comprender y visualizar la neumática. Los componentes neumáticos son explicados por medio de breves descripciones, imágenes y presentaciones de principios de accionamiento; los ejercicios y videos didácticos ayudan a conocer las conexiones más importantes para el uso de componentes neumáticos.

En el desarrollo del programa se ha dado especial importancia al empleo intuitivo y de ágil aprendizaje, esta concepción le ofrece la posibilidad de contactar, diseñar y simular circuitos de fluidos. [7]

### 7.4.2 Simulación neumática

La simulación en FluidSIM maneja dos tipos de simulaciones, las cuales son la neumática y electroneumática, el primer tipo de simulación está basado en la activación de los actuadores y demás instrumentos por medio de aire a través de mangueras interconectadas entre los instrumentos.

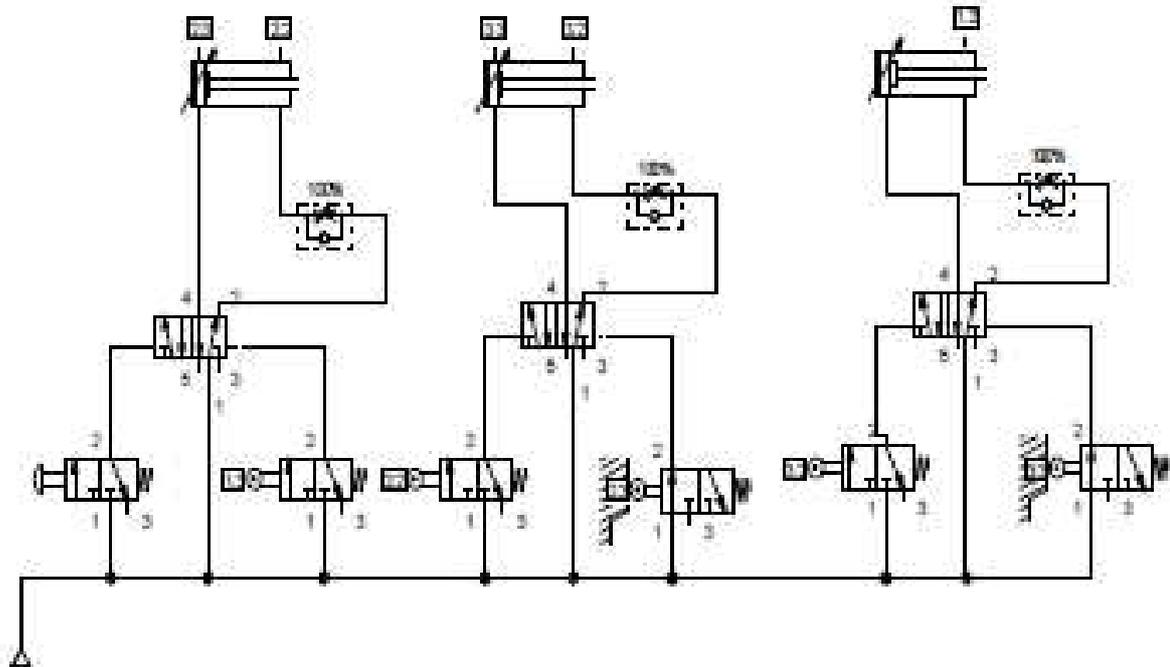


Fig. 7.4.2.1 Simulación neumática de tres pistones

### 7.4.3 Simulación electroneumática

[7] La otra opción de simulación es la electroneumática, utilizando pulsos eléctricos y aire comprimido, esto hace referencia a que cuando hablamos de electroneumática es cuando el accionamiento de las válvulas neumáticas es eléctrico, esto es porque en algunos casos el actuador neumático podría estar demasiado lejos del control de mando y no daría un funcionamiento al 100 %. [7]

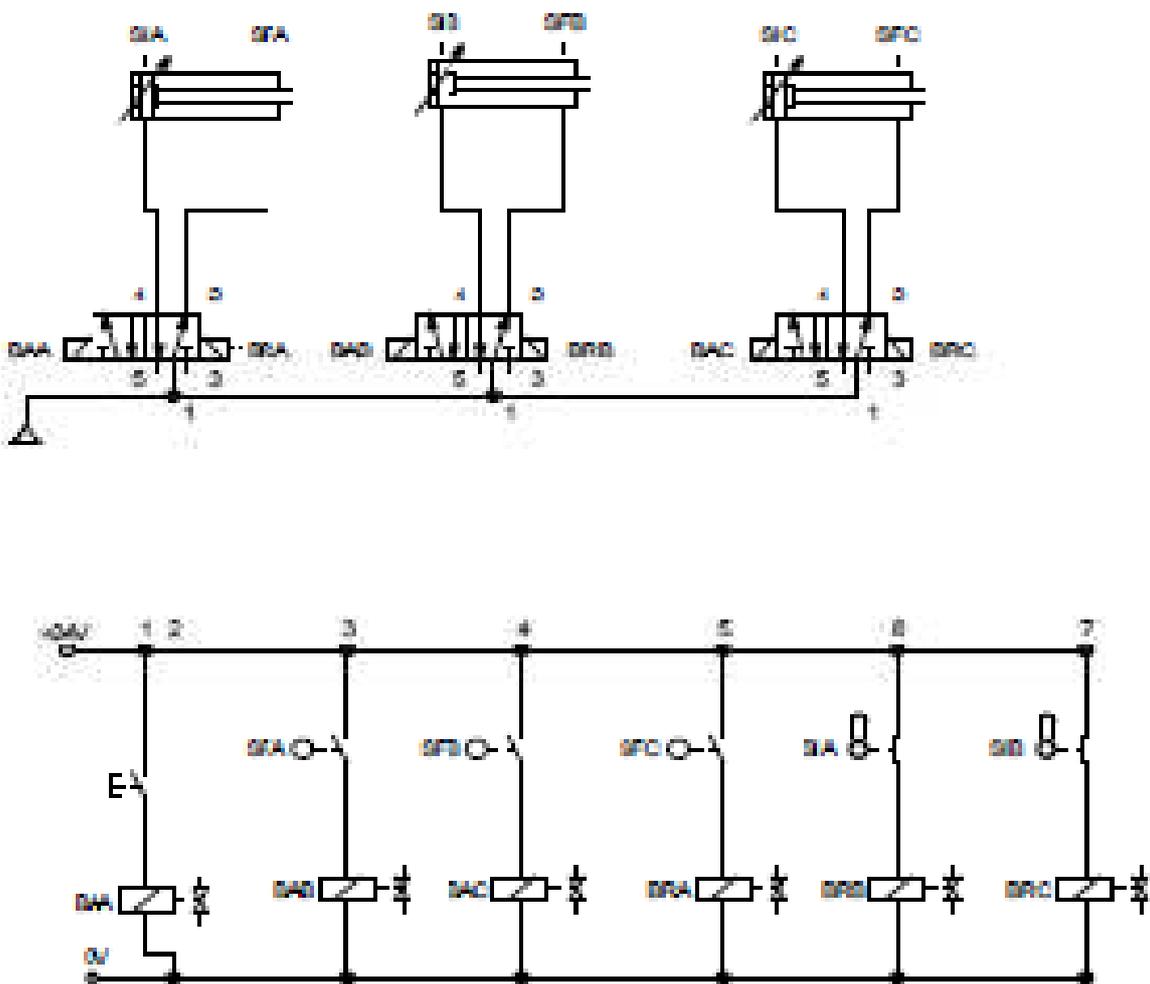


Fig. 7.4.3.1 Simulación electroneumática de tres pistones

### 7.5 Programación de un PLC.

La programación de un PLC (Control Lógico de Proceso), se realiza mediante compiladores con base en la programación lineal; en este caso en particular utilizaré el programa de compilación FST 4.10, este programa, puede utilizarse individual o conjuntamente en una sola máquina. El FST es conmutable, de forma que puede utilizarse en proyectos anteriores con versiones pasadas, estas son algunas de las características del compilador FST 4.10:

1. Programe tal como piensa...
2. Programación por pasos
3. Programación por tareas
4. Programación de subrutinas
5. El árbol de proyectos le ayuda a mantener el orden en su proyecto
6. La administración de versiones
7. El intérprete de órdenes
8. Ethernet y TCP/IP
9. WEB Server

## 8. Metodología

---

### 8.1 Análisis de pasos a seguir

Para poder desarrollar una celda de manufactura semiautomática que cumpla la función de llenado y taponado para botellas de licor de frutas es necesario; como primer paso conocer el tipo de instrumentos que vamos a ocupar, para esto, necesitamos hacer una descripción detallada del proceso y así desarrollar un nuevo planteamiento de manufactura para la semiautomatización, posteriormente se realiza una secuencia de pasos, para después realizar un diagrama de escalera y así obtener cuántas piezas y de qué tipo se van a utilizar, habiendo realizado esto, se realizará una simulación del proceso en el software FluidSIM, esto con la finalidad de poder verificar el proceso, detectar errores y tener una base sobre la cual construir una simulación electroneumática y posteriormente poder programarla en un PLC utilizando el software FST 4.10 y poder cargarlo en un FEC compact.

De manera puntual, los pasos a seguir son:

1. Una descripción detallada del proceso actual
2. Nuevo planteamiento de manufactura para la semiautomatización
3. Realizar secuencia de pasos
4. Determinar los instrumentos
5. Simulación en FluidSIM
6. Realizar análisis diagrama espacio fase
7. Simulación electroneumática
8. Programación en FST 4.10

### 8.2 Descripción detallada del proceso actual

Dentro del proceso de elaboración de licor de frutas, la preparación se divide en tres actividades diferentes y de igual manera importantes, las cuales son el embotellado del producto y la preparación de la emulsión, en la segunda fase del proceso se tiene dos variantes las cuales son:

1. Para la extracción de jugos para frutas pequeñas con centro grande
2. Para la extracción de jugos para frutas grandes con centro pequeño

Tomando en cuenta el desglose de las actividades las nombramos de la siguiente manera, embotellado del producto, preparación de la emulsión y distinto tipo de fruta, quedando esto en claro, dicho proceso se explica de manera grafica en el siguiente diagrama.

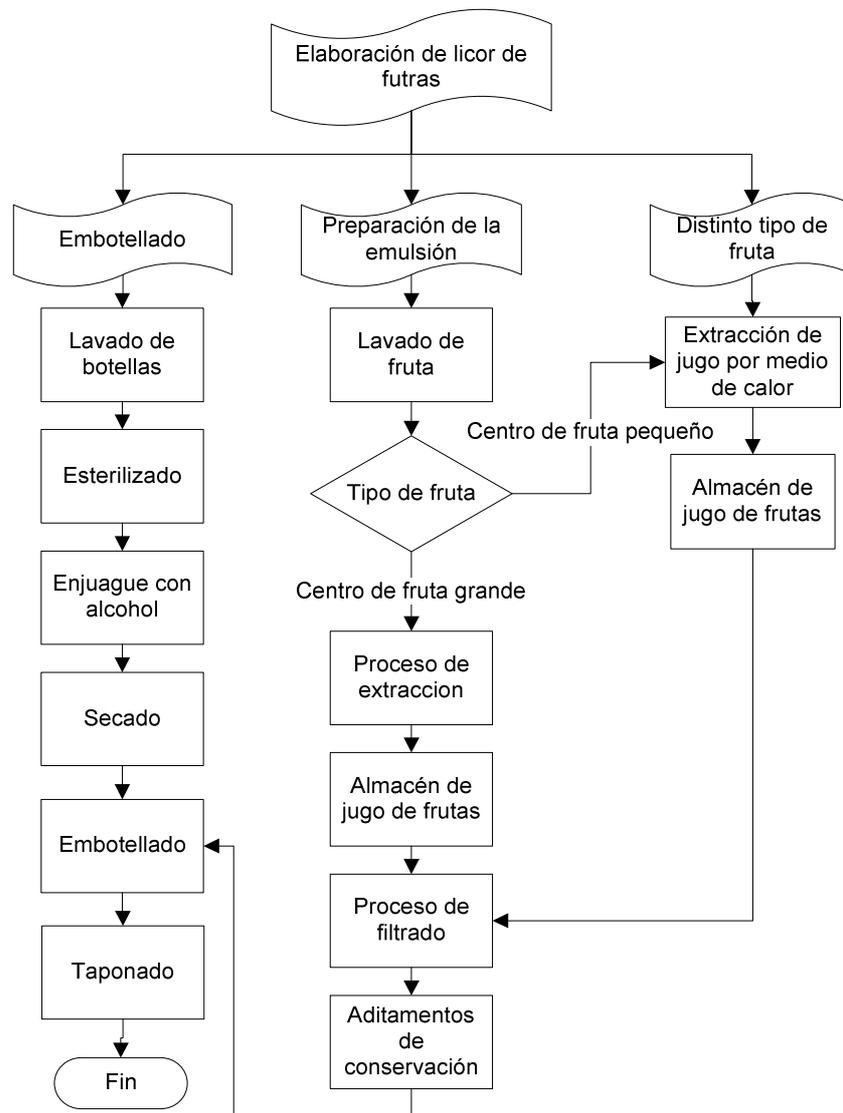


Diagrama 8.2.1 Diagrama de proceso

### 8.3 Nuevo planteamiento de manufactura para la semiautomatización

El nuevo planteamiento de manufactura se implantará en las actividades para el llenado y taponado de botellas con licor de frutas; basándonos en el diagrama 8.2.1 lo ubicamos justo en la etiqueta de embotellado después de la actividad de secado.

#### Descripción del proceso semiautomático

El proceso consistirá en una semiautomatización para el llenado y el taponado de botellas de licor de frutas en donde se utilizará un control manual para activar el llenado de las botellas y de un sensor óptico que determinará el nivel de llenado de los envases de vidrio, también se programará el funcionamiento de un actuador neumático para realizar el sellado hermético de las botellas por medio de tapones de corcho.

### 8.4 Pasos a seguir para la implantación de la semiautomatización

Dichos pasos que se van a mencionar a continuación serán los establecidos para el nuevo sistema de llenado y taponado que se va a implementar en el proceso semiautomatizado, de esta manera se logrará que el proceso incremente su eficiencia e higiene y cumplirá con el alcance deseado.

1. Posicionamiento de botella en base para llenado
2. Activación de mando para el llenado
3. Accionamiento de sensor óptico para nivel de licor en botella
4. Posicionamiento de botella en base para sellado con tapón de corcho
5. Posicionamiento del corcho en boca de botella
6. Activación de mando para el actuador taponador

### 8.5 Determinación de instrumentos

Para determinar el tipo de instrumentos y el número de piezas que se van a ocupar se va a realizar un diagrama de escalera, manteniendo las condiciones iniciales del proceso realizando una secuencia organizada como se planeó inicialmente.

### 8.5.1 Diagrama de escalera

Dicho diagrama nos da la oportunidad de determinar el tipo de instrumentos que se van a ocupar y en que ubicación del proceso los vamos a necesitar, así también el tipo de actividad que van a desarrollar en el proceso; esto es muy útil ya que después de realizar estos diagramas, la simulación y posteriormente la programación son más fáciles de realizar.

Proceso de llenado

Diagrama escalera realizado en FST 4.10

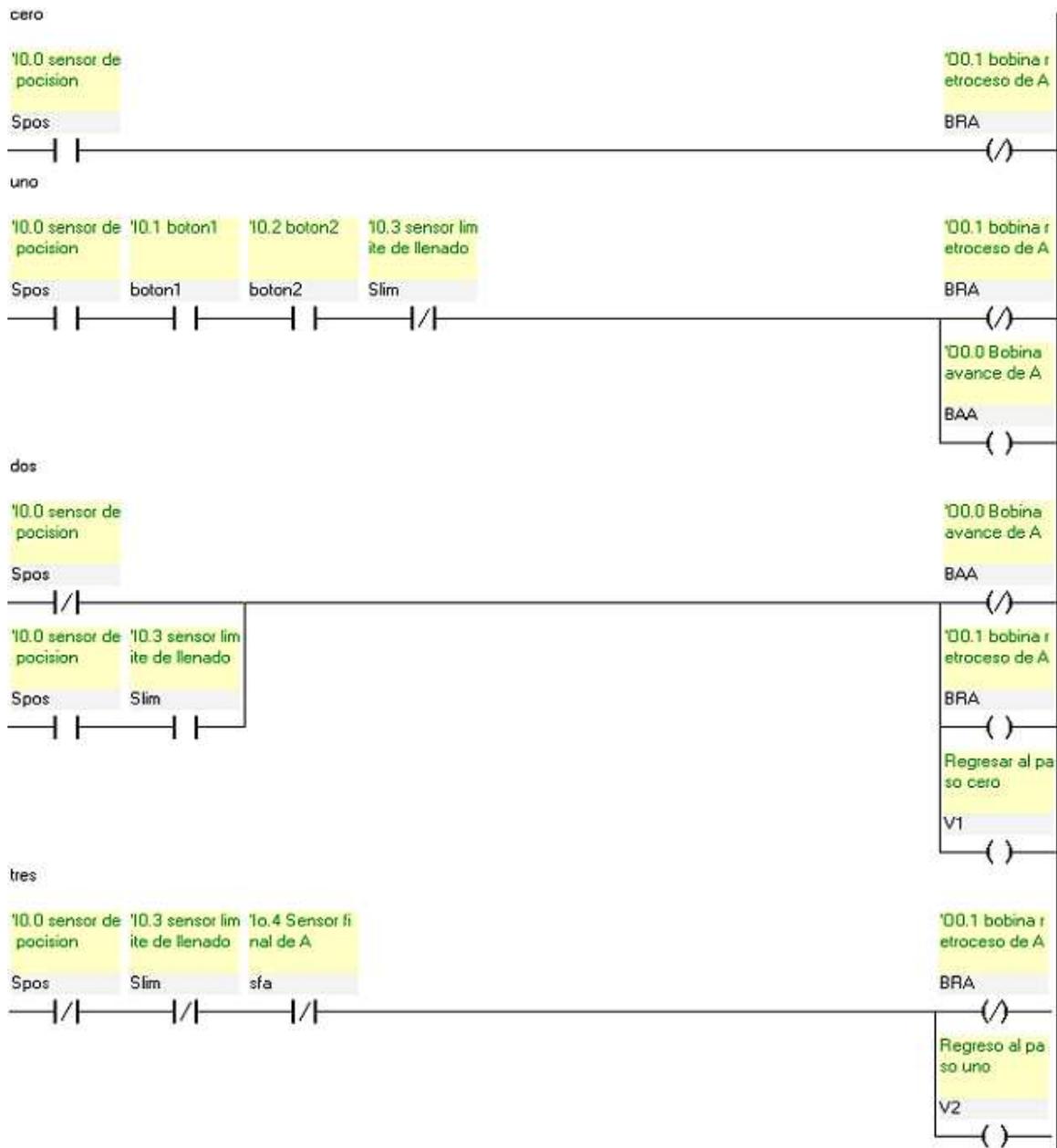


Diagrama 8.5.1.1 Diagrama de escalera proceso de llenado

Las piezas que se han obtenido después de este análisis de escalera para el proceso de llenado de botellas son las siguientes:

1. Dos pulsadores obturadores
2. Un contacto obturador normalmente abierto
3. Un sensor óptico
4. Una válvula para el llenado

**Proceso de taponado**

Diagrama de escalera realizado en FST 4.10

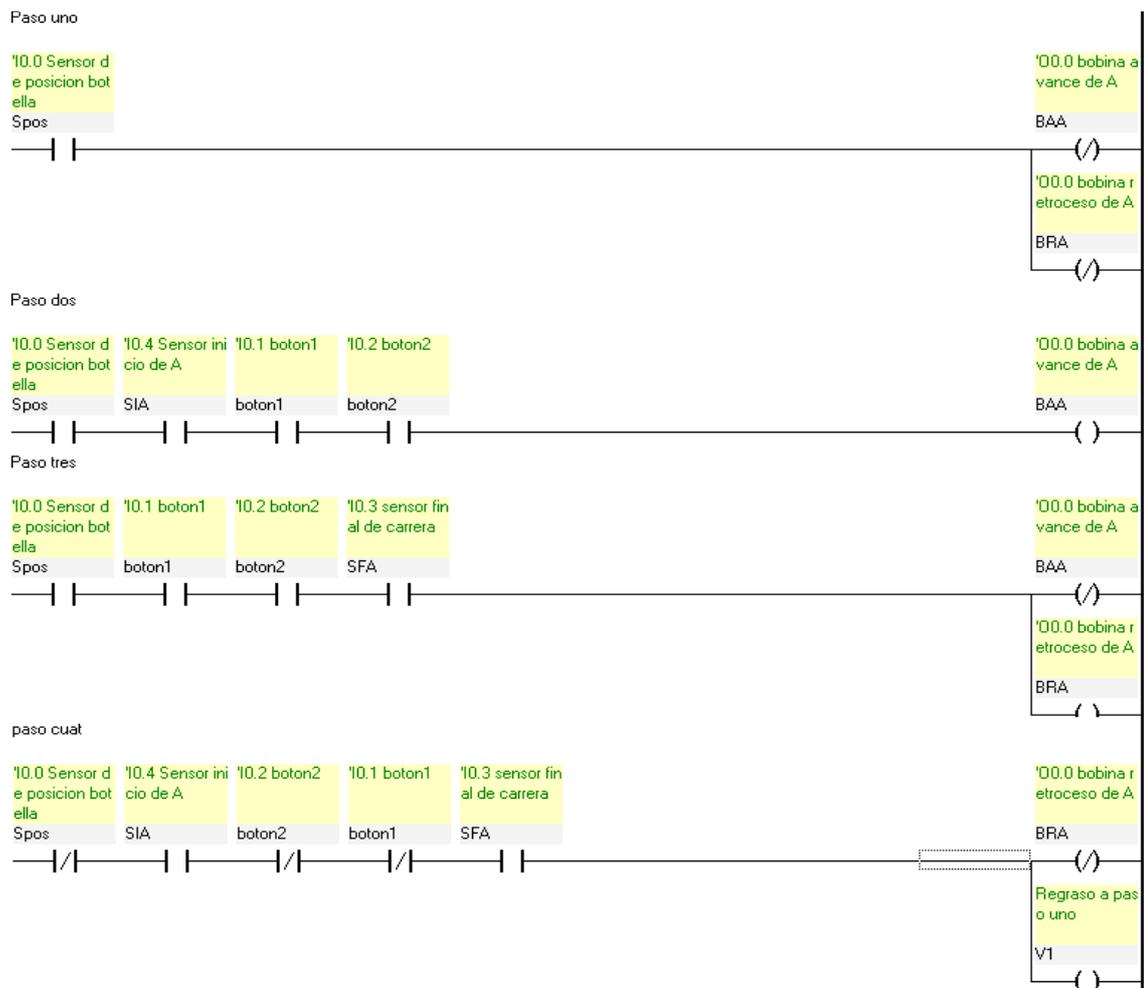


Diagrama 8.5.1.2 Diagrama de escalera proceso de taponado

Las piezas que se han obtenido después de este análisis de escalera para el proceso de llenado de botellas son las siguientes:

1. Dos pulsadores obturadores
2. Un contacto obturador normalmente abierto
3. Un contacto obturador para final de carrera
4. Un actuador taponador

Después de haber realizado el diagrama de escalera y de habernos dado cuenta la cantidad y qué tipo de instrumentos se ocupan, se desarrolló una simulación de automatización en el programa FluidSIM, esto servirá para posteriormente hacer la programación del PLC.

### **8.6 Programación de simulación en FluidSIM**

#### *Simulación de llenado*

Dicha simulación ayuda a estudiar efectos de determinados cambios informativos, de organización y ambientales, en la operación de un sistema, al hacer alteraciones en su modelo y observar los efectos de éstos en el comportamiento del mismo.

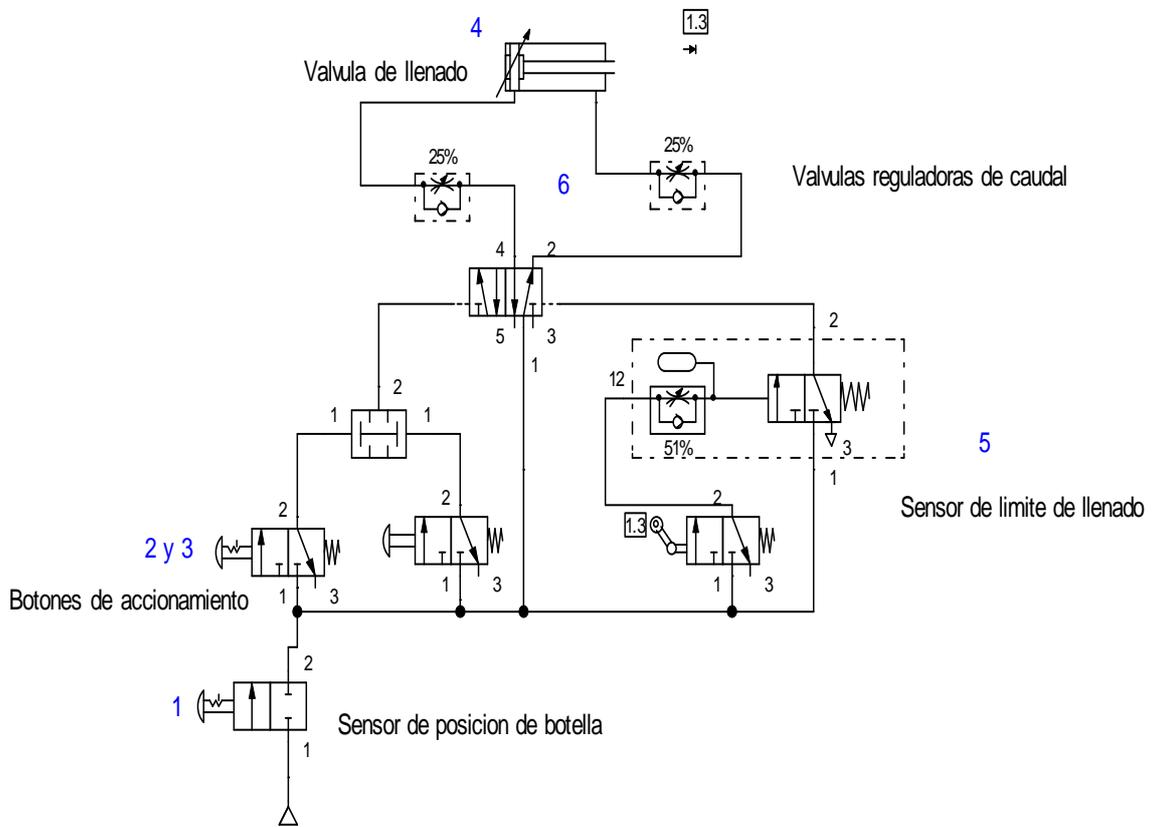


Diagrama 8.6.1 Simulación proceso de llenado

Esta representación del circuito neumático explica de manera gráfica la semiautomatización del proceso de llenado, en donde:

### Instrumento 1

Este instrumento representado por un botón de enclavamiento, hace referencia a un sensor de posición, que detecta cuando la botella está situada y lista para comenzar el llenado, dicho sensor también cumple la función de On-Off, puesto que si no está activado no puede comenzar el proceso.

### **Instrumentos 2 y 3**

Estos instrumentos son botones, cumplen la función de activar la válvula de llenado representada por un actuador con el número de instrumento 4, para activar el funcionamiento de la válvula de llenado, es necesario oprimir los dos botones ya que está diseñada para un accionamiento bimanual y de lo contrario no se activará la válvula para el llenado del licor.

### **Instrumento 4**

Este instrumento es una válvula de llenado y está representada por un actuador, dicha válvula como su nombre lo indica es la responsable del llenado de las botellas y ésta funciona solo y únicamente cuando son activados los instrumentos 1, 2 y 3, también es desactivada cuando el sensor de nivel o de límite de llenado le manda una señal, este sensor en la imagen de simulación está representado con el numero 5 y gráficamente se compone de un rodillo y un temporizador.

### **Instrumento 5**

Este instrumento es un sensor de nivel y gráficamente está compuesto por un rodillo y un temporizador, simulan la función de cerrar la válvula de llenado cuando el nivel del líquido está en el lugar deseado.

### **Instrumento 6**

Estos instrumentos son válvulas reguladoras, simulan el flujo de llenado controlando la velocidad con la que sale el líquido, evitando que se derrame.

### ***Simulación de taponado***

Esta simulación ayuda a tener una explicación grafica del proceso de taponado, para posteriormente desarrollar una simulación electro neumática.

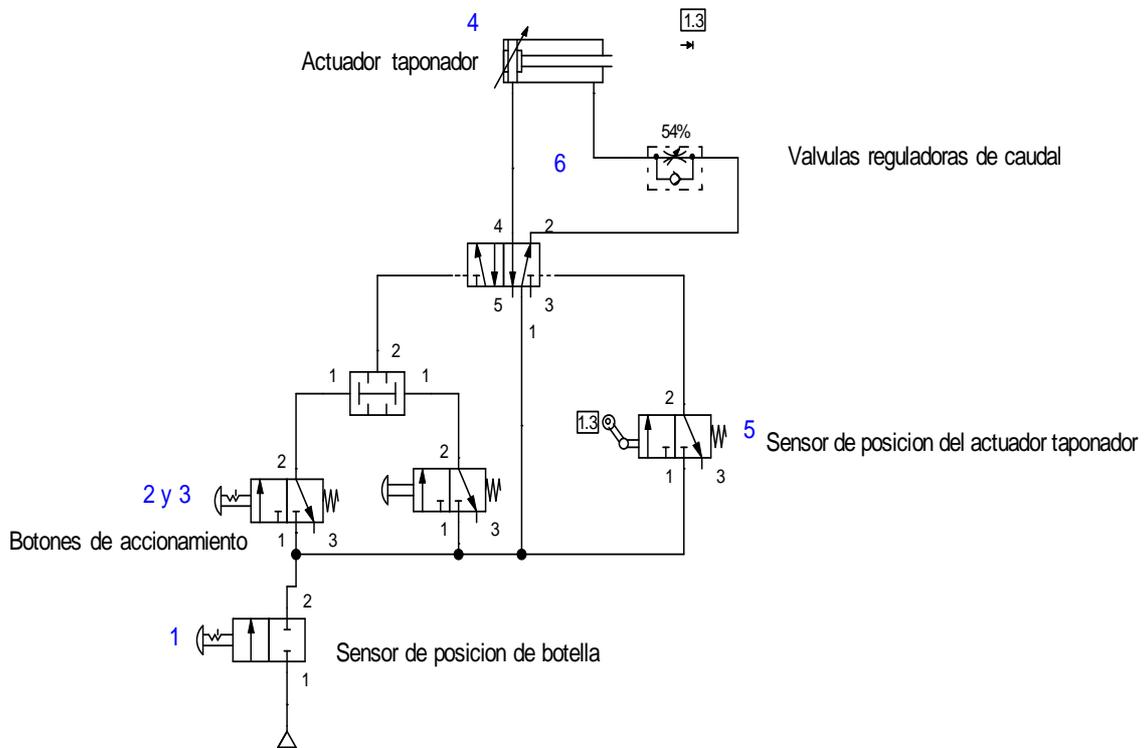


Diagrama 8.6.2 Simulación proceso de taponado

### Instrumento 1

Sensor de posición de botella representado por un botón, dicho sensor tiene la función de actuar como interruptor 0n-Off, dado que si no detecta ninguna botella no se activarán ninguna de las actividades posteriores.

### Instrumentos 2 y 3

Los instrumentos 2 y 3 son los encargados de activar el sensor taponador, estos son controles de mando bimanual, ya que deben estar los dos botones presionados para poder mandar una señal de acción.

**Instrumento 4**

El instrumento taponador, es un actuador calibrado con la velocidad exacta para poder estampar un tapón sin romper la botella de vidrio, dicho actuador funciona siempre y cuando estén activados los instrumentos 1, 2 y 3, con la finalidad de evitar accidentes.

**Instrumento 5**

Este sensor de posición del actuador taponador, indica al pistón el momento indicado para regresar a su inicio de carrera, es de tal importancia, porque se asegura de que el actuador esté haciendo su recorrido completo.

**Instrumento 6**

Las válvulas estranguladoras, determinan la cantidad de flujo de aire, condicionando al actuador a tener la velocidad deseada para un taponado perfecto.

**8.7 Análisis de diagrama espacio fase**

En los diagramas espacio fase se observa el desplazamiento de los pistones en función del tiempo, esta es una de las maneras de analizar el funcionamiento de los circuitos neumáticos.

**Diagrama espacio fase proceso de llenado**

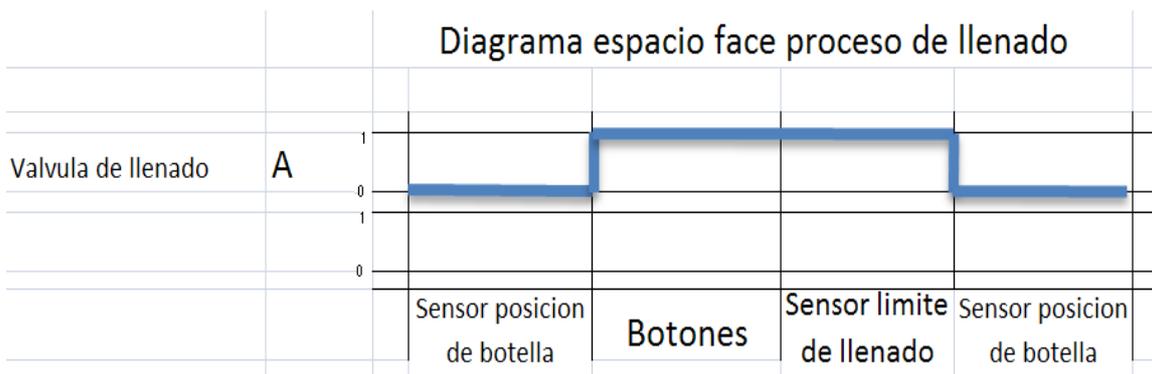


Diagrama 8.7.1 Diagrama espacio fase proceso de llenado

En el diagrama se observa cuándo está funcionando cada uno de los instrumentos, nos muestra como primera instancia a la válvula de llenado que muestra actividad solo cuando se oprimen los botones y termina cuando se activa el sensor de límite de llenado. Como segunda opción señala la válvula de caudal, activada al inicio justo cuando se abre la válvula de llenado controlando el flujo del líquido evitando turbulencias excesivas. Por último en la opción C se describe la actividad de la válvula reguladora de caudal activada al final del llenado, esto con la finalidad de evitar que el líquido se derrame.

**Diagrama espacio fase proceso de Taponado**

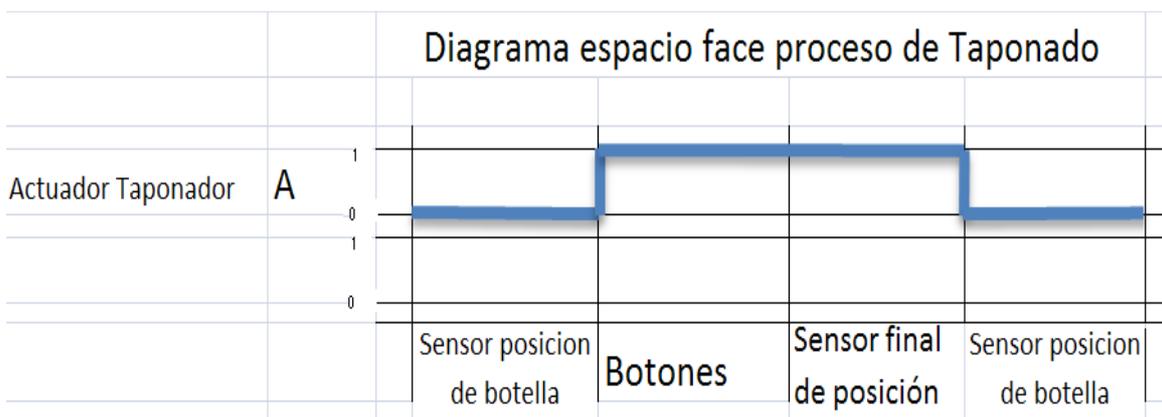


Diagrama 8.7.2 Diagrama espacio fase proceso de taponado

Este diagrama representa un proceso mucho más simple, ya que solo se maneja un actuador y cumple su función como instrumento taponador, el pistón taponador empieza a trabajar cuando son pulsados los botones de mando y termina su función cuando manda la señal el sensor de final de recorrido del actuador.

**8.8 Simulación electroneumática**

La simulación electroneumática va dirigida a la programación de un PLC, puesto que ahora se manejan dos tipos de señales entre los instrumentos, las cuales son señales eléctricas y conexiones neumáticas, las señales eléctricas son las encargadas de accionar o desactivar el

funcionamiento de válvulas y las válvulas son las encargadas de accionar los actuadores por medio de aire.

A continuación se muestran los diagramas diseñados para las celdas de manufactura, de los cuales un diagrama es diseñado para el proceso de llenado de las botellas, y otro diagrama por separado es para el área de taponado, dichos diagramas se están manejando por separado debido a que se realizará posteriormente una programación de PLC independiente.

Diagrama electroneumático para el proceso de llenado

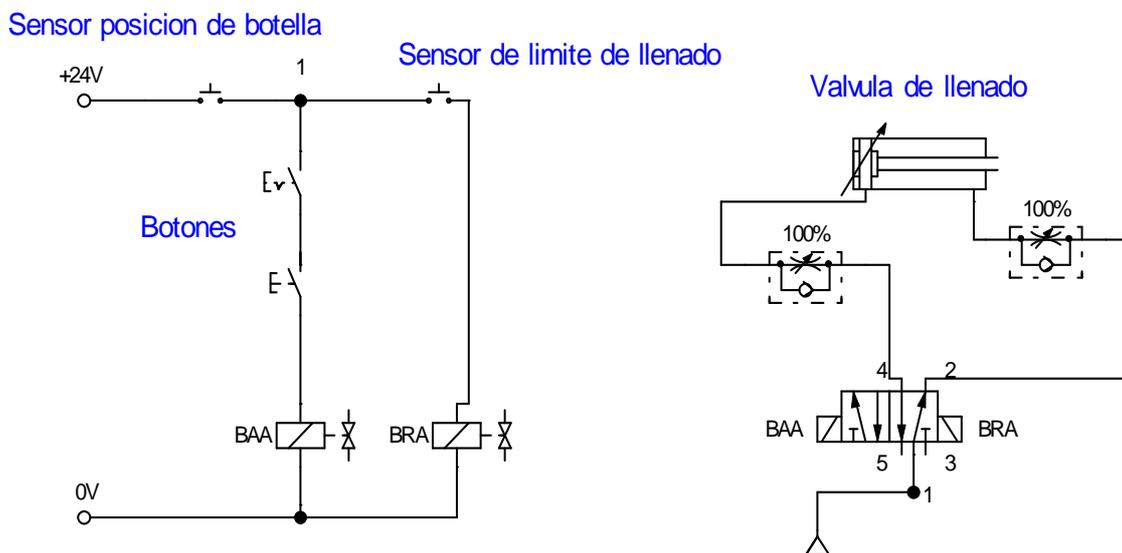


Diagrama 8.8.1 Diagrama electroneumático proceso de llenado

El diagrama es un poco más fácil de entender, puesto que ya es un avance de manera gráfica para desarrollar la programación del PLC, este diagrama se compone de dos partes; en la parte izquierda está el circuito eléctrico y en la parte derecha está el neumático, su funcionamiento es el siguiente:

1. Como primer paso debe estar accionado el sensor de posición de botella, de otra manera no es posible que se active el funcionamiento del circuito.

2. Posteriormente se accede al accionamiento de los botones 1 y 2, donde se envía una señal eléctrica a BAA, y ésta conlleva al funcionamiento del actuador A (representado por un pistón) este actuador está en representación de la válvula de llenado; cabe señalar que los botones 1 y 2 solo se activarán si está accionado el sensor de posición de botella.
3. Cuando está activada la válvula de llenado, y es necesario que su funcionamiento cese, se activa el sensor de límite de llenado; este sensor manda una señal eléctrica y activa BRA, conllevando al cierre de la válvula de llenado, en este diagrama representado al retorno del actuador A.
4. El proceso no comenzará nuevamente hasta que el sensor de límite de llenado esté desactivado y el sensor de posición de botella sea desactivado y activado nuevamente.

### Diagrama electroneumático para el proceso de taponado

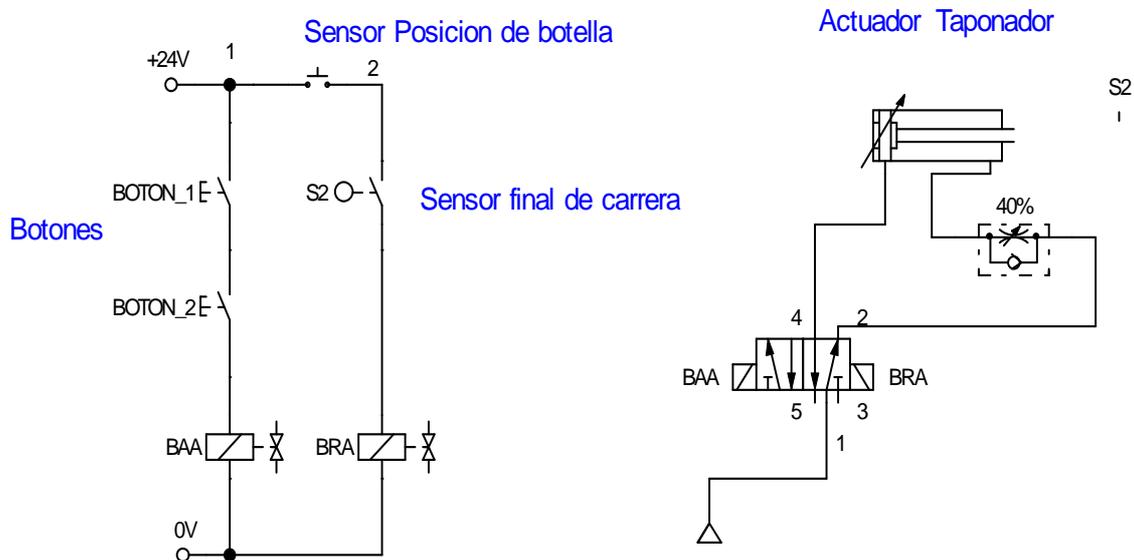


Diagrama 8.8.2 Diagrama electroneumático proceso de Taponado

El diagrama 8.8.2 para el proceso de taponado, al igual que el diagrama del proceso de llenado, son mucho más sencillos de entender que los que solamente son neumáticos, dicho

diagrama también está compuesto de dos partes, las cuales son eléctrica y neumática sucesivamente y su funcionamiento es el siguiente:

1. Primeramente debe estar accionado el sensor de posición de botella, como medida de seguridad, para inicio de proceso.
2. Posteriormente se accionan los botones 1 y 2, los cuales envían una señal eléctrica a la bobina BAA, la cual cumple la función de activar el inicio de carrera del actuador A.

El actuador o pistón tiene que cumplir todo su recorrido, ya que de lo contrario no se activará el sensor final de carrera y no podrá regresar a su lugar inicial, dicho sensor (sensor final de carrera) tiene la función de asegurarse de que el actuador esté haciendo su recorrido completo y así esté sellando las botellas debidamente.

### **8.9 Programación en PLC**

La programación en un PLC es realizada en compiladores especializados, basados en los principios de programación fundamentales como C y C++, en esta ocasión realizaremos nuestra programación en el compilador de líneas FST 4.10 el cual es muy útil y amigable para el uso del PLC.

#### **8.9.1 Programación del proceso de llenado**

En la figura 8.9.1.1 se muestra el programa del PLC realizado en el compilador FST 4.10 el cual es de la siguiente manera para el proceso de llenado de botellas.

```

STEP cero
  IF          Spos      'IO.2 sensor de posicion botella
  THEN RESET  BRA      '00.1 bobina retorno de A
STEP uno
  IF          Spos      'IO.2 sensor de posicion botella
    AND      boton1    'IO.0 Boton1 de Inicio
    AND      boton2    'IO.1 Boton 2 de Inicio
    AND      N         Slim  'IO.3 Sensor limite de llenado
  THEN RESET  BRA      '00.1 bobina retorno de A
    SET      BAA      '00.0 bobina avance de A
STEP dos
  IF          N         Spos      'IO.2 sensor de posicion botella
  THEN RESET  BAA      '00.0 bobina avance de A
    SET      BRA      '00.1 bobina retorno de A
    JMP TO  cero
  IF          Spos      'IO.2 sensor de posicion botella
    AND      Slim      'IO.3 Sensor limite de llenado
  THEN RESET  BAA      '00.0 bobina avance de A
    SET      BRA      '00.1 bobina retorno de A
STEP tres
  IF          N         Spos      'IO.2 sensor de posicion botella
    AND      N         Slim      'IO.3 Sensor limite de llenado
    AND      N         sfa
  THEN RESET  BRA      '00.1 bobina retorno de A
    JMP TO  uno

```

Fig. 8.9.1.1 Programa proceso de llenado

Explicando la compilación para el proceso de llenado tenemos lo siguiente:

### Paso cero

En este paso nos estamos asegurando que la electroválvula de retorno del actuador A se encuentre apagada, ya que de lo contrario causaría problemas durante el proceso, porque es necesario que se encuentre desactivada para que pueda avanzar el vástago del actuador.

### Paso uno

Una vez que se haya apagado la bobina para el retroceso de A (BRA), entonces la segunda condición es que si se encuentra activado el sensor de posición, y se encuentran presionados

boton1 y boton2 y no se encuentra activado el sensor de límite de llenado; entonces se accionará la bobina para el avance de “A” y de este modo se abrirá la válvula de llenado.

#### **Paso dos**

El paso dos está diseñado para prueba de errores, debido a que si no se encuentra el sensor de posición por causa de que la botella se haya movido, el programa automáticamente, cerrará la bobina de avance de “A” y activará la bobina de regreso para cerrar la válvula de llenado y de esta manera evitar que el líquido se derrame. Así también en este paso, si se encuentra el sensor de posición y el líquido ha llegado a su límite entonces se cierra la válvula de llenado y se apaga la bobina de avance de “A”.

#### **Paso tres**

Cuando no se encuentran activados el sensor de posición, el sensor de límite de llenado y el sensor final de “A”; entonces se apaga la bobina de retroceso de “A” y se regresa al paso numero uno.

### 8.9.2 Programación del proceso de taponado

La figura 8.9.2.1 muestra el programa, en listado de instrucciones para el proceso de taponado de botellas con licor de fruta, dicha compilación, está realizada en el programa FST 4.10 y está estructurado de la siguiente manera.

```

STEP uno
  IF          Spos          'IO.0 Sensor de Posicion botella
  THEN RESET BRA          'OO.1 bobina retroceso de A
  RESET      BAA          'OO.0 bobina avance de A
STEP dos
  IF          Spos          'IO.0 Sensor de Posicion botella
  AND        SIA
  AND        boton1        'IO.1 boton1
  AND        boton2        'IO.2 boton2
  THEN SET   BAA          'OO.0 bobina avance de A
STEP tres
  IF          Spos          'IO.0 Sensor de Posicion botella
  AND        boton1        'IO.1 boton1
  AND        boton2        'IO.2 boton2
  AND        SFA          'IO.3 Sesnsor final de A
  THEN RESET BAA          'OO.0 bobina avance de A
  SET        BRA          'OO.1 bobina retroceso de A
STEP cuatro
  IF          N          Spos          'IO.0 Sensor de Posicion botella
  AND        SIA
  AND        N          boton1        'IO.1 boton1
  AND        N          boton2        'IO.2 boton2
  THEN RESET BRA          'OO.1 bobina retroceso de A
  JMP TO uno

```

Fig. 8.9.2.1 Programa proceso de taponado

Explicando la compilación del proceso de taponado tenemos lo siguiente:

#### Paso uno

Como primer paso es esencial apagar primero las bobinas de avance y retroceso, por eso se condiciona al programa que si se encuentra activado el sensor de posición, entonces se apaguen la bobina de avance y la bobina de retroceso.

**Paso dos**

Si se encuentra accionado el sensor de posición, el sensor de inicio de “A”, y se encuentran presionados boton1 y botón2; entonces se activará la bobina de avance de “A” para iniciar con el taponado.

**Paso tres**

Cuando se encuentre el sensor de posición, los botones 1 y 2 y además el vástago del actuador se encuentre en su final de carrera; entonces se apagará la bobina BAA y se encenderá la bobina de retroceso BRA, para que el actuador regrese a su posición inicial.

**Paso cuatro**

Y finalmente para regresar al paso número uno, éste se realizará cuando la botella se haya removido de su lugar, el actuador esté en su inicio de posición y no se encuentren accionados boton1 y boton2.

Una vez realizada la compilación de los programas, se debe asegurar su buen funcionamiento antes de proceder a cargarlos en un PLC tipo FEC Compact. Dicho proceso se lleva a cabo dentro del compilador FST 4.10, conectando un PC en línea con el PLC.

## 9. Resultados

---

Recordando el objetivo principal de esta tesina, el cual es diseñar un sistema semiautomático para cubrir las necesidades dentro del área de envasado y taponado de licores de frutas, se ha obtenido lo siguiente:

### 9.1 Complementos del proceso

Debido a que se ha modificado el proceso de llenado y taponado de las botellas de licor, es necesario crear una base o asiento como soporte para las botellas, para que cuando se lleve a cabo cualquiera de las dos actividades ya sea de llenado o taponado, la botella mantenga su posición y los actuadores o instrumentos no causen daños ni pérdidas en el producto.

Dicha base tendrá la forma del asiento de la botella y subirá hasta cubrirla 3 centímetros desde el fondo, esto con la finalidad de mantenerla en la posición deseada. El diseño de la base dependerá del diseño de la botella, esto no causa mayor problema ya que cuando se decida cambiar de tipo de botella, se diseñará una base a medida del envase de vidrio. La base será de fibra de vidrio y resina, puesto que no tendrá contacto alguno con los alimentos solo con los envases de vidrio, además de que es un material resistente y económico.



Fig. 9.1.1 Base de sujeción

## 9.2 Proceso de llenado de botellas

El proceso de llenado en su forma original y artesanal, era realizado de forma totalmente manual, utilizando menesteres de cocina, tales como embudos, jarrones, etc. Y con el nuevo diseño semiautomático del proceso se obtiene como resultado una celda de manufactura para el llenado de botellas con licores de frutas, con una clasificación por línea de producción de acuerdo a la variedad de productos, obtenemos una celda de trabajo por lote de producción, debido a su capacidad para llenar botellas de diferentes tipos de licores de fruta, pero se debe esperar a cumplir un determinado número de piezas para poder producir un modelo diferente que en este caso sería un tamaño de botella diferente o un diferente sabor de licor.

También se obtiene un proceso semiautomatizado debido a que las actividades de llenado no son totalmente autónomas ni tampoco totalmente manuales, es un proceso combinado, ya que el operario debe colocar las botellas esterilizadas en la llenadora automática y posteriormente retirarlas cuando estén llenas, para continuar con el siguiente proceso.

Una representación grafica de la descripción del proceso se muestra en el video anexo a la tesina, y en las siguientes fotos tomadas en el laboratorio de automatización de procesos de la Universidad Vasco de Quiroga, esta simulación fue realizada utilizando todos los conocimientos y pasos antes mencionados, basándose en una simulación real utilizando instrumentos didácticos, simulaciones en FluidSIM y programación de PLC en FST 4.10.

### 9.2.1 Simulación del proceso de llenado

En la siguiente imagen, se muestra la simulación con todos los componentes necesarios para llevar a cabo el proceso de llenado.

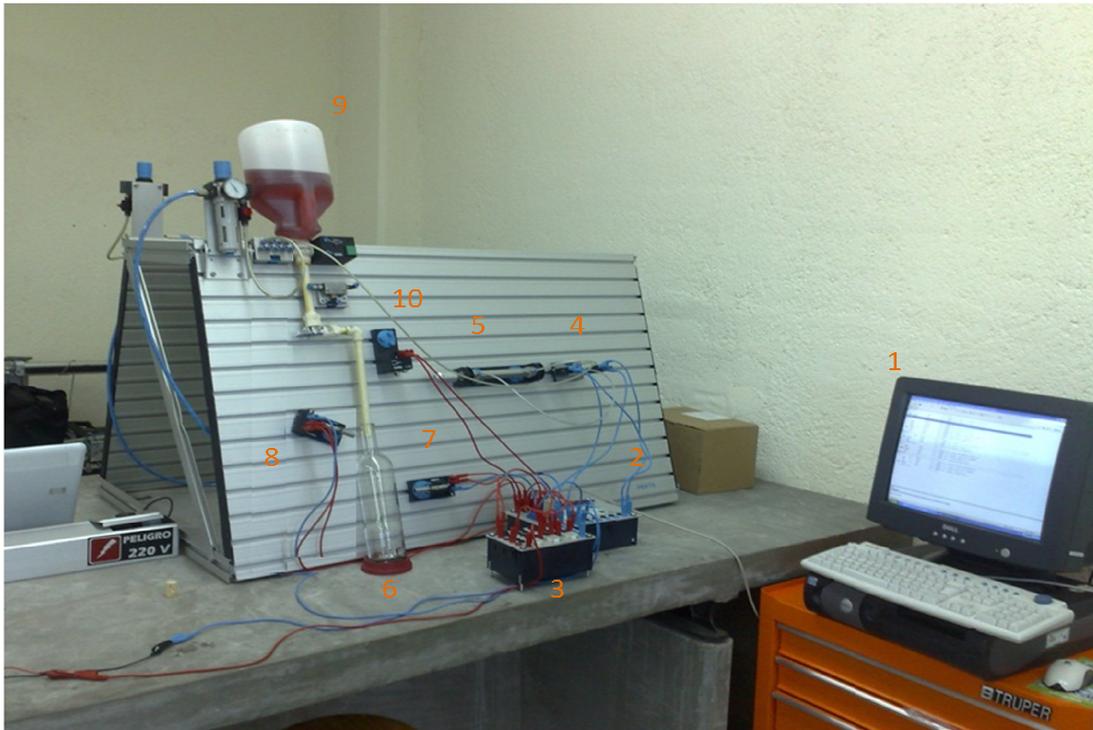


Fig. 9.2.1.1 Simulación del proceso de llenado

### Descripción de los instrumentos

En breve se desarrollará una descripción de los instrumentos utilizados en la simulación del proceso de llenado.

1. Ordenador ó PC
2. PLC (controlador lógico programable)
3. Caja botonera
4. Electroválvula para el control avance y retroceso del actuador
5. Actuador neumático para cumplir la función de abrir y cerrar la válvula de llenado
6. Base de resina y fibra de vidrio para sujeción de botella
7. Sensor de posición de botella
8. Sensor de límite de llenado
9. Depósito y tubería para el llenado del licor
10. Sensor Final de Carrera

### 9.2.2 Función de los instrumentos dentro del proceso

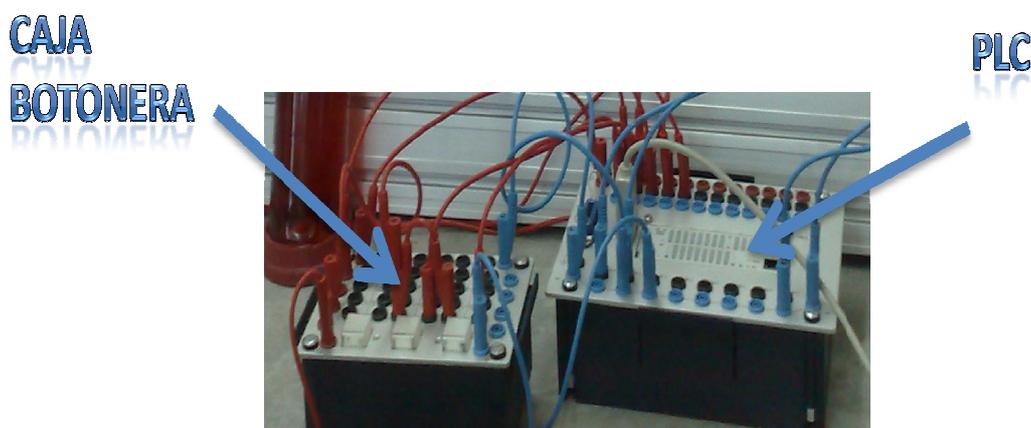
#### Ordenador ó PC



Fig. 9.2.2.1 Ordenador

En el PC se utiliza la compilación realizada anteriormente en el programa FST 4.10 y se carga en el PLC, este es un proceso sencillo utilizando las herramientas del programa; además en el PC se pueden monitorear fallas de conexión de los instrumentos y errores de compilación o de secuencia en el código del programa, también se puede manipular manualmente el PLC para verificar las entradas y salidas y observar paso a paso la secuencia de ejecución del programa.

#### PLC y Caja Botonera



9.2.2.2 Caja botonera

Fig.

El PLC y la caja Botonera son parte fundamental del proceso al igual que los demás instrumentos, ya que trabajan en sincronía, los botones de inicio indican al PLC cuando debe empezar a ejecutar el programa y empezar con el proceso de llenado.

### Base de resina y fibra de vidrio para la sujeción de la botella



Fig. 9.2.2.3 Base de sujeción

La base está diseñada para soportar el peso de la botella y del líquido además de brindarle soporte a para que no pierda la posición deseada para comenzar el llenado del licor.

### Sensor de posición de botella

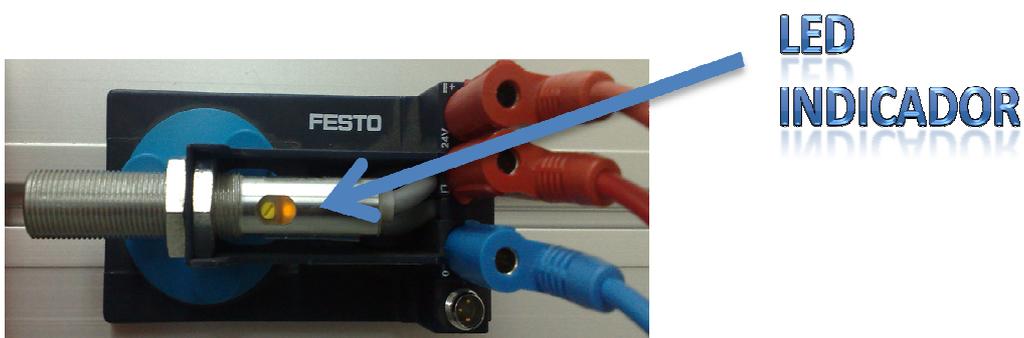


Fig. 9.2.2.4 Sensor de posición

El sensor de posición de botella tiene la función de detectar cuando la botella no está en una posición apta para el llenado, evitando así que puedan ocurrir derrames de líquido, cuando el sensor óptico está detectando que no hay botella o que la botella se ha salido de posición no envía señal al PLC y el LED indicador se encuentra apagado.



Fig. 9.2.2.5 Sensor de posición

En las imágenes anteriores se muestra cuando el sensor está detectando que la botella esté en la posición indicada y el Led indicador está encendido; este sensor de posición es un sensor óptico que envía una señal al PLC y de esta manera detiene o hace que se continúe con el proceso.

Una vez que se ha detectado en el sensor óptico que la botella está en posición y se han presionado los botones de inicio, el PLC ordena que el actuador neumático salga y active la válvula de llenado.

### Electroválvula de avance y Actuador neumático



Fig. 9.2.2.6 Electroválvula de avance y Actuador neumático

Para activar la válvula de llenado, se tiene que encender la electroválvula de avance de la cual está conectada un actuador neumático, para que una vez que el vástago del pistón salga se active la válvula de llenado.

### Sensor de límite de llenado

**SENSOR DE LIMITE  
DE LLENADO**

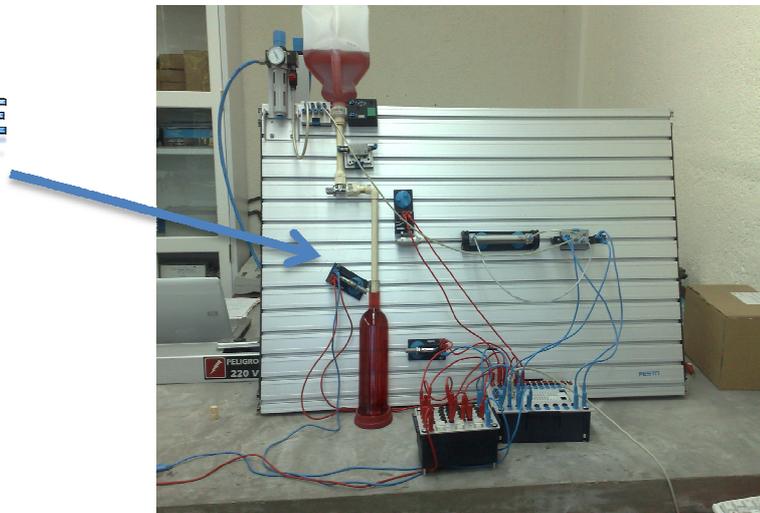


Fig. 9.2.2.7 Sensor límite de llenado

Cuando el licor empieza a salir del depósito y se comienza a llenar la botella, existe un sensor el cual es el indicado para determinar el límite de llenado de la botella, dicho sensor es el que se encuentra indicado en la imagen 9.2.2.7

En la imagen 9.2.2.8 se puede observar el trabajo y exactitud de los sensores, en donde el sensor de posicionamiento de la botella está funcionando mientras exista una botella en la base y el sensor de límite de llenado está en reposo hasta que el líquido llegue al nivel deseado.



Fig. 9.2.2.8 Sensor de nivel apagado

Cuando el sensor de límite de llenado cuidadosamente calibrado, detecte que el líquido llegó al límite deseado, se encenderá y mandará una señal al PLC para detener el proceso.



Fig. 9.2.2.9 Comparación de los sensores de límite de llenado



Fig. 9.2.2.10 Sensor de nivel encendido

Cuando el PLC reciba la señal del sensor de límite, éste ordenará que se apague la electroválvula de avance para el actuador y encenderá la electroválvula de retroceso, y éste se retraerá y cerrará la válvula de llenado automáticamente.

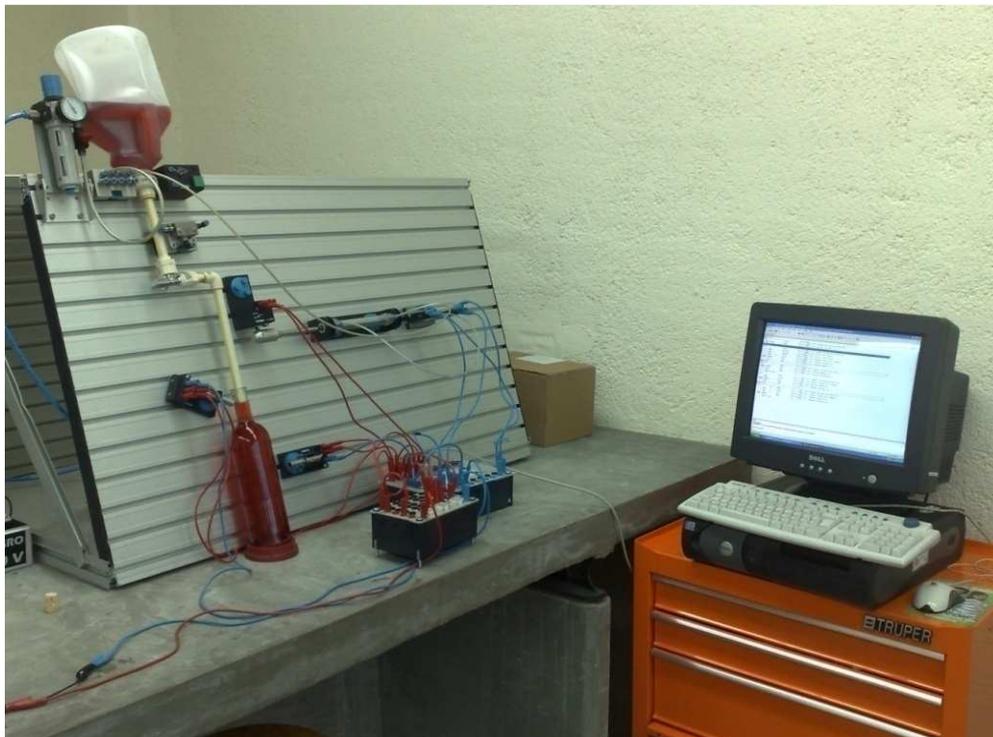


Fig. 9.2.2.11 Proceso de llenado concluido

### 9.3 Proceso de Taponado de botellas

El proceso de taponado de las botellas cambió completamente ya que para obtener un cerrado perfecto en los envases de vidrio, era necesario hacerlo con las manos presionando fuertemente la botella de vidrio con riesgo de que sufriera alguna fractura o se rompiera completamente; pero con el diseño de semiautomatizado, no es necesario aplicar ningún tipo de fuerza, ya que al colocar la botella en la base diseñada y posteriormente presionar los botones, el actuador taponador cerrará completamente la botella, sin causar algún tipo de fractura o en su defecto la pérdida total del producto.

A continuación se muestran fotos de la simulación del proceso de taponado, realizadas en el laboratorio de automatización de la Universidad Vasco de Quiroga.

#### 9.3.1 Simulación del proceso de Taponado

La imagen 9.3.1.1 es una vista de todo lo necesario, para llevar a cabo la simulación del taponado.

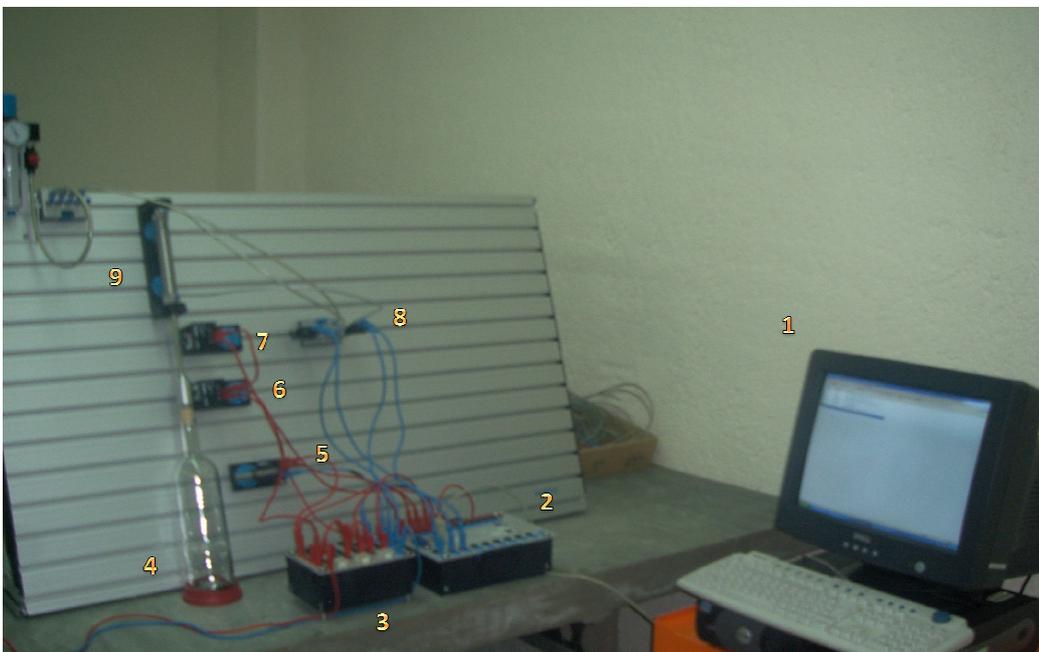


Fig. 9.3.1.1 Proceso de taponado

### Descripción de los instrumentos

1. Ordenador o PC
2. PLC (Control Lógico Programable)
3. Caja botonera
4. Base de resina y fibra de vidrio para sujeción de la botella
5. Sensor de posición de botella
6. Sensor final de carrera
7. Sensor inicio de carrera
8. Electroválvula avance para el actuador
9. Actuador taponador

#### 9.3.2 Función de los instrumentos dentro del proceso de taponado

A continuación se desarrollará una descripción de los instrumentos utilizados en la simulación del proceso de Taponado.

#### Ordenador ó PC



Fig.9.3.2.1 Ordenador

Para la realización de la simulación es necesario tener conectado en línea un ordenador, el ordenador cumple la misma función en el proceso de llenado que en el de taponado de botellas de licor.

### PLC y caja Botonera



Fig.9.3.2.2 Caja botonera y PLC

Al igual como en el proceso de llenado el programa se carga primeramente en el PLC y ya cuando está listo se pueden revisar las funciones, conexiones en línea y errores de compilación.

### Base de resina y fibra de vidrio para la sujeción de la botella



Fig. 9.3.2.3 Base de sujeción proceso taponado

La base que sirve como sujeción para la botella al igual que el proceso de llenado, está hecha a la medida en fibra de vidrio y resina.

### Sensor de posición de botella



Fig. 9.3.2.4 Sensor de posición proceso taponado

Una vez que se ha cargado el programa en el PLC y que se ha colocado la botella con licor en la base, existe un factor determinante para que pueda comenzar el proceso, el sensor de posición de botella necesita estar sensando que la botella con licor lista para taponarse esté en la posición indicada, de lo contrario no iniciará el proceso.



Fig. 9.3.2.5 Proceso listo para taponar

Una vez que se ha enviado la información y ésta nos dice que todo está listo, se presionan los botones para comenzar con el proceso de taponado, esto envía una señal eléctrica al PLC y este ordena que se active la electroválvula de avance y al activarse el actuador taponador sale y presiona el corcho de la botella.



Fig. 9.3.2.6 Proceso taponado iniciado

Una vez que el pistón taponador haya salido existen dos sensores más para asegurarse de que el proceso se hubiese realizado satisfactoriamente, los cuales son el sensor final carrera y el sensor inicial de carrera.

### Sensores de inicio y final de carrera

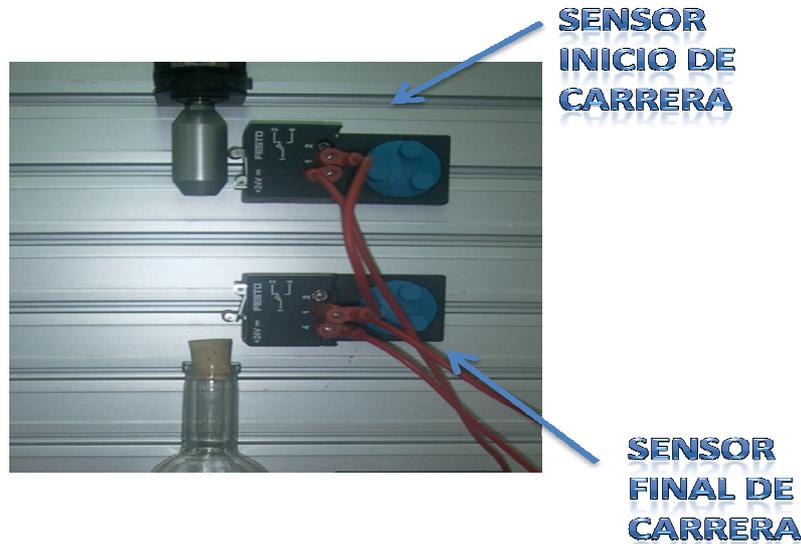


Fig. 9.3.2.7 Sensores final e inicio de carrera

El sensor final de carrera, el que se encuentra más cerca del corcho de la botella, es el encargado de cerciorarse de que el corcho entró completamente en el cuello de la botella, entonces cuando esto sucede, el sensor envía una señal al PLC y el vástago del pistón taponador regresa. El proceso se termina completamente cuando llega al sensor de inicio de carrera asegurándose que el pistón está nuevamente en su lugar de origen.

---

## 10. Conclusiones

---

### 10.1 Impacto del proyecto

Una vez que se han aplicado los conocimientos adquiridos durante el diplomado de automatización neumática y los adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial en esta investigación, se concluye que es totalmente factible y posible automatizar de manera mecánico-manual el área de llenado y taponado para licores de fruta.

Los resultados obtenidos en las simulaciones de ambos procesos, como son el proceso de llenado y el proceso de taponado, nos muestran que se cumple con los objetivos planteados al inicio del proyecto los cuales son:

Realizar de manera mecánico-manual las siguientes operaciones:

1. Llenado de botellas de vidrio con cuello diseñado para tapones de corcho.
2. Sellado con tapón de corcho para las botellas anteriormente mencionadas.

### 10.2 Objetivos en la semiautomatización

Al ser factible la automatización mecánico-manual para ambos procesos, automáticamente se cumplen las expectativas deseadas para este proyecto de la siguiente manera:

#### **Tener un proceso completamente higiénico**

##### **Llenado**

Este objetivo es logrado gracias a que el operario tiene menos contacto con la botella después de su esterilización, ya que para el llenado del licor no tiene que estar deteniendo la botella mientras llega al límite de llenado; también mientras ocurre el llenado del envase, no se tienen derrames de líquido de ningún tipo, haciendo el proceso de llenado completamente higiénico.

### **Taponado**

Mientras que en el proceso de taponado el operario nuevamente solo toca la botella con el licor cuando la pone en la base de sujeción y cuando la retira completamente sellada, ya que antes el operario tenía que sujetar la botella mientras le ponía el corcho y hacer presión en ella corriendo el riesgo de un derrame de líquido o algún daño al producto; haciendo así este proceso completamente higiénico.

### **Proceso con velocidad de producción controlada**

#### **Llenado**

Al automatizar los procesos como son el de llenado y taponado de botellas de licor, se obtiene una velocidad de producción controlada, debido a que el tiempo de llenado es reducido y totalmente unánime para todas las botellas.

#### **Taponado**

En el proceso de taponado el tiempo que se invierte en cada botella para poner el tapón es el mismo para todos los envases, ya que solo depende del tiempo que tarda en bajar el pistón para tener la botella completamente sellada.

#### **Reducir el agotamiento de los empleados**

El agotamiento se reduce cuantiosamente debido a que el operario no tiene que sujetar la botella para llenarla y no tiene que utilizar menesteres de cocina para verter el líquido. Además el operario no debe de sujetar con fuerza el envase en ningún momento para dejar poner el corcho en el cuello de la botella y tener el producto completamente sellado.

#### **Tener un proceso eficaz**

Dado que los resultados obtenidos como es el tener un proceso completamente higiénico, obtener una velocidad de producción controlada y reducir el agotamiento de los operarios al automatizar los procesos, son los resultados esperados al inicio del proyecto caemos en la conclusión de que la automatización mecánico-manual nos otorgó un proceso más eficaz.

### 10.3 Sustentabilidad del proyecto

Debido a que en mi familia se cuenta con huertas frutales y de ahí se parte para la elaboración de licores de frutas, tiene para nosotros una vital importancia tener avances e investigación a nuestro favor para poder acrecentar y solidificar la producción de licores, ya que en un principio y actualmente se elaboran de manera totalmente artesanal y es necesario conforme a la demanda de producto actual, hacer mejoras en los procesos; y este proyecto es el primer paso de muchos que faltan para obtener primeramente una empresa con una producción estable conforme a su demanda, ya que se ha realizado un avance importante dentro del área de producción.

Con el diseño y aplicación de la semiautomatización se obtuvo lo siguiente:

1. Lograr un proceso semiautomático para el llenado y sellado de botellas completamente higiénico
2. Controlar la velocidad de producción

Gracias a que dentro del proceso de llenado y taponado ya no se utilizarán instrumentos ajenos a los planeados en este proyecto y además de que se tiene una reducción notable en el contacto Producto-Operario, se ha cumplido con el primer aspecto esperado.

Al tener un proceso estandarizado para el llenado y el taponado del producto, se obtiene lo siguiente:

#### Proceso de llenado

Con el nuevo desarrollo para el llenado de las botellas con el licor de fruta, se tiene un tiempo límite de 10 segundos que en comparación con el llenado artesanal el tiempo promedio límite era de 35 segundos por botella, dependiendo de las capacidades del operario, teniendo una diferencia de 25 segundos que representa un aumento en la productividad del 28.57%.

### Proceso de taponado

Mientras tanto en el proceso de sellado de las botellas, cerrarlas de forma manual tomaba en promedio 10 segundos por botella en virtud de las habilidades del operario, y con el nuevo sistema de semiautomatización toma en promedio 3 segundos desde el posicionamiento de la botella en la base y presionar los botones, teniendo una diferencia en tiempo de 7 segundos por botella y esto representa un aumento en la productividad igualmente del 30%; aunque realmente el sellado de las botellas sigue dependiendo del proceso antecesor.

Bibliografía

---

1. <http://www.diariomardeajo.com.ar> Cuidado de las Huertas; visitado en el mes de julio de 2009
2. <http://www.alambiques.com> Marco teórico, Licores, visitado en el mes de julio de 2009
3. [http://www.durfo.es/esp/beverage\\_esp.asp](http://www.durfo.es/esp/beverage_esp.asp), Maquinaria; visitado agosto del 2009
4. [www.elprisma.com/.../productividadconceptos](http://www.elprisma.com/.../productividadconceptos) Marco teórico; septiembre de 2009
5. Antonio Creus Solé, Instrumentación industrial; Editorial Alfaomega, marcombo; 6ª edición 1998
6. <http://www.hasa.com.ar> Marco teórico, Neumática ; visitado el mes de Agosto de 2009
7. C. Rouff, D. Waller, H. Werner, FESTO Electroneumática nivel básico; Editorial Esslingen; 4ª Edición 1995 Germany

ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 6.3.6.1.1	Instrumentos ciegos	24
Figura 6.3.6.1.2.	Instrumentos indicadores	25
Figura 6.3.6.1.3	Instrumentos registradores	25
Figura 6.3.6.1.4	Sensores	26
Figura 6.3.6.1.5	Transmisores	26
Figura 6.3.6.1.6	Convertidores	27
Figura 6.3.6.1.9	Tubo Venturi	29
Figura 6.4.1	Ubicación de la huerta	40
Figura 6.4.2	Ubicación de la huerta II	40
Figura 6.5.1.1	Contenedor donde se almacena el licor	42
Figura 6.5.1.2	Filtrado del licor	42
Figura 6.5.1.2.1	Llenado y taponado de botellas	44
Figura 7.2.1	Pulsador	45
Figura 7.2.2	Obturador	46
Figura 7.2.3	Sensor óptico	46
Figura 7.2.4	Válvula para llenado de botellas	46
Figura 7.2.5	Obturador final de carrera	47
Figura 7.2.6	Actuador lineal	47
Figura-7.3.1	Sistema básico, compresor y actuador neumático	48
Figura 7.4.2.1	Simulación neumática de tres pistones	50
Figura 7.4.3.1	Simulación electroneumática de tres pistones	51
Figura 8.5.1.1	Programa proceso de llenado	57
Figura 8.5.1.2	Programa proceso de taponado	58
Figura 9.1.1	Base de sujeción	72
Figura 9.2.1.1	Simulación del proceso de llenado	74
Figura 9.2.2.1	Ordenador	75
Figura 9.2.2.2	Caja botonera	75
Figura 9.2.2.3	Base de sujeción	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 9.2.2.4	Sensor de posición	76
Figura 9.2.2.5	Sensor de posición	77
Figura 9.2.2.6	Electroválvula de avance y actuador neumático	78
Figura 9.2.2.7	Sensor límite de llenado	78
Figura 9.2.2.8	Sensor de nivel apagado	79
Figura 9.2.2.9	Comparación de los sensores de límite de llenado	79
Figura 9.2.2.10	Sensor de nivel encendido	80
Figura 9.2.2.11	Proceso de llenado concluido	80
Figura 9.3.1.1	Proceso de taponado	81
Figura 9.3.2.1	Ordenador	82
Figura 9.3.2.2	Caja botonera y PLC	83
Figura 9.3.2.3	Base de sujeción proceso de taponado	83
Figura 9.3.2.4	Sensor de posición proceso taponado	84
Figura 9.3.2.5	Proceso listo para taponar	84
Figura 9.3.2.6	Proceso taponado iniciado	85
Figura 9.3.2.7	Sensores final e inicio de carrera	86

---

## ÍNDICE DE FORMULAS

---

### ÍNDICE DE FÓRMULAS

---

Ecuación 6.3.5.1	Velocidad de producción requerida	19
Ecuación 6.3.5.2	Tiempo de producción promedio real	20
Ecuación 6.3.5.3	Eficiencia	20
Ecuación 6.3.5.4	Montaje óptimo por estación de trabajo	21
Ecuación 6.3.5.5	Productividad	22
Ecuación 6.3.5.6	Productividad de cada operario	22
Ecuación 6.3.5.7	Índice de productividad	22
Ecuación 6.3.6.1.7	Caudal	28
Ecuación 6.3.6.1.8	Masa de fluido	28

---

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

---

### ÍNDICE DE DIAGRAMAS

---

Diagrama 8.2.1	Diagrama de proceso	<b>54</b>
Diagrama 8.5.1.1	Diagrama escalera proceso de llenado	<b>57</b>
Diagrama 8.5.1.2	Diagrama de escalera proceso de taponado	<b>58</b>
Diagrama 8.6.1	Simulación proceso de llenado	<b>60</b>
Diagrama 8.6.2	Simulación proceso de taponado	<b>62</b>
Diagrama 8.7.1	Diagrama espacio fase proceso de llenado	<b>63</b>
Diagrama 8.7.2	Diagrama espacio fase proceso de taponado	<b>64</b>
Diagrama 8.8.1	Diagrama electroneumático proceso de llenado	<b>65</b>
Diagrama 8.8.2	Diagrama electroneumático proceso de taponado	<b>66</b>

Glosario de términos

---

<b>Envasado</b>	Es un método para conservar alimentos, se enfoca en el llenado y también en sellarlos en tarros, latas o bolsas herméticas.
<b>Simulación</b>	Es una técnica para realizar experimentos en un <i>software</i> de computadora.
<b>Automatización</b>	Mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra o simplificar el trabajo, esto se logra realizando las operaciones de manera automática.
<b>Electroneumática</b>	Método logrado mediante la combinación de Electricidad y Neumática.
<b>PLC</b>	Control Lógico Programable
<b>Esgrimir</b>	Utilizar
<b>Instrumentos</b>	Utensilios
<b>LED</b>	Luz Emitida por un Diodo
<b>Discernimiento</b>	Conocimiento
<b>Automático</b>	Realiza operaciones por sí mismo
<b>Semiautomático</b>	Dispositivo que funciona de forma mecánica pero necesita el accionamiento del agente.
<b>Layout</b>	Término inglés con el que se conocen en diseño los bocetos o maquetas bien acabados.
<b>Manufactura</b>	Fabricar o producir, agregar un valor a una materia.
<b>Manómetro</b>	Instrumento que se usa para la medición de la presión en fluidos.
<b>Actuador</b>	Es un dispositivo inherente mecánico, cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo.
<b>Vástago</b>	Barra o eje recto con el que un actuador realiza un trabajo.
<b>Pulsador</b>	Botón eléctrico de cualquier aparato
<b>Conmutación</b>	Cambio o sustitución
<b>FluidSIM</b>	<i>Software</i> que sirve para realizar simulaciones neumáticas y electroneumáticas.
<b>FST</b>	<i>Software</i> que sirve para realizar compilaciones en lenguaje de programación, entendibles y procesables para un PLC.