



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DEL PROCESO DE LLENADO DE
ENVASES DE SHAMPOO PARA LA
EMPRESA MAC PLUS C.A.
MUNICIPIO VALENCIA, EDO CARABOBO.**

**Autor:
Abou, Juan**

**Urb. Yuma II, calle Nª 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241)8714240 (master) - Fax: (0241)8712394**



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

**DISEÑO DEL PROCESO DE LLENADO DE ENVASES DE
SHAMPOO PARA LA EMPRESA MAC PLUS C.A.
MUNICIPIO VALENCIA, EDO CARABOBO.**

Autor:

Abou, Juan

CI.: 26.150.787

Tutor: Prof. José Pérez

San Diego, octubre del 2019

ANEXO 4-A



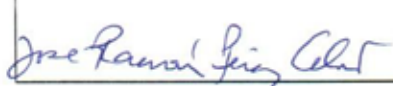
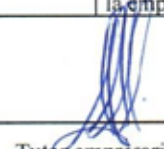
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

pág. 1/2

DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE TRABAJO DE PASANTÍA

DATOS DEL ESTUDIANTE	Apellidos y nombres: Abou Attieh Vico Juan Miguel		
	Cédula de identidad: 26.150.787	Teléfonos: 0414-4149481	
	Escuela: Electrónica	Facultad: Ingeniería	
	Inicio de la pasantía: 15-07-2019	Final de la pasantía: 30-09-2019	
	Tiempo completo:		Medio tiempo:
DATOS DE LA EMPRESA	Nombre: Valectra C.A.		Teléfonos: 0414-4294509
	Dirección: Zona Industrial Norte, Av. este-oeste 4 c/c norte-sur 4. Nro. 64-581. Valencia, Edo. Carabobo - Venezuela.		
	Actividad económica: Fábrica de Tableros Eléctricos para la Industria		
	Departamento donde realizará la pasantía: Ingeniería y Ventas		
DATOS DE LOS TUTORES	Tutor Académico: Jorge Pérez		Teléfonos:
	Tutor Empresarial: Orlando Loria		Departamento: Ingeniería y Ventas
	Cargo: Gerente de Ingeniería y Ventas		Teléfonos: 0414-4294509

TRABAJO DE PASANTÍA

Título de la pasantía: Diseño del proceso de llenado de envases de shampoo para la empresa MAC PLUS C.A.		
municipio Valencia, Edo Carabobo		
Identificación del problema o situaciones problemáticas: Esta es una empresa en proceso de crecimiento para la fabricación y distribución de productos de higiene personal, estos requieren del diseño de un proceso para el llenado de envases con shampoo para así complementar su línea de producción y tener un producto de calidad. .		
Formulación del problema: ¿De qué manera se puede complementar el proceso de producción de shampoo de la empresa MAC PLUS C.A. para a presentación del producto final?		
Objetivo General: Proponer el diseño del proceso de llenado de envases de shampoo para la empresa MAC PLUS C.A.	Objetivos específicos:	
	Diagnosticar la situación actual del proceso productivo de shampoo de la empresa MAC PLUS C.A.	
	Determinar los parámetros necesarios para el proceso de llenado.	
	Diseñar el proceso productivo del llenado de shampoo	
	Realizar un estudio de la factibilidad económica, social y ambiental para la implementación del proyecto por parte de la empresa.	
 Tutor académico	 Tutor empresarial	 Estudiante

APROBACIÓN POR LA COMISIÓN DE ESCUELA: _____


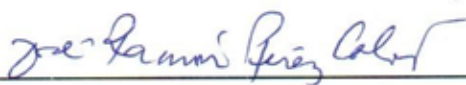
ANEXO 4-A (Continuación)



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

pág. 22

DESCRIPCIÓN PROGRAMÁTICA

Semana	Actividades a realizar	Observaciones
1	Inducción de las instalaciones de la empresa	
2	Inducción al puesto de trabajo	
3	Conocimiento de los sistemas de llenado	
4	Analizar la problemática de los sistemas de llenado	
5	Estudio de las ventajas del uso de PLC	
6	Empezar a realizar la programación del PLC	
7	Estudiar sobre los otros elementos necesarios para el diseño del sistema, sensores, etc...	
8	Continuar y finalizar la programación del controlador	
9	Diseño del esquema del sistema	
10	Montaje del sistema terminado	
11	Realizar las pruebas del sistema	
12	Finalizar el diseño del sistema y presentarlo	
Recomendaciones:		
 Tutor empresarial (Nombre, firma y sello de la empresa)	 Tutor académico (Nombre, firma y sello de la facultad)	





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

APROBACION DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero José Pérez, titular de la cédula de identidad V-8.829.908, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Juan Abou, portador de la cédula de identidad N° 26.150.787, titulado **“DISEÑO DEL PROCESO DE LLENADO DE ENVASES DE SHAMPOO PARA LA EMPRESA MAC PLUS C.A.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los cuatro (04) días del mes de mayo del año 2020

Jose Ramon Pérez Colón

Ing. José Pérez.
C.I.: 8.829.908



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

San Diego, marzo del 2020

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **DISEÑO DEL PROCESO DE LLENADO DE ENVASES DE SHAMPOO PARA LA EMPRESA MAC PLUS C.A.** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. José Pérez
C.I.:8.829.908

Firma

Fecha

Ing. Orlando Loria
C.I.:6.883.886

Firma

Fecha

Tutor Empresarial

AGRADECIMIENTO

A mi tutor academico por la colaboracion y aprobacion del trabajo de grado.

A las empresas :VALECTRA C.A. y KHELVECA, por la colaboración prestada.

A los profesores de la Universidad José Antonio Páez, por la formación académica.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
LA EMPRESA	
1.1 Descripción de la Empresa	3
1.1.1 Ubicacion.....	3
1.1.2 Misión.....	3
1.1.3 Visión.....	3
1.1.4 Valores	3
1.1.5 Política	4
1.2 Reseña Historia de la Empres.....	4
1.3 Estructura Organizacional de la Empresa.....	5
1.4 Descripción del Departamento Donde se Realizan las Pasantías	6
1.5 Procesos Productivos.....	6
1.6 Productos que Elabora.....	7
1.6.1 Productos	7
1.6.2 Servicios	7
CAPITULO II	
EL PROBLEMA	
2.1 Planteamiento del problema	8
2.2 Formulación del Problema	9
2.3 Objetivos de la Investigación	9
2.3.1 Objetivo General.....	9
2.3.2 Objetivos específicos	10

2.4 Justificación de la Investigación.....	10
2.5 Alcance	10

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes de la investigación	11
3.2 Bases Teóricas.....	13
3.2.1 Automatización.....	13
3.2.2 Controlador Lógico Programable (PLC)	13
3.2.2.1 Partes de un PLC	14
3.2.2.2 Lenguajes de Programación.....	15
3.2.2.3 Ventajas.....	17
3.2.3 Sensores	18
3.2.3.1 Características	18
3.2.3.2 Tipos de Sensores.....	18
3.2.4 Encoder	20
3.2.4.1 Tipos de Encoder	21
3.2.5 Variador de Frecuencia.....	22
3.2.5.1 Rectificador Trifásico.....	23
3.2.5.2 IGBT	24
3.2.5.3 Modulación por ancho de pulsos.....	25
3.2.6 Motor eléctrico	26
3.2.6.1 Tipos de motores	26
3.2.7 Servomotores.....	27
3.2.8 Servo drives	28
3.2.9 Ventilación Forzada	28
3.2.10 Motorreductores	29
3.2.11 Válvula Solenoide	30
3.2.11.1 Acción directa	30

3.2.11.2 Accion indirecta	30
3.2.11.3 Accion mixta	31
3.2.12 Actuadores	31
3.2.13 Cilindros Neumaticos	31
3.2.10.1 Tipos de cilindros neumaticos.....	32
3.2.14 Dosificador	32

CAPITULO IV

MARCO METODOLOGICO

4.1 Tipo de la Investigación	33
4.2 Diseño de la Investigación	33
4.3 Nivel de la Investigación	34
4.4 Poblacion y muestra	35
4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	35
4.5.1 Técnicas de Recolección de datos.....	35
4.5.2 Instrumentos de Recolección de datos	36
4.6 Técnicas de Análisis de Resultados.....	37
4.7 Fases de la Investigación	37

CAPITULO V

RECURSOS

5.1 Recursos Humanos	38
5.2 Recursos Institucionales	38
5.3 Recursos Materiales	38
5.4 Tiempo.....	39

CAPITULO VI

RESULTADOS

6.1 Fase I: “Diagnostico la situación actual del proceso productivo de shampoo de la empresa MAC PLUS C.A.”.	40
6.2 Fase II: “Parámetros necesarios para el proceso de llenado”	43

6.3 Fase III: “Diseño del proceso productivo del llenado de shampoo”	45
6.3.1 Selección de Componentes	47
6.3.2 Calculo de Parámetros del Proceso	60
6.3.3 Simulación en MATLAB	62
6.3.4 Método Ziegler y Nichols	65
6.3.5 Programación en LOGO! SOFT COMFORT V8.1	66
6.3.6 Planos de Fuerza, Control y Diseño del Tablero Eléctrico	71
6.4 Fase IV: “Factibilidad económica, social y ambiental para la implementación del proyecto por parte de la empresa”	75
6.4.1 Factibilidad Económica.....	75
6.4.2 Impacto Ambiental.....	77
6.4.3 Impacto Social.....	77
CONCLUSION.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de actividades.....	39
Tabla 2. Lista de cotejo.....	43
Tabla 3. Parámetros del proceso.....	44
Tabla 4. Lista de entradas y salidas del PLC	46
Tabla 5. Consumo de corriente... ..	50
Tabla 6. Diseño Banda Transportadora.....	58
Tabla 7. Análisis de precios.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pp.
1. Organigrama General VALECTRA C.A.	5
2. PLC Siemens LOGO!	13
3. Diagrama de funciones secuenciales	15
4. Diagrama de bloques de funciones	16
5. Diagrama de bloque de relés	16
6. Programación de texto estructurado	17
7. Lista de instrucciones	17
8. Sensor de proximidad capacitivo PNP Autonics.....	19
9. Sensor de proximidad inductivo PNP Autonics	19
10. Encoder incremental	21
11. Encoder rotatorio absoluto	22
12. Variador de frecuencia Fuji Mini	23
13. Rectificador trifásico no controlado	23
14. Rectificador trifásico semicontrolado	24
15. Rectificador trifásico controlado	24
16. IGBT de potencia	25
17. Diagrama IGBT de potencia	25
18. Motorreductor trifásico	29
19. Cilindro neumático doble efecto	31
20. Maquina Dosificadora.....	40
21. Maquina Dosificadora.....	41
22. Diagrama de Flujo	48
23. Fuente de alimentación Siemens LOGO!.....	50
24. Módulo de expansión Siemens	51
25. Sensor Retroreflectivo BR3M-MDT-C	52
26. Cilindro neumático normalizado FESTO.....	53
27. Sensor de proximidad FESTO	53
28. Electroválvula de 4/2 vías	55
29. Fuji Electric Frenic Mini C2	56
30. Interruptor LSIS	57
31. Supervisor Trifásico	59
32. Fusible ultrarrápido	59
33. Encoder incremental	60
34. Ensayo en el laboratorio.....	62

35. Esquema de simulación en MATLAB.....	64
36. Parámetros del motor de inducción	64
37. Curva de velocidad del motor de inducción.....	65
38. Curva de velocidad con recta tangente	65
39. Programación Parte 1.....	66
40. Programación Parte 2.....	67
41. Programación Parte 3.....	67
42. Programación Parte 4.....	68
43. Programación Parte 5.....	68
44. Programación Parte 6.....	69
45. Programación Parte 7.....	69
46. Curva de respuesta PI	71
47. Diagrama de Fuerza	72
48. Diagrama de Control	73
49. Tablero Eléctrico	74



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

**DISEÑO DEL PROCESO DE LLENADO DE ENVASES DE SHAMPOO
PARA LA EMPRESA MAC PLUS C.A.**

Autor: Abou, Juan.

Tutor: Prof. José Pérez.

Fecha: marzo 2020.

RESUMEN

Este proyecto consiste del diseño de un sistema de control automático para el llenado de envases de shampoo por medio de la empresa VALECTRA C.A. para la empresa MAC PLUS C.A. la cual carece de un sistema para este fin. Este sistema se diseñó a través de un controlador lógico programable (PLC), variador de velocidad y motor de inducción, con el cual se aprovechó la función PI (proporcional e integral) interna del CPU para controlar la posición de la banda transportadora mediante la manipulación de la velocidad haciendo uso de un encoder incremental. A fin de probar la estrategia de control seleccionada se realiza la simulación y modelación del sistema a través del programa MATLAB 2015, la versión 8.1 del LOGO!Soft Comfort, y la prueba de laboratorio con el Fuji inverter DRIVE software. La simulación por medio de estos programas muestra que es efectiva la estrategia propuesta en el correcto posicionamiento de los envases en la banda transportadora.

Descriptorios: Llenado, Automatización, Control, Simulación, Modelación.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la mayoría de las empresas embotelladoras a nivel mundial poseen sistemas automatizados para el proceso de purificación, lavado, llenado y tapado de envases con diferentes productos. Estos son sistemas completamente automatizados que permiten a la empresa mejorar los tiempos de producción, y minimizar los riesgos de error o falla sobre el producto final.

Es posible a través de diferentes métodos tener un control completo de un sistema automatizado, sin la necesidad de personal humano en el área, solo con la presencia cercana de un supervisor, para así obtener un producto final higiénico y de calidad para el consumidor.

La empresa MAC PLUS C.A. es una empresa en proceso de crecimiento que desea implementar un sistema de control automatizado para la planta en el área de llenado de envases, por lo tanto, a través de este proyecto se realizara el diseño del proceso de llenado de envases de shampoo, asesorado por la empresa VALECTRA C.A., haciendo uso de las nuevas tecnologías para controlar el proceso en general, regulando la velocidad de una cinta transportadora y de diferentes equipos para detectar los elementos que se encuentran en el área de trabajo.

El trabajo de investigación está dividido en cinco capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, estos capítulos se describen a continuación:

Capítulo I: Se refiere a la empresa donde se realizan las pasantías, haciendo hincapié en datos de la misma como lo es la ubicación, misión, visión y política de la empresa, así como también haciendo referencia en los diversos productos que elabora.

Capítulo II: Referido al problema por el cual se procede a realizar el proyecto, el planteamiento, el cual especifica las causas y el porqué de la realización de este trabajo, buscando respuesta a esto por medio de los objetivos generales y específicos.

Capítulo III: En el Marco Teórico se especifican los antecedentes del proyecto, y las bases teóricas que sustentan el trabajo.

Capítulo IV: Se describe el tipo de investigación y el diseño de la investigación, tomando la modalidad de proyecto factible y de una investigación del tipo documental y descriptivo, además se especifican las técnicas de recolección de datos y el análisis de los resultados.

Capítulo V: En este capítulo se hablará sobre los recursos que se utilizarán durante el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Descripción General de la Empresa

15.3.9 Ubicación

La empresa Valectra CA, RIF: J-30489013-3, ubicada en Calle Norte-Sur, Edif. Romi Valectra, N°. 64-581, Ind. Municipal Norte, Valencia, Estado Carabobo – Venezuela

1.1.2 Misión

Perteneciente al sector eléctrico privado nacional, destinada a mantener la más alta calidad en el proceso de fabricación y comercialización de equipos eléctricos, así como de ofrecer un alto nivel de servicio especializado en el desarrollo de proyectos de ingeniería, reparación y mantenimiento de equipos eléctricos y electrónicos; con el fin de satisfacer los requerimientos de sus clientes y contribuir a su desarrollo integral, manteniendo una rentabilidad que asegure su crecimiento y el del personal que en ella labora.

1.1.3 Visión

Conservar a lo largo de los años la fabricación y suministro de productos de la más alta calidad y confiabilidad, proporcionando satisfacción a los clientes, al cumplir con sus requerimientos, asesorándolos en la selección y uso del producto adecuado.

1.1.4 Valores

Los valores son cualidades, principios o creencias que la empresa posee y nos permiten guiar u orientar las decisiones, acciones y conductas de los trabajadores en función de éstos y así, hacerles saber qué deben priorizar al momento de tomar una decisión, crear un producto o tratar con un cliente. Valectra les ofrece a sus clientes servicios y valores de alta calidad, prevaleciendo el respeto y la honestidad.

1.1.5 Política

La Política de Calidad, así como el sistema, cuenta con el respaldo total de los Directores, por lo cual se difunden a todo el personal que conforma la empresa, a fin de que sean entendidos y aplicados correctamente, por lo que es compromiso de todo el personal de la organización conocerlos y utilizarlos durante la ejecución de sus actividades.

- § Comprometidos a aplicar la política de calidad en todo momento día a día
- § Comprometidos a lograr nuestros objetivos para la calidad
- § Comprometidos con los clientes
- § Comprometidos con la organización

15.3 Reseña Histórica de la Empresa

Fundada el 26 de noviembre de 1.976 en Valencia, Venezuela, cuenta con un área de producción de 2.000 m² para el diseño y fabricación tableros eléctricos industriales adaptados a las especificaciones y requerimientos de cada cliente, con la capacidad de soportar cualquier tipo de agresión ambiental a la que sean sometidos, protegiendo y garantizando el buen funcionamiento del sistema eléctrico que en ellas se encuentre instalado.

15.3 Estructura Organizacional de la Empresa

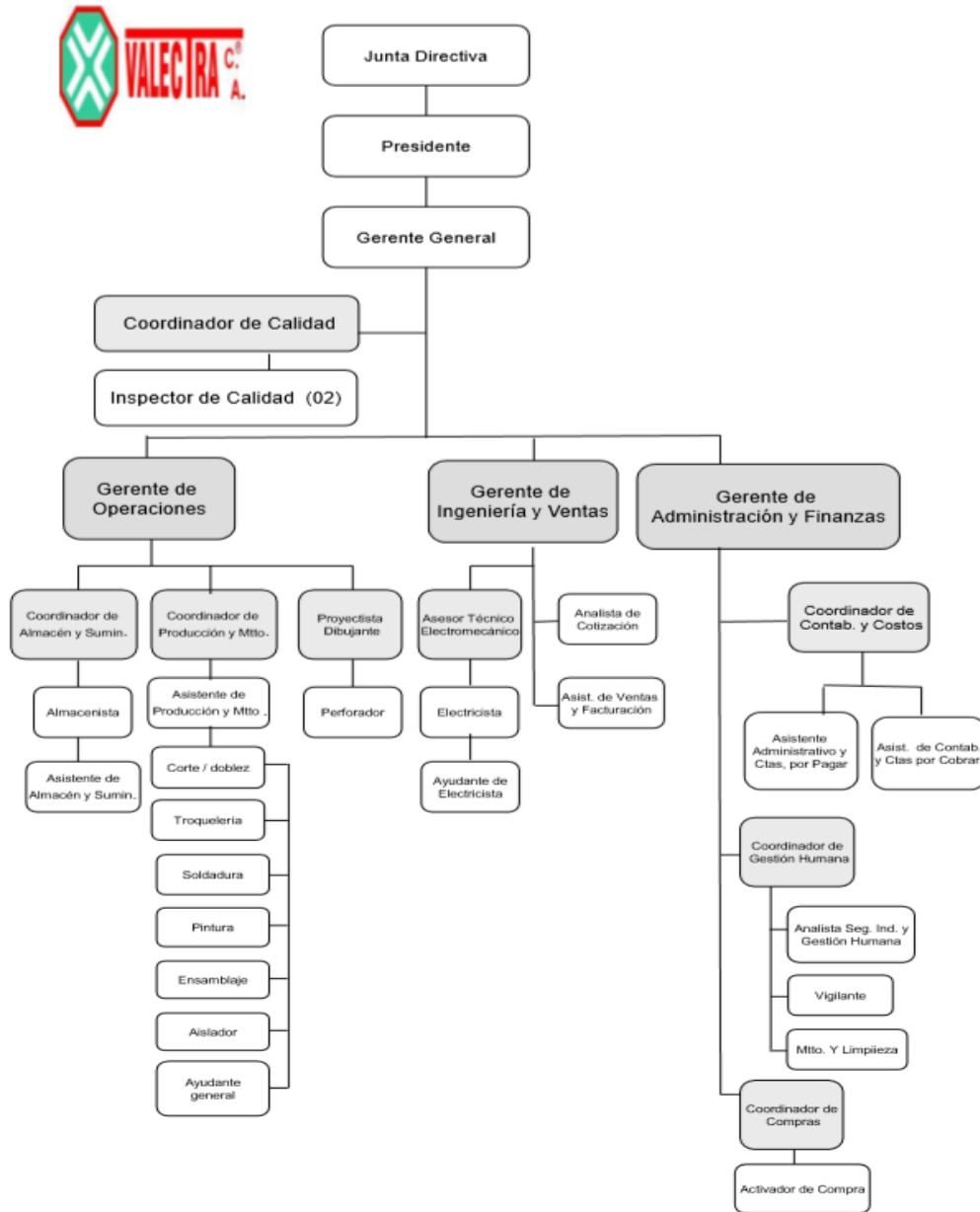


Figura 1: Organigrama General VALECTRA C.A.

Fuente: Autor (2019)

1.4 Descripción del Departamento Donde se Realizan las Pasantías

Formando parte del departamento de ingeniería se realizan trabajos de cotización y facturación dependiendo de las necesidades del cliente, pero principalmente se realizan trabajos de planta, como lo es específicamente en el área de electricidad, colaborando con la elaboración de tableros realizando el cableado y la puesta en marcha de los mismos.

1.5 Procesos Productivos

Después de realizar la cotización del proyecto de un cliente, si este lo aprueba se comienza el proceso de compra y diseño del mismo, pasando posteriormente a dar la orden de producción donde comienza la fabricación del producto solicitado. Para la fabricación de un tablero eléctrico primero se pasa por el área de corte de las láminas con las que será realizado el producto, troquelado a través de una maquina automática llamada EuroMac, después pasa por un proceso de doblado para pasar al área de soldadura y más tarde a pintura. Finalmente, después del secado de la pintura, se ensambla y pasa por electricidad donde se realiza el cableado correspondiente y las pruebas finales del producto para ser entregado, todos estos pasos son detenidamente seguidos por un equipo de control de calidad, el cual evalúa constantemente todo el proceso de fabricación para evitar un error y que pase a una siguiente fase con algún detalle, haciendo perder dinero y tiempo a la empresa en caso que no se haga correctamente, todo esto para obtener la máxima calidad del producto.

1.6 Productos y Servicios

1.6.1 Productos

- Tableros de Distribución Estándar
- Tableros de Iluminación
- Tablero Industrial Modular (TIM)
- Tablero de Fuerza y Control
- Celdas de Media Tensión
- Sub-estación Compacta
- Centro Control de Motores (CCM)
- Cajas y Gabinetes en hierro pulido y acero inoxidable

1.6.2 Servicios

- Instalación y Puesta en Marcha
- Planes de Formación
- Repuestos y Recambios de piezas con productos originales
- Mantenimiento Preventivo
- Reparaciones In Situ y Asistencia Remota
- Actualizaciones de Software
- Ingeniería y Asesoramiento en el desarrollo de proyectos

CAPITULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, la mayoría de las empresas a nivel mundial cuentan con sistemas automatizados o semiautomatizados para reducir la probabilidad de error y tener un proceso de fabricación más rápido y eficiente del producto deseado, manteniendo así un control más riguroso del proceso y aumentando en gran medida la productividad de la empresa.

En Venezuela, algunas empresas no poseen sistemas de control automatizados, desactualizados de las nuevas tecnologías para el control de procesos de producción, teniendo equipos y maquinaria de uso manual, que requieren de su respectivo manejo a través de personal humano en el área.

La empresa VALECTRA C.A. es una empresa que se encarga de la fabricación de tableros eléctricos, además de ofrecer diferentes servicios como lo es en el área de mantenimiento e ingeniería y desarrollo de procesos, prestándole servicio a la empresa MAC PLUS C.A. la cual es una empresa en auge de crecimiento ubicada en Maracay que se encarga de la fabricación de productos de higiene personal. El proceso del shampoo de esta empresa consiste primeramente en la recepción de la materia prima para luego ser transportada al área del proceso, posteriormente se procede a la preparación de las bases detergente de naturaleza jabonosa, y la base estabilizante, bactericida y colorante para la realización del producto. Se mezcla la base detergente con la estabilizante en una mezcladora para luego agregarle agua y otros ingredientes finales como fragancias y conservantes.

A partir de un producto listo almacenado en tambores, es necesario el envasado de los mismos en botellas plásticas para posteriormente su respectivo sellado y etiquetado para su distribución. La empresa MAC PLUS C.A. no posee un área de llenado de este producto en envases plásticos por lo cual requieren de la implementación de un proceso automatizado para el llenado de envases plásticos con el producto específico, en este caso es shampoo, cabe destacar que actualmente el área donde se procederá a realizar el llenado de envases de shampoo no posee ningún tipo de maquinaria en este momento. Se requiere la inyección de líquido dentro de un envase desplazado por una correa, la cual será maniobrada a través de un motor, recibiendo constantemente señales provenientes del campo a través de sensores seleccionados, mandando pulsos de salida hacia los dosificadores en tiempos y momentos precisos sin ningún tipo de retraso, reduciendo las probabilidades de error en el proceso y de riesgo al operador en turno, el cual puede sufrir de un accidente laboral en un espacio que puede ser supervisado y trabajado por un sistema automático manteniendo además la higiene en el área de trabajo, evitando derrames en el área y mala calidad de un producto que deberá ser sustituido trayendo costos adicionales a la empresa.

La empresa MAC PLUS C.A. requiere de un método que permita la obtención de sus envases plásticos llenos de shampoo, para así posteriormente culminar con el producto a distribuir.

2.2 Formulación del Problema

Mediante toda la información que ha sido expuesta anteriormente, llevó al investigador a formularse la siguiente interrogante ¿De qué manera se puede complementar el proceso de producción de shampoo de la empresa MAC PLUS C.A. para la presentación del producto final?

2.3 Objetivos de la Investigación

2.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño del proceso de llenado de envases de shampoo para la empresa MAC PLUS C.A.

2.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso productivo de shampoo de la empresa MAC PLUS C.A.
- Determinar los parámetros necesarios para el proceso de llenado.
- Diseñar el proceso productivo del llenado de shampoo
- Realizar un estudio de la factibilidad económica, social y ambiental para la implementación del proyecto por parte de la empresa.

2.4 Justificación de la Investigación

Debido a la problemática actual de la empresa, la cual fue explicada anteriormente, de implementar un sistema completamente automatizado implementando las nuevas tecnologías. Tomando las consideraciones anteriores se concluye que las ventajas de diseñar un sistema automatizado a la empresa MAC PLUS C.A. brindara la posibilidad de complementar el proceso de producción de shampoo en el área de llenado de envases para su respectiva distribución, además de reducir la contratación de personal, como la posibilidad de tomar acciones rápidas en caso de emergencia por parte del programa mandando señales de alerta al operador en caso de falla, evitando derrames provocando costos adicionales para la empresa. Se tendrá un sistema automático de llenado de envases de shampoo que permita aumentar la velocidad de producción, la reducción continua de los residuos y menos probabilidades de error, así como también el contacto del producto con los recursos humanos.

2.5 Alcance

Con esta propuesta se pretende llegar al diseño del sistema automatizado de llenado de envases de shampoo, realizando la programación adecuada obteniendo un sistema eficiente seleccionando los elementos necesarios a intervenir en el proceso, teniendo un control de posición preciso con respecto a la ubicación de los envases plásticos.

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Cóndor, M (2013) en su trabajo de grado **“Automatización del proceso de llenado de galones de agua en planta purificadora”** presentado ante la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Requisito para obtener el título de Ingeniero Electrónico, el cual trata sobre el enjuagado y envasado de agua purificada en botellas de 5 litros a través del uso de un PLC S7-200, donde fue necesario diseñar y construir una máquina simple capaz de lavar las botellas, de manera que se acople a la estación de llenado. De esta forma, las botellas enjuagadas son ubicadas en la llenadora y posteriormente tapadas en el encapsulador, concluyendo así un ciclo de trabajo.

Esta investigación está relacionada con la actual ya que hace referencia a un proceso de automatización y control de llenado de botellas a través del uso de un PLC S7-200 y diversos sensores.

Por otra parte, López, S. (2014) en tu trabajo titulado **“Diseño, instalación y puesta en marcha de un equipo con PLC para la automatización de la operación de llenado de botellones en la planta de agua de la FIA-UNAP.”** Presentado ante la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú. Para obtener el título de Ingeniero en industrias alimentarias. En el presente trabajo se desarrolló un esquema específico de la estructura, aplicaciones y lenguaje de programación (Ladder) de un PLC marca Schneider Electric modelo Zelio SR2 B121FU. Este PLC trabaja con un Software de simulación conocido como Zelio Soft 2, mediante este Software puede realizar la programación en la PC de un proceso de llenado de agua en botellas de 18lts. Y luego se transfiere todo el programa al PLC mediante la interfaz o cable de transferencia.

El trabajo anterior está relacionado con el trabajo de investigación actual debido a que se implementa un dispositivo tecnológico programable como lo es el PLC para llevar a cabo un proceso de llenado de envases con entradas como lo son pulsadores y sensores de nivel, y salidas a válvulas solenoides. En el trabajo actual se agregará adicionalmente un encoder incremental que se establece como una entrada al PLC y un variador de velocidad para controlar el motor de la correa.

De la misma manera Aguilar, R (2017) en su proyecto de investigación titulado **“Automatización del sistema de llenado de bidones plásticos para el control de válvulas y de faja transportadora, para la mejora de precisión de la cantidad de bebida gasificada utilizada en la embotelladora oriental S.A.C.”**. Presentado ante la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Peru, para optar por el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Este trabajo describe y resalta el aspecto de cómo utilizar un controlador lógico programable para controlar el accionamiento de válvulas y el desplazamiento de una faja transportadora de un sistema de llenado de bebidas gasificadas, con la finalidad de mejorar la precisión de la cantidad de agua utilizada mediante la automatización del sistema de llenado de bidones plásticos. El PLC a utilizar es un Nano PLC LOGO 230 RC, el programa se desarrollará con el Software LOGO SOFT COMFORT V8.

El proyecto se relaciona con el actual debido a que se implementa un PLC para realizar la automatización del llenado de bidones plásticos, controlando una serie de válvulas solenoides y dirigiendo una cinta transportadora a través de un variador de frecuencia, para realizar el arranque y la parada suavemente y evitar derrames de producto.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Automatización

La automatización es el conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano. Estos normalmente se utilizan para optimizar y mejorar el funcionamiento de una planta industrial.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas.

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada). 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.

3.2.2 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico programable, es un dispositivo electrónico que se programa para realizar acciones de control automáticamente. Un PLC es un cerebro que activa componentes de maquinarias para ejecuten tareas que pudieran ser peligrosas para el ser humano o muy lentas o imperfectas.



Figura 2: PLC Siemens LOGO!

Fuente: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/>

3.2.2.1 Partes de un PLC

- La fuente de alimentación: La función de la fuente de alimentación de un controlador, es suministrar la energía al CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC. En donde se utilizan 5v para alimentar a todas las tarjetas, 5.2v para alimentar al programador y 24v para los canales de lazo de corriente 20 ma.

- Unidad de procesamiento central (C.P.U): Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador.

- Batería: Se encarga de dar energía o alimentar la memoria RAM cuando el PLC no tenga alimentación. Esta batería no llega a ser necesaria cuando la memoria del PLC no es volátil.

- Memoria: Se encarga del componente del PLC encargado de guardar el programa en una memoria, la cual puede ser volátil, denominándose como memoria RAM, o no volátil, donde toma el nombre memoria ROM.

- Módulos: Posee un sistema de entradas y salidas, los cuales se presentan como módulos especiales para hacer posible la conexión física entre la unidad de procesamiento y el mundo exterior. A través de los módulos de salida las señales eléctricas son enviadas a los equipos de la instalación que llegan a ser controlados, y los módulos de entrada se encargan de acaparar toda señal eléctrica procedente de los equipos de instalación, lo cual llega a controlar el proceso.

Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómatas captadores de tipo todo o nada, como finales de carrera o pulsadores. Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo, cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un “1” y cuando llegan cero voltios se interpreta como un “0”.

Los módulos de entrada analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico como pueden ser la temperatura, la presión o el caudal.

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada.

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

- Puerto de comunicaciones: Se trata del medio de comunicación que usa el PLC con la interfaz, con los periféricos, las unidades de programación, con otros PLC, etc.

3.2.2.2 Lenguajes de Programación

- Diagrama de funciones secuenciales (sfc): Este tipo de lenguaje se trata de un método gráfico de modelado y descripción de sistemas de automatismos secuenciales, en los que el estado que adquiere el sistema ante el cambio de una entrada depende de los estados anteriores.

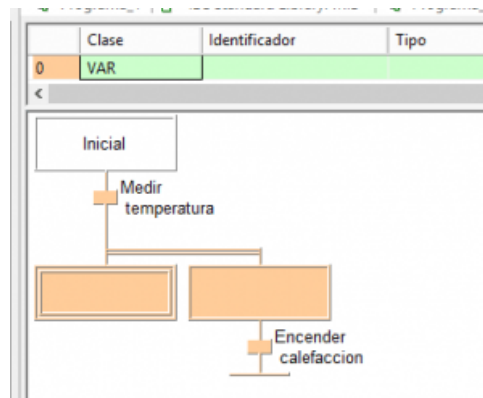


Figura 3: Diagrama de funciones secuenciales

Fuente: <https://www.drouiz.com/blog/2014/11/26/tipos-de-programacion-para-plc/>

- Diagrama de bloques de funciones (fbd): Este lenguaje de programación es de tipo gráfico y permite al usuario programar rápidamente, tanto expresiones como en lógica booleana. FBD proviene del campo del procesamiento de la señal y su utilización es conveniente cuando no hay ciclos, pero existen varias ramas en el programa a crear.

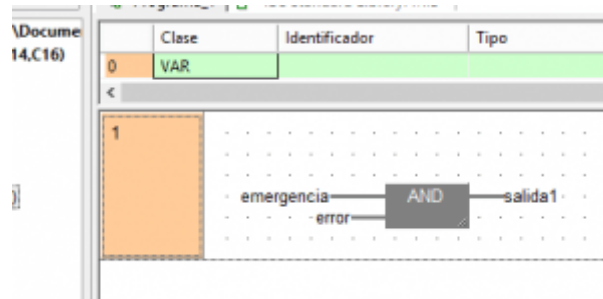


Figura 4: Diagrama de bloques de funciones

Fuente: <https://www.drouiz.com/blog/2014/11/26/tipos-de-programacion-para-plc/>

- Diagrama de tipo escalera (lad): Este tipo de lenguaje es un lenguaje gráfico que pueden soportar casi todos los PLCs. Se trata de una conexión gráfica entre variables de tipo Booleano, comparable a los antiguos controladores de tipo relé, donde se representa el flujo de energía en diagramas de circuitos eléctricos.

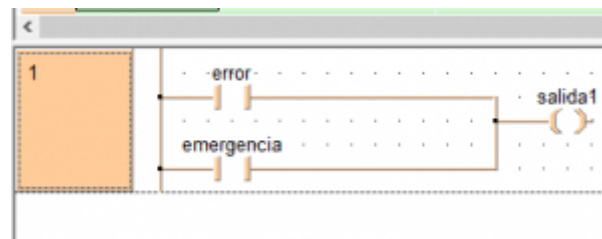


Figura 5: Diagrama de bloque de relés

Fuente: <https://www.drouiz.com/blog/2014/11/26/tipos-de-programacion-para-plc/>

Dentro de sus características principales se encuentra el uso de barras de alimentación y elementos de enlace y estados; la posibilidad de utilizar contactos, bobinas y bloques funcionales; así como de evaluar las redes en orden, de arriba abajo o de izquierda a derecha. Se trata de uno de los lenguajes más utilizados en la industria debido a su simplicidad, soportado y disponibilidad.

- Texto estructurado (st): Este cuarto tipo de lenguaje, ST, está basado, en cambio, en los lenguajes de tipo texto de alto nivel y es muy similar a los ya conocidos PASCAL, BASIC y C.

```
<
if (temperatura < 21) then
  salidaCaledera = true;
end_if;

if (temperatura > 23) then
  salidaVentilador = true;
end_if;
```

Figura 6: Programación de texto estructurado

Fuente: <https://www.drouiz.com/blog/2014/11/26/tipos-de-programacion-para-plc/>

- Lista de instrucciones (il/stl): Este quinto tipo de lenguaje, al igual que el anterior, se trata de un lenguaje de texto, en este caso, similar a un ensamblador. Está mucho más utilizado en Europa y se trata de un tipo conveniente para programas de poca extensión.

```
<
1 LD      error
  AND    emergencia
  ST     salida1
```

Figura 7: Lista de instrucciones

Fuente: <https://www.drouiz.com/blog/2014/11/26/tipos-de-programacion-para-plc/>

3.2.2.3 Ventajas

1. La lista de materiales queda reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente se elimina parte del problema de contar con diferentes proveedores y distintos plazos de entrega.
2. Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
3. Mínimo espacio de ocupación.
4. Menor costo de mano de obra de la instalación.
5. Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos operadores pueden indicar y detectar averías.

6. Posibilidad de operar varias máquinas con un mismo técnico.
7. Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.

3.2.3 Sensores

Un sensor es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

3.2.3.1 Características

1. Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
2. Precisión: es el error de medida máximo esperado.
3. Offset: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula.
4. Linealidad.
5. Sensibilidad.
6. Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede detectarse a la salida.
7. Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
8. Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
9. Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

3.2.3.2 Tipos de Sensores

Existen múltiples tipos de sensores cuya función varía de acuerdo al tipo de estímulo que pueden detectar.

Sensor de proximidad: es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Los más comunes son los interruptores de posición, los detectores capacitivos, los inductivos y los fotoeléctricos.

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.



Figura 8: Sensor de proximidad capacitivo PNP Autonics

Fuente: <https://www.everest.com.py/autonics-cr30-15dp-sensor-de-proximidad-capacitivo-00250>

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto.



Figura 9: Sensor de proximidad inductivo PNP Autonics

Fuente: <https://mexico.newark.com/autonics/pr18-5dp/inductive-proximity-sensor/dp/10R6737>

Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.

Humedad: Son sensores que miden la humedad relativa y la temperatura de un ambiente. Cuentan con circuitos integrados que les permiten emitir una señal acondicionada.

Velocidad: Los sensores utilizados para detectar la velocidad de un objeto o vehículo se conocen como “velocímetros”.

Temperatura: Un sensor de temperatura es un artefacto que arroja información sobre la temperatura del medio a través de un impulso eléctrico.

Piroeléctrico: Un sensor piroeléctrico o sensor PIR es aquel que se usa para medir la radiación de luz infrarroja emitida por un objeto dentro de su campo.

Luz: Los sensores de luz son sensores reflectivos que operan por intercepción de la señal. Operan haciendo uso de una célula receptora del estímulo enviado por una fuente luminosa, que puede ser una lámpara, un LED, un diodo láser, entre otros.

Contacto: Los sensores de contacto son aquellos que utilizan interruptores que se activan haciendo uso de actuadores físicos.

Sonido: Este tipo de sensor tiene la capacidad de captar los sonidos del ambiente por medio de un sistema de sonar o micrófono.

3.2.4 Encoder

Un encoder es un dispositivo de detección que proporciona una respuesta. Los Encoders convierten el movimiento en una señal eléctrica que puede ser leída por algún tipo de dispositivo de control en un sistema de control de movimiento, tal como un mostrador o PLC. El encoder envía una señal de respuesta que puede ser utilizado para determinar una posición, contar, velocidad o dirección de un objeto.

3.2.4.1 Tipos de Encoder

Encoder Incremental: Estos dispositivos detectan el movimiento y miden la distancia en función de la diferencia entre dos valores establecidos primeramente. El encoder incremental proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos, los cuales por lo general son “canal A” y “canal B”, además existe otra señal llamada canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder.



Figura 10: Encoder incremental

Fuente: <https://www.indiamart.com/proddetail/incremental-encoder-17028578973.html>

Encoder absoluto: Se toma como cero la posición inicial del objeto y se mide de forma absoluta a partir de esta posición. Los encoders absolutos ofrecen un código único para cada posición y se dividen en dos grupos, los encoders de un solo giro y los encoders absolutos de giro múltiple. Su tamaño es pequeño, lo que permite una integración más simple. Los encoders absolutos se aplican en motores eléctricos de corriente directa y sin escobillas, en sectores específicos como la maquinaria sanitaria.



Figura 11: Encoder rotatorio absoluto

Fuente: <https://www.indiamart.com/proddetail/absolute-rotary-encoder-15375473888.html>

Monovuelta: Dividen una revolución mecánica en un número determinado de pasos de medición. Tras una revolución completa, los valores de medición se repiten.

Multivuelta: No sólo registran la posición angular, sino que también cuentan las revoluciones. La emisión de las señales se efectúa ya sea a través de una interfaz SSI o de un sistema de bus tipo CAN o Profibus.

3.2.5 Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (CA), el equipo primero convierte la CA en corriente directa (CD), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR's), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal; posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD a un frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.



Figura 12: Variador de Frecuencia Fuji Mini
 Fuente: https://www.fujielectric.com/es/drives_automation

3.2.5.1 Rectificador Trifásico

Un rectificador trifásico o convertidor trifásico es un dispositivo electrónico capaz de convertir una corriente alterna de entrada en una corriente continua de salida, mediante dispositivos semiconductores capaces de manejar grandes potencias como diodos y tiristores.

Rectificador trifásico no controlado: Este tipo de rectificadores emplea como semiconductor, el diodo. Se denominan de este modo porque no se puede controlar la potencia de salida, es decir, para una tensión fija de entrada la tensión de salida es también fija.

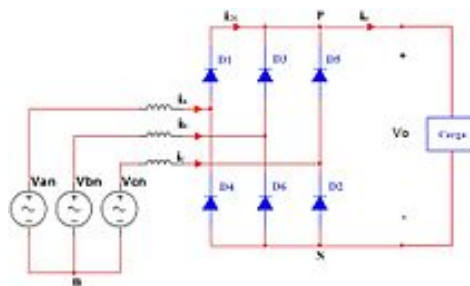


Figura 13: Rectificador trifásico no controlado
 Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Rectificador_trif%C3%A1sico

Rectificador trifásico semicontrolado: está compuesto por tres diodos y tres SCR. Trabaja solo un cuadrante, es decir que la corriente y el voltaje en la carga serán siempre positivos.

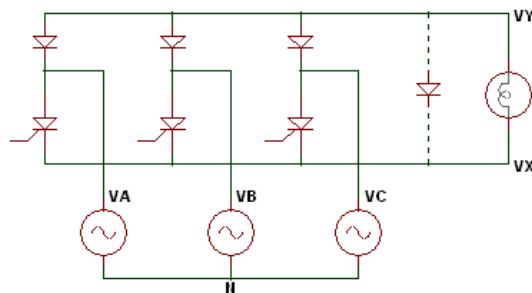


Figura 14: Rectificador trifásico semicontrolado

Fuente: <https://wilaebaelectronica.blogspot.com/2017/05/rectificador-trifasico.html>

Rectificador trifásico controlado: Este tipo de rectificador permite variar el voltaje promedio de salida, empleando para su funcionamiento tiristores de potencia con los cuales se puede variar el ángulo de disparo y por ende la potencia entregada a la carga.

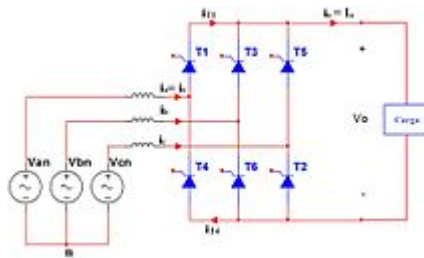


Figura 15: Rectificador trifásico controlado

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Rectificador_trif%C3%A1sico

3.2.5.2 IGBT

El IGBT es un dispositivo semiconductor de potencia que combina los atributos del TBJ y del MOSFET. Posee una compuerta tipo MOSFET y por consiguiente tiene una alta impedancia de entrada. El gate maneja voltaje como el MOSFET. Al igual que el MOSFET de potencia, el IGBT no exhibe el fenómeno de ruptura secundario como el TBJ. El transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) es un dispositivo electrónico que generalmente se aplica a circuitos de potencia. Este es un dispositivo para la conmutación en sistemas de alta tensión. La tensión

de control de puerta es de unos 15V. Esto ofrece la ventaja de controlar sistemas de potencia aplicando una señal eléctrica de entrada muy débil en la puerta.

Si un voltaje es aplicado a la compuerta, el IGBT enciende inmediatamente, la corriente I_D es conducida y el voltaje V_{DS} se va desde el valor de bloqueo hasta cero. La corriente I_D persiste para el tiempo t_{ON} en el que la señal en la compuerta es aplicada. Para encender el IGBT, el terminal drenaje debe ser polarizada positivamente con respecto a la terminal fuente.



Figura 16: IGBT de potencia

Fuente: <https://www.indiamart.com/proddetail/igbt-15450108955.html>

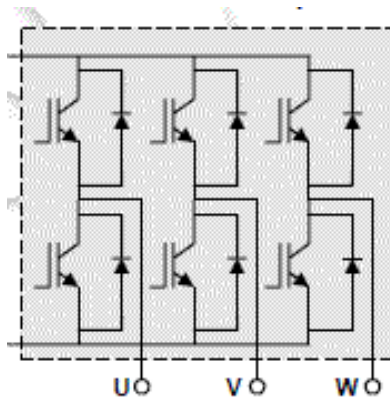


Figura 17: Diagrama IGBT de potencia

Fuente: <http://autonomojesusulcablog.blogspot.com/2016/11/transistor-igbt.html>

3.2.5.3 Modulación por Ancho de Pulsos

La modulación por ancho de pulsos también conocida como PWM de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de

una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

La modulación por ancho de pulsos es una técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los motores eléctricos de inducción o asíncronos. Mantiene el par motor constante y no supone un desaprovechamiento de la energía eléctrica. Se utiliza tanto en corriente continua como en alterna controlando un momento alto (encendido o alimentado) y un momento bajo (apagado o desconectado), controlado normalmente por relés (baja frecuencia) o MOSFET o tiristores (alta frecuencia).

3.2.6 Motor eléctrico

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

3.2.6.1 Tipos de motores

Motor de corriente continua: denominado también motor de corriente directa, motor CC o motor, es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético. Un motor de corriente continua se compone, principalmente, de dos partes, el estator, que da soporte mecánico al aparato y contiene los polos de la máquina, que pueden ser o bien devanados de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro, o imanes permanentes, y el rotor, que es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa a través las delgas, que están en contacto alternante con escobillas fijas.

Motor de corriente alterna: Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con este tipo de alimentación eléctrica. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada

de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos. Este se divide en motores universales, motores asíncronos, motores síncronos.

3.2.7 Servomotores

Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición. La presencia del sistema de engranajes hace que cuando movemos el eje motor se sienta una inercia muy superior a la de un motor común y corriente.

Las características de este motor son las siguientes:

- Posicionado preciso
- Estabilidad y alto rango de velocidad 6000 rpm
- Estabilidad de par
- Capacidad de sobrecarga
- Idóneos para movimientos precisos y repetitivos
- La velocidad no está limitada por la frecuencia de conmutación, caso de MPP

Tipos de servomotores:

- Corriente Continua: Manejan picos de corriente menores (RC, robótica, válvulas, disco duro, ...)
- Corriente Alterna: Manejan grandes picos de corriente (Industria, ascensores...)
- Brushless (CA o CC sin escobillas)

3.2.8 Servo drives

Un servo drive es un amplificador electrónico especial utilizado para alimentar servomecanismos eléctricos. Un servo drive monitorea la señal de retroalimentación del servomecanismo y se ajusta continuamente para desviarse del comportamiento esperado. El servo drive es responsable de regular la diferencia entre el estado real del motor con el estado del motor solicitado al hacer los ajustes de voltaje necesarios. Esto difiere de un sistema de circuito abierto donde el motor podría girar a las RPM incorrectas independientemente. Los servo accionamientos permiten que el motor responda con amortiguación, ganancia de retroalimentación y rigidez según los requisitos del sistema.

3.2.9 Ventilación Forzada

La ventilación forzada, también conocida como ventilación mecánica, es el proceso mediante el cual se suministra o extrae aire de un determinado espacio, utilizando dispositivos mecánicos (ventiladores) con el objeto de controlar los niveles de calor, extraer gases contaminantes, diluir partículas y polvillos producto de procesos industriales y proveer oxígeno necesario para el personal o habitantes del recinto.

Este tipo de ventilación independiente, conocida también como ventilación forzada, se puede suministrar para todos los tamaños de motor. Consiste en proveer al motor de una ventilación auxiliar que está alimentada independiente del motor principal. Se recomienda el montaje de un ventilador independiente en los siguientes casos: Cuando el motor va accionado por un convertidor de frecuencia y funciona a bajas velocidades, cuando se quiere limitar el ruido a altas velocidades, ambientes de altas temperaturas en los que se necesite una ventilación adecuada.

3.2.10 Motorreductores

Los reductores de velocidad son sistemas formados por engranajes que hacen que los motores eléctricos funcionen a distintas velocidades, son necesarios para toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial que precisan reducir de forma segura su velocidad.



Figura 18: Motorreductor trifásico

Fuente: <https://reyvarsur.com/producto/reductor-mecanico-sinfin-nmrv-fijacion-universal-marca/>

Hay una amplia gama de reductores de velocidad o motorreductores, aunque hay que señalar que existen diferentes modelos que se diferencian por su forma, por su disposición del montaje y resistencia. Ellos son: Engranajes Helicoidales, Corona y Sin Fin, Ortogonales, Ejes Paralelos, Pendulares y Planetarios.

Se logra una serie de ventajas usando reductores de velocidad:

- Se consigue un equilibrio perfecto entre la velocidad y la potencia transmitida.
- Se logra una eficacia en la transmisión de la potencia prestada por el motor eléctrico.
- Aumenta la seguridad en la transmisión, reduciendo tanto gastos como mantenimientos.
- Requiere menos espacio y mejor rigidez para el montaje.
- Se minimiza el tiempo de su instalación.

3.2.11 Válvula Solenoide

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para controlar el flujo (ON-OFF) de un fluido. Están diseñadas para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Estas válvulas pueden ser de dos hasta cinco vías.

En las válvulas de 2 vías, normalmente se utilizan las que funcionan con tres modalidades diferentes, dependiendo del uso que están destinadas a operar; pueden ser de acción directa, acción indirecta y acción mixta o combinada, además cada una de estas categorías puede ser Normalmente Cerrada (N.C.) o Normalmente Abierta (N.A.) , esto dependiendo de la función que va a realizar ya sea que esté cerrada y cuando reciba la señal a la solenoide abra durante unos segundos, o que esté abierta y cuando reciba la señal la solenoide corte el flujo.

3.2.11.1 Acción directa

El comando eléctrico acciona directamente la apertura o cierre de la válvula, por medio de un embolo. La diferencia entre la válvula N.C. a la N.A. de acción directa es que, cuando la válvula N.C. no está energizada el embolo permanece en una posición que bloquea el orificio de tal manera que impide el flujo del fluido, y cuando se energiza la bobina el embolo es magnetizado de tal manera que se desbloquea el orificio y de esta manera fluye el fluido. La N.A. cuando la bobina no está energizada mediante la acción de un resorte el embolo se mantiene en tal posición que siempre está abierta y cuando se energiza la bobina la acción es empujando el resorte haciendo que cierre el orificio e impida que fluya el fluido.

3.2.11.2 Acción Indirecta

La característica principal de la válvula del tipo acción indirecta es que cuando recibe el comando eléctrico se acciona el embolo el cual permite a su vez como segunda acción, o acción indirecta, que el diafragma principal se abra o se cierre, en una acción indirecta. Esta serie de válvulas necesita una presión mínima para poder funcionar correctamente. También en esta serie de comando indirecto tenemos válvulas normalmente cerradas y válvulas normalmente abiertas.

3.2.11.3 Acción Mixta

En las válvulas de Acción Mixta o Combinada no requieren una presión mínima como las de acción indirecta. Estas válvulas al igual que las de acción indirecta el comando de abertura se hace en 2 tiempos, primero se vacía la presión superior del diafragma grande y después, segunda acción, la presión de abajo del diafragma lo empuja para que se abra. Además, el embolo está sujetado por medio de un resorte al diafragma grande y este resorte acelera la acción de la presión de abajo hacia arriba para abrir el mismo diafragma, esta es la segunda etapa de apertura.

Estas válvulas de acción mixta pueden ser ya sea normalmente abiertas o normalmente cerradas.

3.2.12 Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo una válvula.

3.2.13 Cilindros Neumáticos

Los cilindros neumáticos transforman la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.



Figura 19: Cilindro neumático doble efecto

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/festo/product-4735-120580.html>

El cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que sale a través de una de las tapas.

3.2.13.1 Tipos de cilindros neumáticos:

El cilindro de simple efecto: Realiza el trabajo en un solo sentido, el émbolo se desplaza por la presión del aire comprimido, después retorna a su posición inicial por medio de un muelle recuperador o bien mediante fuerzas exteriores. Este se divide en 3 tipos, embolo, membrana y membrana enrollable.

Cilindros de doble efecto: Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial, ya que hay un esfuerzo neumático en ambos sentidos. Se dispone de una fuerza útil en ambas direcciones. Se pueden encontrar hasta 4 tipos de cilindros de doble efecto, con amortiguación interna, de vástago pasante, posicionadores y de percusión.

Cilindro de rotación: Estos cilindros por método de la presión introducida podemos obtener un movimiento rotativo. De este tipo de actuador podemos encontrar de 2 tipos, los cilindros de giro y los cilindros de cable.

3.2.14 Dosificador

Un Dosificador Proporcional es un dispositivo que permite agregar un líquido en cantidades precisas, además lo hace proporcionalmente de acuerdo al flujo que pasa por él, no importando cambios de presión o de flujo. Dicho líquido es conocido como concentrado y puede ser de diferentes tipos para diversas industrias, estos pueden ser: Lubricantes, Fertilizantes de Plantas, Insecticidas, Compuestos Químicos, Detergentes, Alimentos concentrados, etc.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de Investigación

La UPEL (1998) define el proyecto factible como un estudio “que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales” (p.7).

Del mismo modo, Arias, (2006) señala: “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).

Este trabajo se desarrolla bajo la modalidad de proyecto factible, ya que por medio de la recolección y análisis de datos se propone una solución al problema presentado por la empresa MAC PLUS C.A. proponiendo un sistema automatizado del llenado de envases de shampoo para reducir los problemas presentados por esta empresa y teniendo un control completo del sistema de llenado a través del uso de equipos modernos y actualizados.

4.2 Diseño de la Investigación

El diseño de investigación se define como la combinación de métodos elegidos por un investigador para que el problema de la investigación sea manejado eficientemente. Según Robles, F (2008) El diseño de investigación “es un conjunto de métodos y procedimientos utilizados al coleccionar y analizar medidas de las variables especificadas en la investigación del problema de investigación”.

Además, según Cabrero, J (2018) se define diseño de investigación como:

El diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación.

El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable. Los diseños son estrategias con las que intentamos obtener respuestas a preguntas como contar, medir y describir.

Según Santa y Martins (2010), define: “La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta”. (pag.88)

En una investigación de campo también se emplea datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, lo esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado.

Esta investigación está basada en una investigación de campo y documental debido a que se trabaja en un ambiente físico donde se implementará el sistema propuesto, además se hará uso de recursos como lo son manuales, planos, procesos productivos, informes, etc.

4.3 Nivel de Investigación

El nivel de una investigación es según Álvarez, J (2008) “viene dado por el grado de profundidad y alcance que se pretende con la misma”.

La investigación actual es de nivel descriptivo, ya que se trata de obtener información acerca de un fenómeno o proceso, para describir sus implicaciones y dar una solución al problema planteado.

Según Álvarez, J (2010) El nivel de investigación descriptiva ocurre “cuando se señala cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno o evento, cuando se busca especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a estudiar”.

4.4 Población y Muestra

La población de este proyecto será la fábrica de productos de limpieza e higiene personal MAC PLUS C.A. en donde se encuentra el proceso a automatizar. Según Wigodski, J (2010) “población es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado”.

La muestra tomada será el proceso de llenado de envases de shampoo de dicha empresa, en donde se realizará la automatización del proceso, la muestra según Diaz, A (2010) “es un subconjunto de la población que recoge todas las características relevantes de la población”.

4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Según Márquez, F (2016) “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información”. Las técnicas de recolección de datos se clasifican en cualitativas, cuantitativas y mixtas, la investigación cuantitativa busca recolectar datos numéricos o exactos mientras que la investigación cualitativa busca obtener información sobre el contexto y las características de los fenómenos sociales. Por otro lado, las técnicas mixtas, como su nombre lo indica, son aquellas que permiten recolectar información cualitativa y cuantitativa a la vez.

4.5.1 Técnicas de recolección de datos:

Observación Directa:

Albert, F (2007) señala que “Se trata de una técnica de recolección de datos que tiene como propósito explorar y describir ambientes...implica adentrarse en profundidad, en situaciones sociales y mantener un rol activo, pendiente de los detalles, situaciones, sucesos, eventos e interacciones”. Esta observación se hará directamente en la empresa MAC PLUS C.A.

Entrevista Individual no Estructurada:

Rojas, P (2010) define entrevista como “un encuentro en el cual el entrevistador intenta obtener información, opiniones o creencias de una o varias personas”. Por otro lado, Taylor y Bogdan (2000) definen entrevista individual

como “una conversación, verbal, cara a cara y tiene como propósito conocer lo que piensa o siente una persona con respecto un tema en particular”. Por su parte, Albert, F (2007) señala que es “una técnica en la que una persona(entrevistador) solicita información a otra(entrevistado/informante) para obtener datos sobre un problema determinado”. El uso de esta técnica es sumamente importante para este proyecto, ya que se debe recolectar todos los requisitos necesarios para realizar una correcta y eficiente automatización del sistema de llenado de envases de shampoo.

Análisis Documental:

De acuerdo con Quintana (2006) “constituye el punto de entrada a la investigación. Incluso en ocasiones, es el origen del tema o problema de investigación. Los documentos fuente pueden ser de naturaleza diversa: personales, institucionales o grupales, formales o informales”. A través de ellos es posible obtener información valiosa para lograr el encuadre que incluye, básicamente, describir los acontecimientos, así como los problemas y reacciones más usuales de las personas o cultura objeto de análisis. Por medio de la recopilación documental se obtendrá información de datos a partir de documentos propios de la empresa.

4.5.2 Instrumentos de recolección de datos:

Lista de cotejo:

Es un instrumento estructurado que registra la ausencia o presencia de un determinado rasgo, conducta o secuencia de acciones. La lista de cotejo se caracteriza por ser dicotómica, es decir, que acepta solo dos alternativas: si, no; lo logra, o no lo logra, presente o ausente; entre otros. Tobón (2013) define la lista de cotejo como “tabla con indicadores y dos posibilidades de evaluación: presenta, o no presenta el indicador. Así mismo considera que es útil cuando se tienen muestras grandes y una de sus desventajas es que no tiene puntos intermedios en el logro de un determinado aspecto” (pág. 4).

4.6 Técnicas de Análisis de Resultados

Una vez que se ha realizado la recopilación y registro de datos, estos deben someterse a un proceso de análisis o examen crítico que permita precisar las causas que llevaron a tomar la decisión de emprender el estudio. Para este trabajo el método más utilizado será la entrevista a los dueños de la empresa para obtener todas las especificaciones de cómo debe ser realizado el proyecto de automatización, en donde deberán ser anotados ciertos datos necesarios para luego ser analizados para poder realizar una programación efectiva y una selección precisa de los elementos a utilizar.

4.7 Fases de la Investigación

Según Toro (2003) “Consiste en desarrollar una investigación a través de una serie de etapas que llevan una secuencia lógica que no debe omitir ni alterar su orden”.

Fase I: “Diagnostico de la situación actual del proceso productivo de shampoo de la empresa MAC PLUS C.A.”.

Se realizará la observación y análisis del proceso de shampoo, realizando la entrevista al dueño de la empresa o al encargado de momento para obtener toda la información necesaria del proceso a automatizar.

Fase II: “Parámetros necesarios para el proceso de llenado”.

Evaluar y seleccionar los elementos adecuados para el proceso para así poder realizar posteriormente el diseño con todos los elementos del proceso.

Fase III: “Diseño del proceso productivo del llenado de shampoo”.

Se procede a realizar la programación, analizando las entradas y salidas necesarias con respecto a todos los elementos que intervienen en el proceso.

Fase IV: “Factibilidad económica, social y ambiental para la implementación del proyecto por parte de la empresa”.

Se evaluará la factibilidad económica de la automatización del proceso y de los elementos a utilizar para que sea posible su implementación, y además identificar el impacto social y ambiental del proceso automatizado.

CAPÍTULO V

RECURSOS

5.1. Recursos Humanos

Para el desarrollo del proyecto de investigación se contó con el apoyo de:

- 1 Estudiante de Ingeniería Electrónica
- 1 Tutor académico: Ing. José Pérez
- 1 Tutor empresarial: Ing. Orlando Loria

5.2. Recursos Institucionales

Entre los recursos institucionales se tienen:

- Biblioteca Virtual de la Universidad “José Antonio Páez” (UJAP).

5.3. Recursos Materiales

En lo que respecta a recursos materiales necesarios para el desarrollo de este proyecto se encuentran:

- Computador personal DELL
- Bolígrafos, lápices

5.4. Tiempo

A continuación, se presentará el Cronograma de Actividades para el desarrollo del objeto de estudio, dentro de esta planificación se especifica que tarea se ha de cumplir dependiendo del mes además de la cantidad de tiempo que requiere cada tarea

Tabla 1: Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	TIEMPO								TOTAL (MESES)
	jul-19	ago-19	sept-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	
Diagnosticar el proceso de llenado de los envases de shampoo de la empresa MAC	X								1
Determinar los parámetros de control del proceso mediante la utilización de		X	X						2
Diseñar el sistema de control del sistema utilizando la				X	X	X			3
Realizar un estudio de la factibilidad económica, social y ambiental para la							X		1
Entrega final								X	1
									8

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1 Fase I: Diagnostico de la situación actual del proceso productivo de shampoo de la empresa MAC PLUS C.A.

Se realizó una visita a la empresa MAC PLUS C.A., con el fin de recolectar todos los datos pertinentes para la realización del proyecto a trabajar. Se realizó una observación detallada con el fin de determinar el estado actual del proceso de llenado de shampoo, cada etapa de este proceso se encuentra separada una de otra, donde hay un área específica para cada parte del proceso. Este proceso inicia con el suministro de las materias primas para la fabricación del shampoo, para luego comenzar la etapa de producción, en la que se ejecuta la mezcla de todas las materias primas, según lo establecido en los procedimientos, conforme a lo estandarizado en el desarrollo del producto, al llegar a la etapa de llenado, se observa una máquina que cuenta con una base para la implementación de una cinta transportadora, y además un sistema de dosificación por pistón. En la imagen número 20 se observa el área.



Figura 20: Maquina Dosificadora
Fuente: Autoría propia, (10-2019)



Figura 21: Maquina Dosificadora

Fuente: Autoría propia, (10-2019)

A través de la imagen anterior se ubican y nombran los componentes de la maquina dosificadora existente en el área.

1. Cilindro Dosificador
2. Base de Banda Transportadora
3. Pistones de Almacenamiento del Producto
4. Conducto de Flujo de Aire en Forma de T
5. Tanque de Almacenamiento del Producto

Banda transportadora:

Se tomaron las medidas de la base de la banda transportadora para su respectiva selección, las cuales son 15cm de ancho y 3mts de largo, donde la estructura posee unas barras a los laterales para la colocación de los envases, para evitar que estos se caigan o se derrame el producto.

Envase del producto:

El envase a utilizar es un envase de plástico con capacidad para 1 litro de producto, cuenta con un peso de 30 gramos, una altura de 27,2 cm y un diámetro de cuerpo de 8 cm, con un diámetro interno de la boca de 2,1 cm, y un diámetro externo de 29cm.

Sistema de dosificación:

Actualmente en esta área se encuentran dos dosificadores de pistón ya instalados, los cuales poseen dos cilindros los cuales se llenan del líquido del producto y lo empujan hacia dos cilindros más, los cuales funcionarían como válvulas neumáticas, cuando el pistón grande empuje el líquido, el cilindro más pequeño se abre y permite el paso del líquido hacia el exterior. Este sistema tiene la ventaja que puede succionar el líquido desde un tanque ya existente en el área, hasta el espacio de almacenamiento del pistón, para comenzar fácilmente el proceso de dosificación, este espacio de almacenamiento tiene capacidad para 1 litro exacto del producto. Cabe destacar, que por lo que se observa, estos cilindros no están magnetizados, por lo tanto, es imposible colocar sensores magnéticos.

Al realizar la entrevista con el cliente, este especifica la necesidad de la implementación de 2 pistones, los cuales tendrán la labor de frenar los envases mientras la cinta transportadora sigue avanzando, la ubicación de los pistones será al inicio de los dos dosificadores y después de ambos, en la tabla número 2 se observa la lista de cotejo o checklist de aquellos elementos que se encuentran o no en el área de llenado, las columnas de SI y NO determinan la existencia del elemento, y la columna cant, la cantidad de cada uno.

Tabla 2: Lista de cotejo

N°	Descripción	SI	NO	Cant
1	Cilindros Dosificadores			

Tabla 3. Parámetros necesarios del proceso de llenado.

Parámetros	Descripción
Velocidad Operativa	Velocidad de operación del proceso de llenado para evitar la caída de los envases y obtener la cantidad de botellas requerida en un lapso de tiempo.
Distancia	Distancia que deberán recorrer los envases para llegar a los cilindros dosificadores.
Aceleración	Aceleración del motor para que los envases no se caigan al momento del arranque de la máquina, llamado también rampa de aceleración.
Parámetros nominales del motor	Descripción
Corriente	Corriente de funcionamiento de la máquina.
Frecuencia	Frecuencia de trabajo normal de la máquina.
Velocidad	Velocidad normal de trabajo de la máquina.
Potencia	Potencia máxima de demanda la máquina.
Voltaje	Voltaje de trabajo de la máquina.

Estos parámetros deberán ser tomados en cuenta al momento de programar el controlador, la velocidad es uno de los más importantes, manipulando el ancho de pulsos del variador, y la posición la cual será nuestra variable a controlar durante

el proceso, ya que a través de estas dos evitamos la caída de los envases y controlamos el posicionamiento de los mismos. Al establecer la velocidad adecuada, el motor estará funcionando a través de los pulsos recibidos por el encoder, por medio del cual controlamos la distancia que recorrerán los envases sobre la cinta transportadora. Otros parámetros a tomar en cuenta son los de la placa del motor para poder programar correctamente el variador de velocidad y que trabaje de forma óptima, la corriente, la frecuencia, la velocidad y la potencia nominales del mismo son los más destacados al momento de programar el variador. Para realizar una simulación adecuada en el programa de MATLAB, será necesario todos estos parámetros del motor, además de estos últimos se pueden mencionar la resistencia del estator y del rotor, y la inductancia del estator y del rotor, además de la inercia del rotor. Existen otros factores a tomar en cuenta como lo es el tipo de cilindro neumático que estamos usando, el material de fabricación de los envases para la selección correcta del sensor, las dimensiones del envase para poder establecer la distancia correcta desde el sensor hasta el dosificador, y para la fabricación de los perfiles entre cada envase y dimensionar correctamente todos los elementos del sistema. Para poder posicionar el envase en la posición adecuada, se hará a través de aquellos pulsos emitidos por el encoder hacia el PLC, los cuales representan una distancia lineal, con la cual mediremos la cantidad de pulsos para llegar a la posición.

6.3 Fase III: Diseño del proceso productivo del llenado de shampoo.

Previamente a seleccionar todos los elementos a utilizar para el desarrollo del trabajo, se deben tomar en cuenta todas las entradas y salidas a utilizar en el PLC, para poder seleccionar el adecuado y con suficiente capacidad de memoria para llevar a cabo este proceso, en la tabla 4 se presentan las variables del proceso, en donde se especifica la posición asignada en el PLC, el tipo de variable, si es una entrada o salida del PLC, y una breve descripción del trabajo o la función de esta variable.

Tabla 4: Lista de entradas y salidas del PLC

#	Posición	Nombre	Tipo variable	Descripción
1	I1	Pulsador Arranque	Entrada Digital.	Señal digital que enciende la electricidad y da inicio al motor para avanzar la cinta.
2	I2	Pulsador Parada	Entrada Digital.	Señal digital que corta la electricidad y detiene el proceso.
3	I3	Sensor Fotoeléctrico 1	Entrada Digital.	Señal que capta la presencia de un envase plástico al inicio del proceso.
4	I4	Pulsador Emergencia	Entrada Digital.	Señal de emergencia que interrumpe completamente el proceso.
5	I5	Encoder Incremental	Entrada Digital.	Señal digital de pulsos que trabaja como un contador, para obtener mejor posicionamiento
6	I6	Sensor Pistón 1 Botella Inicio	Entrada Digital.	Señal que indica la posición cero del pistón, en el cual el vástago está recogido y permite el paso de botellas.
7	I7	Sensor Pistón 1 Botella Final	Entrada Digital.	Señal que indica la posición uno del pistón, en el cual el vástago está en su final e impide el paso de botellas.
8	I8	Sensor Pistón 2 Botella Inicio	Entrada Digital.	Señal que indica la posición cero del pistón, en el cual el vástago está recogido y permite el paso de botellas.
9	I9	Sensor Pistón 2 Botella Final	Entrada Digital.	Señal que indica la posición uno del pistón, en el cual el vástago está en su final e impide el paso de botellas.
10	I10	Sensor Fotoeléctrico 2	Entrada Digital.	Señal que capta la presencia de un envase plástico al final del proceso.
11	Q1	Arranque Motor	Salida Digital.	Enviar señal del PLC al variador de velocidad para encender el motor.

12	Q2	Luz Piloto	Salida Digital.	Luz Piloto que indica el estado de funcionamiento de la máquina.
13	Q3	Pistón	Salida digital.	Señal que da la orden al pistón para que avance y expulse líquido.
14	Q4	Cilindro	Salida digital.	Señal que da la orden al cilindro dosificador.
15	Q5	Pistón 1 Botella	Salida digital	Señal digital que da la orden al primer pistón que permitirá el paso las botellas sobre la banda transportadora
16	Q6	Pistón 2 Botella	Salida digital.	Señal digital que da la orden al segundo de los pistones que detendrán las botellas sobre la banda transportadora

Posteriormente a conocer toda las entradas y salidas requeridas del proceso, se procede a realizar el diagrama de flujo correspondiente al proceso a programar, Este se observa en la figura número 21. El diagrama será de utilidad para tener un mejor orden y mejor control al momento de realizar la programación en el PLC, ayudando a la comprensión del proceso al mostrarlo con un dibujo. Aquellas entradas que se observan en el diagrama de flujo, pueden ser identificadas con la tabla de entradas y salidas del PLC.

6.3.1 Selección de Componentes

Selección de Controlador Lógico Programable.

LOGO! 8 es la última generación de módulos lógicos inteligentes de Siemens, que ofrece una actualización refinada de la generación anterior. Las mejoras incluyen manejo simplificado, nuevo display de indicación óptica y funciones de comunicación completas a través de Ethernet en toda la gama completa de módulos lógicos. Otro beneficio añadido de LOGO!8 es que todos los módulos lógicos vienen equipados con un servidor web integrado para monitorizar

y controlar con LOGO!. A través de WLAN e Internet; fácil de configurar, sin que sean necesarios conocimientos de programación HTML.

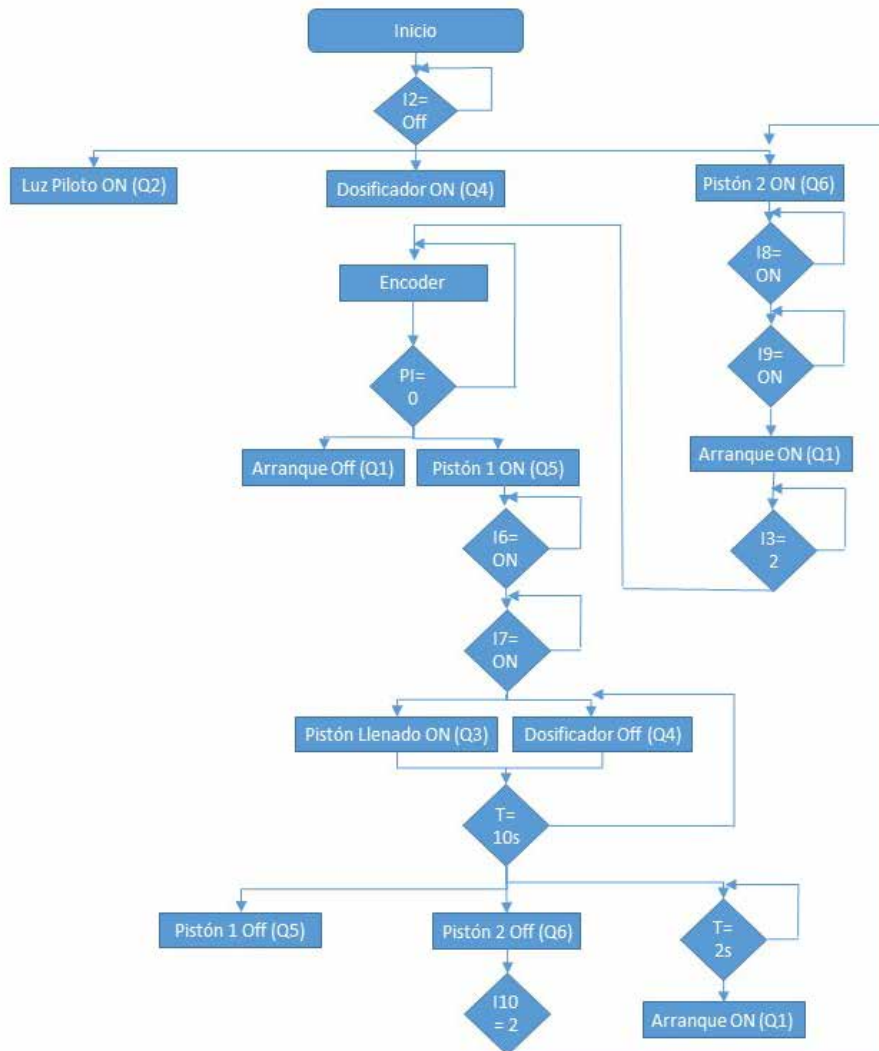


Figura 22: Diagrama de Flujo

Fuente: Autoría Propia (2020)

Características:

- Módulo lógico con pantalla
- Manipulación simplificada
- Rangos de temperatura de funcionamiento entre -20 °C y 55 °C.

- Función de comunicación completa
- Servidor web integrado
- Retroiluminación Orange y roja
- Los módulos lógicos son compatibles con todas las tensiones
- Conectividad Ethernet integrada
- No se requiere conocimiento HTML
- Ampliable Modularmente
- Tiempo de SCAN de las entradas ultrarrápidas, de 0 a 1 1.5ms, y de 1 a 0 1.5ms.

Con un voltaje de alimentación de 12/24 VDC, 8 entradas digitales, de las cuales 4 pueden ser usadas como entradas analógicas, 4 salidas digitales, con memoria para 400 bloques, con la capacidad de incorporar módulos de expansión y cable ethernet para la comunicación. Este es el PLC adecuado para este proceso, debido a que cuenta con las especificaciones requeridas para el proyecto, como lo es la cantidad de entradas y el CPU posee suficiente espacio para la programación, pero es necesario adicionarle un módulo de expansión para contar con una mayor cantidad de salidas digitales. Además, este PLC fue seleccionado debido a que se encuentra en el almacén de la empresa y cumple con los requisitos mínimos para la realización del proyecto, con el fin de reducir costos en el proyecto, evitando hacer un gasto adicional para la incorporación de un PLC. El consumo de corriente del PLC para 24VDC es de 20mA – 75mA. Las dimensiones de este producto son: Anchura 72mm, profundidad 55mm y longitud 90mm.

Selección de Fuente de Alimentación.

La fuente de alimentación Siemens LOGO! POWER 24V 1,3^a – 6EP1331-1SH03, es la indicada para la alimentación del PLC a utilizar, cuenta con una entrada de 100-240 V AC, entrada de voltaje de 1 fase con salida de 24 V DC/1.3 A y potencia de 38 watt. Las dimensiones del producto son anchura 54 mm, altura 90 mm y profundidad 58 mm. Para la selección correcta de la fuente de alimentación, se realizo

un estudio de todos los elementos que consumen corriente en el sistema, todos estos serán alimentados por esta fuente, a continuación se presenta una tabla con todos los valores de corriente de los elementos a utilizar.

Tabla 5: Consumo de corriente.

Elemento	Cantidad	Consumo(A)	Consumo Total (A)
Válvulas	4	0,083	0,332
LOGO	1	0,075	0,075
Modulo	1	0,075	0,075
Sensor Fotoeléctrico	2	0,045	0,09
Sensor Magnético	4	0,1	0,4
Encoder	1	0,1	0,1
TOTAL			1,072



Figura 23: Fuente de alimentacion Siemens LOGO!

Fuente: <https://www.automation24.biz/siemens-logo-power-24v-1-3a-6ep1331-1sh03>

Selección de Módulo de Expansión

El módulo lógico 6ED1055-1CB00-0BA2 para LOGO! Cuenta con 4 entradas digitales y 4 salidas de relé, en donde, para una señal de “0” < 5 V DC y para una señal “1” > 12 V DC. Este módulo lógico de montaje en carril DIN. El módulo lógico tiene una tensión de alimentación de 24VDC. Las dimensiones de este elemento son anchura 36mm, profundidad 55mm y longitud 90mm. Este es ideal para nuestro proceso ya que abarcamos todas las entradas y salidas a utilizar

con un margen de flexibilidad en el caso que sea necesario añadir algún otro elemento al sistema. El consumo de corriente es de 20mA – 75mA.



Figura 24: Módulo de expansión Siemens

Fuente: <https://www.automation24.biz/siemens-logo-power-24v-1-3a-6ep1331-1sh03>

Selección de Sensor Fotoeléctrico

Se utilizaron dos sensores fotoeléctricos retroreflectivo BR3M-MDT-C de la marca Autonics, el cual usa un espejo especial (reflector) con alta reflectividad para medir y comparar la diferencia de cantidad de luz emitida con la luz recibida a través del espejo. En el mismo cuerpo se encuentra el emisor y el receptor. Este tipo de sensor es el más utilizado en las industrias para la detección de objetos sobre cintas transportadoras, debido a que a diferencia del difuso relfectivo, este cuenta con un espejo que limitara la distancia de medición del sensor, asegurando la detección únicamente del objeto sobre la cinta transportadora, y no de algún otro objeto u operador en el área. Se necesitarán dos de estos, uno al inicio del proceso para detectar la entrada de los envases, y otro para detectar la salida de los mismos de la máquina.



Figura 25: Sensor Retroreflectivo BR3M-MDT-C

Fuente: <https://www.autonics.com/model/A1650000156>

Las características técnicas de este sensor son las siguientes:

- Distancia de detección: 3m(MS-2)
- Objetivo de detección: Material opaco de min. Ø60mm
- Fuente de luz: LED rojo (660nm)
- Tiempo de respuesta: Max. 1ms
- Fuente de alimentación: 12-24VCC \pm 10% (rizado P-P: máximo 10%)
- Modo de operación: Light ON/Dark ON (ajuste por cable de control)
- Salida de control: NPN a colector abierto
- Consumo max 45mA

Selección de Cilindro Normalizado

Para este sistema es necesaria la selección de un par cilindros normalizados, los cuales serán utilizados sobre la banda transportadora para controlar el paso de envases plásticos, teniendo uno a cada extremo de los dosificadores utilizados, estos son sumamente importantes ya que impedirán el ingreso de envases plásticos adicionales en la zona de los dosificadores, manteniendo además la distancia entre los envases.

El cilindro a utilizar será un cilindro normalizado de doble efecto DSBC-40-160-PPVA-N3, de la marca FESTO, el cual cuenta con 160mm de carrera, abarcando todo el ancho de la cinta transportadora, con un diámetro del émbolo de 40mm. Cuenta con amortiguación regulable a ambos lados del cilindro, para así preservar el estado del cilindro reduciendo el impacto significativamente, además cuenta con la capacidad de integración de sensores de proximidad, siguiendo las normas ISO 15552. Para este proceso se utilizarán 2 cilindros de esta modalidad.



Figura 26: Cilindro neumático normalizado FESTO

Fuente: <https://export.rsdelivers.com/es/product/festo/dsbc-40-160-ppva-n3/>

Selección de Sensor de Proximidad para Cilindro Normalizado

Es necesaria la implementación de sensores de proximidad en los cilindros que estamos utilizando, para así poder conocer la posición exacta del vástago, para poder tomar las acciones necesarias con respecto a su posición. Se utilizarán sensores magnéticos, los cuales reaccionan ante los campos magnéticos de imanes permanentes y de electroimanes. Estos son los sensores utilizados para la detección de posición del cilindro.

El sensor a utilizar será el sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-0,3-M8D, de la marca FESTO, el cual es un sensor magnético, sin contacto, para ranura en T, la cual corresponde con el cilindro normalizado seleccionado. Trabaja con una tensión de 24VDC, una corriente máxima de salida de 100 mA y con salida del tipo PNP.



Figura 27: Sensor de proximidad FESTO

Fuente: <https://cl.rsdelivers.com/product/festo/smt-8m-a-ps-24v-e-03-m8d/detec>

Selección de Electroválvula

La electroválvula de 4/2 vías es la más común utilizada para la acción de cilindros doble efecto, a través de esta válvula se obtienen las 2 posiciones necesarias para el control de los cilindros que se utilizaron para el proceso. El modelo 5413 de burkert es una electroválvula de 4/2 vías servopilotada con accionamiento manual de serie. Una válvula piloto magnética de 3/2 vías permite controlar el dispositivo. La válvula básicamente consta de dos válvulas de 3/2 vías ensambladas para los puertos A y B con servoémbolos instalados en direcciones opuestas respecto a las juntas de asiento. Los servoémbolos reciben presión de entrada a través de los canales de servopilotaje y, como consecuencia, o bien se separan o bien se mueven hacia el centro de la válvula. Para conmutar, se requiere una presión diferencial mínima de 1 bar. La cantidad de válvulas a utilizar son 4, una para cada cilindro normalizado que trabaja sobre la banda transportadora, una para los cilindros dosificadores, y una para los pistones que almacenan el producto.

Características:

- Sólida válvula de servoémbolo
- Operación manual de fácil mantenimiento
- Montaje individual o en bloque
- Modelos con protección contra explosiones
- Voltaje de operación 24VDC



Figura 28: Electroválvula de 4/2 vías

Fuente: <https://www.burkert.es/es/type/5413>

Selección de Variador de Velocidad

El variador de frecuencia a utilizar será el Fuji Electric Frenic Mini C2, ya que cumple con las especificaciones del proceso y del motor a utilizar, además se encuentra en el almacén de la empresa, por lo que no hay que pagar un dinero adicional para adquirirlo. El FRENIC-Mini (C2) es la generación de variadores más reciente y completamente compatible con el modelo previo (C1) que ofrece una potencia extendida (hasta 20 HP) con un diseño compacto. El FRENIC-Mini (C2) viene con RS-485, control de par dinámico, motor con imán permanente y control PID. El FRN0004C2S-2U es el modelo a utilizar de estos fuji mini C2, debido a que este es el utilizado para motores de 1/2 HP.

Características principales

- 1) Capacidad:
 - a) Monofásico de 115 V (1/8 a 1 HP) y de 230 V (1/8 a 3 HP).
 - b) Trifásico de 230 V (1/8 a 20 HP) y de 460 V (1/2 a 20 HP).
- 2) Potencia de entrada:
 - a) 115 V/230 V mono/trifásico: 200 a 240 V, 50/60 Hz.
 - b) Trifásico de 460 V: 380 a 480 V, 50/60 Hz.
- 3) Voltaje: +10 % a -15 % (Desbalance de 2 % o menos).

- 4) Frecuencia: +5 % a -5 %.
- 5) Control V/F (motor de inducción).
- 6) Control vectorial de par dinámico (motor de inducción).
- 7) Imán permanente/motor síncrono con control V/F.
- 8) Frecuencia de salida 0.1 a 400Hz.
- 9) Precisión de salida:
 - a) Configuración analógica: +/-2 % de frecuencia máxima.
 - b) Configuración digital: +/- 0.01 % de frecuencia máxima (por configuración de teclado).
- 10) Par de arranque 150 % funcionando a 1 Hz con compensación de deslizamiento.
- 11) Transistor de frenado Incorporado excepto en 1/4 HP y menor.
- 12) Temperatura de funcionamiento de -10 a 50 °C (14 a 122 °F).
- 13) Carcasa Tipo abierto según UL, tipo 1 por kit de opciones según NEMA/UL.
- 14) Estándar UL508C, EN 61800-5-1:2007.

Las dimensiones de este variador son las siguientes, cuenta con 120mm de largo, 80mm de ancho y 140mm de profundidad.



Figura 29: Fuji Electric Frenic Mini C2

Fuente: <http://www.valectra.com.ve/producto/26/Frenic-Mini-C2>

Selección de Banda Transportadora y Motor Eléctrico

Para la implementación de la banda transportadora, esta fue elaborada a través de una distribuidora ubicada en La Morita Maracay, en donde fue diseñada la banda

utilizando las medidas de la misma. De acuerdo con las características y las necesidades para la realización del proyecto, se contactó un proveedor externo. Los equipos ofertados se observan en la tabla número 6.

Selección de Interruptor Principal

A través de los catálogos de LSIS, se encontró el interruptor ideal a utilizar, este será el modelo ABS33c de 10A de 3 polos, debido a que este es el recomendado para el motor utilizado



Figura 30: Interruptor LSIS

Fuente: https://baoanjsc.com.vn/products/ls-mccb-abs-3p-series-ABS33c-10A_59538_en.aspx

Selección de Supervisor Trifásico

El supervisor trifásico es un dispositivo cuya función es brindar una protección efectiva contra los daños que ocasionan las interrupciones del suministro, fluctuaciones de voltaje y secuencia invertida de fases en las cargas y motores trifásicos. Posee temporizado de conexión ajustable e indicadores luminosos de sobre voltaje, bajo voltaje, control/espera y fase invertida. Protege contra sobre voltaje, bajo voltaje, fase invertida, fase perdida y apagones. Las dimensiones de este producto son de 80mm de altura, 100mm de ancho y 38mm de profundidad. Este se puede observar en la figura 31.

Tabla 6: Diseño Banda Transportadora.

Especificaciones	Descripción
Tipo	Cama Lisa, con perfiles de separación, el espacio entre cada perfil es de 8,5cm, y el perfil pose una distancia de 4cm
Longitud	3mts
Ancho	15 CM
Cuerpo	Tipo de caja formada, 4 1/2" de altura y pestaña de 1 1/8", fabricada con lamina HN de 3 mm de espesor.
Unidad Motriz	Rodillo motriz diámetro 4 1/2", eje de diámetro 1 1/2" montado con chumacera diámetro 1" autoalinentes.
Tensor Final	Rodillo de diámetro 4 1/2", con eje fijo de diámetro 1 1/4", montado con chumacera de diámetro 1" autoalineantes, el ajuste es manual a través de barras tensoras.
Correa	Banda sanitaria blanca dos lonas de 10 cm de ancho, la unión de la correa será mediante grapas Clipper en acero inoxidable.
Motorreductor	Trifásico, 220 volts, 60 Hz. 0.5 hp, corriente nominal de 2,22A, 1680 RPM y la relación del reductor es de 80:1. Transmisión del motorreductor al eje motriz es mediante piñones y cadena RC.



Figura 31: Supervisor Trifásico

Fuente: <https://onprotec.com/tienda/supervisor-trifasico-208-220v-gst-r220p/>

Selección de Fusibles ultrarrápidos

El variador utilizado específicamente es el FRN0004C2S-2U, el cual es el ideal para motores de 1/2 HP, Entre la alimentación de corriente y el variador deberán instalarse fusibles con el certificado UL, el cual según el manual del fuji, deberá ser protegido por fusibles de 10A. El fusible a utilizar es un FWX-10A14F, el cual trabaja para una tensión de 250V, cuyas dimensiones son 14mm de ancho y 51mm de largo.



Figura 32: Fusible ultrarrápido

Fuente: <https://ve.mouser.com/ProductDetail/Bussmann-Eaton/FWX-10A14F>

Selección de Encoder Incremental

El encoder incremental de 500ppr de la marca ELTRA es el encoder recomendado para realizar este trabajo, con una alimentación de 24V DC y salida de conexión PNP, con una corriente de entrada de max 100mA, el cual será el encargado

de contar los pulsos en forma de milímetros para tener una mayor precisión en el proceso del llenado, para el PLC logo, es recomendable usar encoders menores a los 600ppr. El consumo de corriente máximo del encoder es de 100mA.



Figura 33: Encoder incremental

Fuente: <http://www.electroson.com/producto/eltra-encoder-incremental-/ER63G150Z5>

6.3.2 Calculo de Parámetros del Proceso

A continuación, se procederá a calcular aquellos valores necesarios para tener un proceso de llenado de envases efectivo y productivo. Uno de estos es el poder determinar la velocidad con la que girara el motor, influyendo así en el conteo del encoder destinado a la precisión de la posición del envase. Los perfiles y la baranda graduable en los laterales, permiten un aumento de la velocidad debido a que los envases estarán completamente sujetos, el límite de la velocidad será establecido por la capacidad del scan de las entradas ultrarrápidas del PLC. A través de cálculos teóricos podemos determinar la velocidad de la cinta transportadora partiendo del periodo del tren de pulsos emitido por el encoder. La distancia que deberá recorrer la cinta transportadora desde la detección del sensor retroreflectivo hasta estar justamente debajo de la boquilla es de 62,5mm, para transformar esta distancia en pulsos emitidos por el encoder se utilizó la siguiente formula.

$$\frac{DP}{PPR}$$

En donde, DP será el diámetro de la polea, el cual es 22mm, y PPR que son los pulsos por revolución del encoder, en este caso es 500PPR.

$$\frac{\quad}{500}$$

Al conocer la cantidad de mm por pulsos recorridos, calculamos la cantidad de pulsos necesarios para llegar a la posición, esta será redondeada a su valor más cercano, el cual será 453.

$$\frac{62,5}{0,138}$$

Luego de esto se procederá a realizar el cálculo de la velocidad requerida a la cual deberá ir el motor, para esto se utilizará la siguiente formula:

Luego se procederá a calcular el tiempo total de un ciclo del proceso, el cual comienza desde que el sensor detecte la botella hasta que finaliza el proceso de llenado, para esto se sumaran 2 tiempos, el tiempo desde que el sensor detecte la botella más el tiempo de llenado de la misma, la cual tarda 10seg en completarse.

El tiempo total representa el llenado de 2 botellas, en segundos, para conocer el tiempo en que saldrán equis cantidad de botellas se utiliza una regla de tres.

La velocidad máxima que puede alcanzar el motor es de 21rpm, sabiendo que el diámetro del eje es de 13,77mm, si lo transformamos a una distancia lineal, son 1,21 m/s. Para esta velocidad, el periodo es de 0,11ms. Considerando un periodo de 10ms, la velocidad de la cinta transportadora será de 0,137 m/s, teniendo un total de 14,56s por ciclo, en una hora tendremos un total de 494 botellas llenadas aproximadamente.

6.3.3 Simulación en MATLAB

A través de este programa se puede determinar el correcto funcionamiento del motor a utilizar, obteniendo principalmente la gráfica de velocidad de dicho motor, por medio de la cual se obtendrán aquellos parámetros para realizar una correcta programación del PI de la máquina. Para la programación del PI se utilizará el método Ziegler y Nichols.

Para realizar esta simulación, fue necesario conocer los parámetros del motor que estamos utilizando, para ello, a través del variador de frecuencia fuji, y un motor con características muy similares al utilizado, se realizó el auto tuning por medio de este y se extrajeron los parámetros de ese motor, en el cual los más resaltantes son los valores de R_r , R_s , X_r y X_s . Los parámetros destacados obtenidos en el auto tuning fueron:

- %R1= 9,15
- %X= 15,19



- **Figura 34:** Ensayo en el laboratorio
- **Fuente:** Autoría Propia (2020)

Los valores de R_r y R_s se obtienen de las siguientes formulas:

$$\frac{\dots}{\dots}$$

Los valores de X_r y X_s se obtienen de las siguientes formulas:

$$\frac{\dots}{\dots}$$

Estas formulas se obtuvieron directamente del manual del variador fuji, y del ensayo a rotor bloqueado del motor de inducción.

$$R_s = 5,39 \text{ y } R_r = 35,87$$

Para la simulación también fue necesario determinar la carga mecánica del motor, que en este caso es la banda transportadora, la cual se rige por un torque lineal y constante. Para ello, se utilizó esta fórmula para determinar primeramente la fuerza tangencial F_U .

μ_T : Coeficiente de fricción para marcha sobre mesa.

g : Aceleración de la gravedad.

m : Masa de la mercancía transportada en toda la longitud de transporte (carga total)

m_b : Masa de la banda

μ_R : Coeficiente de fricción para marcha sobre rodillo

L_t : Longitud Total

En donde $m = L_t \cdot \text{Peso por metro}$

Al obtener un valor de $F_U = 42,84N$, se procede a transformarlo en un valor en N.m para poder obtener la constante mecánica en el sistema, para ello se utiliza la fórmula de:

$$\dots$$

Despejando y sustituyendo los valores, se obtiene un torque de 2,35 N.m

En la siguiente imagen se muestra el esquema de simulación en el programa MATLAB.

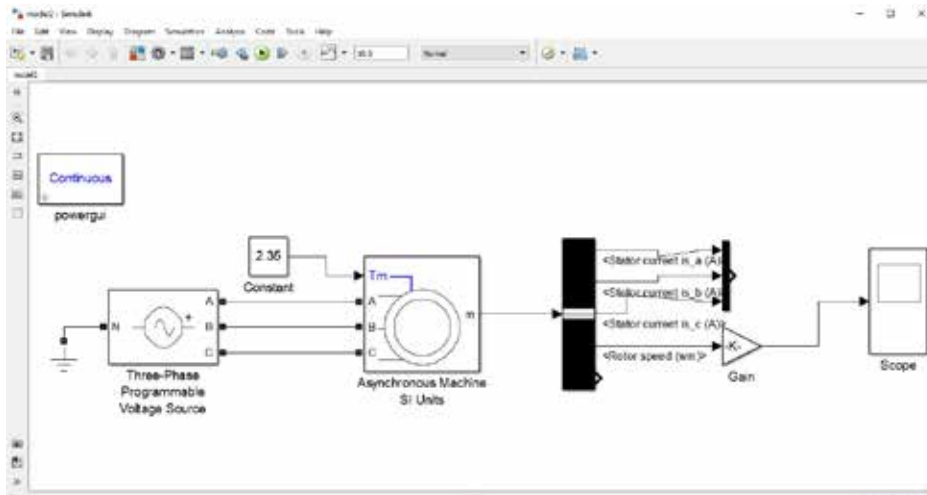


Figura 35: Esquema de simulación en MATLAB

Fuente: Autoría Propia (2020)

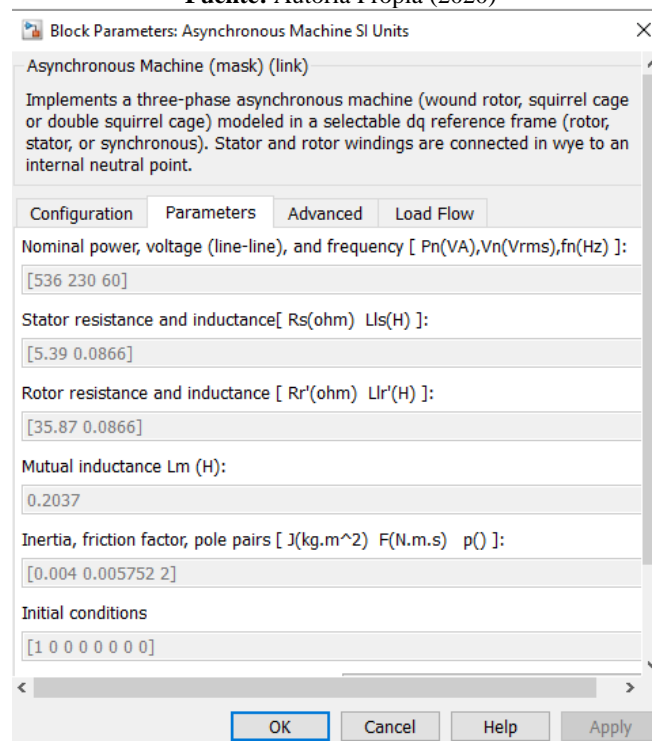


Figura 36: Parámetros del motor de inducción

Fuente: Autoría Propia (2020)

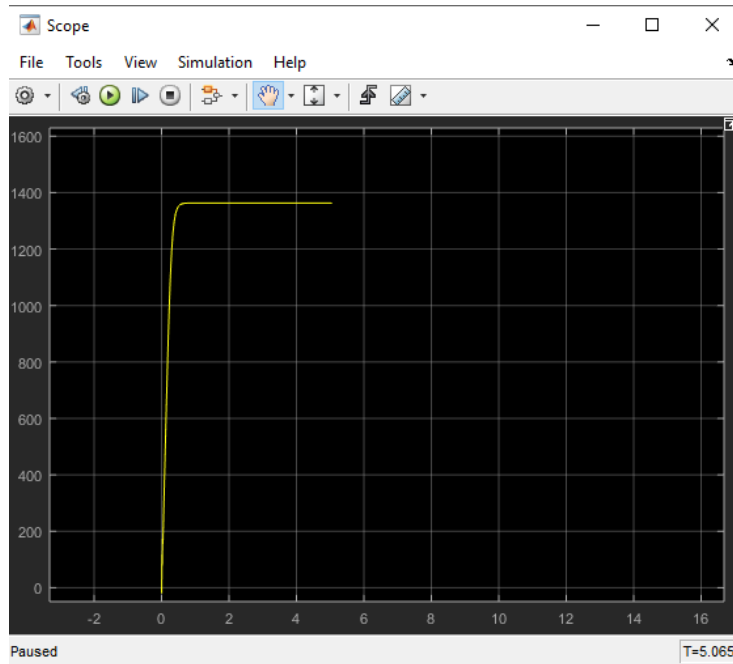


Figura 37: Curva de velocidad del motor de inducción

Fuente: Autoría Propia (2020)

6.3.4 Método Ziegler y Nichols

El método de Ziegler y Nichols será el utilizado para determinar los valores PI, de donde se pueden extraer el tiempo de retardo L y la constante de tiempo T . Para esto es necesario trazar una recta tangente al grafico de la siguiente manera.

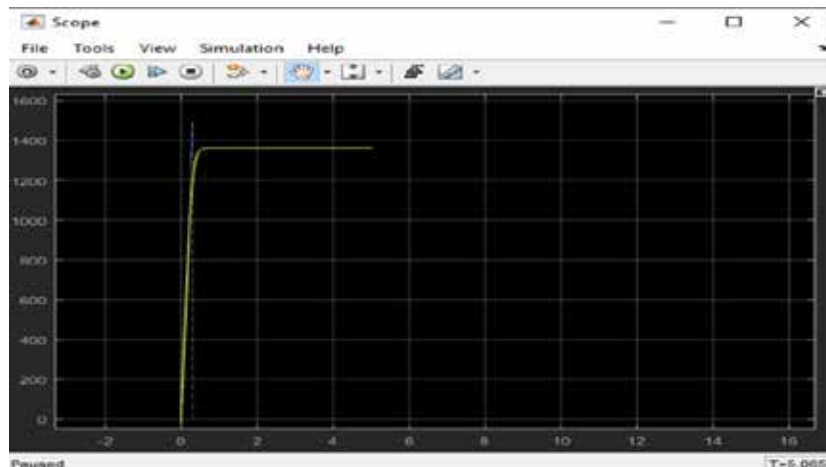


Figura 38: Curva de velocidad con recta tangente

Fuente: Autoría Propia (2020)

Por medio de esta recta se obtienen los valores de L y T, en donde $L=0,008$ y $T=0,29$. Según el ajuste Ziegler y Nichols,

$$L/0.3$$

Sustituyendo estos valores se obtiene un $K_p=32,625$ y de $T_i=0,0266$.

Estos parámetros serán utilizados en el programa del controlador LOGO! para controlar la velocidad del motor.

La función de transferencia de este sistema quedara escrita de la siguiente manera:

6.3.5 Programación en LOGO! SOFT COMFORT V8.1

En las siguientes imágenes se muestra el programa realizado en el PLC, siguiendo la tabla de entradas y salidas realizada anteriormente y el diagrama de flujo expuesto.

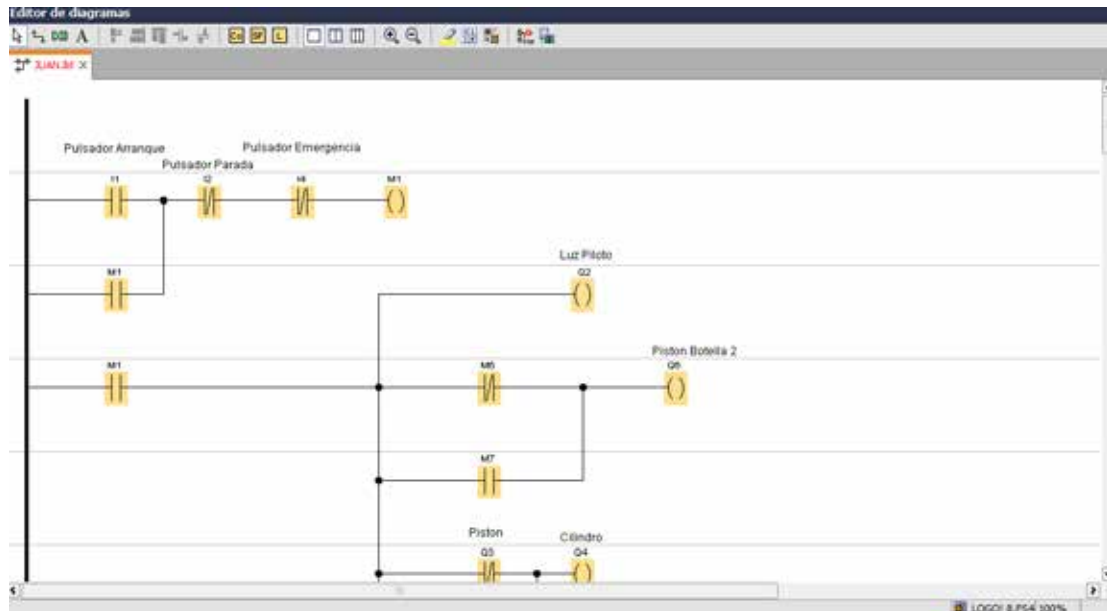


Figura 39: Programación Parte 1

Fuente: Autoría Propia (2020)

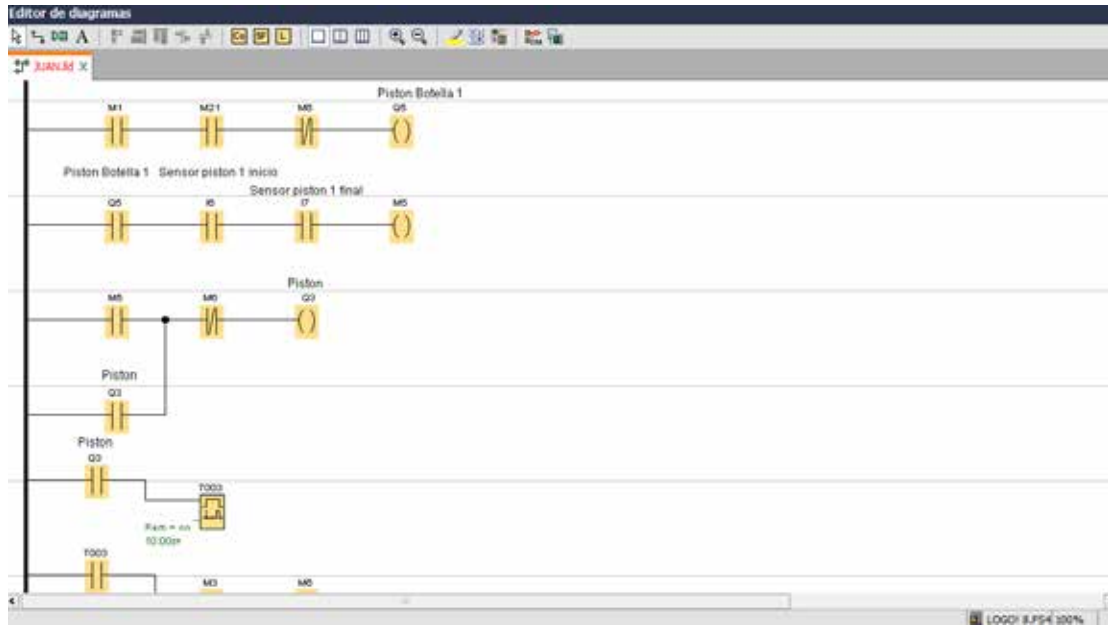


Figura 42: Programación Parte 4
Fuente: Autoría Propia (2020)

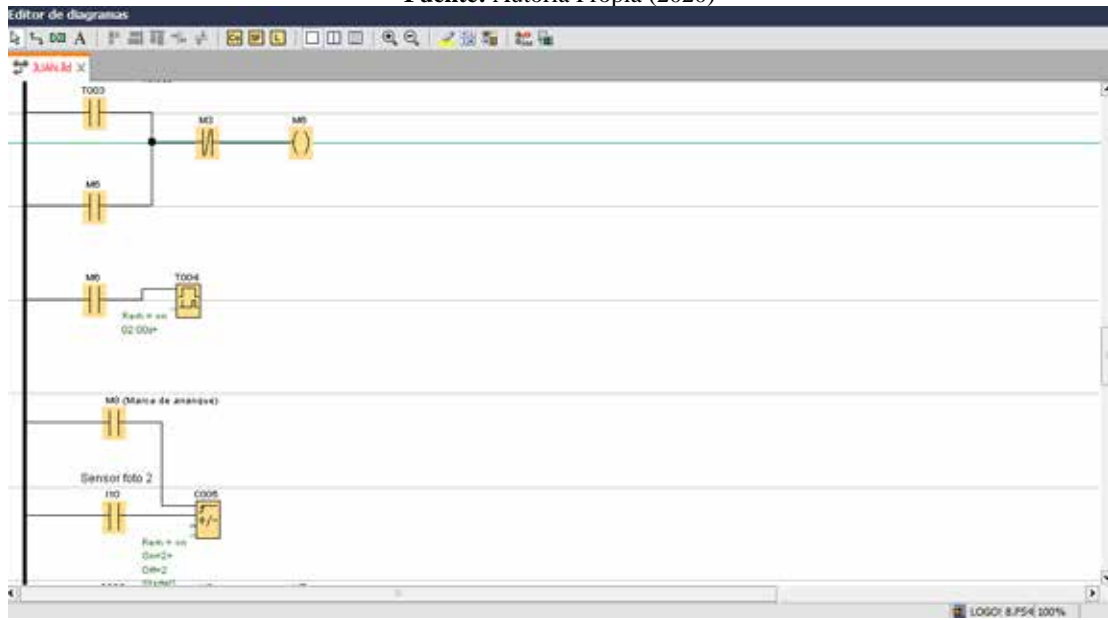


Figura 43: Programación Parte 5
Fuente: Autoría Propia (2020)

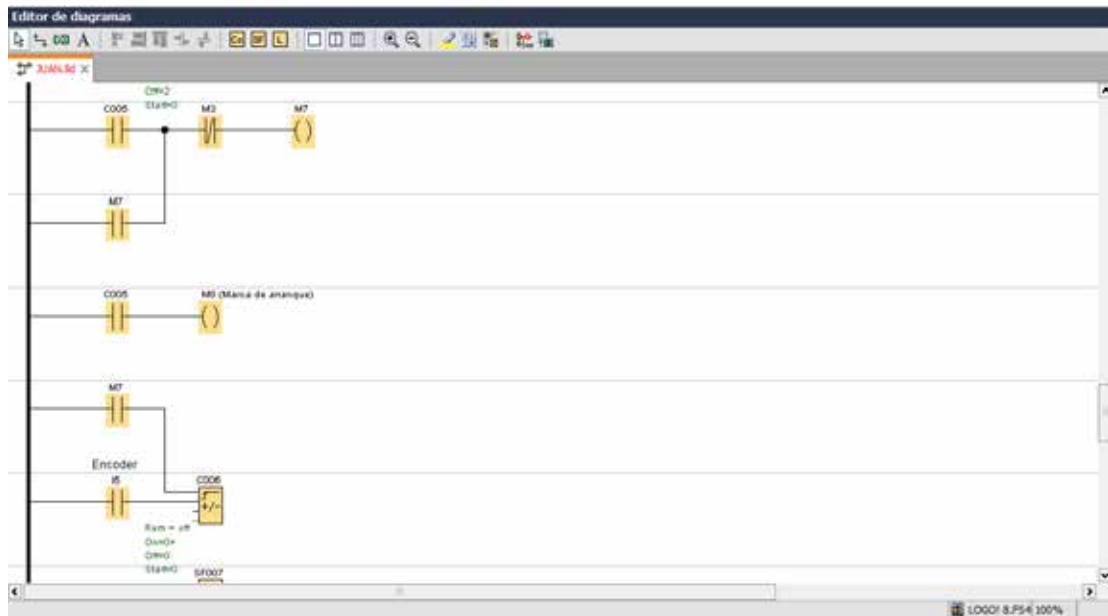


Figura 44: Programación Parte 6
Fuente: Autoría Propia (2020)

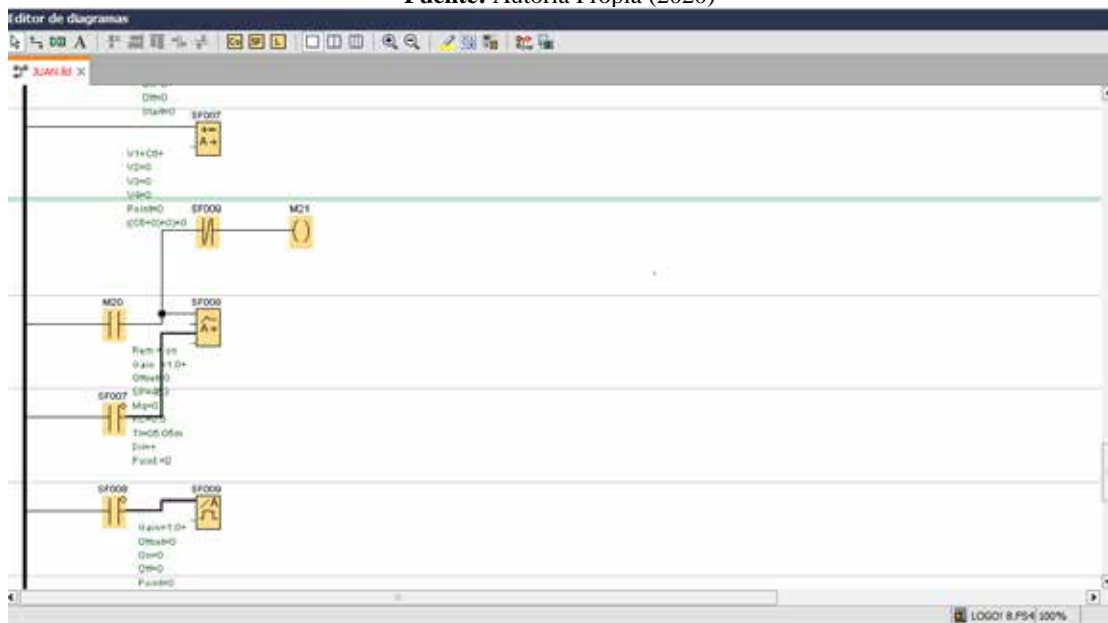


Figura 45: Programación Parte 7
Fuente: Autoría Propia (2020)

El proceso consta de que, al momento del arranque, se active el segundo pistón, la luz piloto y que el cilindro dosificador se encuentre en posición de cerrado, cuando se cumplan estas condiciones y el segundo pistón se encuentre

en su final de carrera se activa la banda transportadora. Una vez que empiece a funcionar, al momento u detecte 2 envases plásticos comenzara el conteo del encoder, cuando este se encuentre justamente debajo de la boca del dosificador se detiene la cinta, se cierra el primer pistón y se llenan los envases, haciendo que los dosificadores se abran y el pistón de llenado empuje el líquido. Una vez que esto suceda se abren los dos pistones y se permite en avance de la banda transportadora, y cuando el segundo sensor cuente los dos envases de salida, se vuelve a cerrar el pistón final y se reinicia el proceso.

Adicionalmente al programa principal del proceso, se realizó una pequeña simulación del funcionamiento del PI, simulando la entrada de pulsos del encoder con un generador de pulsos del mismo programa, y se observa además la respuesta de trabajo el PI. Los valores de K_p y T_i son los calculados por el método de Ziegler y Nichols realizado anteriormente. En esta grafica se observa el valor de pulsos en el encoder, los cuales son contados por un contador, y transformados a un valor analógico a través de una función aritmética, a medida que aumenta esta cantidad de pulsos disminuye la salida del controlador PI con un set point de 453, disminuyendo así el error entre el valor de cero y 453. Cuando esta cantidad de pulsos es cumplida y el valor de salida del PI es cero, se activará una salida, la cual será la encargada de dar la instrucción de parada de la cinta transportadora.

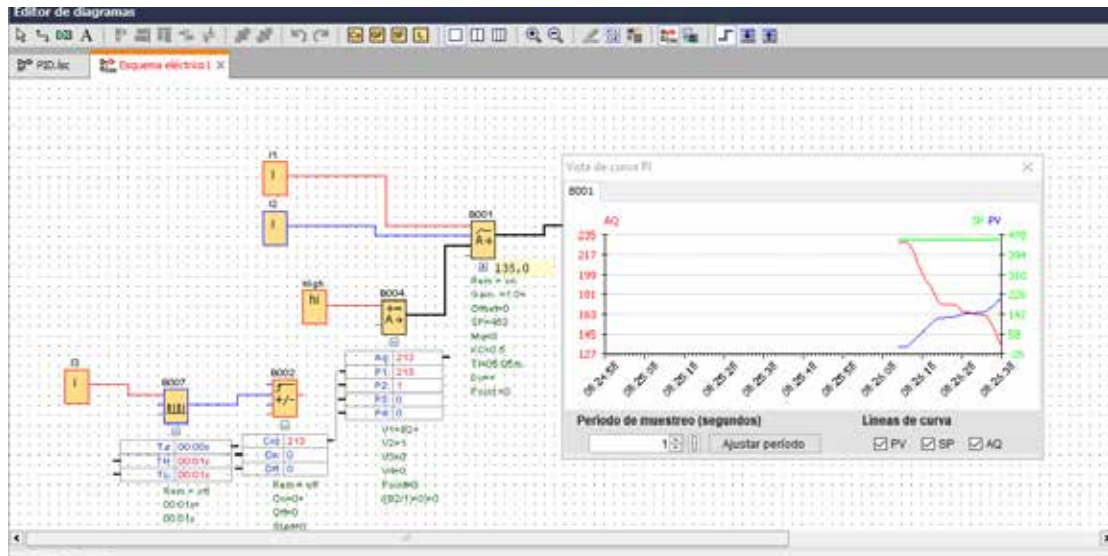


Figura 46: Curva de respuesta PI

Fuente: Autoría Propia (2020)

6.3.6 Planos de Fuerza, Control y Diseño del Tablero Eléctrico.

A continuación, se presentan los planos de fuerza y control para la elaboración del proyecto, observando detenidamente todos los elementos que intervienen en el proceso, realizando una conexión adecuada entre cada uno de ellos. Esto fue realizado en el programa de AUTOCAD 2015. Estas conexiones que se presentan a continuación, será el modo de cableado de los equipos, fijándose detenidamente el modo de conexión, ya sea PNP o NPN.

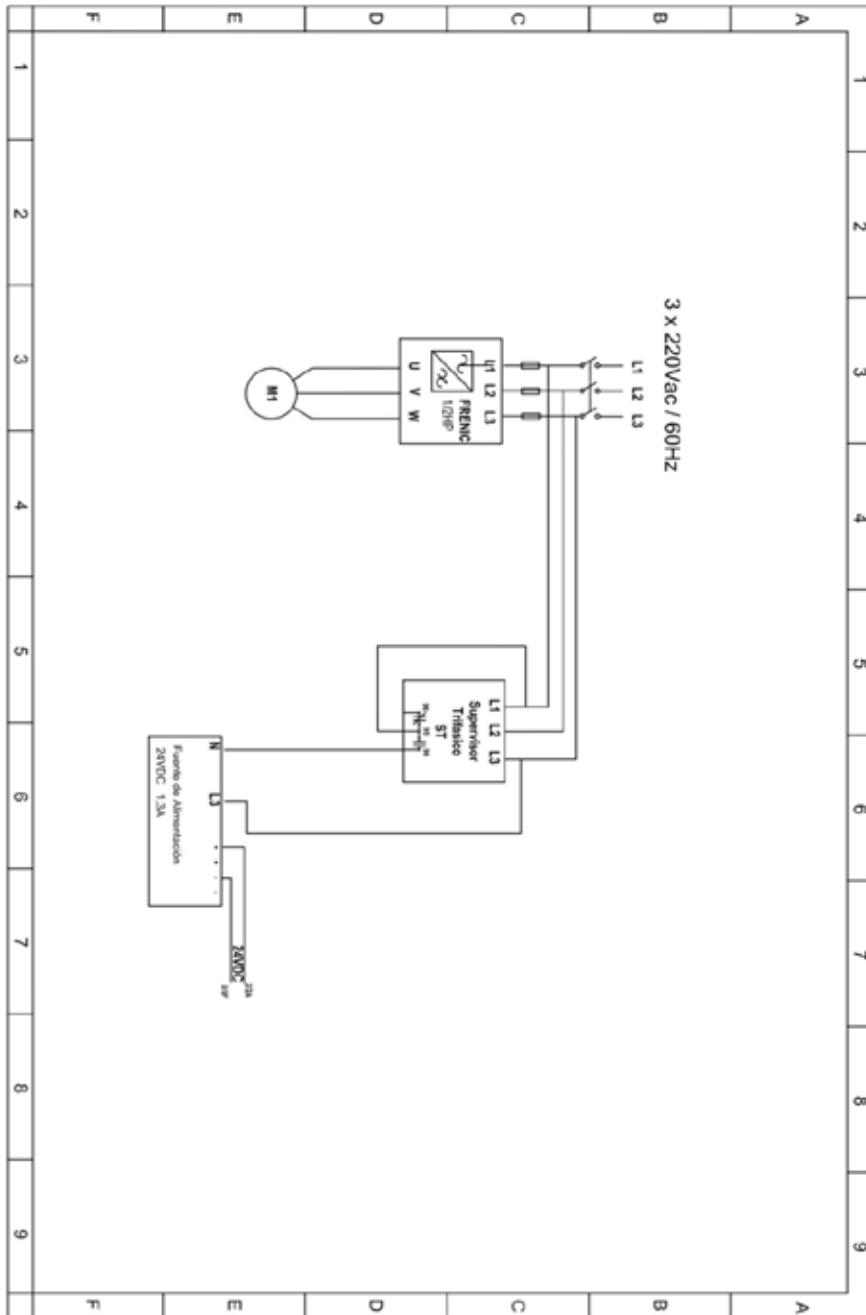


Figura 47: Diagrama de Fuerza
Fuente: Autoría Propia (2020)

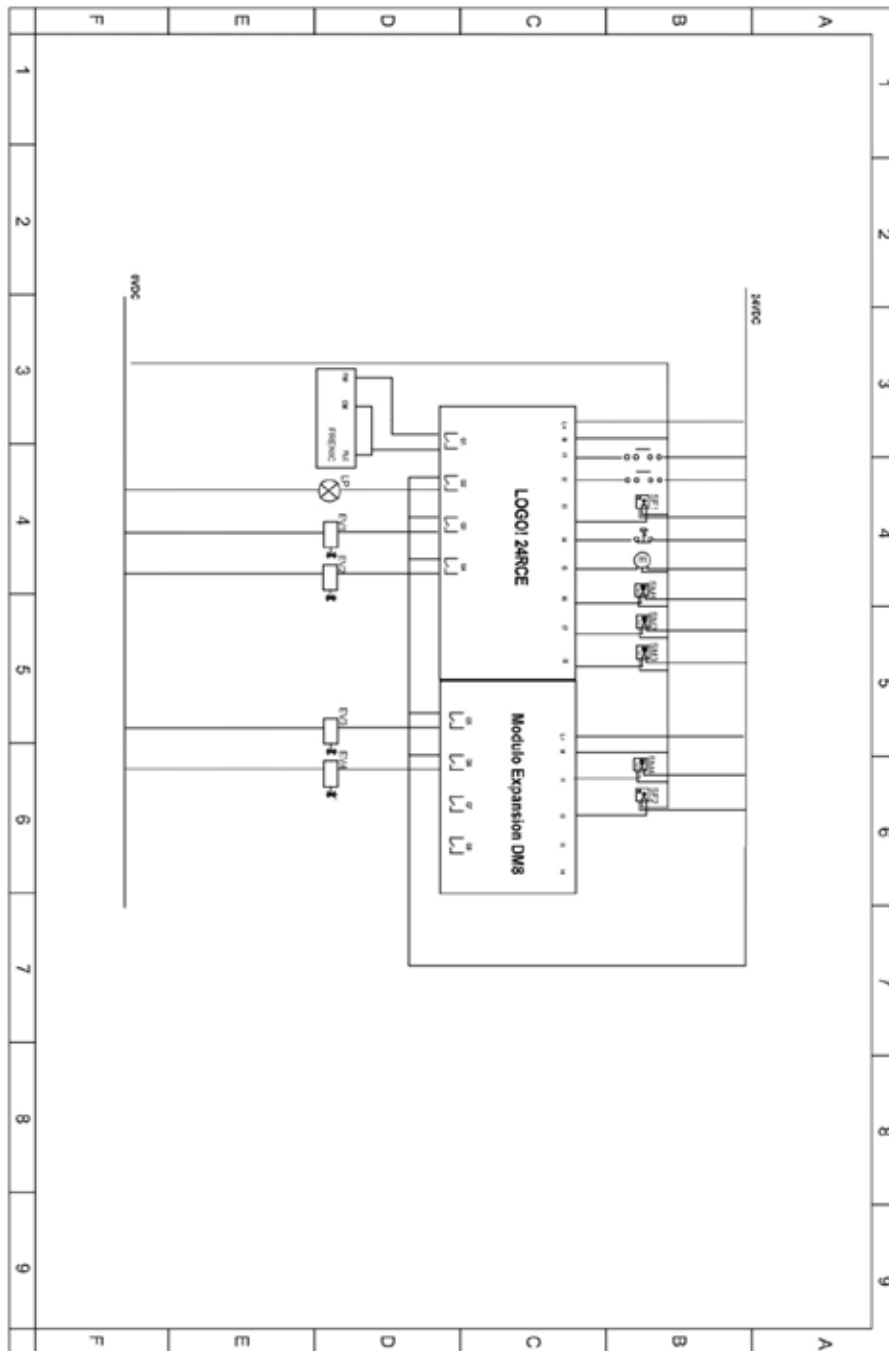


Figura 48: Diagrama de Control
Fuente: Autoría Propia (2020)

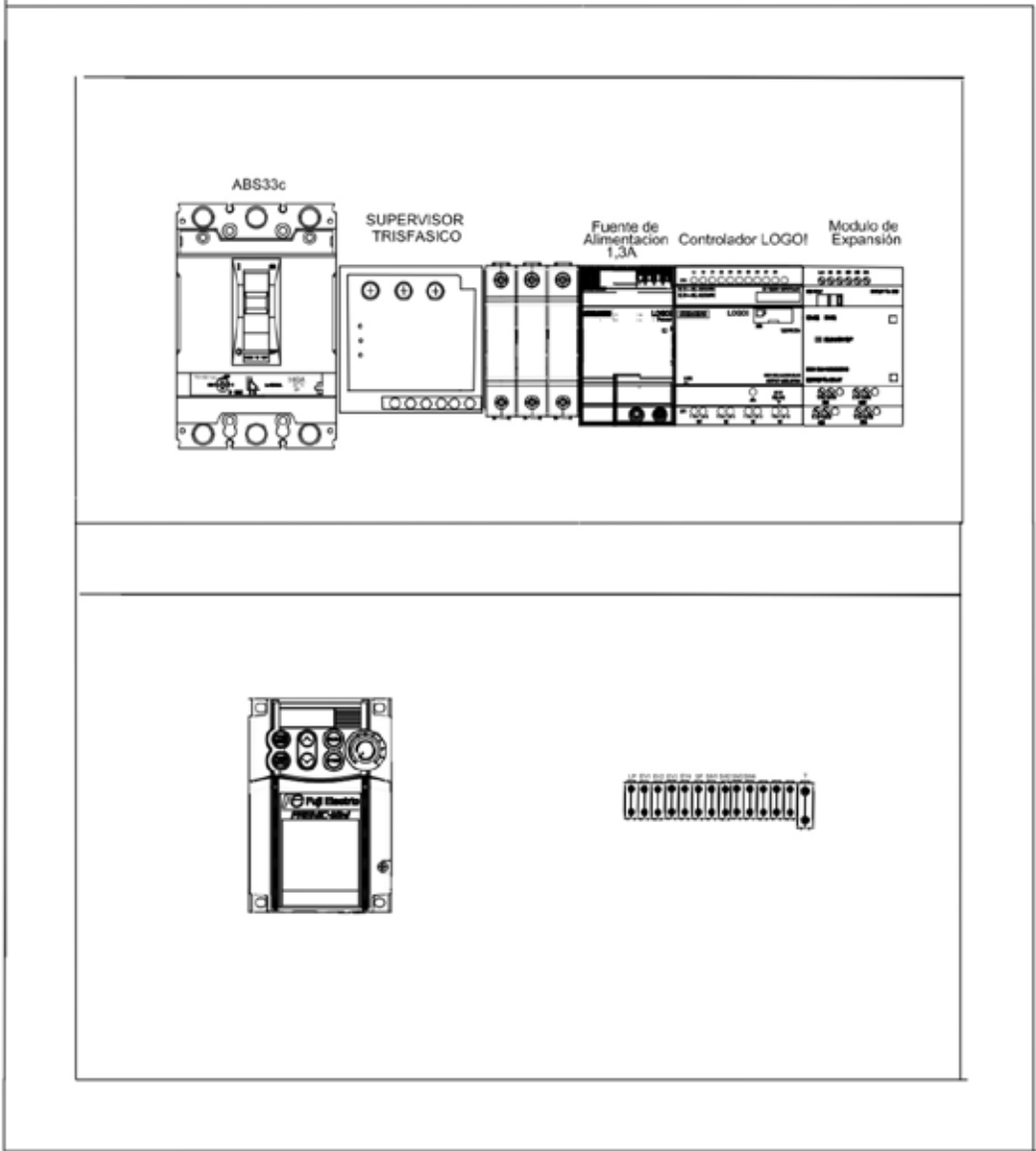


Figura 49: Tablero Eléctrico
Fuente: Autoría Propia (2020)

6.4 Fase IV: Factibilidad económica, social y ambiental para la implementación del proyecto por parte de la empresa.

6.4.1 Factibilidad Económica

Posteriormente a la finalización del proyecto, se toma en cuenta la disponibilidad económica para la adquisición de todos los elementos del proceso, incluyendo su instalación y la programación de todos los equipos. En la tabla 7 se muestran todos los precios de los elementos a utilizar en el proyecto.

Tabla 7. Análisis de precios.

Item #	Cant.	Componente	Marca	Modelo	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	1	Fuente de Poder LOGO!	Siemens	6EP1331-1SH03	34,57	34,57
2	1	Controlador LOGO!	Siemens	6ED1052-1MD08-0BA0	105,00	105,00
3	1	Módulo Expansión DM8	Siemens	6ED1055-1CB00-0BA2	84,99	84,99
4	2	Sensor retroreflectivo	Autonics	BR3M-MDT-C	83,55	167,10
5	2	Cilindro Normalizado	Festo	DSBC-40-160-PPVA-N3	141,00	282,00
6	4	Sensor Magnético	Festo	SMT-8M-A-PS-24V-E-0,3-M8D	19,55	78,20
7	4	Electroválvula	Burkert	5413	75,50	302,00
8	1	Variador de Velocidad	Fuji	FRN0004C2S-2U	161,33	161,33
9	1	Banda Transportadora			1.550,00	1.550,00
10	1	Interruptor Principal	LSIS	ABS33c	64,90	64,90
11	1	Supervisor Trifásico	Exceline		40,00	40,00
12	3	Fusible Ultrarrápido	Bussmann	FWX-10A14F	30,00	90,00
13	1	Encoder Incremental	Eltra		9,79	9,79
14	1	Caja de control			300,00	300,00

15	Horas de Trabajo	Diseño de proyecto, instalación de componentes, cableado, pruebas en laboratorio. Traslado de Material a sitio, desinstalación de tablero anterior, instalación de tablero, programación, pruebas con carga y sin carga, pruebas finales.		Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
	80	Ingeniero principal	Por horas de trabajo	25,00	2.000,00
	40	Técnico Especializado	Por horas de trabajo	17,00	680,00
	16	Ayudante	Por horas de trabajo	9,00	144,00

			Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)	
16	1	Uso de Herramientas	110,00	110,00	
17	1	Uso de Vehículo	85,00	85,00	
18	1	Viáticos	50,00	50,00	

			Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
19	1	Administración y Gastos Generales 20%	1.793,58	1.793,58

	10.761,46
	2.690,36

Al conocer el monto para la realización del proyecto, que es 13.451,82 USD, es necesario estimar el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto, para ello se utiliza la siguiente formula, en donde PRI es

$$PRI= II / FEP$$

El flujo de efectivo será el porcentaje de venta del producto destinado únicamente a la recuperación de la inversión, suponiendo un precio de venta del producto de 2 USD, en donde el margen de utilidad esquivale a 1 USD por producto, del cual el 10% de ese margen está destinado a la recuperación de la inversión, por lo tanto, el monto de recuperación de inversión será de 0,10 USD. Sabiendo que en una hora se producen 494 botellas, en un día se producen 3.952 botellas, por lo tanto, se producen 395,2 USD en un día. Sustituyendo en la ecuación, el tiempo de recuperación de la inversión será de 35 días.

6.4.2 Impacto Ambiental

El aporte tecnológico, consumado en los sistemas de automatización industrial, brinda la capacidad de optimizar los recursos y el tiempo. Al tener un sistema preciso y con pocas probabilidades de error, se reducen los desechos y desperdicios producidos por la empresa. Además, con el uso de un variador de frecuencia, se permite un ahorro de energía, algunos estudios han demostrado que podrían salvarse 30% a 50% de la energía consumida a través de equipos o cambios de control de sistema.

6.4.3 Impacto Social

Cada vez que un proceso mecánico comienza a funcionar, se presentan riesgos potenciales tanto para el operador como para las máquinas. Es en esta interacción entre el hombre y las máquinas, que son absolutamente necesarios los más altos estándares de seguridad. Al tener un proceso automatizado, con poca presencia de personal obrero, se reducen aquellos riesgos de lesiones hacia los

trabajadores, además, a través de estos sistemas de control es permitido programar alarmas de todo tipo e intervenir procesos mecánicos en casos de fallas, evitando así las consecuencias tanto de condiciones inseguras en los puestos de trabajo, como de acciones inseguras realizadas por los operarios, tratando de mantener la mayor cantidad de personas fuera de peligro la mayor cantidad de tiempo posible.

CONCLUSION

Se realizó un sistema automatizado de llenado de envases de shampoo para la empresa MAC PLUS C.A., siguiendo una serie de pasos que garantizan una forma de llenado segura, con elementos seleccionados específicamente con respecto al proceso y al diseño requerido. De la investigación y trabajo desarrollado surgen las siguientes conclusiones:

1. El proceso es controlado por un PLC que cumple con los requisitos para llevar un control completo del sistema y con un costo significativamente menor en comparación a otros, con una interfaz de programación amigable para el programador y con la capacidad de realizar un control de la posición por medio de la velocidad de la banda transportadora a través de una función PI integrada en su sistema, y con la capacidad de leer los pulsos del encoder por medio de entradas ultrarrápidas.
2. La simulación realizada en el programa de LOGO!Soft Comfort V8.1 muestra la efectividad del proceso y del sistema de control propuesto, mostrando gráficamente la respuesta del controlador PI programado.
3. Los parámetros y valores obtenidos se en al ensayo en el laboratorio con el motor de inducción y un variador de velocidad permitieron realizar una simulación adecuada en el programa de MATLAB, para luego por medio del método de Ziegler y Nichols obtener los valores proporcionales e integrales que rigen el comportamiento del sistema.
4. Este sistema permite un llenado constante de envases sin interrupciones para así obtener una cierta cantidad de producto en un tiempo deseado, previniendo posibles lesiones a trabajadores, reduciendo gastos adicionales a la empresa y aprovechando al 100% el tiempo de producción.

RECOMENDACIONES

Este diseño de llenado de envases de shampoo es adaptable a mejoras, como las que serán mencionada a continuación:

1. La implementación de una pantalla HMI que permita leer todos aquellos valores referentes al motor, como lo puede ser el voltaje y la corriente, pudiendo también ofrecer un sistema de conteo de los envases producidos.
2. Este sistema puede ser realizado por otro método, por el cual se programa el PID con el encoder a través del variador de velocidad, en donde el PLC recibirá estos valores y tomará acciones respecto a estos.
3. Realizar un diseño ubicando todos los equipos detalladamente en el área de trabajo, colocándolos y organizándolos de la mejor manera posible para la comodidad de los trabajadores y de la empresa.
4. Ya que no se cuenta con los datos necesarios para estimar en cuanto tiempo recuperaran la inversión del proyecto, se puede realizar este cálculo luego de que la empresa comience a producir con valores reales.

REFERENCIAS

Bibliográficas

- Arias, F. (1999). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Hurtado, J. (2007). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- Sabino, C. (1996). **Introducción a la Metodología de Investigación**. Caracas: Editorial: Panapo.
- Sabino, C. (2002). **El proceso de investigación**. 2da edición. Caracas: Editorial Panapo.
- Tamayo, M. (1998). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.
- Ogata, K. (2010). **Ingeniería De Control Moderna**. 4ta edición. México: Editorial Pearson.

Electrónicas

- Bibdigital (2013). **Automatización del proceso de llenado de galones de agua en planta purificadora de agua**. Recuperado en:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6666>
- Unapiquitos (2014). **Diseño, instalación y puesta en marcha de un equipo con PLC para la automatización de la operación de llenado de botellones en la planta de agua de la FIA-UNAP**. Recuperado en:
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/35>

Ieec (2011). **Lenguajes de Programación**. Recuperado en

http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_2.p

Fission (2012). **Sistemas de ventilación forzada**. Recuperado en:

<http://www.fission-engineering.net/sistemas-de-ventilacioacutenforzada.html>

Guemisa (2009). **Encoder**. Recuperado en:

<http://www.guemisa.com/sicod/docus/ENCODER-TEC.pdf>

Bitstream (2017). **Automatización del sistema de llenado de bidones plásticos**. Recuperado en:

<http://190.12.70.20/bitstream/UNTELS/205/1/>

Partesdel (2008). **Partes del PLC**. Recuperado en:

<https://www.partesdel.com/plc.html>

Galeon (2008). **IGBT**. Recuperado en:

<http://ccpot.galeon.com/enlaces1737117.html>

Enriquezdiego (2005). **Actuadores Neumáticos**. Recuperado en:

<http://enriquezdiego.blogspot.com/2011/12/actuadores-neumaticos.html>

Tercesa (2015). **Motorreductor**. Recuperado en:

<https://tercesa.com/noticias/que-es-un-motorreductor/>

Altecdust (2016). **Cómo funcionan las electroválvulas**. Recuperado en:

<https://www.altecdust.com/blog/item/32-como-funcionan-las-electrovalvulas-o-valvulas-solenoides-de-uso-general>

Drouiz (2007). **Tipos de programación para plc**. Recuperado en:

<https://www.drouiz.com/blog/2014/11/26/tipos-de-programacion-para-plc/>

Wikipedia (2019). **Modulación por Ancho de Pulsos**. Recuperado en:

https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_ancho_de_pulsos

Wikipedia (2019). **Sensor de Proximidad**. Recuperado en:

https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_proximidad#Capacitivos

Wikipedia (2019). **Rectificador trifásico**. Recuperado en:

https://es.wikipedia.org/wiki/Rectificador_trif%C3%A1sico

ISSN (2012). **Aplicación de redes neuronales al control de velocidad en motores de corriente alterna**. Recuperado en:

[file:///C:/Users/Juan%20Abou/Downloads/197-564-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Juan%20Abou/Downloads/197-564-1-PB%20(2).pdf)

Sieglin (2016). **Cálculo de la banda transportadora**. Recuperado en:

[file:///C:/Users/Juan%20Abou/Downloads/304-fms_transilon-calculo-de-la-banda-transportadora_es%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Juan%20Abou/Downloads/304-fms_transilon-calculo-de-la-banda-transportadora_es%20(4).pdf)