

## REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

**Automatización del proceso de lavado, llenado y tapado de garrafones de plástico con capacidad de 19 litros de agua en la empresa PERALPLUS en el municipio de Queréndaro, Michoacán**

**Autor: Pablo Martínez Alvarado**

**Tesina presentada para obtener el título de:  
Ing. Industrial en Procesos y Servicios**

**Nombre del asesor:  
Salvador Rojas Murillo**

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.





ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN  
PROCESOS Y SERVICIOS

“Automatización del proceso de lavado, llenado y tapado de  
garrafrones de plástico con capacidad de 19 litros de agua en la  
empresa PERALPLUS en el municipio de Queréndaro, Michoacán.”

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS Y  
SERVICIOS

PRESENTA

**C. PABLO MARTINEZ ALVARADO**

ASESOR

**M.I. Salvador Rojas Murillo**

CLAVE: 16PSU0050V

ACUERDO: LIC100412 (ing.)

MORELIA, MICHOACÁN

Noviembre 2010

## Tabla de contenido

Resumen .....	III
Planteamiento del problema .....	IV
Antecedentes.....	VII
Objetivos.....	IX
Alcance del proyecto.....	X
Justificación .....	XI
Capítulo 1 .....	1
Introducción.....	1
Capítulo 2 .....	2
Marco teórico .....	2
2.1 Introducción .....	2
2.2 La empresa.....	2
2.2.1 Nombre, macro y micro localización .....	2
2.2.2 Organigrama .....	4
2.2.3 Historia.....	4
2.3 Automatización .....	5
2.3.1 Tipos de automatización.....	6
2.4 NEUMÁTICA.....	7
2.4.1 Características, ventajas y desventajas de la neumática .....	8
2.4.2 Rentabilidad de los equipos neumáticos.....	9
2.4.3 Presión y Caudal .....	10
2.4.3.1 Presión .....	10
2.4.3.2 Presión hidrostática .....	11
2.4.3.3 Presión atmosférica .....	11
2.4.3.4 Presión manométrica y presión absoluta. ....	12
2.4.3.5 Caudal: Caudal másico y caudal volumétrico.....	13
2.4.3.6 Ley de Boyle-Mariotte .....	14
2.4.4 Elementos de un circuito neumático básico.....	14
2.4.5 Producción del aire comprimido .....	15
2.4.6 Tipos de compresores .....	16
2.4.6.1 Compresores de émbolo.....	17
2.4.6.2 Compresor de membrana .....	18

## Tabla de contenido

2.4.6.3 Compresor rotativo multicelular.....	19
2.4.6.4 Compresor Roots.....	20
2.4.6.5 Turbocompresores.....	20
2.4.7 Depósitos, acumuladores.....	21
2.4.7.1 Elementos de un depósito.....	22
2.4.8 Distribución del aire comprimido.....	22
2.4.9 Preparación del aire comprimido.....	23
2.4.9.1 Impurezas.....	23
2.4.9.2 Filtro de aire comprimido con regulador de presión.....	24
2.4.9.3 Funcionamiento de la purga automática.....	24
2.5 Diagrama de procesos hombre-máquina.....	26
2.6 Diagrama de flujo del proceso.....	26
2.7 Lenguaje de programación FST 4.10 de Festo.....	26
2.8 Programa Design Tools.....	26
2.9 Revisión de conceptos de productividad.....	27
Capítulo 3.....	28
Revisión técnica.....	28
Capítulo 4.....	37
Metodología.....	37
4.1 Método actual.....	37
4.1.1 Explicación detallada del proceso actual de embotellado.....	39
4.2 Método propuesto.....	47
4.2.1 Aplicación, programación y simulación del método propuesto.....	50
4.2.2 Programación FST 4.10.....	59
4.3 Calculo de productividad.....	63
4.4 Calculo de la producción.....	63
Capítulo 5.....	64
Resultados.....	64
Capítulo 6.....	66
Conclusiones.....	66
Bibliografía.....	67
Índice de figuras.....	68

# Resumen

La presente tesina aborda el tema de la automatización aplicada a la empresa purificadora de agua PERALPLUS, en las áreas de lavado, llenado y tapado de garrafones; con lo cual se pretende incrementar la seguridad del operador evitando el derrame de agua y aumentar la calidad en el producto final evitando la manipulación manual del operador sobre los garrafones.

Durante el desarrollo de la tesina se detallan aspectos como son, el problema que se pretende resolver, se darán antecedentes de la empresa, se describirán los objetivos a alcanzar, así como el alcance del proyecto y la justificación del mismo.

Más adelante se estudia dentro de un marco teórico, conceptos definiciones y formulas, entre otros temas, acerca de la neumática y la automatización.

Se desarrolla una revisión técnica, en la que se describen todos los elementos que fueron utilizados en la simulación, seguido por el desarrollo de la metodología en la cual se definen todos los procedimientos que se realizaron para llevar a cabo la simulación.

Por último se presentan los resultados del proyecto y las conclusiones.

# Planteamiento del problema

PERALPLUS es una empresa surgida hace 10 años en el municipio de Queréndaro en el estado de Michoacán. Organización dedicada a la purificación, embotellado, distribución y venta de agua para consumo humano; con alcances de ventas en los mercados del municipio de Queréndaro y las localidades vecinas de Charo, Ciudad Hidalgo y Zitácuaro en el mismo estado.

Actualmente un solo operador, realiza la manipulación de los garrafones de 19 litros de plástico para realizar las siguientes actividades:

1. Lavado exterior e interior.
2. Llenado.
3. Tapado.

Estas operaciones se detallaran en el capítulo dos. Y generan los siguientes problemas:

**a) Contaminación del producto:** en los procesos de llenado y tapado las empresas purificadoras de agua deben de cumplir con la norma oficial mexicana NOM-201-SSA1-2002<sup>[4]</sup>, referente a las empresas productoras de Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel.

La norma antes mencionada establece lo siguiente:

En el punto 6 referente a las especificaciones sanitarias, detalla los siguientes requerimientos que se deben observar en el lavado del garrafón:

6.2.1.7 “Para el caso de envases retornables, éstos deben ser sometidos a procesos de lavado y desinfección interna, lavado externo, así como enjuague. Después de estas operaciones no deben quedar residuos de las sustancias utilizadas”.<sup>[4]</sup>

La norma también establece:

6.2.1.9 “Todos los tapones deben ser mantenidos durante todo el proceso en condiciones higiénicas, libres de polvo y de materia extraña. En caso de contaminación accidental éstos deberán limpiarse y desinfectarse con soluciones que no modifiquen, reaccionen o alteren sus características y evitando la contaminación por arrastre”.<sup>[4]</sup>

Actualmente, cuando el operario realiza la operación de lavado del garrafón, antes del llenado del mismo, éste queda expuesto a contaminación. Debido a que los guantes que usa el operario al lavar el exterior del garrafón, se utilizan tanto para lavar el garrafón como para transportarlo al área de llenado, de igual manera para transportarlo del área de llenado al área de tapado, y para tomar las tapas y colocarlas en cada garrafón (durante la operación de llenado). El problema reside en que el operario transporta jabón y contaminantes adheridos a la superficie exterior del garrafón a las diferentes operaciones debido a que no cambia de guantes y/o los que están en uso no se enjuagan de manera adecuada, incumpliendo con esto lo expuesto en la norma.

**b) Derrame de agua:** Durante su operación las empresas purificadoras y/o envasadoras de agua, deben cumplir con la norma oficial mexicana mencionada en el punto 6.4.1.1 mismo que establece lo siguiente:

6.4.1.1 “Los pisos de las áreas de suministro deben ser lavables y no deben existir encharcamientos”.<sup>[4]</sup>

Actualmente, al realizar la operación el operador derrama continuamente agua, durante todo el proceso provocando así encharcamientos sobre el piso.

**c) Seguridad del operador:** Debido al derrame de agua mencionado en el inciso b, se pone en riesgo la seguridad del operador. Ya que es propenso a resbalar.

Todo lo anterior puede observarse en el video ubicado en la siguiente dirección:

<http://www.youtube.com/watch?v=KWTfQFNbwMw>

# Antecedentes

PERALPLUS es una empresa familiar con aproximadamente 10 años de vida, asentada en el municipio de Queréndaro en el estado de Michoacán e iniciada por el padre del actual gerente de planta Edwin Arias; organización dedicada a la purificación y embotellado de agua purificada para consumo humano, con un mercado establecido principalmente en el municipio de Queréndaro y las localidades vecinas de Charo, Cd. Hidalgo y Zitácuaro.

Desde hace tres años, la embotelladora experimentó cambios en su estructura organizacional con la llegada del Sr. Edwin Arias a la dirección. Coyuntura que ha traído desde entonces planes de expansión e inversión en la planta, para incrementar la producción y distribución del producto en el estado de Michoacán.

Durante las visitas que se realizaron a esta empresa, se identificaron varias áreas de oportunidad que pueden ser mejoradas, pero en el presente trabajo versado en automatización, únicamente nos enfocaremos a las dos que resultan prioritarias para la empresa:

Al estar trasladando el operario el garrafón de una actividad a otra, ocasiona un derrame continuo de agua en el piso, exponiéndose así al operario a sufrir un accidente, al resbalarse, aun cuando éste lleva puestas sus botas anti-derrapantes.

Debido a que el mismo operario interviene en todas las fases del proceso sin contar con una clara división entre las áreas, provoca que el garrafón quede expuesto a contaminación.

## Antecedentes

La empresa no ha tomado ninguna medida correctiva sobre éstos problemas hasta la fecha, pero si están conscientes de estas áreas de oportunidad mencionadas, y que tienen que corregir y mejorar. Por este motivo se nos permitió acceder a las instalaciones con el objetivo de proponer mejoras en estas áreas de oportunidad.

# Objetivos

Objetivo General.

Diseñar un proceso de automatización que permita realizar la operación de lavado, llenado y tapado de garrafones de plástico de 19 litros reduciendo el riesgo de contaminación así como evitando el desperdicio de agua.

Objetivos específicos.

1. Evaluar las actividades actuales para el lavado, llenado y tapado de garrafones, para identificar las áreas que son susceptibles de automatización.
2. Evitar la contaminación por la manipulación de los garrafones durante las actividades de lavado, llenado y tapado
3. Generar un proceso automático que garantice la reducción de derrame de agua.

# Alcance del proyecto

Como se menciona en el Planteamiento del problema

Este proyecto estudia las operaciones de lavado, llenado y tapado de garrafones de plástico de 19 litros en la empresa PERALPLUS, el enfoque mencionado en este estudio abarca los aspectos de Contaminación del producto, Derrame de agua y Seguridad del operador. Los aspectos que no abarca son: el proceso de purificación de agua, la actividad de inspección del garrafón previa a la actividad de lavado, la cantidad y tipo de detergente durante la actividad de lavado interno y externo del garrafón, la velocidad con la que trabaja la banda transportadora, costos de la propuesta de automatización, ni tampoco las actividades de etiquetado y sellado posteriores a la actividad de tapado.

- Se estudia la seguridad del operador con respecto al continuo derrame de agua durante la actividad de llenado del garrafón.
- Se estudia que el proceso desperdicie menos agua, aunque no se cuantifica con exactitud la cantidad de agua que se ahorra.
- Se estudia que las actividades de lavado, llenado y tapado del garrafón, asegure la calidad del producto final.

# Justificación

Actualmente, la manipulación de los garrafones en la empresa PERALPLUS, por parte del operador, provoca riesgo de contaminación del agua embotellada para consumo humano.

Aunado a los problemas de riesgo de contaminación del producto, esta manipulación de los garrafones también pone en riesgo la seguridad del operador, esto debido al continuo derrame de agua.

Estos problemas se buscan resolver mediante el diseño de un proceso automatizado que ayude a resolver dichos problemas que son: asegurar la seguridad del operador, evitar la contaminación del producto y evitar el derrame de agua. Para ello se ha recurrido a la herramienta de la automatización; ello por su capacidad para aumentar el nivel de competitividad de las empresas en diversos puntos clave, a saber:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador durante el desarrollo del proceso al tiempo que se incrementa la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.
- Se obtiene una reducción de costos con la optimización del tiempo dedicado al mantenimiento y al procesamiento de información.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima al flexibilizar para adaptarse a nuevos productos y disminución de la contaminación e impacto ambiental.

Se propone automatizar las actividades de llenado y tapado de los garrafones debido a que se considera que es de conveniencia para la empresa, esto debido a las intenciones de inversión que tiene el dueño dentro de la planta para expansión y poder acceder a nuevos mercados, así como también asegurar la calidad del producto final alineándose a las normas oficiales mexicanas con que debe cumplir.

## Justificación

Se sabe que la automatización implica tener costos para la adquisición del equipo inicial, pero el beneficio será mayor ya que se asegura la calidad del producto, lo anterior debido a que la actividad quedara asegurada contra contaminación, disminuirá el tiempo con que se realiza actualmente la actividad, y se asegura la integridad del operador debido a que se evitará el derrame de agua en el piso que provocaba esta actividad.

El aporte tecnológico que se está proponiendo implementar para la empresa PERALPLUS servirá como pionera para aplicarla al resto del proceso de embotellado de garrafones.

Sin duda la relevancia social de la automatización en las áreas de lavado, llenado y tapado en la empresa PERALPLUS será de suma importancia debido a que la empresa manipula un insumo de vital adquisición para la sociedad, motivo por el cual este insumo debe cumplir estrictamente con las normas oficiales mexicanas que lo regulan.

# Capítulo 1

## Introducción

Muchas empresas hoy en día buscan la oportunidad de ingresar a nuevos mercados, para esto, toman medidas como, por ejemplo, la estandarización y certificación de sus productos, entre muchas otras acciones que ayudan a cumplir sus objetivos y metas.

La empresa PERALPLUS ha tomado esta decisión, ingresar a nuevos mercados, para lo cual ha decidido estudiar y evaluar la opción de la automatización y decidir si es factible para cumplir sus objetivos.

En la presente tesina se estudia las actividades de lavado, llenado y tapado de garrafones dentro de la empresa PERALPLUS, que actualmente se desarrollan manualmente, con el objetivo de hacer la propuesta de automatización de estas actividades.

En el capítulo dos, se hablará de la empresa, su historia, su macro y micro localización, así como la manera en cómo está organizada interiormente, se describe teoría acerca de la automatización y neumática, como parte de la teoría también se menciona el diagrama hombre-máquina y el diagrama de flujo del proceso así como, el lenguaje de programación FESTO, todo esto se requiere conocer para llevar a cabo el presente proyecto.

En el capítulo tres, se explica la manera como realizan las actividades que están bajo estudio actualmente la empresa PERALPLUS, en seguida se explica el método propuesto, después se explica cómo se realizó la simulación dentro del laboratorio. Finalmente en el capítulo cuatro y cinco se presentan los resultados del proyecto y las conclusiones, respectivamente.

# Capítulo 2

## Marco teórico

### 2.1 Introducción

El presente capítulo consiste en el desarrollo de la teoría necesaria para la elaboración del proyecto, se presenta la información de la empresa, macro y micro localización así como información referente a la automatización y neumática.

### 2.2 La empresa

PERALPLUS es una empresa dedicada a la purificación y embotellado de agua en garrafones de plástico con capacidad de 19 litros.

#### 2.2.1 Nombre, macro y micro localización

PERALPLUS es una empresa localizada en el municipio de Queréndaro en el estado de Michoacán. La figura 2.1 muestra la macro localización.

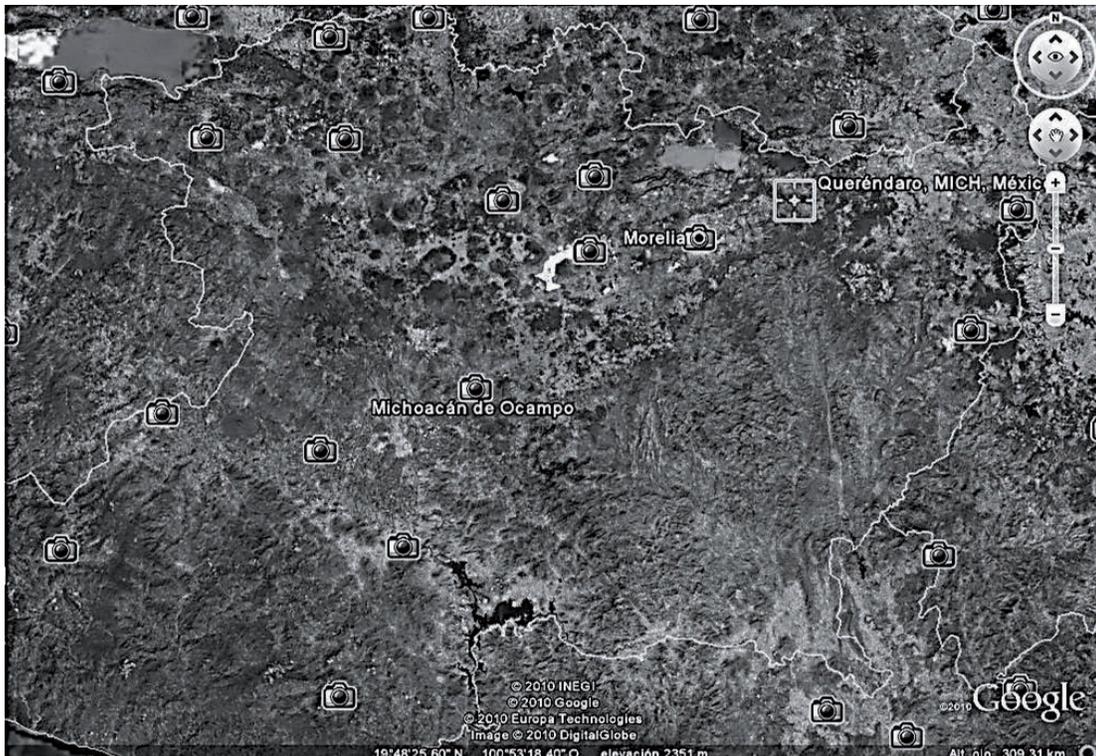


Figura 2.1 Macro localización del municipio de Queréndaro Michoacán

La figura 2.2 muestra la micro localización de la empresa PERALPLUS en el municipio de Queréndaro localización.



Figura 2.2 Micro localización de la planta purificadora PERALPLUS

### 2.2.2 Organigrama

La figura 2.3 muestra la manera cómo está estructurada jerárquicamente la empresa en su interior.

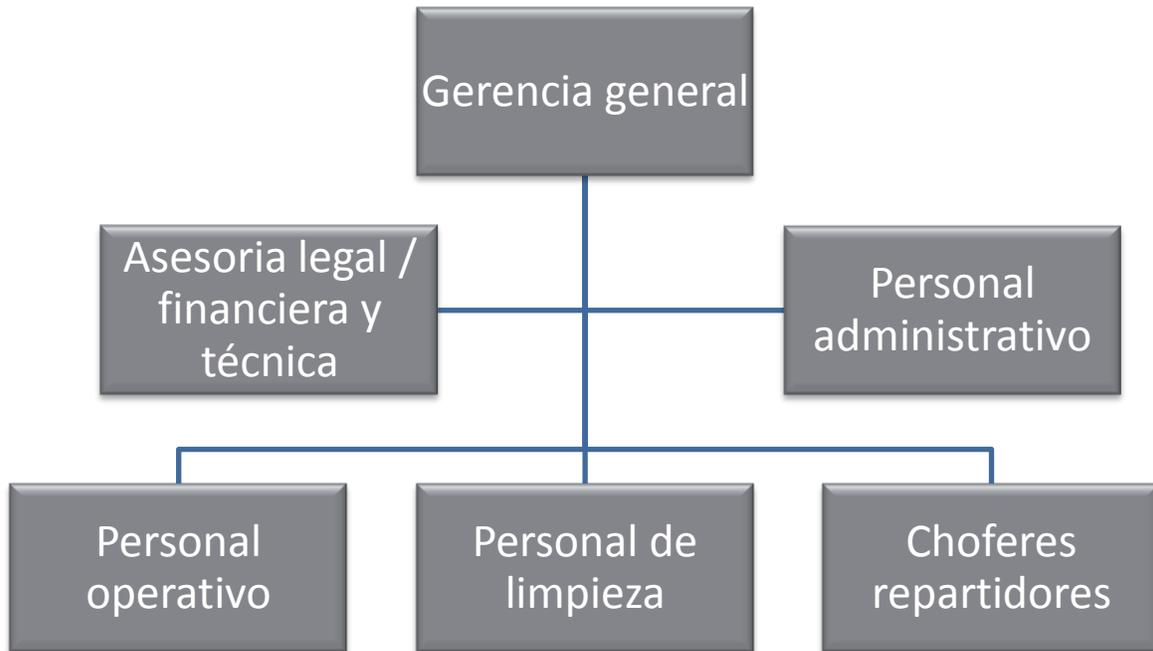


Figura 2.3 Organigrama general en la empresa PERALPLUS

### 2.2.3 Historia

Empresa surgida hace aproximadamente hace 10 años, fundada por el padre del Sr. Edwin Arias, siendo su principal mercado el municipio de Queréndaro y localidades vecinas (Charo, Cd. Hidalgo, Zitácuaro, etc.).

Desde hace tres años hubo un cambio en la estructura de la empresa siendo desde ese momento y hasta la fecha el Sr, Edwin Arias el gerente general y dueño, teniendo éste planes de expansión e inversión en la planta, como por ejemplo en lo que se refiere a expansión, comenzar a distribuir el producto en esta ciudad de Morelia, y en lo que se refiere a inversión, en la planta mejorar las áreas de oportunidad que se mencionan en el capítulo “planteamiento del problema”

### 2.3 Automatización

“Automatización es la técnica que consiste en la investigación, diseño, desarrollo, aplicación y métodos para hacer los procesos o máquinas auto-actantes o auto-movibles, sustituyendo a operadores humanos”.<sup>[1]</sup>

La automatización puede ser considerada como el paso más importante del proceso de evolución de la industria del siglo XX, al permitir la eliminación total o parcial de la intervención humana, obteniéndose las siguientes ventajas:

- Reducción de los costos de mano de obra directos.
- Uniformidad de la producción y ahorro de material.
- Mejorar la calidad de uniformidad del producto.
- Minimizar el esfuerzo y los tiempos de producción.
- Mejorar la productividad reduciendo los costos de manufactura mediante un mejor control de producción.
- Mejorar la calidad mediante procesos repetitivos.
- Reducir la intervención humana, el aburrimiento y posibilidad de error humano.
- Reducir el daño de las piezas que resultarían del manejo manual.
- Aumentar la seguridad del personal.
- Ahorrar área en la planta haciendo más eficiente: el arreglo de las máquinas el flujo de material.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos, que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de las plantas o procesos industriales.

Esta tecnología incluye:

Herramientas automáticas para procesar partes.

Máquinas de montaje automático

Robots industriales.

Manejo automático del material y sistemas de almacenamiento.

Sistemas de inspección automática para control de calidad.

Control de aprovechamiento y control de proceso por computadora.

Sistemas por computadora para planear colecta de datos y toma de decisiones para apoyar las actividades manufactureras.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La parte de mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

### **2.3.1 Tipos de automatización.**

Automatización fija.- las características típicas son:

- Fuerte inversión inicial para equipo de ingeniería
- Altos índices de producción.
- Relativamente inflexible en adaptarse a cambios de producto.
- La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos con grandes índices de demanda y volumen.

Automatización programable.- las características típicas son:

- Fuerte inversión en equipo general.
- Índices bajos de producción para la automatización fija.
- Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto.
- Conveniente para la producción a gran escala.

Automatización flexible.- las características típicas pueden resumirse como sigue:

- Fuerte inversión para equipo de ingeniería.
- Producción continua de mezclas variables de productos.
- Índices de producción media.
- Flexibilidad para lidiar con las variaciones en diseño del producto.

Las características esenciales que distinguen la automatización flexible de la programable son:

- Capacidad para cambiar partes del programa sin perder tiempo de producción y;
- Capacidad para cambiar sobre algo establecido físicamente sin perder tiempo de producción.

Existen diversas técnicas para la realización de automatismos: la electromecánica, neumática, hidráulica, electrónica, mecánica, etc. <sup>[1]</sup>

## **2.4 NEUMÁTICA**

“Los términos neumático y neumática provienen de la palabra griega “Pneuma”, que significa “aliento” o “soplo”. En su aceptación original, la neumática se ocupaba de la dinámica del aire y de los fenómenos gaseosos, pero la técnica ha creado de ella un concepto propio pues en neumática solo se habla de la aplicación de sobrepresión o de la depresión (vacío)”. <sup>[2]</sup>

### 2.4.1 Características, ventajas y desventajas de la neumática

- Abundante: Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
- Transporte: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.
- Almacenable: No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- Temperatura: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- Anti-deflagrante: No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones anti-deflagrantes, que son caras.
- Limpio: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.
- Constitución de los elementos: La concepción de los elementos de trabajo es simple, por tanto, precio económico.
- Velocidad: Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas. (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones.)
- A prueba de sobre-cargas: Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas.

Para delimitar el campo de utilización de la neumática es preciso conocer también las propiedades adversas.

- Preparación: El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).
- Compresible: Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- Fuerza: El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 kPa (7 bar), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kp).
- Escape: El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.
- Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).<sup>[3]</sup>

#### **2.4.2 Rentabilidad de los equipos neumáticos**

Como consecuencia de la automatización y racionalización, la fuerza de trabajo manual ha sido reemplazada por otras formas de energía; una de éstas es muchas veces el aire comprimido. Ejemplo: Traslado de paquetes, accionamiento de palancas, transporte de piezas etc.

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece indudables ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. Pudiera pensarse que el uso de aparatos neumáticos está relacionado con costos especialmente elevados. Esto no es exacto, pues en el cálculo de la rentabilidad es necesario tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino también los costos que se producen en total. En un análisis detallado, resulta que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento.<sup>[3]</sup>

### 2.4.3 Presión y Caudal

#### 2.4.3.1 Presión

La presión indica la relación entre una fuerza aplicada y el área sobre la cual actúa. En cualquier caso en que exista presión, una fuerza actuará en forma perpendicular sobre una superficie. [5]

Matemáticamente se expresa por:

$$P = \frac{F}{S}$$

Dónde:

P = presión en  $\frac{N}{m^2}$  = pascal

F = fuerza perpendicular a la superficie en newton (N)

A = área o superficie sobre la que actúa la fuerza en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

La expresión matemática de la presión indica que: cuanto mayor sea la fuerza aplicada, mayor será la presión para una misma área; así pues, cuando la fuerza aumenta al doble, también la presión se incrementa en la misma proporción, es decir, al doble; si la fuerza aumenta al triple, la presión se incrementa al triple, siempre y cuando el área sobre la que actúa la fuerza no varíe.

Cuando se aplique una misma fuerza pero el área aumenta, la presión disminuye de manera inversamente proporcional al incremento de dicha área. Por tanto, si el área aumenta al doble, la presión decrecerá a la mitad. Pero si el área en que actúa una fuerza disminuye a la mitad, la presión aumenta al doble, y si el área se reduce a la tercera parte de su valor, la presión se incrementa al triple.

En conclusión: La fuerza es directamente proporcional a la presión, y esta es inversamente proporcional al área.

### 2.4.3.2 Presión hidrostática

“La presión que ejercen los líquidos es perpendicular a las paredes del recipiente que los contiene. Dicha presión actúa en todas direcciones y solo es nula en la superficie libre del líquido. A esta presión se le llama hidrostática”. [5]

La presión hidrostática es aquella que origina todo líquido sobre el fondo y las paredes del recipiente que lo contiene. Esto se debe a la fuerza que el peso de las moléculas ejerce sobre un área determinada: la presión aumenta conforme es mayor la profundidad.

La presión hidrostática en cualquier punto puede calcularse multiplicando el peso específico del líquido por la altura que hay desde la superficie libre del líquido hasta el punto considerado.

$$P^*h = P_e^*h \quad \text{o bien} \quad P^*h = \rho^*g^*h$$

Dónde:

$P_h$  = presión hidrostática en  $\frac{N}{m^2}$

$\rho$  = densidad del líquido en  $\frac{Kg}{m^3}$

$P_e$  = peso específico del líquido en  $\frac{N}{m^3}$

$g$  = aceleración de la gravedad, igual a  $9.81 \frac{m}{s^2}$

$h$  = altura de la superficie libre al punto en metros (m)

### 2.4.3.3 Presión atmosférica

La tierra está rodeada por una capa de aire llamada atmósfera. El aire, que es una mezcla de 20% oxígeno, 79% de nitrógeno y el 1% de gases raros, debido a su peso ejerce una presión sobre todos los cuerpos que están en contacto con él, la cual se llama presión atmosférica.

La presión atmosférica varía con la altura, por lo que al nivel del mar, mantiene su máximo valor o presión normal equivalente a:

$$1 \text{ atmósfera} = 760 \text{ mm de Hg} = 1.013 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

A medida que es mayor la altura sobre el nivel del mar, la presión atmosférica disminuye.

#### **2.4.3.4 Presión manométrica y presión absoluta.**

Un líquido contenido en un recipiente abierto, además de la presión originada por su peso, soporta la presión atmosférica, la cual se transmite uniformemente por todo el volumen del líquido. [5]

En el caso de un líquido encerrado en un recipiente, además de la presión atmosférica puede recibir otra presión causada por su calentamiento, tal como sucede con las autoclaves que contienen un fluido bajo presión y se emplean como esterilizadores en clínicas y hospitales; también es común detectar la presión en las calderas de vapor, o la presión en las llantas de los vehículos como el resultado del aire comprimido.

La presión diferente a la atmosférica recibe el nombre de presión manométrica. De donde la presión absoluta que soporta el fluido encerrado es igual a la suma de las presiones manométrica y atmosférica.

Los dispositivos para medir la presión manométrica se llaman manómetros. La presión manométrica es igual a la diferencia entre la presión absoluta del interior del recipiente y la presión atmosférica.

Presión absoluta = presión manométrica + presión atmosférica.

Presión manométrica = presión absoluta – presión atmosférica.

#### **2.4.3.5 Caudal: Caudal másico y caudal volumétrico**

Entendemos como caudal la cantidad de fluido que atraviesa una sección dada por unidad de tiempo. <sup>[5]</sup>

Esta cantidad de fluido podemos expresarla de dos formas, en masa o en volumen. Evidentemente, el caudal másico y el caudal volumétrico están relacionados a través de la densidad del fluido, que en el caso de los gases es variable con la presión y la temperatura.

Cada una de estas expresiones tiene su propio interés.

A veces se da el caudal volumétrico referido a la atmosfera normal de referencia (A.N.R) o “en aire libre”. En tal caso damos en realidad un caudal másico ya que en condiciones normales la densidad es constante.

El caudal másico vendrá expresado en kg/s, mientras la unidad S.I. de caudal volumétrico es el m<sup>3</sup>/s, seguido de la referencia “normal” (A.N.R o simplemente N) o “actual”.

Usualmente, sin embargo, se emplea el l/min, o el m<sup>3</sup>/hora, unidades que presentan dificultades si se pretende introducirlas en cálculos a causa del factor 60 de transformación de minutos a segundos, por lo que consideramos que estas unidades deben de ser reservadas a la literatura comercial como términos de comparación, y si se considera demasiado grande el m<sup>3</sup>/s, deberíamos usar el dm<sup>3</sup>/s o el cm<sup>3</sup>/s.

La unidad que se emplea para el caudal en el mundo anglosajón es el (s) cfm (estándar), es decir el pie cubico por minuto equivalente a 28.3 l/min o a 0.47 dm<sup>3</sup>/s. si no se refiere al caudal formal, sino actual (o real) se substituye la s por a (acfm).

### 2.4.3.6 Ley de Boyle-Mariotte

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión).<sup>[5]</sup>

La ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte.

“A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas”

$$p \cdot V1 = p \cdot V2 = p \cdot V3 = \text{constante}$$

### 2.4.4 Elementos de un circuito neumático básico

Basados en la definición de Neumática como técnica, consta de toda una gama de elementos necesarios para que podamos obtener trabajo mediante la utilización del aire comprimido, sin embargo, hay algunos elementos básicos e indispensables para éste fin.<sup>[3]</sup>

Estos elementos son, inicialmente, la fuente de aire comprimido, la válvula de vías y el elemento de trabajo. Podemos hablar de un compresor en su configuración más sencilla, es decir, la unidad de compresión, en cualquiera de sus tipos, que nos suministre aire comprimido directamente sin previa preparación. La válvula de vías, que se encarga de direccionar el aire comprimido al puerto requerido, y el elemento de trabajo que se encarga de transformar la energía neumática en energía mecánica.

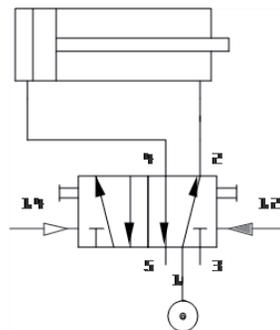


Figura 2.4 Elementos de un circuito neumático básico.<sup>[3]</sup>

En la figura 2.4 apreciamos el circuito neumático básico, con una configuración más sencilla sería muy difícil obtener trabajo de la energía neumática. Existen otros muchos elementos de un circuito que contribuyen a lograr eficientes sistemas neumáticos, temas que serán tratados más adelante, pero no podemos prescindir de los elementos mencionados.

#### **2.4.5 Producción del aire comprimido**

Los sistemas neumáticos de mando consumen aire comprimido, que debe estar disponible en el caudal suficiente y con una presión determinada según el rendimiento de trabajo. El técnico neumático conecta su instalación a la red de aire comprimido, la que normalmente la producción del mismo no pertenece a su campo de trabajo y presupone la existencia de suficiente aire comprimido pero con la primera aplicación de la neumática surge el tema de la instalación productora de aire comprimido. <sup>[3]</sup>

El grupo principal de una instalación productora de aire comprimido es el compresor, del que existen varios tipos para las distintas posibilidades de utilización.

Se llama compresor a toda máquina que impulsa aire, gases o vapores, ejerciendo influencia sobre las condiciones de presión.

Los compresores se valoran por el caudal suministrado en NI/min (para compresores pequeños) o en Nm<sup>3</sup>/min y por la relación de compresión, siendo esta última la presión alcanzada en kp/cm<sup>2</sup>. Los caudales suministrados pueden medir desde pocos NI/min hasta más de 50.000 Nm<sup>3</sup>/min, según el tipo; las presiones finales ascienden desde pocos mm de columna de agua hasta más de 100 kp/cm<sup>2</sup>. Para la neumática solo son aptos una parte de los distintos tipos de compresores, condicionado por la presión de trabajo requerida. Los sistemas neumáticos de mando trabajan normalmente con aire comprimido a 6 kp/cm<sup>2</sup>. El límite inferior se halla en los 3 kp/cm<sup>2</sup> y el superior en los 15 kp/cm<sup>2</sup>. En casos especiales es posible rebasar el máximo o quedar por debajo del valor mínimo; pero estos sistemas de mando son

aplicaciones especiales, como las que es posible encontrar de manera aislada en todos los dominios de la técnica.

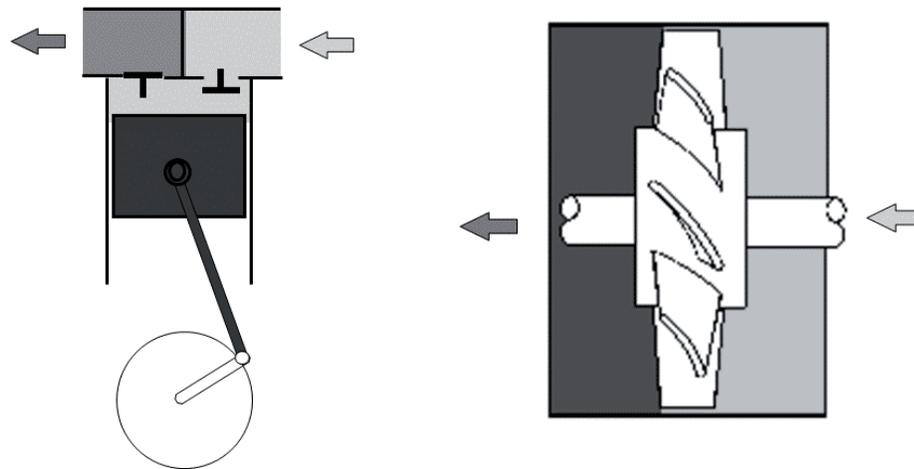
### 2.4.6 Tipos de compresores

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción. <sup>[3]</sup>

Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).



Principio de desplazamiento positivo

Principio de Dinámica de fluidos

Figura 2.5 Tipos de compresores <sup>[3]</sup>

La siguiente imagen muestra la clasificación general de los tipos de compresores.

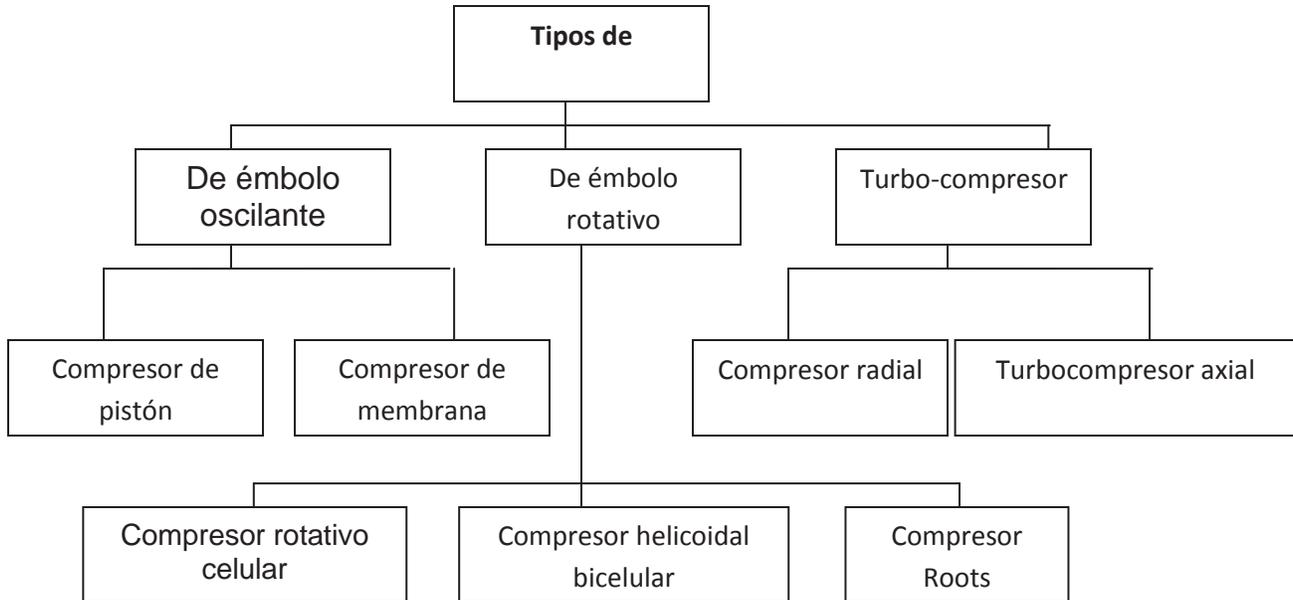


Figura 2.6 Clasificación general de los tipos de compresores

#### 2.4.6.1 Compresores de émbolo

Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1 .100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bar). <sup>[3]</sup>

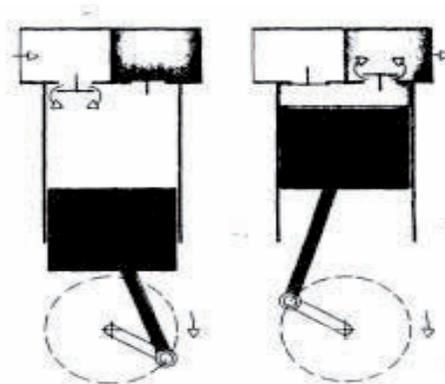


Figura 2.7 Compresor de émbolo oscilante. <sup>[3]</sup>

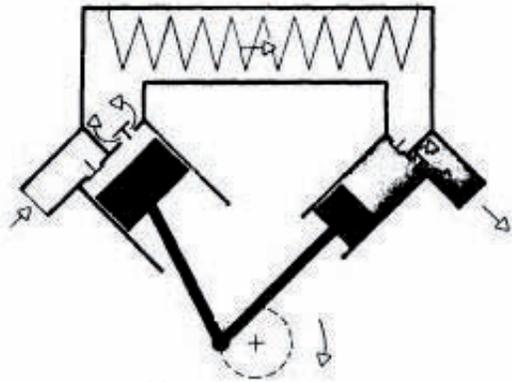


Figura 2.8 Compresor de Embolo oscilante de dos etapas con refrigeración intermedia. <sup>[3]</sup>

#### 2.4.6.2 Compresor de membrana

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite. <sup>[3]</sup>

Estos, compresores se emplean con preferencia en las industrias alimenticias farmacéuticas y químicas.

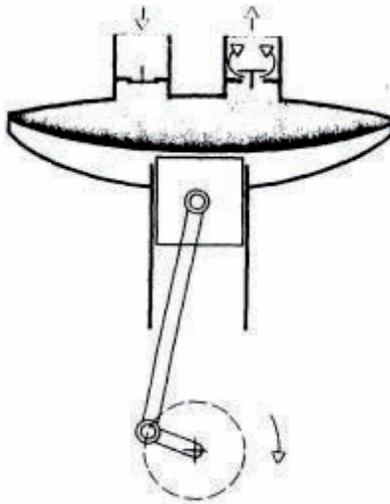


Figura 2.9 Compresor de Membrana. <sup>[3]</sup>

### 2.4.6.3 Compresor rotativo multicelular

Un rotor excéntrico gira en el interior de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida. Las ventajas de este compresor residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silencioso y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas. <sup>[3]</sup>

El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter, y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente.

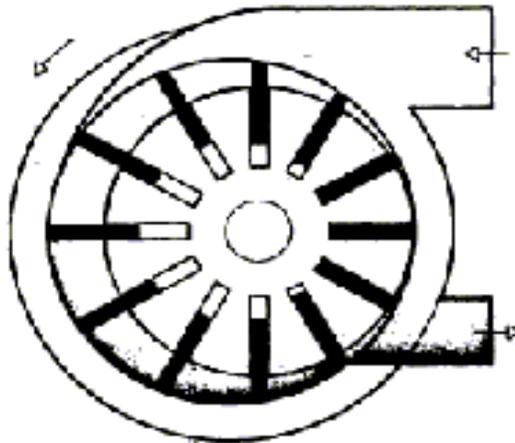


Figura 2.10 Compresor rotativo multicelular. <sup>[3]</sup>

#### 2.4.6.4 Compresor Roots

En estos compresores, el aire es comprimido por la variación en el volumen de las cámaras, según el giro de los lóbulos. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos. <sup>[3]</sup>

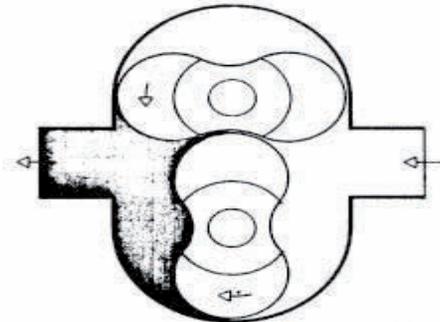
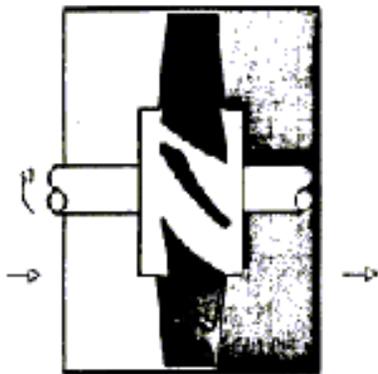


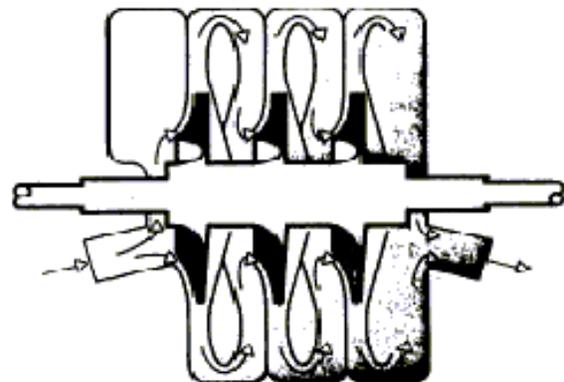
Figura 2.11 Compresor Roots. <sup>[3]</sup>

#### 2.4.6.5 Turbocompresores

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial. El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión. La rotación de los alabes acelera el aire en sentido axial de flujo. <sup>[3]</sup>



Compresor Axial: La rotación de los álabes acelera el aire en sentido axial de flujo.



Compresor Radial: Aceleración progresiva de cámara a cámara en sentido radial hacia afuera; el aire en circulación regresa de nuevo al eje. Desde aquí se vuelve a acelerar hacia afuera.

Figura 2.12 Turbo compresores. <sup>[3]</sup>

### 2.4.7 Depósitos, acumuladores.

Los depósitos y acumuladores han de cumplir varias misiones, y en general sirven para compensar las fluctuaciones de la presión en todo el sistema de distribución y para separar el agua de condensación producida. [2]

El depósito se ubica directamente a continuación del compresor y debe estabilizar los impulsos de presión procedentes del compresor. En la mayoría de los casos debe servir también de acumulador para toda la red y adicionalmente contribuir a la refrigeración del aire comprimido y a la separación de la condensación producida. En los grandes equipos compresores se monta un refrigerador entre el compresor y el depósito condensador de agua, del que se extrae una gran parte del condensado.

Los equipos productores de aire comprimido para el servicio de los sistemas neumáticos de mando deben estar equipados, por principio, con un refrigerador dispuesto entre el compresor y el depósito.

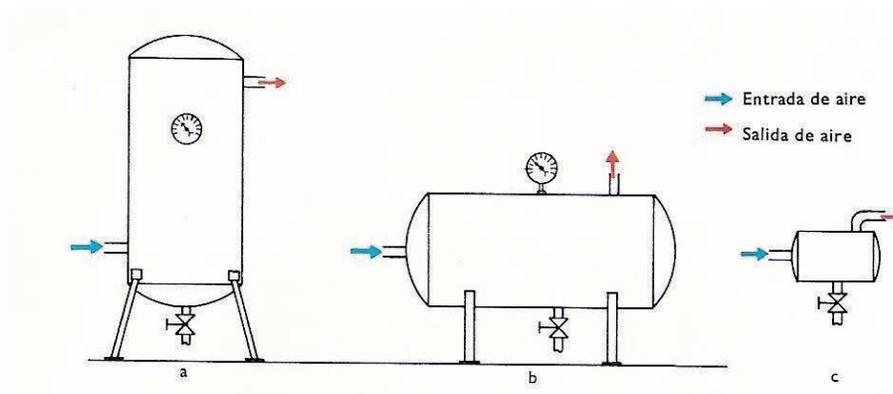


Figura 2.13 Depósitos y acumuladores. [2]

Los depósitos y acumuladores pueden estar colocados en posición vertical y horizontal; los pequeños acumulados pueden ser a veces la misma tubería de aire comprimido.

- a) ejecución vertical.
- b) ejecución horizontal.
- c) mini-acumulador suspendido libremente en la tubería de aire comprimido.

La salida en c) debe estar dirigida hacia arriba para no arrastrar la condensación.

### 2.4.7.1 Elementos de un depósito

Independientemente del tipo y forma de acumulador, deberá contar con instrumentos que nos informen de la situación dentro del depósito, así como de accesorios que permitan un mantenimiento rápido y un funcionamiento seguro. <sup>[3]</sup>

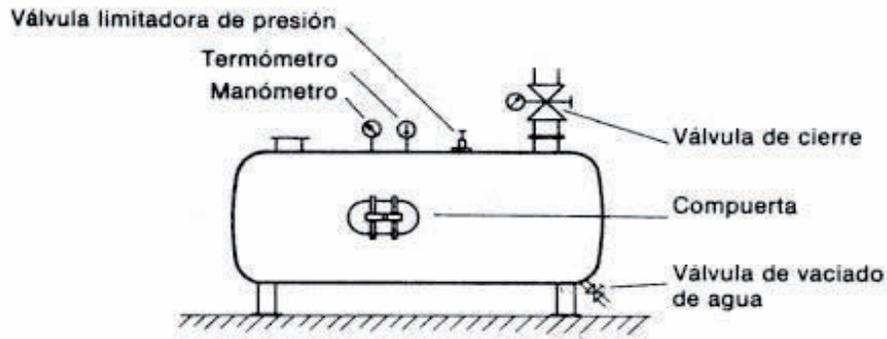


Figura 2.14 Elementos de un depósito. <sup>[3]</sup>

### 2.4.8 Distribución del aire comprimido

La distribución del aire comprimido desde el equipo productor hasta el consumidor (fig. 2.15) no debe descuidarse nunca, puesto que en este aspecto pueden conseguirse economías financieras permanentes mediante la restricción y contención de las pérdidas por fugas, y mediante la selección de los aparatos y materiales idóneos. Los gastos suplementarios en un equipo nuevo se amortizan por menores gastos de mantenimiento, mejor estanqueidad y en consecuencia menores pérdidas por fugas y mayor duración. <sup>[2]</sup>

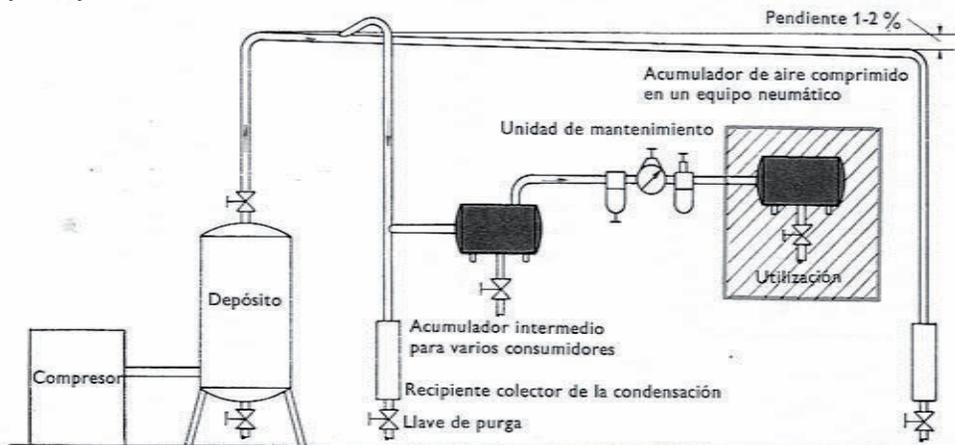


Figura 2.15 Instalación de distribución de aire comprimido con tubería de derivación. <sup>[2]</sup>

## 2.4.9 Preparación del aire comprimido

### 2.4.9.1 Impurezas

En la práctica se presenta muy a menudo los casos en que la calidad del aire comprimido desempeña un papel primordial. [3]

Las impurezas en forma de partículas de suciedad u oxido, residuos de aceite lubricante y humedad dan origen muchas veces a averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de los elementos neumáticos.

Mientras que la mayor separación del agua de condensación tiene lugar en el separador, después de la refrigeración, la separación fina, el filtrado y otros tratamientos del aire comprimido se efectúa en el puesto de aplicación.

Hay que dedicar especial atención a la humedad que contiene el aire comprimido.

El agua (humedad) llega al interior de la red con el aire que aspira del compresor. La cantidad de humedad depende, en primer lugar, de la humedad relativa del aire, que a su vez, depende de la temperatura del aire y de las condiciones climatológicas.

La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un m<sup>3</sup> de aire.

El grado de saturación es la cantidad de agua que un m<sup>3</sup> de aire puede absorber, como máximo, a la temperatura considerada. La humedad es entonces del 100%, como máximo (temperatura del punto de rocío).

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{Humedad absoluta}}{\text{Grado de saturacion}} * 100\%$$

#### **2.4.9.2 Filtro de aire comprimido con regulador de presión**

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada. <sup>[3]</sup>

Para entrar al recipiente (no.1 figura 2.16A) el aire comprimido tiene que atravesar la chapa deflectora (no.2 figura 2.16A) provista de ranuras directrices. Como consecuencia se somete a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por el efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente.

El filtro sinterizado (no. 4 figura 2.16A) [ancho medio de poros, 40  $\mu\text{m}$ ] sigue la depuración del aire comprimido.

Dicho filtro (no. 4 figura 2.16A) separa otras partículas de suciedad. Debe ser sustituido o limpiado de vez en cuando, según el grado de ensuciamiento del aire comprimido.

El aire comprimido limpio pasa entonces por el regulador de presión y llega a la unidad de lubricación y de aquí a los consumidores.

La condensación acumulada en la parte inferior del recipiente (no. 1 figura 2.16A) se deberá vaciar antes de que almacenen la máxima altura admisible, a través del tornillo de purga (no. 3 figura 2.16A). Si la cantidad que se condensa es grande, conviene montar una purga automática de agua.

#### **2.4.9.3 Funcionamiento de la purga automática**

El agua condensada es separada por el filtro. De vez en cuando hay que vaciar la purga, porque de lo contrario el agua será arrastrada por el aire comprimido hasta los elementos de mando. En la purga de agua mostrada abajo, el vaciado tiene lugar de forma automática. <sup>[3]</sup>

El condensado del filtro llega, a través del tubo de unión (no. 1 figura 2.16B), a la cámara del flotador (no. 3 figura 2.16B). A medida que aumenta el nivel del condensado, el flotador (no. 2 figura 2.16B) sube y a una altura determinada abre, por medio de una palanca, una tobera (no. 10 figura 2.16B). Por el taladro (no. 9 figura 2.16B) pasa el aire comprimido a la otra cámara y empuja la membrana (no. 6 figura 2.16B) contra la válvula de purga (no 4 figura 2.16B). Esta abre el paso y el condensado puede salir por el taladro (no. 7 figura 2.16B). El flotador (no. 2 figura 2.16B) cierra de nuevo la tobera (no. 5 figura 2.16B). La purga puede realizarse también de forma manual con el perno. (no. 8 figura 2.16B).

La figura 2.16 muestra un ejemplo del filtro de aire comprimido con regulación de presión y de una purga automática.

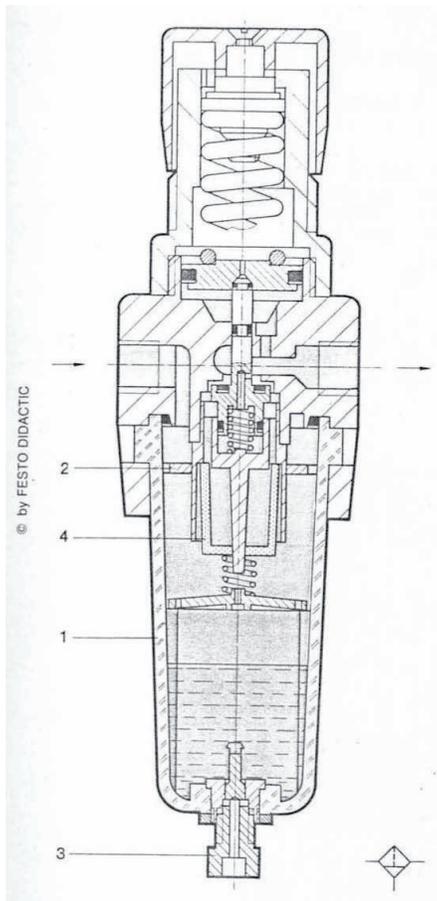


Figura 2.16A Filtro de aire comprimido con presión

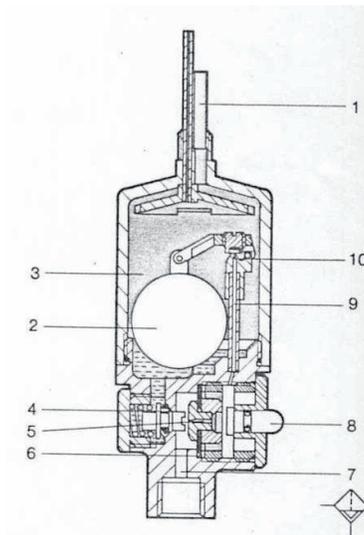


Figura 2.16B Purga automática de agua regulador

Figura 2.16 Funcionamiento de la purga automática.<sup>[3]</sup>

### **2.5 Diagrama de procesos hombre-máquina**

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina así como obtener un mejor balance del ciclo de trabajo. <sup>[6]</sup>

### **2.6 Diagrama de flujo del proceso**

El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos, y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. <sup>[6]</sup>

### **2.7 Lenguaje de programación FST 4.10 de Festo**

Es el lenguaje utilizado para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de todos los elementos neumáticos que estén involucrados para llevar a cabo la automatización.

La información del desarrollo del software es la siguiente:

FESTO software tools  
Version 4.10.50  
Copyright © 1958-2004 Festo AG & Co. KG

### **2.8 Programa Design Tools**

Este software es una útil herramienta para el diseño de métodos, estándares y diseño de trabajo.

La información del desarrollo del software es la siguiente:

DESIGN TOOLS  
For methods, standards, and work design (11th Ed.)  
By Benjamin Niebel and Andris Freivalds  
Version 4.1.1

Programmed by Dong joon kong

## 2.9 Revisión de conceptos de productividad

### ***Eficiencia:***

Según el diccionario de la real academia de la lengua la productividad puede definirse como: “Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado”.

### ***Eficacia:***

Según el diccionario de la real academia de la lengua la productividad puede definirse como: “Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera”.

### ***Productividad:***

Según el diccionario de la real academia de la lengua la productividad puede definirse como: “Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc.”

# Capítulo 3

## Revisión técnica

En el presente capítulo se mencionara todos los elementos que fueron utilizados para llevar acabo la simulación del llenado y tapado de garrafones, se dará una breve explicación del funcionamiento de cada elemento así como su ficha técnica.

1. Unidad de mantenimiento
2. Distribuidor de aire
3. Cilindros de doble efecto
4. Sensores Ópticos de proximidad
5. Válvula 5/2 vías doble solenoide
6. Rodillos eléctricos
7. PLC FEC® Edutrainer® Compact FST/MWT
8. 3 LEDs
9. 1 Unidad de señaleseléctricas

1. Unidad de mantenimiento con válvula de interrupción. El filtro con separador de agua, limpia el aire comprimido de suciedad, virutas de la tubería, óxidos y condensados. El regulador de presión ajusta el aire comprimido suministrado a la presión de funcionamiento requerida y compensa fluctuaciones de la presión de entrada.



Figura 3.1 Unidad de mantenimiento con válvula de interrupción

Ficha técnica.

Fluido	Aire comprimido
Diseño	Filtro sinterizado con separador de agua, regulador de presión tipo embolo
Caudal nom. Estándar*	750 l/min
Presión max. Entrada	1600 kPa (16 bar)
Presión max. Salida	1200 kPa (12 bar)
Grado de filtración	40 $\mu$ m
Volumen de condensados	14 cm <sup>3</sup>
Conexión	G 1/8 Ractor CU-PK-4 para tubo de plástico PUN-6 x 1
*Presión de entrada	1 000 kPa (10 bar)
Presión de salida	600 kPa (6 bar)
Presión diferencial	100 kPa (1 bar)

2. Distribuidor de aire. Distribuidor de aire con alimentación P común, permite alimentar de aire comprimido hasta ocho puntos en un sistema de control neumático



Figura 3.2 Distribuidor de aire

Ficha técnica.

Conexión	G 1/8 1 ractor CU-1/8-6 para tubo de plástico PUN-6 x 1 8 ractores KCU-1/8-4 para tubo de plástico PUN-4 x 0.75
----------	---

3. Cilindro de doble efecto. En este elemento, el vástago del cilindro de doble efecto se invierte por medio de la alimentación alternativa de aire comprimido la amortiguación de ambos extremos evita choques bruscos del embolo en las caratulas.



Figura 3.3 Cilindro de doble efecto

Ficha técnica.

Fluido	Aire comprimido filtrado (con o sin ubicación)
Diseño	Cilindro de embolo
Presión de funcionamiento max.	10 bar (1000 kPa)
Carrera máxima	165 N
Fuerza a 6 bar (600 kPa)	140 N
Conexión	G 1/8 Ractores CU-PK-3 para tubo de plástico PUN-4 x 0.75

4. Sensor de proximidad óptico. Este elemento se compone de dos módulos principales, el emisor y el receptor.

El emisor del sensor de reflexión directa emite una luz roja pulsante en el margen del espectro visible. El objeto a detectar refleja parte de la luz emitida. Esta luz es detectada por un mismo dispositivo semiconductor en el receptor que también se halla dispuesto en el cuerpo del sensor y que provoca un cambio en el estado de conmutación.



Figura 3.4 Sensor de proximidad óptico

Ficha técnica.

Tensión de conmutación	10 a 30 V DC
Rizado residual	Máximo 10%
Distancia nominal de detección	0 a 100 mm (ajustable)
Frecuencia de conmutación	Máximo 200 Hz
Función de salida	Contacto n.a. conmutación a positivo
Corriente salida	Máximo 100 mA
Clase de protección	IP65
Conexiones	Para clavija de 4mm o zócalo de 3 pines

5. Válvula 5/2 vías doble solenoide. Las señales de conmutación están indicadas por LEDs en el cuerpo. La válvula está dotada de dos accionamientos manuales. Las conexiones eléctricas están protegidas ante polaridad incorrecta para el LED y poseen circuito supresor.



Figura 3.5 Válvula 5/2 vías doble solenoide

Ficha técnica.

Construcción	Válvula de corredera, pilotada
Margen de presión	150 – 800 kPa (1.5 – 8 bar)
Tiempo de respuesta	a 600 kPa (6 bar): 10 ms
Caudal nominal	1...2 y 1...4: 500 l/min
Consumo	1.5 W
Ciclo de trabajo	100 %

6. Rodillo inicio y final de carrera eléctrico. Este elemento tiene un microinterruptor accionado mecánicamente. Cuando se presiona el rodillo, por ejemplo con la leva de un cilindro, se acciona el microinterruptor. El circuito se cierra o se abre a través de los contactos. El microinterruptor puede cablearse como normalmente abierto, normalmente cerrado o como conmutador.



Figura 3.6 Rodillo inicio y final de carrera eléctrico

Ficha técnica.

Carga de los contactos	Máximo 5 A
Frecuencia de conmutación	Máximo 200 Hz
Precisión repetitiva	0,2 mm
Recorrido del interruptor	2,7 mm
Fuerza de accionamiento	5 N

7. PLC FEC® Edutrainer® Compact FST/MWT. Es un PLC compacto y de gran capacidad, adaptable para su aplicación en la industria y de instalación rápida y sencilla. El sistema de mando compacto y de diseño industrial, con 12 entradas y 8 salidas digitales, ofrece todas las funciones para tareas de automatización que requieran pocas entradas/salidas. El estado de las entradas y salidas se indica mediante LED.



Figura 3.7 PLC FEC® Edutrainer® Compact FST/MWT

#### Ficha técnica.

Zócalos de seguridad	4 mm (12 entradas y 8 salidas digitales)
SysLink	(8 entradas/8 salidas digitales)
Interface de programación	RS232
Zócalos de seguridad	4 mm para una tensión de funcionamiento de 24 V
Conexión	Ethernet
Dimensiones de la carcasa	85 x 240 x 170 mm (altura x anchura x profundidad). Incluye software de programación Festo FST o MULTIPROG

8. Unidad de indicación y distribución eléctrica. En este elemento se compone de un indicador acústico y ocho visuales, el indicador acústico emite un zumbido cuando se aplica tensión a sus conexiones.

El indicador visual, consiste en una lámpara miniatura, cuando se aplica tensión a sus conexiones, su estado operativo se indica por una dicha lámpara incorporada cubierto con una tapa transparente. Cada lámpara se compone de dos zócalos puenteados, permitiendo que el componente se utilice además como distribuidor.



Figura 3.8 Unidad de indicación y distribución eléctrica

Ficha técnica.

Tensión	24 V DC
Consumo (indicador acústico)	0.04 W
Indicador óptico	1.2 W
Recurrencia (indicador acústico)	420 z
Conexiones	Para clavijas de 4mm

9. Unidad de señales interruptores. En este elemento, los pulsadores en forma de contactos momentáneos consisten en un bloque de contactos con dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos, junto con un pulsador con tapa transparente. El bloque de contactos se activa presionando el pulsador. Los circuitos eléctricos abren o cierran a través del bloque de contactos.



Figura 3.9 Unidad de señales eléctricas

Ficha técnica.

Tensión	24 V DC
Boque de contactos	2 contactos n. a., 2contactos n.c.
Capacidad de los contactos	Max. 1 A
Consumo (piloto)	0.48 W
Conexiones	Cuatro clavijas de 4 mm

# Capítulo 4

## Metodología

En el presente capítulo se analizará el método que utiliza actualmente la empresa PERALPLUS para realizar las actividades que están bajo estudio y se explicará el método que se está proponiendo para resolver las áreas de oportunidad detectadas.

### 4.1 Método actual

A continuación se muestra un diagrama de flujo del proceso (figura 4.1) de las actividades que están bajo estudio, del método actual que realiza la empresa PERALPLUS.

El diagrama de flujo incluye en cada una de las operaciones el tiempo en segundos que lleva realizar cada operación

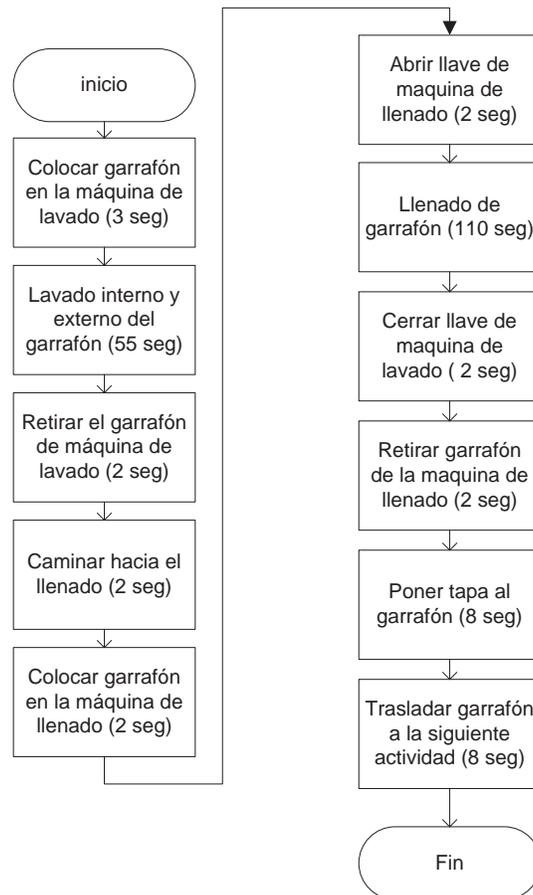


Figura 4.1 Diagrama de flujo del proceso del método actual

Con la información que se muestra en el diagrama de flujo del proceso (figura 4.1), se introducen los datos correspondientes en el programa designtools 4.0.



Figura 4.2 Diagrama hombre-máquina del método actual

Los resultados que nos muestra la figura 4.2, se explican a continuación:

En la parte superior-izquierda de la figura se presentan los datos que el programa necesita para calcular los resultados, estos datos son: los tiempos en minutos que tarda el operador en cargar y descargar la máquina, el tiempo de operación de la máquina y otras operaciones que hace el operario como pueden ser traslados, tiempos muertos, etc.

En la parte superior derecha se nos presenta los costos por hora, tanto de la máquina como del operario.

Ya en la parte de resultados, en la parte izquierda la figura muestra dos resultados, el resultado uno es en base al supuesto de tener un trabajador operando cinco máquinas, en base a esto cual sería el tiempo de ciclo, cuántas unidades por hora se producirían y el total esperado del costo por unidad.

El resultado dos considera un sólo trabajador operando las seis máquinas, en base a esto se presenta el tiempo de ciclo, cuántas unidades por hora se producirían y el total esperado del costo por unidad.

En la parte de resultados, del lado derecho, la figura muestran dos gráficas, la ubicada en la parte superior corresponde al resultado uno, la inferior corresponde al resultado dos, del lado derecho de las gráficas se explica que significa el color que aparece en las gráficas: el rojo, se refiere a los tiempos de carga y descarga que el operador tarda en cargar la máquina, el azul, se refiere a los tiempos que el trabajador está realizando alguna operación y por último el blanco se refiere a los tiempos muertos tanto de la máquina como del operador.

#### **4.1.1 Explicación detallada del proceso actual de embotellado**

La empresa cuenta con un solo operario para las operaciones que se detallan a continuación:

1. Control inicial de contaminación de garrafón: al llegar los garrafones vacíos se hace una inspección minuciosa (olfativa y visual) para buscar posibles contaminantes como basura, tierra, sedimentos.

La figura 4.3 nos muestra como el operario separa los garrafones que serán pasados a la actividad de lavado y los que serán desechados.



Figura 4.3 Control inicial de contaminación de garrafón, método actual

Los garrafones conteniendo contaminantes son separados y lavados en un proceso alternativo, al menos que se determine que el contaminante sea crítico, el garrafón es desechado, como por ejemplo; corrosivos, thinner, gasolina, etc.

2. Lavado interno y externo.

El operario coloca boca abajo el garrafón, dentro de la lavadora, mientras el operario lava con agua, jabón y cepillo el exterior del garrafón la máquina lava el interior del garrafón únicamente con agua, como lo muestra la figura 4.4.



Figura 4.4 Lavado interno y externo del garrafón, método actual

### 3. Llenado. Despachadora de agua con control manual

El operario coloca el garrafón sobre la repisa, calculando que el cuello del garrafón coincida con el grifo de la máquina despachadora, que es con la que se llenará de agua, manualmente abre el grifo girando la palanca roja hasta que el garrafón es llenado completamente, el operador cierra el grifo girando de nuevo en sentido contrario la palanca roja, como se muestra en la figura 4.5.



Figura 4.5 Llenado del garrafón, método actual

#### 4. Tapado. Tapas a presión colocadas manualmente

Después de haber sido llenado el garrafón, el operario lo carga y lo mueve hasta el piso, que es el área en donde se tapan los garrafones manualmente, como se muestra en la figura 4.6.

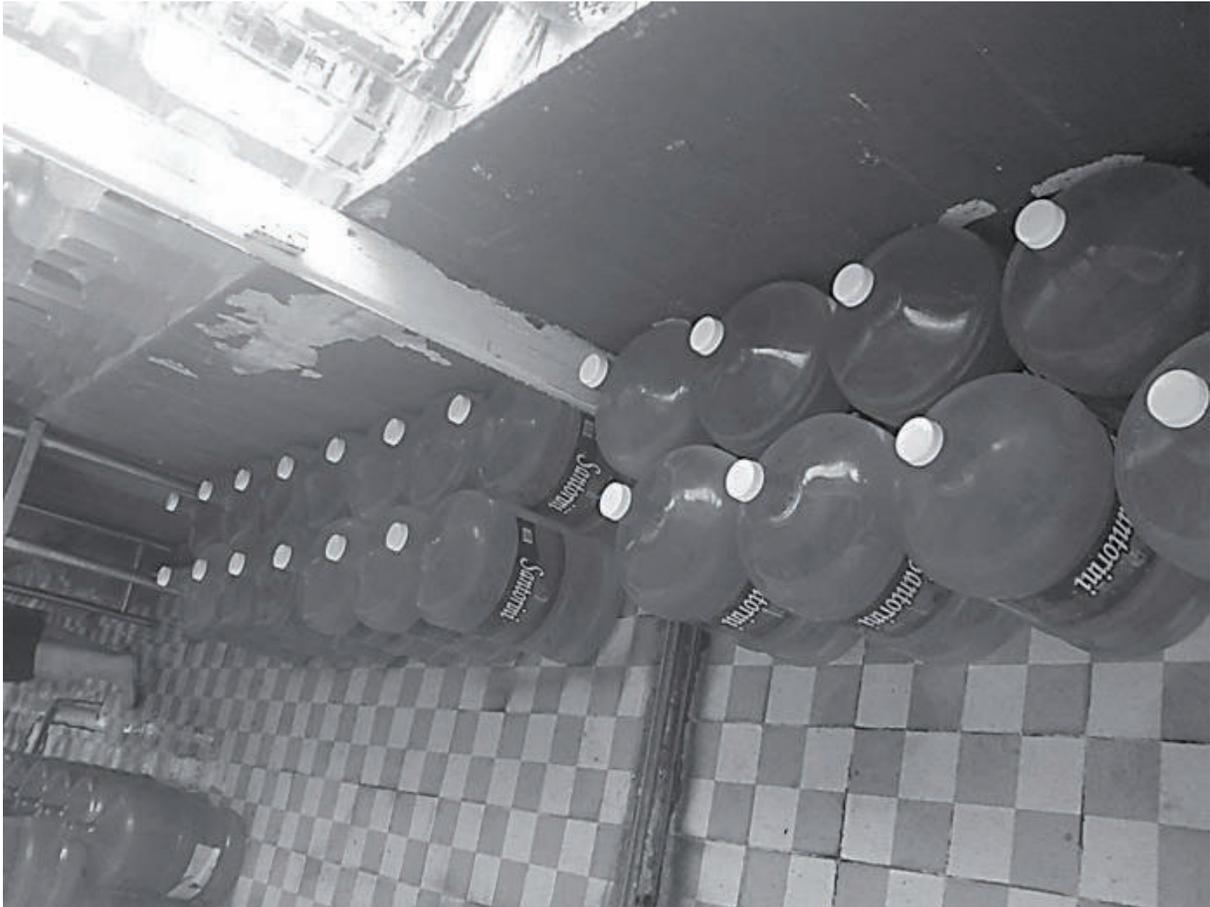


Figura 4.6 Tapado del garrafón, método actual

5. Sello de garantía. Película termo-encogible mediante pistola.

Después de haber sido colocada la tapa, la siguiente actividad es colocar el sello termo-encogible, manualmente y aplicándole aire caliente con una pistola como lo muestra la figura 4.7.



Figura 4.7 Sello de garantía, método actual

El operario al ir trasladando el garrafón de una operación a otra, provoca que el garrafón quede expuesto a contaminación, por ejemplo; al trasladar el garrafón de la operación de lavado a la operación de llenado, el operario no enjuaga adecuadamente sus guantes de trabajo, pudiendo quedar éstos con residuos de jabón y exponiendo a que el garrafón se contamine de éste residuo en la operación de llenado.

## Capítulo 4

Problema que se repite cuando el operario traslada el garrafón de la operación anterior de llenado al paso de tapado y sellado. Incumpliendo la NORMA Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002<sup>[4]</sup>, en lo referente al agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel.

6. Diagrama de recorrido del proceso actual de embotellado: La figura que se muestra a continuación es un plano a escala de cómo se encuentran distribuidas actualmente las diferentes áreas en la planta purificadora PERALPLUS.

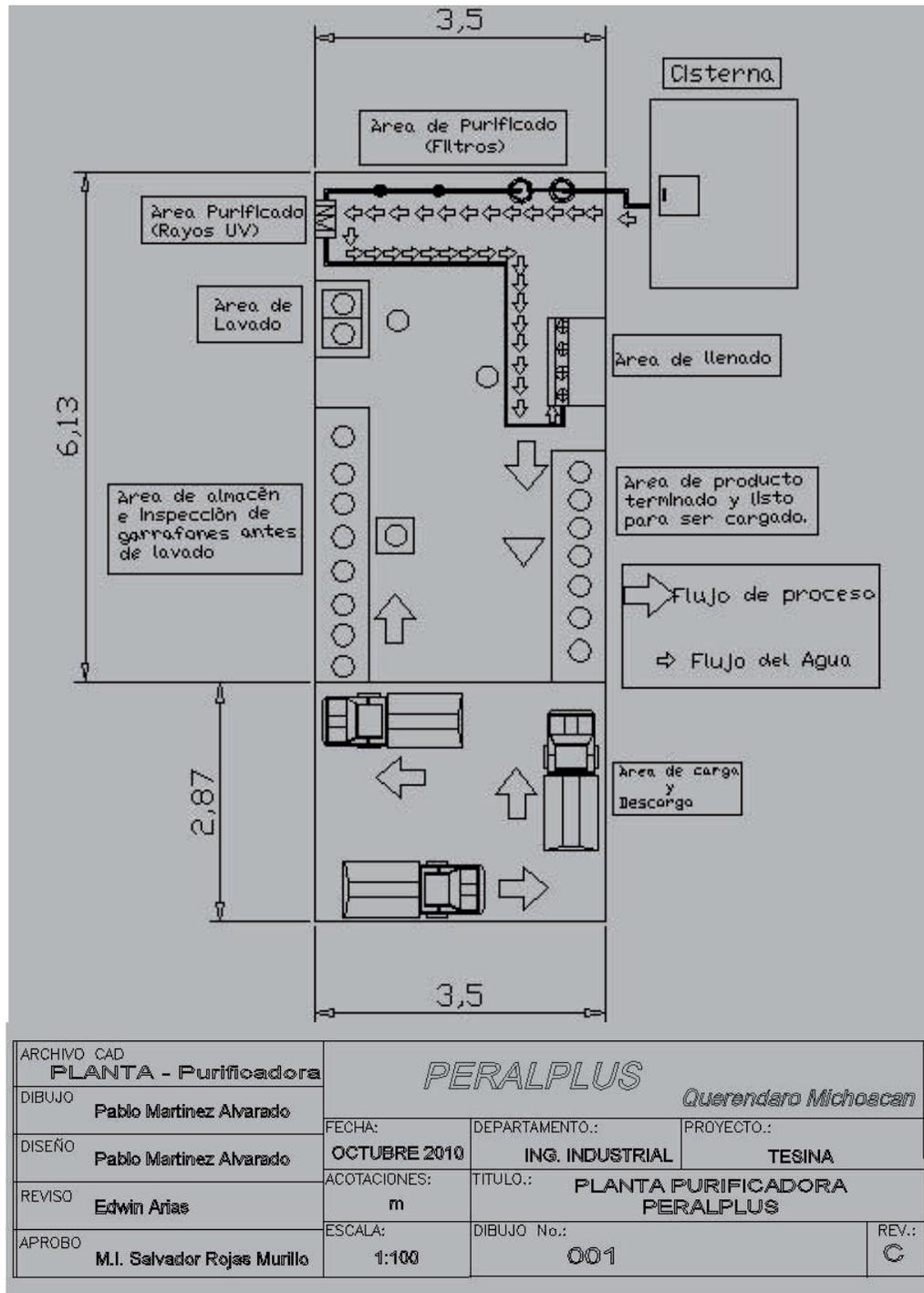


Figura 4.8 Plano de distribución actual de las áreas en la planta PERALPLUS

## 4.2 Método propuesto

A continuación se muestra un diagrama de flujo del proceso (figura 4.9) de las actividades que están bajo estudio, del método propuesto para la empresa PERALPLUS. El diagrama de flujo incluye en cada una de las operaciones el tiempo en segundos que lleva realizar cada operación.

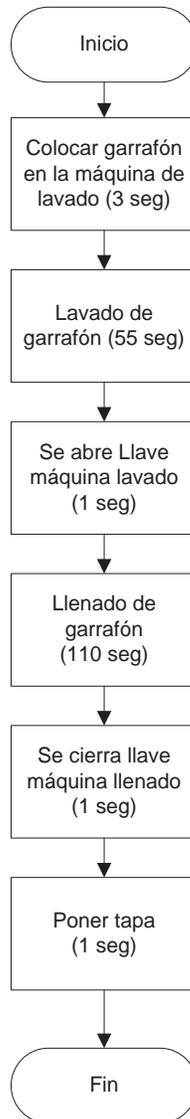


Figura 4.9 Diagrama de flujo del proceso del método propuesto

Con la información que se muestra en el diagrama de flujo del proceso (figura 4.9), se introducen los datos correspondientes en el programa designtools 4.0

The screenshot shows the 'Worker-Machine Relationship' software interface. It is organized into several functional areas:

- Input Section (Top Left):** Titled 'Tiempo en minutos' (minutes), it contains three input fields: 'Loading & Unloading (L)' with a value of 0.05, 'Machine Running (M)' with a value of 1.21, and 'Working Time other than L (W)' with a value of 0.02.
- Cost Section (Top Right):** Titled 'Costo por hora de maquina y operario', it contains two input fields: 'Worker's Hourly Wage (K1)' with a value of 7.5 and 'Machine Hourly Cost (K2)' with a value of 12. Both are followed by a dollar sign (\$) symbol.
- Result Section (Bottom Left):** Titled 'Resultado', it displays five calculated values in a list: '# of Workers' (1), '# of Machines' (18), 'Cycle Time (min)' (1.26), 'Production (unit/hr)' (857.1), and 'Total Expected Cost per unit (\$)' (26).
- Legend (Bottom Right):** A vertical legend box containing four entries with corresponding color swatches: 'Loading/Unloading' (red), 'Worker working' (blue), 'Machine Running' (green), and 'Idle Time' (white).
- Navigation (Right Side):** Three buttons are stacked vertically: 'Go Back', 'Show Results', and 'Print'.

Figura 4.10 Diagrama hombre-máquina del método propuesto

Los resultados que nos muestra la figura 4.10, se explican a continuación:

En la parte superior-izquierda de la figura se nos presentan los datos que el programa necesita para calcular los resultados, estos datos son, los tiempos en minutos que tarda el operador en cargar y descargar la máquina, el tiempo de operación de la máquina y otras operaciones que hace el operario como pueden ser traslados, tiempos muertos, etc.

En la parte superior derecha se nos presenta los costos por hora, tanto de la máquina como del operario.

Ya en la parte de resultados, en la parte izquierda la figura muestra dos resultados, el resultado uno es en base al supuesto de tener un trabajador operando cinco máquinas, en base a esto cual sería el tiempo de ciclo, cuántas unidades por hora se producirían y el total esperado del costo por unidad.

El resultado dos es en base al supuesto de tener un trabajador operando seis máquinas, en base a esto cual sería el tiempo de ciclo, cuántas unidades por hora se producirían y el total esperado del costo por unidad.

En la parte de resultados, del lado derecho, la figura muestra dos gráficas, la primera corresponde al resultado uno, la segunda corresponde al resultado dos, del lado derecho de las gráficas se explica que significa el color que aparece en las gráficas estos son: el rojo se refiere a los tiempos de carga y descarga que el operador tarda en cargar la máquina, el azul se refiere a los tiempos que el trabajador está realizando alguna operación y por último el blanco se refiere a los tiempos muertos tanto de la máquina como del operador.

### 4.2.1 Aplicación, programación y simulación del método propuesto

En la siguiente sección se explicará a detalle los pasos como se realizó la simulación de las actividades de lavado, llenado y tapado de garrafones, esta explicación estará apoyada de imágenes para dejar más claro cómo se realizó dicha simulación.

En la siguiente figura se muestra el tablero en el que están montados todos los elementos con los que se llevó acabo la simulación, así como también se señalan en qué lugar del tablero se simularon las actividades de lavado, llenado y tapado.

La figura 4.11 también muestra la función que desempeñan cada uno de los LEDs.

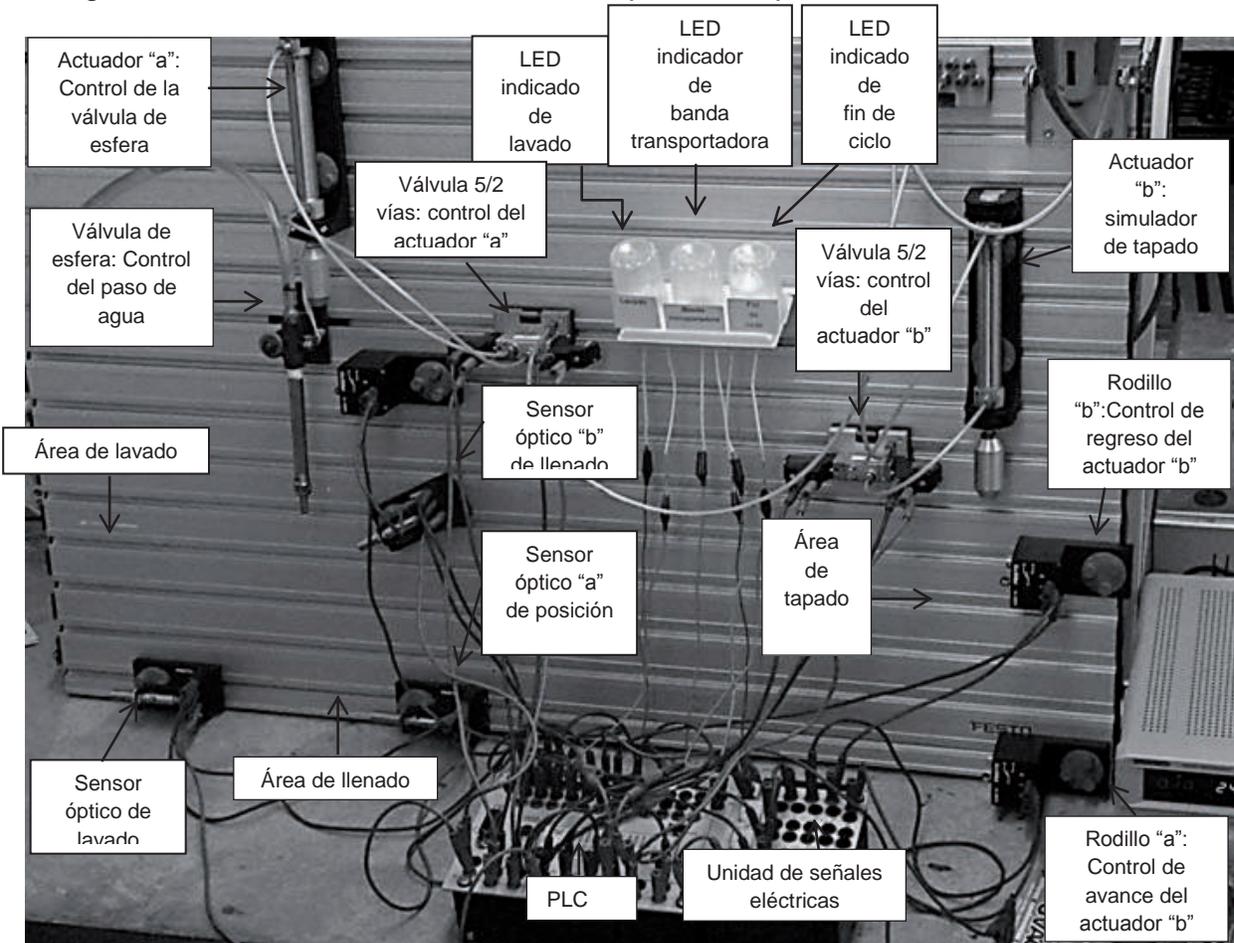


Figura 4.11 Distribución sobre el tablero de los elementos utilizados para la simulación.

1° Paso. Se oprimen los botones de reinicio de contador y de inicio de ciclo, como lo muestra la figura 4.12, para dar comienzo con la simulación, se oprimen uno a la vez y en ese orden.

Al oprimir el botón de reinicio de contador, el contador del PLC se iniciara desde cero y se apagara la lámpara indicadora de fin de ciclo, y al oprimir el botón de inicio de ciclo, se comienza con un nuevo ciclo, como se muestra en la figura4.13.

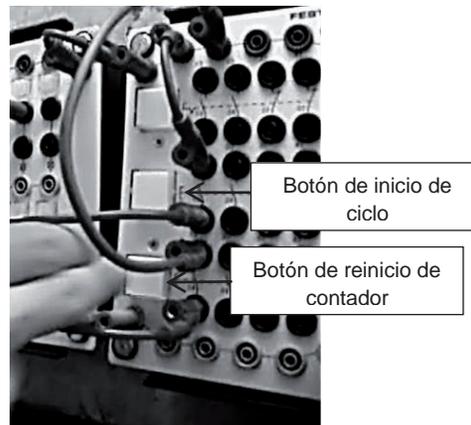


Figura 4.12 Inicio de ciclo y reinicio de contador

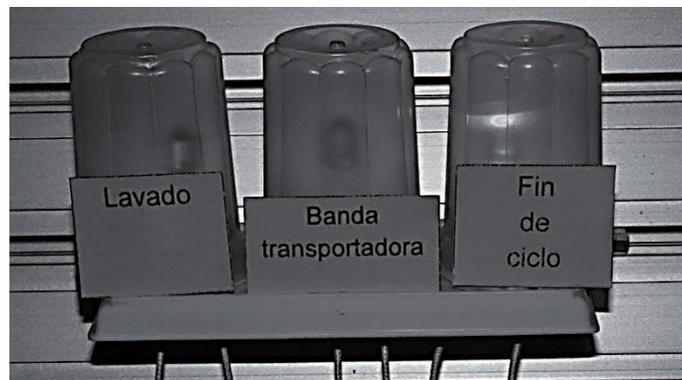


Figura 4.13Led indicador de fin de ciclo

2° Paso. Después de haber oprimido el botón de inicio de ciclo como ya se mencionó, se coloca una botella de vacía de agua en el área de lavado, simulando el garrafón, interrumpiendo la luz directa que emite el sensor óptico de proximidad, de esta manera se provoca un cambio en el estado de conmutación del sensor y enviando la señal al PLC, para que éste a su vez encienda el LED indicador de lavado, como se muestra en la figura4.14. Esta operación de lavado dura 5 segundos.

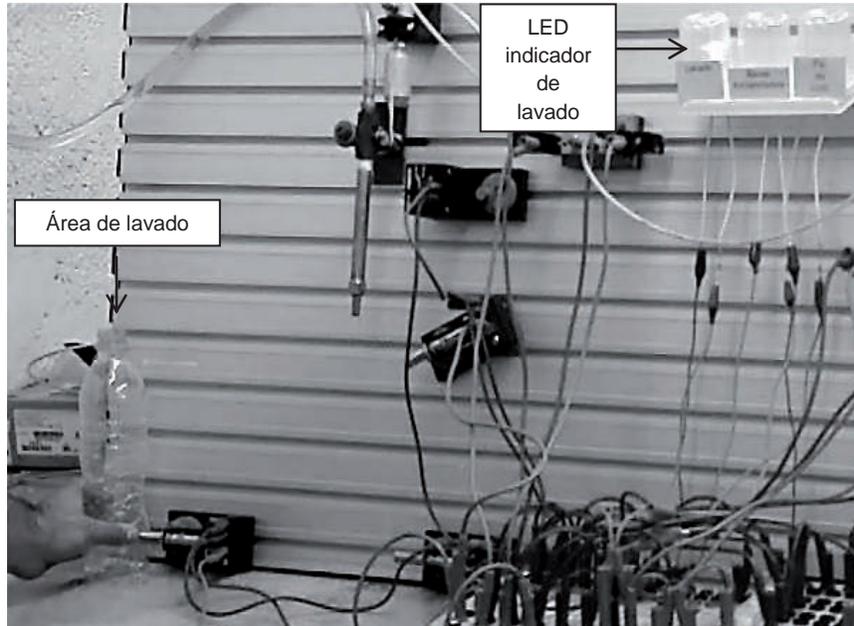


Figura4.14. Simulación de la actividad de lavado

3° Paso. Después de haber transcurrido los cinco segundos del lavado, el PLC manda la señal para que se apague la luz indicadora del lavado, esto quiere decir que la operación de lavado terminó y se después se enciende la luz indicadora de la actividad de la banda transportadora, como se muestra en la figura 4.15.

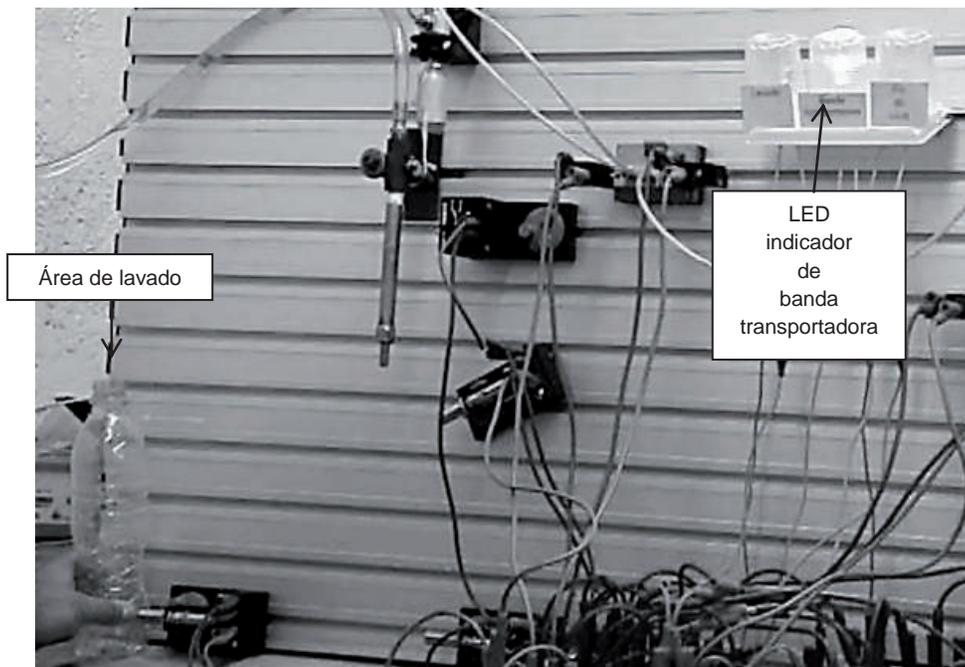


Figura4.15 Simulación de la actividad de la banda transportadora

4º Paso. Ya que encendió el LED de indicador de actividad de la banda transportadora, manualmente se traslada la botella del área de lavado al de llenado, simulando así el traslado que realiza la banda transportadora al garrafón. En el área de llenado se tienen dos sensores ópticos, el sensor “a”, y el sensor “b”. El sensor “a” se utiliza como sensor de posición, su función es detectar la botella cuando manualmente se coloque interrumpiendo la luz que emite el sensor y provocando un cambio en su estado de conmutación, en seguida el sensor manda una señal al PLC para que éste mande otra señal a la válvula 5/2 vías “a” provocando un cambio en su estado de conmutación, la válvula al conmutar, permite el paso de aire, el aire presuriza el actuador “a” para que él actuador se desplace a su posición final y abra la válvula de paso de agua, comenzando así a llenar la botella, en esta actividad están apagados todos los LEDs, como se muestra en la figura 4.16.

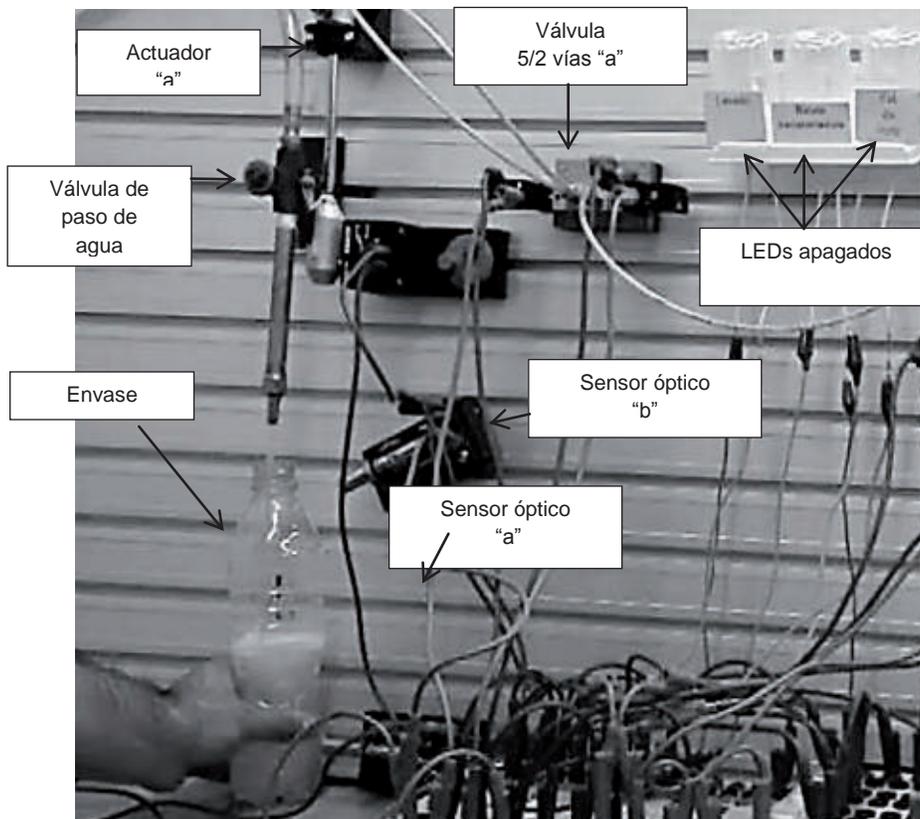


Figura 4.16 Inicio de la simulación de la actividad de llenado

5º Paso. Cuando el nivel del agua sube e interrumpe la señal emitida por el sensor óptico “b”, (este sensor hace la función de control del nivel del agua), provoca que el sensor óptico conmute y envíe una señal al PLC para que PLC mande una señal a la válvula 5/2 vías “a” haciéndola conmutar, en seguida la válvula 5/2 vías “a” al conmutar, permite el paso de aire, el aire presuriza el actuador “a” para que él actuador se desplace a su posición inicial, al regresar el actuador a su posición inicial, cierra la válvula de paso de agua. Ya que el actuador cerro la válvula de agua, se enciende el LED indicador de actividad de la banda transportadora, de esta manera se simula la actividad de llenado de garrafones, como se muestra en la figura 4.17.

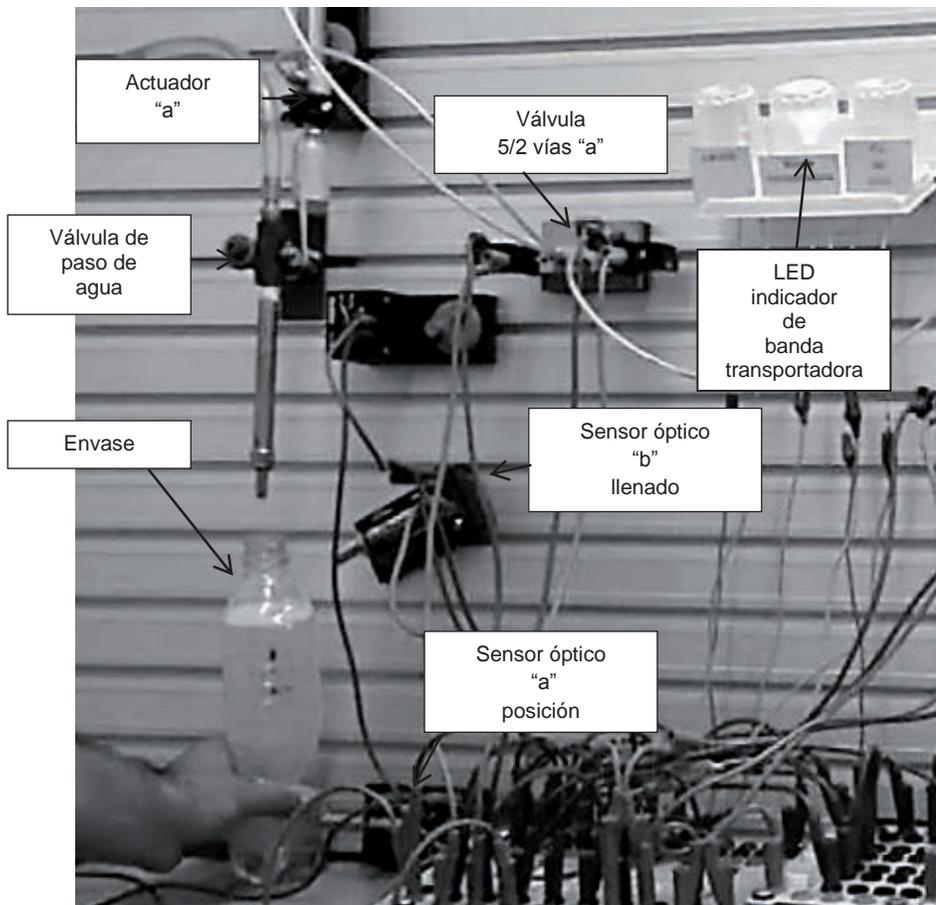


Figura 4.17 Fin de la simulación de la actividad de llenado

6º Paso. Ya que encendió el LED indicador de actividad de la banda transportadora, manualmente se traslada la botella del área de llenado a la de tapado, simulando así el traslado que realiza la banda transportadora del garrafón, como se muestra en la figura 4.18.

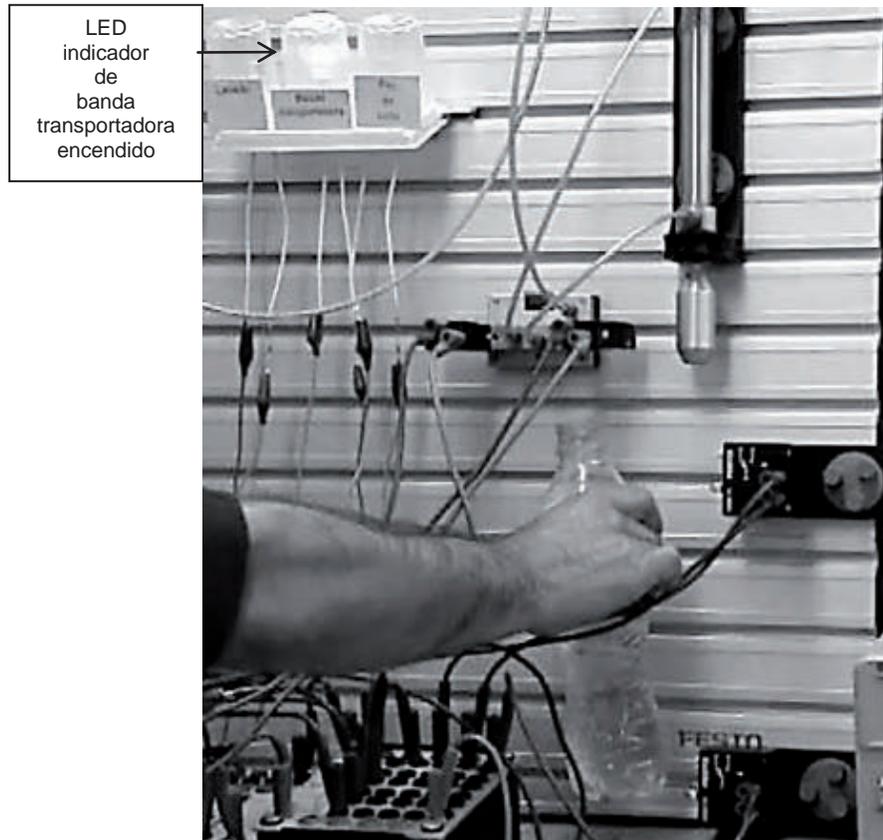


Figura 4.18 Área de tapado

7º Paso. Ya estando en el área de tapado se activa manualmente el rodillo “a”, tras haber activado el rodillo, este manda la señal al PLC para que apague el LED indicador de la banda transportadora y de igual manera manda otra señal hacia la válvula 5/2 vías “b” haciéndola conmutar, la válvula al conmutar, permite el paso de aire, el aire presuriza el actuador “b” para que él actuador se desplace a su posición final. En este paso se simula que la banda transportadora traslada el garrafón hasta el área de tapado al llegar ahí el garrafón activa un rodillo, la función de este rodillo es confirmar que el garrafón está en la posición correcta para que el actuador avance y haga la operación de tapado, como se muestra en la figura 4.19.

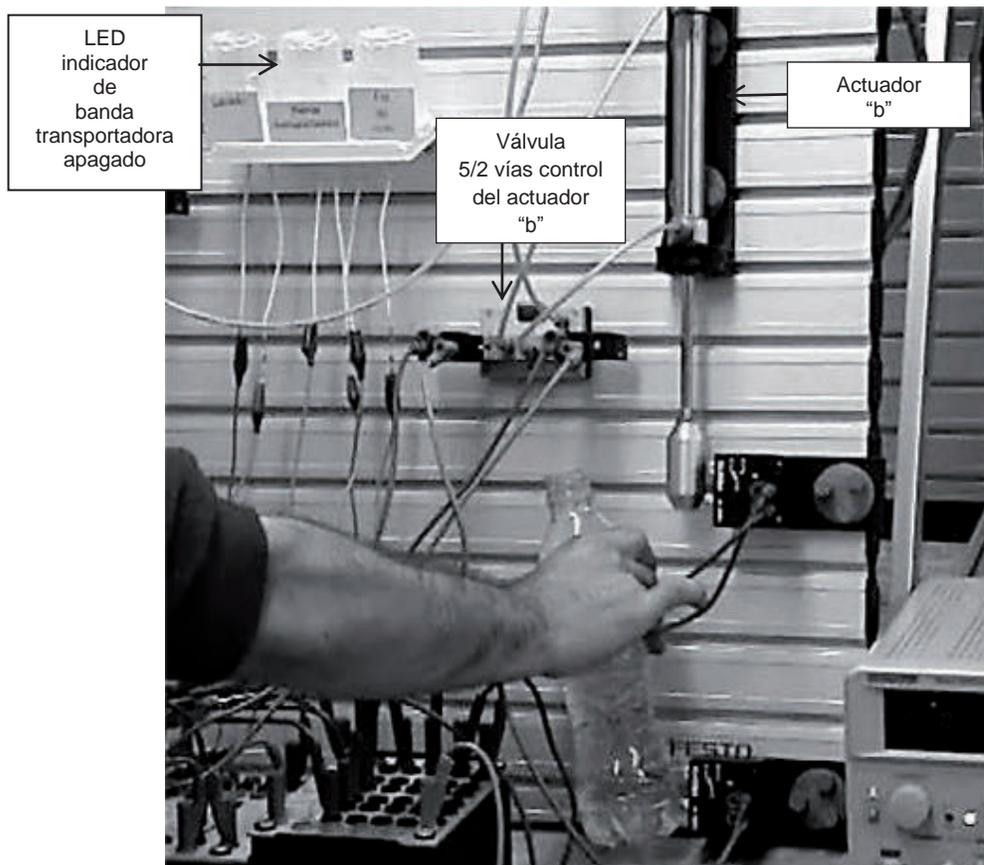


Figura 4.19 Operación de tapado

8º Paso. Al llegar el actuador “b” al final de su carrera, activa el rodillo “b”, este rodillo manda una señal al PLC, el PLC manda otra señal a la válvula 5/2 vías, la válvula conmuta y permite el paso de aire, el aire presuriza el actuador “b” para que él actuador se desplace a su posición inicial de reposo.

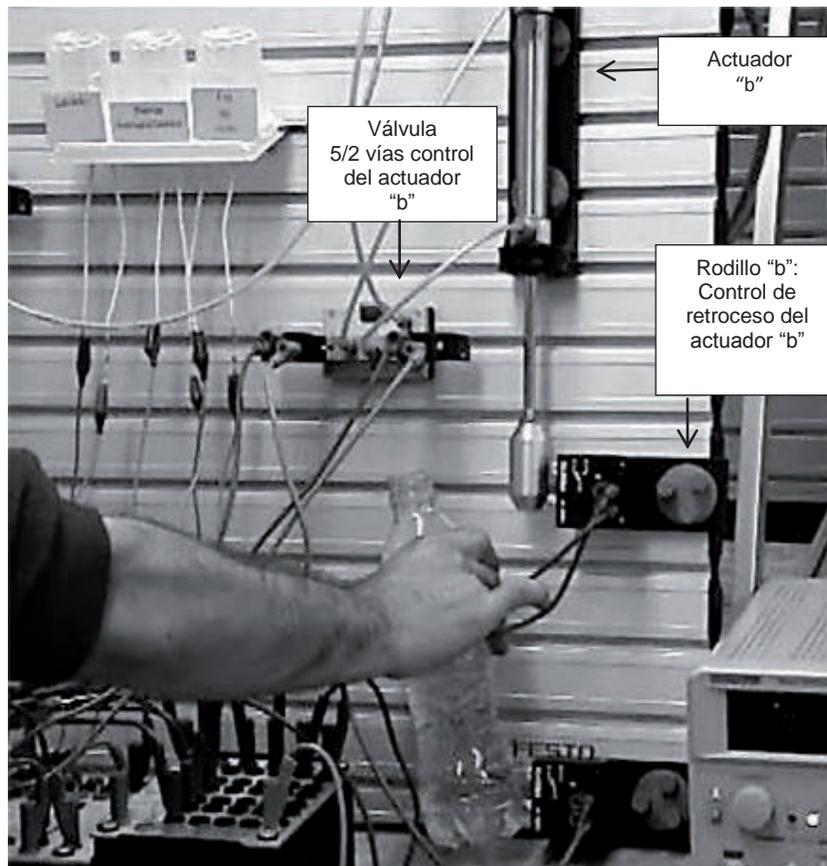


Figura 4.20 Operación de tapado

9º Paso. Después de que el actuador “b” activa al rodillo “b” y el rodillo regrese a su posición inicial de reposo, como se muestra en la figura 4.21, termina el ciclo.

Por último, el proceso fue diseñado para llevar el conteo del número de garrafones que terminan el ciclo, esto es una ventaja, ya que el operador no tendrá que llevar este conteo y podrá poner toda su atención a sus actividades. El conteo de número de ciclos terminados lo realiza el PLC mediante el Lenguaje de programación FST 4.10 de Festo, este lenguaje es la manera en cómo se comunican todos los elementos involucrados en la programación.

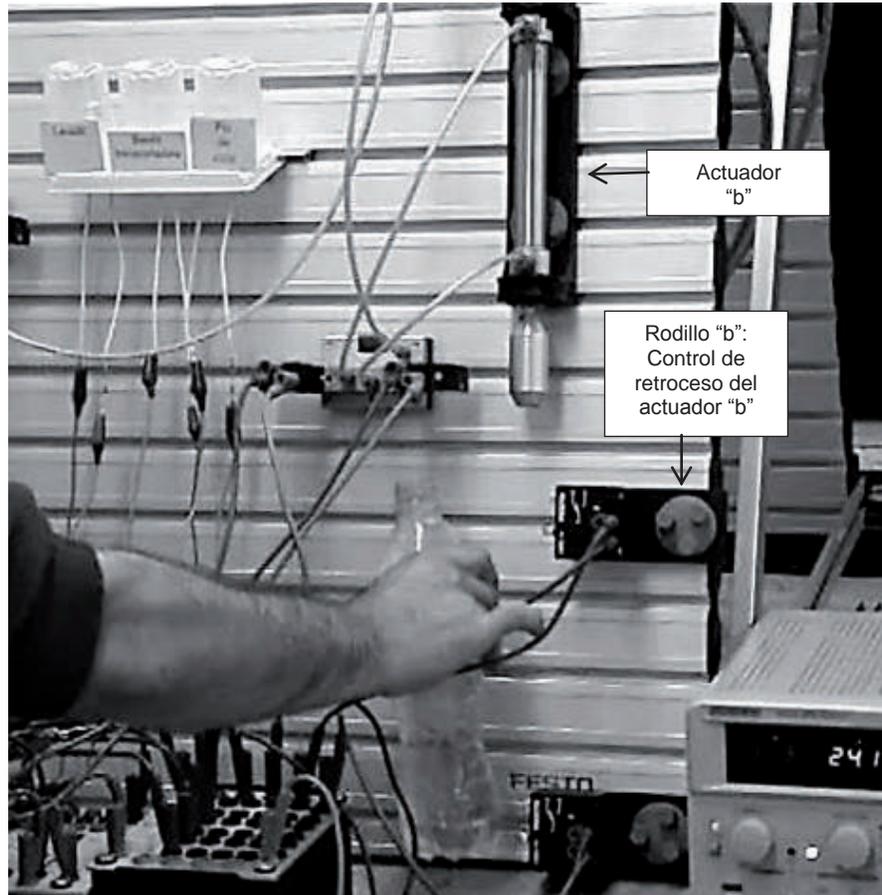


Figura 4.21 Fin de la operación de tapado

### 4.2.2 Programación FST 4.10

A continuación se muestra la programación hecha con la Herramienta de software FST 4.10 de FESTO, esta es el lenguaje de programación con el que se comunican todos los elementos utilización durante la simulación.

En otras palabras, este lenguaje de programación, es la manera en como se le da las instrucciones al PLC, para que el PLC mande las tareas a cada elemento que tiene que realizar.

Todos los pasos descritos en el capítulo 4.2.1 es la manera de explicar gráficamente lo que realiza este programa.

```

STEP inicio
  IF          boton1          'Boton1 reinicio de contador
THEN LOAD    V3
            TO                CW0          'Contador valor 3
RESET        fin_ciclo      'Luz indicadora fin de ciclo
STEP ciclo
  IF          boton2          'Boton2 inicio de ciclo
THEN JMP TO lavado
STEP lavado
  IF          sol             'Sensor optico de lavado
THEN SET     luz_lav         'Luz indicadora lavado de garrafon
STEP temporiza
  IF          sol             'Sensor optico de lavado
THEN SETtiempo 'Tiempo 5s
            WITH              5s
STEP off_temp
  IF          N              tiempo        'Tiempo 5s
THEN RESET   luz_lav         'Luz indicadora lavado de garrafon
STEP ba_t
  IF          sol             'Sensor optico de lavado
            AND      N        sop         'Sensor optico de posicion
            AND      N        soll        'Sensor optico de llenado
            AND      N        rfa         'Rodillo final de a
            AND      N        rib         'Rodillo inicial de b
            AND      N        rfb         'Rodillo final de b
            AND      N        boton2      'Boton2 inicio de ciclo
THEN SET     ba_t            'Luz banda transportadora
STEP avance_a
  IF          sop             'Sensor optico de posicion
            AND      N        soll        'Sensor optico de llenado
            AND      N        sol         'Sensor optico de lavado
            AND      N        rfb         'Rodillo final de b
            AND      N        rib         'Rodillo inicial de b
            AND      N        rfa         'Rodillo final de a
THEN SET     baa              'Bobina avance de a
            RESET   ba_t            'Luz banda transportadora
STEP retro_a
  IF          sop             'Sensor optico de posicion

```

## Capítulo 4

```

        AND          soll          'Sensor optico de llenado
        AND          rfa          'Rodillo final de a
        AND          N    sol      'Sensor optico de lavado
        AND          N    rfb      'Rodillo final de b
        AND          N    rib      'Rodillo inicial de b
    THEN SET        bra          'Bobina retroceso de a
        RESET       baa          'Bobina avance de a
STEP ba_t1
    IF
        AND          soll          'Sensor optico de llenado
        AND          N    sol      'Sensor optico de lavado
        AND          N    rfa      'Rodillo final de a
        AND          N    rib      'Rodillo inicial de b
        AND          N    rfb      'Rodillo final de b
    THEN SET        ba_t          'Luz banda transportadora
        RESET       bra          'Bobina retroceso de a
STEP avance_b
    IF
        AND          N    sol      'Sensor optico de lavado
        AND          N    soll      'Sensor optico de llenado
        AND          N    sop      'Sensor optico de posicion
        AND          N    rfa      'Rodillo final de a
        AND          N    rfb      'Rodillo final de b
    THEN SETbab    'Bobinaavance de b
    RESET       ba_t          'Luz banda transportadora
STEP retro_b
    IF
        AND          rfb          'Rodillo final de b
        AND          N    sol      'Sensor optico de lavado
        AND          N    sop      'Sensor optico de posicion
        AND          N    soll      'Sensor optico de llenado
        AND          N    rfa      'Rodillo final de a
    THEN SET        brb          'Bobina retroceso de b
        RESET       bab          'Bobina avance de b
STEP retro_b2
    IF          N    rib          'Rodillo inicial de b
        AND          N    rfb      'Rodillo final de b
        AND          N    sol      'Sensor optico de lavado
        AND          N    sop      'Sensor optico de posicion
        AND          N    soll      'Sensor optico de llenado
        AND          N    rfa      'Rodillo final de a
    THEN RESET     brb          'Bobina retroceso de b
STEP decrement
    IF          N    sol          'Sensor optico de lavado
        AND          N    sop      'Sensor optico de posicion
        AND          N    soll      'Sensor optico de llenado
        AND          N    rfa      'Rodillo final de a
        AND          N    rib      'Rodillo inicial de b
        AND          N    rfb      'Rodillo final de b
    THEN DEC       CW0         'Contador valor 3
STEP conteo
    IF          N    sol          'Sensor optico de lavado
        AND          N    sop      'Sensor optico de posicion
        AND          N    soll      'Sensor optico de llenado
        AND          N    rfa      'Rodillo final de a
        AND          N    rib      'Rodillo inicial de b
        AND          N    rfb      'Rodillo final de b

```

## Capítulo 4

```
AND          C0          'Numero de ciclos
THEN JMP TO lavado
IF           N          sol          'Sensor optico de lavado
AND         N          sop          'Sensor optico de posicion
AND         N          soll         'Sensor optico de llenado
AND         N          rfa          'Rodillo final de a
AND         N          rib          'Rodillo inicial de b
AND         N          rfb          'Rodillo final de b
AND         N          C0          'Numero de ciclos
THEN SET    fin_ciclo    'Luz indicadora fin de ciclo
JMP TO inicio
```

Diagrama de recorrido del método propuesto de embotellado: La figura que se muestra a continuación es un plano a escala de cómo quedarían distribuidas las diferentes áreas en la planta purificadora PERALPLUS con el método propuesto.

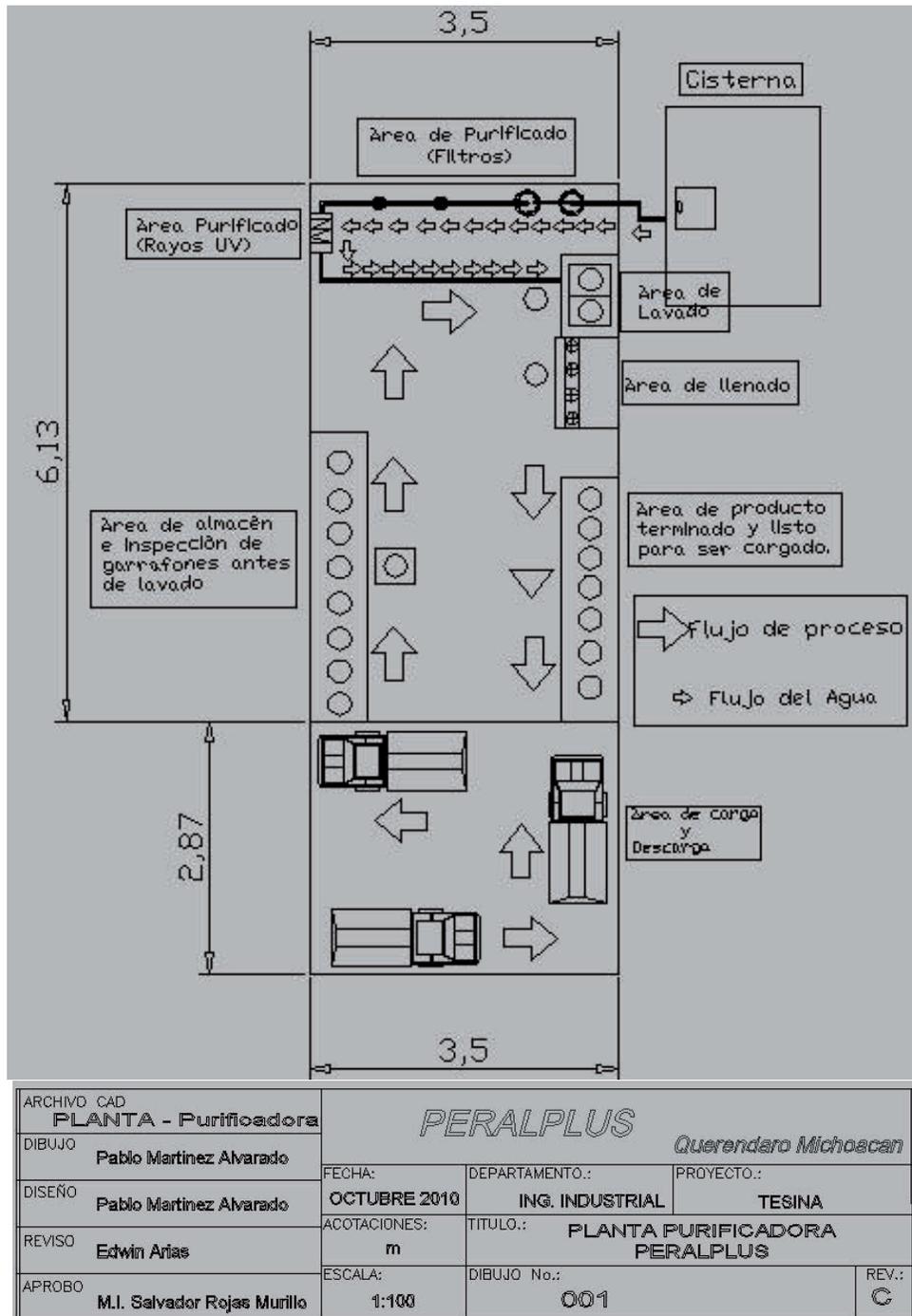


Figura 4.8 Plano propuesto de distribución de las áreas en la planta PERALPLUS

### 4.3 Calculo de productividad

A continuación se muestra el cálculo de la productividad que se obtuvo después de la elaboración de la simulación, para lo cual se siguió la metodología mostrada en el manual del ingeniero industrial. [7]

$$\frac{\$.65 \text{ costo por unidad (método actual)}}{\$.26 \text{ costo por unidad (método propuesto)}} = 2.5 - 1 = \text{incremento del 150\% productividad}$$

Los datos que están en la formula, (\$.65 y \$.26) que son los costos por unidad, se obtuvieron de los resultados que arrojó el programa designtools, el resultado de la formula nos permite demostrar que aplicando la herramienta de automatización a la empresa PERALPLUS aumenta la producción.

### 4.4 Calculo de la producción

A continuación se muestra el cálculo del aumento en la producción que se obtuvo después de la elaboración de la simulación.

$$\frac{857 \text{ producción (unidad por hora-método propuesto)}}{104 \text{ producción (unidad por hora-método actual)}} * 100 = 824\% \text{ más producción}$$

Los datos que están en la formula, (857 y 104) que son los costos por unidad, se obtuvieron de los resultados que arrojó el programa design tools, el resultado de la formula nos permite demostrar que aplicando la herramienta de automatización a la empresa PERALPLUS se incrementa la capacidad de producción.

# Capítulo 5

## Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos al final de la elaboración del trabajo, con respecto de los objetivos planteados, tanto el objetivo general como los particulares.

Se lograron identificar las áreas susceptibles de automatización gracias al estudio y evaluación que se realizó, como se demuestra en el capítulo 3 durante la descripción del método actual que realiza la empresa.

Con el proceso de automatización simulado dentro del laboratorio, se logró reducir el riesgo de contaminación de los garrafones, así como dentro de los procesos de lavado, llenado y tapado esto debido a que el proceso garantiza que el operador no manipule los garrafones hasta después de haber sido tapados por el mismo proceso.

De igual manera con el proceso de automatización se logró eliminar el desperdicio de agua, y para la comprobación de todo lo anterior se grabó un video para evidenciar el proceso de automatización simulado.

En cuanto a la productividad, se pudo demostrar que con el método propuesto se tiene un aumento del 150% con respecto al método actual.

En cuanto a los tiempos, se demostró con la simulación, que ampliando la herramienta de automatización, se puede tener control sobre los tiempos de las actividades, esto con el objetivo de poder estandarizar todas las actividades del proceso.

En cuanto a la capacidad de producción, se pudo demostrar que con el método propuesto se tiene un aumento en la producción del 824% con respecto al método actual.

# Capítulo 6

## Conclusiones

Al finalizar el presente trabajo se identificaron áreas de oportunidad para la mejora del proceso de llenado de garrafones, mediante la automatización. Se verificó que las condiciones en las que opera actualmente la planta, como ya se aclaró en su momento, no cumplen con la norma oficial mexicana que regula a las purificadoras en México.

En el presente trabajo se concentró en las áreas de oportunidad que actualmente son prioridad para los dueños, otras áreas de oportunidad detectadas, como son: disminuir el tiempo de producción, automatización del proceso de etiquetado, traslado de garrafones hacia o desde el transporte...etc. Se dejaron pendientes para trabajo e investigación futura.

La propuesta que aquí se presenta de automatización consideró factores para poder facilitar el trabajo del operador sin descuidar su seguridad y así aumentar la calidad en el producto final. Lo que sí se pudo lograr con el presente trabajo fue: asegurar que el proceso no desperdicie agua, asegurar la seguridad del operador, asegurar que el agua no se contamine durante las operaciones de llenado y tapado.

# Bibliografía

1. Horta José (2001). Técnicas de automatización industrial. México: Editorial Limusa.
2. W. Deppert y K. Stoll (1998). Dispositivos neumáticos. Barcelona: MarcomboBoixareu Editores.
3. E. V. Terzi et al (1999) FESTO DIDACTIC, Manual de estudio de Introducción en la neumática. Esslingen, Alemania.
4. NORMA Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002. Diario Oficial de la Federación. Viernes 18 de Octubre, 2002. Consultado en Octubre 2010 y disponible en:<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/201ssa12.html>
5. Pérez Montiel, H. (2001). Física general. México: Cultural
6. Benjamín W. Niebel (2009). Ingeniería Industrial, métodos estándares y diseño del trabajo. México: Mc Graw Hill.
7. GROOVER, Mikel (2005) Manual del ingeniero industrial. México: Mc Graw Hill

# Índice de figuras

Figura 2.1 Macro localización del municipio de Queréndaro Michoacán	2
Figura 2.2 Micro localización de la planta purificadora PERALPLUS	3
Figura 2.3 Organigrama general en la empresa PERALPLUS	4
Figura 2.4 Elementos de un circuito neumático básico	14
Figura 2.5 Tipos de compresores	16
Figura 2.6 Clasificación general de los tipos de compresores	17
Figura 2.7 Compresor de émbolo oscilante	17
Figura 2.8 Compresor de Embolo oscilante de dos etapas con refrigeración intermedia	18
Figura 2.9 Compresor de Membrana	18
Figura 2.10 Compresor rotativo multicelular	19
Figura 2.11 Compresor Roots	20
Figura 2.12 Turbo compresores	20
Figura 2.13 Depósitos y acumuladores	21
Figura 2.14 Elementos de un depósito	22
Figura 2.15 Instalación de distribución de aire comprimido con tubería de derivación	22
Figura 2.16 Funcionamiento de la purga automática	25
Figura 3.1 Unidad de mantenimiento con válvula de interrupción	28
Figura 3.2 Distribuidor de aire	29
Figura 3.3 Cilindro de doble efecto	29
Figura 3.4 Sensor de proximidad óptico	30
Figura 3.5 Válvula 5/2 vías doble solenoide	31
Figura 3.6 Rodillo inicio y final de carrera eléctrico	32
Figura 3.7 PLC FEC® Edutrainer® Compact FST/MWT	33
Figura 3.8 Unidad de indicación y distribución eléctrica	34
Figura 3.9 Unidad de señales eléctricas	35
Figura 4.1 Diagrama de flujo del proceso del método actual	36
Figura 4.2 Diagrama hombre-máquina del método actual	37
Figura 4.3 Control inicial de contaminación de garrafón, método actual	39
Figura 4.4 Lavado interno y externo del garrafón, método actual	40
Figura 4.5 Llenado del garrafón, método actual	41
Figura 4.6 Tapado del garrafón, método actual	42
Figura 4.7 Sello de garantía, método actual	43
Figura 4.8 Plano de distribución actual de las áreas en la planta PERALPLUS	45
Figura 4.9 Diagrama de flujo del proceso del método propuesto	46

## Índice de figuras

Figura 4.10 Diagrama hombre-máquina del método propuesto	47
Figura 4.11 Distribución sobre el tablero de los elementos utilizados para la simulación	49
Figura 4.12 Inicio de ciclo y reinicio de contador	50
Figura 4.13 Led indicador de fin de ciclo	50
Figura 4.14. Simulación de la actividad de lavado	51
Figura 4.15 Simulación de la actividad de la banda transportadora	51
Figura 4.16. Inicio de la simulación de la actividad de llenado	52
Figura 4.17. Fin de la simulación de la actividad de llenado	53
Figura 4.18 Área de tapado	54
Figura 4.19 Operación de tapado	55
Figura 4.20 Operación de tapado	56
Figura 4.21 Fin de la operación de tapado	57
Figura 4.8 Plano propuesto de distribución de las áreas en la planta PERALPLUS	58