



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

## PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

**TEMA:**

---

“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE FRUTA (NARANJILLA) PARA  
OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO  
PROVINCIAL DE PASTAZA”

---

**AUTOR:** Adrián Joel Velasteguí Lara

**TUTOR:** Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero

**AMBATO – ECUADOR**

**Junio - 2022**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE FRUTA (NARANJILLA) PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE PASTAZA”, elaborado por el Sr. Adrián Joel Velasteguí Lara, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1600453045, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Junio 2022

-----  
**Ing. Mg. Carlos Mauricio Carrillo Rosero**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, Adrián Joel Velasteguí Lara, con C.I. 1600453045 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE FRUTA (NARANJILLA) PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE PASTAZA” así como también los gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Junio 2022



-----  
**Adrián Joel Velasteguí Lara**

**C.I. 1600453045**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Junio 2022



---

**Adrián Joel Velasteguí Lara**

**C.I. 1600453045**

**AUTOR**



## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Adrián Joel Velasteguí Lara de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE FRUTA (NARANJILLA) PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE PASTAZA”.

Ambato, Junio 2022

Para constancia firman:

-----  
**Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa**

**Miembro Calificador**

-----  
**Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza**

**Miembro Calificador**

## DEDICATORIA

*Todo el esfuerzo y trabajo para conseguir este título se lo dedicó a mi madre Alicia Lara y padre Wilfrido Velasteguí por ser el pilar y sostén que hizo posible este logro en mi vida, a mi hermano David que siempre ha estado apoyándome y guiándome en toda mi etapa universitaria para ser un excelente profesional como lo es él, a mi prometida Danae que me ha dado su apoyo, las fuerzas y cariño para poder culminar con éxito mi carrera universitaria y a mi bella hija Valentina que es el motor de todos los logros que voy consiguiendo en mi vida.*

## AGRADECIMIENTO

*Un profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato por tener facultades de excelencia para poder ser buenos profesionales, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por brindar educación de calidad profesional y de calidad moral, a mis docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica por ser la guía tanto profesional como humana que a lo largo de los años vamos adquiriendo de ellos, a mis compañeros y amigos de curso ya que son parte de todos los logros y vivencias dentro de la carrera.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2 OBJETIVOS .....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.2.2.1 Analizar el proceso de lavado de fruta (naranja) en el Gobierno Descentralizado Provincial de Pastaza. ....	2
Naranja .....	2
Calibre de la naranja.....	3
Limpieza de la fruta naranja.....	4
Equipos de lavado industriales automatizados .....	6
Lavadora de cepillos giratorios con aspersores de agua .....	6
Normativa ecuatoriana para el manejo de la naranja.....	8
1.2.2.2 Determinar el sistema de control aplicable en el lavado de fruta (naranja). .....	10
Sistema de control.....	10
Sistema de control de lazo abierto .....	10
Sistema de control de lazo cerrado .....	10

Controlador lógico programable PLC FX3U 24 MT.....	12
1.2.2.3 Seleccionar los elementos necesarios para la automatización del proceso de lavado de fruta (naranja).....	12
Sensor de nivel tipo flotador discreto de agua.....	16
Bomba centrífuga.....	17
Motor de transmisión.....	18
Variadores de frecuencia Inverter XSY – AT1 .....	19
Tablero placa de relés .....	20
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.</b> .....	<b>23</b>
2.1 MATERIALES .....	23
2.1.1 Máquina lavadora de fruta naranja.....	23
2.1.2 Materiales para automatizar .....	24
2.2 MÉTODOS .....	31
2.2.1 Bibliográfico.....	31
2.2.2 Experimental.....	32
2.2.3 Descriptivo .....	32
2.2.4 Estudio de caso.....	32
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>34</b>
3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	34
3.1.1 Mantenimiento inicial a la máquina .....	34
3.1.2 Esquema de automatización .....	37
3.1.3 Programación del Controlador Lógico .....	37
3.1.3.1 Programa GX-Developer V8.20 W.....	37
3.1.3.2 Lenguaje de programación en escalera .....	38
3.1.3.3 Carga del programa Computador-PLC .....	39
3.1.4 Programación de luces indicadoras .....	48
3.1.4.1 Programa Proteus.....	48
3.1.5 Prueba en protoboard.....	50
3.1.6 Tablero de control.....	51
3.1.3 Adaptación del tablero de control a la máquina lavadora de naranja.....	61
3.1.4 Funcionamiento de la máquina con el tablero de control.....	61

Frecuencia vs RPM (Motor).....	62
Frecuencia vs RPM (Bomba) .....	63
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
4.1 CONCLUSIONES .....	66
4.2 RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plantación de naranjilla .....	3
Figura 2 Clasificación de la naranjilla .....	5
Figura 3 Lavado de la naranjilla / a) lavado en balde; b) lavado con manguera.....	6
Figura 4 Esquema de la lavadora de cepillos giratorios .....	7
Figura 5 Estado actual de la máquina .....	8
Figura 6 Sistema de control de lazo abierto .....	10
Figura 7 Sistema de control de lazo cerrado .....	11
Figura 8 Esquema PLC entradas y salidas.....	13
Figura 9 Distribución de pines Controlador PLC .....	14
Figura 10 Entradas y salidas del sistema de control .....	15
Figura 11 Sensor de nivel tipo flotante .....	16
Figura 12 Funcionamiento sensor de nivel .....	17
Figura 13 Bomba Centrífuga.....	17
Figura 14 Motor Lafert.....	18
Figura 15 Datos técnicos del motor .....	19
Figura 16 Diagrama de control variador .....	19
Figura 17 Diagrama de circuito principal variador .....	20
Figura 18 Placa de Relés .....	21
Figura 19 Máquina ASTIMEC.....	23
Figura 20 Estado inicial de la máquina .....	34
Figura 21 Limpieza general de la máquina.....	34
Figura 22 Limpieza del tanque de agua .....	35
Figura 23 Mantenimiento a la cadena y rodillos.....	35
Figura 24 Mantenimiento del motor de los rodillos.....	36
Figura 25 Mantenimiento de la bomba .....	36
Figura 26 Revisión de los aspersores .....	37
Figura 27 Interfaz del programa GX-Developer V8.20W .....	38
Figura 28 Listado de los comandos para la programación.....	39
Figura 29 Energización del plc .....	39

Figura 30 Conexión computador-PLC .....	40
Figura 31 Selección del puerto con PLC.....	40
Figura 32 Propiedades del puerto.....	41
Figura 33 Programa para subir a PLC.....	42
Figura 34 Transferencia de programa .....	42
Figura 35 Configuración de velocidad de subida.....	43
Figura 36 Verificación de la conexión .....	44
Figura 37 Compilación del código .....	44
Figura 38 Ejecución del programa .....	45
Figura 39 Confirmación de la subida .....	46
Figura 40 Modo escritura PLC.....	46
Figura 41 Barra de subida del programa.....	47
Figura 42 Modo Run PLC.....	47
Figura 43 Interfaz Proteus.....	48
Figura 44 Diagrama de relés en proteus.....	50
Figura 45 Circuito en el protoboard .....	50
Figura 46 Distribución del tablero de control .....	51
Figura 47 Tablero de control.....	53
Figura 48 Dimensionamiento del tablero de control.....	55
Figura 49 Perforación de agujeros en el tablero de control .....	56
Figura 50 Colocación de botones de control y luces indicadoras .....	56
Figura 51 Tablero de control.....	57
Figura 52 Acople componentes eléctricos y electrónicos .....	57
Figura 53 Cableado en el tablero de control .....	58
Figura 54 Cableado de los componentes.....	58
Figura 55 Comprobación de energía en el tablero de control .....	59
Figura 56 Protección de cables y canaletas.....	59
Figura 57 Rotulación tablero de control.....	60
Figura 58 Tablero de control rotulado .....	60
Figura 59 Ubicación del tablero de control en la bodega.....	61
Figura 60 Conexión máquina-tablero de control .....	61



Figura 61Funcionamiento motor.....63  
Figura 62Funcionamiento bomba .....64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Calibres de la Naranjilla .....	4
Tabla 2 Ponderación selección de materiales.....	12
Tabla 3 Especificaciones bomba centrífuga .....	18
Tabla 4 Comparación estado de la máquina .....	21
Tabla 5 Especificaciones máquina lavadora ASTIMEC.....	23
Tabla 6 Materiales para automatizar .....	24
Tabla 7 Detalle nomenclatura para de la programación.....	48
Tabla 8 Nomenclatura tablero de control.....	52
Tabla 9 Función de cada elemento en el tablero de control.....	53
Tabla 10 Frecuencia - RPM (Motor).....	62
Tabla 11 Frecuencia – l/min (Bomba) .....	63
Tabla 12 Comparativa tiempo - lavado manual y automatizado.....	64
Tabla 13 Comparativa cantidad de agua- proceso manual y automatizado .....	65

## RESUMEN

El presente proyecto técnico se desarrolló debido a la necesidad de incorporar un sistema para controlar el proceso del lavado de naranjilla en La máquina ASTIMEC, modelo ASA-LFC300 que es propiedad del GAD Provincial de Pastaza, ya que se encontraba en abandono debido a que los operarios no podían manipular de correcta forma la máquina. Este sistema permitirá controlar la presión de agua y la velocidad con la que la fruta se transportará para ser lavada.

El sistema de lazo abierto instalado en el presente proyecto técnico, consta de un panel de control central que mediante dispositivos eléctricos y electrónicos programados con un lenguaje tipo escalera y ejecutados por un PLC, permitieron automatizar procesos manuales y semiautomáticos para el lavado de fruta. Es un sistema abierto debido a que no se controla en su totalidad la vellosoidad y la suciedad en la fruta eso lo realiza el operario de forma visual. La máquina posee un motor eléctrico que gira los rodillos limpiadores, este sistema programado ejecuta de manera continua y controlada el avance correcto de la fruta, permitiendo variar según los requerimientos del operador las revoluciones, lo cual aumentó la eficiencia en tiempos y calidad del lavado de la fruta. La bomba centrífuga de la máquina encargada de suministrar un flujo continuo de agua, controla la variación de presión de acuerdo a los requerimientos de limpieza de la fruta e inspección visual del operador a cargo.

**Palabras clave:** Automatización industrial, PLC, Control industrial, Programación escalera, Tablero de control.

## **ABSTRACT**

This technical project was developed due to the need to incorporate a system to control the process of washing naranjilla in the ASTIMEC machine, model ASA-LFC300, which is owned by the Provincial Government of Pastaza, since it was abandoned because the operators could not handle the machine correctly. This system will make it possible to control the water pressure and the speed at which the fruit will be transported for washing.

The closed-loop system installed in this technical project consists of a central control panel that, by means of electrical and electronic devices programmed with a ladder-type language and executed by a PLC, made it possible to automate manual and semi-automatic processes for fruit washing. The machine has an electric motor that rotates the cleaning rollers; this programmed system continuously and controlled the correct advancement of the fruit, allowing the revolutions to be varied according to the operator's requirements, which increased the efficiency in time and quality of fruit washing. The machine's centrifugal pump, which supplies a continuous flow of water, controls the pressure variation according to the fruit cleaning requirements and visual inspection by the operator in charge.

**Keywords:** Industrial Automation, PLC, Industrial Control, Ladder Programming, Control Board.

## **CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

En la industria alimenticia todos los procesos se van automatizando acorde pasa el tiempo, es por ello que las personas al diseñar una máquina lo que buscan es facilitar los procesos y construir partes y accesorios acorde a la demanda existente. Ante la necesidad de obtener mejora continua y diferenciarse de la competencia en aspectos de rendimiento, calidad, costos y presentación del producto final; las organizaciones automatizan máquinas ya existentes para que cumplan los mismos parámetros o mejorando el nivel de producción. [1]

El proceso de lavado de frutas es fundamental para eliminar cualquier residuo físico, especialmente en la naranjilla eliminar la tierra y las pelusas que se encuentran presentes en la superficie; para ello el método más común es usar agua y un cepillo, en algunas ocasiones el agua se mezcla con otros productos para eliminar microorganismos, esto cuando se lo realiza en un proceso manual, y en ocasiones el proceso más conocido es una máquina lavadora con cepillo giratorios sin dañar la superficie de la fruta. [1]

En el año 2017 se realizó una investigación sobre el efecto que tiene el lavado a alta presión sobre la superficie de las frutas, para este trabajo se utilizaron rodillos con un sistema que variaba la presión del agua, la presión a la que llegaron a lavar frutos tales como toronja y naranja fue de 50 psi, de igual manera controlaban el tiempo que se necesita para que una fruta se encuentre lavada, variaba entre 8-10 segundos; en estas pruebas la fruta no sufrió ningún daño en su superficie. [2]

De acuerdo a la investigación realizada por [3] se obtuvieron datos de diferentes ensayos en los cuales ocupan cepillo de fibras suaves y flexibles durante 20 segundos con 12 pasadas o cepilladas, se observa que se retira la tierra y pelusas de la corona de la naranjilla sin dañar la superficie de la fruta; cuando se utilizan cepillos con fibras duras y agresivas durante 20

segundos y con 7 pasadas de igual forma se obtiene sin tierra ni pelusas la corona de la naranjilla, pero existen daños leves en la superficie de la fruta; finalmente cuando se utilizan cepillos con fibras semiduras o agresivas durante 20 segundos y 9 pasadas se comprobó que la corona no tiene tierra ni pelusas y la superficie de la fruta no se encuentra afectada. Después de realizar los ensayos de lavado con diferentes tipos de cepillo, manteniendo el mismo tiempo de lavado y variando el número de cepillada, se determinó que el último ensayo es el adecuado es decir que con un cepillo de fibras semiduras no agresivas y 9 pasadas en 20 segundos se obtiene el lavado deseado y sin dañar a la fruta naranjilla. [3]

La máquina lavadora de fruta naranjilla que se encuentra instalada en las bodegas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza cuenta con cuatro sistemas, el primer sistema el estructural en el cual consta la bancada, base del motor, base de la bomba hidráulica, tolva y paredes laterales; el segundo el sistema central que integra los cepillos, ejes, rodamientos, bocines, catarinas y cadenas; el tercer sistema hidráulico con las tuberías, aspersores, codos, llave de globo y taque de agua; finalmente el sistema eléctrico que cuenta con el motor y la caja de control. La máquina tiene una capacidad de 300 kg/h y está elaborada en acero inoxidable. [3]

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Automatizar el proceso de lavado de fruta (naranjilla) para optimizar la producción en el Gobierno Descentralizado Provincial de Pastaza.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

#### **1.2.2.1 Analizar el proceso de lavado de fruta (naranjilla) en el Gobierno Descentralizado Provincial de Pastaza.**

#### ***Naranjilla***

El nombre científico es *Solanum Quitoense* Lam, esta fruta se desarrolla en zonas tropicales donde las temperaturas varían entre 17°C y 29°C, esta fruta es rica en minerales y vitamina C; la fruta tiene un aspecto amarillo o naranja intenso cuando alcanza su madurez. La cosecha de esta fruta se la realiza a los 10 meses y su máxima producción se da al año; esta planta produce entre

2 y 3 años dependiendo del clima y el manejo que se le proporcione al cultivo; se le cultiva cada 8 o 15 días dependiendo las necesidades del mercado. En la Figura 1 se muestra una plantación de naranjilla. [4]



Figura 1 Plantación de naranjilla [4]

Las principales zonas de producción de naranjilla registradas en Ecuador se concentran en las provincias de Napo, Pastaza, Morona Santiago y Sucumbíos que son parte de la región amazónica, se evidencia también que en últimos años por abandono de los cultivos los porcentajes de producción han ido disminuyendo, pero gracias a la incorporación de la tecnología se ha facilitado el manejo de cultivo en todas sus etapas. Se considera que en el Oriente existen 4111 hectáreas de cosecha, la cual produce 18588 toneladas lo que equivale a 4.52 toneladas por hectárea; y principalmente en Pastaza la superficie cosechada es de 1278 hectáreas con una producción de 6412 toneladas y un rendimiento equivalente al 5.02 toneladas por hectárea; lo que la ubica en segundo puesto de producción de naranjilla, siendo el primer puesto la provincia de Morona Santiago con un rendimiento de 6.27 toneladas por hectárea. [5]

#### ***Calibre de la naranjilla***

El calibre de la naranjilla se obtiene con el diámetro, la longitud de la fruta y su masa, en la Tabla 1 se muestra los calibres de la naranjilla. Cabe recalcar que el diámetro y la longitud se miden con un calibrador, mientras que la masa se pesa en una balanza. [6]

Tabla 1 Calibres de la Naranja [6]

<b>Calibre</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (mm)</b>
<b>Naranja Híbrido Puyo</b>			
<b>Grande</b>	>80	>50	>47
<b>Mediana</b>	80-50	50-45	47-43
<b>Pequeña</b>	<50	<45	<43
<b>Naranja de jugo</b>			
<b>Grande</b>	>130	>68	>55
<b>Mediana</b>	130-80	68-60	55-45
<b>Pequeña</b>	<80	<60	<45

Los productos que deseen ser comercializados deben cumplir con los calibres considerados anteriormente, la pulpa debe ser carnosa y el color de su corteza debe ser el adecuado; además que el producto no debe presentar pudriciones, daños de plagas o heridas. [6]

#### ***Limpieza de la fruta naranja***

La principal finalidad de limpiar la naranja es eliminar vellosidades de la fruta para ello existe dos métodos, el primero consiste en limpiar fruta por fruta con alguna tela seca eliminando las vellosidades y la segunda es en tanques con abundante agua se lava la naranja. En la actualidad también existen máquinas las cuales ayudan a optimizar el proceso de lavado y en ellas se tiene sistemas de cepillos para lavar la fruta. [3]

Una operación eficiente de limpieza debe permitir que se separen la mayor parte de contaminantes del producto y que la superficie del mismo se encuentre de una forma aceptable sin provocar daños a la fruta y a su vez con la optimización de recursos como lo es el agua, detergentes o desinfectantes, en diversos casos la limpieza se puede realizar en seco y en húmedo. [3]



Mediante visitas técnicas a la bodega del Gobierno Descentralizado Provincial de Pastaza se tomaron videos, fotografías y datos técnicos durante el proceso de lavado de la fruta naranjilla, con la finalidad de conocer todos los pasos que se realizan en el proceso.

En la actualidad en el Gobierno Descentralizado Provincial de Pastaza llega la naranjilla a la bodega del centro de acopio en gaveta después que los agricultores realizan la clasificación de tamaño de la misma, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2 Clasificación de la naranjilla

Al llegar al centro de acopio el lavado de la naranjilla se lo realiza de dos formas, la primera es en un balde con agua como se muestra en la Figura 3.a, en el cual se coloca el producto y con las manos se realiza la limpieza; mientras que en la Figura 3.b, se observa que en las gavetas que llega el producto la limpieza se realiza a presión de agua con una manguera.



Figura 3 Lavado de la naranjilla / a) lavado en balde; b) lavado con manguera

### ***Equipos de lavado industriales automatizados***

El control de equipos en el lavado de frutas consiste en la automatización de una bomba de aspersión de agua y del motor de la banda transportadora por donde circula la fruta, las variables a controlar son: la velocidad de aspersión de la bomba y la velocidad e inversión de giro de la banda. Es importante la automatización del proceso de lavado, ya que permite un proceso cíclico optimizando el lavado y ahorrando el agua requerida. [7]

Mediante la automatización se puede variar el tipo de fruta que se puede lavar en una máquina, regulando el tiempo, velocidad y caudal de agua, dependiendo de las características físicas de la fruta y no de las especificaciones de la máquina; lo cual es poco práctico sin tener un sistema automatizado, ya que conocer cada variable que se debe cambiar de la máquina por cada fruta a procesar no es recomendable ni técnico. [7]

El control automatizado ha ido en crecimiento y cada vez con más avances tecnológicos, pudiendo así mejorar tiempos en el proceso, calidad y ahorro en mano de obra. Por otra parte, el control manual de maquinaria ha ido en descenso, debido a las desventajas que posee en frente a la automatización industrial, así también en la seguridad de los procesos. [7]

### ***Lavadora de cepillos giratorios con aspersores de agua***

Este tipo de lavadora ayuda a limpiar las naranjillas mediante la aplicación de chorros de agua, mientras la fruta avanza en una cama de cepillos que también ayuda a eliminar residuos como tierra, basura, abono y las mismas pelusas de la naranjilla dejándolas totalmente limpias,

después pasa a un proceso donde se enjuaga totalmente. Una ilustración de la máquina lavadora mediante cepillos giratorios y aspersores se muestra en la Figura 4. [3]

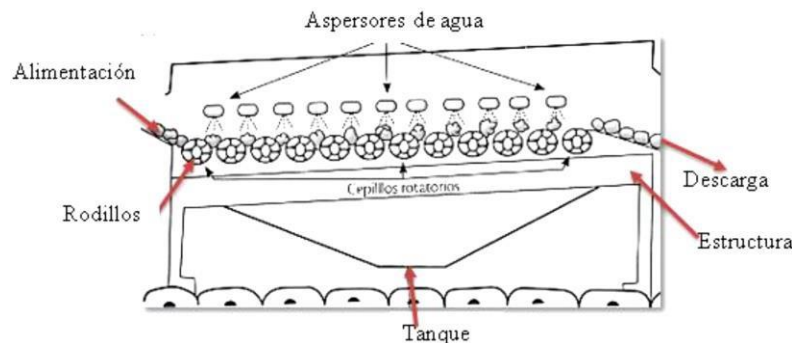


Figura 4 Esquema de la lavadora de cepillos giratorios [3]

En cuanto a la máquina lavadora de naranjilla mostrada en la Figura 5 no se encuentra en operación debido a que no cuenta con botones de encendido o apagado, simplemente su alimentación es directa a la fuente y no se puede controlar el proceso de lavado; además existe el riesgo eléctrico al manejar los voltajes y no hay seguridad si existen atrapamiento de extremidades o algún fallo imprevisto; aquí es donde se evidencia que en la máquina se necesita una automatización de:

- Sistema de encendido incrementando botones de paro de emergencia.
- Sistema de control de rodillos para controlar la velocidad y la inversión de giro.
- Sistema de agua para controlar la presión de los aspersores con diferentes posiciones como fuerte, medio y suave dependiendo de la suciedad que tenga la fruta.
- Sistema del tanque de agua con sensores para no dañar la bomba.



Figura 5 Estado actual de la máquina

### ***Normativa ecuatoriana para el manejo de la naranjilla***

En Ecuador la norma que establece los requisitos que deben cumplir las naranjillas destinadas para el consumo en estado fresco que se comercialicen dentro del territorio ecuatoriano es la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 303:2009 FRUTAS FRESCAS, NARANJILLA, REQUISITOS.

Las características físicas con las cuales debe contar la naranjilla para ser comercializada son:

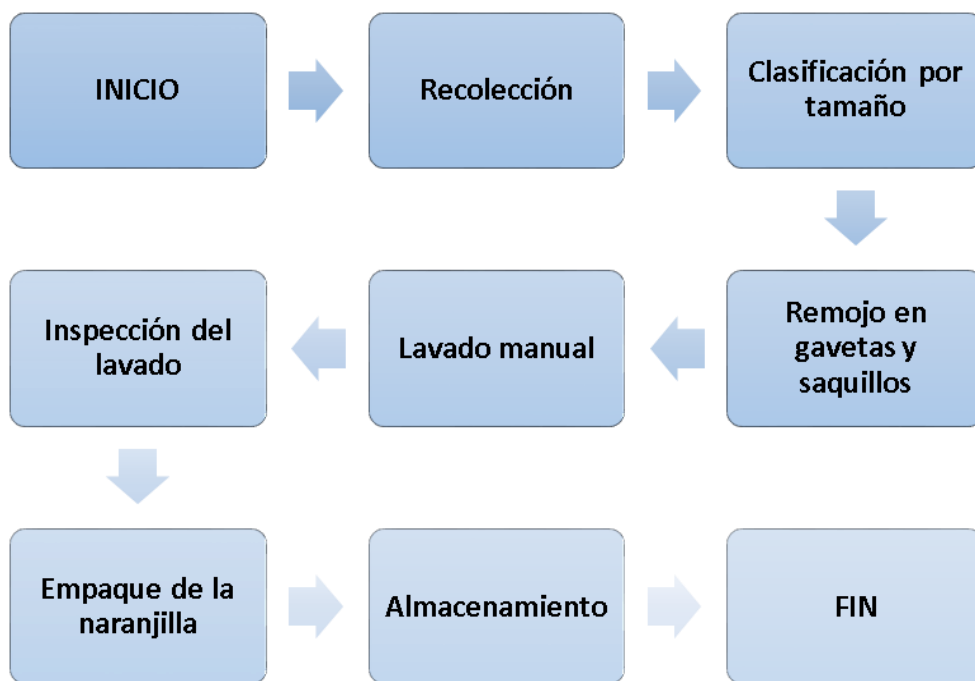
- Estar completas.
- Presentar la base del tallo.
- Estar sanos, es decir, libres de plagas o enfermedades que afecten la calidad interna o externa de la fruta.
- Libres de humedad producida por el mal anejo en la etapa de pos cosecha.
- Estar empacada en los envases adecuados para evitar olor o sabor extraño.
- Estar libres de materiales extraños a la fruta como lo son la tierra, el polvo o químicos que sean visibles. [6]

En el requisito de que la fruta debe estar limpia libre de cualquier material extraño el proyecto técnico que se realizara es de gran ayuda ya que se garantizará una limpieza adecuada para poder comercializar el producto.

A su vez la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1751:96 FRUTAS FRESCAS, DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN ayuda a realizar la inspección para la aceptación o el rechazo de la fruta; para ello se realiza un muestreo en el cual se evalúan los requisitos establecidos y en caso de que exista alguna disconformidad se repiten los ensayos hasta que las dos partes tanto el proveedor como la persona a recibir el producto queden seguras. [6]

Para establecer los requisitos y prácticas que se deben cumplir en los mercados de comercialización en cuenta los alimentos sean inocuos y aptos para el consumo humano la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2687:2013 MERCADOS SALUDABLES, REQUISITOS; esta norma es aplicable a todos los mercados mayoristas y mercados minoristas que realizan actividades de adquisición, recepción, manipulación, preparación, comercialización, almacenamiento y transporte a nivel nacional. [8]

Se realiza el siguiente diagrama de flujo para focalizar como se realiza el proceso de lavado de naranjilla actualmente antes de la automatización.



### 1.2.2.2 Determinar el sistema de control aplicable en el lavado de fruta (naranja).

#### *Sistema de control*

Se denomina sistema de control a un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera que el arreglo se pueda comandar, dirigir o regular al mismo o a otro sistema; además los sistemas de control se pueden dirigir o controlar dinámicamente. [9]

#### *Sistema de control de lazo abierto*

En este tipo de sistemas la salida no se mide ni existe realimentación para compararla con la entrada; estos sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la señal de acción de control. En la Figura 6 se muestra un esquema del sistema de control de lazo abierto. [9]

En los sistemas de lazo abierto se puede dividir en dos partes, el controlador y el proceso controlado, en estos se aplica un comando al controlador, cuya señal actuante regula el proceso y la salida se desempeña de acuerdo a las especificaciones ya establecidas; el control puede ser un amplificador, un filtro o en algunos casos una computadora con un microprocesador. [9]



Figura 6 Sistema de control de lazo abierto [9]

Los sistemas de lazo abierto son económicos, pero normalmente son inexactos.

#### *Sistema de control de lazo cerrado*

Un sistema de lazo cerrado tiene una salida o señal controlada ya que debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, en estos sistemas se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y salida a través del sistema, esto lo realizan para disminuir el error y corregir la salida. En la Figura 7 se muestra un esquema de funcionamiento de un sistema de control de lazo cerrado. [9]

En este tipo de sistemas la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control, es decir son sistemas de control realimentados; además que el error que mantiene la señal de entrada y la señal de salida se denomina error del sistema y lo que se trata es de reducir el error. [9]

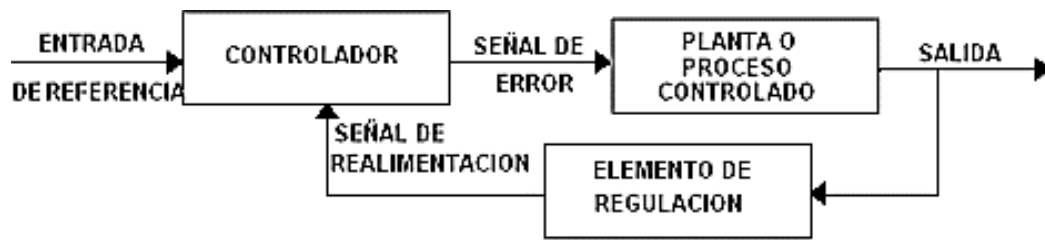
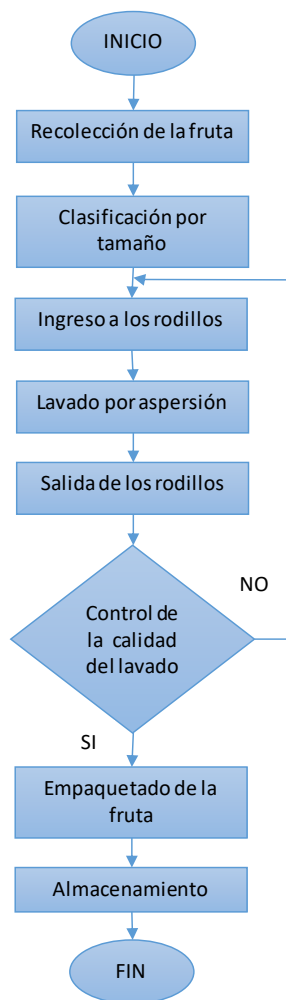


Figura 7 Sistema de control de lazo cerrado [9]

Los elementos básicos de un sistema de lazo cerrado son un elemento de comparación, elemento de control, elemento de corrección, elemento de proceso y elemento de medición.

En este caso para el presente proyecto se utiliza un sistema de lazo abierto debido a que la automatización no es completa, sino que existe un ente de regulación que en este caso es el operario, se muestra el proceso más a detalle en el siguiente esquema.



### 1.2.2.3 Seleccionar los elementos necesarios para la automatización del proceso de lavado de fruta (naranjilla).

Al identificar el sistema de control aplicable para el lavado de fruta, se determinan los elementos necesarios en fin de elaborar un presupuesto y seleccionar los más adecuados para el proceso con la finalidad de optimizar la máquina de lavado de fruta naranjilla.

A continuación, en la Tabla 2 se muestra una comparativa para seleccionar el principal elemento de programación para la automatización, para lo cual se tiene en consideración tres elementos los cuales son PLC, Arduino y Microcontroladores; se utiliza una tabla de ponderaciones en donde 5 es la calificación para la más adecuada y 1 es la menos adecuada.

Tabla 2 Ponderación selección de materiales

<b>Cualidad/Elemento</b>	<b>PLC</b>	<b>Arduino</b>	<b>Microcontrolador</b>
<b>Uso industrial</b>	5	2	3
<b>Precio</b>	4	5	5
<b>Seguridad</b>	5	4	4
<b>Tipo de Programación</b>	3	3	2
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	14	14

En la tabla se puede observar que la mejor opción es el PLC por ello que a continuación en este proyecto se enfocará en ese elemento para la automatización.

#### ***Controlador lógico programable PLC FX3U 24 MT***

El controlador PLC mostrado en la Figura 8 cuenta con 14 puntos de entrada y 10 transmisores de salida, en los cuales del Y00 al Y03 pueden emitir hasta 100 k de pulsos y del Y04 al Y07 hasta 12 k de pulsos. La placa es alimentada por un DC 24 V, es por ello que no se debe introducir voltaje de CA o de 220 V. [10]





El número de pasos o bloques para la programación es de 8000, cuenta con dos puertos de comunicación RS232 y RS485; además cuenta con 14 entradas digitales y 6 entradas analógicas, de igual forma consta de 10 salidas digitales y 3 salidas analógicas. [10]

La velocidad de transmisión es de 38400 baudios y soporta lenguaje de diagrama de escalera siendo compatible con programas como GX-Developer y GX-WORK2; para la comunicación entre la interfaz y el usuario tiene un puerto HMI para la carga y descarga de los programas. [10]

Se eligió un PLC debido a la cantidad de entradas y salidas, de igual forma al tener salidas analógicas y digitales es de gran ayuda como se muestra en la Figura 9 la distribución de los pines del PLC; el lenguaje de programación es sencillo y su facilidad de manejo.

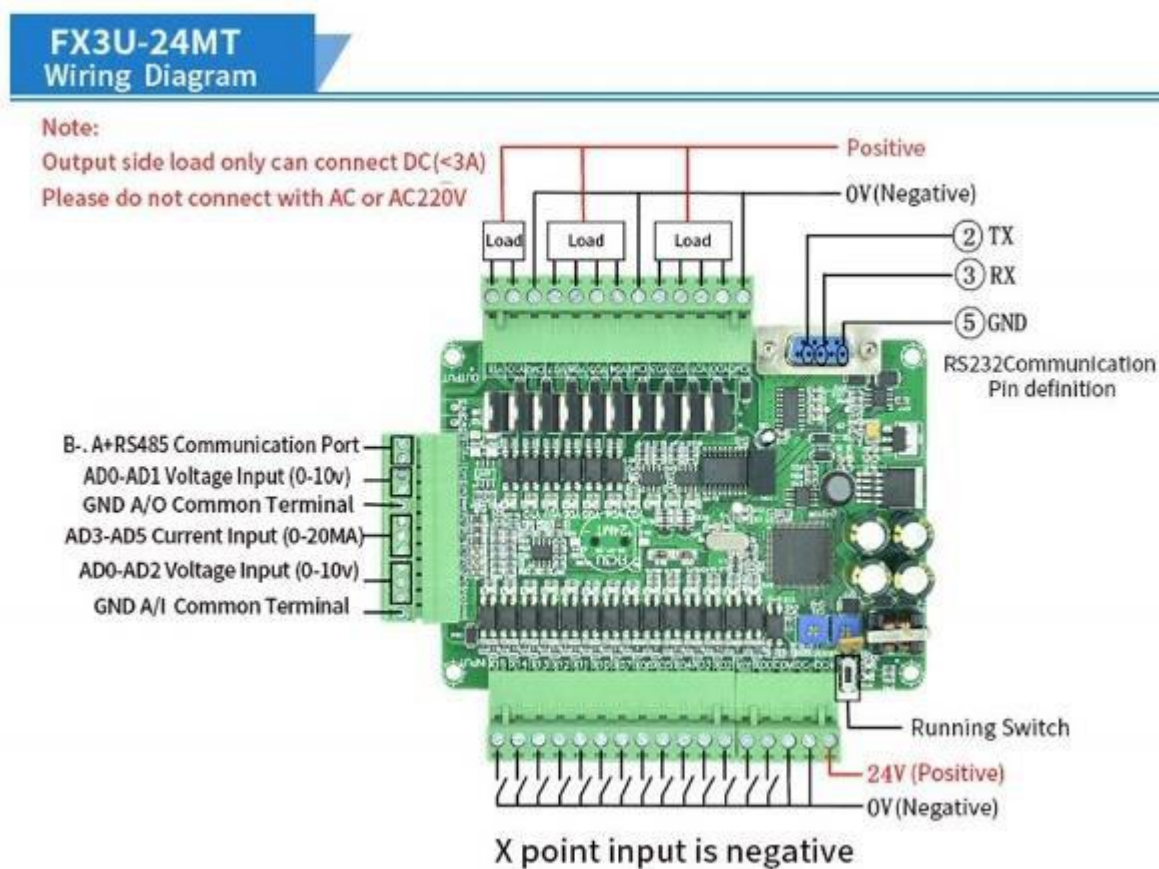


Figura 9 Distribución de pines Controlador PLC [10]

En este proyecto técnico el sistema de control aplicable es el sistema de lazo abierto debido a que se cuentan con variables de entrada y de salida las cuales se detallan a continuación en la Figura 10 en la cual se encuentra el PLC a utilizar.

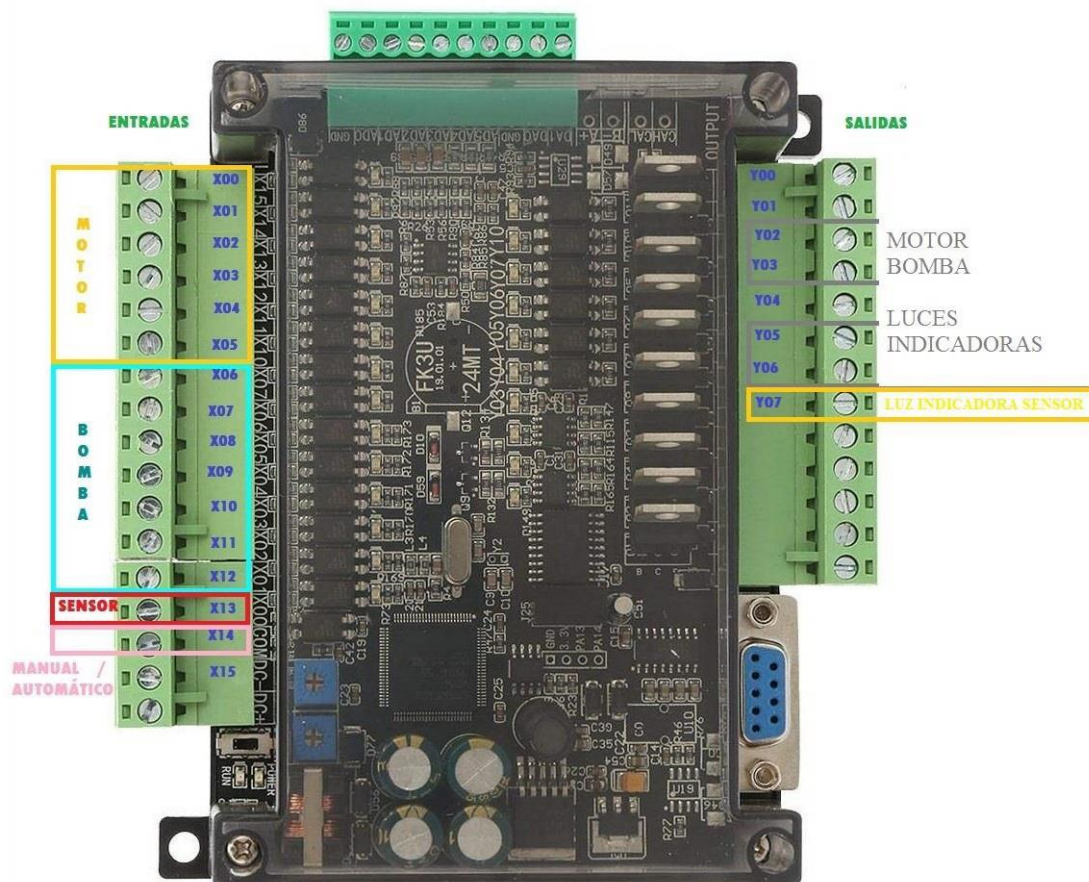


Figura 10 Entradas y salidas del sistema de control

Como entradas en el PLC desde X00 hasta X05 será las señales del motor que controla los rodillos; mientras que desde X006 hasta X12 será las señales de la bomba, además en X13 se conectará el sensor de nivel de agua del tanque y en X14 un selector para manual o automático.

Las salidas que se tendrán son la marcha y paro del motor, el giro del motor de los rodillos, marcha y paro de la bomba; de igual forma la máquina se comportará de manera semiautomática tanto en el motor como en la bomba, finalmente con la salida del sensor de nivel.

### *Sensor de nivel tipo flotador discreto de agua*

Este sensor cuenta con un interruptor ON/OFF es de plástico, un voltaje de 110 - 120 V con una longitud de cable de 34 cm, se lo puede observar en la Figura 11. Este tipo de sensor es un dispositivo utilizado para detectar el nivel de líquido dentro de un tanque, el mismo puede accionar una bomba, un indicador u otro dispositivo. [11]



Figura 11 Sensor de nivel tipo flotante [11]

El funcionamiento del sensor se muestra en la Figura 12 en donde se observa que en la parte (I) los contactos del interruptor están normalmente cerrados; mientras que en (II) los contactos están normalmente abiertos; y gráficamente se observa que el sensor regula el nivel del agua y manda una señal. [12]

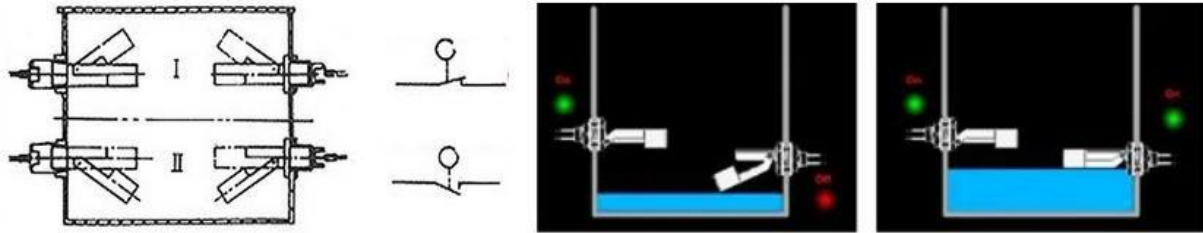


Figura 12 Funcionamiento sensor de nivel [12]

### ***Bomba centrífuga***

La bomba con la que cuenta la máquina lavadora de naranjilla es marca LEO, en la Figura 13 se muestra la placa de datos técnicos de la misma; la bomba tiene cuerpo de hierro fundido con un tratamiento anti-corrosión y bocas roscadas, impulsor de acero inoxidable; el eje es de acero inoxidable AISI 304. [3] Además en la Tabla 3 se detallan las características técnicas de la misma.

Cabe recalcar que la bomba de agua es la responsable de hacer circular agua a la presión necesaria hacia los 13 aspersores en el proceso del lavado de la naranjilla.



Figura 13 Bomba Centrífuga



Tabla 3 Especificaciones bomba centrífuga [3]

Especificación	Descripción
Cuerpo	Hierro fundido con tratamiento especial anti-corrosión.
Impulsor	Acero inoxidable
Potencia	1.5 HP
Voltaje	220 V
Temperatura máxima de líquido	+60°C
Máxima aspiración	+2 m
Temperatura máxima de ambiente	+40 °C

### *Motor de transmisión*

El motor con la que cuenta la máquina lavadora de naranjilla es de marca LAFERT, tipo AM 63Z BA4, que se muestra en la Figura 14 la imagen de su placa de identificación; además en la Figura 15 se detalla los datos técnicos del motor. El mismo que es el encargado del movimiento de los rodillos con cerdas para el lavado de la naranjilla.



Figura 14 Motor Lafert

Tipo	kW	HP	min <sup>-1</sup>	M <sub>N</sub> Nm	EFF2 $\eta$			cos $\varphi$	I <sub>N</sub>		I <sub>d</sub> /I <sub>N</sub>	M <sub>d</sub> /M <sub>N</sub>	M <sub>j</sub> /M <sub>N</sub>	M <sub>r</sub> /M <sub>N</sub>	J 10 <sup>-3</sup> kgm <sup>2</sup>	kg	
					50%	75%	100%		400V	380-420V							
<b>1500 min<sup>-1</sup> (4 polos)</b>																	
AM 56Z AA	4	0.06	0.08	1300	0.4	42	44	48	0.70	0.28	0.32	2.6	2.1	2.0	2.1	0.14	2.7
AM 56Z BA	4	0.09	0.12	1330	0.6	43	47	51	0.74	0.35	0.40	2.5	2.2	2.1	0.16	2.9	
AM 63Z AA	4	0.12	0.16	1350	0.8	46	50	57	0.65	0.50	0.55	2.4	2.0	1.9	0.25	3.3	
AM 63Z BA	4	0.18	0.25	1330	1.3	47	50	58	0.70	0.65	0.70	2.3	1.9	1.8	0.27	4.1	
AM 63Z CA	4*	0.25	0.33	1360	1.8	49	52.5	58	0.74	0.85	0.90	2.7	2.2	2.0	0.30	4.2	

Figura 15 Datos técnicos del motor [13]

### Variadores de frecuencia Inverter XSY – AT1

El inversor es de alta capacidad y es compatible con Mitsubishi, cuenta con una corriente nominal estándar de 1500 W es de 7 A, mientras que el módulo de salida es de 8 A; trabaja con un voltaje de 220 voltios. A continuación, en la Figura 16 se muestra el diagrama de cableado de control y en la Figura 17 se indica el diagrama de cableado del circuito principal. [14]

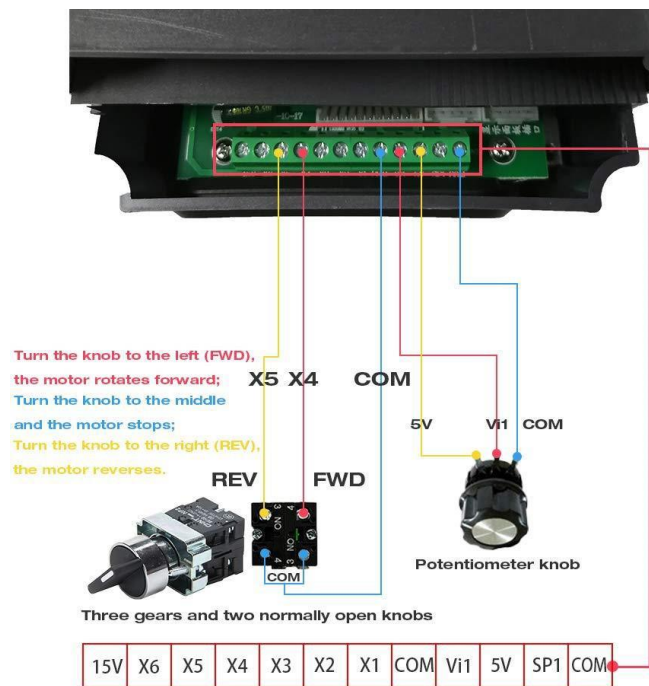


Figura 16 Diagrama de control variador [14]

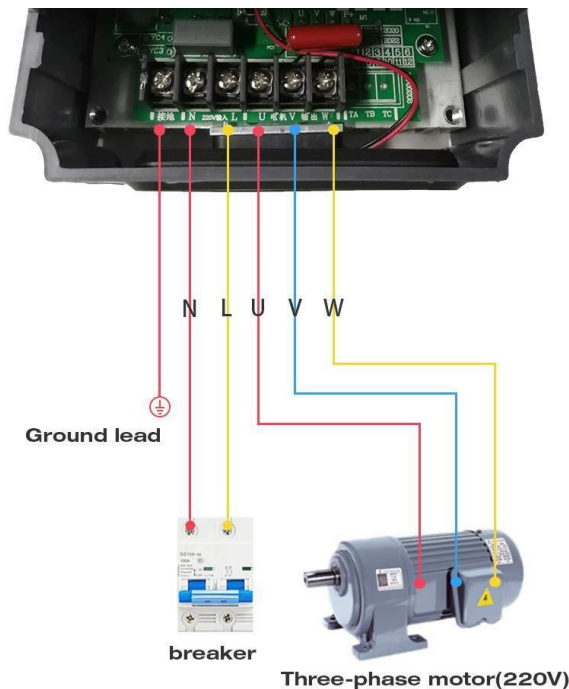


Figura 17 Diagrama de circuito principal variador [14]

### ***Tablero placa de relés***

El voltaje con el cual trabaja una placa de relés como la que se indica en la Figura 18 es 24 V, el amperaje consumido con todos los relés cerrados es de 11 mA; además, tiene dos modos básicos los cuales son: normalmente cerrado y normalmente abierto. [15]

Generalmente la placa de relés sirve para activar los circuitos los cuales tienen un consumo considerable de electricidad y para acoplar señales de corriente directa a caras que necesitan corriente alterna; en este caso con la ayuda del PLC y el relé se va a controlar la iluminación de las luces indicadoras del mando semiautomático, luz de inversión de giro, luces de marcha y luz de sensor de nivel. [15]



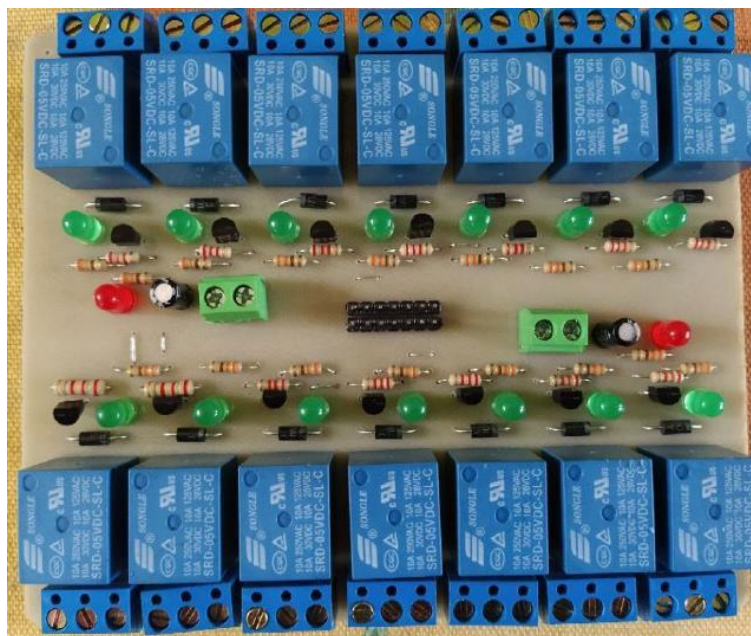


Figura 18 Placa de Relés [15]

En este proyecto técnico la placa de relés se encuentra conectada al PLC como se indica en el ANEXO A, con la ayuda de esta placa se encenderán las luces indicadoras del tablero de control.

#### 1.2.4 Desarrollar pruebas de funcionamiento del proceso de lavado de fruta (naranja).

Para dar cumplimiento al objetivo se realizarán pruebas de funcionamiento y los datos obtenidos en la máquina automatizada serán comparados con los datos tomados al inicio en el modelo original, para validar la automatización no debe existir errores en el proceso.

En la Tabla 4 a continuación se muestra una comparativa entre el estado inicial y el estado actual de la máquina lavadora de naranja.

Tabla 4 Comparación estado de la máquina

Estado inicial	Estado actual
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin seguridad</li> <li>- Sin tablero de control</li> <li>- Sin sensor de nivel para protección de la bomba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación del paro de emergencia</li> <li>- Control de la velocidad de los rodillos</li> <li>- Inversión de giro en los rodillos</li> </ul>

<b>Estado inicial</b>	<b>Estado actual</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin optimización de agua</li> <li>- Sin optimización de tiempos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensor de nivel para el cuidado de la bomba</li> <li>- Modo semiautomático y manual</li> <li>- Control de presión de agua</li> <li>- Ahorro de agua y energía</li> <li>- Luces indicadoras para los operadores</li> <li>- ON/OFF individual motor y bomba</li> </ul>

En las pruebas de funcionamiento realizadas se identifica valores como la capacidad del tanque reservorio del agua, el cual con el sensor de nivel de agua es la capacidad máxima de 155 litros y la capacidad mínima del tanque es 58 litros; mientras que el motor de los rodillos con el variador de frecuencia de 0-65 va desde 18 a 55 revoluciones por minuto; en la bomba con la frecuencia de 0-65 va desde 30,47 a 81,25 litros por minuto. Además, se tomó tiempos promedio de lavado en el cual utilizando el sistema semiautomático con tres niveles de lavado y presión en bajo, medio y alto se tiene 26, 17 y 12 segundos respectivamente. En el ANEXO C se indican fotografías de las pruebas de campo realizadas.

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

### 2.1 MATERIALES

#### 2.1.1 Máquina lavadora de fruta naranjilla

Para el desarrollo del proyecto técnico se utilizará como medio físico la máquina ASTIMEC Modelo ASA-LFC300 de la serie OT505016 con capacidad de 300 kg/h la cual se muestra junto a su placa de identificación en la Figura 19 y es la principal herramienta ya que se debe evaluar el funcionamiento de la misma para proceder a automatizar.



Figura 19 Máquina ASTIMEC

La máquina consta de una presión de espray generado por la bomba centrífuga y un tanque para agua de lavado con tapón lateral para apertura del drenaje, además en la tina tiene un filtro de retención de partículas antes de la succión de la bomba; el desplazamiento que tienen los rodillos es horizontal y tiene un juego de aspersores en cada rodillo. En la Tabla 5 se encuentran las especificaciones de la máquina lavadora de fruta.

Tabla 5 Especificaciones máquina lavadora ASTIMEC

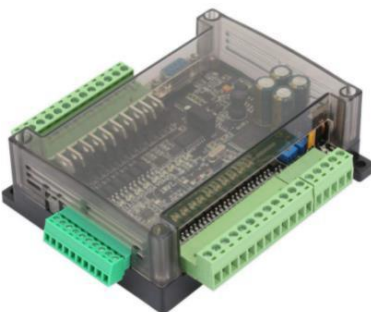

<b>Especificación</b>	<b>Descripción</b>
Volumen de tina	150 litros
Accionamiento	Motor reductor 0,75 HO 220 VAC 1F (rodillos)
Material de los cepillos	PVC con cerdas de plástico o nylon
Número de rodillos	25 unidades de diámetro 65 mm x 500 mm

<b>Especificación</b>	<b>Descripción</b>
Capacidad del equipo	300 kg /h hasta 3000 kg/h
Material de la estructura	Acero inoxidable AISI 304
Bomba centrífuga	1.5 HP 220 VAC 1F
Dimensiones	Ancho:700 mm, largo:2000 mm, alto:1500 mm
Peso aproximado	280 kg.

### 2.1.2 Materiales para automatizar

Se necesitarán materiales eléctricos y de control para ejecutar el proceso de automatización para lo cual en la Tabla 6 se muestran algunos materiales que se pueden utilizar para el sistema.

Tabla 6 Materiales para automatizar

<b>Denominación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Gráfico</b>	<b>Función principal</b>	<b>C/U</b>	<b>C/T</b>
Controlador PLC, controlador lógico programable - FX3UB24MT	1 u		Controla la lógica de funcionamiento, procesa y recibe señales digitales y analógicas para el control.	179,03	179,03
Variador de frecuencia VFD e inversor de giro – VEVOR	2 u		Variar la velocidad del motor e inversor de giro tanto de la bomba y del motor de los rotores.	161,04	322,08

Denominación	Cantidad	Gráfico	Función principal	C/U	C/T
AC Contactor CJX2-2510 110V Bobina 50/60Hz - BAOMAIN	3 u		Habilitar o cortar el flujo de corriente para accionar los circuitos.	43,08	129,25
Cable Trifásico 4x10	5 m		Conectar los diferentes elementos de corriente trifásica.	3,90	19,50
Riel Din	1 u		Ubicar los elementos en el gabinete metálico, optimizando espacio.	1,90	1,90
Gabinete metálico de control, medidas 60x40x30	1 u		Ordenar todos los elementos en un solo espacio seguro, poniendo en orden los dispositivos de conexión, control y protección.	47,50	47,50

Denominación	Cantidad	Gráfico	Función principal	C/U	C/T
Cable USB a DB9-RS232	1 u		Conexión entre el PLC y computador para programar.	8,99	8,99
Paro de emergencia	1 u		Parar la máquina en el menor tiempo posible, situado generalmente en la alimentación de la máquina.	7,50	7,50
Luz indicadora azul	8 u		Luz indicadora de funcionamiento de la bomba.	3,05	24,40
Luz indicadora amarilla	3 u		Energización de motor y bomba.	3,05	9,15


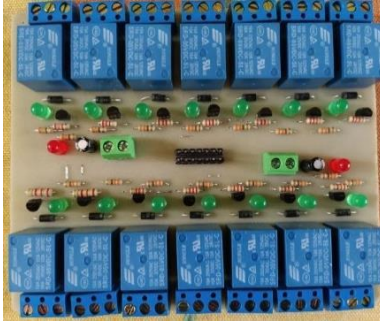

Denominación	Cantidad	Gráfico	Función principal	C/U	C/T
Botones normalmente abiertos negros	7 u		Enviar señal de comunicación para activar el sistema.	2,50	17,50
Botones normalmente abiertos verdes	2 u		Enviar señal de comunicación para activar el sistema.	2,50	5
Botones normalmente cerrados rojos	2 u		Enviar señal de comunicación para parar el sistema.	2,50	5
Luz indicadora verde	3 u		Luz indicadora del motor de los rotores.	2,03	6,10





Denominación	Cantidad	Gráfico	Función principal	C/U	C/T
Luz indicadora roja	1 u		Luz indicadora del nivel del agua.	3,05	3,05
Disyuntor trifásico 40 A	1 u		Protección de todo el circuito y de las máquinas de control especialmente las que funcionan con corriente trifásica.	26,60	26,60
Indicador digital de voltaje y amperaje	1 u		Indicar el voltaje y amperaje en la máquina ASTIMEC.	50,00	50,00
Selector 2 posiciones on/off	3 u		Utilizado para definir operaciones como encendido y apagado.	7,99	23,97



Denominación	Cantidad	Gráfico	Función principal	C/U	C/T
Potenciómetros industriales	2 u		Variar la resistencia al paso de la corriente eléctrica.	12,50	25
Taipe	2 u		Proteger y unir los cables pelados para evitar accidentes eléctricos.	0,75	1,50
Cable #14	10 m		Realizar las diferentes conexiones de los elementos.	0,35	3,50
Protector de cable	5 m		Proteger los cables evitando pronta ruptura y posible cortocircuito.	0,90	4,50
Borneras	3 u		Tener una línea de conexión extendida para los componentes.	1,00	3,00

Denominación	Cantidad	Gráfico	Función principal	C/U	C/T
Fuente de energía de 24V	1 u		Energizar el PLC y placa de relés.	64,99	64,99
Placa de relés	1 u		Interruptor eléctrico que permite dejar pasar y cortar la corriente eléctrica.	29,00	29,00
Canaleta	1 u		Ordenar el cableado dentro del panel de control.	30,11	30,11

Denominación	Cantidad	Gráfico	Función principal	C/U	C/T
Cable #18	100 m		Realizar las conexiones de los componentes dentro del panel de control.	0,22	22,45
Terminales	110 u		Permitir la conexión entre los cables y componentes electrónicos.	0,05	5,50
<b>Costo total: 1076,07</b>					

## 2.2 MÉTODOS

### 2.2.1 Bibliográfico

Determinar el sistema de control aplicable para la máquina lavadora de fruta es indispensable porque de ello depende el funcionamiento correcto del mecanismo es por ello que se basan en las bibliografías [3] y [4] primero para definir el uso de un sistema de control de lazo abierto o cerrado analizando cuál de cual se adapta mejor al sistema si se necesita una realimentación de la señal de salida para ser comparada o solo se necesita un proceso unidireccional sin realimentación.

Los elementos necesarios para la automatización del proceso se investigan en las bibliografías [3], [4] y [5] primero como indican en las bibliografías se realiza un esquema completo de todo el circuito para saber cuántos componentes se van a utilizar, seguido de ello como muestra en la bibliografía [5] se debe calcular el número de componentes de igual forma sus características

como su resistencia, voltaje y datos relevantes en cada uno de ellos, después de tener todos los elementos como manifiesta en la bibliografía [4] se desarrollará un inventario con su respectivo presupuesto para la puesta en marcha del proceso de automatización.

Para las pruebas de funcionamiento se tomó como referencia la bibliografía [3], [4] las cuales muestran cual es el correcto funcionamiento de la máquina lavadora de fruta de naranjilla y que estándar de calidad tiene que tener la fruta ya en su presentación final, además de eso se archivó todos los datos para realizar una comparación de mejora que tenga con la implementación del sistema de automatización.

### **2.2.2 Experimental**

Comienza con el análisis del funcionamiento de la máquina lavadora de naranjilla, obteniendo datos como la capacidad, la potencia y el proceso de lavado que realiza; después de recabar esa información se determinó el tipo de control adecuado para ser utilizado en el sistema de lavado. Seguido de eso se realizaron planos de instalación, eléctrico y de control para utilizarlos en la aplicación del sistema, y finalmente después de la implementación del plan de automatización se procedió a realizar pruebas de funcionamiento.

### **2.2.3 Descriptivo**

En el proceso final de la investigación es importante describir con claridad las recomendaciones para la instalación de la máquina y los requisitos que debe tener el espacio donde se instalara, de igual forma para el futuro mantenimiento de la máquina se dejara archivado los planos de los sistemas que tiene la máquina para facilitar el trabajo a la persona que vaya a realizar el mantenimiento.

### **2.2.4 Estudio de caso**

Al ser un estudio puntual que se basa en una máquina ya existente la cual se automatizó, se usó este método para poder desarrollar todos los estudios en base a que influencia tiene la implementación de esta máquina en la producción y distribución de la naranjilla a nivel nacional.

La propuesta de este trabajo es implementar la automatización tanto de la bomba de aspersión controlando la velocidad de salida del agua, así como la velocidad del motor de los rodillos y la inversión de giro del mismo, teniendo así una optimización adecuada del proceso de lavado de la naranjilla, con un ahorro de suministros energéticos y de agua necesaria para el proceso.

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Al tener definido el sistema de control aplicable y los componentes necesarios para la automatización de la máquina lavadora de naranjilla se comienza a implementar el sistema.

#### 3.1.1 Mantenimiento inicial a la máquina

Al realizar una inspección visual de la máquina en general se evidencia que necesita un mantenimiento inicial ya que la máquina se encuentra abandonada como se muestra en la Figura 20 y se comienza con una limpieza general de los componentes como se muestra a continuación en la Figura 21.



Figura 20 Estado inicial de la máquina



Figura 21 Limpieza general de la máquina

Después de realizar la limpieza general se realizó una limpieza al tanque de reserva de agua como se indica en la Figura 22.



Figura 22 Limpieza del tanque de agua

Al estar la máquina sin funcionamiento el mecanismo de cadenas y rodillo móviles de la máquina se encuentran oxidados, para ello se les engrasa y revisa que se encuentren funcionando como se muestra en la Figura 23.

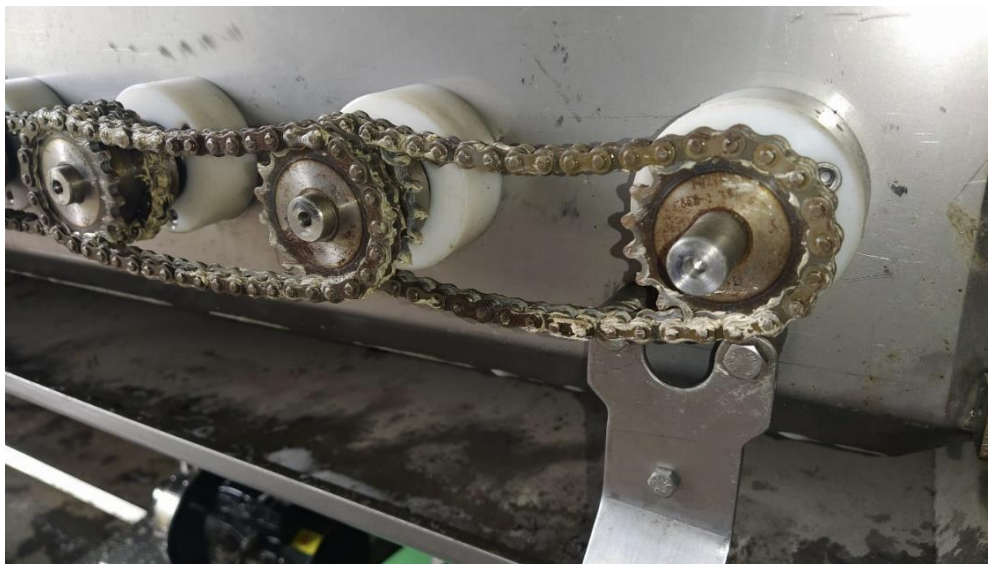


Figura 23 Mantenimiento a la cadena y rodillos

Al realizar el mantenimiento del motor se comprueba que no existan fallas eléctricas y verificar como está la conexión como se muestra en la Figura 24, en este caso era directa a la fuente



trifásica de energía y se analiza el funcionamiento y que componentes acciona, en esta situación activa los rodillos.



Figura 24 Mantenimiento del motor de los rodillos

El mantenimiento de la bomba de la Figura 25, se verifica el funcionamiento de los aspersores y las conexiones que en este caso se encuentran a la red trifásica, se revisa la corriente y voltajes y después de un tiempo como se muestra en la Figura 26 los aspersores se encuentran en funcionamiento.



Figura 25 Mantenimiento de la bomba



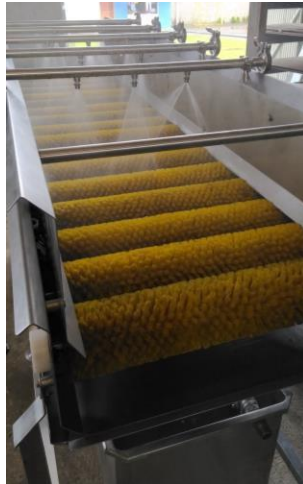


Figura 26 Revisión de los aspersores

### **3.1.2 Esquema de automatización**

Al comprobar que los componentes de la máquina se encuentran funcionando se procede a analizar las variables a controlar tanto con el motor y con la bomba, se realizan los esquemas y planos de control para la correcta adquisición de los componentes electrónicos. Los planos se muestran a continuación en el ANEXO A, el plano de control; mientras que el ANEXO B evidencia el plano de potencia.

Seguido de eso se realiza la adquisición de los componentes y se verifica que se encuentren en buen estado y su funcionamiento sea el correcto.

### **3.1.3 Programación del Controlador Lógico**

#### **3.1.3.1 Programa GX-Developer V8.20 W**

Es el entorno de programación de controlador básico que admite Q Process, WS Safety y controladores como AnS, QnA, y A700 VFD con PLC incorporado. También es compatible con iQ Platform/Q, L, y FX Series. Este software se utiliza para la programación y configuración de módulos de comunicación y funciones inteligentes. [19]

Es un software basado en Windows el cual admite los PLC serie FX de Mitsubishi, la interfaz del mismo es intuitiva y permite programar sus propios bloques de funciones. Algunas de las ventajas que cuenta son: [19]

- La información se puede transferir desde y hacia archivos de Excel
- En el navegador se muestra un resumen de todo el proyecto
- Diagrama de escalera y lista de instrucciones
- Sin necesidad de hardware
- Posibilidad de cambio durante el funcionamiento. [19]

Al tener todos los componentes y verificar las entradas, salidas y señal que tienen cada uno se procede a realizar la programación del PLC para ello se utiliza el Programa GX-Developer V8.20W el cual la interfaz es la que se muestra en la Figura 27.

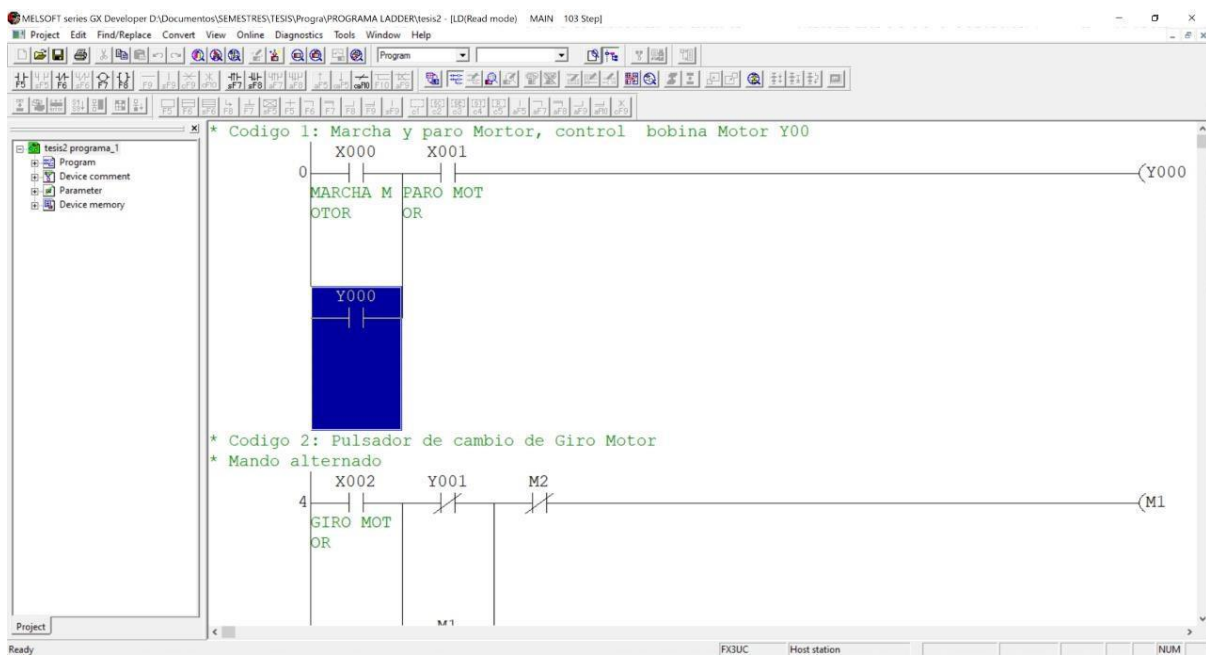


Figura 27 Interfaz del programa GX-Developer V8.20W

### 2.1.3.2 Lenguaje de programación en escalera

La programación del presente proyecto se encuentra realizado en escalera, también denominado diagrama de ladder, es un lenguaje de programación gráfico y se basa en los esquemas eléctricos de control clásicos. [19]

Para ello primero se han definido los comandos como se muestra en la Figura 28.

Device name	Comment	Alias
X000	MARCHA MOTOR	
X001	PARO MOTOR	
X002	GIRO MOTOR	
X003	LOW MOTOR	
X004	MEDIUM MOTOR	
X005	HIGH MOTOR	
X006	MARCHA BOMBA	
X007	PARO BOMBA	
X010	LOW BOMBA	
X011	MEDIUM BOMBA	
X012	HIGH BOMBA	
X013	SENSOR NIV BOMBA	
X014	SELECT MAN/AUT	
X015	TIEMPOS BOMBA/MOTOR	
X016		

Figura 28 Listado de los comandos para la programación

En el ANEXO D podemos observar la programación que se realizó para la automatización de la máquina lavadora de naranjilla, utilizando el lenguaje de programación en escalera.

### 3.1.3.3 Carga del programa Computador-PLC

Al tener el programa listo se procede a compilar el programa en el PLC, para ello se siguen los siguientes pasos:

- Energizar el PLC con la fuente de 24 V que se indica en la Figura 29.

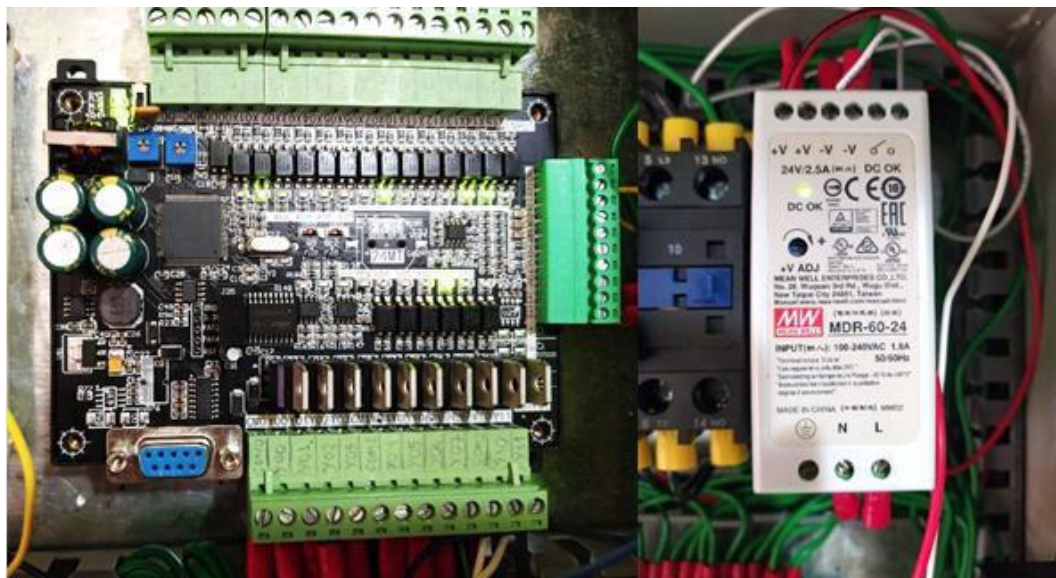


Figura 29 Energización del PLC

- Conectar el cable tipo DB9-RS232 a USB como se muestra en la Figura 30 y es correspondiente a la comunicación que posee el PLC hacia la computadora.



Figura 30 Conexión computador-PLC

- En el computador se abre el panel de control en la sección de *Dispositivos e impresoras* para buscar el puerto serial correspondiente como se indica en la Figura 31 en este caso el dispositivo *Prolific USB to Serial Comm Port*.

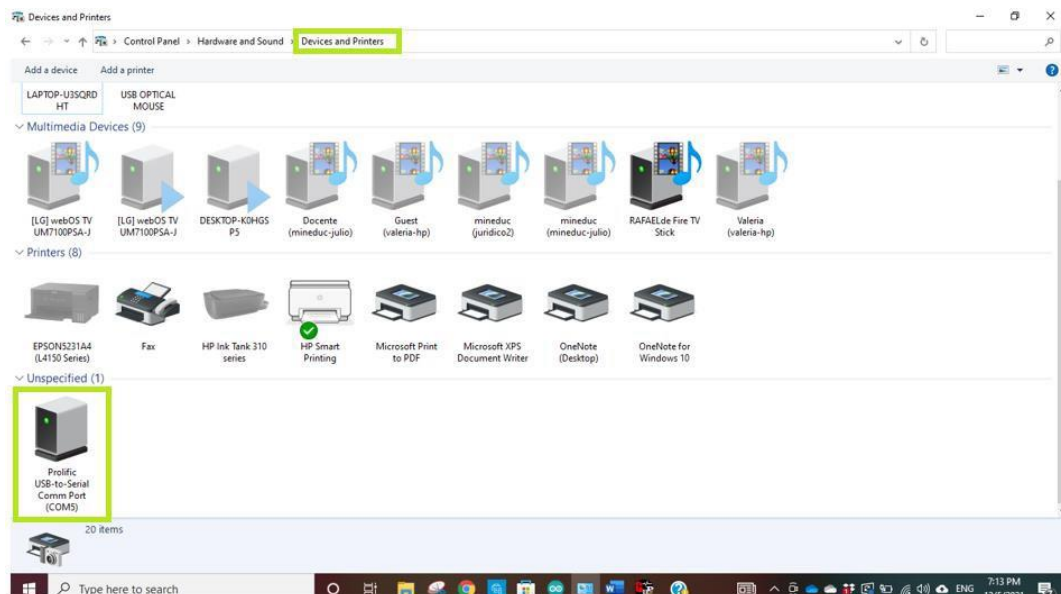


Figura 31 Selección del puerto con PLC

- Al tener localizado el puerto, en el mismo se realiza doble click para abrir las propiedades del puerto y cómo podemos observar en la Figura 32 el puerto en este caso es el COM5; en caso que exista algún problema con la conexión del puerto se necesita tener el driver de compatibilidad.

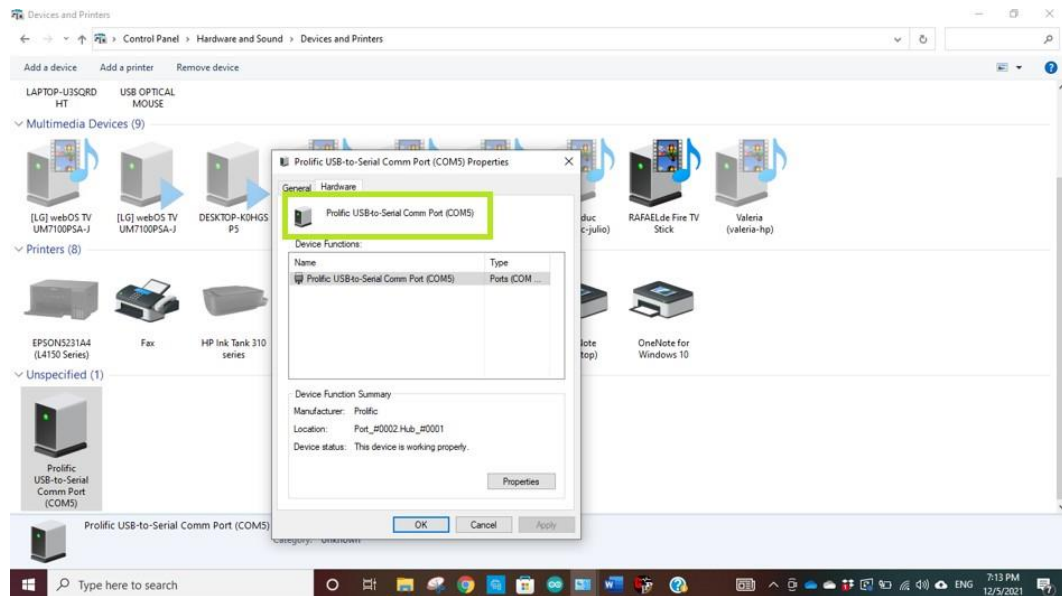


Figura 32 Propiedades del puerto

- Cuando ya se encuentra conectado exitosamente se abre el código en el programa GX Developer como se muestra en la Figura 33 el cual se encuentra programado en lenguaje tipo escalera como se mencionó anteriormente.



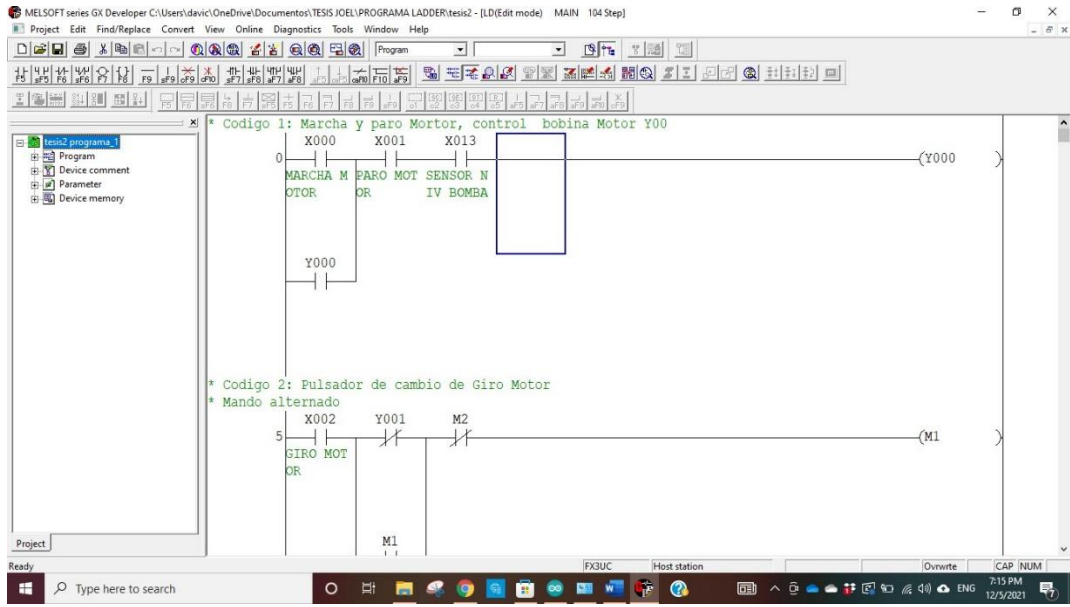


Figura 33 Programa para subir a PLC

- Dentro de la interfaz del programa se dirige a la pestaña *Menú* y se selecciona *Transfer setup* como se indica en la Figura 34.

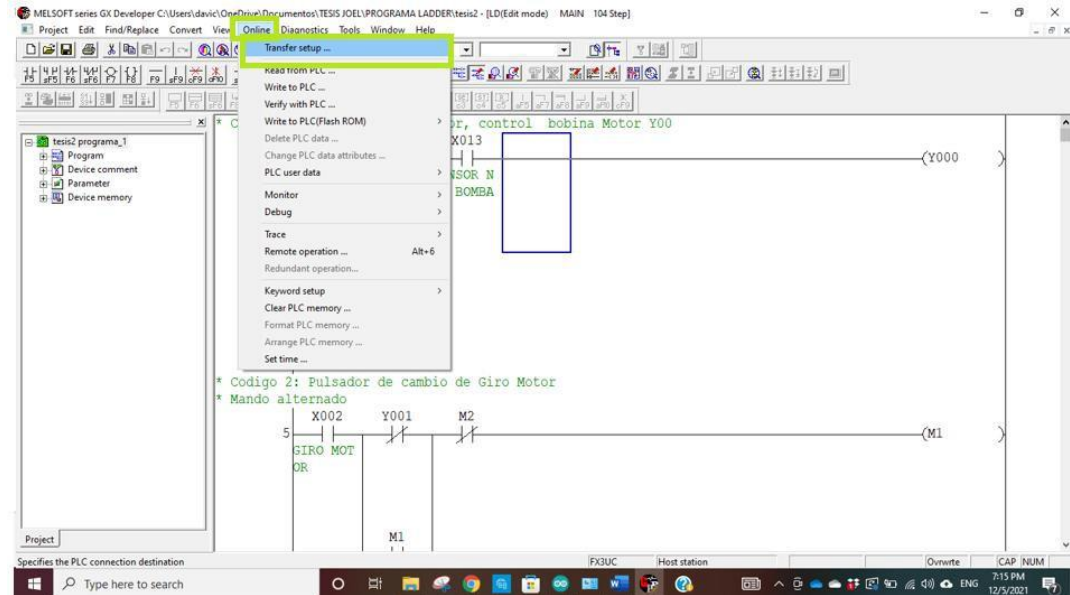


Figura 34 Transferencia de programa

- Se abre una ventana nueva como se indica en la Figura 35 en la primera fila con nombre *PC side IF* se da doble click en *Serial* y se genera una nueva ventana pequeña; en esta

nueva ventana se escoge en la lista expandible *COM port* que es el puerto *COM5* encontrado anteriormente en el panel de control, además se selecciona la velocidad de transmisión requerida para el PLC en la opción *Transmission speed*, la velocidad que se usará es de 38400 baudios o 38.4 kbps.

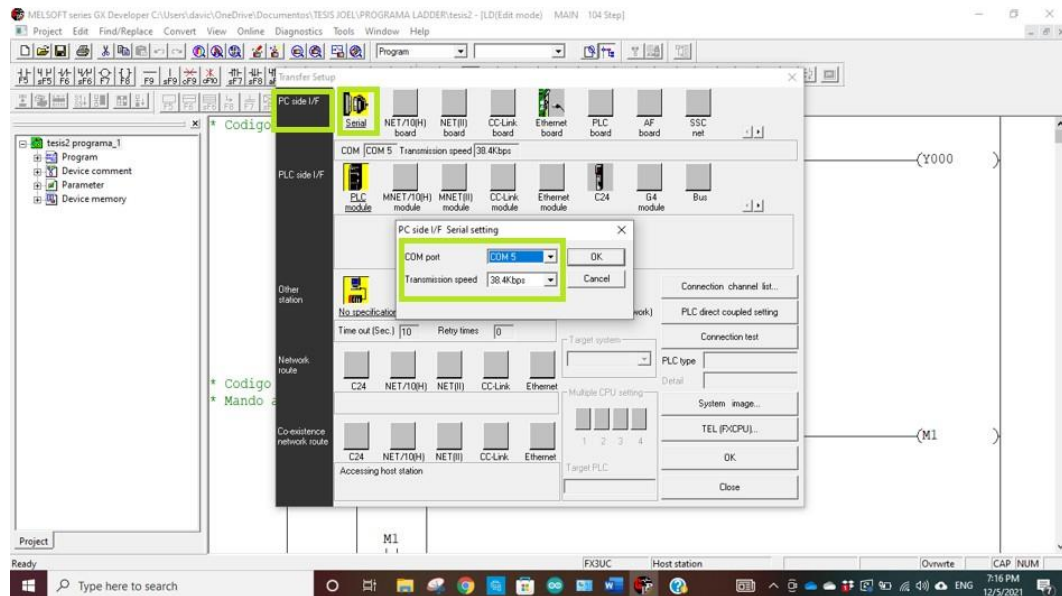


Figura 35 Configuración de velocidad de subida

- Al tener la velocidad designada se da click en *Connection test*, saldrá un mensaje de conexión exitosa con el PLC como se muestra en la Figura 36; en caso que exista un error se debe verificar los pasos anteriores.

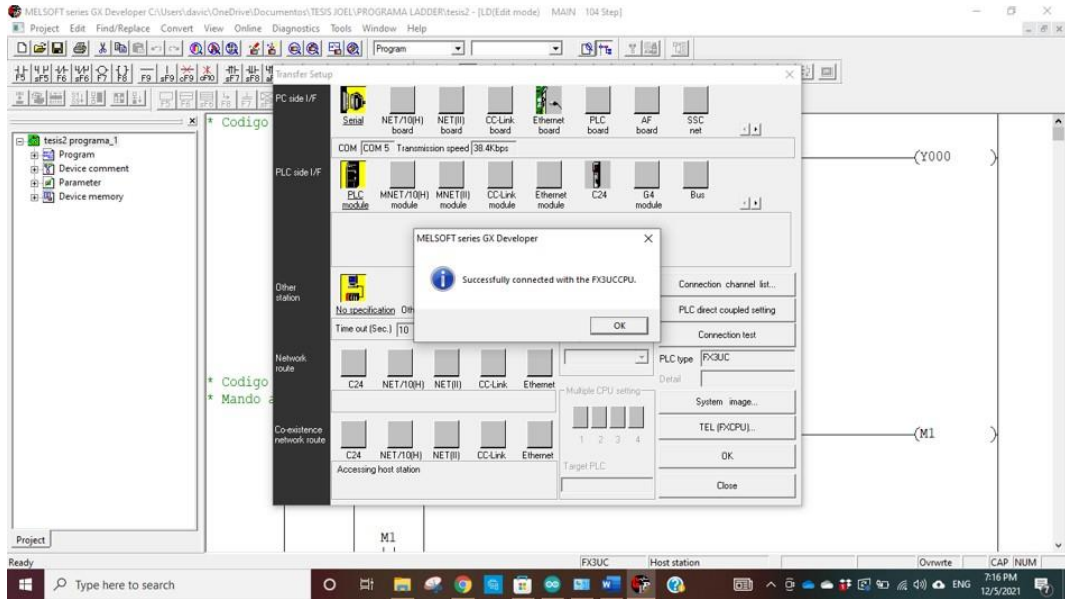


Figura 36 Verificación de la conexión

- Al tener una conexión exitosa se compila el código de programación dirigiéndose a la pestaña *Online* y dando doble click en la opción *Write to PLC* como se indica en la Figura 37.

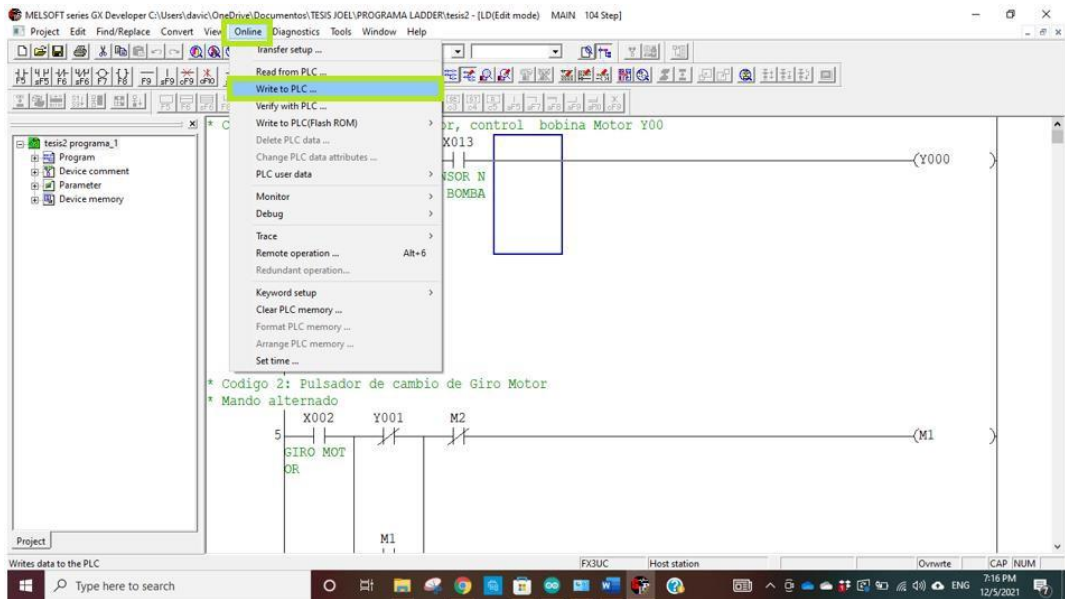


Figura 37 Compilación del código



- En la nueva pestaña que se abre la cual se muestra en la Figura 38 se verifica que la conexión de interface se encuentre en COM5, se debe seleccionar la pestaña *Program* y *MAIN*, seguido de eso se da click en *Execute*.

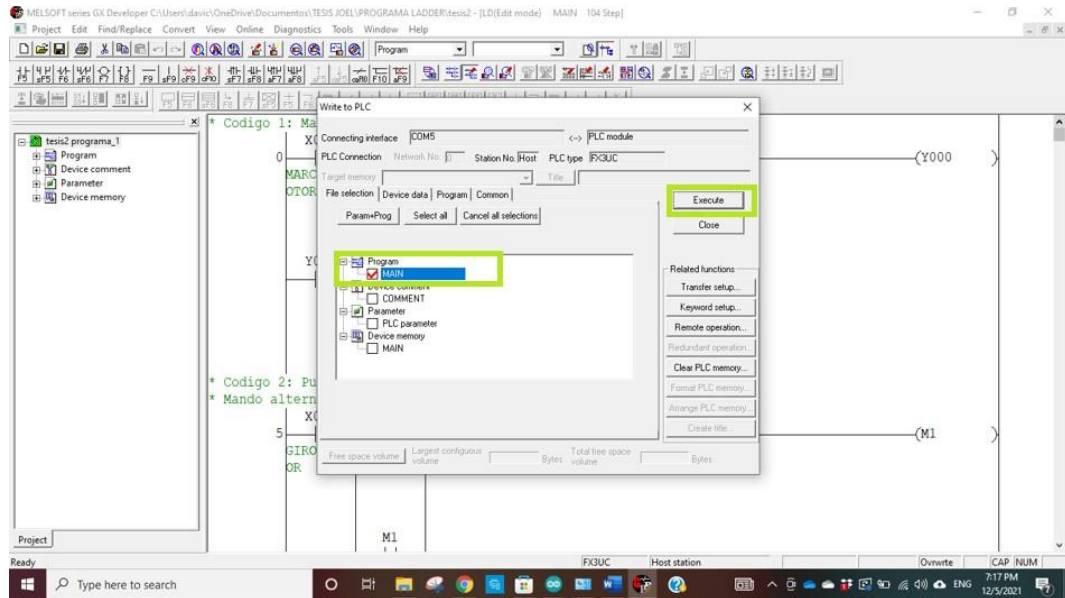


Figura 38 Ejecución del programa

- Se despliega una nueva ventana mostrada en la Figura 39 donde se confirmará la subida de la programación y selecciona la opción *Yes*.

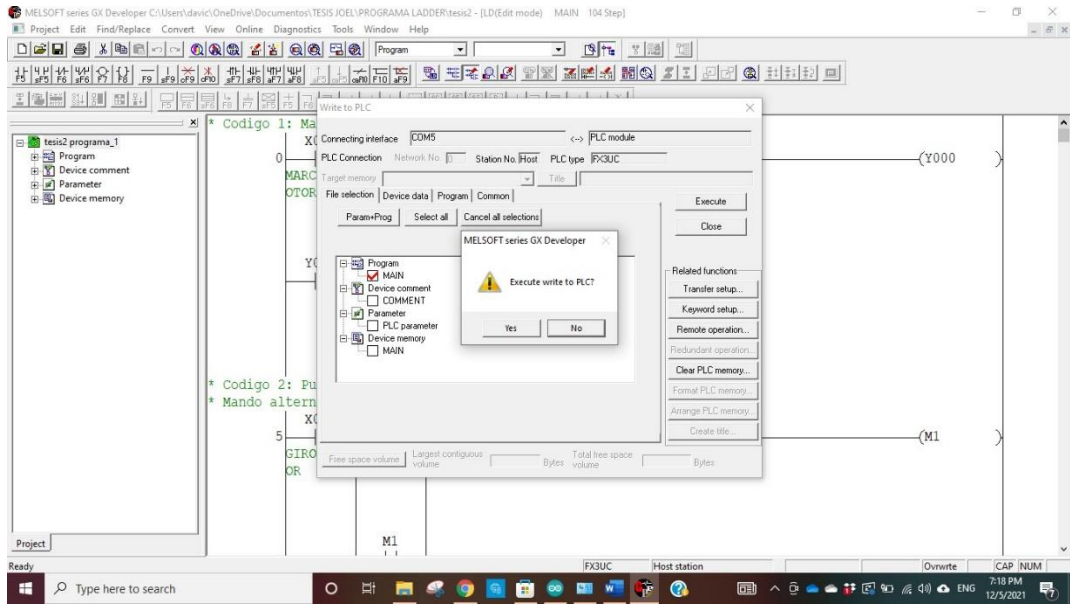


Figura 39 Confirmación de la subida

- Si se muestra una advertencia como la de la Figura 40 se debe colocar el PLC en modo *Escritura*, este modo se coloca moviendo un *Switch* como se muestra a continuación; cuando la luz indicadora de *Run* se encuentra apagada el PLC estará en modo escritura y se podrá compilar el programa desde el computador.



Figura 40 Modo escritura PLC

- Al tener el PLC en modo escritura se regresa al computador y se verifica que la barra de porcentaje mostrada en la Figura 41 se suba el programa.

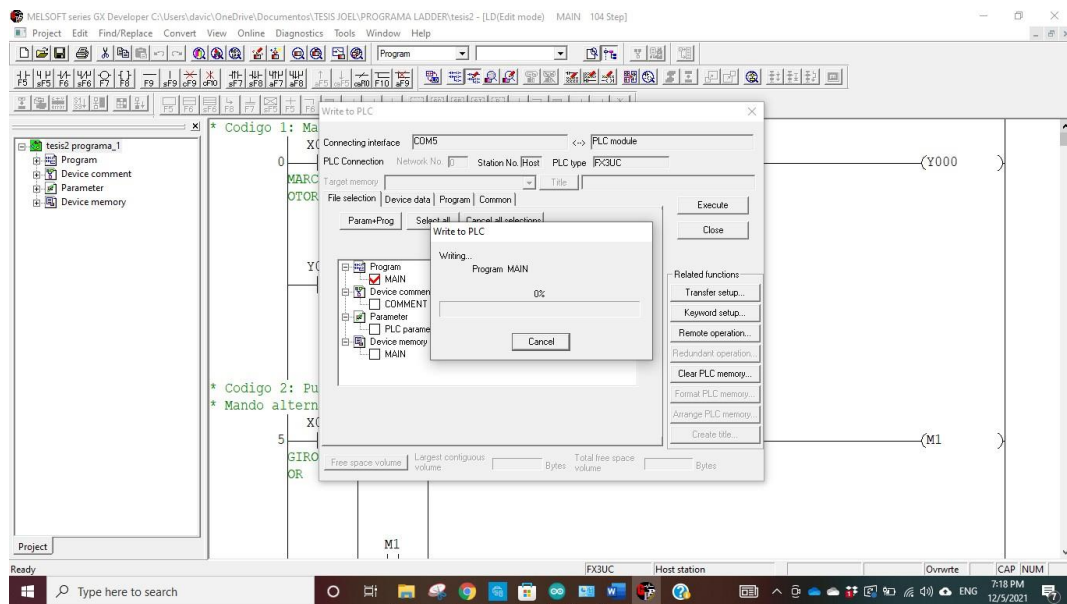


Figura 41 Barra de subida del programa

- Una vez compilado el programa al PLC se coloca el PLC en modo *Run* se verifica que la luz indicadora este activada como se muestra en la Figura 42, después se verifica que los pulsadores y el funcionamiento de los equipos sea el programado y funcione adecuadamente.

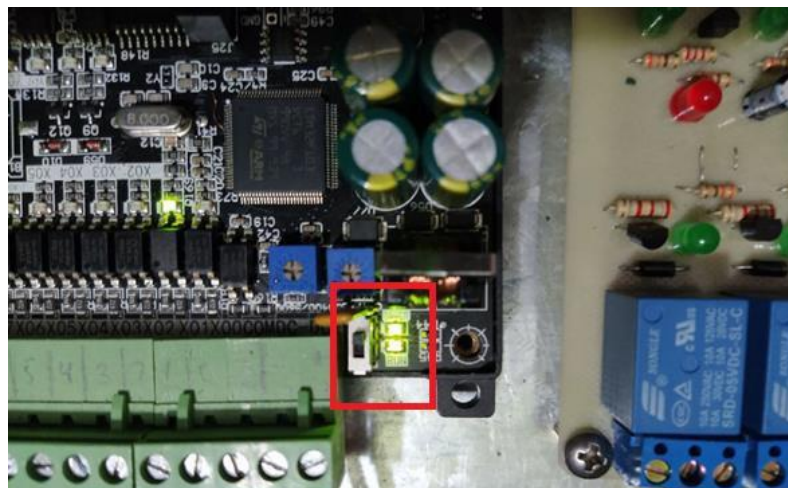
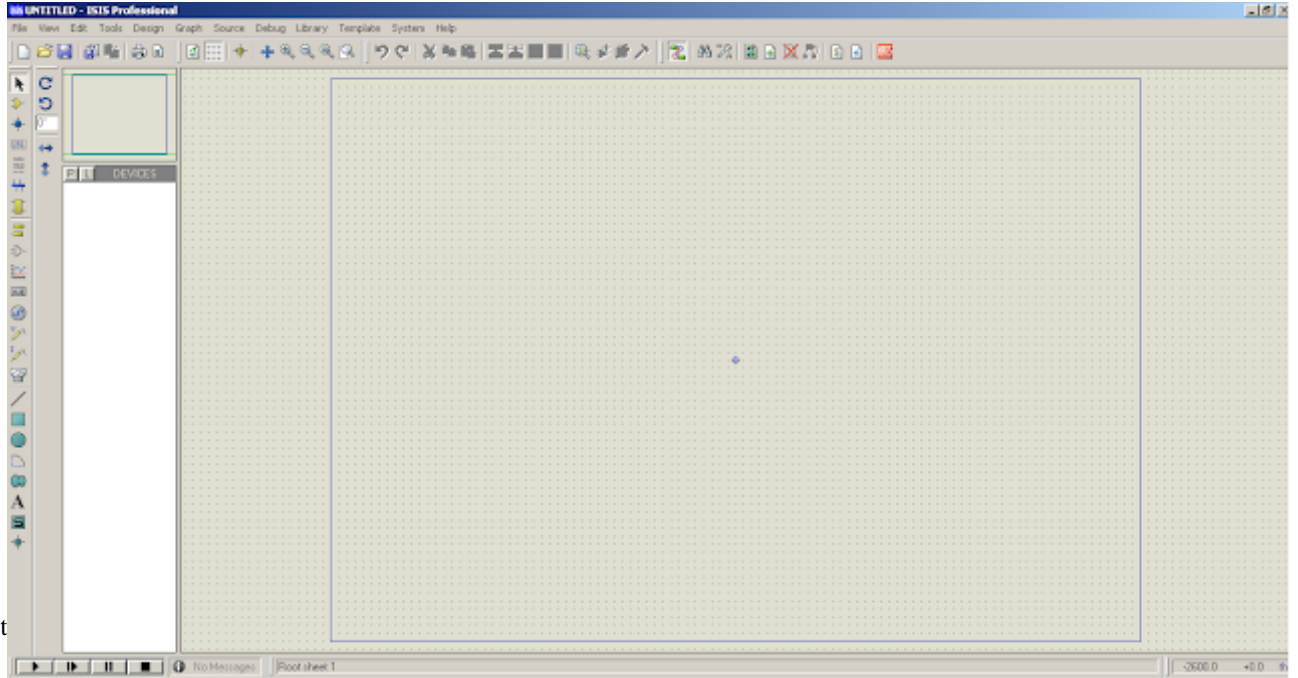


Figura 42 Modo Run PLC

### 3.1.4 Programación de luces indicadoras

#### 3.1.4.1 Programa Proteus

En Proteus mostrado la interfaz en la Figura 43 es posible realizar simulaciones de circuitos electrónicos, además tiene la flexibilidad para el diseño de PCB; de igual forma se utiliza para simular circuitos para lo cual se descargan las librerías correspondientes. [21]



Para ello primero se han definido los comandos de entrada y salida como se muestra a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7 Detalle nomenclatura para de la programación

<b>Código</b>	<b>Denominación</b>	<b>Función</b>
PC1	Pulsador normalmente cerrado	Paro de emergencia
SL1	Selector de 2 posiciones	Energización Motor
SL2	Selector de 2 posiciones	Energización Bomba
LI1	Luz indicadora 1	Paro de emergencia
LI3	Luz indicadora 3	Motor

<b>Código</b>	<b>Denominación</b>	<b>Función</b>
LI4	Luz indicadora 4	Bomba
SL3	Selector de 2 posiciones	Manual/Automático
PA1	Pulsador normalmente abierto	Marcha motor
PC2	Pulsador normalmente cerrado	Paro motor
PA2	Pulsador normalmente abierto	Marcha bomba
PC3	Pulsador normalmente cerrado	Paro bomba
PA3	Pulsador normalmente abierto	Inversión de giro motor
PA4	Pulsador normalmente abierto	Bajo motor
PA5	Pulsador normalmente abierto	Media motor
PA6	Pulsador normalmente abierto	Alto motor
PA7	Pulsador normalmente abierto	Bajo bomba
PA8	Pulsador normalmente abierto	Medio bomba
PA9	Pulsador normalmente abierto	Alto bomba
SN1	Sensor de nivel de agua	Enviar señal de nivel de agua bajo
PT1	Potenciómetro motor	B-A motor
PT2	Potenciómetro bomba	B-A bomba

Además, en el programa proteus se realiza la simulación de la placa de relés como se muestra a continuación en la Figura 44.



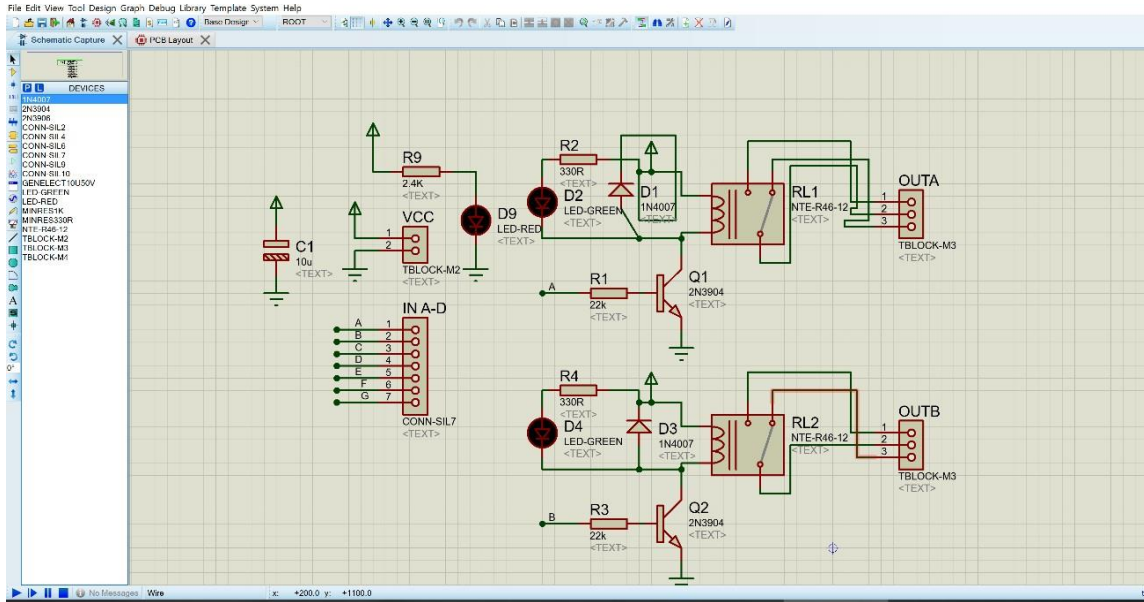


Figura 44 Diagrama de relés en proteus

### 3.1.5 Prueba en protoboard

Antes de realizar la instalación de todo el circuito se realiza una prueba en un protoboard como se muestra en la Figura 45 a continuación, en estas pruebas se observa que no exista fallos para no dañar los demás componentes.

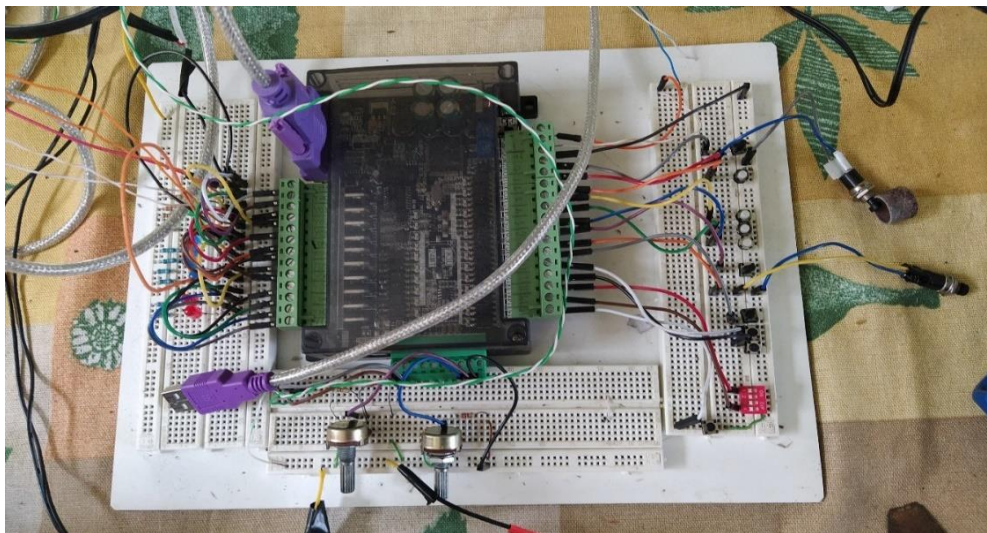


Figura 45 Circuito en el protoboard

### 3.1.6 Tablero de control

El tablero de control tiene las dimensiones que se muestran en el ANEXO D, las mismas se encuentran en centímetros y el material del panel es metálico. En el tablero de control se montarán los componentes como el indicador de voltaje y amperaje, luces indicadoras rojas, azules, amarillas y verdes; paro de emergencia, selector de 2 posiciones, pulsador normalmente abierto verde y negro, pulsador normalmente cerrado rojo y potenciómetros; la distribución se muestra en la Figura 46.

## DISTRIBUCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

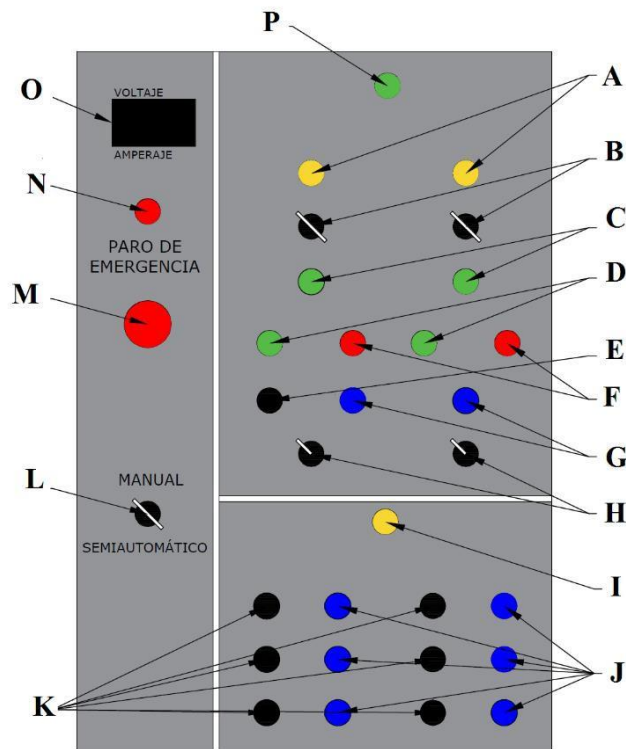


Figura 46 Distribución del tablero de control

En la Tabla 8 a continuación se indica el significado de la nomenclatura de la Figura antes presentada.

Tabla 8 Nomenclatura tablero de control

<b>Nomenclatura</b>	<b>Significado</b>
A	Luz indicadora amarilla
B	Selector 2 posiciones
C	Luz indicadora verde
D	Pulsador normalmente abierto verde
E	Pulsador normalmente abierto negro
F	Pulsador normalmente cerrado rojo
G	Luz indicadora azul
H	Potenciómetro
I	Luz indicadora amarilla
J	Luz indicadora azul
K	Pulsador normalmente abierto negro
L	Selector dos posiciones
M	Paro de emergencia
N	Luz indicadora roja
O	Indicador de voltaje y amperaje
P	Luz indicadora verde

A continuación, en la Figura 47 se muestra en el panel del tablero de control la distribución donde se encuentra el control manual tanto del motor como de la bomba, de igual forma el control semiautomático de los mismos componentes.



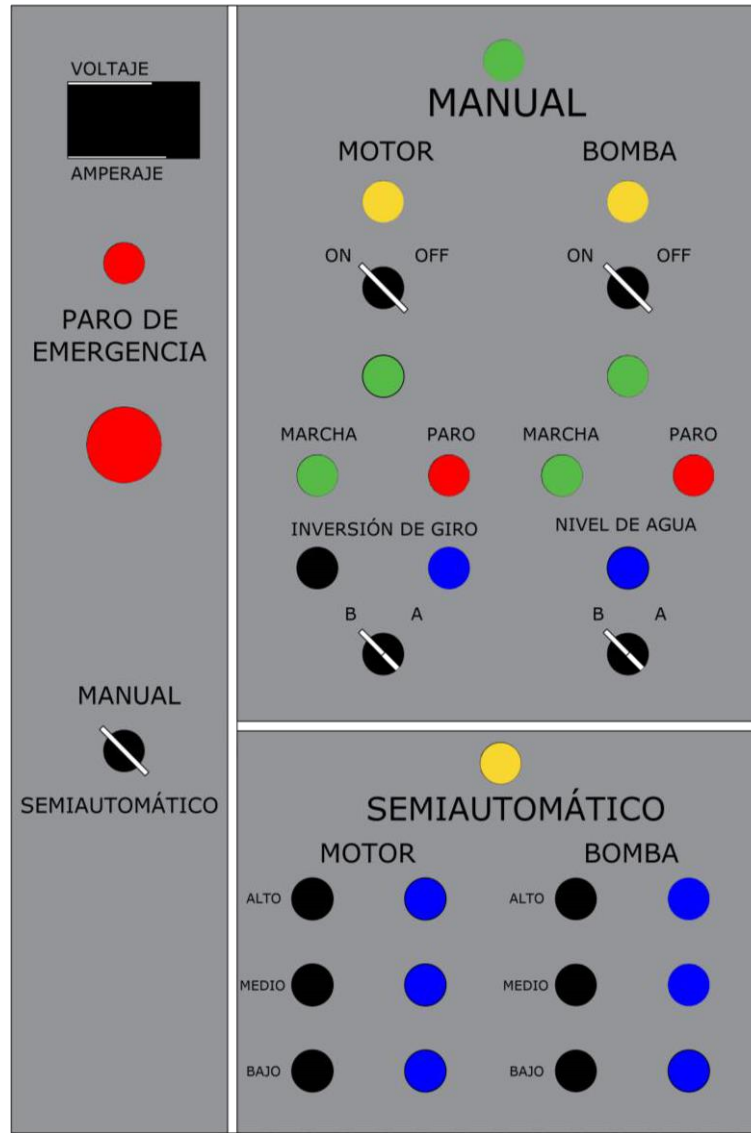


Figura 47 Tablero de control

En la Tabla 9 se muestra como está conectado la etiqueta en el tablero de control con la función cumple cada una.

Tabla 9 Función de cada elemento en el tablero de control

Etiqueta tablero de control	Función
Paro de emergencia (pulsador)	Al pulsar el paro de emergencia corta el flujo en el contactor general del tablero.

<b>Etiqueta tablero de control</b>	<b>Función</b>
Motor (selector)	Al posicionar en ON se energizará el motor.
Bomba (selector)	Al posicionar en ON se energizará la bomba.
Paro de emergencia (luz roja)	Al pulsar el paro de emergencia la luz indicadora se enciende.
Motor (luz amarilla)	Al energizar el motor se enciende la luz indicadora.
Bomba (luz amarilla)	Al energizar la bomba se enciende la luz indicadora.
Manual/Automático (selector)	Activa o desactiva el modo manual o automático.
Marcha motor (pulsador)	Enciende el motor de los rodillos, por medio de control al variador.
Paro motor (pulsador)	Detiene el motor de los rodillos por medio de control al variador.
Marcha bomba (pulsador)	Enciende la bomba de agua por medio de control al variador.
Paro bomba (pulsador)	Detiene la bomba de agua por medio de control al variador.
Inversión de giro motor (pulsador)	Activa la inversión de giro del motor de los rodillos por medio de control al variador.
Bajo motor (pulsador)	Se codifica el variador para regular las revoluciones del motor.
Media motor (pulsador)	Se codifica el variador para regular las revoluciones del motor.
Alto motor (pulsador)	Se codifica el variador para regular las revoluciones del motor.
Bajo bomba (pulsador)	Se codifica el variador para regular las revoluciones de la bomba.
Medio bomba (pulsador)	Se codifica el variador para regular las revoluciones de la bomba.

<b>Etiqueta tablero de control</b>	<b>Función</b>
Alto bomba (pulsador)	Se codifica el variador para regular las revoluciones de la bomba.
Sensor de nivel de agua (luz)	Al activarse debe detenerse el motor y la bomba por medio del variador.
B-A motor (potenciómetro)	El potenciómetro ayuda a regular la frecuencia en el variador del motor.
B-A bomba (potenciómetro)	El potenciómetro ayuda a regular la frecuencia en el variador de la bomba.

Al comprobar que el sistema se encuentra funcionando acorde a lo requerido con la programación, se prepara el tablero de control, primero se realizan las divisiones en el tablero como se muestra en la Figura 48.



Figura 48 Dimensionamiento del tablero de control

En referencia al ANEXO E se realizan los orificios para los pulsadores, selectores de dos y tres posiciones, paro de emergencia y las luces indicadoras como se muestra en la Figura 49.



Figura 49 Perforación de agujeros en el tablero de control

Al tener todas las perforaciones en el tablero de control se colocan los botones de control y las luces correspondientes como se muestra en la Figura 50 y teniendo como resultado la Figura 51.



Figura 50 Colocación de botones de control y luces indicadoras



Figura 51 Tablero de control

Al tener definido las entradas, se procede a implementar los componentes eléctricos y electrónicos dentro del tablero como se muestra en la Figura 52.



Figura 52 Acople componentes eléctricos y electrónicos

Al tener instalados los componentes con la ayuda de los planos se coloca el cableado eléctrico dando como resultado el tablero de control acabado como se indica en la Figura 53 y 54.



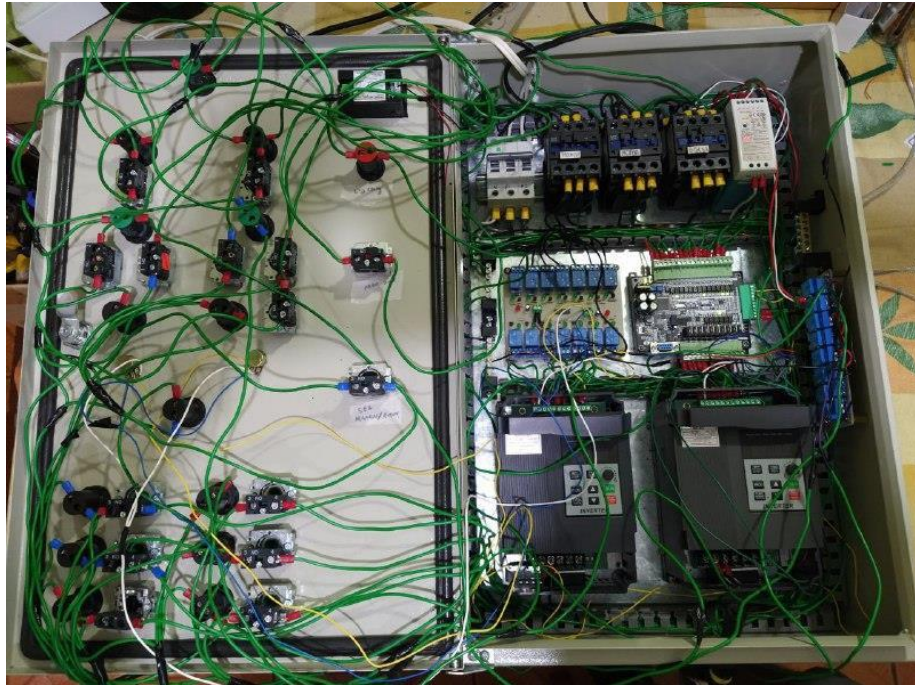


Figura 53 Cableado en el tablero de control

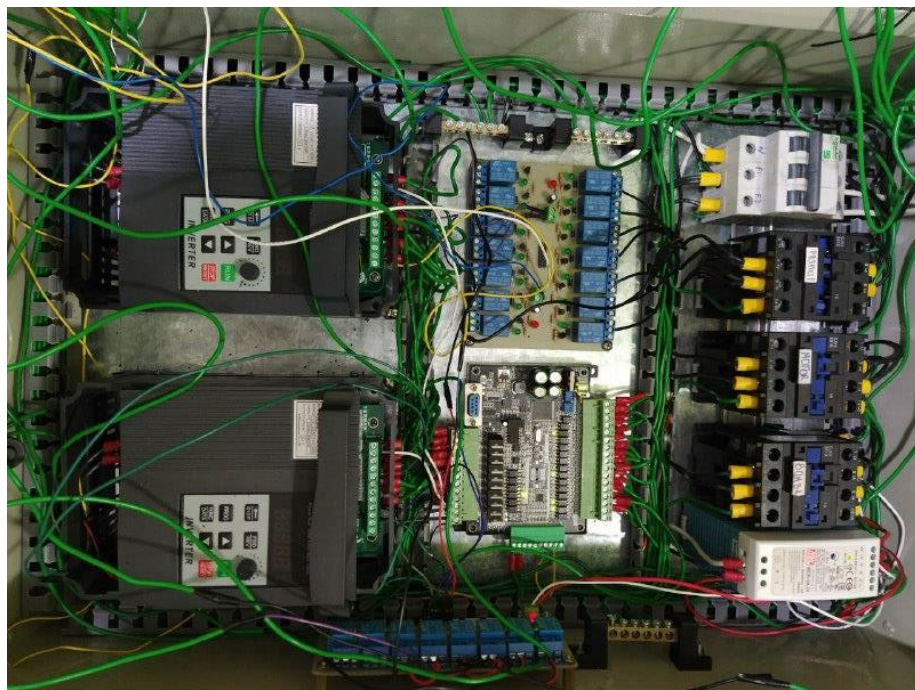


Figura 54 Cableado de los componentes

Cuando se tiene todos los cables conectados se realizan pruebas de energización en el cableado como se muestra en la Figura 55 a continuación.



Figura 55 Comprobación de energía en el tablero de control

Al comprobar el cableado se realiza la protección de los cables y tapar las canaletas como se muestra en la Figura 56.

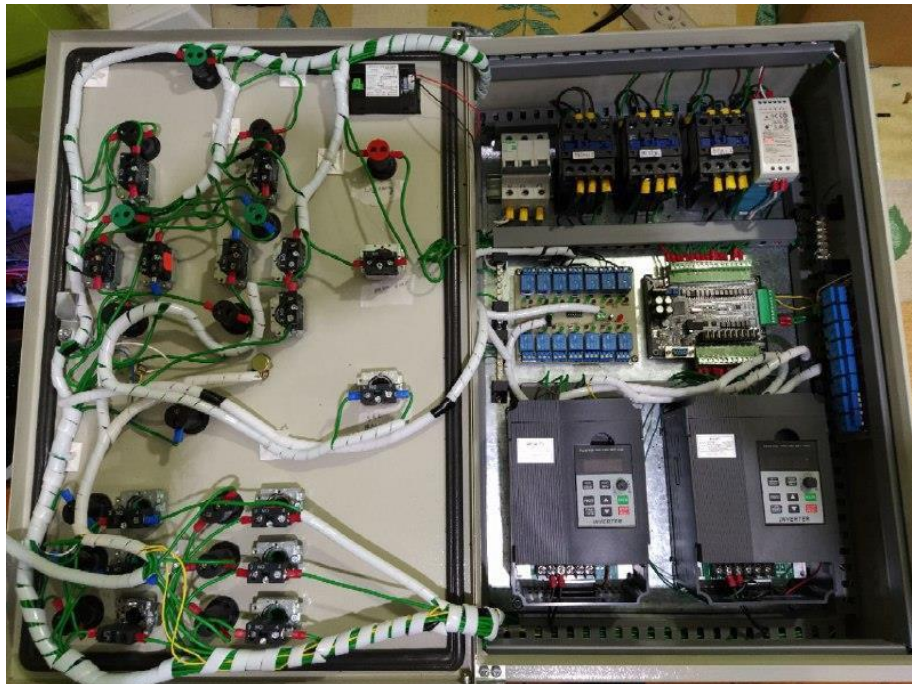


Figura 56 Protección de cables y canaletas



En la parte externa del tablero de control se procede a etiquetar los mandos que tendrá como se muestra en la Figura 57, teniendo como resultado el tablero completamente rotulado como en la Figura 58 en base a la Figura 47.



Figura 57 Rotulación tablero de control



Figura 58 Tablero de control rotulado



### 3.1.3 Adaptación del tablero de control a la máquina lavadora de naranjilla

Al tener el tablero de control verificado la energización y rotulado correctamente, se traslada al sitio donde se encuentra la máquina lavadora de naranjilla y se coloca como se indica en la Figura 59.



Figura 59 Ubicación del tablero de control en la bodega

Al tener fijo el tablero de control, se procede a conectar el motor y la bomba como se muestra en la Figura 60 para comenzar con el funcionamiento.



Figura 60 Conexión máquina-tablero de control

### 3.1.4 Funcionamiento de la máquina con el tablero de control

Al tener lista las instalaciones, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento las cuales se muestran en el ANEXO C desde que se receipta la fruta, la limpieza y la recolección de la

fruta limpia, de estas pruebas de funcionamiento se tomaron datos que se muestran a continuación.

### ***Frecuencia vs RPM (Motor)***

Al tener el variador de frecuencia del motor con un rango de 0-65 Hz y variándolo para el funcionamiento se obtiene las revoluciones indicadas en la Tabla 10, accionando de esa forma los rodillos en la máquina.

Tabla 10 Frecuencia - RPM (Motor)

<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>RPM (MOTOR)</b>
0-24,9	Desactivado
25	18
35	29
45	38
55	47
65	55

En la Figura 61 se indica la línea azul de tendencia de funcionamiento referente a la variación de la frecuencia en el variador de frecuencia; además se divide en tres funcionamientos definidos por el usuario que en bajo trabaja de 0 a 25 Hz y el lavado se realiza en 26 segundos; en el funcionamiento medio trabaja de 25,1 Hz a 45 Hz y el lavado se realiza en 17 segundos, finalmente el funcionamiento alto es una frecuencia de 45,1 a 65 Hz y el lavado se tiene en 12 segundos.

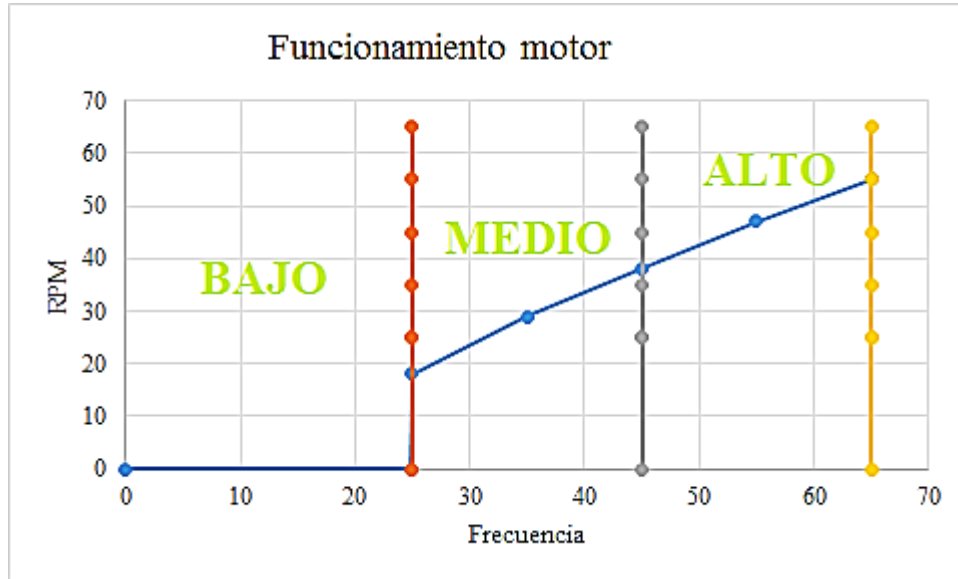


Figura 61 Funcionamiento motor

### ***Frecuencia vs RPM (Bomba)***

El variador de frecuencia de la bomba de igual manera con un rango de 0-65 Hz variándolo se toman los datos mostrados en la Tabla 11, esta bomba envía el agua a los aspersores para realizar el lavado de la naranjilla.

Tabla 11 Frecuencia – l/min (Bomba)

<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>l/min (BOMBA)</b>
0-24,9	Desactivado
25	30,47
35	41,49
45	51,32
55	69,64
65	81,25

Al tener el comportamiento de la bomba variando las frecuencias acorde a la tabla mencionada anteriormente, se muestra la línea de tendencia en la Figura 62, en la cual se muestra los tres niveles de funcionamiento definidos bajo, medio y alto en los cuales hace referencia a que

trabaja de 0 a 25 Hz y el lavado se realiza en 26 segundos; en el funcionamiento medio trabaja de 25,1 Hz a 45 Hz y el lavado se realiza en 17 segundos, finalmente el funcionamiento alto es una frecuencia de 45,1 a 65 Hz y el lavado se tiene en 12 segundos.

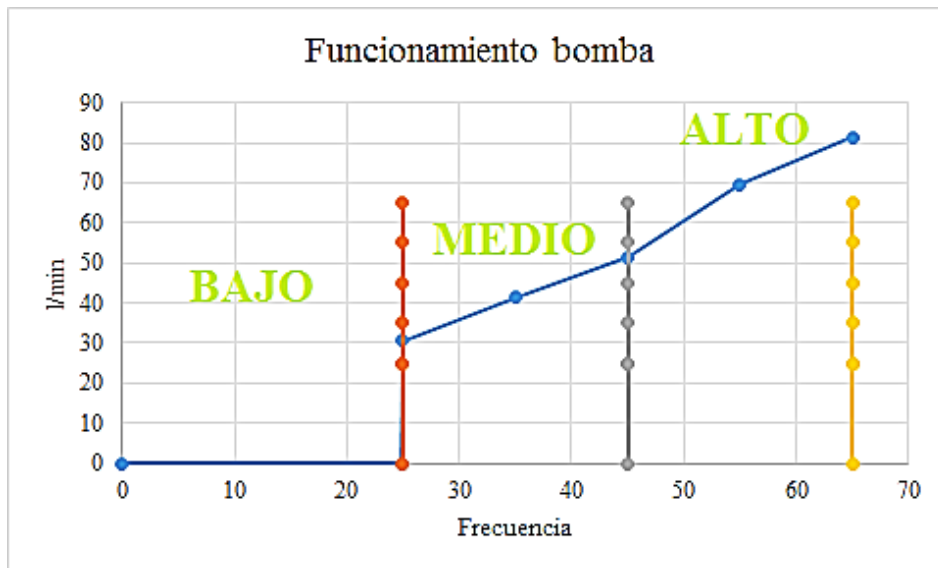


Figura 62 Funcionamiento bomba

Una vez acabado las instalaciones y comprobar que funcione cumpliendo los requerimientos se entrega al operario indicando el funcionamiento y se adjunta un manual el cual se muestra en el ANEXO F, además de ello en el ANEXO G se adjunta el certificado del Gobierno Descentralizado de Pastaza de haber entregado la máquina y en el ANEXO H la asistencia de los operarios a la capacitación sobre el funcionamiento.

Después de obtener los resultados automatizados se realiza una comparación de tiempos de lavado con el proceso manual y el nuevo proceso, los datos comparativos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12 Comparativa tiempo - lavado manual y automatizado

	<b>Tiempo manual</b>	<b>Tiempo automatizado</b>
50 kg de naranjilla	3 min (1 persona)	26 segundos (Velocidad mínima)
50 kg de naranjilla	2 min ( 2 personas)	17 segundos (Velocidad media)
50 kg de naranjilla	1 min (3 personas)	12 segundos (Velocidad máxima)

Se observa que el tiempo ha mejorado significativamente, considerando también que la máquina tiene una mayor capacidad que puede llegar hasta los 300 kg con el mismo tiempo que se indica en la tabla.

También se realiza la comparación entre la cantidad de agua que se ocupa en el lavado manual de la fruta y el lavado de la máquina, los datos se observan en la Tabla 13.

Tabla 13 Comparativa cantidad de agua- proceso manual y automatizado

50 kg de naranjilla	<b>Cantidad de agua (gaveta)</b>	<b>Cantidad de agua (máquina)</b>
50 kg de naranjilla	1 persona (68 litros)	Velocidad máxima (30 litros)
50 kg de naranjilla	2 personas (136 litros)	Velocidad media (51 litros)
50 kg de naranjilla	3 personas (204 litros)	Velocidad mínima (81 litros)

Se observa que la cantidad de agua al lavar la fruta en la máquina es menos debido a que cuando se realiza el proceso manual el agua se desperdicia en las gavetas, mientras que la automatización permite que el agua recircule y con menos agua debido a la presión de los aspersores se lava mayor cantidad de fruta.

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- El proceso de lavado de naranjilla actual en el Gobierno Descentralizado de la Provincia de Pastaza se lo realizaba en tanques de agua y con presión de manguera, lo cual es un método que desperdicia el agua; además no cuentan con una máquina que les ayude debido a que no cuenta con las seguridades necesarias para el proceso y podría ocasionar accidentes; después de automatizar la máquina para el lavado se logró controlar las cantidades de agua y los tiempos de lavado provocando así el ahorro de agua y energía.
- El sistema de control aplicable para la máquina lavadora de naranjilla es de lazo abierto utilizando en este caso PLC, variadores de frecuencia, sensor de nivel de agua y placa de relés con los cuales se logró realizar un panel de control en el cual se controla el motor de los rodillos y la bomba que manda agua a los aspersores logrando así optimizar el proceso de lavado. Se considera un sistema abierto debido a que el control de la velloidad y suciedad en la fruta la verifica el operario de forma visual.
- Al analizar una máquina se encuentran variables de entrada y de salida las cuales son de ayuda para seleccionar los elementos necesarios para la automatización y también que controlador se utilizará para que funcionen adecuadamente, en la máquina lavadora de naranjilla se utilizaron paros de emergencia, potenciómetros, pulsadores con luces indicadoras y selectores de dos posiciones, para que el operario escoja entre el funcionamiento manual y semiautomático de la máquina, controlado la presión del agua en un rango de 30.47 l/min a 81.25 l/min; mientras que la velocidad de rodillos en un rango de 18 rpm a 55 rpm.
- Las pruebas de funcionamiento se realizan una vez que estén comprobadas las señales mediante simulación y también en físico, se realiza las pruebas para evitar que en el funcionamiento existan paros inoportunos provocando pérdidas de tiempo y de producción, en este caso con las pruebas de funcionamiento se verifica que la fruta salga

bien lavada dependiendo la selección del usuario con bajo, medio y alto variando la frecuencia en el motor y la bomba teniendo tiempos de lavado de 26, 17 y 12 segundos en cada caso.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un proyecto en el que se implemente un sistema de control de lazo cerrado para cubrir la necesidad de que el operario de forma visual evalúe la vellosidad y la suciedad de la fruta en el proceso; con esto se obtendrá la total automatización de la máquina lavadora de naranjilla
- Antes de realizar automatización en una máquina realizar un mantenimiento previo a todos los componentes y verificar el estado inicial en cuanto a funcionamiento.
- Realizar esquemas antes de comprar materiales para la automatización.
- Evaluar las entradas y salidas antes de escoger un tipo de controlador.
- Leer bien los planos de control y potencia para realizar las conexiones de cableado.
- Seguir el manual de funcionamiento para evitar fallos en las operaciones.
- Dar mantenimiento constante a la máquina y verificar si los tiempos de lavado se están cumpliendo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] EVELO, E. Pérez y V.Maila, Manual guía de capacitación del cultivo de naranjilla, Quito, 2005.
- [2] J.Y.V.P. Revelo, Manual técnico de cultivo de Naranjilla, Quito, 2008.
- [3] A. Flores, Diseño y construcción de una máquina lavadora de naranjilla de 55 kg de capacidad para la asociación de naranjilla y frutales amazónico Murialdo, Ambato, 2018.
- [4] P. Estrada, Exportación de Naranjilla Liofilizada para el mercado brasilero, Quito, 2009.
- [5] Guano, E., Herrera, B., Rivera, A., Sanchez, G. and Toapanta, J., 2014. Cultivo de la naranjilla en el Ecuador.
- [6] NTE INEN 2 303:3009, vol. N°1, Quito: INEN, 2009.
- [7] D. Chicaiza, “Diseño de una máquina lavadora de frutas”, Ingeniero Mecánico Universidad de las Fuerzas Armadas, 2007.
- [8] NTE INEN 2687:2013, vol, N°1, Quito, INEN, 2013.
- [9] M. Pérez, A. Pérez Hidalgo y E. Pérez Berenguer, Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo, 1st Ed. San Juan, 2007, pp.11-16.
- [10] I. ANDES, “PLC FX3U-24MT-6AD-2DA-Industriales Andes SAS”, Industriales Andes SAS, 2021. [En línea]. Fuente: <https://industrialesandes.co/plc/106-plc-fx3u-24mt-6ad-2da.html>. [Acceso: 08/12/2021]
- [11] "Sensor Flotante de Nivel para Líquidos Magnético NA ON / OFF", MaxElectrónica, 2021. [En línea]. Fuente: <https://maxelectronica.cl/magneticos/249-sensor-flotante-de-nivel-para-liquidos-magnetico-na-onoff.html>. [Acceso: 08 de diciembre de 2021].
- [12] Sensor Flotador Nivel De Agua Interruptor On Off - U\$S 6,99", Artículo.mercadolibre.com.ec,2021.[Enlínea].Fuente:<https://articulo.mercadolibre.com.ec/ME>



C-502783101-sensor-flotador-nivel-de-agua-interruptor-on-off\_JM#position=1&search\_layout=stack&type=item&tracking\_id=f740fc73-ef94-43e3-87e0-494c8522778f. [Acceso: 08/12/2021].

[13] Catálogo técnico alta eficiencia motores trifásicos LV, 2nd ed. Alemania: Lafert S.p.A, 2009, p.40.

[14] "VFD - Conversor inversor CoolClassic XSY-AT1 2,2 KW 3 HP 220 V 12 A", Amazon.es, 2021. [En línea]. Fuente: <https://www.amazon.es/VFD-Convertidor-inversor-CoolClassic-ZW-AT1/dp/B07K7BMNDM>. [Acceso: 08/12/2021].

[15] Tablero Placas de relés - 12V Placa de módulo de relé PBC Relay 16 Channel Controller RS485 Relay Dimmer Switch", Amazon.es, 2021. [En línea]. Fuente: <https://www.amazon.es/Tablero-rel%C3%A9s-m%C3%B3dulo-Channel-Controller/dp/B07JKZSFBG>. [Acceso: 08/12/ 2021].

## **ANEXOS**

**ANEXO A.** Plano Diagrama de control

**ANEXO B.** Plano Diagrama de potencia

**ANEXO C.** Pruebas de campo

**ANEXO D.** Programación de la automatización de la máquina lavadora

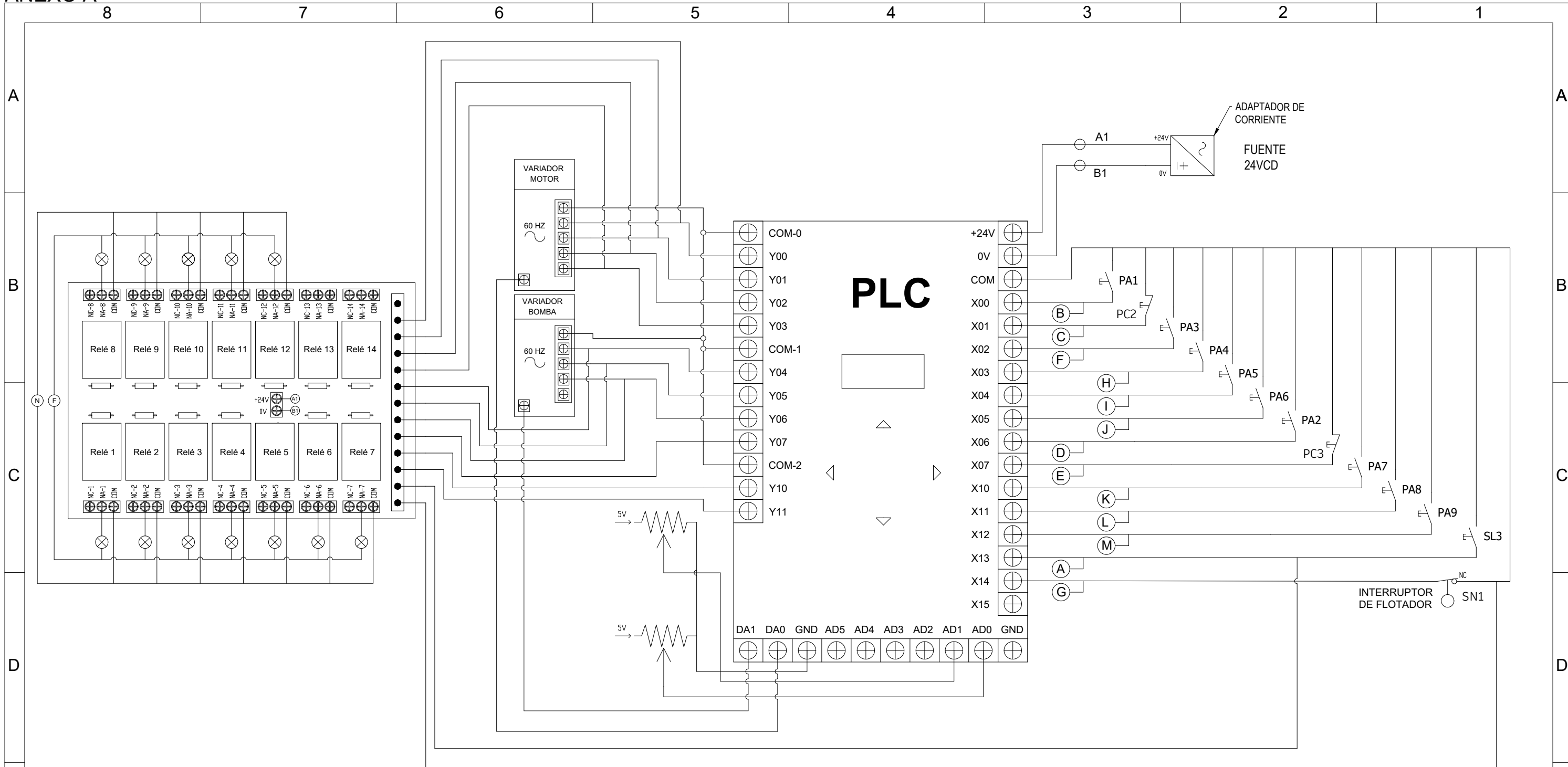
**ANEXO E.** Dimensiones tablero de control

**ANEXO F.** Manual de funcionamiento

**ANEXO G.** Certificación Gobierno Autónomo Descentralizado de Pastaza

**ANEXO H.** Hoja de asistencia capacitación de operario

ANEXO A





- |     |                            |     |                         |
|-----|----------------------------|-----|-------------------------|
| PC1 | Paro de emergencia         | PA3 | Inversión de giro motor |
| SL1 | Selector 2P motor          | PA4 | Bajo motor              |
| SL2 | Selector 2P bomba          | PA5 | Media motor             |
| SL3 | Selector Manual/Automático | PA6 | Alto motor              |
| PA1 | Marcha motor               | PA7 | Bajo bomba              |
| PC2 | Paro motor                 | PA8 | Medio bomba             |
| PA2 | Marcha bomba               | PA9 | Alto bomba              |
| PC3 | Paro bomba                 | SN1 | Nivel de agua           |

				Tolerancia:	Peso:	Material:
				Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó: 08/12/21	Joel Velastegui	Diagrama de control
				Revisó: 12/12/21	Ing. Mauricio Carrilo	
				Aprobó: 12/12/21	Ing. Mauricio Carrilo	
				<b>U.T.A.</b>		Número de lámina:
				<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>01 de 02</b>
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Registro:



## ANEXO C

Descripción	Fotografía
<p data-bbox="240 457 815 705">La fruta después de la cosecha se encuentra en las condiciones mostradas en la fotografía con pelusas y tierra, se transportan en saquillos hacia el lugar donde se encuentra la máquina.</p>	
<p data-bbox="240 877 815 1020">El operario realiza los comandos de mando en el tablero de control de acuerdo al lavado que se requiere.</p>	

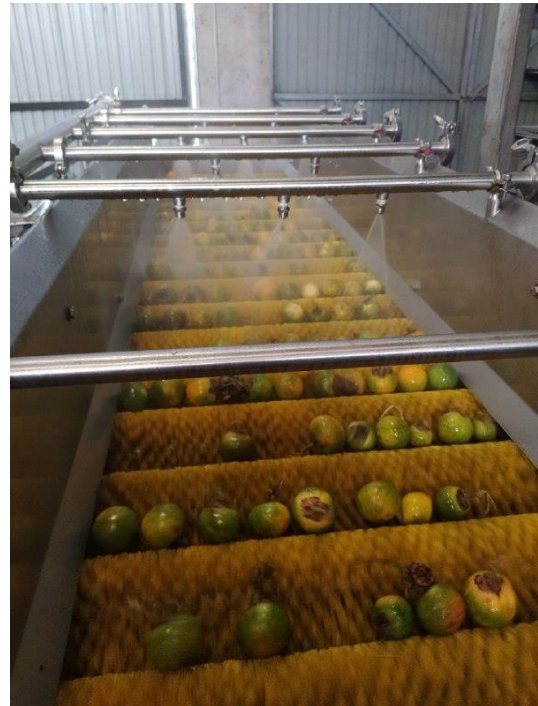
El operario procede a colocar la fruta en la máquina para iniciar con el lavado de la misma.



A medida que el operario pone la fruta los rodillos la transportan y el agua cae por los aspersores.



El lavado de la fruta se produce con la frecuencia y en los tiempos establecidos anteriormente.



Al finalizar el lavado, el operario encargado recolecta la naranjilla en los envases establecidos.





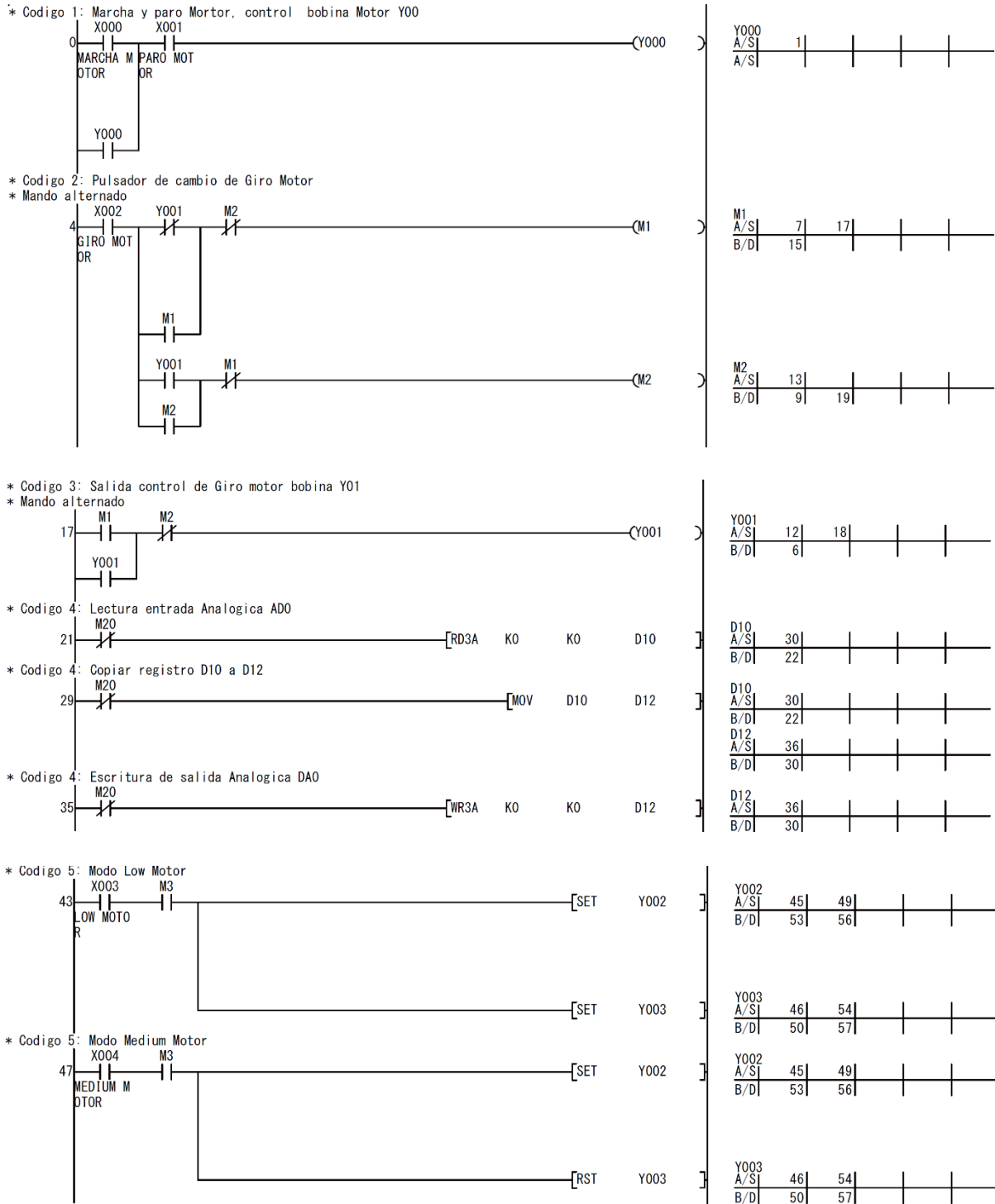
Finalmente la fruta se encuentra completamente limpia y lista para empacar.

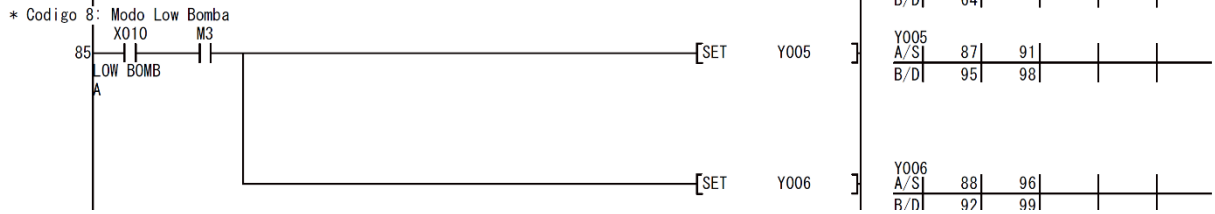
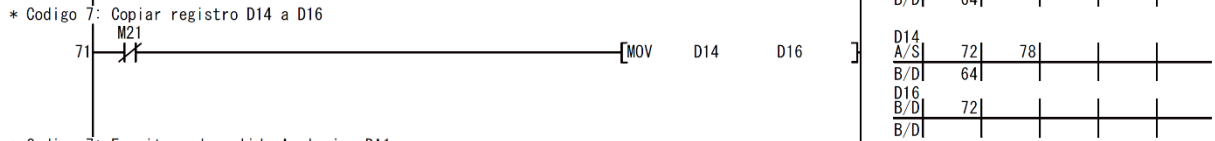
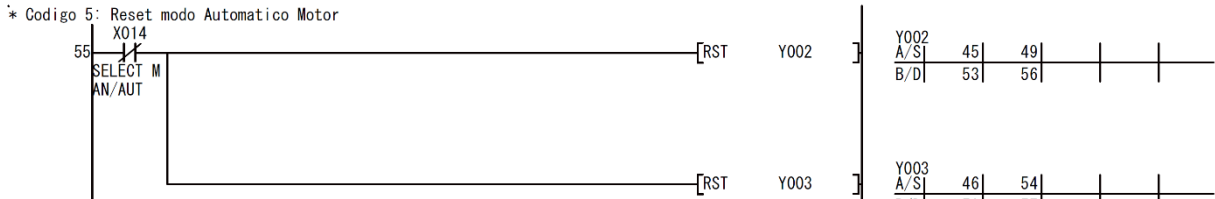
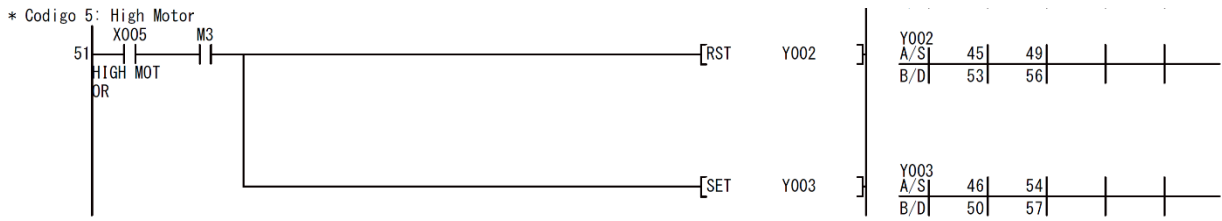


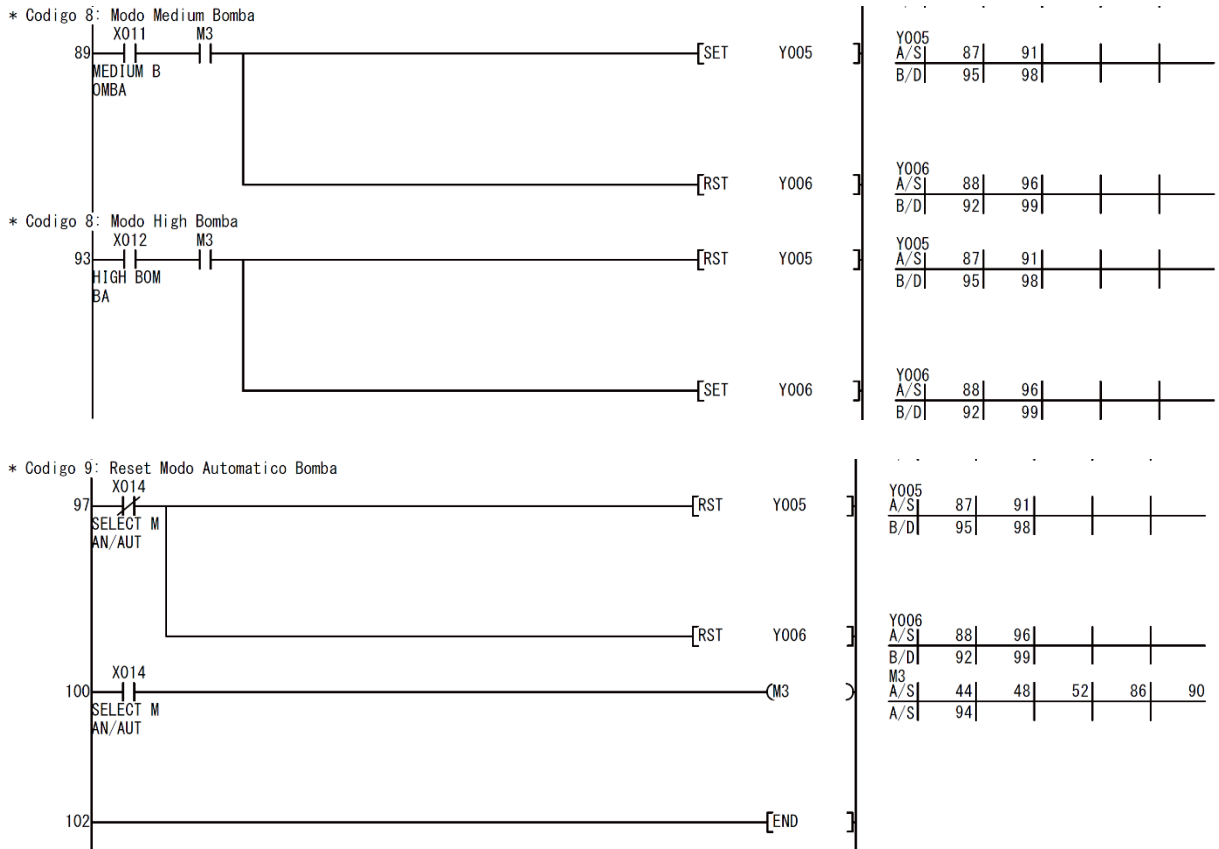
Fruta limpia.



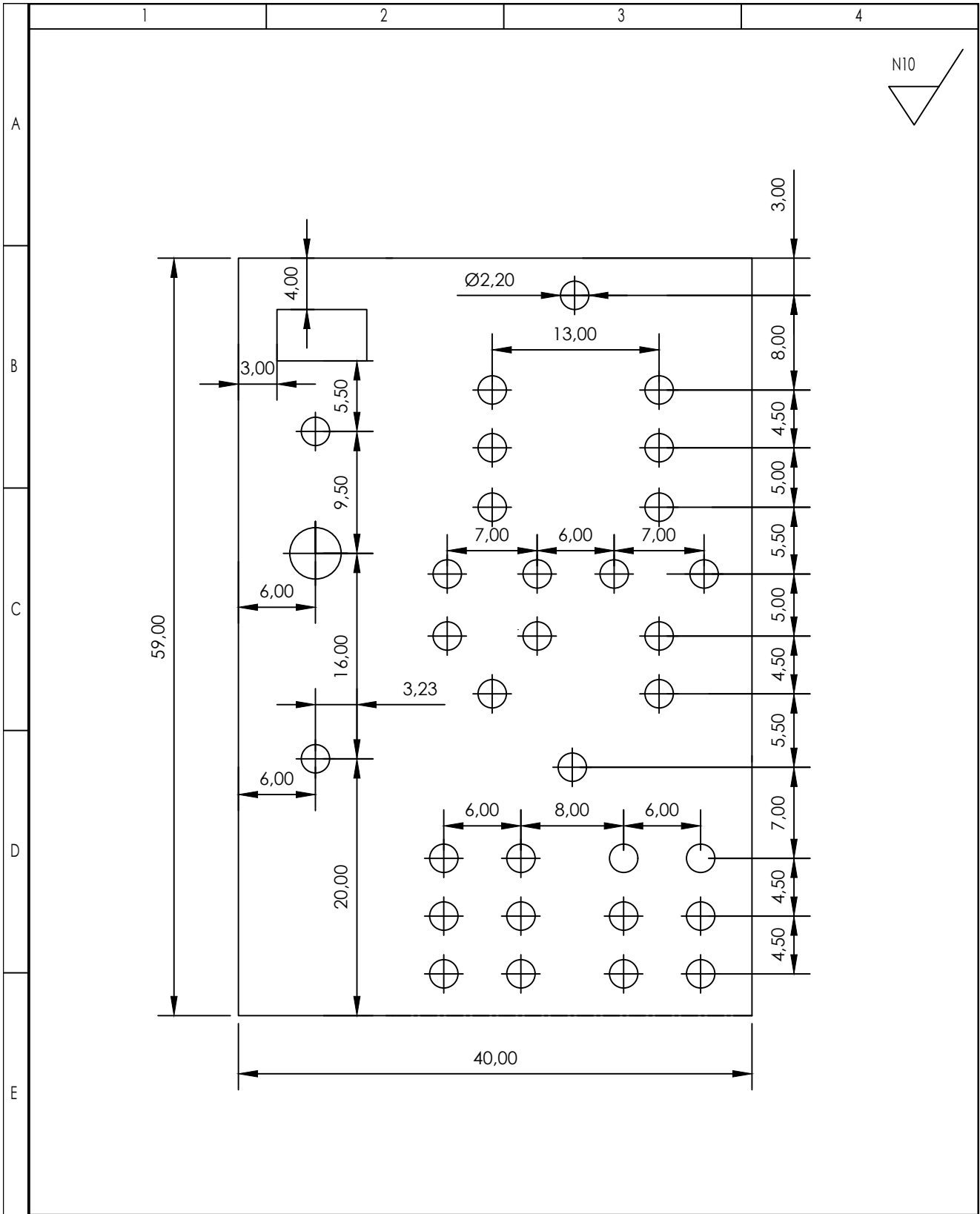
# ANEXO D







# ANEXO E



				Tolerancia: ±1.00	Peso: 7.80 kg	Material: <b>Acero Galvanizado</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>Distribución de perforaciones</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 04/12/2021	Joel Velasteguí		
				Revisó: 04/12/2021	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 04/12/2021	Ing. Mauricio Carrillo		
				<b>U.T.A.</b>		No. de Lámina	01 DE 01
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución):	Registro: 

# TABLERO DE CONTROL DE LA MÁQUINA LAVADORA DE NARANJILLA

## MANUAL DE USUARIO





## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
PARTES Y CARACTERÍSTICAS .....	4
MONTAJE DEL EQUIPO.....	5
OPCIONES DE LAVADO .....	6
OPCIÓN DE LAVADO MANUAL .....	7
OPCIÓN DE LAVADO SEMIAUTOMÁTICO.....	10
OPCIONES DE SEGURIDAD .....	12



## INTRODUCCIÓN

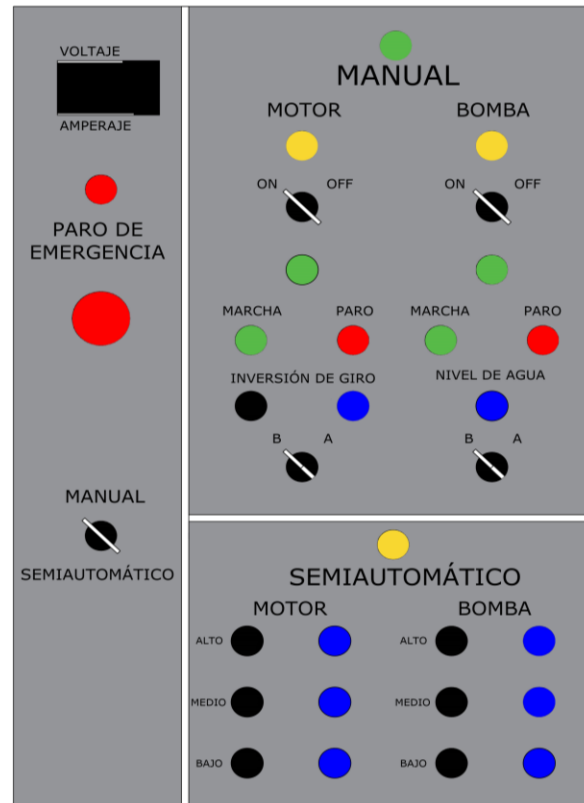
El presente tablero de control esta diseñado para controlar el proceso del lavado de la naranjilla en la máquina que se encuentra instalado, optimizando tiempo y mejorando el proceso, en esa guía encontrara informacion para el uso adecuado del tablero . Lea todas las intrucciones antes de utilizar y guardelo para futuras referencias.

Este sistema de control brinda un soporte para los operarios, ademas que la máquina cuenta con un motor eléctrico que gira los rodillos limpiadores el cual se encuentra programado de manera continua controlando el avance de la fruta lo que depende de los requerimientos que tenga el operador. De igual manera la bomba centrifuga de la maquina suministra agua continuamente y el operario se encarga de controlar la presion adecuada para la limpieza de la fruta.

El sistema es sencillo de utilizar ya que tiene un diseño compacto y se encuentra rotulado en su totalidad, ademas cuenta con pulsadores, selectores de posicion y luces indicadores; se energiza el tablero de control con fuente 220V, mientras que los rangos de operación de los rodillos es de 18 rpm – 55 rpm; mientras que el rango de operación de presion de la bomba es de 30.49 l/min – 81.25 l/min.



## PARTES Y CARACTERÍSTICAS



<b>Dimensión</b>	40 cm x 59 cm x 10 cm
<b>Peso</b>	12 kg
<b>Material</b>	Acero galvanizado
<b>Conexión</b>	Bifásica 220 V y neutro
<b>Fuente control PLC</b>	24 V
<b>Luces indicadoras</b>	7 unidades
<b>Potenciómetro</b>	1 unidad
<b>Selectores de posiciones</b>	3 unidades
<b>Pulsadores</b>	4 unidades
<b>Paro de emergencia</b>	1 unidad
<b>Indicador de voltaje y amperaje</b>	1 unidad

## MONTAJE DEL EQUIPO

Antes de montar el tablero asegurarse que las conexiones se encuentren en buen estado debidamente aisladas y con las protecciones adecuadas.

1. Verificar que el tablero se encuentre limpio y completo.
2. Transladar el tablero al lugar donde se encuentra la máquina lavadora de naranjilla.
3. Anclar el tablero en una pared a una altura adecuada para que el operador pueda manipular como se muestra en la imagen y a su vez se encuentre cerca de la máquina lavadora.
4. Conectar el motor y la bomba al tablero de control.
5. Energizar el tablero con la fuente que se encuentra dentro del mismo.
6. Cerrar completamente el tablero para evitar manipulaciones en el cableado.



## OPCIONES DE LAVADO

1. Verificar que se encuentre energizado el tablero de control.
2. Energizar el motor y la bomba con el selector de dos posiciones ON/OFF, estarán encendidos cuando las luces indicadoras se activen.



3. Seleccionar el modo que se lavará Manual o Semiautomático



## OPCIÓN DE LAVADO MANUAL

1. Comprobar que la luz indicadora del modo manual este activado.



2. Presionar el pulsador de marcha para la bomba, verificando que la luz indicadora se encuentre encendida.



3. Presionar el pulsador de marcha para el motor, verificando que la luz indicadora se encuentre encendida.



4. Variar mediante el potenciómetro la velocidad del motor de los rodillos, yendo desde B (bajo) hasta A (alto), de acuerdo al requerimiento del operario.



5. Variar mediante el potenciómetro la presión de salida del agua de la bomba, yendo desde B (bajo) hasta A (alto), de acuerdo al requerimiento del operario.



6. En caso de requerir inversión de giro en los rodillos, pulsar el botón y verificar cuando la luz indicadora se encuentre encendida.



7. Al finalizar el proceso de lavado presionar el paro del motor y de la bomba, verificando que las luces indicadoras se encuentren apagadas.



## OPCIÓN DE LAVADO SEMIAUTOMÁTICO

1. Comprobar que la luz indicadora del modo semiautomático este activado.



2. Presionar el pulsador de marcha para la bomba, verificando que la luz indicadora se encuentre encendida.



3. Presionar el pulsador de marcha para el motor, verificando que la luz indicadora se encuentre encendida.



4. El operario selecciona alto, medio o bajo en la velocidad del motor de los rodillos, verificando que la luz indicadora correspondiente se active y puede ir cambiando de acuerdo al requerimiento del operario.



5. El operario selecciona alto, medio o bajo en la presión de salida de agua de la bomba, verificando que la luz indicadora correspondiente se active y puede ir cambiando de acuerdo al requerimiento del operario.



8. Al finalizar el proceso de lavado presionar el paro del motor y de la bomba, verificando que las luces indicadoras se encuentren apagadas.





## **OPCIONES DE SEGURIDAD**

1. Al momento de finalizar el día de trabajo quitar la energización del tablero de control y verificar que se encuentre apagado tanto la bomba como el motor.
2. Verificar continuamente el amperaje y voltaje que no sobrepasen los límites recomendables de 220 V y 10 amperios.



6. Al controlar la presión del agua, también se cuenta con la luz indicadora de nivel de agua que se encenderá si existiese un problema que se encuentre bajo nivel.



7. Si existiese algún accidente en el proceso se cuenta con un botón de paro de emergencia, el cual quita la energización completamente de todo el sistema.





## CERTIFICACIÓN

Puyo, 17 de diciembre de 2021

Señor

Adrián Joel Velasteguí Lara

EGRESADO DE CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Presente.-

En mi calidad de Técnica designada del Departamento de Desarrollo Sustentable del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza, con C.C. 160037010-8, por medio del presente CERTIFICO que el Sr. ADRIÁN JOEL VELASTEGUÍ LARA, con C.C. 160045304-5, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, realizó su Proyecto Técnico bajo el tema: "AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE FRUTA (NARANJILLA) PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE PASTAZA", previo a la obtención de su Título Profesional, cumpliendo con excelencia los parámetros y objetivos propuestos a nuestra institución.

El interesado puede hacer uso de la presente en lo que estimare conveniente.

Atentamente;

Mgs. Irma Lucía Cañadas Salazar

C.C. 160037010-8

Promotor Social y Comunitario 1

Técnico responsable de Comercialización D.D.SS GADPPz



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**



**REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN**

**PROYECTO:** "AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LAVADO DE FRUTA (NARANJILLA) PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE PASTAZA"

**Lugar:** Pastaza, parroquia Murialdo - Asociación de naranjilleros de Pastaza.      **Fecha:** 18/12/2021

**Temas de Capacitación:** análisis e identificación de componentes de la máquina, interpretación y utilización del manual de usuario y seguridad industrial.

**PARTICIPANTES**

N°	APELLIDO Y NOMBRE	# CEDULA	FIRMA
	Greta Luis	1600751547	
	Andy Tito	160095852-2	
	Avinda Byron	1600547804	
	Molina Vicente	160023850-3	
	Angel Greta	160095962-9	

Firmas de responsabilidad:

Adrian Joel Velastegui Lara  
 CI: 16004530-5