



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: AUTOMATIZACIÓN DE UNA LAVADORA DE  
MALANGA POR INMERSIÓN Y ASPERSIÓN EN LA EMPRESA  
DECROM**

**AUTOR: VEINTIMILLA PORTILLA FELIPE LENIN**

**DIRECTOR: Ing. PROAÑO ROSERO VICTOR GONZALO MSc.**

**SANGOLQUÍ**

**12 de julio del 2017**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y**  
**CONTROL**

**CERTIFICACIÓN**

Ing. Víctor Proaño

Certifico que el trabajo titulación, “Automatización de una lavadora de malanga por inmersión y aspersion en la empresa DECPROM” realizado por el Sr. Felipe Lenin Veintimilla Portilla, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, él mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor Felipe Lenin Veintimilla Portilla para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Julio del 2017

---

Ing. Víctor Gonzalo Proaño Rosero  
Director



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y**  
**CONTROL**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, FELIPE LENIN VEINTIMILLA PORTILLA, con cédula de identidad N° C.I. 172260093-7, declaro que este trabajo de titulación “Automatización de una lavadora de malanga por inmersión y aspersion en la empresa DECROM” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Julio del 2017

Felipe Lenin Veintimilla Portilla

C.C 172260093-7

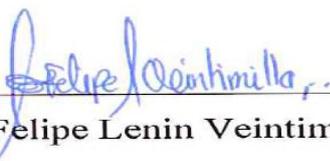


**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Felipe Lenin Veintimilla Portilla autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “Automatización de una lavadora de malanga por inmersión y aspersion en la empresa DECPRON” ” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, Julio del 2017

  
\_\_\_\_\_  
Felipe Lenin Veintimilla Portilla

C.C 172260093-7

## **DEDICATORIA**

Por ser la persona que más ha confiado en mí durante mi vida entera, dedico este sacrificado trabajo a mi madre **Mariela Portilla**, por su incondicional apoyo, su bello amor y por demostrarme su valor cuando todo lo tenía en contra. Por ti madre por ser el pilar más importante en mi vida. Además, dedico este trabajo a mis familiares que de una u otra manera me dieron apoyo.

**Felipe**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por todas las bendiciones y misericordia repartida para mis familiares y a mí durante toda esta bella etapa de mi vida.

Agradezco enormemente a mi madre, por estar a mi lado en cada momento de alegría y dificultad de mi vida, por tus sabios consejos que me llenan de júbilo para luchar y seguir adelante, que me hacen crecer como persona y por la confianza que siempre depositaste en mí, en cada una de mis acciones y decisiones.

Gracias a toda mi familia y amigos, quienes fueron partícipes de este hermoso logro. Finalmente, agradezco a mi director Ing. Víctor Proaño, quien supo guiarme y contribuir de manera profesional para el desarrollo del presente trabajo.

**Felipe**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación e Importancia.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivo Específico.....	3
1.4 Alcance.....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>7</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
2.1 Introducción.....	7
2.2 Malanga.....	8
2.2.1 Características físicas de la malanga.....	8
2.3 Lavadora de inmersión y aspersion.....	9
2.4 Etapas de una lavadora de inmersión y aspersion.....	9
2.5 Elementos de una lavadora por inmersión y aspersion.....	10
2.5.1 Estructura.....	11
2.5.2 Bandas transportadoras.....	11
2.5.2.1 Banda transportadora modular.....	11
2.5.2.2 Banda transportadora de rodillos.....	12
2.5.2.3 Aspersores.....	13
2.5.2.4 Eductor.....	14

<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>15</b>
<b>3. INGENIERÍA BÁSICA.....</b>	<b>15</b>
3.1 Introducción .....	15
3.2 Requerimientos de la lavadora de malanga .....	16
3.3 Motor.....	17
3.3.1 Plano inclinado.....	17
3.3.2 Plano horizontal .....	20
3.3.3 Selección del motor.....	22
3.4 Sistema hidráulico.....	23
3.4.1 Presión del sistema aspersión.....	23
3.4.2 Caudal del sistema de aspersión .....	25
3.4.3 Tubería sistema de aspersión .....	25
3.4.3.1 Tubería línea principal .....	26
3.4.3.2 Tuberías en las líneas secundarias .....	26
3.4.4 Aspersores.....	27
3.4.5 Caudal en el sistema de inmersión.....	28
3.4.6 Presión en el sistema de inmersión .....	28
3.4.7 Tuberías sistema de inmersión.....	29
3.4.7.1 Tubería línea principal .....	29
3.4.8 Eductor.....	30
3.4.9 Bomba y motor .....	30
3.4.9.1 Bomba sistema de aspersión .....	31
3.4.9.2 Bomba sistema de inmersión .....	31
3.5 Variador de frecuencia .....	32
3.5.1 Regulación motor.....	32
3.5.2 Selección del variador de frecuencia .....	34
3.6 Protecciones .....	34
3.6.1 Corrientes nominales .....	35
3.6.2 Protección para el motor acoplado a la banda transportadora .....	35
3.6.3 Protección para la bomba del sistema de inmersión .....	35
3.6.4 Protección de la Bomba del sistema de aspersión .....	36
3.7 Contactores .....	36
3.7.1 Contactor del motor para el motor acoplado a la banda transportadora ....	37
3.7.2 Contactor de la bomba del sistema de inmersión.....	37

3.7.3	Contactador de la bomba del sistema de aspersión .....	37
3.8	Sensores .....	38
3.8.1	Sensor capacitivo en la tina de inmersión.....	38
3.8.2	Sensor capacitivo en retenedor de agua .....	39
3.8.3	Sensor inductivo en engranaje .....	40
3.9	Controlador .....	41
3.9.1	Grafcet.....	44
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>49</b>
<b>4.</b>	<b>INGENIERÍA DE DETALLE .....</b>	<b>49</b>
4.1	Introducción .....	49
4.2	Diagrama P&ID .....	49
4.3	Condiciones de operación .....	51
4.3.1	Modo manual .....	51
4.3.2	Modo Automático .....	51
4.3.3	Estado del sistema.....	52
4.4	Funcionamiento del proceso .....	53
4.4.1	Programación .....	53
4.4.2	Programación del Sinamics V20.....	54
4.4.3	Programación PLC LOGO 8.....	56
4.4.3.1	Configuración .....	59
4.4.3.2	Programación del Modo Automático.....	60
4.4.3.3	Programación del Modo Manual .....	64
4.4.3.4	Programación de los Estados del sistema .....	66
4.5	Diagrama del Circuito de Potencia .....	68
4.6	Diagramas circuito de Control .....	69
4.6.1	Entradas del PLC .....	72
4.6.2	Salidas del PLC.....	73
4.7	Diagramas de conexión de sensores .....	74
4.8	Montaje .....	75
4.8.1	Estructura metálica.....	75
4.8.2	Montaje de sensores .....	76
4.8.3	Montaje de los eductores .....	78
4.8.4	Montaje del tablero de control .....	79
4.8.5	Transporte .....	80

<b>CAPÍTULO VI</b> .....	<b>82</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS</b> .....	<b>82</b>
5.1 Conclusiones .....	82
5.2 Trabajos futuros .....	83
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pesos asociados a la malanga en la banda transportadora del plano inclinado.....	18
Tabla 2. Variables usadas para el dimensionamiento del motor en el plano inclinado.....	19
Tabla 3. Pesos asociados a la malanga en la banda transportadora del plano horizontal.....	21
Tabla 4. Variables usadas para el dimensionamiento del motor en el plano horizontal.....	21
Tabla 5. Datos técnicos del motor seleccionado. ....	23
Tabla 6. Características del variador de frecuencia .....	33
Tabla 7. Bits necesarios para el control del variador de frecuencia.....	33
Tabla 8. Corrientes nominales de los actuadores de la lavadora.....	35
Tabla 9. Factor de potencia de los contactares según la categoría de servicio .....	36
Tabla 10. Características técnicas del sensor capacitivo – Tina de inmersión.....	39
Tabla 11. Características técnicas del sensor capacitivo – Retenedor de agua.....	40
Tabla 12. Características técnicas del sensor inductivo .....	40
Tabla 13. Entradas del controlador .....	42
Tabla 14. Salidas del controlador.....	43
Tabla 15. Características técnicas del controlador.....	43
Tabla 16. Descripción de las activaciones de la luz piloto roja .....	52
Tabla 17. Funcionamiento de los actuadores según la activación de los sensores .53	53
Tabla 18. Macro de Aplicación del variador de frecuencia SINAMIC V20. (Siemens AG, 2013).....	56
Tabla 19. Dirección IP del PC y CPU.....	57
Tabla 20. Etiquetas de las entradas del PLC Siemens LOGO 8. ....	58
Tabla 21. Etiquetas de las salidas del PLC Siemens LOGO 8.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista general de la malanga (Salgado, 2016) .....	8
<i>Figura 2.</i> Lavadora por inmersión y aspersion (Jersa, 2017) .....	10
Figura 3. Plancha de acero AISI 304. (GGB, 2017) .....	11
Figura 4. Banda Transportadora Modular. (Bandas Industriales , 2017).....	12
Figura 5. Banda Transportadora de rodillos. (SICSA, 2017).....	12
Figura 6. Forma de pulverización chorro plano. (InduServices, 2017) .....	13
Figura 7. Aspersor de boquilla Plana. (InduServices, 2017). .....	14
Figura 8. Eductor de 3/4 pulgadas.....	14
Figura 9. Funcionamiento del eductor. ....	14
Figura 10. Esquema de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion. ....	15
Figura 11. Banda Transportadora inclinada. ....	18
Figura 12. Banda transportadora horizontal.....	20
Figura 13. Motor ABB de 1/2 HP. ....	23
Figura 14. Fuerza ejercida sobre una superficie.....	24
Figura 15. Distribución de los aspersores para el sistema de aspersion.....	25
Figura 16. Chorro plano .....	27
Figura 17. Características del aspersor 6508 utilizado en el sistema de aspersion ..	28
Figura 18. Características del eductor 46550 utilizado en el sistema de inmersión .....	30
Figura 19. Variador de frecuencia SINAMICS V20. (Siemens AG, 2013).....	34
Figura 20. Sensor Capacitivo colocado en la tina de inmersión. ....	38
Figura 21. Sensor Capacitivo colocado en el retenedor de agua.....	39
Figura 22. Sensor inductivo colocado en la banda transportadora horizontal. ....	40
Figura 23. Controlador Lógico Programable PLC. LOGO 8.....	44
Figura 24. Módulo de expansión E/S para el PLC Logo 8. ....	44
Figura 25. Graficet del modo Automático. ....	45
Figura 26. Graficet de la selección de velocidades. ....	47
Figura 27. Graficet del modo manual.....	48
Figura 28. Diagrama de potencia del motor acoplado a las bandas transportadoras .....	70

Figura 29. Diagrama de Potencia de las bombas de inmersión y aspersión respectivamente .....	71
Figura 30. Diagrama de las entradas del PLC .....	72
Figura 31. Diagrama de las salidas del PLC .....	73
Figura 32. Diagrama de conexión de los sensores .....	74
Figura 33. Diagrama del control realizado .....	49
Figura 34. Diagrama P&ID de la lavadora de malanga por inmersión y aspersión.	50

## **RESUMEN**

Ecuador es un país exportador de frutas, tubérculos, granos, flores. Todos estos productos deben cumplir con estándares nacionales e internacionales para su comercialización. Empresas que lucran con estos productos cada vez intentan mejorar sus procesos. Por esta razón, La empresa DECROM desarrolló una lavadora por inmersión y aspersión para el proceso de lavado de malanga de la empresa AMAZON FRUIT. Para poder realizar este proyecto se lo dividió en etapas las cuales fueron: obtención de los requerimientos para el lavado, diseño mecánico, montaje de la estructura mecánica, diseño eléctrico y electrónico, montaje del tablero y pruebas de lavado. La obtención de los requerimientos fue realizada en conjunto con la empresa AMAZON FRUIT, ya que llevan una gran experiencia comercializando la malanga. Mientras que los diseños y montajes mecánicos fueron desarrollado por la empresa DECROM. No obstante, los diseños y montajes eléctricos y electrónicos fueron desarrollados teniendo como información los requerimientos y diseños mecánicos. Para finalmente, realizar las pruebas de lavado en conjunto. Y se obtuvo como resultado un tubérculo limpio y capaz de ser llevado a mercados internacionales.

### **Palabras Clave**

- **MALANGA**
- **LAVADORA**
- **INMERSIÓN**
- **ASPERSIÓN**
- **EDUCTORES**
- **ASPERSORES**

## **ABSTRACT**

Ecuador is a country that export fruit, tubercle, grain, flowers. Those products must comply with national and international standards for their commercialization. Companies that profit from these products are increasingly trying to improve their processes.

For this reason, the company DECPRON developed a washing machine by immersion and spray for the malanga washing process of the company AMAZON FRUIT. In order to carry out this project, it was divided into stages, which were: obtaining the requirements for washing, mechanical design, assembly of the mechanical structure, electrical and electronic design, assembly of the panel and washing tests.

Obtaining the requirements was done in conjunction with the company AMAZON FRUIT, as they have a great experience marketing the malanga. While the mechanical designs and assemblies were developed by the company DECPRON.

However, electrical and electronic designs and assemblies were developed with mechanical requirements and designs as information. Finally, perform the washing tests together. As a result, a clean tuber was obtained and capable of being transported to international markets

### **Keywords**

- **MALANGA**
- **WASHING MACHINE**
- **INMMERSION**
- **SPRAY**
- **EDUCTOR**
- **SPRINKLE**

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Malanga es un tubérculo de exportación que tiene como principales consumidores países como Estados Unidos y Puerto Rico. Este tubérculo está presente en climas tropicales y subtropicales. En nuestro país podemos encontrarlo en provincias del Oriente, Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos. (Revista\_ElAgro, 2016)

Amazon Fruit, es una Empresa ecuatoriana, que tiene como giro de negocio, la compra de malanga a agricultores de la zona amazónica. Con esta materia prima se realiza un proceso industrial completo, que consiste en almacenarla, lavarla, sumergirla en preservantes, secarla y empaquetarla. Todo esto con la finalidad de obtener un producto que esté en condiciones de ser exportado.

Debido a que el proceso de lavado de malanga es el más crítico que los otros procesos, ya que requiere de 12 personas para realizarlo, Amazon Fruit ha solicitado a la empresa DECPROM la elaboración de una lavadora por inmersión y aspersion. DECPROM se dedica al desarrollo de proyectos mecánicos, diseño y elaboración de planos, diseño y cálculos de proyectos, construcción de equipos industriales y agro-industriales.

Una lavadora por inmersión y aspersion es un sistema cuya función es limpiar frutas, verduras e incluso tubérculos del exceso de tierra, fertilizantes, pesticidas e incluso insectos. Para realizar la limpieza a los productos mencionados se realizan dos procesos. El primero es la inmersión, que consiste en sumergir los productos en un depósito y agitar al producto, lo cual se logra en aguas con turbulencia. El otro proceso es la aspersion el cual radica, en colocar al producto bajo duchas para su limpieza. La limpieza que se obtiene depende de la presión del agua empleada.

En la actualidad existen lavadoras ecuatorianas de este tipo, para productos tales como la papa y algunas frutas como el banano. La malanga, por su forma y peso, es parecida a una yuca y no puede ser lavada en la maquinaria existente. Teniendo en cuenta que este tipo de maquinaria es específica para este trabajo y no se encuentra en el mercado nacional. Ha tomado la decisión por parte de la Empresa DECPROM de realizar su diseño y fabricación.

## **1.2 Justificación e Importancia**

En la ciudad del Carmen provincia de Manabí, la empresa “Amazon Fruit” vende malanga a exportadores nacionales. Se debe garantizar un tubérculo limpio de tierra, arena, pesticidas e insecticidas. La empresa hace el uso de 12 trabajadores para el lavado manual de la misma, siendo esto una tarea exhaustiva y repetitiva con un coste elevado.

Con la ejecución de este proyecto se pretende optimizar este proceso, disminuyendo el tiempo que conlleva lavar la malanga. Reducir el número de trabajadores que están destinados a realizar esta tarea para ser reasignados a otras tareas. Además de optimizar el uso del agua que es ocupada para lavar la malanga.

Si el proceso de lavado mejora, la empresa puede recolectar más de este tubérculo para su venta, enriqueciendo de esta manera a la empresa. La visión es dar valor agregado a la producción de malanga e incorporarse en los planes del cambio de la matriz productiva. La exportación de productos genera como beneficio mayores divisas para la nación.

Si se ejecuta este proyecto, otro tipo de empresas se verán beneficiadas, como es el caso de DECPROM encargada de la construcción de la lavadora. Asimismo, agricultores de la zona serán beneficiados con la cosecha y venta del tubérculo. Se debe considerar, que al estar en un país donde la tecnología está en inicio, por lo tanto de difícil acceso para todos los centros de acopio existentes, el proyecto brindará los beneficios correspondientes para en un futuro dar valor agregado a la malanga ecuatoriana por parte de la empresa “Amazon Fruit”.

Además, el egresado encargado del proyecto tendrá una oportunidad importante. Ya que se trata de un proyecto multidisciplinario en donde además de estar presentes ideas, conceptos, diseños de la carrera de Ingeniería Electrónica también se requiere conocimientos y habilidades básicas de carreras como Ingeniería Mecánica, todo con el fin que la automatización prime en el de un proceso hacia la exportación de la malanga ecuatoriana. Finalmente, esto permite afianzar conocimientos y reafirmar las bases teóricas – prácticas impartidas en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, ya que se pone en práctica lo aprendido al enfrentarse a necesidades reales.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar e implementar la automatización de una lavadora de malanga por inmersión y aspersion para la Empresa DECROM.

#### **1.3.2 Objetivo Específico**

- Diseñar los diagramas de flujo del proceso P&ID que definen la operación de la lavadora.
- Seleccionar los componentes para la automatización.
- Diseñar el sistema eléctrico y electrónico.
- Diseñar los planos de detalle de las instalaciones de automatización.

## 1.4 Alcance

El proyecto se centra en la automatización de una estructura mecánica, que tiene como objetivo convertirse en una lavadora por aspersión e inmersión.

El proceso consiste en que un trabajador debe colocar un saco de malanga, que contiene entre 80 a 100 malangas, a la lavadora. En ese instante, la malanga se encuentra en el proceso de inmersión, donde debe existir turbulencias y agitaciones. El objetivo de este proceso es de remover del tubérculo, tierra, algunas raíces e incluso hasta insectos.

Luego la malanga es desplazada por gravedad a una concavidad, ahí el tubérculo será recogido por una banda transportadora. En ese momento la malanga se encuentra en el proceso de aspersión, donde es sometida a duchas de presión por aspersores mientras es transportada. Aquí se limpia el tubérculo de residuos que no pudieron ser retirados en el proceso de inmersión.

El proceso de inmersión debe contar con una bomba centrífuga capaz de producir turbulencias para la limpieza de la malanga. Tuberías adecuadas para evitar cavitaciones o calentamientos. Sensor de nivel para que sea imposible iniciar el proceso o desconexión de la lavadora por falta de líquido.

El proceso de aspersión requiere de un motor capaz de desplazar en un plano inclinado ascendente la malanga y la velocidad de transporte debe ser constante, pero de ser necesario puede modificarse por el operario en la ejecución del proceso. Además, debe tener una segunda bomba centrífuga con una presión y caudal adecuado para la limpieza del tubérculo.

La banda transportadora contará con 7 rejillas que desplazará alrededor de 10 malangas cada 17 segundos en cada rejilla, esto quiere decir que la banda desplaza aproximadamente 25 kg cada minuto. Esto representa que aproximadamente una tonelada de malangas será lavada cada hora.

En la primera parte del proyecto se realiza el dimensionamiento de materiales y dispositivos requeridos como son el motor, las bombas centrífugas, el controlador, tuberías, cables, sensores y dispositivos de seguridad en cortocircuitos y

sobrecorrientes, así como de sus especificaciones técnicas y funciones en el sistema, para así caracterizar detalladamente el proceso que se desea controlar.

Teniendo en cuenta los arranques para los motores, y analizando cuál es la mejor opción para no producir los picos de corrientes que puedan causar un daño al motor en su uso prolongado, asimismo, hay que recalcar que el sistema de conexión que dispone la empresa es un sistema monofásico de 220V debido a ello se deberá buscar la solución más óptima y económica debido a que los motores serán de voltaje trifásico.

Para poder apoyar y documentar la identificación del sistema se realizarán los respectivos diagramas de conexiones, diagramas P&ID y diagramas flujo del proceso a automatizarse.

Para la segunda parte del proyecto se realizará un sistema de marcha paro, que permitirá al usuario poder controlar la activación del sistema de inmersión y aspersion de la máquina a través de las bombas centrífugas, una de ellas será la encargada de generar las aguas turbulentas para la remoción de las partes más contaminadas de la malanga y la otra será la encargada para las duchas de presión. Además, de permitir el accionamiento del motor de la banda transportadora.

Para lograr esto debe existir una secuencia de encendido que será realizado por un controlador y de esta manera evitar picos en la red eléctrica. La bomba centrífuga encargada del lavado por inmersión será la primera en activarse, siempre y cuando exista líquido. Es por ello que se hará uso de un sensor de nivel. Y esta será controlada por un variador de frecuencia para el arranque y manipulación del caudal y presión.

El segundo dispositivo que será encendido será la banda transportadora, siempre y cuando la bomba haya sido encendida. Este motor debe tener la posibilidad de regular su velocidad, es decir se hará uso de un variador de frecuencia. Su arranque será suave evitando de esta manera picos de corriente.

El ultimo dispositivo en encender será la bomba encargada de realizar la aspersion. Este dispositivo tendrá un arranque suave y la posibilidad de regular la presión y caudal, esto se hará con un variador de frecuencia. Su encendido será siempre y cuando el motor antes mencionado haya sido encendido.

Un sistema centralizado por un controlador será el encargado de realizar esta secuencia de encendido. Además, el sistema debe accionar indicadores de estado de operación para conocer el estado de la máquina. Por requisitos del usuario debe ser posible desconectar los motores de manera manual para mantenimientos o limpiezas de rutinas.

Para la tercera parte del proyecto se implementará un sistema que permita la recirculación del agua, algo de vital importancia para poder lograr el ahorro de agua, recurso vital y por un aspecto relevante que son costos.

Una vez finalizado los sistemas antes descritos, se procederá a realizar las pruebas necesarias con la materia prima e ir regulando la presión del agua para así poder lograr una correcta limpieza del producto que es la finalidad por la que se elabora el proyecto.

Finalmente se implementará un tablero de control que permita maniobrar todas las acciones antes descritas con su respectivo paro de emergencia en caso de algún evento no previsto, cabe recalcar que para el sistema también se elaborará un manual de usuario detallado para un correcto y fácil uso de la maquinaria.

Como punto muy importante que se debe tener en cuenta es que el proyecto de grado pretende reemplazar al personal humano que viene desarrollando el proceso de lavado que son alrededor de 12 personas, todo esto con el objetivo de ganar en tiempos de producción y reducir de sobre manera en los costos finales.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Introducción**

Ecuador actualmente exporta una gran cantidad de materia prima. Y al ser un país en vías de desarrollo se deben empezar a mejorar los procesos de producción. Los procesos agrícolas son repetitivos y exhaustivos, pero son la base de la producción industrial. Automatizar estos procesos brindará ahorro de dinero y tiempo, mejoramiento de la calidad y de esta manera aumentar la competitividad de los productos ecuatorianos en mercados internacionales.

La exportación de frutas, tubérculos, granos, flores y demás deben cumplir con estándares nacionales e internacionales para su comercialización. Cuando se exporta materia prima, esta debe al menos estar libre de tierra, insectos y pesticidas para lograr entrar en el mercado internacional.

Para conseguir esto usualmente se contrata decenas de trabajadores para limpiar el producto dependiendo de la producción existente. Existen algunas entidades asociadas como Amazon Fruit que se dedican a la venta de un tubérculo llamado “malanga” a exportadores nacionales. La materia prima que esta empresa vende cumple con los requerimientos de exportación.

La empresa cuenta actualmente con doce trabajadores únicamente para realizar el proceso de lavado. Debido a los esfuerzos humanos y costos elevados que genera realizar esta tarea, esta empresa pretende automatizar este proceso. De esta manera, pretende obtener los beneficios que otorga una automatización.

Para automatizar el lavado de un tubérculo debe existir presencia de agua. El líquido debe estar a presión para reemplazar la mano obrera cuando realiza la acción de cepillado o frotado. Además, debe existir agua con turbulencias que retiren del tubérculo los grandes excesos de tierra en donde puede existir insectos o gusanos.

Una lavadora por inmersión y aspersion es la que brinda este proceso de lavado. Hay que señalar que un proceso completo de lavado posee en cascada otros subprocesos. La lavadora de inmersión y aspersion es el primer paso de limpieza para cualquier clase de tubérculo.

## **2.2 Malanga**

La Malanga es un tubérculo cuyo nombre científico es *Colocasia esculenta* y su clasificación está dentro del grupo de araceae (Torres, Montero, & Duran, 2013). El tubérculo que produce tiene un alto valor nutricional, es por esta razón su siembra y su cosecha. Actualmente su consumo en el país no es habitual, pero es adquirido por otros países para su consumo.

La malanga es un producto de exportación que se da en climas tropicales. Es por esta razón que se la puede encontrar en provincias del Oriente y Santo Domingo de los Tsáchilas. Dado que requiere precipitaciones altas y temperaturas entre 25°C y 30°C.

### **2.2.1 Características físicas de la malanga**

Para determinar las características de este tubérculo se han tomado 30 malangas y se ha podido determinar que la malanga tiene características que se citan a continuación y además en la figura 1 se muestra la vista general de la malanga.



***Figura 1. Vista general de la malanga***

**Fuente: (Salgado, 2016)**

- Longitud está comprendido entre los 20 – 25 cm
- Diámetro está comprendido entre los 7 – 10 cm
- Masa está comprendida entre 0.5– 2.5 Kg

### **2.3 Lavadora de inmersión y aspersion**

Una lavadora de inmersión y aspersion es un equipo que principalmente se usa para lavar frutas y hortalizas. Para realizar esta tarea utiliza de un tanque de inmersión en el cual debe existir turbulencias en el agua para posteriormente llevar la materia prima a duchas de aspersion para terminar el lavado superficial del producto (CI Talsa S.A., 2016).

Las principales ventajas que posee este tipo de lavado son las siguientes:

- Elimina elementos no deseados firmemente adheridos.
- No existe maltrato al producto al momento de ser lavado.
- Se puede hacer uso de químicos para limpiar al producto.

### **2.4 Etapas de una lavadora de inmersión y aspersion**

Una lavadora de este tipo tiene dos etapas, como su nombre lo dice. Y ambas tienen la finalidad de entregar un producto limpio de suciedad adherida a la materia prima. Cada etapa tiene sus propios elementos representativos y sus funciones particulares.

El lavado por inmersión es uno de los métodos más sencillos e intuitivos de limpieza y su función es la de aflojar la suciedad adherida a la materia prima. Para obtener mejores resultados usualmente se agita el agua donde están los elementos que van a ser lavados. Para realizar este proceso se hace uso de tinas, cemento liso o usualmente depósitos de metal de acero inoxidable.

El lavado por aspersion es muy común en la industria de alimentos. Este proceso consiste en transportar la materia prima por duchas de agua a presión o conocidos

como aspersores. Para lograr remover la suciedad y arrastrarla con el agua. Los factores que se consideran en este tipo de lavado es la presión del agua, número de aspersores y temperatura del agua.

En la figura 2 se muestra una lavadora de inmersión y aspersion de la empresa Jersa. Esta lavadora tiene el sistema de aspersion en la banda transportadora de elevación, la cual saca el producto de la tina.



**Figura 2. Lavadora por inmersión y aspersion**

**Fuente: (Jersa, 2017)**

## **2.5 Elementos de una lavadora por inmersión y aspersion**

Una lavadora por inmersión y aspersion posee elementos característicos para cada proceso. Por ejemplo, un proceso de inmersión básico tiene una estructura contenedora, una banda transportadora modular, eductores y un sistema hidráulico mientras que un proceso de aspersion tiene una banda transportadora de rodillos, aspersores, un recipiente contenedor del agua ocupada en el proceso.

### 2.5.1 Estructura

Dado que las lavadoras por inmersión y aspersion operan con agua, el material del cual debe ser construido una lavadora de este tipo es de acero inoxidable. Según la AISI (Instituto Americano del Hierro y del Acero por sus siglas en inglés) 304 es un acero inoxidable ampliamente usado en la industria alimenticia, de la construcción, farmacéutica, química, tejidos y papel y entre otras (GGB, 2017). La figura 3 muestra una plancha de acero inoxidable AISI 304.



**Figura 3. Plancha de acero AISI 304.**

**Fuente: (GGB, 2017)**

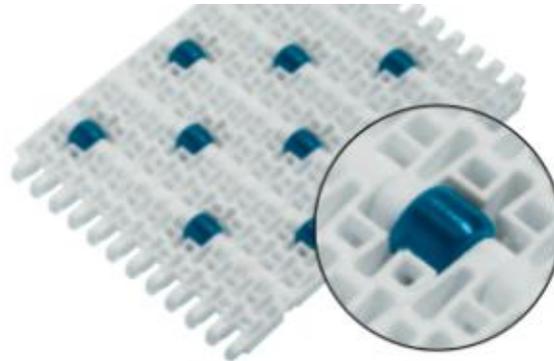
### 2.5.2 Bandas transportadoras

Las bandas transportadoras son útiles para desplazar un producto de un lugar a otro. Una lavadora de inmersión y aspersion usualmente posee de una a dos bandas transportadoras. La primera banda es para tomar el producto del sistema de inmersión y llevarlo al sistema de aspersion. La segunda es para desplazar un producto por duchas de aspersion con la finalidad de ayudar a obtener un producto limpio.

#### 2.5.2.1 Banda transportadora modular

Una banda modular es un conjunto de plásticos individuales moldeados que son fabricados con alta precisión y que están unidos por el uso de varillas. Su robusto diseño está optimizado para garantizar procesos efectivos de transporte y de fácil limpieza (Habasit, 2017).

Es por esta razón que este tipo de bandas son ampliamente usadas en procesos que requieren trasladar un producto sumergido en agua a otro proceso líquido o en seco.



**Figura 4. Banda Transportadora Modular.**

**Fuente: (Bandas Industriales , 2017)**

#### **2.5.2.2 Banda transportadora de rodillos**

La banda transportadora de rodillos, como su nombre lo indica, hace el uso de rodillos plásticos o metálicos para el transporte de diferentes tipos de productos de superficies regulares o irregulares (SICSA, 2017). Además, este tipo de banda transportadora facilita que los productos de superficies irregulares giren en su propio eje. Por esta razón, es que este tipo de bandas es usado en sistemas de limpieza por aspersion, en la figura 5 se muestra una banda transportadora de la empresa SICSA.



**Figura 5. Banda Transportadora de rodillos.**

**Fuente: (SICSA, 2017)**

### 2.5.2.3 Aspersores

Los aspersores en esta maquinaria son normalmente utilizados para realizar la limpieza del producto que circula por la banda transportadora de rodillos. Aunque dependiendo del diseño de la lavadora de inmersión y aspersion, los aspersores pueden estar ubicados sobre la banda transportadora modular.

Este dispositivo generalmente está montado entre 15 a 20 cm sobre la superficie de impacto. Los aspersores tienen algunas formas de pulverización esto depende de la aplicación y requerimientos de la aplicación.

La típica forma de pulverización para este tipo de aplicación es la de chorro plano en donde el ángulo de pulverización está comprendido entre  $15^\circ$  a  $110^\circ$ . La figura 6 muestra la vista superior de la forma de impacto del aspersor sobre una superficie plana.



**Figura 6. Forma de pulverización chorro plano.**

**Fuente: (InduServices, 2017)**

Los aspersores usualmente están fabricados en cobre o acero inoxidable AISI 304 toleran una variedad de caudales entre 0.06 hasta 790 l/min y presiones entre 0.3 hasta 35 bar esto depende de la aplicación requerida. Además, tienen conectores de diferentes medidas para ser acoplados a diferentes tuberías. En la figura 7 se muestra un aspersor de boquilla plana de la empresa InduServices S. A.



**Figura 7. Aspersor de boquilla Plana.**

**Fuente: (InduServices, 2017).**

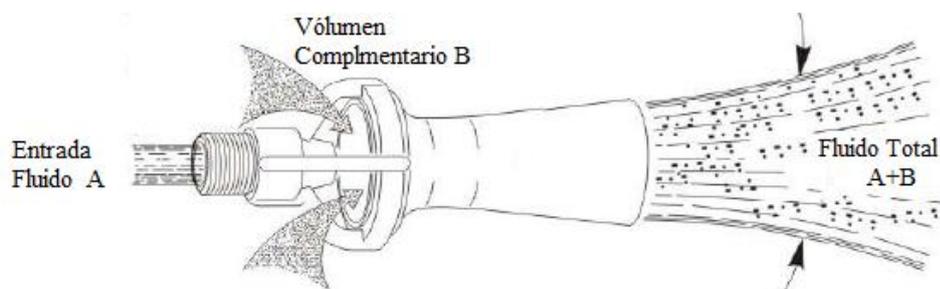
#### 2.5.2.4 Eductor

La función del eductor en la lavadora de inmersión y aspersion es agitar el agua para poder remover las impurezas en exceso adheridas al producto que será vendido que usualmente es tierra y pequeños insectos. En la figura 8 se muestra un eductor de acero inoxidable con una entrada de 3/4 de pulgada. Este dispositivo opera sumando el caudal de ingreso y un caudal de succión que se genera a la entrada del eductor.



**Figura 8. Eductor de 3/4 pulgadas.**

En la figura 9 se ilustra la forma con la que opera el eductor, que es la suma de dos caudales. A es el caudal de ingreso y B es el caudal complementario que se genera por la succión al momento que ingresa el caudal A.



**Figura 9. Funcionamiento del eductor.**

### CAPÍTULO III

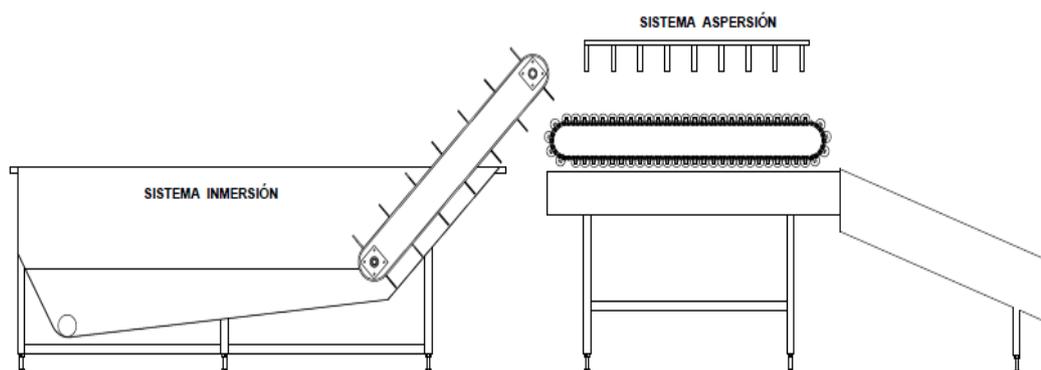
## 3. INGENIERÍA BÁSICA

### 3.1 Introducción

Una lavadora por inmersión y aspersion es un sistema cuya función es limpiar una gran variedad de frutas, verduras o tubérculos de excesos de tierra, insectos, fertilizantes, y pesticidas. Los productos limpios pueden ser comercializados en el mercado internacional, supermercados nacionales o directamente al consumidor final

El propósito general de este proyecto es mejorar el proceso actual de lavado de la malanga que realiza la Empresa Amazon Fruit. Logrando de esta manera abaratar costos y reducir el tiempo que conlleva realizar el proceso.

En la figura 10 se muestra el esquema de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion diseñado por la empresa DECPROM, en donde se identifica los procesos de inmersión y aspersion.



**Figura 10. Esquema de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion.**

### 3.2 Requerimientos de la lavadora de malanga

Los requerimientos de la Empresa DECPRON, para la automatización de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion son los que se citan a continuación:

- Tres velocidades de transporte para la malanga
- Dimensionamiento del motor acoplado a la banda transportadora
- Dimensionamiento de la bomba de agua para el sistema de inmersión
- Dimensionamiento de la bomba de agua para el sistema de aspersion
- Secuencia de Encendido del motor y las bombas de agua.
- Dispositivos que brinden protecciones a las cargas eléctricas.
- Selección del cableado adecuado para las operaciones de trabajo.
- Control de nivel de líquido.
- Un botón de arranque.
- Un botón de paro.
- Un botón de paro de emergencia.
- Un botón para accionar independientemente el sistema de inmersión
- Un botón para accionar independientemente el sistema de aspersion
- Un botón para accionar independientemente las bandas transportadoras

Para todos los requerimientos citados se ha considerado en cuenta ciertos aspectos que técnicos que serán mencionados a continuación:

- **Suministro Energético**

Amazon Fruit la empresa donde estará operando la lavadora de malanga, cuenta actualmente con una acometida monofásica de 220 VAC con una frecuencia de operación de 60 Hz.

- **Condiciones ambientales**

La ubicación de la lavadora será un lugar expuesto a ruido, polvo, humedad y vibraciones para los componentes y dispositivos eléctricos y electrónicos que estarán dentro del gabinete modula.

- **Seguridad**

El sistema de control automático debe garantizar la seguridad para el personal de operación y mantenimiento, por lo tanto, se deberá aplicar las normas de seguridad correspondientes para procesos industriales, así mismo los elementos de protección deberán ser dimensionados y seleccionados correctamente para garantizar la vida útil de todos los componentes eléctricos y electrónicos que se utilizará.

### **3.3 Motor**

El motor es el elemento que permite la transformación de energía eléctrica a energía mecánica; para hacer posible el movimiento de la malanga a través de la lavadora. Para lograr esto, la empresa DECPROM ha facilitado algunos datos para dimensionar el motor.

La malanga es desplazada al proceso de aspersión por medio de dos bandas transportadoras. La primera banda está montada en un plano inclinado que logré sacar la malanga del proceso de inmersión y la segunda banda sobre un plano horizontal donde estarán los aspersores que realizará el lavado de la malanga. Todo esto se efectuará con un único motor que brinde la fuerza motriz necesaria para lograrlo.

Se ha tomado una malanga con una forma esférica para determinar cuántas malangas podrán estar en la banda transportadora de manera repleta. Se determinó que su radio es de  $r = 28.26 \text{ mm}$  y su masa es de  $M = 0.18 \text{ lb}$ .

#### **3.3.1 Plano inclinado**

Para determinar la potencia que se requiere para desplazar la malanga en el plano inclinado se consideró las siguientes características del tubérculo y la banda de transportación.

- Malanga con un radio  $r_m = 28.3 \text{ mm}$
- Malanga con una masa  $m = 0.2 \text{ lb}$  que corresponde al radio.
- Volumen de una rejilla de transporte  $V_r = 1327708.8 \text{ mm}^3$ .
- Angulo de elevación  $\theta = 45^\circ$ .

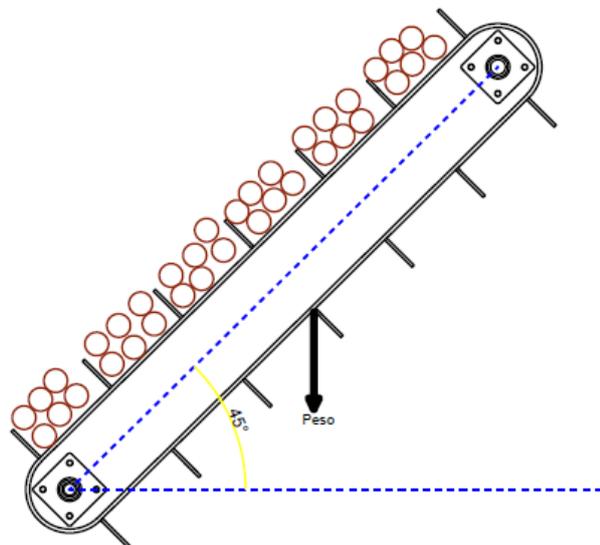
La Tabla 1 resume la cantidad de malangas descritas que son capaces de entrar en la banda transportadora inclinada de 7 rejillas.

**Tabla 1.**

**Pesos asociados a la malanga en la banda transportadora del plano inclinado**

Cantidad	Descripción	Unidad
<b>99</b>	Malangas	8.9 Kg
<b>1</b>	Banda Transportadora modular	9.9 Kg

En la figura se ilustra la banda transportadora modular, cuya función es movilizar la malanga del proceso de inmersión al proceso de aspersion.



**Figura 11. Banda Transportadora inclinada.**

En la tabla 2 se indican los datos mecánicos y los requerimientos para determinar la fuerza necesaria para desplazar los tubérculos por el plano inclinado. Este cálculo se realizó conjuntamente con el experto mecánico de la empresa DECPROM.

**Tabla 2.**

**Variables usadas para el dimensionamiento del motor en el plano inclinado.**

Símbolo	Descripción	Valor
$M$	Masa de la malanga que será transportada más porcentaje de seguridad (40%)	11.27Kg
$M_B$	Masa de la banda transportadora	9.18Kg
$M_R$	Masa de los Tambores y acoples	5Kg
$M_T$	Masa Total	5Kg
$g$	Gravedad	9.8m/s <sup>2</sup>
$v$	Velocidad de Transporte promedio	0.18 m/s <sup>2</sup>
$\mu_r$	Coeficiente de Rozamiento Rodillo	0.033
$\mu_m$	Coeficiente de rozamiento mecánico	0.52
$\mu_p$	Coeficiente de rozamiento total	0.553
$\eta$	Eficiencia del acople mecánico	0.85
$\theta$	Angulo de elevación	45°

Con los datos que se han detallado en la Tabla 2 se efectuará el cálculo de la fuerza necesaria para mover la carga.

$$F = \mu_p \cdot g \cdot M_{total} + g \cdot M_{carga} \cdot \sin \theta \quad (1)$$

$$F = 216 [N] \quad (2)$$

Con la Fuerza que se determinó se calculará la potencia mecánica que será necesaria para lograr el movimiento a la velocidad requerida por la empresa.

$$P_A = F \cdot v \quad (3)$$

$$P_A = 39.0 [W] \quad (4)$$

Con la eficiencia del acople que usualmente trabaja la empresa se determina la potencia del motor para mover la malanga por el plano horizontal.

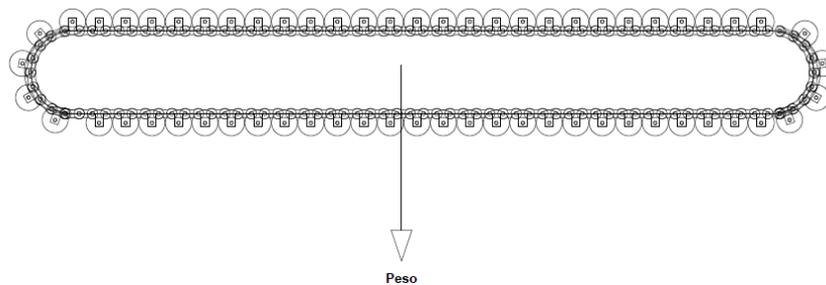
$$P_{M1} = \frac{P_A}{\eta} [W] \quad (5)$$

$$P_{M2} = 45.7 [W] \quad (6)$$

### 3.3.2 Plano horizontal

Para determinar la potencia que se requiere para desplazar la malanga en el plano horizontal se debe considerar las siguientes características del tubérculo y de los rodillos.

- Malanga con radio  $r_m = 28.3 \text{ mm}$
- Malanga con masa  $m = 0.2 \text{ lb}$  que corresponde al radio.
- Rodillos con diámetro  $d_r = 3 \text{ in.}$
- Rodillo con masa  $m_r = 0.6 \text{ Kg.}$



**Figura 12. Banda transportadora horizontal.**

La tabla 3 resume la cantidad de malangas capaces de ser distribuidas en la banda transportadora horizontal de 1550 mm x 500 mm y la masa correspondiente a a ese número. Además, la cantidad de rodillos que serán necesarios con su respectiva masa.

**Tabla 3.**

**Pesos asociados a la malanga en la banda transportadora del plano horizontal.**

Cantidad	Descripción	Masa
372	Malangas	30.4Kg
25	Rodillos	15 Kg

En la Tabla 4 se indican los datos mecánicos y los requerimientos para determinar la fuerza necesaria para desplazar los tubérculos por el plano horizontal

**Tabla 4.**

**Variables usadas para el dimensionamiento del motor en el plano horizontal.**

Símbolo	Descripción	Valor
$M$	Masa de la malanga que será transportada más porcentaje de seguridad (40%)	42.5Kg
$M_B$	Masa de los rodillos	25Kg
$M_R$	Masa de los Tambores, cadenas y acoples	5Kg
$g$	Gravedad	9.8m/s <sup>2</sup>
$v$	Velocidad de Transporte promedio	0.18 m/s <sup>2</sup>
$\mu_r$	Coeficiente de Rozamiento Rodillo	0.033
$\mu_m$	Coeficiente de rozamiento mecánico	0.52
$\mu_p$	Coeficiente de rozamiento total	0.553
$\eta$	Eficiencia del acople mecánico	0.85

Con los datos que se han detallado en la tabla 4 se efectuará el cálculo de la fuerza necesaria para mover la carga.

$$F = \mu_p \cdot g \cdot (M + M_B + M_R) \quad (7)$$

$$F = 393[N] \quad (8)$$

Con la Fuerza que ha sido determinada se calculará la potencia mecánica que será necesaria para lograr el movimiento a la velocidad requerida por la empresa.

$$P_A = F \cdot v [W] \quad (9)$$

$$P_A = 70.8 [W] \quad (10)$$

Con la eficiencia del acople que usualmente trabaja la empresa se determina la potencia del motor para mover la malanga por el plano horizontal

$$P_{M2} = \frac{P_A}{\eta} [W] \quad (11)$$

$$P_{M2} = 83.2 [W] \quad (12)$$

### 3.3.3 Selección del motor

En las secciones 3.2.1 y 3.2.2 se ha calculado las potencias de los motores necesarios para transportar la malanga por el plano inclinado y plano horizontal respectivamente. Las potencias calculadas son pequeñas y la empresa DECPROM ha solicitado un único motor para el transporte de la malanga. La potencia del motor es la suma de ambas potencias.

$$P_M = P_{M1} + P_{M2} \quad (13)$$

$$P_M = 128.98 [W] \quad (14)$$

$$P_M = 128.98 [HP] \quad (15)$$

Al no existir un motor comercial con la potencia calculada, se hizo la compra un motor con una potencia de 0.5HP de marca ABB mostrado en la figura 13 para que trabaje de manera excedente a lo requerido en los cálculos.



**Figura 13. Motor ABB de 1/2 HP.**

Además, la especificación del motor adquirido se resume en la tabla 5 que se muestra a continuación.

**Tabla 5.**

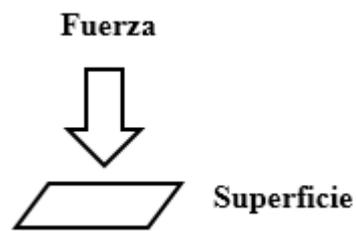
**Datos técnicos del motor seleccionado.**

Conexión	Tensión	Amperaje	Rpm	Factor de Potencia	Eficiencia
Trifásica	225 V	1.87 A	1615	0.79	0.85

### 3.4 Sistema hidráulico

#### 3.4.1 Presión del sistema aspersión

Para dimensionar la bomba hidráulica del sistema de aspersión se consideró una presión experimental capaz de lavar la malanga. La presión adecuada es de aproximadamente de 8 kgf por cada centímetro cuadrado. La figura 14 representa la cantidad de fuerza que se ejerce sobre un centímetro cuadrado. La presión es fundamental en el proceso de aspersión, ya que es donde se retira la suciedad adherida al tubérculo. Una presión baja no lavará el producto de manera adecuada y una presión muy alta maltratará el producto



**Figura 14. Fuerza ejercida sobre una superficie**

$$P = \frac{8 \text{ Kgf}}{\text{cm}^2} \quad (16)$$

$$P = \frac{78.5 \text{ N}}{\text{cm}^2} \quad (17)$$

$$P_A = 70.8 \text{ [W]} \quad (18)$$

$$P = 784.5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 784.5 \text{ Pa} \quad (19)$$

$$P = 113.8 \text{ psi} \quad (20)$$

La longitud de las tuberías es de aproximadamente 4m, existe 2 codos y 5T's. Las pérdidas en las tuberías son despreciables ya que la viscosidad del agua a temperatura ambiente es muy baja. La pérdida en los codos es de aproximadamente 0.25 psi. Por lo tanto, la presión a la entrada del sistema es de:

$$P = 113.8 \text{ psi} + 5 * 0.25 \text{ psi} \quad (21)$$

$$P_T = 115 \text{ [psi]} \quad (22)$$

### 3.4.2 Caudal del sistema de aspersión

El caudal se lo determinó con la cantidad de los aspersores capaces de ser distribuidos sobre la banda transportadora horizontal. Cada aspersor opera con  $5.8 L/min$  y 51 aspersores fueron distribuidos sobre la banda transportadora como se muestra en la figura 15.

Por lo tanto, el caudal necesario para que el proceso de aspersión opere de manera adecuada se lo realiza con la ecuación 23, donde  $Q_T$  es el caudal total del proceso de aspersión,  $k$  es la cantidad de aspersores y  $Q_O$  es el caudal que ocupa cada aspersor

$$Q_T = k * Q_O \quad (23)$$

$$Q_T = 51 * 5.8 \frac{l}{min} \quad (24)$$

$$Q_T = 295.5 \frac{l}{min} \quad (25)$$

### 3.4.3 Tubería sistema de aspersión

El cálculo del diámetro interno de la tubería para que no exista calentamientos ni cavitaciones, se lo efectúa con el caudal que fue determinado en la sección 3.4.2. El sistema de aspersión tendrá la forma que se muestra en la figura 15, lo cual permite un lavado total de la malanga.

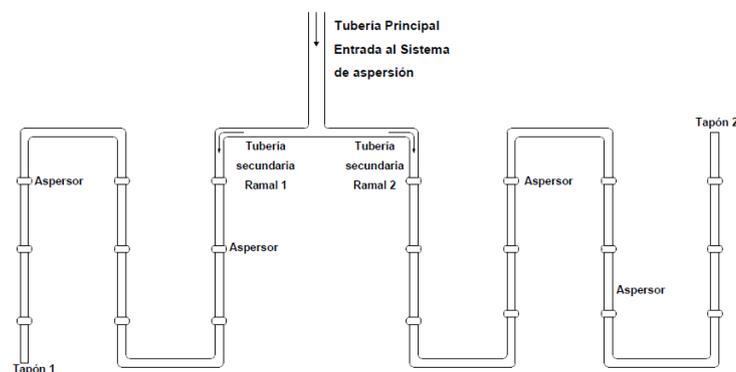


Figura 15. Distribución de los aspersores para el sistema de aspersión.

### 3.4.3.1 Tubería línea principal

Para determinar la tubería adecuada se debe conocer el valor de la velocidad en la tubería de presión que es aproximadamente 25 ft/s. Con el uso de la ecuación 26 se calcula el diámetro interno y externo de la tubería que es ocupado en la línea principal.

$$\phi_{in} = \sqrt{\frac{Q * 0.4081}{v}} [in] \quad (26)$$

$$\phi_{in} = \sqrt{\frac{35.66 * 0.4081}{25 \frac{ft}{s}}} [in] \quad (27)$$

$$\phi_{in} = 0.76 [in] \quad (28)$$

$$\phi_{ex} = \phi_{in} + 0.1 [in] \quad (29)$$

$$P_T = 115 [psi] \quad (30)$$

$$\phi_{ex} = 0.86 [in] \quad (31)$$

### 3.4.3.2 Tuberías en las líneas secundarias

La velocidad en las líneas dónde están colocados los aspersores se mantienen como en la sección 3.4.3.2 y es de aproximadamente 25 ft/s. El caudal que se distribuye a las líneas secundarias ramal uno es de 67.5 l/min y el caudal en la línea secundaria ramal dos es exactamente el mismo 67.5 l/min. Esta igualdad se da, ya que existe la misma cantidad de aspersores en cada línea de distribución.

En el ramal uno y ramal dos existen 9 aspersores y para determinar el caudal en cada línea se usa el criterio usado en la sección 3.4.2. El cálculo para ambas líneas se lo realizó con el caudal  $Q_{L1} = 67.5$  l/min, ya que mantienen el mismo número de aspersores en cada línea de aspersión.

$$\phi_{in} = \sqrt{\frac{Q_{L1} * 0.4081}{v}} [in] \quad (32)$$

$$\phi_{in} = \sqrt{\frac{13.21 * 0.4081}{25 \frac{ft}{s}}} [in] \quad (33)$$

$$\phi_{in} = 0.55 [in] \quad (34)$$

$$\phi_{ex} = \phi_{in} + 0.1 [in] \quad (35)$$

$$\phi_{ex} = 0.65 [in] \quad (36)$$

### 3.4.4 Aspersores

Los aspersores que serán utilizados para esta aplicación son de impacto plano, modelo 6508. Su forma de operación se muestra en la figura 16. Y su función es la lavar la malanga con la presión y caudal determinados en las secciones 3.4.1 y 3.4.2 respectivamente. Esta presión y caudal se lo determinó con las características del aspersor, se muestra en la figura 17 el resumen de la presión y caudal del aspersor.



**Figura 16. Chorro plano**

En la figura 15 se mostró su disposición sobre la tubería, y su rango de trabajo se muestra en la figura 17. Además, en la figura 16 se muestra la forma de operación sobre la banda transportadora.

Spray angle (3 bar)	Capacity Sec	Nozzle Type /Inlet Conn. NPT												Equivalent Nozzle Orifice (mm)	Capacity (l/min)										Spray angle			
		CC		CC-L		CC-N			CC-M			0.3	1		2	3	4	5	6	7	10	20	35	1.5	3	6	14	
		1/8	1/4	1/8	1/4	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	2		bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar
65°	6508	●	●	●	●								1.8	1.0	1.8	2.6	3.2	3.6	4.1	4.5	4.8	5.8	8.2	10.8	55°	65°	71°	74°

Figura 17. Características del aspersor 6508 utilizado en el sistema de aspersión

### 3.4.5 Caudal en el sistema de inmersión

El caudal necesario para el sistema de inmersión se lo determinó con la cantidad de eductores capaces de ser ubicados en la tina de inmersión. Cada eductor opera con un caudal  $Q_E = 64 \text{ l/min}$  y 3 eductores fueron colocados en el proceso de inmersión.

Por lo tanto, el caudal necesario para que el proceso de inmersión opere de manera adecuada se lo realiza con la ecuación 37, donde  $Q_T$  es el caudal total del proceso de inmersión,  $k$  es la cantidad de aspersores y  $Q_E$  es el caudal que ocupa cada aspersor.

$$Q_T = k * Q_E \quad (37)$$

$$Q_T = 3 * 68 \frac{\text{l}}{\text{min}} \quad (38)$$

$$Q_T = 204 \frac{\text{l}}{\text{min}} \quad (39)$$

El caudal requerido por eductor se lo determina por tablas características del dispositivo. En la sección se trata con mayor detalle la presión y caudal del eductor, para el sistema de inmersión en la lavadora de malanga.

### 3.4.6 Presión en el sistema de inmersión

En el proceso de inmersión, la presión, no es una variable determinante. Sin embargo, la función de la presión en este proceso es desplazar con una fuerza adecuada a la malanga para que se agite y logre llegar a la banda transportadora inclinada.

La presión para el sistema viene relacionada con la presión de operación del educador el cual en la figura 17 se puede verificar que es de  $2.5 \text{ bar}$ . Esta presión permite agitar y desplazar la malanga sin maltratar el producto.

$$P = 1.5 \text{ bar} \quad (40)$$

$$P = 36.25 \text{ psi} \quad (41)$$

### 3.4.7 Tuberías sistema de inmersión

El cálculo del diámetro interno de la tubería para que no exista calentamientos ni cavitaciones, se lo efectúa con el caudal que fue calculado en la sección 3.4.6. La tubería del sistema de inmersión tiene la forma de la figura, esta configuración es útil para que el proceso trabaje de manera adecuada.

#### 3.4.7.1 Tubería línea principal

Para determinar la tubería adecuada se debe conocer el valor de la velocidad en la tubería de presión que es aproximadamente  $25 \text{ ft/s}$ . En el cálculo desarrollado se determinó una tubería de  $\phi_{ex} = 1.17 \text{ [in]}$  de diámetro para el caudal calculado en la sección 3.4.5. Sin embargo, este diámetro no existe en el mercado nacional. Por lo tanto, una tubería  $\phi_{ex} = 1.25 \text{ [in]}$  de diámetro externo es la que es ocupada para el proceso de inmersión..

$$\phi_{in} = \sqrt{\frac{Q * 0.4081}{v}} \text{ [in]} \quad (42)$$

$$\phi_{in} = \sqrt{\frac{71.33 \text{ Gal} * 0.4081}{25 \frac{\text{ft}}{\text{s}}}} \text{ [in]} \quad (43)$$

$$\phi_{in} = 1.07 \text{ [in]} \quad (44)$$

$$\phi_{ex} = \phi_{in} + 0.1 \text{ [in]} \quad (45)$$

$$\phi_{ex} = 1.17 [in] \quad (46)$$

### 3.4.8 Eductor

Tres eductores son utilizados para el proceso de inmersión y su modelo es el 46550. La función de estos dispositivos es remover las grandes impurezas adheridas al tubérculo a la presión y caudal determinados en las secciones 3.4.5 y 3.4.6. Esta presión y caudal se lo determinó con las características del eductor, se muestra en la figura 18 el resumen de la presión y caudal del eductor.

Inlet Conn. NPT or BSPT (M)	Approx. Flow Rate Performance	Inlet Liquid Pressure							
		.5 bar	1 bar	1.5 bar	2 bar	2.5 bar	3 bar	3.5 bar	4 bar
3/4	Flow A	43	64	74	85	97	106	116	124
3/4	Flow B	172	256	298	340	388	424	464	496

**Figura 18. Características del eductor 46550  
utilizado en el sistema de inmersión**

### 3.4.9 Bomba y motor

La potencia de la bomba se calcula por medio del caudal y la presión, teniendo en cuenta que las unidades de presión deben estar en bares y que la unidad de caudal debe ser expresado en litros sobre minuto.

$$P_B = \frac{P[bar] * Q[l/min]}{450} [HP] \quad (47)$$

### 3.4.9.1 Bomba sistema de aspersión

Para el cálculo de la bomba del sistema de inmersión se hace uso de la presión calculada en la sección 3.4.1 y el caudal calculada en la sección 3.4.2. Sin embargo, la presión está en psi y deben ser transformados a bares.

$$P_T = 115 [psi] = 7.92 [bar] \quad (48)$$

$$P_B = \frac{10.35 \text{ bar} * 295.8 \text{ l/min}}{450} [HP] \quad (49)$$

$$P_B = 6.80 [HP] \quad (50)$$

Asumiendo que el acople mecánico de la bomba al motor, tienen una eficiencia de  $\eta = 85\%$ . Se ha determinado que la potencia del motor requerido para solventar la presión y caudal es:

$$P_M = \frac{P_b}{\eta} [HP] \quad (51)$$

$$P_M = \frac{6.80}{0.85} [HP] \quad (52)$$

$$P_M = 8.00 [HP] \quad (53)$$

### 3.4.9.2 Bomba sistema de inmersión

Los valores para el sistema de aspersión son los que fueron determinados en la sección 3.4.5 y 3.4.6. Donde la presión debe estar en bares y el caudal en litros sobre minutos.

$$P_B = \frac{2.5 \text{ bar} * 270 \text{ L/min}}{450} [HP] \quad (54)$$

$$P_B = 1.5 [HP] \quad (55)$$

Asumiendo que el acople mecánico de la bomba al motor, tienen una eficiencia de  $\eta = 85\%$ . Se ha determinado que la potencia del motor requerido para solventar la presión y caudal es:

$$P_M = \frac{P_b}{\eta} [HP] \quad (56)$$

$$P_M = \frac{1.5}{0.85} [HP] \quad (57)$$

$$P_M = 1.76 [HP] \quad (58)$$

### 3.5 Variador de frecuencia

Para el diseño de este proyecto se propuso el uso de un variador de frecuencia. Este es usado en el motor que está acoplado a las bandas transportadoras. El variador está configurado de tal manera que exista tres velocidades alta, media y baja. La selección de la velocidad se escoge cuando la malanga está altamente, medianamente o levemente contaminada de suciedad.

Mientras más contaminada este la malanga, la velocidad en la banda transportadora debe ser baja para que el sistema de aspersion remueva la suciedad adherida a la malanga.

#### 3.5.1 Regulación motor

Se dimensionó un variador que brinde una conexión de monofásica a trifásica. Ya que en la sección 3.2 se escogió un motor trifásico y la acometida donde será implementado la lavadora cuenta actualmente con dos fases de 110 VAC de una red trifásica. Esto quiere decir 220 VAC entre línea a línea a 60 Hz.

La potencia del variador de frecuencia para el motor dimensionado debe de ser de ser el doble o el 50% más de potencia del motor que se ha dimensionado. Por tratarse de potencias bajas se hará uso de un variador de 0.75 HP el cual es el 50% más de la potencia del motor. Además, la tabla 6 resume lo que se ha expuesto.

**Tabla 6.****Características del variador de frecuencia**

Detalle	Característica	Unidad
<b>Potencia</b>	0.75	HP
<b>Tensión de Entrada</b>	220 (línea-línea) 2 fases	V-AC
<b>Tensión de Salida</b>	220 (línea-línea) 3 fases	V-AC
<b>Frecuencia de Operación para la lavadora de malanga</b>	0 a 60	Hz

Un controlador gobierna el comportamiento del variador de frecuencia para el arranque del motor. Por esta razón, el variador cuenta con entradas digitales para recibir señales desde el controlador con la cual se controla las velocidades en el motor. Por defecto, la velocidad de operación comenzará en alta. En la tabla 8 se resume lo expuesto con anterioridad.

Además, se puede notar en la tabla 7 que se necesitan de cuatro pines para controlar el variador de frecuencia que a su vez controlará la velocidad del motor para las bandas transportadoras en la lavadora de malanga.

**Tabla 7.****Bits necesarios para el control del variador de frecuencia**

Detalle	Característica	Cantidad Pines	Tensión de Funcionamiento
<b>Activación del variador de frecuencia</b>	Permite la activación del variador	1	24 VDC
<b>Regulación Digital</b>	Velocidades de operación del motor	3	24 VDC

### 3.5.2 Selección del variador de frecuencia

En la sección 3.5.1 se especificó los requerimientos del variador de frecuencia, para de esta manera controlar la velocidad del motor seleccionado en la sección 3.2. El variador comercial que brinda estas especificaciones es el SINAMIC V20. Su potencia es de 0.75 HP maneja una corriente nominal de entrada de 7.7 A y una corriente nominal de salida de 3.2 A.

Además, cuenta con una bornera de control para poder seleccionar las velocidades. En la figura 18 se muestra al variador de frecuencia mencionado.



**Figura 19. Variador de frecuencia SINAMICS V20.**

**Fuente: (Siemens AG, 2013)**

### 3.6 Protecciones

Todos los actuadores deben incluir obligatoriamente:

- **Protección contra los cortocircuitos**, para detectar y cortar lo antes posible las corrientes anómalas superiores a 10 In.
- **Protección contra las sobrecargas**, para detectar los aumentos de corriente hasta 10 In y cortar el arranque antes de que el recalentamiento del motor y de los conductores dañe los aislantes.

### 3.6.1 Corrientes nominales

Para el dimensionamiento de las protecciones se debe conocer las corrientes nominales de los actuadores. En la tabla 8 se muestra el valor de la corriente nominal de cada actuador que se encuentra en las placas de los mismos.

**Tabla 8.**

**Corrientes nominales de los actuadores de la lavadora**

	Motor Bandas Transportadoras	Bomba Sistema de Inmersión	Bomba Sistema de Aspersión
<b>Corriente Nominal (In)</b>	1.89A	13A	23.15A

### 3.6.2 Protección para el motor acoplado a la banda transportadora

Un disyuntor usualmente está diseñado para operar al 80% de su clasificación de capacidad. Por lo tanto, un disyuntor del 125% de la corriente nominal de la carga calculada con anterioridad.

$$I_n = 125\% * I_c \quad (59)$$

$$I_n = 1.25 * 1.89 [A] \quad (60)$$

$$I_n = 2.36 [A] \quad (61)$$

### 3.6.3 Protección para la bomba del sistema de inmersión

El cálculo para la bomba centrífuga, las cual proporciona las turbulencias en la tina y el sistema de aspersión, se hacer el cálculo del guarda-motor con el mismo criterio de selección de la sección 3.6.2.

$$I_n = 125\% * I_c \quad (62)$$

$$I_n = 1.25 * 13 [A] \quad (63)$$

$$P_T = 16.3 [A] \quad (64)$$

### 3.6.4 Protección de la Bomba del sistema de aspersión

Un disyuntor usualmente está diseñado para operar al 80% de su clasificación de capacidad. Por lo tanto, un disyuntor del 125% de la corriente nominal de la carga calculada con anterioridad.

$$I_n = 125\% * I_c \quad (65)$$

$$P_T = I_n = 1.25 * 23.15 [A] \quad (66)$$

$$P_T = 28.9 [A] \quad (67)$$

## 3.7 Contactores

Los contactores son los que permiten el accionamiento de los actuadores para que el sistema motriz e hidráulico de la lavadora de malanga por inmersión y aspersión se ejecute de manera adecuada. Los contactores son activados por una señal de un controlador a 220 VAC. En la tabla 9 se resume los factores de potencia según la categoría de servicio.

**Tabla 9.**

**Factor de potencia de los contactares según la categoría de servicio**

Categoría de Servicio	Factor de Potencia
AC1	0.95
AC2	0.65
AC3	0.35
AC4	0.35

### 3.7.1 Contactor del motor para el motor acoplado a la banda transportadora

En la sección 3.12.1 se determinó la corriente nominal del motor cuyo valor es de  $I_n = 1.89[A]$ . El tiempo de operación de este motor asíncrono es de 9 horas ininterrumpidas. Por estas razones, la categoría del contactor es una AC3 con su factor de potencia. La ecuación 68

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp_{contactor}} \quad (68)$$

$$I_c = \frac{372.85W}{220V * 0.35} \quad (69)$$

$$I_c = 4.84 [A] \quad (70)$$

### 3.7.2 Contactor de la bomba del sistema de inmersión

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp_{contactor}} \quad (71)$$

$$I_c = \frac{11185.55W}{220V * 0.35} \quad (72)$$

$$I_c = 20.33[A] \quad (73)$$

### 3.7.3 Contactor de la bomba del sistema de aspersión

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp_{contactor}} \quad (74)$$

$$I_c = \frac{4474.2W}{220V * 0.35} \quad (75)$$

$$I_c = 35.43 [A] \quad (76)$$

### 3.8 Sensores

La lavadora de malanga cuenta con tres sensores para poder activar procesos y reconocer eventualidades no deseadas. Dos sensores capacitivos y un inductivo están instalados en la lavadora. Un sensor capacitivo es utilizado para reconocer que la tina de inmersión está con un nivel adecuado y el accionamiento del proceso de aspersion se ejecute.

Un segundo sensor es utilizado para detener el proceso, ya que indica que el agua de la tina no está drenando de manera adecuada. Por último, el sensor inductivo reconoce la parada del engranaje que se ha detenido por una posible falla mecánica, malangas atoradas entre las dos bandas transportadoras o problema con el motor.

#### 3.8.1 Sensor capacitivo en la tina de inmersión

Este sensor se encuentra colocado en la tina de inmersión y permite reconocer el nivel de agua adecuado para todo el proceso de lavado. Además, ayuda a la secuencia de encendido de toda la lavadora ya que una vez este sensor haya reconocido el nivel adecuado el motor de las bandas transportadoras se enciende y a continuación la bomba del sistema de inmersión. En la tabla 10 se muestra las características del sensor que es utilizado, este sensor se encontraba en la bodega de la empresa y fue pedido que se lo ocupará.



**Figura 20. Sensor Capacitivo.  
Montado en la tina de inmersión.**

**Tabla 10.****Características técnicas del sensor capacitivo – Tina de inmersión**

Tensión de Alimentación	Tipo de salida	Distancia de conmutación	Corriente de salida máxima	Grado de protección
24 VDC	DC PNP	0/25 mm (regulable)	300 mA	IP 67

**3.8.2 Sensor capacitivo en retenedor de agua**

Este sensor se encuentra colocado en la tina retenedora de agua, la cual recoge todo el líquido proveniente de los aspersores. El agua es llevada a la tina de inmersión por tuberías. Este sensor se activa cuando el nivel del líquido en el retenedor alcanza un nivel máximo.



**Figura 21. Sensor Capacitivo.  
Montado en el retenedor de agua.**

El nivel es alcanzado cuando las tuberías que van hacia la tina de inmersión está obstruida o el nivel de la tina de inmersión está con su máxima capacidad, ya que la suciedad del sistema de inmersión está obstruyendo la tubería de drenaje. En la tabla 11 se resume las características de este sensor

**Tabla 11.****Características técnicas del sensor capacitivo – Retenedor de agua.**

Tensión de Alimentación	Tipo de salida	Distancia de conmutación	Corriente de salida máxima	Grado de protección
6-36 VDC	DC PNP	1-10 mm (regulable)	300 mA	IP 67

**3.8.3 Sensor inductivo en engranaje**

Este sensor está colocado en el piñon que transfiere energía a la banda transportadora inclinada. Su función es detectar un paro, atascamiento o daño en la cadena. Detectar esto nos permite identificar fallas mecánicas en las bandas de transportación.



**Figura 22. Sensor inductivo colocado en la banda transportadora horizontal.**

En la tabla 12 se muestra las características del sensor que es utilizado, este sensor se encontraba en la bodega de la empresa y fue pedido que se lo ocupará.

**Tabla 12.****Características técnicas del sensor inductivo**

Tensión de Alimentación	Tipo de salida	Distancia de conmutación	Corriente de salida máxima	Grado de protección
6-36 VDC	DC PNP	1-10 mm (regulable)	300 mA	IP 67

### **3.9 Controlador**

El controlador es parte de un sistema centralizado que dispone de un número determinado de entradas y salidas digitales. En las tablas 13 y 14 se resume los requerimientos tanto en entradas como en salidas respectivamente. Además, del detalle para cada entrada y salida. Asimismo, en las tablas se dan solución a algunas de las necesidades descritas al inicio del presente capítulo.

Las entradas en su mayoría son elementos de maniobra y control que son ocupados para el funcionamiento de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion. Sin embargo, tres entradas son sensores provenientes del proceso de lavado, en donde su función es de crear la secuencia de arranque y bloqueos en caso de condiciones anormales en el proceso de lavado.

Asimismo, las entradas han sido etiquetadas con la letra I acompañada de un número y esta numeración fue usada para la elaboración de los diagramas de circuitos de control (ver sección 3.11.1) y al momento de etiquetar el tablero de control.

**Tabla 13.****Entradas del controlador**

Entradas	Función	Detalle
I1	Botón de Inicio	Comienza el proceso en modo automático
I2	Seleccionador Manual o Automático	Toma el valor de 1 lógico cuando es automático y toma el valor de 0 cuando es manual
I3	Botón de Parada	Detiene el proceso de manera progresiva
I4	Botón de Emergencia	Detiene el proceso de manera abrupta
I5	Sensor de nivel sistema de inmersión	Detecta nivel óptimo para la tina de inmersión y crea la secuencia de arranque de actuadores
I6	Sensor de nivel de retenedor	Detecta anomalías en las tuberías de drenaje
I7	Sensor Inductivo	Detecta anomalías en el sistema mecánico en las bandas
I8	Botón velocidad 1	Activa la velocidad baja
I9	Botón velocidad 2	Activa la velocidad media
I10	Botón velocidad 3	Activa la velocidad alta
I11	Activación Bomba de inmersión	Activa bomba de inmersión en el modo manual
I12	Activación Bomba de aspersión	Activa la bomba de aspersión en el modo manual
I13	Activación Motor	Activa el motor acoplado a las bandas transportadoras

Las salidas comprenden activaciones para los tres actuadores además de gobernar el comportamiento del variador de frecuencia para regular la velocidad de transporte de la malanga y activación de luces pilotos para dar a conocer al operario el estado de la lavadora de malanga.

Las salidas han sido etiquetadas con la letra O acompañada de un número y esta numeración fue usada para la elaboración de los diagramas de circuitos de control (ver sección 3.11.2) y al momento de etiquetar el tablero de control.

**Tabla 14.****Salidas del controlador**

Salidas	Función	Detalle
O1	Activación del motor de las bandas	Al estar encendido activa la posibilidad de escoger las diferentes velocidades del motor
O2	Activación Velocidad 1	Activa la velocidad lenta, no debe estar activado O3 u O4
O3	Activación Velocidad 2	Activa la velocidad lenta, no debe estar activado O2 u O4
O4	Activación Velocidad 3	Activa la velocidad lenta, no debe estar activado O2 u O3
O5	Activación de la bomba para el proceso de inmersión	0 = Hay líquido 1= No hay líquido
O6	Activación de la bomba para el proceso de aspersión	Activación de la bomba para el proceso de aspersión
O7	Indicador color Verde	Activa o desactiva la bomba para que no se riegue el liquido
O8	Indicador color rojo	Activa o desactiva la bomba para que no se riegue el liquido

Conjuntamente, los requerimientos eléctricos se tomaron en cuenta para la selección del PLC para la lavadora de malanga por inmersión y aspersión. Estos datos van desde la tensión de alimentación hasta la frecuencia de operación. En la tabla 15 se resume los datos técnicos del controlador seleccionado.

**Tabla 15.****Características técnicas del controlador.**

Margen Admisible	Frecuencia Admisible	Tensión Entrada	Corriente entrada	Tensión Salida	Corriente Salida
85-100VCA	47-63 Hz	Señal 0 <40VCA Señal 1 >70VCA Señal 0 <30VCC Señal 1 <79VCC	Señal 0 < 0.03 mA Señal 1 >0.08 mA	Salida a relé	Max 10 A

Por lo mencionado, se seleccionó un PLC Logo 8 230RC, en la figura 22 se muestra este PLC. Sin embargo, este PLC solo cuenta con 8 entradas y 4 salidas tipo relé por lo tanto un módulo de entradas/salidas de 8 entradas y 8 salidas fue también seleccionado para cumplir los requerimientos de las tablas



**Figura 23. Controlador Lógico Programable PLC. LOGO 8.**



**Figura 24. Módulo de expansión E/S para el PLC Logo 8.**

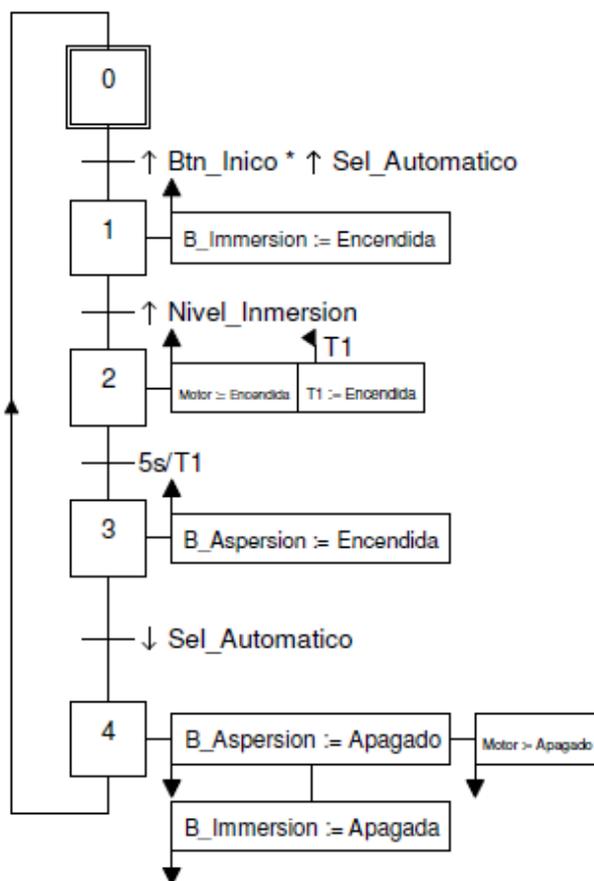
### 3.9.1 Graficet

En el graficet nivel dos resume como opera la lavadora en los dos de sus modos manual y automático. En la figura 24 muestra el diagrama que resume la funcionalidad del modo automático de la lavadora por inmersión y aspersion. Mientras que en la figura 25 se muestra el procedimiento de selección de velocidades, para el transporte

de la malanga. La selección de velocidad aplica para los modos manual y automático. Finalmente, la figura 26 muestra la operación del modo manual.

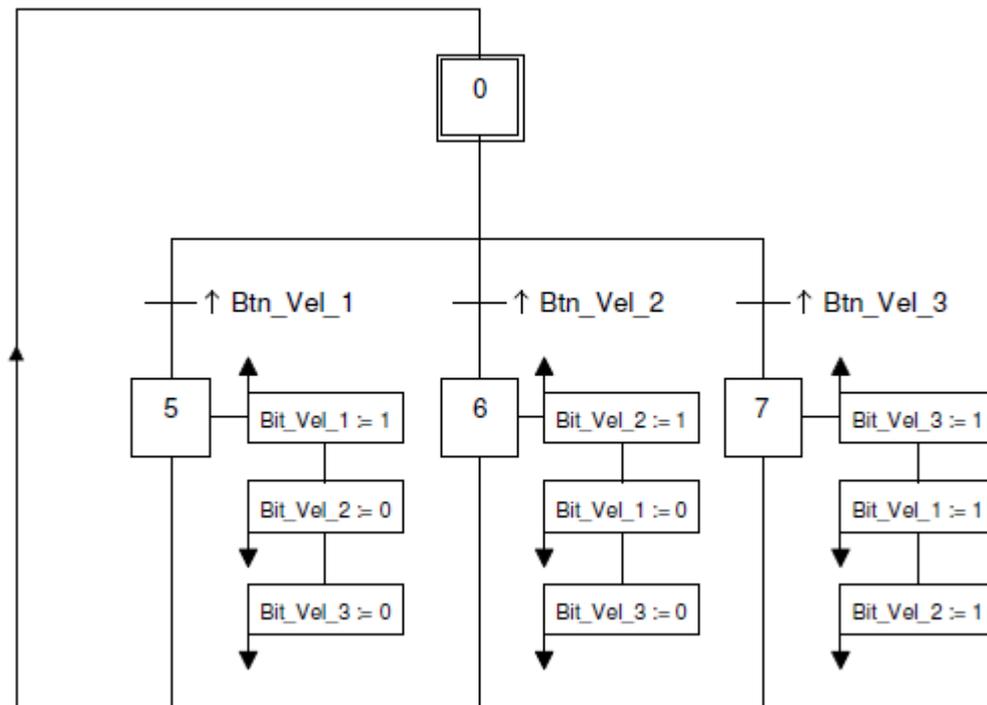
A continuación, se describe el modo automático para el lavado de malanga de acuerdo al graficet nivel dos que es representado por la figura 24:

- Una vez que el operario ha colocado el saco de malanga en la lavadora, se debe seleccionar el modo automático y pulsar el botón de inicio para arrancar el proceso.
- La bomba del proceso de inmersión, arrancará de manera directa. Y el siguiente proceso se efectuará cuando el sensor de nivel de la tina de inmersión se active. Este sensor indica que el nivel para el proceso de lavado por inmersión es adecuado y que se puede continuar con la siguiente etapa.



**Figura 25. Graficet del modo Automático.**

- Paralelamente, el operario debe seleccionar la velocidad con la cual va a operar el proceso. Las velocidades son alta, media o baja, la selección está sujeta a criterio del operario, el cual debe observar la suciedad adherida a la malanga.
- El motor acoplado a las bandas transportadoras arrancará cuando el sensor de nivel de la tina de inmersión se active. Además, arrancará con la velocidad que fue seleccionada por el operario
- La bomba del sistema de aspersión arrancará de manera directa. En este punto todos los actuadores han arrancado y la lavadora de malanga está operando de manera normal.
- El operario puede cambiar la velocidad de transporte de la malanga en cualquier instante del proceso. Esto depende del estado de las malangas.
- Si el operario pulsa el botón de stop, todos los actuadores se detendrán de manera secuencial primero la bomba del sistema de aspersión, el motor de las bandas transportadoras, y la bomba del sistema de inmersión. El proceso regresa a la etapa cero. Cuando el operario presiona el botón de stop una señal luminosa color roja se encenderá dando aviso que un “Stop” fue ejecutado. Sin embargo, es posible reanudar el proceso pulsando el botón de inicio.
- Si el operario presiona el botón parada de emergencia el proceso se detendrá totalmente, y regresará a la etapa cero. Una señal luminosa parpadeante color rojo se mantendrá encendida dando aviso que una “Parada de Emergencia” ha sido ejecutada. Para salir de este modo se debe levantar el pulsador de emergencia y presionar el botón de inicio.

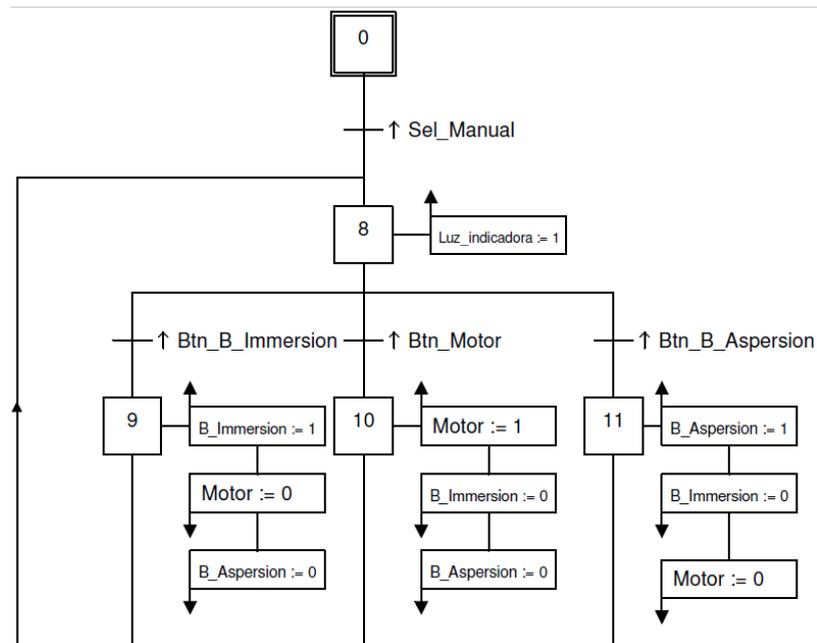


**Figura 26. Graficet de la selección de velocidades.**

El modo manual únicamente es utilizado para hacer mantenimientos o limpieza de la lavadora. En la figura 26 se representa el graficet nivel del modo manual. A continuación, se describe el graficet del modo manual:

- Para hacer uso del modo manual el selector manual/automático debe ser colocado en modo manual que está ubicado al lado izquierdo.
- Una luz parpadeante color verde dará aviso que el modo manual está en ejecución.
- El operario únicamente puede accionar un actuador a la vez. Esto lo puede hacer pulsando el botón correspondiente a cada actuador
- Al pulsar el botón de bomba de inmersión este actuador se encenderá hasta presionar otro botón y cualquier otro actuador que estuvo encendido se desconectará.
- Al pulsar el botón del motor este actuador se encenderá hasta presionar otro botón y cualquier otro actuador que estuvo encendido se desconectará. Paralelamente se debe seleccionar la velocidad con la que se desea trabajar. Si no se presiona una velocidad las bandas transportadoras no se moverá.

- Al pulsar el botón de bomba de aspersion este actuador se encenderá hasta presionar otro botón y cualquier otro actuador que estuvo encendido se desconectará.



**Figura 27. Grafcet del modo manual**

## CAPÍTULO IV

### 4. INGENIERÍA DE DETALLE

#### 4.1 Introducción

El funcionamiento de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion tiene como elemento principal al autómatas programable Logo 8 de Siemens y un tablero de control el cual permite al usuario operar la lavadora. Todo esto se encuentra localizado sobre la placa de montaje y en el tablero de control respectivamente.

El controlador es el encargado de operar la lavadora bajo condiciones que son establecidas por el operario o eventos propios del sistema. La figura 28 muestra un diagrama simple del funcionamiento de la lavadora, donde esta recibe información del operario o de los sensores propios de la lavadora, para de esta manera ejercer alguna acción sobre los actuadores.



**Figura 28. Diagrama del control realizado**

#### 4.2 Diagrama P&ID

El diagrama P&ID de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion se ha realizado basándose en la normativa ISA S5.1. Los principales elementos que lo constituyen son los dos transmisores de nivel y el de presencia. El Transmisor de nivel LT-01-A indica que la tina de inmersión está en un nivel adecuado por lo que se debe accionar el motor y la bomba de agua para el sistema de aspersion.

En el caso que se active el transmisor de nivel LT-01-B o el transmisor de presencia YT-01 permanezca encendido o apagado por más de 5 segundos. La bomba B2 y el motor se deben desconectar para que un operario realice procesos de limpieza.

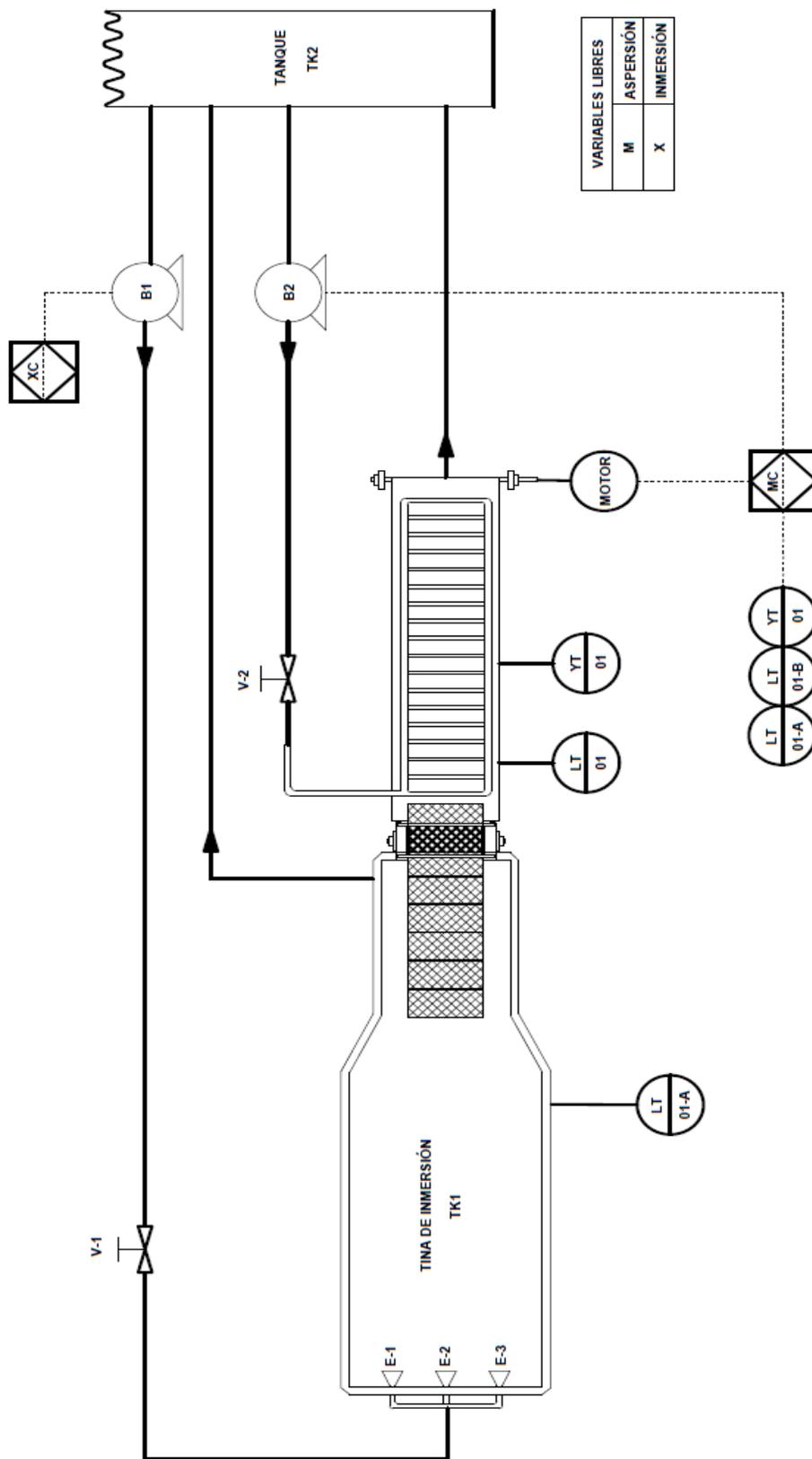


Figura 29. Diagrama P&ID de la lavadora de malanga por inmersión y aspersión

### **4.3 Condiciones de operación**

El funcionamiento de la lavadora consta básicamente de los siguientes modos de operación:

- Modo manual.
- Modo automático.
- Estado del sistema

#### **4.3.1 Modo manual**

Las operaciones que se pueden realizar en el modo manual es el accionamiento independiente de todos los actuadores. Este accionamiento se lo realiza mediante la manipulación de botones que están ubicado en la parte frontal del tablero de control junto a los respectivos elementos de mando y señalización.

Este modo de operación es de gran utilidad para la limpieza independiente de cada proceso, de la misma forma será necesario para labores de mantenimiento en donde se necesite la activación de elementos específicos, la manera de operar la lavadora en modo manual se describe a continuación.

- Debe estar la switch en modo manual (lado izquierdo).
- Se debe presionar el botón de inicio y una luz piloto verde parpadeante indicará que el modo manual está en proceso
- Existe un botón para cada actuador. Sin embargo, para que las bandas transportadoras se muevan se debe escoger la velocidad deseada (alta, media o baja).

#### **4.3.2 Modo Automático**

La operación en el modo automático permite realizar el proceso de lavado de la malanga garantizando que se cumplan todas las condiciones para tener un producto

limpio y protegiendo a los actuadores de anomalías en el proceso. La manera de activar el modo automático de la lavadora se describe a continuación.

- Debe estar el switch en modo automático
- Presionar el botón de inicio y una luz piloto verde continua indicará que el modo automático está en proceso
- Debe existir un nivel adecuado de agua en la cisterna que alimenta a la lavadora

### 4.3.3 Estado del sistema

Esta característica fue programada para indicar al operario la existencia de alguna irregularidad en el sistema o el correcto funcionamiento del mismo. Para ello se hizo uso de dos luces pilotos. Una luz piloto color verde para indicar el funcionamiento del modo manual o automático como se describió en la sección 4.3.1 y 4.3.2 respectivamente.

Y una luz piloto color rojo la cual indica paradas de emergencia, puesta en stop del sistema o fallas propias del sistema, la tabla 16 muestra la descripción del porqué la luz piloto color rojo podría activarse.

**Tabla 16.**

#### **Descripción de las activaciones de la luz piloto roja**

Evento	Descripción
<b>Parada de emergencia</b>	Luz roja parpadeante cada 0.5 s
<b>Paro de Stop</b>	Luz roja continua
<b>Activación Nivel de la tina de inmersión</b>	No aplica
<b>Activación Nivel del retenedor de agua</b>	Luz roja parpadeante cada 1 s
<b>Activación del sensor de presencia</b>	Luz roja parpadeante cada 1.5 s

#### 4.4 Funcionamiento del proceso

El proceso comienza cuando el operario coloca el switch en modo automático y presiona el botón de inicio. Paralelamente, un segundo operario descarga un saco de malanga en el proceso de inmersión. La secuencia de arranque de los actuadores comienza. Teniendo como condiciones de arranque el nivel de líquido de la cisterna y el nivel en la tina de inmersión.

Si no existe líquido en la cisterna todo el proceso debe detenerse para la protección de todos los actuadores esta es la técnica ON – OFF. Asimismo, si no existe un nivel adecuado de líquido en la tina de inmersión, las bandas transportadoras se detienen. Para que la malanga no pase al proceso de aspersión, y que la tina de inmersión se llene al nivel de operación adecuado lavando correctamente la malanga. El diagrama de funcionamiento de los actuadores según los sensores se detalla en la tabla 17.

**Tabla 17.**

**Funcionamiento de los actuadores según la activación de los sensores**

Nivel Cisterna	Nivel Tina Inmersión	Nivel Retenedor	Presencia	Bomba. S Inmersión	Bomba S. Inmersión	Motor
0	X	X	X	0	0	0
1	0	X	X	1	0	0
1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0

##### 4.4.1 Programación

La automatización de un proceso tiene como característica el poder ser secuencial por esta razón se programó diferentes dispositivos para que el proceso opere de manera adecuada. Asimismo, la programación de los diferentes dispositivos detecta anomalías

en el proceso de lavado como son: nivel adecuado en la tina de inmersión, nivel en el retenedor de agua que está asociado que la tubería de drenaje está llena de suciedad, problemas en el proceso mecánicos de transmisión.

#### 4.4.2 Programación del Sinamics V20

Para la configuración del variador de frecuencia Sinamic V20 se fijó los valores nominales del motor calculado y seleccionado en el capítulo III. Además, dado que la empresa solicitó el uso de tres velocidades fijas para el proceso se configuró un circuito interno de variador para que funcione de la manera solicitada. En la figura 30 se muestra el diagrama para la configuración de un Sinamics V20.

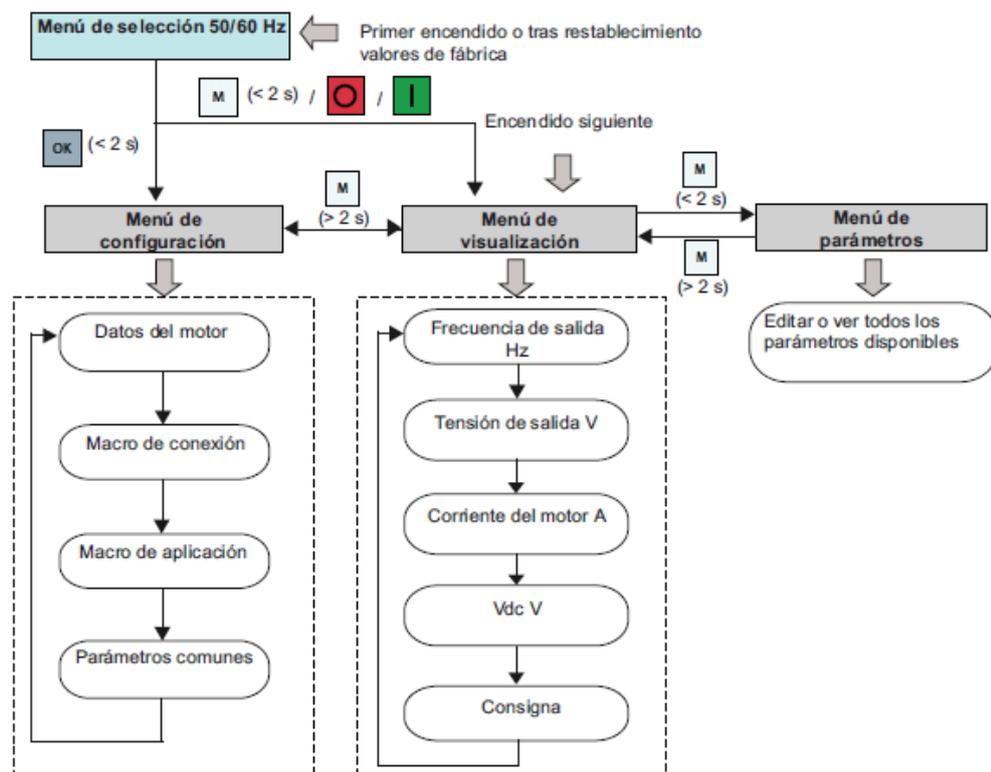
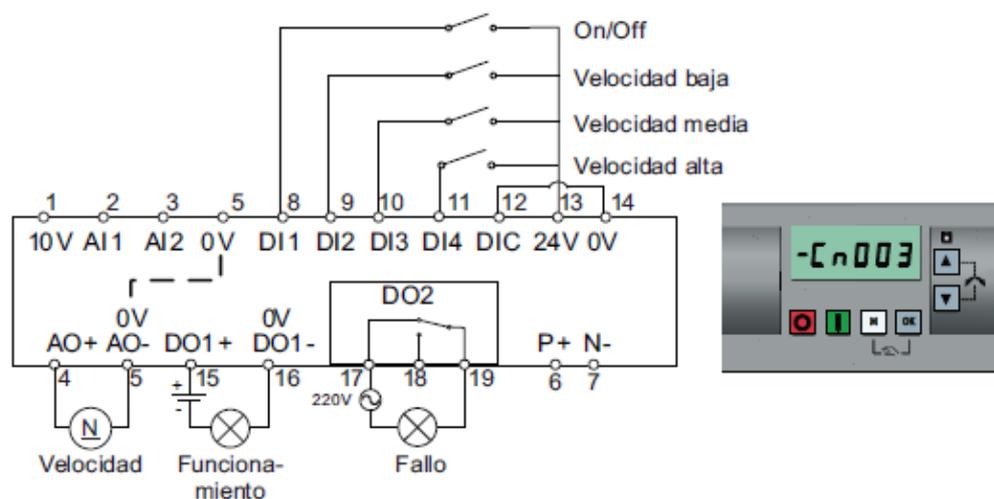


Figura 30. Diagrama de configuración SINAMICS V20.

Fuente: (Siemens AG, 2013)

Cuando un Sinamics V20 es encendido por primera vez solicita que se ingrese la frecuencia de operación y unidades de potencia en KW o HP. Si no es ese el caso, se debe restablecer a los valores fábricas para poder configurarlo como por primera vez. Inmediatamente, se debe configurar los datos del motor como son voltaje nominal, corriente nominal, factor de potencia, eficiencia y potencia.

El siguiente parámetro de configuración es seleccionar el macro de conexión, el cual define la disposición del cableado para que funcione de la manera que dispuso la empresa, es decir, tres velocidades alta, media y baja. La figura 31 muestra el diagrama de conexión CN003 el cual trabaja con tres velocidades fijas.



**Figura 31. Diagrama de conexión CN003 del variador de frecuencia SINAMIC V20.**

**Fuente: (Siemens AG, 2013)**

Finalmente, se configura el macro de aplicación, el cual define las macros necesarias para determinadas aplicaciones comunes. En este caso se configuró como AP030 el cual es usado para aplicaciones con cintas transportadoras. En la tabla 18 se resume los diferentes de macro de aplicación.

**Tabla 18.****Macro de Aplicación del variador de frecuencia SINAMIC V20.**

Macro de aplicación	Descripción
<b>AP000</b>	Ajuste predeterminado de fábrica. No hace cambios en los parámetros
<b>AP010</b>	Aplicaciones de bombas sencillas
<b>AP020</b>	Aplicaciones de ventiladores sencillas
<b>AP021</b>	Aplicaciones de compresores
<b>AP030</b>	Aplicaciones de cintas transportadores

Fuente: (Siemens AG, 2013)

#### 4.4.3 Programación PLC LOGO 8

Para el diseño del software se basó en la normativa IEC-61131, en la cual se programó el modo automático, modo manual y detección de fallas. Una de las ventajas de la adquisición del PLC LOGO 8, es el empleo de un solo software de programación para simular el proceso y poder programar el PLC. El software utilizado es el LOGO! SOFT COMFORT, con la versión V8.0.0. En la figura 32 se muestra el entorno del programa.



**Figura 32. Entorno de presentación LOGO! Soft Comfort.**



**Figura 33. PLC logo 8 modelo en el software 0BA8 Standard**

En la tabla 19 se detalla las direcciones IP de los dispositivos que se ocupó para realizar la programación del PLC. Dado que es una automatización centralizada en el cual no existe una red industrial, se ha mantenido la dirección por defecto que posee el PLC LOGO 8.

**Tabla 19.**

**Dirección IP del PC y CPU.**

Direcciones IP: Red 192.168.5.x	
PLC SIEMENS LOGO 8	CPU
IP: 192.168.0.1	IP: 192.168.0.4
Máscara	Máscara
255.255.255.0	255.255.255.0

La configuración del PLC se lo realizó en el software LOGO! SOFT COMFORT, donde se seleccionó el modelo del CPU, el cual es 0BA8. Standard y se configuró la red como se muestra en la tabla 19.

Para la realización del graficet nivel dos, se etiquetó a los elementos pertenecientes a la automatización y esto es útil para el desarrollo del software. Las tablas 20 y 21 muestran las etiquetas correspondientes a cada elemento tanto como a su entrada como a su salida respectivamente.

En las figuras 41 y 42 se muestra el diagrama graficet nivel dos del modo automático en el cual se detalla las activaciones del controlador según cada etapa del proceso de la lavadora de malanga por inmersión y aspersion. Además, la realización de los diagramas graficet fueron de gran utilidad para la implementación del código tanto en el modo automático, manual y detención de fallas comentado en la sección 4.4.3.2.

**Tabla 20.**

**Etiquetas de las entradas del PLC Siemens LOGO 8.**

Etiqueta	Función
I1	Botón de inicio
I2	Seleccionador Manual o automático
I3	Botón de Parada
I4	Botón de Emergencia
I5	Sensor de nivel Tina de inmersión
I6	Sensor de nivel retenedor
I7	Sensor inductivo
I8	Botón Velocidad 1
I9	Botón velocidad 2
I10	Botón velocidad 3
I11	Activación Bomba de inmersión
I12	Activación Bomba de aspersion

**Tabla 21.****Etiquetas de las salidas del PLC Siemens LOGO 8.**

Etiqueta	Función
O1	Activación del motor de las bandas
O2	Activación velocidad 1
O3	Activación velocidad 2
O4	Activación velocidad 3
O5	Activación de la bomba para el proceso de inmersión
O6	Activación de la bomba para el proceso de aspersión
O7	Indicador color verde
fel Fuente: O8	Indicador color rojo

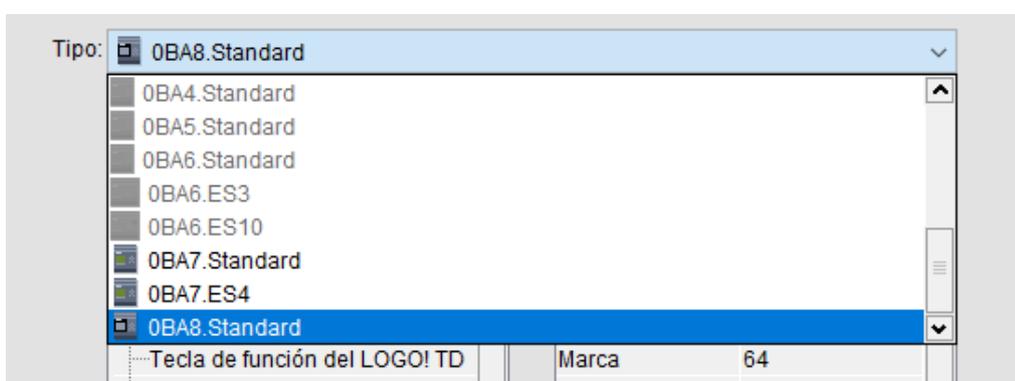
**4.4.3.1 Configuración**

La programación del PLC se desarrolló en diagrama ladder aunque por defecto el software LOGO! SOFT COMFORT permite la programación por diagramas de bloques. Inicialmente, se configuró el nombre del proyecto y se asignó la dirección IP mostrada en la sección 4.4.3. En la figura 39 se muestra la configuración de nombre e IP.

Además, en la configuración de tipo de hardware se seleccionó el controlador, con el cual se va a desarrollar la automatización. Dado que se seleccionó un logo 8, el hardware es un 0BA8.Standard. En la figura 35 se muestra el hardware seleccionado en este ítem de configuración.

<b>Configuración de nombre</b>	
Nombre de dispositivo:	<input type="text"/>
Nombre de programa:	<input type="text" value="Lavadora Malanga"/>
<b>Configuración IP</b>	
Dirección IP:	<input type="text" value="192.168. 1. 5"/>
Máscara de subred:	<input type="text" value="255.255.255. 0"/>

**Figura 34. Configuración de la IP**



**Figura 35. Selección del modelo del CPU.**

#### 4.4.3.2 Programación del Modo Automático

Luego de la configuración, el modo automático fue programado en base al graficet de la figura 36 y 37. Y de esta manera fue creada la secuencia de arranque para los actuadores, haciendo uso de una entrada del PLC conectado a un sensor capacitivo, dos temporizadores y los bloques de relé autoenclavador.

Desde la figura 38 hasta la 43 se puede notar la programación del modo automático. Conjuntamente, se programó las salidas que serán activadas por los estados de los relés autoenclavadores. En la figura 44 se observa las salidas que están vinculadas a los contactos de los relés autoenclavadores.

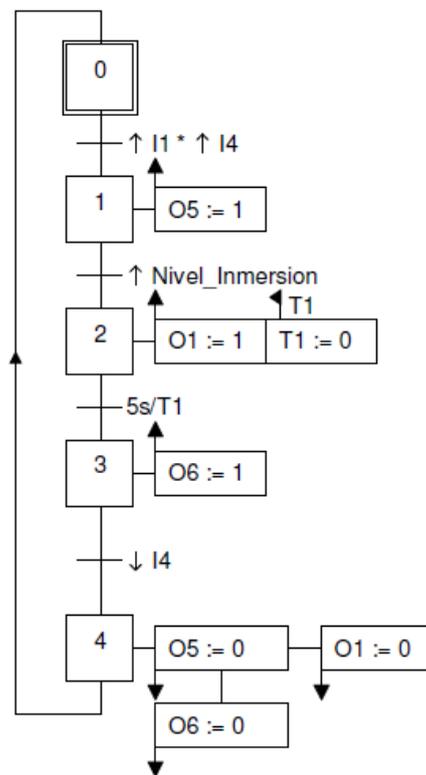


Figura 36. Diagrama Grafset nivel dos del modo automático

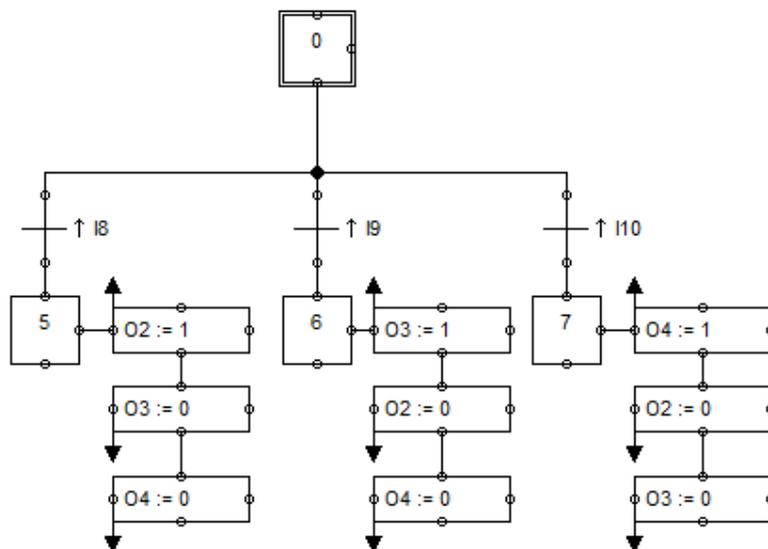


Figura 37. Selección de la velocidad para las bandas transportadoras.

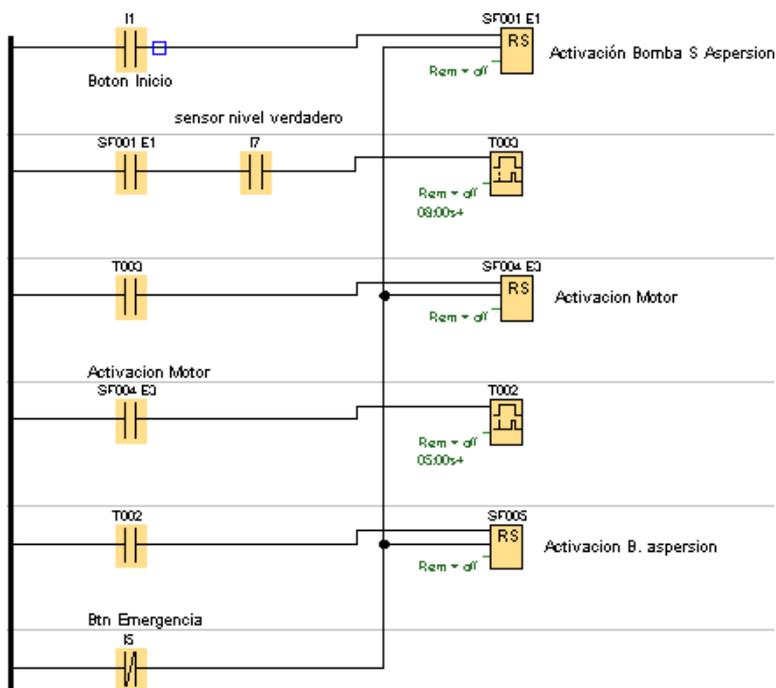


Figura 38. Secuencia de arranque modo automático.

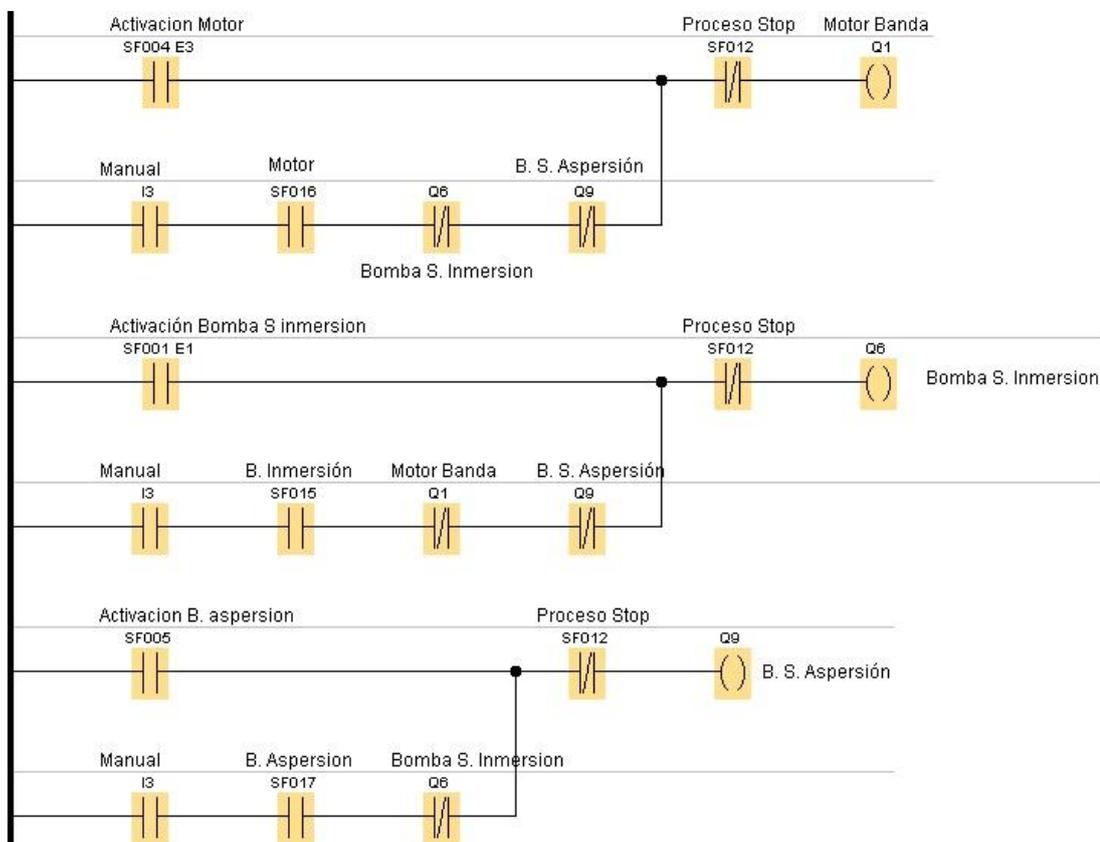
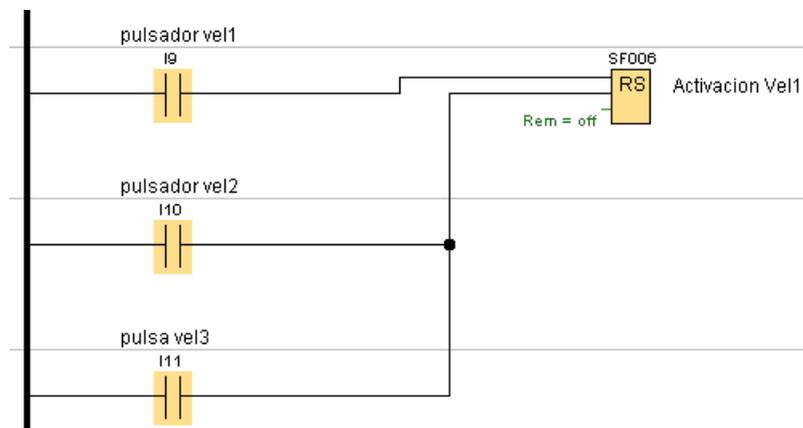


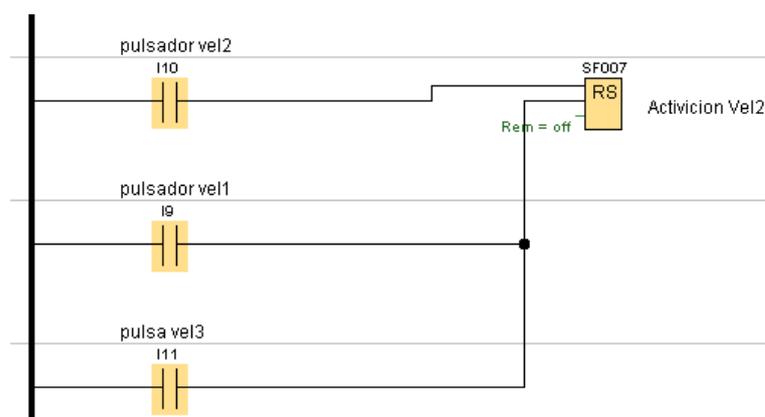
Figura 39. Salidas vinculadas a los estados.

Asimismo, una de las necesidades descritas en el capítulo 3, es seleccionar la velocidad de transportación en cualquier instante del proceso de lavado. En las figuras 40, 41 y 42 se puede notar como se realiza la selección de la velocidad para las bandas transportadoras.

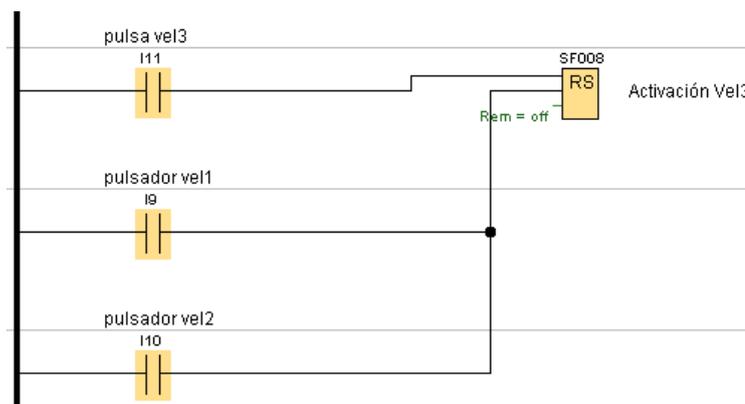
Para ello se hizo uso de bloques de relés autoenclavadores en el diagrama ladder. En la figura 43 se muestra como se activan las salidas para las diferentes velocidades seleccionadas.



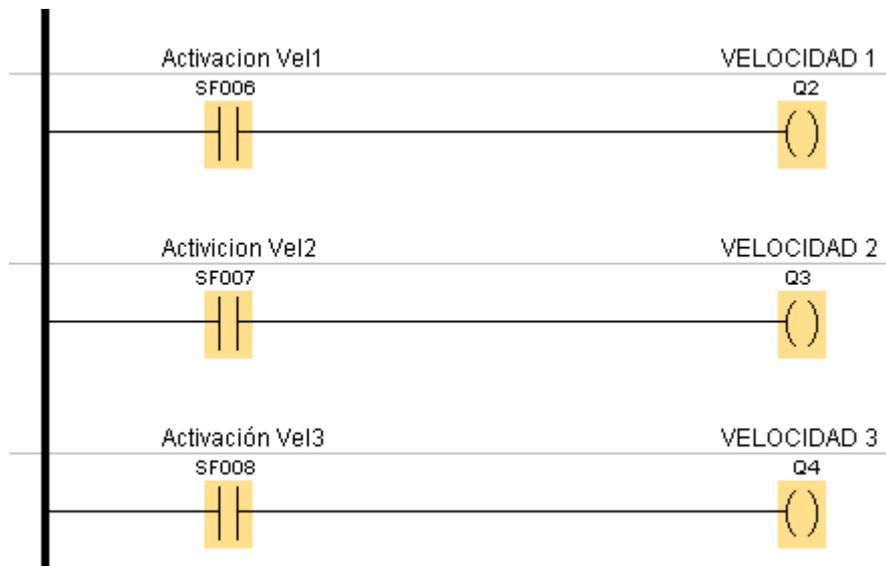
**Figura 40. Activación velocidad baja.**



**Figura 41. Activación velocidad media.**



**Figura 42. Activación velocidad alta.**



**Figura 43. Salidas asociadas a los estados de la selección de velocidades**

#### 4.4.3.3 Programación del Modo Manual

El modo manual también es un requerimiento para la lavadora de malanga descrito en el capítulo III. Cuando se ejecutó este modo solo podrá activarse un único actuador. El modo manual se lo realizó en paralelo a las salidas de los actuadores. La figura 44 muestra el graficet detallan la programación realizada y en la figura 45 se encuentra las entradas de los botones asociados a las salidas.

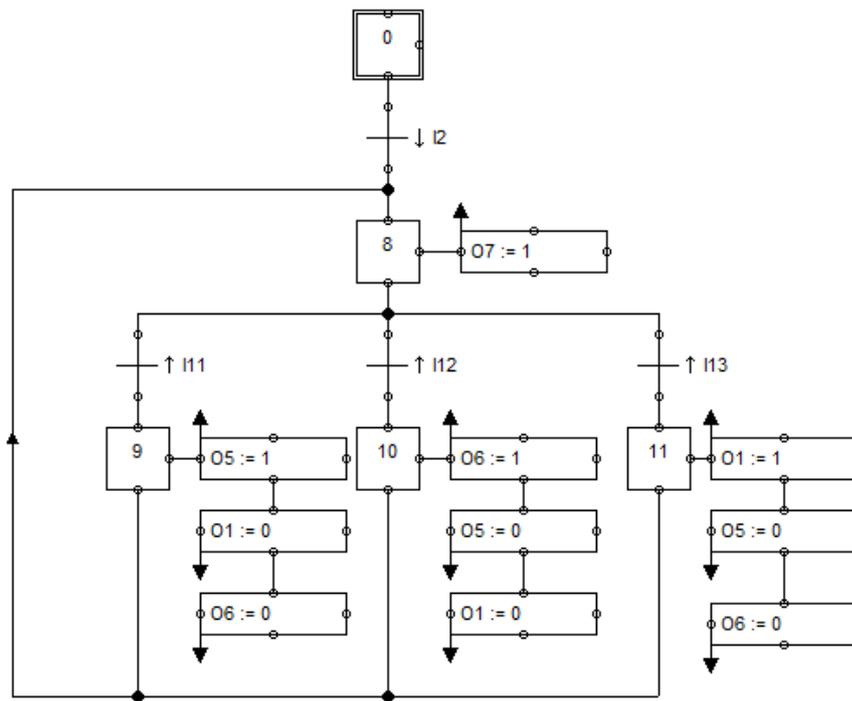


Figura 44. Diagrama Grafcet nivel dos del modo manual.

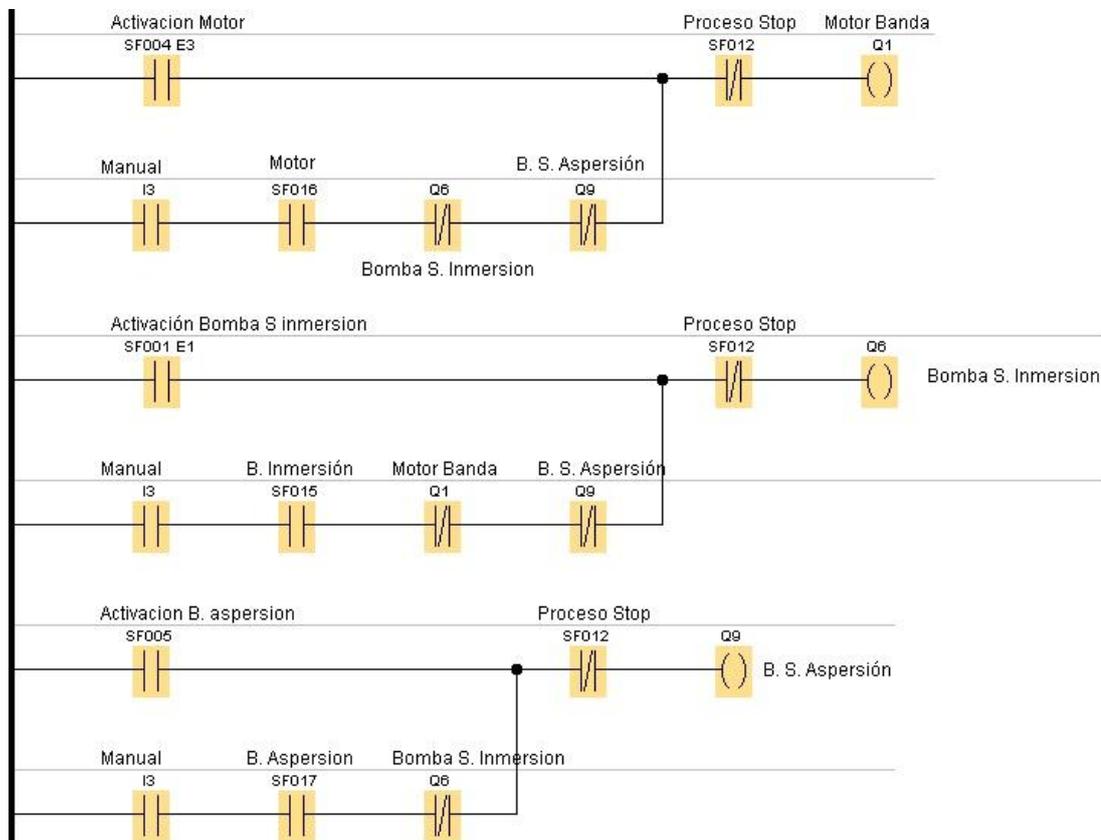


Figura 45. Activación de las salidas asociadas a las entradas en el modo manual.

#### 4.4.3.4 Programación de los Estados del sistema

Los estados de la lavadora fueron realizados en base a los posibles fallos que pueden presentarse cuando la lavadora se encuentre en operación. Por ejemplo, en las pruebas se observó que el retenedor de agua puede desbordarse cuando hay obstrucción en las tuberías de drenaje o la transmisión de las bandas transportadoras pueden sufrir algún daño.

Además, también se detecta el modo de operación de la lavadora, alguna parada de emergencia o la activación del botón de “stop”. Desde la figura 46 hasta las 48 se muestra cómo se programó los estados del sistema.

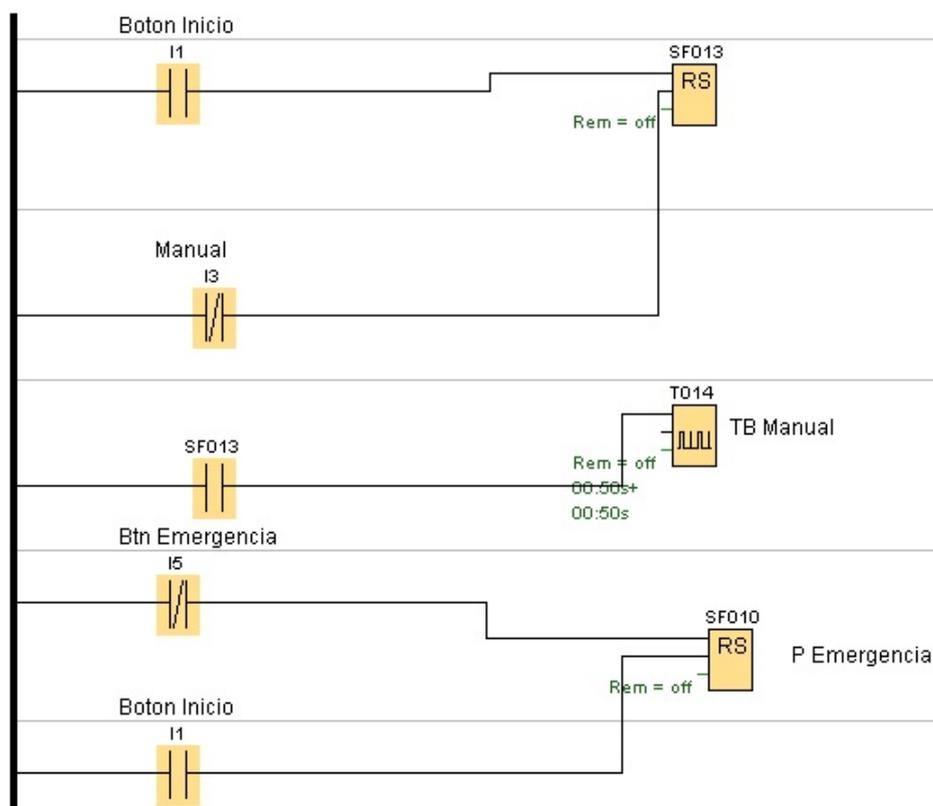


Figura 46. Estados de inicio y parada de emergencia para la lavadora.

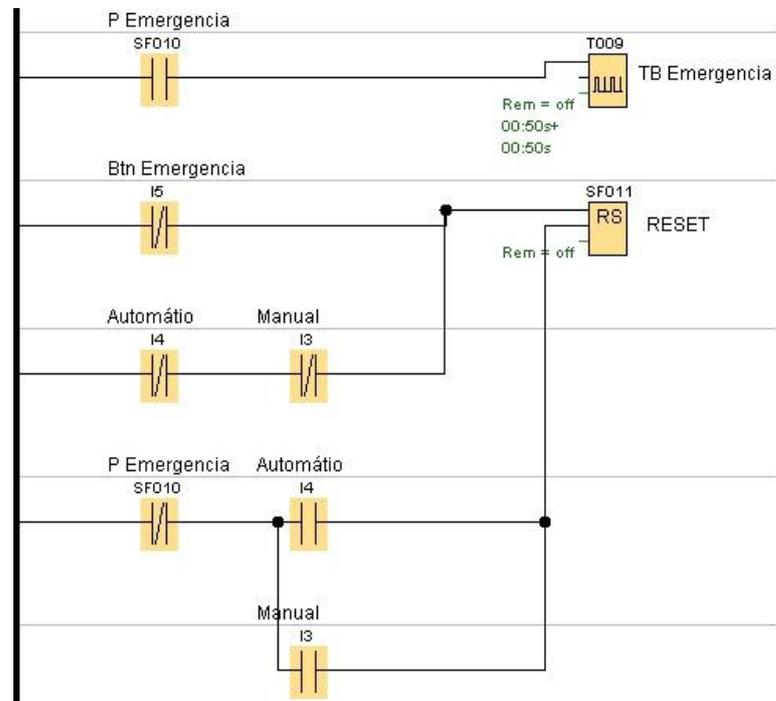


Figura 47. Estado de Reset de la lavadora.

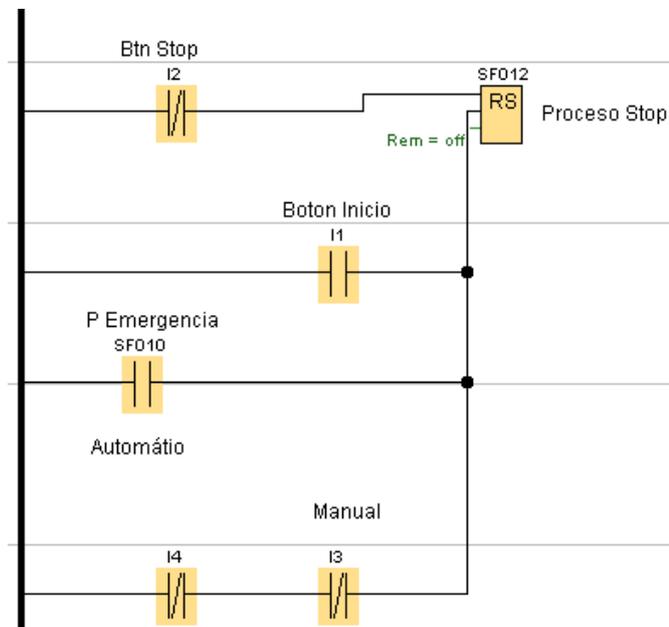


Figura 48. Estado del Stop de la lavadora

## 4.5 Diagrama del Circuito de Potencia

Para el diseño del circuito de potencia se desarrolló en base a la normativa IEC-60617. Asimismo, se tomó en consideración las funciones y constitución de los elementos anteriormente mencionados. Los actuadores como los motores y las bombas de agua, variadores de frecuencia, disyuntores, contactores. Todos estos dispositivos serán los que permitan el funcionamiento de la lavadora de malanga.

Además, los planos cuentan con las respectivas protecciones para garantizar la vida útil del proyecto a fallos extrínsecos como una caída de tensión o intrínsecos como por ejemplo un trabajador no capacitado. El diagrama de potencia se muestra en las figuras 49 y 50 en donde se puede observar todos los elementos mencionados en el capítulo III.

### **DISYUNTORES**

**1Q1:** Es un interruptor termo magnético trifásicos regulables, los cuales cortarán el paso de corriente antes de que se recalienten los conductores. Sin embargo, dado a la conexión que existe solo se harán uso de dos polos.

**1Q2 y 1Q3:** Son interruptores termo magnéticos monofásico no regulables, los cuales tienen como función cortar el paso de corriente antes de que se recalienten los conductores.

### **CONMUTADORES**

**3KM1, 3KM2 y 3KM3:** Son contactores electromecánicos que permiten la activación de los actuadores mediante una etapa de control.

### **VARIADOR DE FRECUENCIA**

**1VF1:** Dispositivo que gobierna a velocidad del motor acoplado a la banda transportadora. Además, Este dispositivo brinda la conexión DC que es utilizado para los sensores y el control de velocidad que se realiza por medio de su bornera de control.

## **CONTROLADOR**

**PLC SIEMENS:** Dispositivo que gobierna el comportamiento de la lavadora.

**MÓDOLO INPUTS SIEMENS:** Módulo de expansión de entradas para el PLC Siemens Logo 8.

**MÓDOLO OUTPUTS SIEMENS:** Módulo de expansión de salidas para el PLC para el PLC Siemens Logo 8.

### **4.6 Diagramas circuito de Control**

Para el diseño del circuito de control se desarrolló en base a la normativa IEC-60617. Se tomó en consideración los elementos de maniobra y control necesario para las activaciones y desactivaciones de los diferentes actuadores. Como también se consideró las protecciones al controlador y el módulo de entrada y salida.

En las figuras 49 y 50 se muestra los diagramas de conexión de los actuadores con las respectivas protecciones y contactores de arranque.

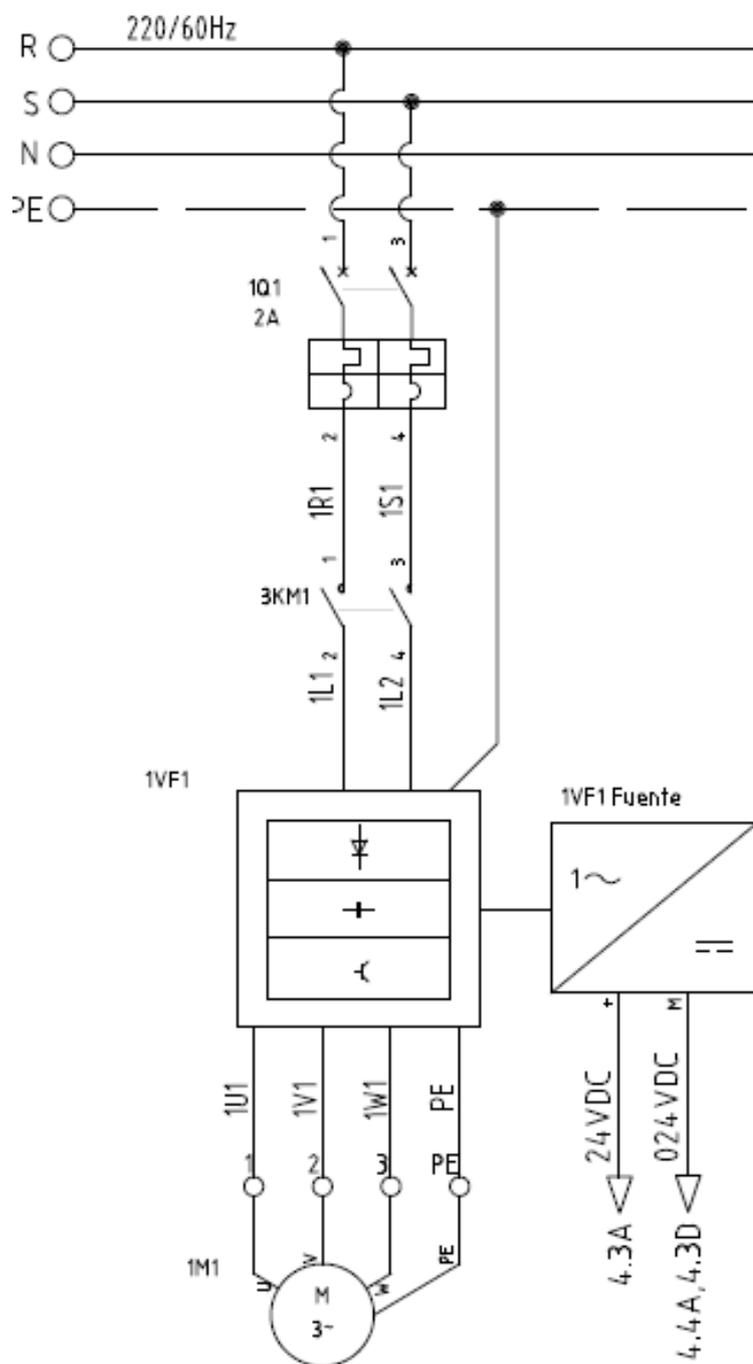
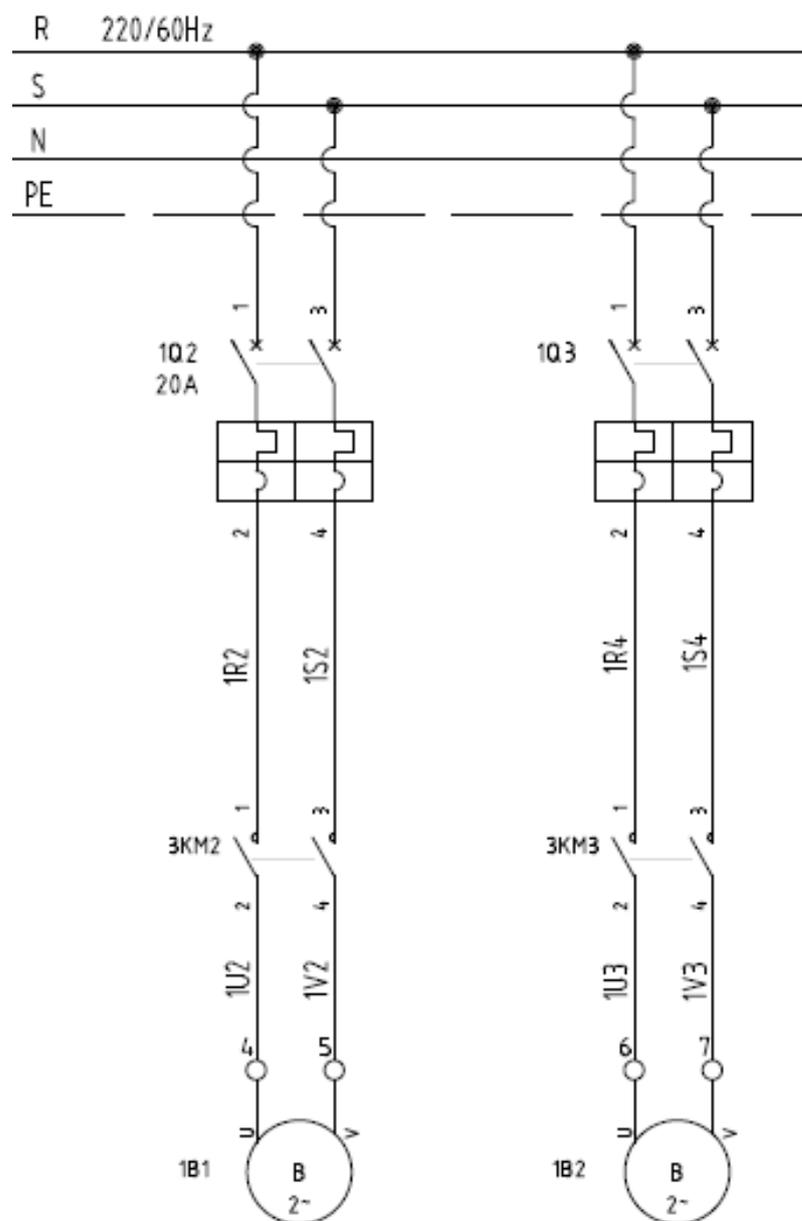


Figura 49. Diagrama de potencia del motor acoplado a las bandas transportadoras



**Figura 50. Diagrama de Potencia de las bombas de inmersión y aspersión respectivamente**

### 4.6.1 Entradas del PLC

En la figura 51 se muestra las conexiones de las entradas del PLC con la respectiva protección al PLC.

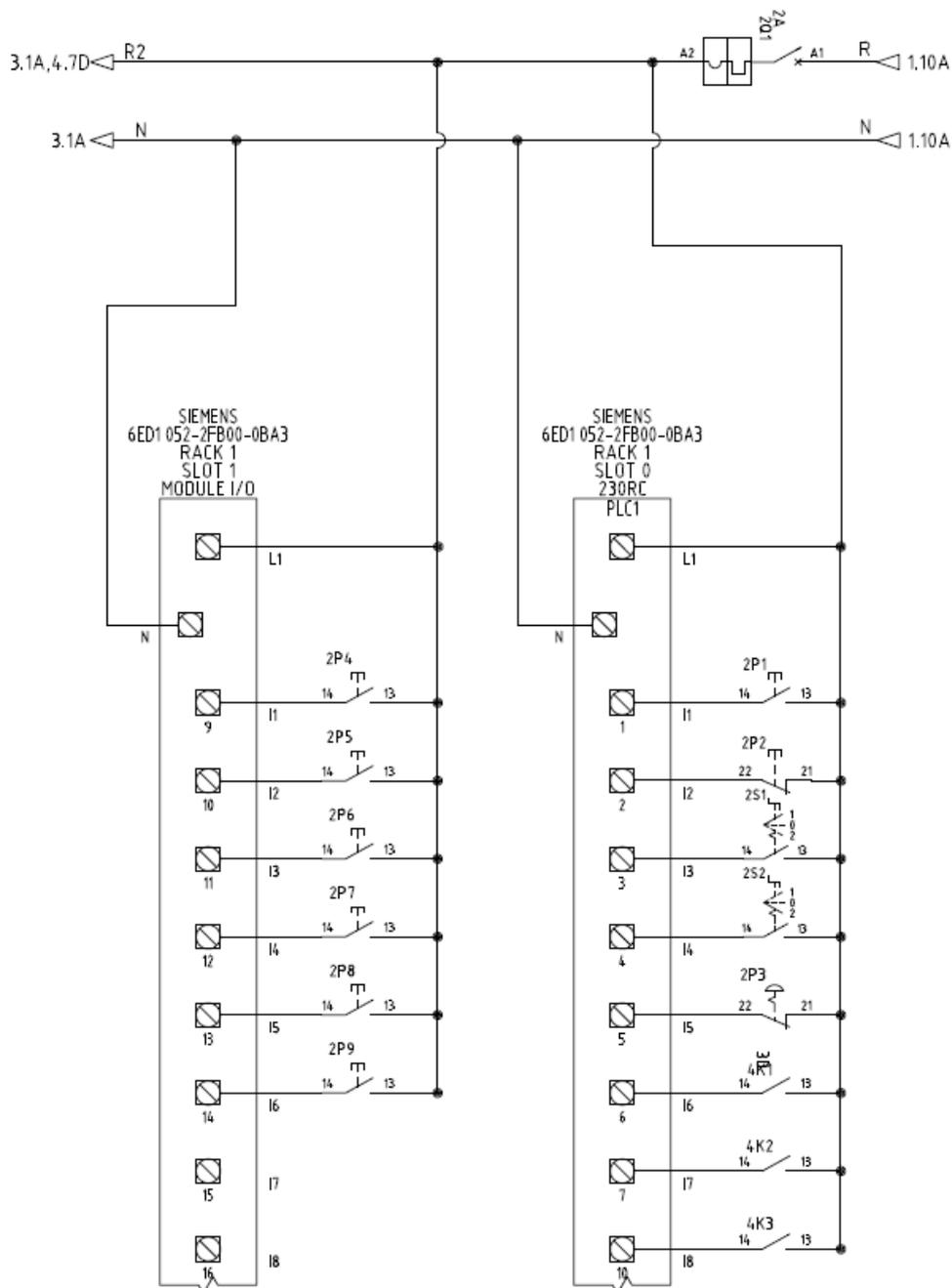


Figura 51. Diagrama de las entradas del PLC

#### 4.6.2 Salidas del PLC

En la figura 52 se muestra las conexiones de las salidas del PLC en donde se nota las bobinas de los contactores y la bornera de control del variador de frecuencia

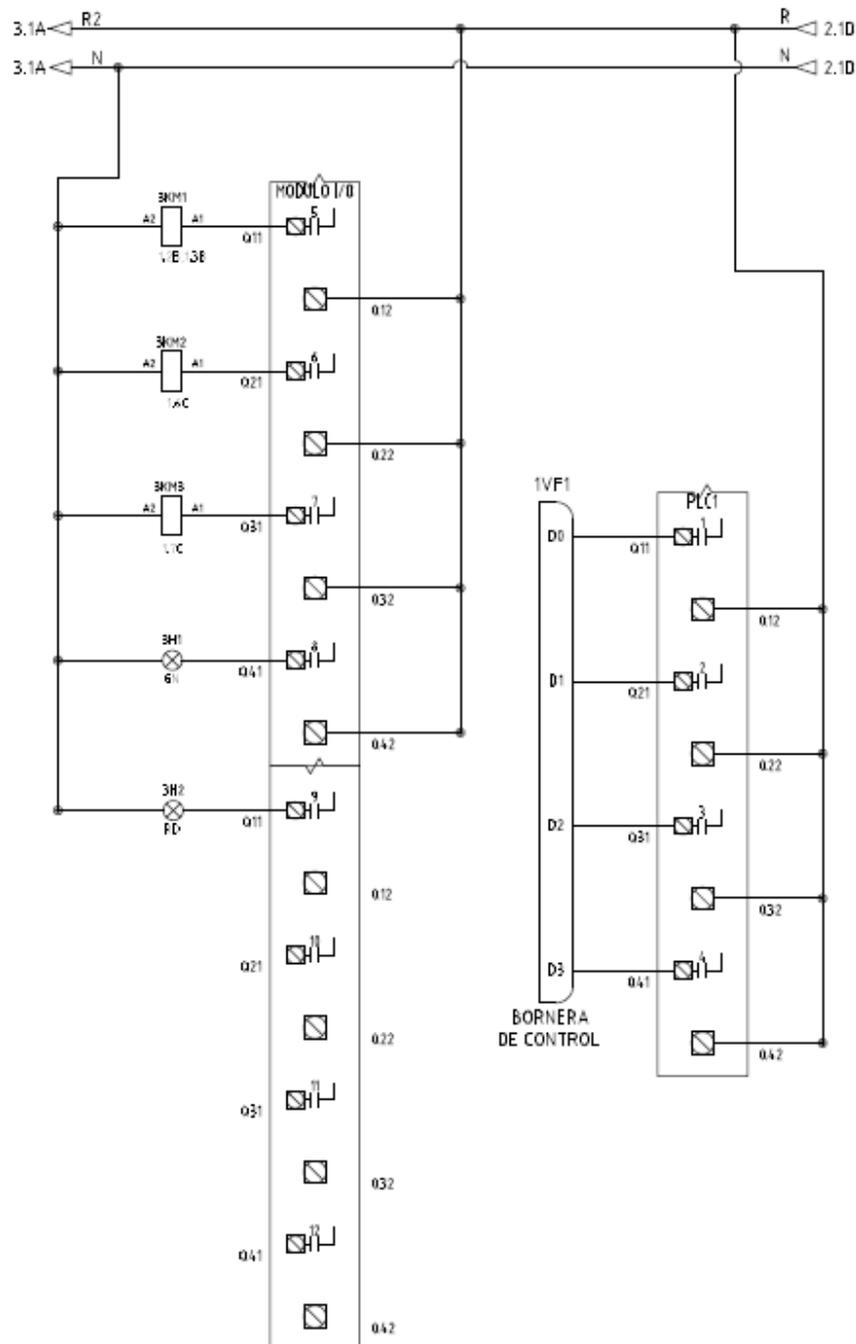


Figura 52. Diagrama de las salidas del PLC

#### 4.7 Diagramas de conexión de sensores

En la figura 53 se muestra la conexión de los sensores asociada a los relés para la activación de las entradas del PLC.

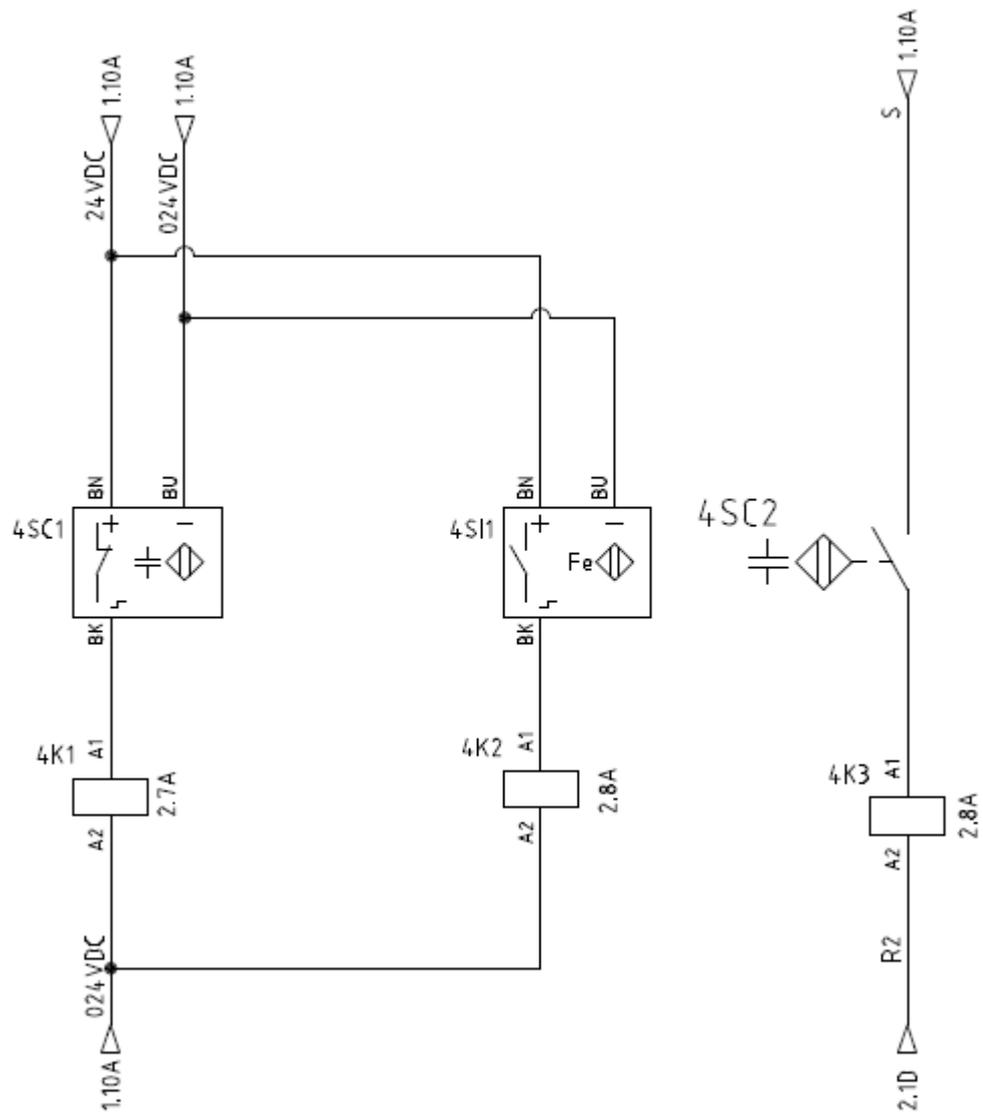


Figura 53. Diagrama de conexión de los sensores

## 4.8 Montaje

En este capítulo se procede a detallar la implementación de la lavadora de malanga por inmersión y aspersión. Teniendo como base el dimensionamiento de los dispositivos, diagramas de potencia y control y diagramas P&ID.

La Norma ISO/IEC 24702, fue utilizada para la implementación en este proyecto ya que la norma es utilizada en automatización industrial, control de procesos, cableado para edificios industriales y de vigilancia.

### 4.8.1 Estructura metálica

La estructura mecánica de la lavadora fue diseñada y construida por la empresa DECPROM. el material que fue utilizado para el desarrollo de la misma es acero inoxidable ANSI 304. Este acero es útil ya que no se oxida con al contacto con el agua ni la humedad ambiental existente en el Carmen – Manabí donde esta implementada la lavadora.



**Figura 54. Tina de Inmersión vista Frontal.**

En la figura 54 se muestra la tina de inmersión y la figura 55 muestra la etapa de aspersión en fases de construcción. En la figura 56 se muestra la tubería sobre la cual están montados los aspersores.



**Figura 55. Estructura del sistema de aspersión.**



**Figura 56. Tubería y aspersores**

#### **4.8.2 Montaje de sensores**

Para el montaje de los sensores se trabajó conjuntamente con la empresa DECPROM, ya que ellos realizaron la perforación a la estructura en donde lo designé y mi colaboración en la realización del acople para colocar el sensor de una manera que sea posible obtener el dato de las variables deseadas.

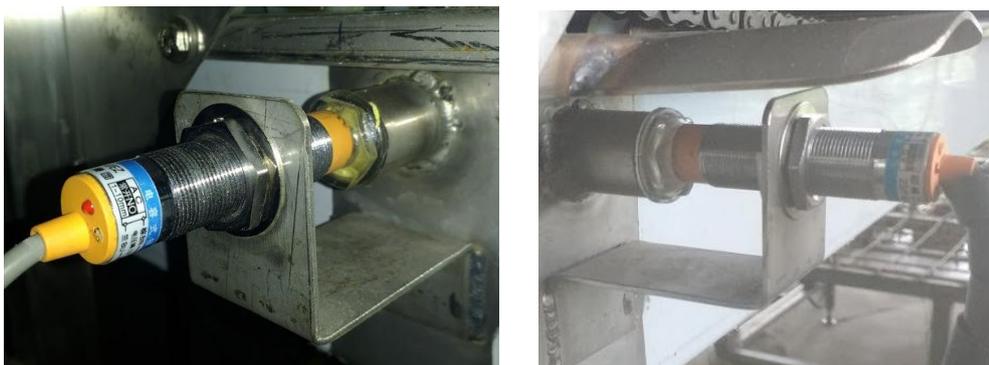
Desde las figuras 57 hasta la 59 se muestra el montaje de los sensores para el funcionamiento de la lavadora de malanga.



**Figura 57. Perforación de la estructura y visor para el sensor.**



**Figura 58. Sensor capacitivo para el nivel de la tina de inmersión.**



**Figura 59. Sensor capacitivo para el nivel del retenedor de agua.**

### **4.8.3 Montaje de los eductores**

De la misma manera que en los sensores, los eductores fueron montados conjuntamente con la empresa DECROM. Sin embargo, la empresa INDUSERVICOS asesoró para la implementación de estos dispositivos en la tina de inmersión.



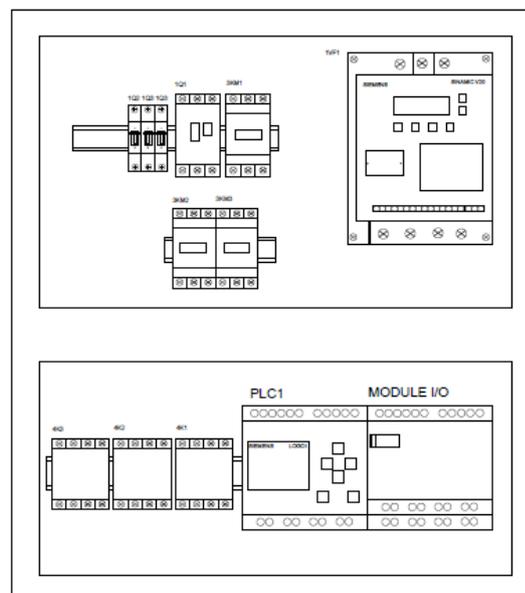
**Figura 60. Eductores en la tina de inmersión.**



**Figura 61. Tubería que alimenta a los eductores.**

#### 4.8.4 Montaje del tablero de control

En la figura 62 se muestra la disposición de los elementos sobre el tablero de control y en la figura 63 se muestra el tablero de control de la lavadora



**Figura 62. Distribución del tablero de control.**



**Figura 63. Tablero de control de la lavadora de malanga.**

#### **4.8.5 Transporte**

Dado que el cliente Amazon Fruit se encuentra en el Carmen – Manabí. Un servicio de carga tuvo que ser contratado para transportar la lavadora. La lavadora fue diseñada para poder ser desarmable y gracias a esto se pudo hacer el transporte de la misma. Desde la figura 64 hasta la 66 se muestra el transporte de la lavadora de malanga a la ciudad de El Carmen.



**Figura 64. Lavadora de Malanga armada antes de ser transportada**



**Figura 65. Instante en que se está subiendo la tina de inmersión.**



**Figura 66. Lavadora desmontada en la plataforma.**

## **CAPÍTULO VI**

### **5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

#### **5.1 Conclusiones**

Se diseñó y automatizó una lavadora por inmersión y aspersion en la empresa DECPROM. Actualmente, la lavadora está en ejecución en la empresa AMAZON FRUIT el cliente de esta automatización.

La lavadora ha reducido los tiempos de lavado en aproximadamente un 27% de como se lo hacía tradicionalmente para lavar 100 sacos de malanga. De la manera manual tomaba aproximadamente 3 horas lavar 100 sacos y con la ejecución de este proyecto se lo realiza en 2 horas con 10 minutos realizar la misma tarea.

Actualmente se requiere de tres trabajadores para este proceso, reduciendo en 75% los trabajadores que operaban para realizar esta tarea. Aunque se pretendía hacer uso de un único operario, no fue posible ya que se requiere personal en el lavado del proceso de inmersión.

Con la secuencia de encendido del motor y bombas de agua se logró seccionar los sobrepicos en los arranques de estos actuadores, típicamente de 10 veces la corriente nominal. De esta manera, se evitó la compra de un cable de mayor calibre para la cometida del tablero de control.

Además, se logró reducir el trabajo exhaustivo y repetitivo que les llevaba realizar esta tarea. manteniendo la misma calidad en el lavado del tubérculo, lo cual es muy importante, ya que la materia prima con la cual trabaja esta empresa está posicionada en mercados internacionales de Miami y New York.

La ejecución de este proyecto es un éxito en el aspecto económico para la empresa AMAZON FRUIT reduciendo tiempos en el proceso de lavado y el personal que realizaba esta tarea.

## 5.2 Trabajos futuros

La lavadora de malanga puede ser mejorada haciendo uso de rodillos de lavado en la tina de inmersión. De esta manera, la malanga puede ser lavada sin hacer uso de los dos operarios que actualmente realizan esta tarea de manera manual. Además, la instalación de dos líneas de aspersores sobre la tina de inmersión garantizará un mejor lavado.

El proceso subsecuente al lavado, es la desinfección de malanga requisito previo para poder ser exportada. Esta tarea actualmente se lo realiza de manera manual por dos operarios. Bandas transportadoras modulares pueden ser montadas en las tinajas de desinfección para que la malanga pueda pasar por los diferentes elementos de desinfección.

El siguiente proceso, es el secado que actualmente se lo realiza colocando la malanga sobre mallas de escurrido y 8 ventiladores con motores de 0.5 HP cada uno. En donde el objetivo de estos elementos es secar el producto. Un control de humedad puede ser instalado ya que los actuadores operan incluso cuando la malanga ya está seca dado que la supervisión es realizada por un operario.

Asimismo, en la ciudad del Carmen – Manabí existen muchas empacadoras de pimienta, plátano y eddoe que actualmente cuentan con procesos artesanales. Y tareas como el lavado y la desinfección son al menos necesarias para que los productos puedan ser exportados.

Lo mismo sucede en zonas agroindustriales como Santo Domingo, Quevedo, Babahoyo, La Concordia, La Unión, Quinde que trabajan de manera artesanal, aunque sus productos son exportados o transformados de alguna manera por otras empresas.

Por lo tanto, el desarrollar proyectos similares a esta lavadora pueden ser ejecutados en este tipo de ciudades mejorando la calidad de nuestros productos de exportación o de consumo nacional. Sin embargo, para llegar a este tipo de entidades, el nivel cultural debe ser tomado en cuenta e ir con una buena propuesta para poder vender automatizaciones en la región de la costa ecuatoriana.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bandas Industriales . (25 de Enero de 2017). *Bandas Industriales*. Recuperado el 8 de Abril de 2016, de <http://www.bandasindustriales.com/modular.html>
- CI Talsa S.A. (21 de 11 de 2016). *CI Talsa*. Recuperado el 02 de Junio de 2016, de [http://www.citalsa.com/files/lavadora\\_de\\_frutas\\_ci\\_talsa\\_lia1\\_inmersion\\_aspersion\\_09401114\\_0.pdf](http://www.citalsa.com/files/lavadora_de_frutas_ci_talsa_lia1_inmersion_aspersion_09401114_0.pdf)
- GGB. (25 de Enero de 2017). *GGB*. Recuperado el 1 de Abril de 2016, de Fallecidos a diciembre 2015: <http://tallersggb.net/chapa-lisa-acero-inoxidable-2b-laminado-en-frio/>
- Habasit. (25 de Enero de 2017). *habasit*. Recuperado el 10 de Marzo de 2016, de <http://www.habasit.com/es/disenio-banda-modular.htm>
- InduServices. (15 de Febrero de 2017). *InduServices servicios industriales*. Obtenido de InduServices: <http://www.induservicesecuador.com/descargas/catalogo001.pdf>
- Jersa. (24 de Enero de 2017). *Maquinaria Jersa*. Recuperado el 22 de Marzo de 2016, de <https://logismarketmx.cdnwm.com/ip/maquinaria-jersa-lavadoras-ficha-tecnica-lavadora-tipo-inmersion-834717.pdf>
- Revista\_ElAgro. (2016). Malanga primer puesto para Ecuador. *Revista el Agro*.
- Salgado, S. (24 de Junio de 2016). Exportación de malanga deja millonarios ingresos en Honduras. *PROagro*. Recuperado el 8 de Julio de 2016, de Estadísticas: <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/category/223-accidentes2016>
- SICSA. (11 de Febrero de 2017). *Transportadores Industriales y y Bandas Transportadoras*. Obtenido de bandas-transportadoras: <http://www.bandas-transportadoras.com.mx/node/9>
- Siemens AG. (2013). *Convertidor SINAMICS V20*. España.
- Torres, A., Montero, P., & Duran, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidon de malanga(*Colocasia esculenta*) . *LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN* , 52-61. Recuperado el 07 de Julio de 2016, de [http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens\\_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf](http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf)