



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE  
AUTOMATIZACIÓN DE TAPADORA DE  
ENVASES PET DE LA EMPRESA GLOBAL  
SYSTEMS J&O C.A.**

**Autor:** Jorge Vasquez  
C.I:27.657.914

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono (0241) 8714240 (máster)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE  
AUTOMATIZACIÓN DE TAPADORA DE ENVASES PET DE LA  
EMPRESA GLOBAL SYSTEMS J&O C.A.**

Trabajo de grado presentado para optar por el título de

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autor:** Jorge Vasquez

C.I:27.657.914

**Tutora:** Ing. María Izquierdo

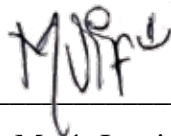
San Diego, agosto 2021

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. María Izquierdo, portadora de la cédula de identidad N° 25.981.156, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por el ciudadano Jorge Vasquez portador de la cédula de identidad C.I:27.657.914, titulado **PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE TAPADORA DE ENVASES PET DE LA EMPRESA GLOBAL SYSTEMS J&O C.A.** presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO ELECTRÓNICO** , acepto la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación, según las condiciones de la Coordinadora de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes reglamentos.

En San Diego, a los 31 días del mes de marzo de dos mil veintiunos.



---

Ing. María Izquierdo

C.I.: 25.981.156



FLE-008-2021-ICR (IG)

Valencia, 21 de julio de 2021

Ciudadano:  
Vásquez Vitoria, Jorge Alejandro.  
C.I. 27.657.914  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 25-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE TAPADORA DE ENVASES PET DE LA EMPRESA GLOBAL SYSTEMS J&O C.A.**, presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación de la Ing. María Izquierdo C.I: 25.981.156 como Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,  
  
Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.  
Decano



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>P.P</b>
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema .....	2
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Justificación de la Investigación .....	4
1.5 Alcance y Limitaciones.....	5
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes .....	2
2.2.1 Tapadora de botellas.....	8
2.2.2 Automatización Industrial .....	10
2.2.3 Procesos Industriales .....	10
2.2.4 Sistemas de Control Automáticos .....	11
2.2.5 PLC .....	12
2.2.6 Programa y Lenguaje de programación PLC.....	13
2.2.7 Servomotores.....	14
2.2.8 Electroválvulas .....	15
2.2.9 Disyuntor.....	15
2.2.10 Unidades FRL.....	16
2.2.11 Cilindros neumáticos .....	17
2.2.12 Variadores de frecuencia .....	17
2.3 Bases Legales .....	18
2.3 Definición de Términos Básicos.....	20
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	7

3.2 Nivel de la Investigación.....	19
3.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	19
3.4 Población y Muestra.....	20
3.5 Fases Metodológicas .....	21
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS</b>	
4.1 FASE I: Diagnóstico de las condiciones operativas de la automatización de la tapadora. ....	24
Fuente: Autor .....	27
4.1.1 PLC SIMATIC .....	27
4.1.2 Banda Transportadora.....	28
4.1.3 Compresor .....	29
4.1.4 Caja de control .....	31
4.1.5 Pulsadores eléctricos .....	32
4.1.6 Actuador neumático.....	34
4.1.7 Válvulas control direccional.....	34
4.1.8 Elementos reemplazables .....	35
4.2 FASE II: Analizar las posibles mejoras en el rediseño de la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax. ....	36
4.2.1 PLC COOLMAY .....	36
4.2.2 Servomotor y Driver.....	39
4.2.3 Sensor de proximidad .....	44
4.2.4 Sensores Fotoeléctricos .....	46
4.2.5 Unidad FRL.....	48
4.2.6 Actuador Neumático nueva línea .....	50
4.2.7 Variador de frecuencia. ....	53
4.2.8 Válvula de control direccional nueva línea .....	54
4.3 FASE III: Rediseñar la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax. ....	55
4.3.1 Establecimiento de los parámetros a seguir para la optimización de la tapadora.....	55
4.3.2 Estructura grafica del funcionamiento de la tapadora .....	56

4.3.3 Panel de control e Interfaz grafica .....	58
4.3.4 Cinta transportadora .....	59
4.3.5 Mecanismo rotativo .....	62
4.3.6 Sección de Tapado.....	64
4.3.7 Modelo y estadística de la nueva plataforma .....	68
4.4 FASE IV: Simular el funcionamiento del sistema de automatización elegido. ....	70
4.5 FASE V: Estudiar la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta.....	70
4.5.1 Análisis de costos .....	70
4.5.2 Factibilidad Técnica operativa.....	72
4.5.3 Impacto del ambiente .....	75
<b>CONCLUSIONES</b> .....	24
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	78
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	79

## LISTA DE TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA</b>	<b>P.P</b>
Tabla 1. Descripción Tapadora modelo.....	25
Tabla 2. Checklist Sistema de tapadora de botella. ....	26
Tabla 3. Banda transportadora .....	29
Tabla 4. Compresor neumático .....	30
Tabla.5 Componentes Panel de control eléctrico.....	31
Tabla 6. Elementos reemplazables.....	35
Tabla 6. Modelos de PLC .....	36
Tabla 7. Modelos de Servo motor .....	41
Tabla 8. Características del servo drive .....	43
Tabla 9. Sensores Capacitivos .....	45
Tabla 10. Datos del sensor Foto electro .....	47
Tabla 11. Unidad FRL .....	49
Tabla 12. Actuadores Neumáticos .....	51
Tabla 13. Variador de Frecuencia .....	53
Tabla 14. Válvula de control direccional nueva línea.....	54
Tabla 15. Tabla de contenido de la nueva tapadora .....	69
Tabla 16. Costos de materiales .....	70
Tabla 17. Costo de piezas, bases y transporte .....	71
Tabla 18. Costos Totales .....	72
Tabla.19 Tiempos de producción .....	74

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>P.P</b>
Figura 1. PLC SIMATIC S7-200 .....	28
Figura 2. Banda transportadora LS 820-k750.....	28
Figura 3. Compresor TOTAL.....	30
Figura 4. Panel de control eléctrico .....	32
Figura 5. Pulsador Verde XB2-BA31 .....	32
Figura 6. Pulsador Rojo XB2-BA42 .....	33
Figura 7. Pulsador Emergencia TP-P22M-R .....	33
Figura 8. Actuador neumático CDJ2B-Mini.....	34
Figura 9. PLC COOLMAY frontal.....	38
Figura10. PLC COOLMAY trasera.....	39
Figura 11. Curva de par-velocidad.....	41
Figura 12. Servomotor XINJE .....	42
Figura 13. Drive XINJE.....	43
Figura 14. Sensor Capacitivo CR18-8DP .....	45
Figura 15. Sensor Fotoeléctrico BEN3M-PDT .....	48
Figura 16. Unidad FRL lfc-08-d-mini .....	50
Figura17. Variador de frecuencia DURTRON .....	53
Figura 18. Válvula Rexroth .....	54
Figura 19. Flujograma .....	56
Figura 20. Plano de control.....	58
Figura 21. Sensor capacitivo operativo .....	61
Figura 22. Mecanismo giratorio modelo .....	63
Figura 23. Sistema Neumático de la tapadora .....	64
Figura 24. Esquema FRL .....	65
Figura 25. Sistema de tapado de botella.....	66
Figura 26. Posicionamiento de la botella con el sensor .....	67
Figura 27. Modelo 3d tapadora .....	68



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE  
AUTOMATIZACIÓN DE TAPADORA DE ENVASES PET DE LA  
EMPRESA GLOBAL SYSTEMS J&O C.A.**

**Autor:** Jorge Vasquez

**Tutora:** Ing. María Izquierdo

**Fecha:** agosto 2021

**RESUMEN**

La investigación que se llevará a cabo en este trabajo de grado surge por el interés de la empresa Global System C.A, en desarrollar una mejora en su proceso automático de tapadoras de botellas PET de línea básica estándar a una de tipo rotativo, con esto se espera no tener la necesidad de bajar la velocidad en el sistema de tapado y a su vez actualizar los demás componentes que lo conforman, esto con el fin de poder mejorar sus tiempos de tapado y mejorar la eficiencia de su sistema de tapado de botellas. El marco teórico que aportara a esta investigación estará basado en los aportes de antecedentes de investigaciones anteriores desarrollados por diferentes autores, el trabajo será establecido para seguir la modalidad de proyecto factible, el cual se desarrollara bajo el esquema de una investigación de campo. De esta base se desarrollará recolección de datos para, poder establecer el mejor esquema o modelo para la posible mejora en el sistema automatizado de la empresa Global System.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas e industrias necesitan ser eficientes y eficaces, con el fin de tener una mayor productividad y poder colocar el producto en los tiempos requeridos según las necesidades de los clientes, ya que estas determinan el éxito o fracaso de estas, también influye que las necesidades a nivel global han aumentado con lo que se necesitan mejores equipos que puedan ser capaces de satisfacer la creciente demanda.

Si una empresa ve limitado su crecimiento o expansión por las causas técnicas de sus equipos, entonces se vuelve de suma importancia, realizar planes de expansión o actualización de sus equipos industriales, pero teniendo en cuenta que una mala planificación o una rápida mejora de sus equipos sin consultar adecuadamente sobre que mejora necesita o cuanto se piensa invertir, puede perjudicar a la empresa que quería avanzar en sus sistemas automáticos.

Para la realización del trabajo, es importante determinar las variables e indicadores de rendimiento del proceso a estudiar, a su vez de poder estimar un presupuesto que ponen sobre la mesa los costos de inversión, ingresos, egresos y otras variables de interés, con la finalidad de discernir si el proyecto es económicamente factible para poder implementar la mejora.

La investigación está estructurada en cuatro capítulos Capítulo I presenta la formulación, objetivo general y objetivos específicos, justificación, alcances y las limitaciones. El capítulo II los antecedentes y las bases teóricas. El capítulo III representa la metodología a seguir iniciando por la definición del tipo de investigación, la población y la muestra, así como las fases metodológicas para el logro de los objetivos y finalmente, el capítulo IV muestra los recursos a utilizar para el desarrollo del proyecto, así como el cronograma de actividades que indica la cantidad de tiempo a invertir para el logro del objetivo del proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Desde el comienzo de la historia, el ser humano se ha esforzado por crear materiales que ofrezcan beneficios de los que carecen los materiales naturales, la creación y evolución del plástico empezó con el uso de materiales naturales que tenían propiedades plásticas intrínsecas, como la laca o como la de una goma de mascar, esto gracias a los descubrimientos del químico Alexander Parkes, que dio a conocer el primer plástico en la feria internacional de Londres en 1862, pero pasaría alrededor de 100 años para que el uso y composición del plástico llegase a como lo conocemos hoy en día, de la gran variedad de productos procedentes del plástico se crearía una de las industrias de mayor consumo en cuanto a la cantidad de unidades usadas es la de las empresas embotelladoras de líquidos, los envases plásticos conocidos en la industria como Tereftalato de polietileno o por sus siglas PET, este es un tipo de plástico usado principalmente en las envases de y en la industrias textil.

Los primeros desarrollos del PET fue en 1941 cuando los químicos Británicos John Rex Whinfield, James Tennant Dickson desarrollaron el polímero en la empresa Calico Printers Association el cual es una empresa textil el cual desarrollaba nuevos tipos de polímeros, el primer uso del nuevo polímero no se usaría hasta 1951, el uso del polímero para envases de líquidos como agua, líquidos carbonatados o productos de limpieza fue ideado por el ingeniero Estadounidense Nathaniel Wyeth en 1973, experimento con varios polímeros para investigar cual sería el ideal para estos líquidos descubrió que el PET era el ideal al ser más resistente y duradero contra impactos o en colisión con otros objetos, además de crear una buena barrera contra los gases y la humedad, desde entonces su uso ha ido aumentando considerablemente remplazando a otros tipos de envases y convirtiéndose en uno de los polímeros de envases más usados del planeta. Al aumentar la demanda y la variedad de productos que pueden llenarse en

los envases plásticos de PET, es donde la automatización de estos procesos es primordial e importante para la producción en masa, al automatizarse el proceso se estandariza la línea de fabricación, el sistema automatizado permitiría que una determinada tarea sea programada una sola vez, con lo cual se repetirá con exactitud y eficacia, consumiendo menos tiempo, además de reducir significativamente la probabilidad de errores en el proceso al repetir el mismo proceso de tapado y sellado de las botellas con las mismas variables continuamente y la automatización genera ahorro a largo plazo al realizar todas las tareas de manera constante e eficiente sin reducción de tiempos de trabajo para realizar la tarea, además de permitir al supervisor acceder a las funciones del programa, analizarlo y modificarlo de forma fácil y eficiente, así como la trazabilidad del proceso.

La empresa Global Systems es una empresa dedicada a brindar soluciones en el área de automatización, contando con una amplia experiencia en el área, la empresa se encarga de fabricar, armar y proveer materiales de máquinas de grado industrial a varias empresas, además de diseños e instalación de los sistemas automatizados y manuales de operaciones de los sistemas, la empresa fue contratada por la empresa Vicmax la cual es una empresa que se encarga de fabricar o producir productos de limpieza, Vicmax a contrato a Global System para la realización de un rediseño y mejora del sistema de automatización de envases tipo PET el cual era uno de tipo lineal, el cual llena las botellas de uno a uno a baja velocidad, para que lo mejoren a uno forma rotativa el cual mejoraría la cantidad de botellas llenadas de 2 a 7 botellas simultáneamente dependiendo de las necesidad del cliente, este modelo mejoraría la velocidad de llenado de las botellas y aumentando la producción de forma más eficiente. Vicmax requiere esta mejora para poder implementarla en su nueva línea que ofrecerá a varias empresas y clientes, la botella que utiliza la maquina puede utilizarse en gran variedad de productos como aceite para automóviles, suavizante líquidos, agua y una gran variedad de productos líquidos las cuales se pueden ajustar según la necesidad del cliente.

## **1.2 Formulación del problema**

Cómo aumentar la productividad en la tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer el rediseño del sistema automatizado de la tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar las condiciones de la tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.
- Analizar las posibles mejoras en el rediseño de la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.
- Rediseñar la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.
- Simular el funcionamiento del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.
- Estudiar la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

Las empresas buscan mejorar y expandir sus compañías, para lograrlo necesitan aumentar y mejorar los tiempos de producción de sus líneas de sus productos con las mejores condiciones seguras y efectivas para sus trabajadores. Los sistemas automatizados permiten optimizar el tiempo, cantidad y calidad los objetivos de producción, al respecto que el presente proyecto constituye un referente para la organización en cuanto a beneficio relación, inversión y ganancia. Al mismo tiempo una base o fuente para el investigador del área de automatización industrial.

Es de gran importancia desarrollar habilidades prácticas, para que uno como alumno pueda desarrollar habilidades, aprender técnicas básicas y elementales para poder lograr la completa familiarización con los equipos e instrumentos de tal forma de poder obtener experiencia sólida en el campo de la ingeniería de la automatización.

### **1.5 Alcance y Limitaciones.**

En el desarrollo del trabajo se planea realizar las mejoras del sistema automatizado de botellas dentro de las instalaciones de la compañía Global Systems, donde se contará solo con la línea de tapado, no se considerará la línea de dosificación, no se desarrollará un sistema desde cero, será una mejora dentro de la base ya preexistente de la máquina, además de que solo se considerará la adquisición o selección de componentes y herramientas que estén disponibles en el país, además de que el alcance principal del proyecto es proponer una propuesta practica más que una solución al sistema. Entre las limitaciones que presenta el proyecto, esta que en algunos componente o materiales se tuvieron que utilizar otros sistemas u otros componentes, debido a que tanto a la incompatibilidad de los componentes como la disponibilidad de obtener alguno de estas herramientas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Una vez establecido el problema de la investigación se determina los aspectos teóricos, para ello se investigan y explora diferentes investigaciones anteriores:

Ruiz Collay y Bonilla Luzuriaga (2017) en su trabajo para optar por el título de ingeniero industrial en la Escuela superior Politécnica de Chimborazo del Ecuador. **“Reconstrucción y Automatización de una máquina envasadora de agua en la corporación Bimarch”**. El presente trabajo plantea el objetivo del trabajo fue Reconstruir y automatizar la envasadora de agua en la corporación Bimarch, la empresa se propuso ingresar al mercado de aguas embotelladas, los propietarios de la empresa Bimarch, tienen en su poder una maquina embotelladora usada y con averías graves que impiden su funcionamiento, por lo cual necesita una pronta limpieza, estudio, rediseño, reconstrucción, automatización y puesta en marcha, pero debido al crecimiento poblacional en diferentes sectores de la región estos productos aumentaron su demanda, en su proyecto se desarrollaron una reconstrucción de la envasadora en base a requerimientos de la empresa e implementar los requerimientos para la máquina envasadora, con el afán de asegurar una excelente calidad con productos elaborados bajo un sistema que exige alcanzar una producción máxima, con la mayor rapidez posible y evitando perdidas de cualquier tipo.

El estudio de la máquina envasadora se pudo evidenciar el deterioro en el funcionamiento y en la capacidad de producción; con todos estos precedentes se estableció un proceso para mejorar las condiciones de trabajo de los componentes de la maquinaria. Se evaluó el estado inicial de la máquina, dando como resultados una reconstrucción de las partes de la máquina de 58,4% de elementos reutilizables y un 41,6% de elementos que necesitan ser reemplazado, dejando exitosamente el mejoramiento de la máquina embotelladora en proceso de crecimiento a futuro para

poder cumplir con el de aumento de la demanda. Este trabajo será de ayuda al aportar cómo funcionan los distintos sistemas y mejorando equipos que conforman la máquina, funcionamiento y en la capacidad de producción, que pueden realizar este tipo de sistemas, además de dar una idea de posibles mejoras o cambios que se pueden realizar para obtener la mejor eficiencia posible en el sistema, y este trabajo aporto consejos de reutilización de materiales para poder ahorrar en los costos.

Así mismo, Morillo Rolando. J (2017), en su trabajo titulado en su trabajo para optar por el título de ingeniero mecatrónica, realizado en la Universidad autónoma de Occidente de Cali Colombia. **“Diseño de un sistema automatizado de envasado y dosificación de productos desinfectantes y de veterinarios”**. En su trabajo especifica en su objetivo diseñar un sistema de envasado y dosificación de productos de desinfectantes y veterinaria para la empresa BIOS Colombia S.A.S, la empresa desde sus inicios hasta la actualidad, viene realizando el proceso de manera manual, lo cual limita el nivel de producción ante la creciente demanda, generando retrasos a la hora de entregar los productos a sus clientes, el trabajo aplico una investigación para reunir información sobre si era posible diseñar, aplicar y mejorar la productividad de la empresa, al realizar un buen diseño de una estación de envasado y dosificado automatizado, que permita aprovechar al máximo el producto elaborado por la planta, mediante las diferentes técnicas de automatización con el presupuesto limitado que posee la empresa. El trabajo se enfocó en determinar las necesidades principales que posee la empresa en el proceso de fabricación identificando las necesidades esenciales para el diseño, además de determinar los componentes necesarios y estimar los costos de diseño para desarrollar el sistema.

Este trabajo será de gran utilidad al dar una base conceptual sobre el tipo y estrategias de diseño del sistema según la necesidad de la empresa, además de describir los diferentes partes del sistema automático y su funcionamiento detallado y aporte de conocimientos en relación de cómo las empresas pueden cambiar el modelo y las necesidades del sistema que quieren durante la realización de este, esto aporta a que uno debe estar preparado para cualquier cambio posibles.

Por último, Cásale. Osvaldo B (2016) en su trabajo para optar por el título de ingeniero industrial, realizado en la Universidad Central de Venezuela (UCV), “**Diseño de un dispositivo para transporte y almacenamiento de envases plásticos en la línea de producción**”. En el presente trabajo plantea en su objetivo diseñar un sistema de automatización de apilamiento de envases plásticos, al momento de expulsarlos del molde de la maquina por inyección de plásticos, para la empresa industrial Manfaplast C.A, esta es una empresa especializada en la manufacturación y distribución de productos plásticos, la empresa se ha visto en la necesidad de optimizar todos sus procesos, aumentando la eficiencia y la productividad, con el propósito de satisfacer a la demanda creciente existente en el mercado. Su trabajo se enfocó en aplicar diferentes metodologías de diseño conceptual para la fabricación del dispositivo de apilamiento automático de la empresa y seleccionar el método de diseño más adecuado según la necesidad de la empresa requiera. La metodología utilizada se enmarca dentro de la modalidad de proyecto factible, apoyado sobre una investigación de campo.

En este proyecto será de utilidad porque permitió conocer los pasos necesarios a llevar a cabo sobre el tipo de investigación metodológica necesaria, adicional brindar información sobre el proceso productivo de los productos de envases plásticos.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Tapadora de botellas**

Las Tapadoras automáticas de botellas son máquina, en el cual su función es la de tapar y sellar las botellas de plásticos PET por medio de una rosca de cabezal, estas máquinas funcionan por medio de un cabezal giratorio accionado por un actuador el cual se mueve, sella las botellas y las coloca debajo de otro cabezal que efectúa un movimiento descendente y le coloca la tapa. Las Tapadoras se dividen varios grupos diferentes dependiendo de sus características, las tapadoras según su método de tapado son:

- Tapadoras de Presión: Esta tapadora está diseñada para envases sin rosca que solo necesitan tapa a presión, consta de una banda montada horizontalmente paralela a la banda transportadora que al pasar los envases por está presiona la tapa y trabaja a la par del transportador sin necesidad de pararlo. Este tipo de

tapadora continua de producción permite colocar la tapa sobre la boca del envase conforme la banda transportadora va deslizando los envases, ejerciendo presión al colocar la tapa, quedando herméticamente cerrado el envase.

- Tapadora Neumática: La tapadora tipo neumática consta de un cabezal de enroscado de operación neumática, el cual puede disponer con o sin lubricación, este tipo de tapadora dispone de un control de torque aplicado ajustable además de un sistema de montaje giratorio, el cual se acopla al pedestal del equipo de envasado. Este tipo de tapadora son el más común dentro de las industrias, debido a que permite algunas ventajas como una simple estructura, calidad de sellado estable, ajuste conveniente y fácil mantenimiento junto a un proceso de tapado simple y ágil.
- Tapadora eléctrica: La tapadora tipo eléctrica es la más sencilla de todos los tapadores debido a que este utiliza un motor eléctrico, este no tiene la suficiente capacidad o velocidad de tapado para tapar una gran cantidad de tapas por lo general la velocidad de tapado es inferior a los otros tipos de tapadora, por lo general este tipo de tapadora se utilizan en procesos pequeños de producción, además de ser una alternativa más económica para empresas pequeñas de baja producción.

Las tapadoras automáticas según su método de transporte de botellas son:

- Tapadora de simple línea de transporte: Esta tapadora dispone de un simple transportador de banda de velocidad variable que desplaza los envases hasta la zona de encuentro con la tapadora y finalizado el proceso de tapado, los envases son retirados en la misma banda transportadora. Este método puede tener varias boquillas de tapado a la vez, una de sus de ventajas es que es más económico y fácil de mantener.
- Tapadora Rotativa: Este tipo de tapadora dispone de una estructura circular rotativa, en la que se alojan las botellas para su transporte al área de tapado, la estructura rotativa permite transportar las botellas y taponarlas un 25% más rápido que las de simple línea, aunque su velocidad puede ser variable.

### **2.2.2 Automatización Industrial**

La Automatización Industrial, se define como el uso de tecnologías para el control y monitorización de procesos industriales, dispositivos, máquinas, robots e incluso software, estos por lo general, se ocupa de funciones repetitivas y con una escasa o sin intervención humana en estas tareas. Un sistema automatizado podría dividirse en dos partes:

La parte operativa que engloba los elementos que hacen que un robot o máquina pueda desarrollar una tarea, los elementos que forman la parte operativa son los accionados por las máquinas como motores, cilindros, compresores, sensores, actuadores y los captadores como fotodiodos, entre otros. La otra parte sería la parte de Mando se centra en el control de estos elementos mediante un autómata programable, API, PLC o estaciones de automatización, 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.

### **2.2.3 Procesos Industriales**

Los Procesos Industriales son una serie de operaciones que transforma materia prima en productos determinados, su principal función consiste en lograr la efectividad en la cadena de producción, para aprovechar eficazmente los recursos naturales, y que estos se conviertan o transformen en herramientas que satisfaga las necesidades de sus consumidores. Para ello se emplean distintos métodos, basados en la manipulación y realización de operaciones para acondicionar dicha materia prima, que luego será separada y finalmente modificada en el producto que se pretenderá alcanzar. Su otro objetivo también es la de procurar la reducción de los costes de fabricación, de obtener una calidad constante en los medios de producción y de reducir el personal humano de las tareas tediosas, repetitivas o peligrosas.

Clasificación de los procesos industriales según su forma de trabajo:

- **Procesos Continuos:** En este proceso de flujo continuo la materia prima, productos intermedios y finales son fluidos y son procesados de manera continua y constante por un largo periodo de tiempo, de forma ininterrumpida.

- **Procesos Discontinuos:** El proceso es similar al continuo con la excepción de que con frecuencia se cambia de producto, esto implica que se deben realizar paros y arranques en intervalos frecuentes de tiempo según la empresa indique.
- **Procesos por Lotes:** En este proceso se realiza siguiendo una secuencia específica de pasos, la materia prima se mezcla toda junta y luego se procesa en una trayectoria específica bajo ciertas condiciones de operación, esto con el fin de maximizar la producción al lleva a cabo un mayor volumen de producción.

#### **2.2.4 Sistemas de Control Automáticos**

El esquema de los controles automáticos está basado en los objetivos de tratar de controlar un sistema, para que opere bajo parámetros definidos previamente definimos un sistema de control como el conjunto de elementos que funcionan de manera concatenada para proporcionar una salida o respuesta deseada. En los componentes básicos de un sistema de control están, primero los objetivos de control que se quieren que se realicen, luego los componentes del sistema de control y por último los resultados o salida, los resultados son considerados las salidas o las variables controladas; en general, el objetivo del sistema de control es controlar la salida de manera ordenada actuando los elementos de control sobre la señal de entrada.

Durante las últimas décadas los controles automáticos tienen una intervención cada vez más importante e integral de los procesos de manufactura e industriales modernos, en la actualidad en las modernas fábricas e instalaciones industriales, se hace cada día más necesario de disponer de sistemas de control o de mando, que permitan mejorar y optimizar una gran cantidad de procesos, en donde la sola presencia del hombre es insuficiente para poder controlar todos los procesos.

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ingeniería, como en los avances en la teoría y práctica del control automático brindan los medios para lograr el funcionamiento óptimo de sistemas dinámicos, mejorar la calidad y abaratar los costos de producción, liberar de la complejidad de muchas tareas manuales respectivas.

### **2.2.5 PLC**

Los PLC o Controlador lógico Programable son un tipo de computadora diseñada específicamente para los procesos industriales, el cual su principal función es la controlar y accionar todos los procesos ya sea de una línea de ensamblaje, controlar las variables de varias máquinas de la línea o inspeccionar el estado de la maquinaria de manera automática, la composición de un PLC es básicamente la de un CPU, como todo CPU estos tienen un módulo, puertos de memoria de entradas y salida. El PLC también contiene una unidad especial donde el programador puede insertar el programa que quiera para su funcionamiento. En la Unidad Central de Proceso (CPU) esta es el cerebro del PLC, en este se toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso, durante su operación, la CPU recibe entradas de diferentes dispositivos y ejecuta las decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

En los módulos de entradas y salidas del PLC estas son la sección donde están los sensores y actuadores, estos están conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso. La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V, 230V AC) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V DC) requeridos por la CPU y los módulos de entradas y salidas. El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado, primero el sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo, después la CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida, a continuación lee el estado de las entradas en los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas, el CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta las operaciones indicadas en el programa, al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes, por ejemplo carga y borrado de bloques. Desde su invención estos dispositivos han facilitado y mejorado los procesos para que sean más flexibles, resistentes y fácilmente programables para reemplazar los sistemas lógicos de cableados a partir de relés, desde entonces todas las industrias tienen PLC gracias a su gran confiabilidad y eficacia.

### **2.2.6 Programa y Lenguaje de programación PLC**

Los programas PLC se conforman de un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

Los lenguajes de programación en PLC se componen de una serie de símbolos, caracteres y reglas de uso que fueron diseñados para poder establecer una comunicación de los usuarios con las máquinas, este es el código mediante el cual el programador es capaz de crear programas con instrucciones para controlar el funcionamiento de cualquier proceso o máquina industrial. Los lenguajes de los PLC pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro bloque, como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente, adicionalmente a las nuevas instrucciones de programación, el desarrollo de nuevos módulos de entradas y salidas también ha obligado a cambiar las instrucciones existentes. Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131-3, en un esfuerzo para estandarizar los controladores programables, con el objetivo de crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLC, el estándar define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLC. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

Lenguajes de programación de PLC utilizados:

- Lenguajes Gráficos
  - Diagrama Ladder (LD): La lógica de escalera tradicional, es un lenguaje de programación gráfico, como su nombre lo indica su estructura recuerda a la de una escalera, esta se compone de dos niveles verticales de alimentación y de dos horizontales. Las instrucciones se colocan en el lado izquierdo y las salidas

en el lado derecho, el procesador del PLC interpretará los lados de abajo arriba y de izquierda a derecha.

-Diagrama de Bloques de Funciones (FBD): Este es un lenguaje gráfico para representar los flujos de señales y datos a través de bloques de función reutilizables, este diagrama es muy útil para expresar la interconexión de los algoritmos y la lógica del sistema de control, este lenguaje define la función entre las variables de entrada y las de salida.

- Lenguajes Textuales

-Lista de Instrucciones (IL): Este es un lenguaje de bajo nivel tipo ensamblador que se basa en instrucciones similares y que enumera los lenguajes que se encuentran en una amplia gama de PLC actuales, esta es la base del resto de lenguajes y se empleaba cuando las computadoras no tenían capacidad gráfica. En este lenguaje todos los programas pueden ser traducidos a una lista de instrucciones, el control del programa se consigue a través de saltos y de llamadas a funciones.

-Texto Estructurado (ST): Es un lenguaje gráfico que define la función entre las variables de entrada y las de salida, este lenguaje tiene una similitud con el lenguaje de programación C y al Pascal, este se compone de una serie de instrucciones que se pueden ejecutar de manera condicionada, además soporta una amplia gama de funciones y operadores estándar.

### **2.2.7 Servomotores**

Estos son dispositivo electromecánico el cual consiste en un tipo especial de motor eléctrico que permite controlar la posición del eje en un momento dado, estos aparatos tienen la capacidad de contralar la posición, moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición deseada por el operador la capacidad de operación de estos dispositivos pueden ubicarse en cualquier posición dentro de un rango de operación generalmente de 180° pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de 360°.

Componentes de los servomotores:

- **Motor DC:** En el interior de un servomotor se encuentra es un motor DC común y corriente, en el cual el eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión, esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera.
- **Engranajes reductores:** Tren de engranajes que se encarga de reducir la alta velocidad de giro del motor para acrecentar su capacidad de torque o par-motor.
- **Sensor de desplazamiento:** Suele ser un potenciómetro colocado en el eje de salida del servo que se utiliza para conocer la posición angular del motor.
- **Circuito de control:** Este es una placa electrónica que implementa una estrategia de control de la posición por realimentación, para ello, este circuito compara la señal de entrada de referencia, la posición deseada con la posición actual medida por el potenciómetro. La diferencia entre la posición actual y la deseada es amplificada y utilizada para mover el motor en la dirección necesaria para reducir el error.

### **2.2.8 Electroválvulas**

Las electroválvulas también conocidas como válvula de solenoide, estas se utilizan para controlar el paso de gas para los sistemas neumáticos o para fluidos en los sistemas hidráulicos al abrir o cerrar el paso de esta, su funcionamiento se basa en los impulsos electromagnéticos de un solenoide, un tipo de electroimán. El solenoide trabaja junto a un muelle diseñado para devolver la válvula a su posición neutral cuando el solenoide se desactiva, las válvulas de este tipo se usan por lo general en situaciones donde no sea posible acceder al lugar donde se encuentra la válvula, sea la situación debido al difícil acceso y en situaciones donde la válvula este en un ambiente peligroso para los operadores.

### **2.2.9 Disyuntor**

Un disyuntor también llamados breaker eléctricos estos son dispositivos mecanismos de seguridad los cuales son de extremada importancia en cualquier instalación eléctrica, ya sea la de una casa o fábrica, los cuales su función es la de actuar como un interruptor eléctrico operado automáticamente, con la finalidad de proteger el

circuito eléctrico de daños causados por el exceso de corriente de una sobrecarga o cortocircuito e interrumpir el flujo de corriente después de que se detecta una falla.

Los principales tipos de disyuntor están:

- El Disyuntor Magnetotérmico también llamado interruptor magnetotérmico, es el dispositivo responsable de cortar el paso de la corriente eléctrica cuando esta supera un determinado umbral, fijado previamente, su función es proteger al resto de la instalación eléctrica, y a los equipos que podamos tener conectados a ella, de posibles sobrecargas y cortocircuitos, este tipo de disyuntor funciona con la fuerza de atracción ejercida por una bobina con núcleo de hierro., cuando la intensidad de la energía se eleva da lugar a una fuerza que acciona un contacto móvil que abre el circuito cortando la energía.
- Disyuntor Diferencial este tiene como función proteger a las personas de las posibles descargas eléctricas, este funciona conjuntamente con las tomas de tierra de los elementos que forman parte de la instalación eléctrica. Este tipo de disyuntor compara la intensidad de corriente eléctrica que entra en el circuito eléctrico con la intensidad que sale fuera del circuito, si ambas corrientes son iguales, todo está correcto y el interruptor diferencial permanece cerrado para permitir el paso de la electricidad, en el caso que ambas corrientes fueran distintas, por alguna interferencia o una descarga, la intensidad de salida sería menor y el interruptor diferencial se abriría, se activaría, cortando el paso de la corriente eléctrica.

### **2.2.10 Unidades FRL**

Las unidades de filtro regulador lubricador o FRL son dispositivos que ayudan a garantizar la durabilidad y seguridad de su instalación neumática, filtrando la suciedad y humedad que, con el tiempo, pueden causar el deterioro de sus instalaciones y componentes para poder favorecer un buen desempeño. Están formadas por una combinación de un filtro, un regulador y un lubricador de aire comprimido:

-El Filtro: Esta parte del FRL tiene como objetivo de extraer toda la suciedad y el agua condensada del aire comprimido, brindando así un mayor grado de pureza, cuando el

aire entra a través del filtro, atraviesa una chapa deflectora; luego la humedad y la suciedad se desprende del aire por el efecto de la fuerza centrífuga, acumulándose en un recipiente, algunos de estos filtros tienen incorporado drenajes manuales o automáticos, según el modelo y generalmente pueden limpiarse con cualquier detergente.

-Los reguladores: Este tiene la función de mantener la presión de trabajo siempre constante, la presión es regulada por una membrana sometida a la presión de trabajo y a la fuerza de un resorte ajustable, a medida que la presión de trabajo aumenta, esta membrana actúa contra la fuerza del muelle.

-Los Lubricadores: Estos tienen como función el de lubricar los elementos neumáticos previniendo así un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduciendo el rozamiento y protegiendo los elementos contra la corrosión.

### **2.2.11 Cilindros neumáticos**

Los cilindros neumáticos también conocidos como actuadores hidráulicos, estos son mecanismos que transforman la energía potencial de la presión de un aire en energía mecánica, estos se utilizan para las líneas de automatización, estos están formados por un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón, cuando se introduce un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal, cuando el aparato se acopla al émbolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o de poder sujetarlo.

### **2.2.12 Variadores de frecuencia**

Los variadores o convertidores de frecuencia VDF, son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos, estos motores no siempre generan velocidades o frecuencias necesarias por el aparato en cuestión al que sirven, es aquí donde se utilizan los variadores de frecuencia, que actúan como un intermediario para que se utilice únicamente la energía necesaria., disminuir el estrés mecánico en las aplicaciones de control de motores y optimizar el funcionamiento de una serie de aplicaciones que dependen de motores eléctricos, estos también se pueden utilizar para convertir energía procedente de fuentes naturales y

renovables, como el sol, el viento o las mareas, y transferirla a la red eléctrica o utilizarla para el consumo local. En el ámbito de las tecnologías híbridas, los convertidores de frecuencia se utilizan para combinar fuentes convencionales de energía y reservas energéticas, de modo que se creen soluciones integrales para la gestión de la energía.

### **2.3 Bases Legales**

El proyecto se aplicará dentro de las normativas de la constitución de la república bolivariana de Venezuela, sus reglamentos y las normas asociadas al área de la materia, en este caso al ser un proyecto de automatización debe estar dentro de los estándares o leyes dictadas por el código eléctrico nacional venezolano y dentro de las normativas de la automatización venezolana. Entre alguna de las normativas asociadas al proyecto están:

- Artículo 230 Requisitos de Protección. En el lado de carga o formando parte integral del dispositivo de desconexión de acometida, existirá un dispositivo de protección de cortocircuito cuya función es proteger todos los conductores activos que dependan de él. En cuanto este artículo se plantea que todos los dispositivos eléctricos deben estar protegidos contra fallas y cortocircuito, tanto para la protección de los equipos como de los trabajadores.
- Artículo 137 y 138 En todo sitio de trabajo se eliminarán o limitarán los ruidos y vibraciones que puedan ocasionar trastornos físicos o mentales a la salud de los trabajadores. Donde existan niveles de ruido sostenidos, de frecuencia superior a 500 ciclos por segundo e intensidad mayor de 85 decibeles, y sea imposible eliminarlos o limitarlos el patrono deberá suministrar equipo protector adecuado para aquellos trabajadores que estén expuestos a esas condiciones durante su jornada de trabajo. Esto establece el límite permitido de ruido dentro del área de operación, esto con el fin de proteger a los trabajadores del alto ruido al que se exponen.
- Artículo 149. Ninguna persona podrá suprimir los resguardos ni los dispositivos de seguridad que protejan una máquina o parte de la misma

que ocasione riesgo excepto cuando la máquina esté parada. Cuando sea necesario quitar un resguardo para reparar, ajustar o arreglar una máquina, antes de ponerla en funcionamiento, el mismo deberá ser colocado en su puesto.

- Artículo 150. Toda máquina, aunque sus partes móviles estén debidamente resguardadas, deberá ubicarse de manera que el espacio asignado al operador sea amplio y cómodo y pueda éste, en caso de emergencia, abandonar el sitio fácil y rápidamente. Los pasillos de circulación deberán tener un ancho mínimo de 0,80 centímetros.
- Artículo 155. Cuando haya más de un operador por máquina, cada uno dispondrá de botones de control de arranque y pare. La máquina no deberá funcionar mientras sus botones de arranque no sean oprimidos simultáneamente. Las máquinas impulsadas por dos o más motores con botones de control individual, deberán estar provistas de un interruptor principal al alcance de los operadores, que puede interrumpir todo el sistema de alimentación en caso de emergencia.
- Artículo 311. Todas las instalaciones y equipos eléctricos serán contruidos, instalados, protegidos y conservados de manera tal que se eviten los riesgos de contacto accidental con los elementos bajo tensión y los de incendio.
- Artículo 317. Todo tablero de distribución o de control o fusibles y equipo eléctrico que tenga al descubierto elementos metálicos bajo tensión, deberá ser instalado en local especial o dentro de cercado accesible únicamente a personas debidamente autorizadas.
- Artículo 327. Todo equipo eléctrico que trabaje a tensiones superiores a 25 voltios o se use en sitios húmedos, o esté en contacto con masas metálicas tales como calderas, tanques o medios muy conductores, debe estar provisto de conexión a tierra.

### 2.3 Definición de Términos Básicos

**Control:** El control es el dominio sobre algo, puede ser un mecanismo para regular algo manual o sistémicamente para que estén dentro de un estándar o un valor ya establecido.

**Optimizar:** Se refiere a la acción de buscar la mejor forma de hacer algo o de mejorar algo, al buscar mejores resultados, más eficacia o mayor eficiencia en el desempeño de alguna tarea.

**Engloba:** Implica agrupar ciertas unidades que tienen diferentes características entre sí o que, en una primera instancia, permanecen aisladas o separadas.

**Impulso:** El impulso de una fuerza constante no equilibrada es una magnitud vectorial que se mide por el producto de la fuerza por el intervalo de tiempo durante el cual actúa.

**Caudal:** Cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto o canal, por unidad de tiempo.

**Paraxileno:** Es una sustancia química esencial para el proceso de fabricación de botellas de plástico de PET y fibra de poliéster.

**PVC:** Este material están formados por macromoléculas denominadas monómeros, mediante un proceso químico denominado polimerización, estas moléculas se alinean en largas cadenas dando lugar a un nuevo material llamado polímero.

**Embolo:** Es una pieza que forma parte del mecanismo, el cual es un elemento que se mueve de forma alternativa dentro de un cilindro para interactuar con un fluido.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

La propuesta metodológica para el presente proyecto de investigación, se enfocará para realizar una investigación de los diferentes tipos y técnicas de investigación para ser utilizados en el trabajo de investigación.

#### **3.1 Tipo y Diseño de Investigación**

El presente estudio de trabajo se estará desarrollando, bajo la modalidad de un proyecto factible aplicando una investigación no experimental apoyado en una investigación de campo, según Arias (2012). Que se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (p. 134).

Según Arias (2012). Define la investigación de campo como “Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes, de allí su carácter de investigación no experimental”. (p.31).

Además, según Kerlinger y Lee (2002). Define la investigación no experimental “Es la búsqueda empírica y sistemática en la que el científico no posee control directo de las variables independientes, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido o a que son inherentemente no manipulables. Se hacen inferencias sobre las relaciones entre las variables, sin intervención directa, de la variación concomitante de las variables independiente y dependiente” (p. 504).

De este modo se le aplicará la recolección de datos necesarios en la empresa Vicmax, sin alterar o modificar las variables o condiciones del lugar o entorno, una vez obtenido los datos de campo, con la información obtenida se le realizará la investigación sobre los sistemas de automatización requeridos para

poder automatizar la línea de envasado de botellas PET según las condiciones que necesite la empresa Vimax.

### **3.2 Nivel de la Investigación**

El nivel de la investigación se fundamentará en el estudio descriptivo, debido a que este método describe la situación actual de la tapadora, lo que permite analizar e indicando las características más importantes del proceso de automatización de línea, el cual está definido por la necesidad de la empresa de pasar de una línea automática de línea básica, a un sistema automático giratorio el cual triplicará la velocidad de sellado de tapas. Según Arias (2012). La investigación que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p.24).

### **3.3 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Para las técnicas de recolección de información para este trabajo se utilizará las siguientes técnicas:

#### **Observación Directa:**

Según Arias (2012) la observación “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno y situación que se produzca en la naturaleza en la sociedad en función de unos objetivos de la investigación preestablecidos” (p.69).

Para el caso del estudio, cuando se realice la investigación en el campo, junto a un supervisor o trabajador de la empresa encargado del área a estudiar, se observará el trabajo que realiza el operador y como realizaran los diferentes funcionamientos de los equipos de automatización de sellado tapas de botellas PET, para recolectar la información se utilizará una grabadora y cámara fotográfica del teléfono donde se documentará toda la información obtenida y necesaria para el trabajo, con la información de los procesos trabajo y procedimiento, estos van a permitir identificar los factores más relevantes del caso a estudiar.

Entrevista no estructurada, según Sabino (2002). “La entrevista no estructurada o libre es aquella en la que se trabaja con preguntas abiertas, sin un orden

preestablecido, adquiriendo características de conversación. Esta técnica consiste en realizar preguntas de acuerdo a las respuestas que vayan surgiendo durante la entrevista” p (194).

Para el caso de estudio cuando el trabajador del área de tapado de botellas, realice su trabajo y explicación del sistema, se le realizaran preguntas básicas, fundamentales e importantes, desde el punto de vista de la seguridad de las operaciones y los puntos clave del proceso y de las áreas más importantes de la operación de sellado de botellas PET, también se realizará preguntas sobre los materiales más esenciales en este tipo de sistemas industriales y se le preguntara que sugerencias o consejos se necesitaran para realizar un diseño de automatización , esto va a requerir registrar todas las respuestas, se usara un cuaderno de notas para documentar todo.

### **3.4 Población y Muestra**

Según Arias (2012). “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” p (81).

Para la realización de este proyecto se utilizará una población finita, debido a que conoceremos el número de fuentes de información que permitirán proponer un modelo de automatización de botellas PET, esta información será recolectada de una población constituida de los componentes industriales de la tapadora.

Según Arias (2012)” Una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido” p (83).

Considerando la teoría de la muestra, para la presente investigación se considerará la totalidad de la población, ya que dada su magnitud se abarcará todos los elementos que la integran, así mismo este trabajo se basara en una muestra tipo no probabilística, guiada por las características de la investigación y del criterio del investigador.

### **3.5 Fases Metodológicas**

#### **FASE I: Diagnosticar las condiciones de la tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.**

Para la realización del trabajo es importante, primero entender en qué condiciones se debe operar la tapadora, el diagnóstico nos permitirá ver el estado actual de la tapadora, este proceso se realizará consultando a los técnicos que manejan las labores de mantenimiento de la máquina, se consultará los componentes, las características y el historial de la tapadora. El diagnóstico permitirá recolectar datos fundamentales, para la realización de las mejoras del sistema al determinar que secciones de la máquina deben mejorarse y que otras secciones o componentes pueden reutilizarse con el fin de ahorrar gastos y a su vez tener la mayor eficiencia posible.

#### **FASE II: Analizar las posibles mejoras en el rediseño de la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.**

Una vez se realice la investigación de los diferentes instrumentos, para poder desarrollar las mejoras de la tapadora primero, se debe seleccionar los instrumentos necesarios para el sistema automático de botellas, teniendo en cuenta la disponibilidad en país y la capacidad de obtenerlo o transportarlo a la empresa Global System. Otro factor a tener en cuenta es el factor económico, dependiendo del costo o presupuesto que disponga la empresa, una vez establecido los parámetros se van a seleccionar los instrumentos. Una vez obtenido los datos de la investigación de campo obtenida en la empresa Global Systems, más la información obtenida en la fase anterior sobre los instrumentos, se elaborará una serie de propuestas sobre cómo mejorar el sistema de tapado de botellas PET teniendo en cuenta todos los factores ya descritos en las fases anteriores.

#### **FASE III: Rediseñar la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.**

En esta fase se seleccionará la mejor opción para el rediseño de la tapadora automática, contando con todos los criterios ya establecidos en las fases anteriores para tener el mejor rendimiento para la empresa.

**FASE IV: Simular el funcionamiento del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.**

En esta fase, una vez obtenido el mejor diseño óptimo para la propuesta de mejora, se simulará el sistema para obtener la información del rendimiento y el comportamiento de la máquina, esto con el objetivo de encontrar fallas o defectos del sistema antes del proceso de construcción de la máquina.

**FASE V: Estudiar la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta.**

Una vez optimizado el sistema en la simulación se realizará un estudio de factibilidad económica para obtener si el proyecto es sostenible económicamente, si los costos e inversión de las operaciones planificadas, son sostenibles con los beneficios futuros que la empresa logre a obtener.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para cada una de las fases del proyecto.

#### **4.1 FASE I: Diagnóstico de las condiciones operativas de la automatización de la tapadora.**

El Diagnóstico proporcionar los datos sobre la actual línea automática de tapado, esto con el fin de determinar la situación de la tapadora, para poder entender el estado actual y con los datos realizar una selección de mejora y diseñar un nuevo sistema que mejore el rendimiento de la máquina, determinando que materiales o componentes pueden ser reutilizados para el ahorro económico, además se debe determinar que secciones necesitan un cambio o mejora de sistema. La Corporación Vicmax actualmente tiene una máquina de llenado, tapado de botellas PET, la cual consta de las siguientes características tecno operativas:

- Es de una sola línea automática capaz de llenar y tapar hasta 42 botellas por minuto.
- La tapadora tiene la capacidad de apretar tapas tan pequeñas como 10 mm hasta 130 mm y acomodar botellas de 0.75 pulgadas a 12 pulgadas de ancho.
- Todos los ajustes del programa están a su alcance para proporcionarle un control completo sobre la máquina de tapado. Los programas de límite se pueden guardar y almacenar para uso futuro.
- Panel de control local de PLC.
- Operación exclusivamente de tapado de botellas.
- Las funciones de tapado roscado se integran en una sola máquina.
- 2 Boquillas de tapado lineal.
- Todo el proceso es automatizado.
- El equipo se ajusta para el tapado de diferentes tipos de botella.

- Tapadora utiliza una alimentación neumática para su funcionamiento de la roscadora.
- Esta máquina lleva en operaciones desde hace 10 años.

Tabla 1. Descripción Tapadora modelo

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>DATOS</b>
Modelo:	Tapadora de global system común lineal
Voltaje	220V/60Hz - 2 Fases
Consumo	-
Tipo de botellas	Botellas PET
Boquillas de tapado	2
Velocidad	80 btpm
Peso de la maquina	550 kg
Dimensiones	1150mmx1450mmx750mm
Altura permitida de tapa	15mm-19mm
Diámetro de tapa	20mm-30mm
Potencia del Motor	3, 05 KW
PLC	SIMATIC S7-200

Fuente. Empresa Global System

Checklist Sistema de tapadora de botella.

Durante la realización del proyecto se realizó una visita a la empresa Global System, se realizó un proceso de recolección de información, por medio

de la observación directa y el uso de instrumentos de grabación para captar las conversaciones con los técnicos encargados de la máquina y verificar el estado actual de la máquina tapadora.

#### Verificación de los componentes

Evaluado por: Jorge Vasquez      Fecha de la Evaluación en sitio :01/07/2021

Tabla 2. Checklist Sistema de tapadora de botella.

Componentes	Si	No	Observaciones
PLC	x		PLC modelo SIMATIC S7-200, el componente lleva en operaciones desde la instalación de la tapadora, ya ha cumplido con su tiempo promedio de funcionamiento.
Motor o Servo	x		El motor de la maquina también ha estado en funcionamiento desde la instalación de la máquina y ha perdido su pico de funcionamiento.
Contactador	x		El contactor ha sufrido varios inconvenientes y fallas durante los últimos meses
Válvula	x		Utilización de una válvula hidráulica unidireccional, sería mejor opción el uso de una bidireccional.
Compresor	x		El compresor utilizado, está en buenas condiciones y no ha sufrido ningún percance.
Unidad FRL		x	Unidad FRL necesaria para controlar y proteger mejor el sistema neumático de la tapadora

Actuador	x		Actuador hidráulico, con funcionamiento normal, aunque presenta desgaste y una ligera grieta
Pulsadores eléctricos	x		Los pulsadores presentes, solo fueron el de comenzar y parar el proceso
Variador de frecuencia		x	No está presente el variador el cual es impórtate, para la conservación y protección del motor
Sensores de Proximidad	x		Solo utiliza sensores capacitivos, sería recomendable utilizar también otro tipo de sensores para mejorar o garantizar la eficiencia.
Relé	x		Relé está presente, parece haber sufrido una sobrecarga
Disyuntor	x		Disyuntor presente aunque, presenta signos de desgaste

Fuente: Autor

#### 4.1.1 PLC SIMATIC

El modelo actual del PLC es el SIMATIC S7-200, este PLC está en operaciones desde el primer día de operación de la máquina, la empresa ha reportado que el dispositivo ha recibido durante su vida útil de la tapadora dos fallas, en la cual los técnicos de la empresa identificaron que eran fallas en los módulos de entrada y salida del PLC, causada por una falla en la alimentación de este, una de la causa se determinó que pudo ser las constantes fallas de alimentación de energía del país que pudo afectar los módulos del PLC. La empresa remplazo el PLC con un repuesto del mismo modelo, pero el sistema ya

se está considerando obsoleto, con lo cual la empresa está deseando remplazar el PLC por uno mayores prestaciones.

Figura 1. PLC SIMATIC S7-200



Fuente: Empresa Global System

#### **4.1.2 Banda Transportadora**

La banda transportadora el cual es una cinta de plástico del modelo LS 820-k750, este se encarga de trasportar las botellas de plásticos PET por la línea automática, la banda ha estado en operación un año de función y se encuentra en un buen estado por lo que se reutilizara toda la cinta transportadora, la cinta cuenta con unos 12 mts de largo máximo.

Figura 2. Banda trasportadora LS 820-k750



Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/huanan-xinhai-shenzhen-technology-co-ltd/product-60581-2278682.html>

Tabla 3. Banda transportadora

<b>Modelo</b>	<b>LS 820-k750</b>
Capacidad de carga	0 - 105 N/m (0-15 kg/m)
Velocidad	0,108 m/s
Ancho de línea	80mm
Largo del modulo	3000mm
Rango de temperatura	0 - 45°C
Elevación Estructural de la banda	750 - 1000 mm
Diámetro del impulsor	120,3 mm
Motor – Reductor	3 fases – 4 polos
Frecuencia	60 Hz

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/huanan-xinhai-shenzhen-technology-co-ltd/product-60581-2278682.html>

#### **4.1.3 Compresor**

En la alimentación neumática es suministrada por un compresor neumático de aire modelo 2.5hp TOTAL, el compresor fue instalado hace 2 años como parte de la renovación del sistema y presenta un buen estado mecánico, por lo cual se

reutilizará este componente para el nuevo sistema. El compresor contiene las siguientes características en la tabla 4.

Tabla 4. Compresor neumático

<b>Modelo</b>	<b>TOTAL Air Compresor</b>
Potencia	2,5 HP
Voltaje	110 V
Frecuencia	60 Hz
Presión Máxima	116 psi (8 bar)
Desplazamiento del aire	120 L/min a 40psi (2.7bar)
Velocidad	3000 rpm
Peso	120 kg
Temperatura del fluido máxima	35°C

Fuente. Empresa Global System

Figura 3. Compresor TOTAL



Fuente: Empresa Global System

#### 4.1.4 Caja de control

La caja de control eléctrico de la empresa Vicmax, se le realizó un estudio del estado de sus componentes, además se le realizó una serie de preguntas al personal de la empresa sobre el estado de cada uno de los componentes, la visita a la empresa concluyó en que los componentes de la caja de control están en condiciones de operación distintas, asimismo los elementos del panel de control que estén en óptimas condiciones o recientemente instaladas se conservaran, análogamente los elementos en deficientes o equipo que estén en condiciones no deseadas, se tendrían que reemplazar con otros con mejor rendimiento.

Tabla.5 Componentes Panel de control eléctrico

<b>Componente</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Diagnostico</b>
Caja de control	La caja en la que se aloja los componentes, presenta un buen estado a excepción de la parte trasera que se observa algunos leves golpes en la caja y ligeras fractura.	Reutilizable
Contactor magnético (AP-6340)	El contactor ha presentado varias averías entre ellas que no funciona algunas veces y no le llega el suministro de voltaje, con estas averías es mejor reemplazar el contactor por otro que se adapte a los nuevos requerimientos del sistema.	Reemplazar
Disyuntores WEG MDW CURVA C 3P 3X25A	El disyuntor no ha presentado averías durante su tiempo de trabajo y ha estado en funcionamiento desde hace 2 años por lo que aún puede ser usado en el nuevo panel.	Reutilizar
Relé térmico (Revalco-RV41 A22)	El relé durante varios meses el panel eléctrico ha sufrido varias sobrecargas de la corriente, en estas el relé sufrió varios daños en el bobinado interno.	Reemplazable

Fuente. Empresa Global System

Figura 4. Panel de control eléctrico



Fuente: Empresa Global System

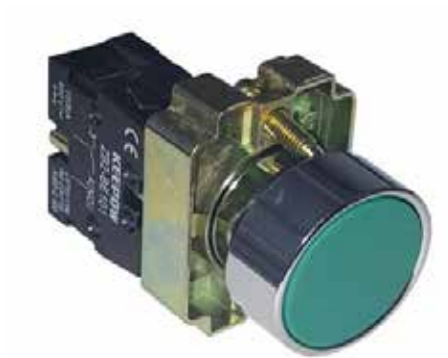
Como se observa en la tabla 5, algunos de los componentes que estén en mejores condiciones serán reutilizados para ahorrar costos de inversión, con los demás componentes que presentan desgaste o daños se los remplazan con otro del mismo modelo, para poder optimizar y actualizar el panel de control para el nuevo sistema de mejora que se diseñara.

#### **4.1.5 Pulsadores eléctricos**

El pulsador es el dispositivo que permitirá interrumpir el paso de la corriente, cuando son accionados, el cual controlan el aspecto de algún sistema de una máquina o un proceso. Este consta de una lámina conductora que establece contacto con los terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición original al dejar de presionarlo.

El sistema de tapadora actual consta de tres botones con funciones distintas, un pulsador verde para el arranque de la línea transportadora de botellas (Figura 5), un pulsador rojo para la parada de la línea (Figura 6) los dos pulsadores son de la marca KEEPOW (XB2-BA31 y XB2-BA42), además hay un pulsador rojo extra para caso de emergencia para todo el sistema del modelo TP-P22M-R (Figura 7).

Figura 5. Pulsador Verde XB2-BA31



Fuente:<https://www.google.com.mx/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fadajusa.es%2Fpulsadores-electricos-o22mm-metalicos&psig>

Figura 6. Pulsador Rojo XB2-BA42



Fuente:<https://www.google.com.mx/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fadajusa.es%2Fpulsadores-electricos-o22mm-metalicos&psig>

Figura 7. Pulsador Emergencia TP-P22M-R



Fuente: <https://cablematic.com/es/productos/pulsador-de-parada-de-emergencia-22mm-1no-400v-10a-con-bloqueo-con-seta-de-60mm-TX052/>

La empresa Global System tiene en su posesión pulsadores de remplazo en buen estado actuales, por lo que se remplazara los pulsadores actuales por otros nuevos del mismo modelo que dispone la empresa.

#### **4.1.6 Actuador neumático**

El actuador es un modelo CDJ2B-Mini el cual está presente en las dos boquillas de tapado, se realizó una inspección y se ha encontrado con signos de desgaste en el embolo, el amortiguador y en el pistón del vástago hay una ligera grieta, por lo cual es recomendable remplazar la pieza o seleccionar un modelo más optimizado para la mejora de la tapadora.

Figura 8. Actuador neumático CDJ2B-Mini



Fuente: Empresa Global System

#### **4.1.7 Válvulas control direccional**

Estas válvulas se utilizarán para el control del flujo del caudal de aire de la alimentación neumática, con estas nos permitirá controlar los cilindros o actuadores neumáticos para poder abrir o cerrar sus conexiones internas permitiendo controlar la extensión, retracción de un cilindro y controlar el giro del actuador. La válvula utilizada por la tapadora actual es el Parker modelo P3HPA12AS2VN1A, esta válvula ha estado en operación desde el comienzo de la operación de la tapadora, en general está en un buen estado, aunque por estar en operaciones tanto tiempo es de esperar que su rendimiento haya disminuido un poco, por lo cual es recomendable remplazar la pieza por uno nuevo o buscar otro modelo de válvula con mejores prestaciones.

#### 4.1.8 Elementos reemplazables

Tabla 6. Elementos reemplazables

<b>Componente</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Diagnostico</b>
Sensor Capacitivo LJC30A3-H-Z/BX	El sensor utilizado ha estado en operación desde la instalación de la tapadora, con el paso del tiempo ha recibido polvo y humedad, con lo cual su eficiencia ha disminuido.	Reemplazar
PLC SIMATIC S7- 200	El PLC ya se considera obsoleto por la misma empresa, por lo tanto, es recomendable elegir otro modelo de PLC.	Reemplazar
Servo motor y Drive SZGHTECH	Según la empresa el servomotor, lleva en funcionamiento desde el comienzo de operaciones de la tapadora, durante los últimos años se reportó que el servo se detuvo y dejó funcionar durante un tiempo determinado, tuvieron que cambiar los rodamientos, los frenos y el encoder, pero aún presentaba deficiencia en su funcionamiento, considerando esto y lo que le cuesta a su empresa no utilizar la máquina que está detenida por el servo motor, por lo cual es mejor reemplazar el servo motor por otro en mejores condiciones operativas.	Reemplazar
Actuador Neumático CDJ2B-Mini	Se encontraron signos de desgaste en el embolo, el amortiguador y en el pistón del vástago hay una ligera grieta.	Reemplazar

**4.2 FASE II: Analizar las posibles mejoras en el rediseño de la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.**

Una vez realizado el análisis de la situación actual de la embotelladora se determinarán y seleccionarán los nuevos componentes necesarios para la instalación de la mejora de la tapadora, el criterio de elección se basará en sus características de su hoja de datos, el precio y la disponibilidad del país, la correcta elección es esencial para el proyecto porque no permitirá tener determinar el perfecto balance entre el precio y mejoría del sistema, considerando las limitantes de obtención de material en su disponibilidad.

**4.2.1 PLC COOLMAY**

El PLC es una computadora programable especializada en la utilización de los procesos industriales para automatizar procesos electromecánicos, como el de la tapadora de botellas, para la selección del PLC se considerarán varias características básicas mostradas en la tabla 6, además de que los siguientes modelos son los mejores PLC disponibles en el país.

Tabla 6. Modelos de PLC

<b>Modelo</b>	<b>SIMATIC S7-300</b>	<b>SIMATIC S7-1200</b>	<b>EX3G-50 KH</b>	<b>XC3-24R-E</b>
Tención de alimentación DC	24V	24V	24V	24V
Corriente máxima	3.5 amp	5 amp	5 amp	5-6 amp
Consumo de Energía	0.6 mA	0.5 mA	0.4-0.5 mA	0.5-0.6 mA
Peso	400g	550g	260g	620g
Tamaño (mm)	80-125-130	75-100-132	32-93-143	137-107-178
Memoria Integrada	128 kbyte	150 kbyte	150 kbyte	120 kbyte
Velocidad máxima de frecuencia de salida	360 kHz	250 kHz	150 kHz	250 kHz

Canales de entrada	10	14	14	14
Canales de salida	10	10	8	10
Software de programación	STEP 7 V5.5	STEP 7 Basic v13	CoolMayHMI V5	XCP Pro v3.3
Área de direcciones Periféricas	1024 byte	1472 byte	1050 byte	1032 byte
Software incluido	Si	Si	Si	No
Precio (\$)	760	600	350	535

Fuente. Fuente:

<http://www.coolmay.com/webdown/EX3G%20HMI%20PLC%20All-in-One%20User%20Manual.pdf>

Como se observó en la tabla 6 en los diferentes modelos de PLC lo primordial en la elección del PLC son las siguientes características:

- Tener una gran cantidad de entradas y salidas para la conexión de los demás instrumento como los sensores. Para el sistema automatización de la tapadora actual de la empresa se utilizaron 6 entradas y 4 salidas. Se tomará como referencia ese número mínimo de entradas y salidas.
- Otro elemento importante a tener en cuenta es una memoria de mayor capacidad mientras mayor sea la memoria del PLC podremos manejar más elementos. Para la mejora del PLC se necesita una memoria mejor que el S7-Simatic 200 el cual tenía una memoria de 120 kbytes.
- Velocidad del procesamiento, mientras mayor sea la velocidad podrá procesar más rápido la aplicación de los programas del PLC.
- Un aspecto importante es el software, es recomendable tener un PLC que tenga ya incluido de forma gratuita un software altamente flexible. Con el cual poder moverse sin problemas y poder utilizar una variedad de lenguajes de programación.

- Relación costo operativa del PLC, se debe tener un balance entre la capacidad considerando todos los aspectos anteriores del PLC y el precio, aunque no lo es todo sí es un factor determinante, al final los proyectos se dan si se cumple con el factor económico.

Con toda la consideración de la elección del PLC establecido se decidió escoger el modelo del PLC COOLMAY EX3G HMI. La decisión fue debido a varios factores, la primordial es que a diferencia de los demás modelos el COOLMAY es un PLC con HMI integrado el cual es una pantalla táctil que permite controlar los procesos de producción industrial desde la pantalla del PLC, esto permite a los operadores coordinar y dominar procesos de alta complejidad de una forma gráfica y con el fin de incrementar sustancialmente la productividad de la planta.

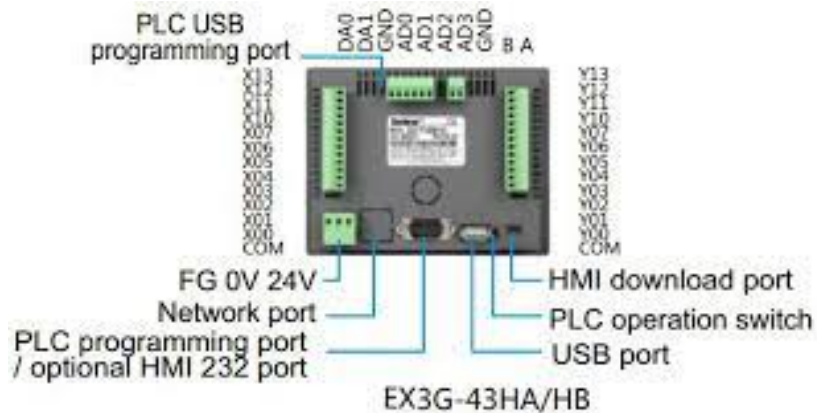
La COOLMAY posee además una buena cantidad de entradas y salidas de conexión 14 entradas y 8 salidas, aunque no se utilizaran todos ya que la tapadora no utilizara tantas conexiones, aunque tenga la menor velocidad de todos los PLC seleccionados la cantidad de los dispositivos no serán muchos y su distancia del controlador de las demás dispositivo tampoco es distante, ya que toda la instalación se realiza en la misma base, con lo que gastar más en un PLC con mayor velocidad de procesamiento es innecesario. Además de poseer un software de programación ya incluido el cual es el Software PLC+HMI (EX3G, MX2N-HB)

Figura 9. PLC COOLMAY frontal



Fuente: <http://www.coolmay.com/webdown/EX3G%20HMI%20PLC%20All-in-One%20User%20Manual.pdf>

Figura10. PLC COOLMAY trasera



Fuente: <http://www.coolmay.com/webdown/EX3G%20HMI%20PLC%20All-in-One%20User%20Manual.pdf>

#### 4.2.2 Servomotor y Driver

El servomotor es un tipo motor eléctrico que permite controlar la posición del eje en un momento dado, estos aparatos tienen la capacidad de controlar la posición, moverse determinada cantidad de grados, en el caso de la maquina tapadora automática, el servomotor se utilizara para mover la roscadora de las tapas para cumplir con los

diferentes requisitos de tapado, el servomotor por lo general está conectado a un driver también llamado servodrive el cual permite controlar los sistemas de velocidad variable, torque y sistemas de control de posición del eje del servomotor.

Para la selección del servomotor se requerirán las siguientes características:

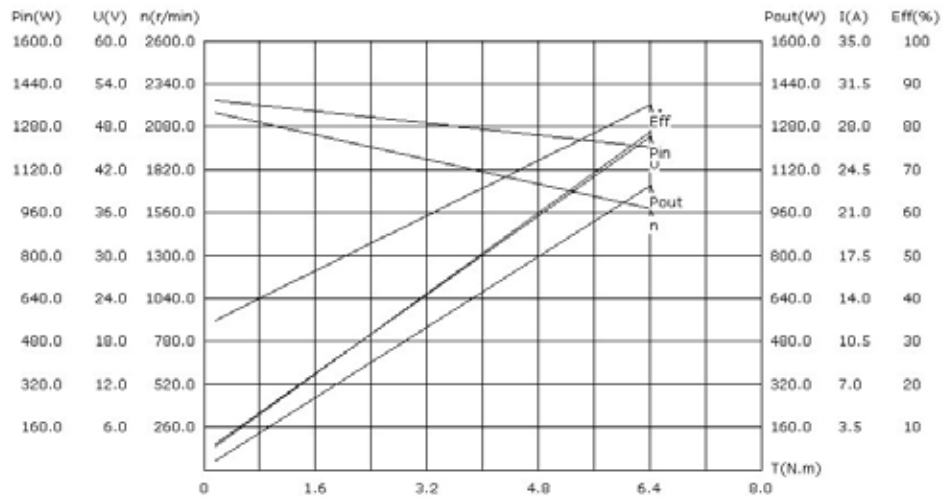
- **Velocidad:** Este es uno de los factores primordiales en la selección del servomotor el saber cuánto y qué tan rápido debe viajar la carga, estos suelen trabajar en sistemas de malla abierta, sin dispositivo de retorno de señales para confirmar la posición del motor. Los servomotores de velocidad gradual son por lo general su rango de velocidad están desde los (1000-3000 rpm) y por lo general tienen un par motor de potencia más pequeña, aunque pueden funcionar bien cerca de su par motor durante períodos prolongados, lo cual es una característica fundamental en tareas repetitivas.
- **Potencia:** Este es el factor más crucial en la selección del servodrive, se necesitará un drive que tenga la potencia nominal adecuada para el servomotor con el que lo está emparejando, ya que, si unidad drive no puede entregar suficiente potencia, su motor no podrá girar, al menos no con el par o la velocidad que desea.
- **Torque:** Con los datos de velocidad y potencia se puede determinar el par del servomotor a partir de la curva de par – velocidad, esta incluye dos zonas de funcionamiento el servicio continuo y servicio intermitente, uno de los requerimientos del par es que la aplicación se ejecute el servo debe estar dentro de la zona de trabajo continuo durante el funcionamiento normal y no exceda la zona de trabajo intermitente cuando se requiere un par máximo.

La temperatura ambiente también afecta la rapidez con que el motor alcanzará su límite térmico y, por lo tanto, su capacidad de par continuo. Si el motor se utilizará en un área con una temperatura ambiente superior a la especificada por el fabricante, la curva de par del servomotor deberá ajustarse, si la temperatura ambiente alrededor del motor está muy por debajo de la temperatura ambiente especificada por el fabricante, la clasificación de par continuo del motor puede aumentar.

Tabla 7. Modelos de Servo motor

<b>Modelo</b>	<b>ATO-110AS0420-25</b>	<b>XINJE MS-130ST-M10015B-21P5</b>	<b>KY110AS0412-25</b>
Tamaño de la brida	110 mm	110 mm	110mm
Peso	10 kg	8 kg	8kg
Potencia nominal	2000W	1000W	500W
Voltaje nominal	48V	48V	48V
Corriente nominal	55A	28A	33 <sup>a</sup>
Par nominal	7,6 Nm	6,3 Nm	4,2 Nm
Par máximo	26 Nm	22 Nm	15,7 Nm
Velocidad nominal	2500 rpm	1500 rpm	1000 rpm
Sin velocidad de carga	2800 rpm	1700 rpm	1400 rpm

Resistencia de línea



Fuente: <https://www.ato.com/1000w-dc-servo-motor>

Figura 12. Servomotor XINJE



Fuente: <https://www.ato.com/1000w-dc-servo-motor>

Para la selección del Drive, como se seleccionó el servomotor de la marca XINJE se seleccionará un Drive de la misma marca compatible con el servomotor MS-130ST-M10015B-21P5 la hoja de datos del fabricante recomienda utilizar el modelo de servo drive DS2-20P7-AS el cual presenta las siguientes características:

- Respuesta de alta velocidad de hasta 400 Hz, potencia máxima de 750 W
- Entrada de pulso de 2 canales, uso de puerto 24VOC

- Entrada digital de 5 canales, salida digital de 3 canales
- Dos puertos de comunicación: RS232, RS485

Tabla 8. Características del servo drive

<b>Tipo de servo drive</b>	<b>DS2-20P7-AS</b>
Velocidad del motor permitida (rpm)	nominal 1000 max 3000
Tipo de codificador	Encoder incremental, 2500 ppr
Capacidad máxima del motor [kW]	0,75
Corriente de salida continua [Arms]	3
Corriente de salida máxima [Arms]	9
Frecuencia recurrente permitida (tiempo / min)	31
Potencia de entrada	monofásico AC200 ~ 240V, 50 / 60Hz
Temperatura	0 ~ + 50 ° C / -20 ~ + 85 ° C
Humedad	por debajo del 90% de HR (sin condensación)
Resistencia a vibraciones / resistencia a impactos	4,9 m / s <sup>2</sup> / 19,6 m / s <sup>2</sup>
Precio (\$)	334

Fuente. [https://www.fasttobuy.com/xinje-ac-servo-motor-drive-kits220vac-075kw-750w-239nm-3000rpm-80mm-keyway-with-3m-cable-ms80stm02430b20p7ds220p7as\\_p32511.html](https://www.fasttobuy.com/xinje-ac-servo-motor-drive-kits220vac-075kw-750w-239nm-3000rpm-80mm-keyway-with-3m-cable-ms80stm02430b20p7ds220p7as_p32511.html)

Figura 13. Drive XINJE



Fuente:[https://www.fasttobuy.com/xinje-ac-servo-motor-drive-kits220vac-075kw-750w-239nm-3000rpm-80mm-keyway-with-3m-cable-ms80stm02430b20p7ds220p7as\\_p32511.html](https://www.fasttobuy.com/xinje-ac-servo-motor-drive-kits220vac-075kw-750w-239nm-3000rpm-80mm-keyway-with-3m-cable-ms80stm02430b20p7ds220p7as_p32511.html)

#### **4.2.3 Sensor de proximidad**

El sensor de proximidad permite detectar la presencia de un objeto cuando entra en el campo de destino del sensor, existe varios tipos de sensores de proximidad que utilizan diferentes componentes y métodos de detención para registrar el objeto. El sensor de proximidad que utilizaba el modelo anterior de tapadora era un sensor capacitivo el cual es capaz de detectar cualquier objeto que pueda llevar una carga eléctrica, cuando un objeto se aproxima a la superficie del sensor este entra al campo electroestático de los electrodos, cambia la capacitancia en un circuito oscilador, esto hace que el oscilador empiece a oscilar y el circuito disparador lee la amplitud del oscilador, cuando alcanza un nivel específico la etapa de salida del sensor cambia mandando la señal de detención del objeto. Este tipo de sensor es muy común en la detección del nivel del líquido, al ser el proyecto una línea automática de tapadora de botellas estas tienen un nivel determinado de líquido por lo cual, este tipo de sensor de proximidad es ideal para esta línea automática, para detectar la presencia de la botella con su contenido líquido listo para ser sellado en la tapadora.

La tapadora utilizaba un modelo de sensor capacitivo LJC30A3-H-Z/BX el cual presenta las siguientes características técnicas en la tabla 9:

Tabla 9. Sensores Capacitivos

<b>Modelo</b>	<b>LJC30A3-H-Z/BX</b>	<b>CR18-8DP</b>
Distancia del sensor	3 - 10 mm	4 - 12 mm
Dimensión de encabezado / Cuadro	16 mm	18 mm
Escudo	Rasante	Rasante
Voltaje	6-36VCC	12-24VCC
Tipo de cable	2 hilos CC	3 hilos CC
Tipo de salida	PNP	PNP
Frecuencia	50 Hz	50 Hz
Tamaño	16 x 65.5 mm	18 x 71.5 mm
Temperatura de trabajo	-25°C a 50°C	-25°C a 70°C
Precio (\$)	14,5	20

Fuente. <https://mecacontrols.com/etiqueta-producto/proximidad>

En la tabla 9 se presentó además otro modelo de sensor capacitivo de un modelo más avanzado el CR18-8DP, un modelo que presenta tres hilos, mejores condiciones de trabajo y un mejor rango de detección del sensor. La selección idónea sería la del CR18-8DP que presenta mejores datos y rendimiento con una diferencia de gasto menor.

Figura 14. Sensor Capacitivo CR18-8DP



Fuente: <https://mecacontrolsa.com/etiqueta-producto/proximidad/>

#### 4.2.4 Sensores Fotoeléctricos

Este tipo de sensores funcionan sobre la base haz de luz, a través de un sensor fotoeléctrico detectan los cambios en la cantidad de luminosidad reflectante para detectar los cambios repentinos en el haz de luz reflejado de un objeto. Existen varios tipos de sensores foto eléctricos el reflectante, el de barrera y difusos, cada uno de estos tienen ventajas y desventajas en sus funcionalidades:

- Barrera: Este sensor utiliza dos unidades separadas, un emisor el cual es la fuente de luz y un receptor el cual es el detector del haz de luz separado, cuando un objeto interrumpe el haz de luz, el detector registra la interrupción del objeto registrando su paso. La ventaja de este sistema es que tiene el mayor rango de detección, estadísticamente es el más eficiente y preciso que los demás sistemas, aunque con las desventajas de un mayor coste al ser dos sistemas separados y además de que puede presentar problemas de detección en objetos translucidos.
- Reflectantes: Su principio de funcionamiento se basa en emitir un rayo de luz que incide en un reflector el cual refleja el haz de luz al receptor del sensor, cuando un objeto pasa entre el sensor y el reflector interrumpe el haz de luz el sensor registra la señal del movimiento del objeto. La ventaja de este sensor es que al ser un solo cuerpo el emisor y el receptor de luz el precio de este es menor que el de barrera y tiene mejores prestaciones al detectar objetos opacos y transparentes, pero entre sus desventajas están que si se presenta un objeto

altamente reflectivo este puede no detectarlo y su rango del sensor es menor que el de barrera.

- **Difuso:** En este sensor al igual que el reflectante el emisor y receptor están alojados en un mismo dispositivo, cuando la luz es transmitida y reflejada por un objeto que pasa, este recibe la señal de luz reflejada actuando como un reflector interno. Entre las ventajas de este sistema es que no requiere la instalación y alineación de un reflector, además que es el más económico de los sistemas fotoeléctricos y puede detectar objetos transparentes sin complicaciones, entre las desventajas es que es el menos preciso de todos los sistemas y tiene el menor alcance de detección de objetos de los fotoeléctricos.

El sensor fotoeléctrico que se utilizara para la nueva línea automática de tapadora se va a utilizar para detectar y registran la presencia de las botellas una vez hayan pasado por el proceso de tapado, el sensor debe tener un rango lo suficiente como para que las botellas no rosen o choquen con el sensor, además de que el haz de luz no se distorsione con el material de la botella PET, otro factor fundamental a considerar en la selección del sensor es la disponibilidad de compra y remplazo del sensor en el país.

Tabla 10. Datos del sensor Foto electro

<b>Modelo</b>	<b>BEN3M-PDT</b>	<b>PC50CND10BAM1</b>	<b>E3g-mr19t-us</b>
Distancia del sensor	3mts con espejo	1000 mm	5 mts con espejo
Modo de operación	Light ON/Dark ON	Light ON/Dark ON	Light ON/Dark ON
Tipo de sensor Foto eléctrico	Reflectivo	Difuso	Reflectivo
Voltaje	12- 24 VCC	10-30 VCC	10-30 VCC
Peso	450 gm	680 gm	464 gm
Tipo de salida	NPN y PNP	NPN y PNP	NPN y PNP
Tiempo de respuesta máximo	1ms	1ms	1ms
Tamaño	60 x 58 x 18 mm	50 x 70 x 17 mm	60 x 50 x 15mm
Corriente de salida	100 mA	120 mA	100 mA

Precio (\$)	65	150	80
-------------	----	-----	----

Fuente. [http://laser/#:~:text=Detecci%C3%B3n%20de%20Presencia%20de%20](#)

Como se observa en la tabla 6 de las características de los sensores disponibles en el país dos de ellos son del tipo reflectivo y uno difuso, el sensor de tipo difuso presenta características inferiores en el rango del sensor además de tener un precio más elevado que los de tipo reflectivo por lo cual no se seleccionará el sensor PC50CND10BAM1, en cuanto a los sensores reflectivo ambos presentan características similares, como el rango de medición no superara los 5cm, se prefiriera el modelo BEN3M-PDT aunque tiene un rango menor, no se necesita una distancia de detección mayor de lo necesario, además presenta un precio más económico.

Figura 15. Sensor Fotoeléctrico BEN3M-PDT



Fuente:

[http://laser/#:~:text=Detecci%C3%B3n%20de%20Presencia%20de%20Etiquetas,PET%20con%20Sensor%20Fotoel%C3%A9ctrico%20L%C3.](#)

#### 4.2.5 Unidad FRL

La unidad FRL son indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos, la unidad ayuda a prolongar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema. Para la selección del FRL hay que consultar a las siguientes características técnicas:

- Condiciones ambientales de trabajo: Para un entorno de trabajo en zonas industriales donde se trabaje con maquinaria pesada y altas temperaturas, es mejor utilizar FRL metálico. Si son en industrias pequeñas o con exigencias de trabajo neumático. En cuanto para las pequeñas industrias o que están en sistemas neumáticos de menor exigencia se recomienda utilizar FRL compuesto.
- En la sección del filtro de la unidad FRL existen tres grupos de filtros para las líneas de aire comprimido. Los filtros generales que se usan para quitar gotas de agua o partículas que tienen una malla más fina o más gruesa en función de la cual bloquearan partículas de más o menos volumen. Los filtros coalescentes para eliminación de aceite tienen una malla tejida en la cual retienen las partículas de aceite, eliminándolas del aire. Los filtros para remoción de vapores que también sirven para la remoción de olores del aire comprimido, son una versión especial de coalescentes que agregan partículas de carbón activado para remover los olores.
- Un factor a tener en cuenta es el flujo de aire que necesita, los requisitos de flujo de aire se dan en litros por segundo (l/s) y los proporciona el fabricante de la herramienta, por lo tanto, es importante consultar siempre las recomendaciones del fabricante de la herramienta neumática y seleccionar una FRL con una capacidad de flujo de aire superior a los requisitos de las herramientas.

Considerando todas estas características a considerar se escogerá la unidad FRL disponibles en el país, con sus características técnicas en la tabla 11:

Tabla 11. Unidad FRL

<b>Modelo</b>	<b>STNG lfc-08-d-mini</b>
Presión de entrada	1~16bar
Presión de trabajo	0.5~12bar / 0.5~7bar

Tamaño de la rosca	Rosca ¼
Grado de filtración	
Capacidad del líquido condensado	22 ml
Peso	400 gm
Velocidad mínima de flujo	3L/min
Composición del FRL	Compuesto
Temperatura de trabajo	0~60 °C
Precio (\$)	60

Fuente: <https://sites.google.com/site/neumaticaparatos/preparacion-del-aire-com>

Figura 16. Unidad FRL lfc-08-d-mini



Fuente: <https://sites.google.com/site/neumaticaparatos/preparacion-del-aire-com>

#### 4.2.6 Actuador Neumático nueva línea

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o

controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas. Para seleccionar el tipo de actuador hay que considerar las siguientes características:

- Tipo de actuador:
  - Simple efecto: Estos son los más comunes tienen un retorno por muelle, el aire comprimido alimenta la cámara posterior, lo que hace avanzar el pistón, venciendo la resistencia del muelle, el retroceso se verifica al evacuar el aire a presión de la parte posterior, lo que permite al muelle comprimido devolver libremente el vástago a su posición de partida.
  - Doble efecto: Este cilindro se desaparece el muelle o la membrana de retorno y ambas carreras son activas, al dar aire a la cámara posterior del cilindro y evacuar simultáneamente el aire de la cámara anterior, el vástago del cilindro avanza y, cuando se realiza la función inversa, el vástago retrocede, estos cilindros son los más utilizados ya que el retorno no depende de un elemento mecánico sometido a desgaste y fatiga.
- La presión de alimentación de un actuador neumático se estima generalmente en 6 bares como mínimo.
- El empuje o fuerza teórica debe ser entre 20 N y 50.000 N para una presión comprendida entre 4 y 8 bares, para un óptimo funcionamiento en elementos industriales de gran velocidad de producción.

Tabla 12. Actuadores Neumáticos

Modelo	CDJ2B-Mini	CHINT SC	SMC C85N10
Variante	Doble efecto	Doble efecto	Doble efecto
Diámetro	10/16 mm	10/32 mm	10/30mm
Fluido	Aire seco	Aire seco	Aire seco
Presión de funcionamiento	10 - 60 bares	10 - 120 bares	10- 150 bares
Carrera	10-150 mm	10 - 2000 mm	50 -1500 mm

Fuerza teórica	30.000 N	178.000 N	50.000 N
Temperatura de trabajo	0 a 80 °C	-20 °C a 80 °C	-10 °C a 80 °C
Precio (\$)	40	45	38

Fuente. Empresa Global System

Se estima que para el funcionamiento del cilindro neumático se requiere la fuerza de aire, obtenida por el gas comprimido debido al gradiente de la presión para poder sellar la tapa en la botella es de:

$$P = F/A$$

P: Es la presión de aire del actuador para tapar la botella

F: La fuerza mínima estimada sobre una botella para sellarla la cual es de aproximadamente 150 – 160 N

2)

Todos los actuadores seleccionados tienen un diámetro mínimo de 10 mm

---


$$P = 477.468 \text{ a } 509.295 \text{ pascales}$$

$$P_{\text{pascales}} \text{ a } P_{\text{bares}}$$

$$P_b = P_p / 100000$$

$$P_b = 4,77 \text{ a } 5,09 \text{ bar}$$

El valor de la presión necesaria es minúsculo a comparación de las capacidades de los actuadores seleccionados por lo cual, no habrá ningún problema con la presión de los actuadores. Para la selección del actuador de tapado, para ello se hará el uso de un par de actuadores que no necesitan una fuerza importante ya que los envases en la que se tapan no ejercen una resistencia importante al giro del actuador, por lo cual es recomendable es remplazar los actuadores que tenían la tapadora anterior CDJ2B-Mini (ver figura.8), ya que realmente no se necesita un par, presión y carrera más de lo necesario para el tapado de una botella de plástico y por ser la opción más económica.

#### 4.2.7 Variador de frecuencia.

El variador de frecuencia se encargará de controlar la velocidad de los motores o servomotor eléctrico de la línea automática, suministrándoles la energía necesaria para cada proceso en la que se use los servomotores y motor, manteniendo una estabilidad y seguridad de los equipos de la máquina. Para la elección del variador se escogió el DURTRON con sus características operativas en la (tabla 13).

Tabla 13. Variador de Frecuencia

Modelo	DURTRON 220V
Voltaje	220V
Potencia	1HP
Frecuencia	0 – 400 Hz
Corriente nominal	4,2 amp
Precio (\$)	95

Fuente. Empresa Global System

Figura17. Variador de frecuencia DURTRON



Fuente: Empresa Global System

#### 4.2.8 Válvula de control direccional nueva línea

Para la elección de la nueva válvula se seleccionó dos modelos disponibles el Parker y el Rexroth, en la válvula se busca que tenga las siguientes características técnicas mostrada en la tabla 14.

Tabla 14. Válvula de control direccional nueva línea

<b>Modelo</b>	<b>Parker P3HPA12AS2VN1A</b>	<b>Rexroth 4WE10</b>
Voltaje	24 DC	24 DC
Presión máxima	4570 psi	4570 psi
Caudal máximo	30 L / min	60 L / min
Peso	2,2 kg	2,5 kg
Nº vías	4 y 2 posiciones	4 y 3 posiciones
Tipo de carrete	Overlap	Overlap
Precio (\$)	70	62

Fuente. <https://automantenimiento.net/hidraulica/funcionamiento-y-tipos-de-valvulas-direccionales-o-de-vias/>

Para la selección de la válvula se seleccionará la opción de Rexroth, aunque es la válvula más costosa, presenta mejor hoja de datos, como un mayor caudal de aire y mayor número de posiciones, en las cuales podemos utilizar.

Figura 18. Válvula Rexroth



Fuente: <https://www.indiamart.com/proddetail/bosch-rexroth-4we10-cetop-5-direction-control-valves-8695898912.html>

### **4.3 FASE III: Rediseñar la automatización del sistema de tapadora de botellas PET de la empresa Vicmax.**

#### **4.3.1 Establecimiento de los parámetros a seguir para la optimización de la tapadora**

Se establecerá los apartados a seguir para la optimización del de la tapadora, se busca que el operario logre ser eficiente, además de poder mejorar el tiempo de embotellado por minuto de botellas de la actual máquina. Para ello se propone un cambio en el ciclo de transporte y tapado de las botellas. El sistema actual es un modelo lineal, en esta las botellas avanzan en un recorrido hasta llegar al área del accionamiento del tapado, este tipo de línea automática puede aumentar su capacidad de tapado de botellas por minuto agregando más boquillas de tapado, pero aumentar el número de boquillas disponibles no aumentaría significativamente la velocidad de tapado y transporte de las botellas, además de que el modelo de línea siempre se ha caracterizado por ser usado en niveles de producción de labor media o baja. Además de invertir aún más en sistemas neumáticos de tapado.

Otro tipo de diseño de línea de topadora es el mecanismo rotativo cual utiliza una base en forma de engranaje o rueda para sujetar las botellas y moverlas al lugar deseado, esta base de engranaje es movida por medio de un motor o servomotor el cual activara el transporte de las botellas hasta su posición donde serán tapadas. Este diseño de tapado también debe contar con el surtidor de tapas, este tipo de máquina es más complejo debido a que los dientes del engranaje deben estar a la medida del envase y sincronizado perfectamente, de lo contrario la botella podría salirse o no entrar. Este modelo implica rediseñar gran parte de la línea transportadora de las botellas y asegurarse que la rueda pueda acoplarse, a la base ya existente de la máquina actual, este modelo es el idóneo, debido a que permite mover un nivel de botellas aun mayor hasta tres veces más que el de línea, aumentando el alcance a llegar a la efectividad y productividad deseada por la empresa.

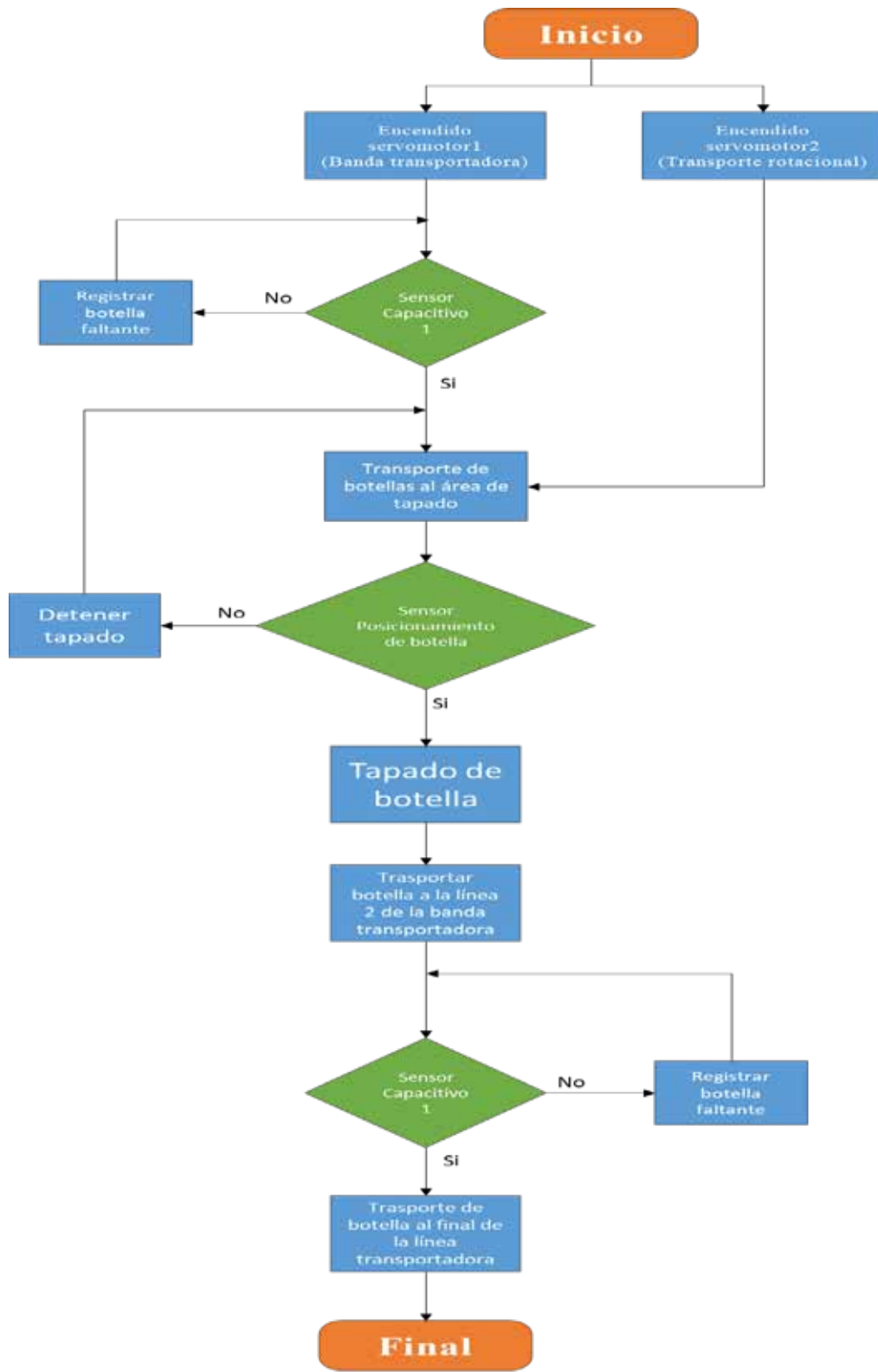
### 4.3.2 Estructura grafica del funcionamiento de la tapadora

Una vez escogida la forma base rotativa, se establecerá la estructura de la máquina y las partes que la conforman, descrito por medio de un flujograma (figura 19) en el cual se observa el funcionamiento de las diferentes etapas que se realizaran en el proceso de la línea automática de la tapadora. Este nos permitirá ver todas las operaciones que realiza la tapadora.

El procedimiento de la tapadora por medio del flujograma es el siguiente:

1. La operación en el panel de control principal donde se oprime el pulsador de inicio para comenzar toda la operación de la línea automática de la tapadora.
2. Cuando se realiza la acción de inicio se enciende los dos servomotores que conforman la tapadora el primer servomotor se encarga de la línea de la cinta transportadora que es el que transportan las botellas y el segundo servo motor el cual se encarga de mover en un movimiento rotacional el mecanismo giratorio el cual se encargara de mover las piezas de botellas al área de tapado.
3. Primera área de decisión el cual será el sensor capacitivo 1 el cual se encargará de registrar la presencia de las botellas, si detecta su presencia la registra y pasará al transporte giratorio al área de tapado, si no se detecta la botella se anotará como botella faltante y se proseguirá a repetir el proceso de nuevo.
4. Una vez transportada la botella al área de tapado, pasará a la segunda área de decisión donde el sensor fotoeléctrico, registrará la presencia de la botella, si detecta su presencia de la botella procederá a tapar la botella, si no registra la botella, la tapadora detendrá el proceso de tapado y procederá a la siguiente botella.

Figura 19. Flujograma

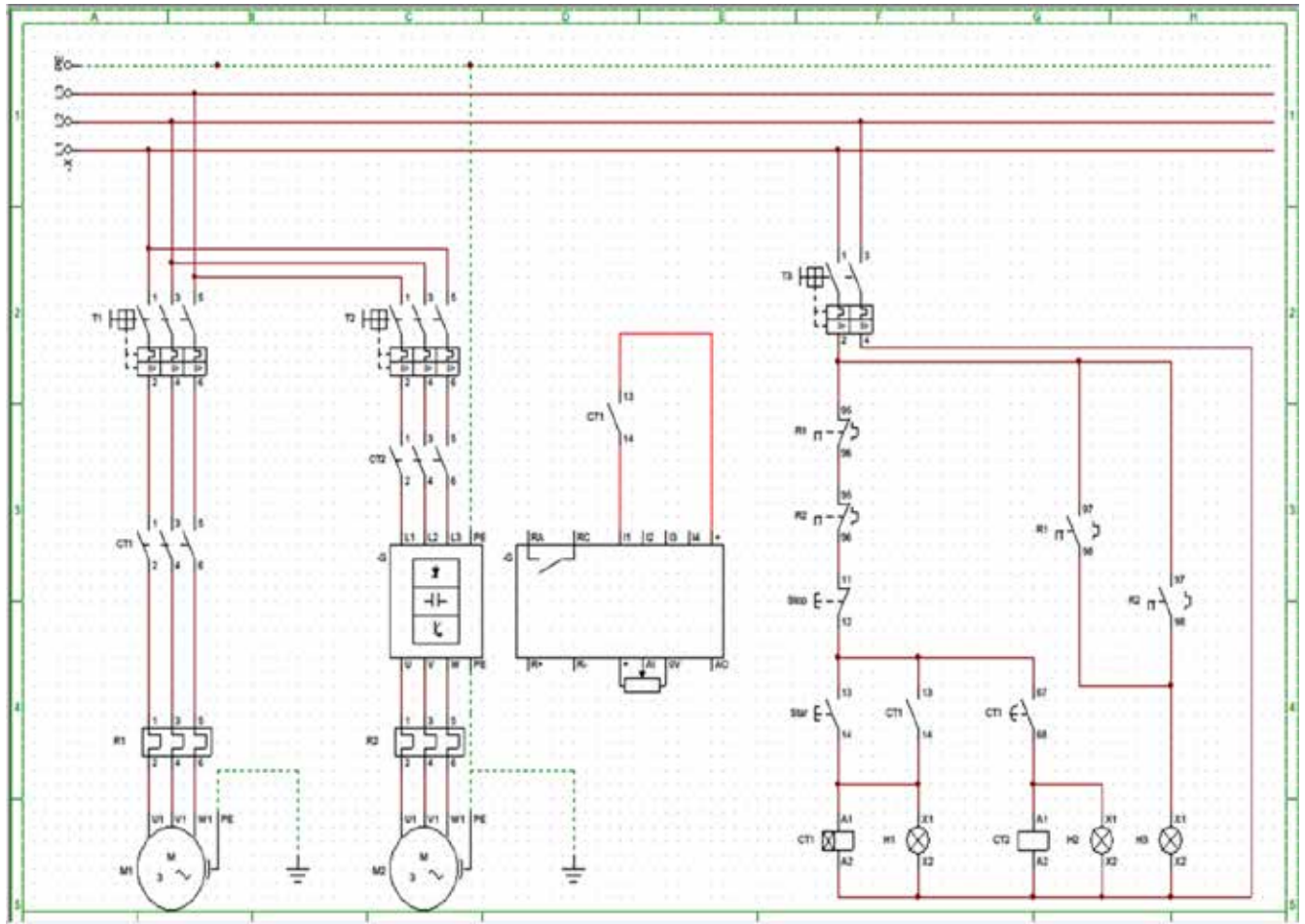


Fuente: Autor

### **4.3.3 Panel de control e Interfaz grafica**

El sistema de la tapadora cuenta con un, tablero de control con interacción hombre-máquina más fácil de acceder y manipular de forma visual, está constituido por el PLC COOLMAY en el cual será la interfaz de control donde se podrá determinar la velocidad de la tapadora y otros programas de control de la máquina. en el panel cuenta con tres pulsadores, el pulsador verde (figura 5) el cual funcionará como el arranque de la máquina, a lado de este está un pulsador rojo (figura 6) el cual tendrá la función de parado gradual o cierre de las operaciones de la máquina y un tercer pulsador de emergencia (figura 7), que se utilizara en casos de emergencia, sea por la presencia de una avería, sobrecalentamiento en el sistema o una intervención humana dentro del área del proceso se presionara el pulsador para detener de forma repentina, esto con el fin de garantizar la seguridad tanto de la maquina como de los trabajadores para poder evitar incidentes. En la figura. Se muestra el plano de control realizado con el programa Cade – Simu, en el plano se realizó una representación gráfica la estructura del panel de control de la tapadora, en el cual se puede realizar el encendido, parado de la máquina, en el botón de inicio se enciende primero el servomotor de la banda transportadora, luego de un periodo corto de tiempo se enciende el segundo servo el de la pieza rotativa de transporte de botellas. Por medio del variador en el servomotor 2 de la pieza rotativa, se controla la velocidad del servomotor, para obtener la velocidad deseada además de proteger al servo de posibles daños.

Figura 20. Plano de control



Fuente: Autor

#### 4.3.4 Cinta transportadora

La Cinta transportadora, es una cinta de plástico que permitirá desplazar las botellas PET por toda la línea automatizada, en el modelo anterior de una cadena simple era de un solo recorrido de 3000 mm de largo, con una banda de 82 mm de ancho, con la nueva estructura rotativa se tendrá que ahora desviarse, a esta pieza para su posterior transporte a la sección de tapado, la barra continua una vez la botella es tapada y regresada por la pieza rotativa, luego su recorrido continua hasta el final de la línea automática de la tapadora, después de este punto ya no depende de esta máquina sino de la empresa o del operario si quiere conectar la sección final a otra línea automática de otra máquina o terminar con el proceso de la botella.

La banda es impulsada por un tambor impulsor, el cual transmitirá el movimiento del actuador a su eje el cual es alimentada por servomotor (figura 12). El segundo tambor de la banda se impulsará con el movimiento de la banda realizado por el primer tambor.

Para calcular la velocidad angular de la banda es necesario conocer los datos de la velocidad tangencial y radio del impulsor, estos datos están en la tabla 2.

V tangencial: 0,108 m/s

Radio impulsor: Diámetro del impulsor /2

Diámetro de impulsor: 120,3 mm

Radio del impulsor:  $120,3 / 2 = 60,15$  mm

---

—

---

Transformarnos los radianes a rpm

---

La velocidad máxima a la que puede moverse la banda transportadora es de 17,20 rpm.

Con el mismo principio también podemos determinar el tiempo en que tardaría un número determinado de botella en recorrer toda la banda transportadora a través de la siguiente ecuación:

---

Al tener la velocidad, podemos calcular el tiempo.

---

Si calculamos el tiempo en transporte de 50 botellas de 70 mm

---

La banda tardaría alrededor de 97s en transportar 50 botellas por toda la banda transportadora a una velocidad máxima, se recomienda bajar a un 35% de la velocidad máxima por lo menos esto es para evitar daños al motor.

Velocidad máxima de la banda transportadora: 17,20 rpm

Velocidad recomendada =  $17,20 - (17,20 \text{ rpm} * 0,35) = 11,20 \text{ rpm}$

Cuya velocidad tangencial sería 0,070 m/s

---

La banda tardaría alrededor de 148 s en transportar 50 botellas por la banda transportadora a una velocidad recomendada.

En el recorrido de la primera línea de la banda transportadora estará un sensor capacitivo (figura 14). Este nos determinará la presencia o no de la botella PET, por la sección de la banda, este sensor cuando está frente al objeto a un aproximado de 8-10 mm este afectaría su nivel de capacitancia debido a que percibe el fluido que contiene la botella en su interior. El sensor registrará una señal la cual será enviada al PLC de que la botella pasó frente a él, para luego ser transportada a la sección rotativa de la máquina.

Figura 21. Sensor capacitivo operativo

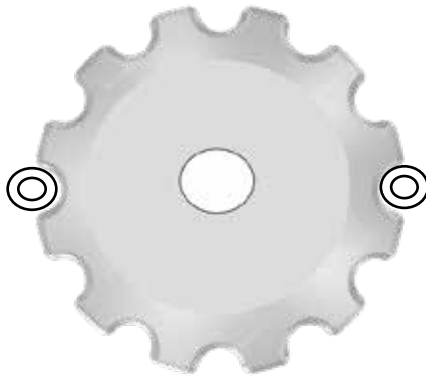


Fuente: Autor

#### 4.3.5 Mecanismo rotativo

Este mecanismo funciona por medio de un cabezal giratorio en forma de estrella con espacio de 12 ranuras las cuales pueden albergar botellas de un máximo de 60 mm de radio base, el servomotor (figura 12) mueve el mecanismo con las botellas y las coloca debajo de otro cabezal que efectúa un movimiento descendente y le coloca la tapa. Luego este cabezal, asciende para permitir que gire la estrella nuevamente, y otra botella se posiciona para ser tapada. El mecanismo estará hecho de un material de teflón mejor conocido como politetrafluoroetileno es un fluoropolímero sintético compuesto de carbono y flúor, se caracteriza por ser de peso ligero además de un muy bajo coeficiente de rozamiento y gran impermeabilidad. La pieza está diseñada para girar 360° grados, esta estructura está superpuesta sobre la línea de banda transportadora, con lo cual esta pieza no modifica radicalmente el diseño original, cuando las botellas de un extremo lleguen a la pieza rotativa esta la transportará al área de tapado y finalmente la devolverá al área de transporte, logrando un transporte de 180° de la botella. Es por esto lo que lo hace ideal para un mecanismo que estará en constante movimiento. Diseño del mecanismo giratorio (figura 22).

Figura 22. Mecanismo giratorio modelo



Fuente: Autor

Para calcular la velocidad angular de esta pieza cuando gira se determinará por medio de:

Velocidad tangencial máxima del servomotor es la que impulsa el mecanismo: 2500 rpm.

La frecuencia en la que opera el servo es de 60 Hz.

La pieza tiene un radio de 450 mm o 45 cm de radio del centro.

El paso de la botella es solo la mitad del recorrido de la circunferencia.

\_\_\_\_\_

$$V1 = 130,8 \text{ rad} * 45 \text{ cm} = 5886 \text{ cm/s} = 58,86 \text{ m/s}$$

El paso de la botella por toda la circunferencia a velocidad máxima, aunque no es recomendable utilizar la velocidad máxima del servo motor para mover la pieza.

\_\_\_\_\_

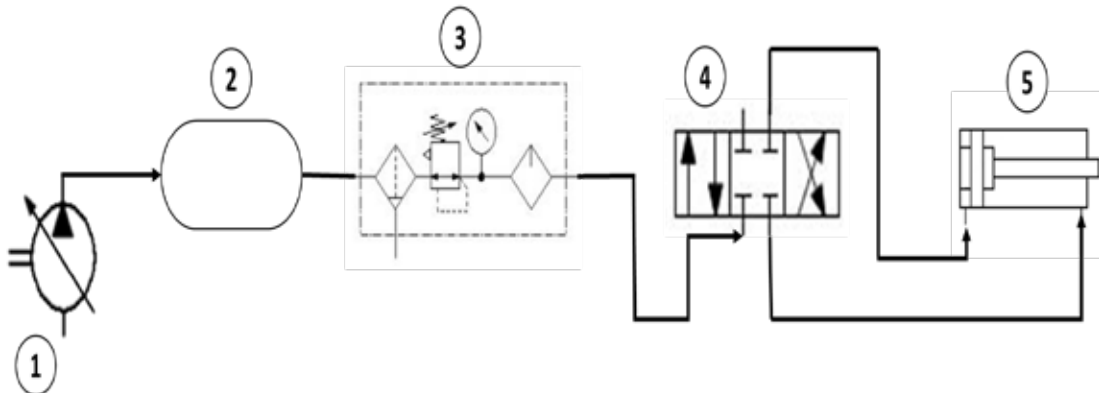
$$V2 = 261,8 \text{ rad/s} * 45 \text{ cm} = 11781 \text{ cm/s} = 117,8 \text{ m/s}$$

### 4.3.6 Sección de Tapado

En este proceso es donde se realiza la labor del taponado del producto, primero se debe colocar la botella sobre el cilindro actuador neumático que es el que realiza la labor de del tapado, este movimiento de posicionamiento debe ser rápido y progresivo, pero con las medidas de precaución para que no golpee la botella y que no se agite el líquido que contiene; si no es así salpicará y mojará el interior de la recámara liquido en las recamaras del mecanismo rotativo. Es importante saber que también, la precisión en el centrado de la botella bajo el cabezal taponador, un mal posicionamiento impedirá la entrada del tapón o producirá deformaciones en éste.

La tapadora es alimentada por medio de una alimentación neumática, el cual está conformado por los siguientes componentes de la (figura.23).

Figura 23. Sistema Neumático de la tapadora



Fuente: Autor

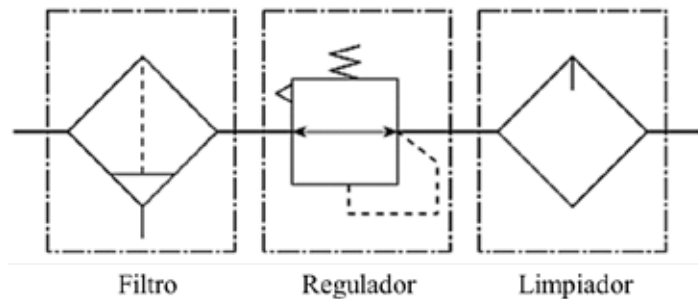
Componentes del sistema neumático

1. Compresor
2. Tanque o depósito de aire
3. Unidad FRL
4. Válvula direccional
5. Actuador Neumático

El sistema neumático nos permitirá realizar el trabajo del tapado, este comienza con el compresor, este genera la energía en forma de aire comprimido, para generarlo este absorbe aire del entorno y lo presuriza confinándolo en un espacio más pequeño y detiene su acción, cuando alcanza la presión deseada, debajo del compresor está el

depósito de aire, el cual es donde se acumula el aire a alta presión que produce el compresor y lo enfría. Luego este aire pasa a la unidad FRL, este aire debe estar seco y limpio para que las partículas de óxido no dañen las partes móviles del sistema, en la primera sección de la unidad está el Filtro el cual se encarga de eliminar las partículas de óxido, el aire entra al filtro por medio de aspas estos hacen circular el aire hasta llegar a una tapa filtradora, el cual se encarga de atrapar los contaminantes no deseados, en la siguiente etapa trabaja el Regulador el cual se encarga de ajustar el nivel de aire, esto permite ajustar el nivel de fuerza del actuador, esto se logra mediante un ensamble accionado por resorte, el regulador tiene una perilla para poder controlar la fuerza del resorte para lograr un punto de presión deseada, por ultimo está el separador de Líquidos, el cual actúa como un separador de líquidos, el cual hace circular el aire por medio de una paleta circular especial, el movimiento circular hace eliminar la humedad no deseada al usar la fuerza centrífuga.

Figura 24. Esquema FRL



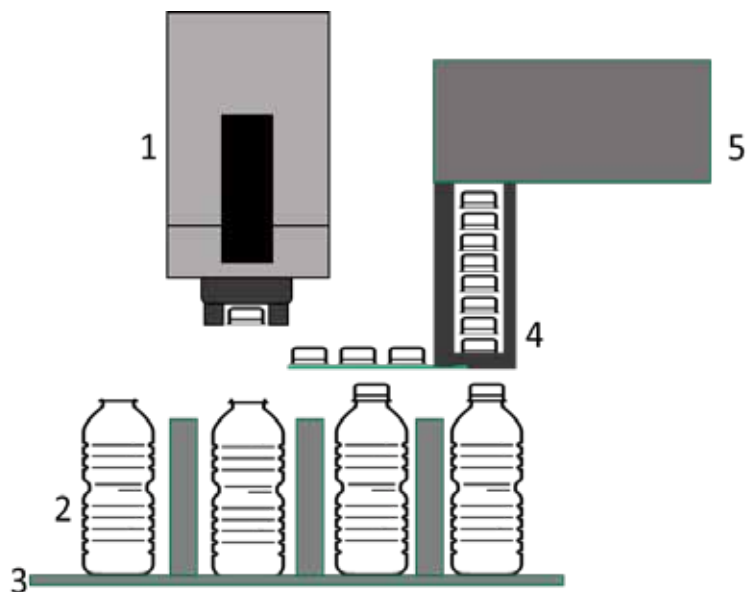
Fuente: Autor

Una vez terminado con la unidad FRL el aire entrara a la válvula direccional la función de la válvula es permitir la orientación o detener un flujo de aire, al distribuir el aire hacia los elementos de trabajo deseados, por medio de vías internas las cuales cambian su dirección dependiendo de las necesidades del trabajo por medio de un PLC conectado a la válvula. El ultimo componente del sistema neumático es el Actuador el cual es el que utilizara el aire comprimido tratado por los demás componentes anteriores para realizar un trabajo útil, cuando llega el aire este creara energía para poder realizar el movimiento controlado por medio de las válvulas direccionales.

Para el proceso una vez ubicado la botella en la posición deseada sobre la tapadora, se activa el proceso del tapado por medio de un cilindro el cual empuja las tapas hacia la botella insertándola, luego el actuador girara el tapón que sostiene la tapa, el giro dependerá del tipo y tamaño de la botella, pero debe estar entre los  $(160^{\circ} - 320^{\circ})$  de giro, después de realizar el proceso de giro de la tapa, se genera una leve presión para sellarla a través del pistón neumático. Cuando haya terminado el roscado de la tapa el vástago del actuador se retrae, cuando este retrocede, el posicionamiento giratorio deja pasar la botella y luego comienza el mismo ciclo con la siguiente botella.

Cuando la tapadora logra roscar una botella esta se retrae y desplaza levemente seleccionando otra tapa en la línea de botella, las cuales son depositadas en un contenedor que las almacena las tapas botellas. En la figura 21 se muestra una descripción grafica del proceso de tapado de las botellas junto a una enumeración de las partes más importantes del proceso. El proceso de tapado y sellado de la botella de la tapadora actual es de aproximadamente 1,5 a 1,7s por botella, este tiempo de tapado es también el esperado para el nuevo sistema de tapadora.

Figura 25. Sistema de tapado de botella



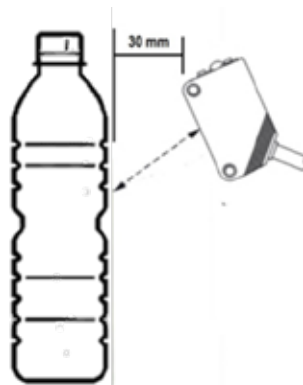
Fuente: Autor

Secciones de la figura 25:

1. Actuador cilíndrico giratorio el cual se utilizará para el proceso de tapado.
2. Botellas de Plástico PET dimensiones máximas pueden ser 90mm de diámetro.
3. Base del mecanismo rotativo con disponibilidad de espacios de 20 – 30 mm de diámetro.
4. Conducto de dispensador de tapas de botellas.
5. Almacén de tapas PET.
6. Boquilla de tapadora

Para la detección de la botella en el lugar deseado se usará el sensor fotoeléctrico figura 15 el cual es un fotoeléctrico de tipo reflectivo, la cual detecta las botellas de PET, sin importar que éstas estén vacías o llenas, el sensor, este coloca a 30 mm de distancia de la botella esto con una leve inclinación. Mostrada en la (figura 26).

Figura 26. Posicionamiento de la botella con el sensor



Fuente: Autor

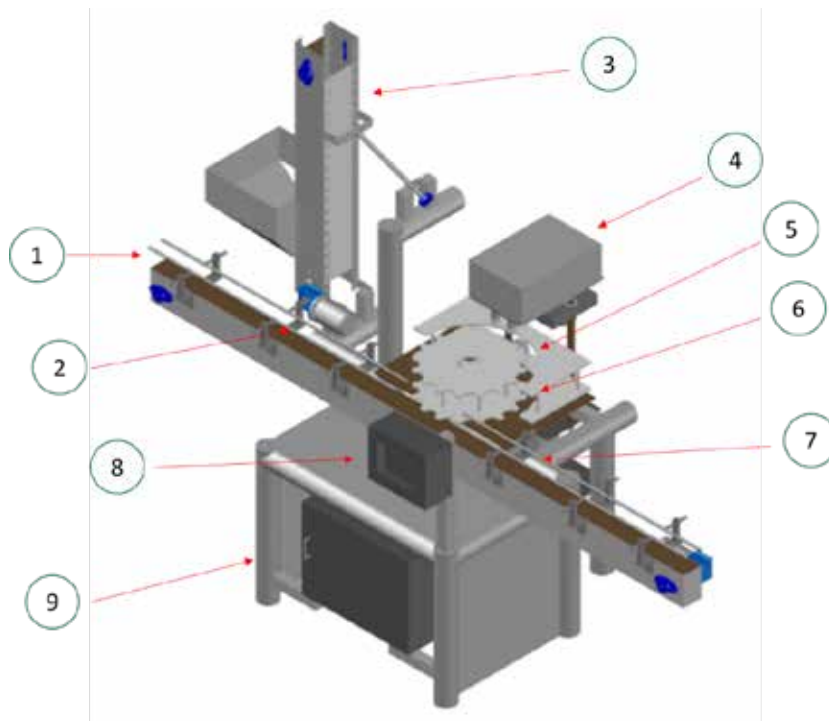
Cuando la botella pasa por el sensor, este interrumpe el paso del láser entre el portador de la luz del sensor y el reflector el sensor que se encuentra a 60 mm, esta interrupción entrega la salida ante presencia de la botella. Si el sensor no detecta una presencia de alguna botella, mandara la información al PLC, para dar la orden barra transportadora y a la pieza rotativa de moverse para entregar la siguiente botella. Si se detecta la presencia de la botella PET, luego de esto se realizará el proceso de tapado y se mandará la información de la presencia de la botella para el registro de paso.

Una vez terminada el proceso de tapado de la línea, la pieza rotativa de la maquina desplazará la botella hasta la siguiente línea de la banda transportadora, en el comienzo de esta línea transportadora estará otro sensor capacitivo (figura 14). Este nos determinara si la botella paso exitosamente por la sección rotativa la máquina, este sensor tendrá las mismas especificaciones que el anterior y registrara la señal de paso concreto de la botella por la segunda banda trasportadora.

#### 4.3.7 Modelo y estadística de la nueva plataforma

Una vez establecido todas las mejoras disponibles en el sistema de tapadora, se realizará un modelado 3d de la tapadora para la visualización de sus mejoras.

Figura 27. Modelo 3d tapadora



Fuente. Autor

Partes del sistema nuevo de automatización de botellas:

1. Banda transportadora, que transportara las botellas PET
2. Primer sensor capacitivo de detección de botellas PET
3. Depósito y dispensador de tapas

4. Sistema de tapado de Botellas PET
5. Sensor fotoeléctrico de registro de las botellas en la posición del tapado de botellas
6. Mecanismo rotativo de las botellas hacia la tapadora
7. Segundo sensor capacitivo de detección de botellas PET
8. Panel de control junto PLC HMID
9. Depósito de aire y la válvula electrodinámica

Tabla 15. Tabla de contenido de la nueva tapadora

N°	<b>Especificaciones</b>	
1	Velocidad de tapado	35 Embaces/min
2	Dimensiones	1150mmX1450mmX750mm
3	Dimensiones de banda transportadora	3000mmX90mmX160mm
4	Dimensiones del elevador de tapas	1200mmX210mmX200mm
5	Volumen de Tolva	3200 tapas
6	Diámetro de tapa	30mm
7	Altura de la tapa	19mm
8	Material de envase	Plástico PET
9	Presentación de envase	500 - 1000 ml
10	Boquillas de tapado	2
11	PLC	COOLMAY

12	Presión de trabajo	100 psi
----	--------------------	---------

Fuente. Autor

#### **4.4 FASE IV: Simular el funcionamiento del sistema de automatización elegido.**

En esta fase, una vez obtenido el mejor diseño óptimo para la propuesta de mejora, se simulará el sistema para obtener la información del rendimiento y el comportamiento de la máquina, esto con el objetivo de encontrar fallas o defectos del sistema antes del proceso de construcción de la máquina.

#### **4.5 FASE V: Estudiar la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta.**

##### **4.5.1 Análisis de costos**

En el análisis de costos se determinará los costos de necesarios para adquirir todos los nuevos componentes que se agregaron a la nueva línea automática de tapadora ya establecido en la fase II, además de gastos posible de construcción de las nuevas bases y piezas de acero inoxidable, además de los gastos generales variados en el montaje de la nueva estructura de la tapadora. Los costos de los materiales se mostrarán en la tabla 16.

Tabla 16. Costos de materiales

<b>N°</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (\$)</b>
1	PLC EX3G-50 KH	1	350
2	Servomotor XINJE MS-130ST-M10015B-21P5	2	1190
3	Servo drive DS2-20P7-AS	1	334
4	Sensor Capacitador LJC30A3-H-Z/BX	2	40

5	Sensor Fotoeléctrico BEN3M-PDT	1	65
6	Unidad FRL STNG Ifc-08-d- mini	1	60
7	Actuador Neumático CDJ2B- Mini	2	80
8	Variador de frecuencia DURTRON 220V	1	95
9	Válvula de control direccional Parker P3HPA12AS2VN1A	1	62
10	Contactador magnético (AP- 6340)	1	296
11	Disyuntores WEG MDW CURVA C 3P 3X25A	2	46
<b>TOTAL</b>			<b>2618 \$</b>

Fuente. Autor

Adicionalmente, se calculará un estimado de costos en el área de manufactura de la mejora de la tapadora, la cual se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Costo de piezas, bases y transporte

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio (\$)</b>
1	Corte de piezas de acero inoxidable	250
2	Disco rotativo de botella	260
3	Plataforma del PLC de mando	60
4	Plataforma de la nueva tapadora	70
5	Soldadura	80

6	Transporte	120
TOTAL		840 \$

Fuente. Autor

Además, se tienen que tener una reserva en el presupuesto, esto en el caso de un imprevisto, sea por la pérdida o el daño de un equipo y gastos adicionales que tenga que realizarse. La tabla 18 mostrara el gasto total para la mejora de la tapadora.

Tabla 18. Costos Totales

Descripción	Precio (\$)
Costo de Materiales	2618
Costo de manufactura	840
Imprevisto o gasto adicionales	150
Total	3608 \$

Fuente. Autor

#### 4.5.2 Factibilidad Técnica operativa

La factibilidad del proyecto se considera los aspectos técnicos y operacional y económica de la tapadora. Este se centró en el análisis del rendimiento durante su desarrollo y al final del ciclo de trabajo del proyecto.

En la Factibilidad técnica, se analiza si es factible la adquisición y existencia de los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de la mejora de la tapadora, como se describió en las fases (II Y III), la adquisición de los nuevos componentes para el nuevo diseño de la tapadora, se confirmó la disponibilidad de estos componentes en el país, otro factor técnico es la disponibilidad de espacios y áreas donde realizar la instalación, además de almacenar los componentes del rediseño, la empresa Global System tiene disponible un taller en Guacara, Edo Carabobo el cual tiene todos los

materiales disponibles para la construcción de la máquina y el almacenamiento de sus componentes.

En el aspecto operativo del proyecto este comprende si el proyecto, sea factible operacional o se realice como se supone. El prototipo automatizado fue diseñado para cumplir con el objetivo de taponar las botellas, este prototipo se realizó con las bases y normas de otras máquinas de similares características tratando de ajustarlo a nuestro medio.

En cuanto a la factibilidad económica, se refiere al análisis de los costos e ingresos del proyecto, en el cual se determina si el esfuerzo por realizar el proyecto y la inversión resulta o no posible poder completarlo, en dar beneficios a futuro. El cual se evalúa mediante un análisis de costos actuales con respecto a la cantidad de producción, inversión inicial del proyecto con sus beneficios proyectados a futuro.

Actualmente la tapadora de la empresa vicmax el cual opera en su línea de transporte de botellas, opera en transportar y tapar 42 botellas por minuto. Si se calcula un periodo de operación de la tapadora, de por lo menos 8 horas. El número de botellas transportadas y tapadas sería de 2611 botellas al día. Con el nuevo sistema de mejoras de la tapadora el tiempo de transporte de una botella, el tiempo de transporte de la banda transportadora es de 4,50 segundos más el tiempo de transporte de la botella en la pieza rotativa es de 1,30 segundos más el 1,5 de tapado, sería un total de 7,5 segundos por botella en recorrer todo el ciclo de la tapadora.

P = producción de botellas tapadas en un día

T = tiempo de recorrido de una botella (7,5s)

H = Horas de operación de la maquina por día

---

Asumamos que el tiempo de trabajo de la tapadora diaria sea de 8 horas diarias

---

---

$$P = 4645 \text{ botellas tapadas en una hora}$$

Si se calcula el número de producción de botellas en un día, con un 100% de eficiencia sería:

$$P = (4645 * 8) * 365 = 13563400 \text{ botellas en un año}$$

Esto representa un incremento en la producción de las botellas tapadas de un 47% con respecto al diseño original.

Pero es poco probable que la tapadora opere al 100% de eficiencia todo el año, entonces un estimado más razonable, considerando paro de operaciones, reparaciones y días sin trabajar, lo más razonable sería una eficiencia del 70%.

$$P70\% = 9494380 \text{ botellas al año}$$

Esto representa un incremento en la producción de las botellas tapadas de un 25% con respecto al diseño original.

Tabla.19 Tiempos de producción

<b>Tiempos de producción</b>	<b>Modelo Original</b>	<b>Nuevo Modelo al 100% eficiencia</b>
Botellas tapadas en un minuto	42 botellas	64 botellas
Botellas tapadas en una hora	2611 botellas	4645 botellas
Botellas tapadas en 8 horas	20883 botellas	37160 botellas
Botellas tapadas en un año de 8 horas de operación	7622495 botellas	13563400 botellas
Tiempo de recorrido de la botella	10 seg	6,5 seg

Fuente. Autor

Salvamento del equipo, para ver si el equipo es rentable o no, se hace necesario un cálculo de salvamento de la envasadora al momento de terminar su vida, estimándose un valor de salvamento del 10% del costo de inversión, de acuerdo a la siguiente ecuación tenemos:

$$= 10\% \quad (\%)$$

Dónde: 3608 \$

$$= \text{Inversión} = 3608\$$$

$$= 10\% \quad 3608 \$$$

$$= 360 \$$$

Depreciación del equipo es el valor que va decreciendo a medida que pasas el tiempo en los activos fijos, de acuerdo a las leyes tributarias de nuestro país para maquinarias y equipos la vida legal es de 10 años, la cual se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

---

Dónde: = Depreciación anual.

$$= \text{Inversión.}$$

S = Salvamento.

$$= \text{Vida útil.}$$

$$D = 3608$$

#### **4.5.3 Impacto del ambiente**

El plan de mejora de la tapadora automática de botellas PET, no se considera un proyecto que pueda afectar o dañar el ecosistema, esto se debe a que la tapadora solo no genera o produce ningún contaminante, sustancias tóxicas, con lo cual cumple con el artículo de la ley No. 55. Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 5.554, el cual establece las leyes y procedimientos de la aplicación de un régimen jurídico a la producción y gestión responsable de los residuos y desechos sólidos, cuyo contenido normativo y utilidad práctica deberá generar la reducción de los desperdicios al mínimo, y evitará situaciones de riesgo para la salud humana y calidad ambiental. Otro artículo el cual cumple el nuevo modelo es el Artículo 137. El cual establece que en el sitio de trabajo se eliminarán o limitarán los ruidos y vibraciones que puedan ocasionar trastornos físicos o mentales a la salud de los trabajadores ocasionado por cualquier equipo o maquinaria y no deben sobrepasar los niveles de ruido sostenidos, de frecuencia superior a 500 ciclos por segundo e intensidad mayor de 85 decibeles, y sea imposible eliminarlos o limitarlos el patrono deberá suministrar equipo protector adecuado para aquellos trabajadores que estén expuestos a esas condiciones durante su jornada de trabajo. La tapadora actual que usa la empresa vicmax genera un nivel de ruido de una escala de los 75 - 82 decibeles de ruido generado esta medición es según los datos obtenidos por la empresa Funsein, con el nuevo diseño sería un valor muy parecido a su modelo anterior con lo que se tomara el mismo valor de ruido para el nuevo diseño, aunque técnicamente la tapadora no inflige con las leyes venezolanas de las áreas de trabajo, es recomendable que los trabajadores utilicen los tapa oídos, esto debido a que el ruido generado es muy próximo al máximo tolerable. y consume un nivel adecuado de energía eléctrica, además de que su proceso de tapado esta alimentado por una fuente neumática por aire comprimido, por lo cual cumple con todas las consideraciones medio ambientales. Ley No. 55. Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela

## CONCLUSIONES

En la elaboración de este proyecto, durante, el análisis y desarrollo de las mejoras de la tapadora de botellas, se logró estudiar la máquina, analizarla, entender su funcionamiento y componentes que la conforma, el estudio previo de los materiales ayudo a entender que componente se necesitaba para remplazar para obtener un mejoramiento en el rendimiento de la máquina, en el proyecto Se mejoró el tiempo de tapado y la optimización del proceso.

Para la empresa se buscaba mejorar los tiempos de tapado, considerando una inversión más económica posible, por esta razón para este proyecto se seleccionó varios equipos de la misma marca y modelo, otros equipos y materias propios de la máquina que eran apropiados y estaban en buen estado para el proyecto fueron conservados, todo esto fue con el fin de tanto optimizar la tapadora como de también contar con un presupuesto razonable para la empresa, permitiendo reducir los gastos del proyecto.

Las mejoras que se está implementando al sistema de tapadoras aumentaron el nivel de producción de las botellas de 42 por minuto de la maquina anterior, a una optimización de un 64 en el mismo tiempo de operación, lo cual representa un incremento del 38% de la producción de botellas por lo cual la empresa puede mejorar sus tiempos de producción, permitiendo que pueda crecer la demanda de sus productos.

Una mejora que se debe resaltar es una referida a seguridad para el trabajador, la cual está referida al sensor capacitivo si este detecta una variación más repentina de la usual, como el de una mano obstruida, la máquina se diseñó para que el sistema se detenga a paro, esto para garantizar la seguridad de los trabajadores.

## RECOMENDACIONES

- Se debe hacer un mantenimiento preventivo cada 6 meses para revisar cada componente de la maquina a fondo y verificar su correcto funcionamiento de cada uno de los componentes que la conforma.
- Los operadores de la maquina deben conocer los manuales de operación y tener un entrenamiento previo antes de manipular la máquina.
- Para que la maquina tenga un correcto funcionamiento se recomienda instalar la tapadora en una ubicación amplia sin obstáculos u otros objetos a su alrededor por lo menos a 4mts de distancia, además debe estar en un lugar estrictamente plano y anclado al piso esto es para evitar vibraciones que puedan causar daños a la tapadora.
- Se recomienda tener en el almacén repuestos de manera organizada y clasificada de varios componentes de la tapadora, en caso de haber un incidente, se remplazará lo más rápido posible, sin tener la línea parada demasiado tiempo.
- No se debe usar la línea de tapado para botellas con un radio de botella mayor a la indicada anteriormente, esto puede obstaculizar la línea.
- La banda trasportadora es un elemento delicado de la línea tapadora, es recomendable siempre hacer una inspección diaria de la banda y verificar que siempre este en óptimas condiciones de aseo y en caso de algún derrame detener la operación y limpiar correctamente la banda para garantizar su óptimo funcionamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Fidas G. (2012). **El proyecto de Investigación** (Sexta Edición). Recuperado en:  
<https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- Automatización Micro mecánica s.a.i.c. (2017). **“Controlador Lógico Programable (PLC)”**. Recuperado en:  
[https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11\\_11-09-22139933.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_11-09-22139933.pdf).
- Barrientos, A. y Gambao, E. (2014). **“Sistemas de Producción Automatizados”**. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado en:  
[https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/automatizacion\\_industrial.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/automatizacion_industrial.html)
- Brieto. Andrés (2016). **“Composición de los Actuadores Neumáticos”**. Recuperado en:  
[http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/7\\_actuadores\\_neumaticos.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/7_actuadores_neumaticos.pdf)
- Cásale B. Osvaldo (2016). **“Diseño de un dispositivo para transporte y almacenamiento de envases plásticos en la línea de producción”** Universidad Central de Venezuela (UCV).
- FIESTO (2016). **“Electro Válvula/ Válvulas neumáticas”**. Recuperado en:  
[https://www.academia.edu/25709014/Electrov%C3%A1lvulas\\_V%C3%A1lvulas\\_neum%C3%A1ticas\\_ISO\\_15407\\_1](https://www.academia.edu/25709014/Electrov%C3%A1lvulas_V%C3%A1lvulas_neum%C3%A1ticas_ISO_15407_1)
- Gómez Sergio (2012) **La Metodología de la Investigación** (Primera Edición). Recuperado en:  
[http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf)

- González David. y German. A Salgado (2017) **“Diseño de una Maquina tapadora para envases con cuajo”** Fundación Universitaria de las Américas Bogotá.
- Gracia. Emilio. (2020). **“Automatización de procesos industriales”**. Recuperado en: Editorial Universitaria Politécnica de Valencia.
- I.T.M (2015). **“Protección de las Instalaciones de baja tensión”**. Recuperado en: <http://www.uco.es/~el1bumad/docencia/minas/ie06t4.pdf>
- Kerlinger y Lee (2002) **Investigación del comportamiento** (Cuarta edición). Recuperado en: <https://padron.entretemas.com.ve/INICC2018-2/lecturas/u2/kerlinger-investigacion.pdf>
- Mayur. G (2020) **“Lenguajes de programación PLC SIEMENS”**. Recuperado en: <https://www.autycom.com/lenguajes-de-programacion-plc-siemens/>
- Morillo Rolando Javier (2017), en su trabajo titulado **“Diseño de un sistema automatizado de envasado y dosificación de productos desinfectantes y de veterinarios”** Universidad autónoma de Occidente de Cali Colombia.
- PAN HITEK (2016).” **¿Qué es y cómo funciona un servomotor?”**. Recuperado en: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Pérez Mario y Analía Hidalgo (2007). **“Introducción a los Sistemas de Control y modelo matemático para sistemas lineales”**. Recuperado en: [http://150.185.9.18/fondo\\_editorial/images/PDF/CUPUL/SISTEMA%20DE%20CONTROL%20%201.pdf](http://150.185.9.18/fondo_editorial/images/PDF/CUPUL/SISTEMA%20DE%20CONTROL%20%201.pdf)
- Ruiz Collay y Luzuriaga Bonilla (2017). **“Reconstrucción y Automatización de una maquina envasadora de agua en la corporación Bimarch”**. Escuela superior Politécnica de Chimborazo del Ecuador
- S.M.C (2017). **“Unidad FRL Modular”**. Recuperado en: [https://content.smcetech.com/pdf/AC\\_ES.pdf](https://content.smcetech.com/pdf/AC_ES.pdf)
- Sabino. C (2002) **“El Proceso d Investigación”**. Recuperado en: [https://perio.unlp.edu.ar/tesis/sites/perio.unlp.edu.ar.tesis/files/CarlosSabino-ElProcesoDeInvestigacion\\_0.PDF](https://perio.unlp.edu.ar/tesis/sites/perio.unlp.edu.ar.tesis/files/CarlosSabino-ElProcesoDeInvestigacion_0.PDF)

- COOLMAY (2015) **“EX3G PLC HMI all in one Programming manual”**.  
 Recuperado en:  
<http://www.coolmay.com/webdown/EX3G%20PLC%20HMI%20all%20in%20one%20Programming%20manual.pdf>
- SIEMENS (2007). **“S7-300 Automation System CPU Specifications”**.  
 Recuperado en: [https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/S7-300\\_CPU\\_Specification \[2\].pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/S7-300_CPU_Specification%20[2].pdf)
- Andes Industries (2021) **“PLC XINJE XC3 24R E”**. Recuperado en:  
<https://industrialesandes.co/plc/8-plc-xinje-xc3-24r-e.html>
- Automatización embotellada (2009) **“Sistema Automatizado de control de embotellado”**.  
 Recuperado en:  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/99/tesis%20buenagonzalezmonroy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ATO (2020) **“ATO DC Servo Motor Features”**. Recuperado en:  
<https://www.ato.com/3000w-dc-servo-motorDS2-20P4-AS> DRIVER PARA SERVO MOTORES HASTA 400W 200VCA
- Acotrón Electrónica Industrial (2021). **“Productos y diseño XINJE”**  
 Recuperado en:[https://www.acotron.com/index.php?route=product/category&path=135\\_1730](https://www.acotron.com/index.php?route=product/category&path=135_1730)
- Sensor PC50CND10BA (2011) **“Fotocélulas Reflexión Directa, Salida de Transistor Modelo PC50CND10BA”**. Recuperado en:  
<http://www.productselection.net/PDF/ES/pc50cnd10bam1.pdf>



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
 COORDINACIÓN DE PASANTÍAS Y TRABAJO DE GRADO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O  
 TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Propuesta de mejora de un sistema de automatización de la producción de anexos PDF de la empresa Global System S.P.O, C.A

Realizado por el (la) Br. Jorge Vasquez

C.I. N° 77657914, cursante de la carrera de Ingeniería Electrónica hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D<sup>=====</sup> veinte 120 PUNTOS.

El Jurado

M. J. J.  
 Tutor académico (coordinador)  
 Nombre: Maria Ingrid  
 C.I. 25 981 156


J. L.  
 Jurado (1)  
 Nombre: Winston Espinoza  
 C.I. 4885895

G. S.  
 Jurado (2)  
 Nombre: Geovany Smith  
 C.I. V- 7143 380

Fecha: 10-9-2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

Se recibió Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la oficina Académica

Nombre del Graduando	 Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado
C.I.	
Fecha	
SEMESTRE <u>2021-1ER</u>	