



# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

LAMBAYEQUE - PERÚ



Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

*Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica*

**“SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA DOSIFICACIÓN  
Y MEZCLADO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS, PARA EVITAR  
LA INTOXICACIÓN DEL TRABAJADOR EN EL MANEJO DEL  
CULTIVO DE ARROZ EN EL FUNDO “SANTA ROSA”-  
MOCHUMÍ”**

TESIS PROFESIONAL PRESENTADA POR

**Bach. Williams Núñez Reaño.**

**Bach. Julio César Sandoval Siesquen.**

**COMO REQUISITO**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

**Jurado calificador**

**ING. MANUEL RAMÍREZ CASTRO**

PRESIDENTE

**ING MARTÍN AUGUSTO NOMBERRA LOSSIO**

SECRETARIO

**ING. LUCÍA I. CHAMÁN CABRERA**

VOCAL

# TESIS

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

**Presentada por:**

Bach. Núñez Reaño Williams

Bach. Julio César Sandoval Siesquen

Aceptada por la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

---

Ing. Ramírez Castro Manuel Javier.

Presidente

---

Ing. Nombera Lossio Martín A.

Secretario

---

Ing. Chamán Cabrera Lucía Isabel.

Vocal

---

Ing. Oblitas Vera Carlos.

Asesor

---

Sandoval Siesquen Julio César.

Bachiller

---

Núñez Reaño Williams.

Bachiller

Lambayeque – Perú

2015

Gracia a Dios por ser nuestro guía, a Jesús por ser nuestra inspiración y modelo a seguir, por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda nuestra vida.

A nuestro familiares, fuente de apoyo constante, incansable e incondicional en especial a nuestros padres, que sin su ayuda hubiera sido imposible culminar nuestra carrera profesional.

A nuestros amigos que compartieron momentos inolvidables y a nuestros maestros, personas de gran sabiduría que nos transmitieron sus conocimientos y que de alguna u otra manera permitieron culminar con éxito el desarrollo de esta tesis.

## **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación, se estudia y se diseña un sistema de control automático en la dosificación y mezclado de los productos químicos, para evitar la intoxicación del trabajador en el manejo del cultivo de arroz en el fundo “Santa Rosa”- Mochumí” en base a sensores, actuadores, PLC, HMI que permita optimizar el proceso.

Este proyecto se realiza con el fin de tener un prototipo enfocado a apoyar al agricultor o trabajador de la zona, brindándoles un mejor manejo en la dosificación y mezclado de los plaguicidas, el cual se utiliza para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz.

En el desarrollo de esta tesis se aborda por separados, los aspectos teóricos referente al manejo y control de plagas del cultivo de arroz, utilización de los productos químicos, dispositivos de control, características y funcionamiento de los sensores de nivel y pH, y la forma en que se manipulan las electroválvulas y electrobombas, con los cuales estos son controlados por el PLC.

Finalmente se puede concluir que la investigación desarrollada nos permite mejorar y demostrar que la implementación de este sistema de control automático ayuda al agricultor notablemente, tanto en la dosificación y mezclado de los plaguicidas, como también en su respectiva salud.

## **ABSTRACT**

The present research project is studied and a system of automatic control is designed in dosing and mixing of the chemicals, to avoid poisoning of workers in the management of rice cultivation in the farm "Santa Rosa" - Mochumí "in based sensors, actuators, PLC, HMI to optimize the process.

This project is realized in order to have a prototype, focused on supporting the farmer or worker in the zone, providing better handling in dosing and mixing of pesticides, which is used to control pests and diseases in the cultivation of rice.

In the development of this thesis is dealt by separate those theoretical aspects relating to management and control of pests of rice cultivation, use of chemical products, control devices, features and functioning of the level sensors and pH, and how that are handled the solenoid valves and pumps, with which these are controlled by the PLC.

Finally we can conclude that the research developed allows us to improve and demonstrate that implementing this automatic control system helps the farmer significantly in both the dosing and mixing of pesticides, as also in their respective health.

# Índice General

Capítulo 1.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Situación Problemática.....	1
1.1.1. Planteamiento del Problema .....	5
1.1.2. Antecedentes .....	6
1.1.3. Problema .....	9
1.1.4. Objetivo General .....	9
1.1.4.1. Objetivos Específicos .....	9
1.1.5. Hipótesis.....	10
1.2. Motivación del Proyecto .....	10
1.2.1. Justificación e Importancia de la Investigación .....	11
1.2.2. Alcances del Estudio .....	11
1.2.3. Población y Muestra Estadística del estudio.....	12
1.3. Solución del Sistema de Control Automático. ....	12
1.3.1. Elección del sistema de control automático para la dosificación. ....	12
1.3.2. Justificación de la solución adoptada.....	13
Capitulo 2.....	14
RECOLECCIÓN DE DATOS .....	14
2.1. Generalidades.....	14
2.1.1. Fuente primaria .....	14
2.1.2. Fuente secundaria .....	14
2.2. Estudios previos .....	14
2.3. Descripción General del Fundo Santa Rosa.....	15
2.3.1. Límites del Distrito de Mochumí.....	15
2.3.2. Parcelación .....	16
2.3.3. Superficie .....	16
2.3.4. Aprovechamientos.....	16
2.3.5. Sectorización .....	16
2.3.6. Cultivo, sistema de riego y Medidas de Control .....	16

2.3.6.1 Tipos de cultivo .....	16
2.3.6.2 Sistema de riego .....	17
2.3.6.3. Medida de control.....	18
2.4. Condicionantes del Proyecto .....	18
2.4.1. Clima.....	18
2.4.1.1. Temperatura .....	19
2.4.1.2. Humedad .....	19
2.4.2 Agua.....	19
2.5. Datos tomados en el Fundo Santa Rosa.....	20
2.5.1. Toma de datos con el sensor de pH. ....	20
Capitulo 3.....	21
<b>BASES TEÓRICAS PARA EL DISEÑO .....</b>	<b>21</b>
3.1. Cultivo de arroz.....	21
3.2. Suelo .....	22
3.2.1 Análisis de suelo.....	22
3.3. Preparación del Terreno .....	22
3.4. Sistema de Siembra .....	24
3.4.1. Siembra Directa.....	24
3.4.2. Siembra Indirecta .....	24
3.4.2.1. Dimensiones de las pozas almacigueras: .....	24
3.4.2.2. Cantidad de semilla por Hectárea: .....	25
3.4.2.3. Área y Cantidad de Semilla: .....	25
3.4.2.3. Trasplante:.....	25
3.5. Manejo del agua .....	27
3.5.1. Eficiencia del agua en el trasplante.....	27
3.6. Control de malezas .....	28
3.6.1. Control cultural .....	28
3.6.2. Control Químico.....	29
3.7. Plaguicidas e insecticidas .....	31
3.7.1. Clasificación de los plaguicidas.....	31
3.8. Control de Plagas y Enfermedades .....	38

3.8.1. Control Cultural.....	38
3.8.2. Control Etológico .....	38
3.8.3. Control Químico.....	39
3.9. Fertilización .....	43
3.10 Dispositivos de control.....	43
3.10.1. El autómat PLC .....	43
3.10.2. Las válvulas de proceso de control .....	47
3.10.3. El HMI. ....	48
3.10.4. Sensores de Control.....	52
3.10.4.1. Control de nivel de agua con ultrasonido.....	52
3.10.4.2. Control de pH.....	57
3.11. Tanque para la Mezcla. ....	61
3.12 Silos o depósitos para los Insecticidas.....	63
3.13. Dosificador de insecticidas sólidos.....	64
3.14. Electrobomba para el llenado del tanque.....	65
3.15. Electrobomba utilizada para la dosificación de los insecticidas.....	67
3.16. Agitador usado para la mezcla.....	68
3.14.1. Agitador.....	68
3.14.2. Clasificación de los agitadores .....	68
3.14.3. Tipos de agitadores.....	69
3.15. Mezclado .....	72
3.16. Agitador vertical lento usado para la mezcla .....	73
Capítulo 4.....	74
DISEÑO DE SISTEMA.....	74
4.1. Diseño de control .....	74
4.2. Selección de dispositivos del sistema. ....	75
4.2.1. Selección del PLC. ....	75
4.2.2. Selección del HMI.....	77
4.2.3. Selección de electroválvulas.....	77
4.2.4. Selección del sensor. ....	78
4.2.4.1. Sensor de distancia por ultrasonidos PING (Sensor ultrasónico) .....	78



4.2.4.2. Especificaciones del pH meter V1.0.....	80
4.3. Selección de los dispositivos de alimentación y protección.....	81
4.3.1. Alimentación.....	81
4.3.2. Tablero eléctrico.....	82
4.4. Configuración y programación del PLC.....	83
4.4.1. Ladder del sistema de control automático.....	83
4.4.2. Diseño del proyecto está dividido en cuatro etapas.....	84
4.4.2.1. Etapa 1: Control del nivel de agua y medición del pH en el tanque de mezcla.....	84
4.4.2.2. Etapa 2: Control de insumos (dosificación de los productos químicos).....	84
4.4.2.3. Etapa 3: Mezclado de productos químicos.....	85
4.4.2.4. Etapa 4: Inicialización y apagado del proceso.....	85
4.5. Instalación de los dispositivos y componentes del sistema.....	91
4.5.1. Conexión de los sensores de nivel y pH.....	91
4.6. Seguridad del Sistema de Control Automático.....	92
4.7. Montaje de instalación del sistema.....	92
4.8. Desarrollo del proceso de comunicación del HMI y PLC.....	95
Capitulo5.....	102
ESTUDIO ECONOMICO.....	102
5.1 Presupuesto general del sistema.....	102
5.2. Sistema de Control.....	103
5.3. Accesorios para Dosificación.....	103
5.4. Mano de obra.....	104
5.5. Mantenimiento del Sistema.....	104
5.6. Inversión Total.....	105
Capitulo6.....	106
RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	106
6.1. Resultados.....	106
6.2. Conclusiones.....	107
6.3. Recomendaciones.....	108
Bibliografía.....	109
Apéndice A.....	111

Apéndice B.....	124
Apéndice C.....	126
Apéndice D .....	129
Índice de Figuras .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Índice de Cuadros.....	161

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Situación Problemática

El sector agrícola desempeña un rol determinante en el desarrollo socioeconómico de los pueblos y principalmente del Estado peruano. En el distrito de Mochumí<sup>1</sup>, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque PERÚ existen muchas hectáreas de tierras óptimas para la agricultura, dedicadas a la siembra de una serie de productos que se adaptan al clima de la costa norte del país. El principal cultivo que se siembra en la zona es el arroz.



Figura 1.1: Plaza de Armas del Distrito de Mochumí.

---

<sup>1</sup> El distrito de Mochumí se encuentra al norte de Perú en el Departamento de Lambayeque



Figura 1.2: Parque principal del Distrito de Mochumí.

El arroz es un producto agrícola cuyo proceso de producción es:

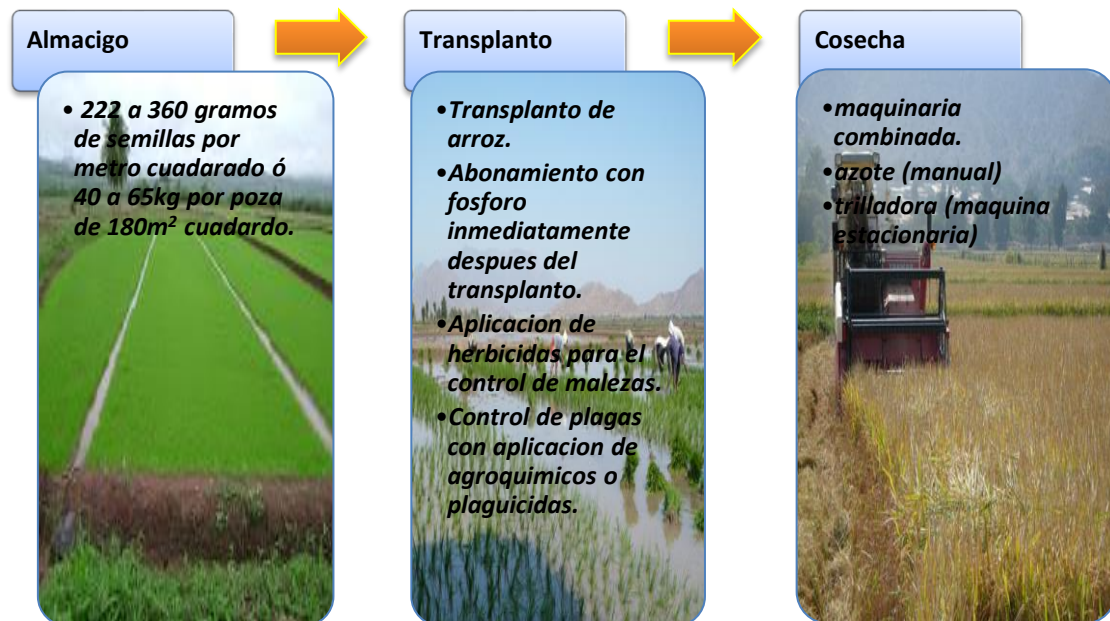


Figura 1.3: Fases o proceso de producción del arroz.

Para que el cultivo del arroz sea rentable necesita ser fumigado periódicamente estableciendo el agricultor una plan de control de las diversas plagas que se presentan



para este cultivo el mismo que no es inherente solo a la zona, sino que es común denominador en el agricultor lambayecano.

Para el control de plagas se utilizan productos químicos, los cuales son de muy difícil reemplazo, cobrando mayor importancia en la actualidad. Desde la aparición de los productos químicos para el control de las plagas, hay una serie de problemas relacionados a: tratamiento inadecuado, deficiente dosificación, mezclado no homogéneo, calidad de agua (de la mezcla) y de los productos químicos que se utiliza en el manejo de cultivo de arroz, lo ha conllevado a una serie de problemas para prevención, salud, higiene, salubridad del agricultor, su familia y entorno.

Actualmente, el principal problema del tratamiento de los plaguicidas es que la dosificación y mezcla de los productos químicos se realiza manualmente, y por ende afecta la estabilidad del agricultor: al poner en riesgo su salud (por falta de prevención, contacto físico, traslado de residuos en su ropa, manipulación directa de manos y piel corporal, falta de higiene y falta de capacitación adecuada) en los diversos procesos de producción de dicho cultivo.

A lo largo del tiempo se ha reportado una serie de intoxicaciones y enfermedades a corto y largo plazo por el mal uso de estos productos, ya sean fungicidas, insecticidas, fertilizantes, etc. Es decir que estos productos no solo son tóxicos para las plagas a las que combaten sino que también para el ser humano. En la realidad no hay charlas o capacitaciones donde al agricultor se le indique como debe ser la manera correcta de usar estos productos, por más que en la etiqueta de los productos viene especificado lo que debe utilizarse para el uso de este mismo; así como por ejemplo guantes, gafas, traje impermeable, etc.

Los estudios previos para el diseño total del sistema propuesto se hicieron en el fundo SANTA ROSA, el cual está situado en el caserío Cruce Sandoval del distrito de Mochumí. Esta no cuenta con un sistema que ayude al agricultor a mejorar la dosificación y mezcla de los plaguicidas, mejorar la producción y la calidad de sus productos, más aun prevenir una posible intoxicación y prolongar el nivel de vida del agricultor.



Figura 1.4: fundo SANTA ROSA; se puede observar que la dosificación es manual y además se requiere de más tiempo para la preparación de la mezcla.

En el fundo SANTA ROSA y en la mayoría de los fundos de la zona nos encontramos con deficiencias análogas con respecto a la preparación de la mezcla para la fumigación del cultivo. Cabe señalar que para transportar dicha mezcla hasta el área

de cultivo el cual se va fumigar, es una tarea difícil debido a la distancia entre; el tanque donde se encuentra la mezcla hasta donde se va a verter dicha mezcla.



Figura 1.5: fundo SANTA ROSA; traslado de la mezcla hasta el área de fumigación.

### **1.1.1. Planteamiento del Problema**

Durante varios años en el sector del Cruce Sandoval, Fundo SANTA ROSA del distrito de MOCHUMI netamente arrocero hemos percibido tal problema, desde nuestro punto de vista, con el fin de revertir esta situación se diseña un sistema de control automático donde se pueda obtener una mejor dosificación y mezclado homogéneo de los productos químicos que se utilizan, evitando una posible contaminación e intoxicación del trabajador.





### 1.1.2. Antecedentes

#### ❖ **MODELADO Y OPTIMIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE ADITIVOS ALIMENTARIOS COMPRIMIDOS EMPLEANDO DEM (Discrete Element Method ).<sup>2</sup>**

Partiendo de uno de los dispositivos patentados por el grupo de investigación EDMANS del Área de Proyectos de Ingeniería de la Universidad de La Rioja, el dosificador automático de aditivo alimentario comprimido.

Este dispositivo, empleado en la industria agroalimentaria, dispensa una serie de comprimidos a la conserva, para aditivarla, de manera automática. Para conseguir un dispositivo más fiable, se estudian una serie de mejoras propuestas, por lo que nace este estudio.

Se pretende optimizar varios de los parámetros de proceso, con el fin de ajustar y afinar el dispositivo para garantizar la integridad del comprimido a dosificar, el cual es parte fundamental del proceso puesto que su composición es, en su práctica totalidad, materia activa, por tanto hay que minimizar el número de contactos entre ellos y con el resto de materiales del dispositivo. La herramienta a utilizar para el desarrollo de las acciones descritas es el software de simulación del método de elementos discretos EDEM.

---

<sup>2</sup> Programa de Doctorado Innovación en Ingeniería de Producto y Procesos Industriales  
Fuente: biblioteca.unirioja.es/tfe\_e/TFE000098.pdf



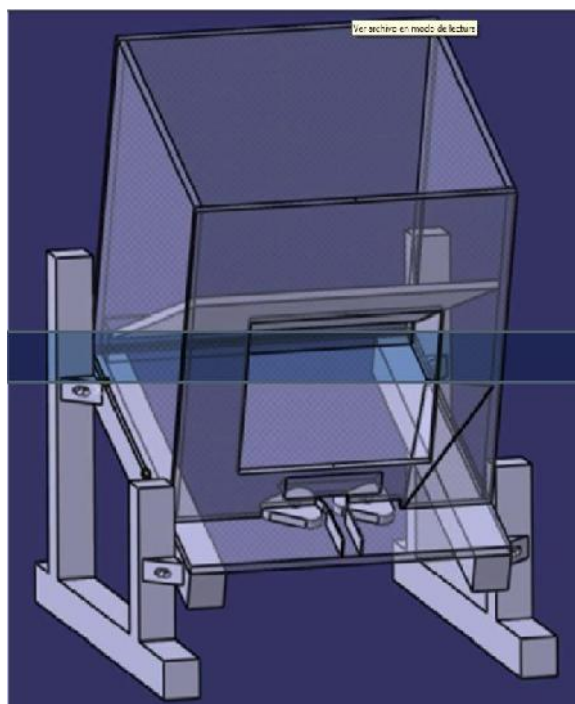


Figura 1.6; Modelado del dispositivo dosificador de comprimido de aditivo alimentario, comprimido de 6 gramos.

### ❖ USO DE AGROQUÍMICOS EN LAS FUMIGACIONES PERIURBANAS Y SU EFECTO NOCIVO SOBRE LA SALUD HUMANA KACZEWER.<sup>3</sup>

En la República Argentina, existe una controversia creciente respecto de los efectos tóxicos a largo plazo de la exposición humana a agroquímicos de aplicación periurbana aérea o terrestre. El extensivo problema de la dispersión de los pesticidas en el aire afecta a una diversidad de comunidades a través de todo el país.

---

<sup>3</sup> Autor: Jorge Kaczewer, médico (UBA), 13 de agosto de 2009.

Fuente: <http://copenoa.com.ar/Uso-de-agroquimicos-en-las.html>



En respuesta a la solicitud de asesoramiento de integrantes de los Consejos Deliberantes y de ONG's de diversas localidades del interior de Argentina, el presente trabajo explora recientes evidencias científicas y adelantos técnicos que revelan subestimaciones de impactos sanitarios negativos potenciales e insuficiencias del valor protectivo de estrategias y políticas locales de evaluación de toxicidad crónica de pesticidas autorizados y de uso ilegal.

Tanto la revisión de diversos estudios que ya documentaron problemas sanitarios vinculados a este tipo de exposición, como también las alternativas regulatorias y productivas luego sugeridas, intentan promover una actitud precautoria, menos basada en elucubraciones acerca de cuánto daño o riesgo debe afrontar una comunidad en aras del progreso y el crecimiento económico y más en garantizar su efectiva protección frente a poluciones y exposiciones en la interface agro-urbana.

Mientras tanto, diversos estudios muy serios detectaron que la exposición a agroquímicos ha sido asociada con el incremento de riesgo de padecer ciertos tipos de cáncer entre granjeros y otros aplicadores de agroquímicos. También esto ha sido observado entre familias de trabajadores rurales y la población general viviendo en zonas agrícolas, pese a que exposiciones específicas no fueron evaluadas en la mayoría de estudios.

PLAGUICIDA	CÁNCER
<b>ACIDOS FENOXIACETICOS</b> (HERBICIDAS) 2,4-d, MCPA	Linfoma no-Hodgkin, sarcoma de tejidos blandos, carcinoma de próstata
<b>INSECTICIDAS ORGANOCOLORADOS</b>	Leucemia, linfoma no-Hodgkin, sarcoma de tejidos blandos, páncreas, pulmón, mamas.
<b>INSECTICIDAS ORGANOFOSFORADOS</b>	Linfoma no-Hodgkin, leucemia.
<b>INSECTICIDAS ARSENICOSOS</b>	Pulmón, piel.
<b>HERBICIDAS TRIAZINICOS</b>	Ovario

Cuadro 1.1: Asociaciones entre distintos agroquímicos y diversos tipos de cáncer.

### 1.1.3. Problema

¿Cómo diseñar un sistema de control automático en la dosificación y mezclado de los productos químicos, para evitar la intoxicación del trabajador en el manejo del cultivo de arroz en el fundo “Santa Rosa”- Mochumí?

### 1.1.4. Objetivo General

Diseñar un sistema de control automático en la dosificación y mezclado de los productos químicos, para evitar la intoxicación del trabajador en el manejo del cultivo de arroz en el fundo “Santa Rosa”- Mochumí.

#### 1.1.4.1. Objetivos Específicos

- Estudiar las diversas tecnologías para medición de parámetros; tales como volumen, nivel, pH, densidad y presión. Destacando el análisis lógico y



numérico matemático que pueda ser implementado en sistemas de control y automatización.

- Realizar el programa para los sensores, así como también la programación de la pantalla táctil a utilizar en sistema de control.
- Seleccionar técnicamente los equipos a utilizar en el diseño.
- Realizar la calibración de los instrumentos de medición y control.
- Al ser un sistema que conformara la etapa principal y básica de un sistema mayor, se le diseñara para adaptarse y expandirse respecto a necesidades futuras, previo análisis e investigación de las posibles aplicaciones.

#### **1.1.5. Hipótesis**

Si se diseña un sistema de control automático, que mejore la dosificación y mezclado de los productos químicos, se reduce los riesgos de contaminación e intoxicación del trabajador y/o agricultor en el manejo del cultivo de arroz en el fundo “Santa Rosa”- distrito de Mochumí.

#### **1.2. Motivación del Proyecto**

La motivación de la presente investigación es como consecuencia de nuestro interés social de dar solución a la incorrecta manipulación de los productos agroquímicos usados en la fumigación del arroz, con el proyecto de investigación se logrará además de racionalizar su uso, minimizar pérdidas económicas y optimizar el producto cultivado.



### **1.2.1. Justificación e Importancia de la Investigación**

El presente proyecto pretende mejorar el proceso de dosificación y mezclado de los productos químicos, de esta manera ayudar al agricultor en algunas tareas que forzosamente se hacen en forma manual, por ello es necesario el diseño como base para un sistema de control automatizado, acorde con las tendencias tecnológicas actuales.

Este proyecto tiene una vital importancia, debido a que nació de la necesidad de diseñar un sistema de control automático en el sector agrícola, a través de máquinas y/o dispositivos electrónicos con costos que se ajustan a la realidad y situación social y económica de los agricultores. De esta manera se plasman los conocimientos adquiridos en este proyecto que ayuda a mejorar la calidad de vida del sector menos atendido del país, ya que en la realidad, el agricultor o trabajador que realiza el proceso de dosificación y mezclado de los plaguicidas que se utilizan para combatir las plagas de sus cultivos se realiza de forma manual, existe pérdida de tiempo en realizar dicho proceso, lo que no sucede en los sistemas de control automático, que además de reducir tiempo de preparación de la solución, previene la intoxicación del trabajador, reduce la mano de obra y mejora la productividad del cultivo.

### **1.2.2. Alcances del Estudio**

El presente proyecto comprende el diseño de un sistema de control; control del llenado de agua en el tanque donde se va a realizar la mezcla, control de válvulas, control para los motores eléctricos y/o electrobombas.

La metodología de evaluación desarrollada en el Fundo Santa Rosa del distrito de Mochumí, puede extenderse a otros lugares de la zona. La tesis está dirigida hacia la



búsqueda de nuevas alternativas de mejoras en la utilización de los agroquímicos, mejoras en la producción de los cultivos y mejoras en la salud del agricultor.

### **1.2.3. Población y Muestra Estadística del estudio**

Su extensión territorial es de 123.39 kilómetros cuadrados, con una densidad poblacional de 186 habitantes por kilómetro cuadrado y una población total al año 2012 de 20,814 habitantes de los cuales 34.25% corresponde a la zona urbana y el 65.75% corresponde a la zona rural.

El recurso hídrico está en función de la disponibilidad del agua que se almacena en el reservorio Tinajones a través del canal Taymi, con ramas y subramas, es decir por situación hidrográfica es similar a los distritos adyacentes.

Los productores se encuentran organizados en 02 Comisiones de Regantes:

#### **Mochumí y Muy Finca.**

La comisión de Regantes de Mochumí cuenta con 1.450 agricultores que poseen un total de 4,448 hectáreas de tierra, de ellas cultivadas son 3,750 hectáreas. El arroz ocupa un área de 3,324 hectáreas, algodón 48 hectáreas, maíz duro 34 hectáreas y caña de azúcar 325 hectáreas.

### **1.3. Solución del Sistema de Control Automático.**

#### **1.3.1. Elección del sistema de control automático para la dosificación.**

Teniendo en cuenta la manera en que se ha venido desarrollando en forma manual la dosificación de los productos químicos, se ha optado por implantar un sistema de



control automático que permitirá al agricultor obtenga un buen manejo del proceso: mezclado y dosificación; además múltiples ventajas frente a su forma manual de dosificar.

### 1.3.2. Justificación de la solución adoptada

Las grandes ventajas comparadas con las desventajas que ofrece este sistema de control automático y que justifican su implantación se describen a continuación:

#### **Ventajas**

- ✓ Ahorro de tiempo en su dosificación y mezclado, que va desde un 50% hasta un 70% del tiempo empleado.
- ✓ Control del nivel de agua y productos químicos.
- ✓ Control adecuado de su pH.
- ✓ Previene y reduce la intoxicación del trabajador.
- ✓ Mayor homogeneidad en el mezclado de los productos químicos.
- ✓ Reduce la mano de obra.
- ✓ Mejora la productividad del cultivo.

#### **Desventajas**

- Elevado costo inicial del proyecto.
- Acceso y manejo solo por personal calificado.<sup>4</sup>
- Para ser uso de este sistema de control, necesariamente debe contar con una red eléctrica monofásica.

---

<sup>4</sup> Se puede capacitar al agricultor para su acceso y manejo del proceso, proporcionándole manuales detallados acerca del sistema de control automático.



## Capítulo 2

# RECOLECCIÓN DE DATOS

### 2.1. Generalidades

Para lograr los objetivos del presente proyecto, se utilizó fuente de información primaria y secundaria.

#### 2.1.1. Fuente primaria

Como referencia fue obtenida mediante una entrevista personal al propietario del fundo, solicitándole referencias respecto a: forma de la dosificación y mezclado, uso y peligros de los productos químicos, siembra y producción del cultivo, características y disponibilidad de agua, clima y suelo.

#### 2.1.2. Fuente secundaria

La segunda parte de información de datos se logró tomando mediciones de los productos químicos y agua donde se diluirá los productos químicos.

Esto se basó en instalar un dispositivo electrónico que censara el nivel del agua en el tanque y otro que permitiera dar información sobre el pH del agua.

### 2.2. Estudios previos

Para la realización de este proyecto hemos partido de los siguientes estudios:



- ✓ Datos meteorológicos (temperatura y humedad de la zona).
- ✓ Análisis del agua.
- ✓ Análisis de la forma de dosificación.
- ✓ Análisis de la forma del mezclado de los productos químicos.
- ✓ Sistema de medidas de control.

### 2.3. Descripción General del Fundo Santa Rosa.

#### 2.3.1. Límites del Distrito de Mochumí.

- Por el Norte:** Con el Distrito de Túcume.
- Por el Sur:** Con el Distrito de Lambayeque y el distrito de Pueblo Nuevo (Ferrenafe).
- Por el Este:** Con los distritos de Pítipu y Ferrenafe.
- Por el Oeste:** Con el Distrito de Mórrope.

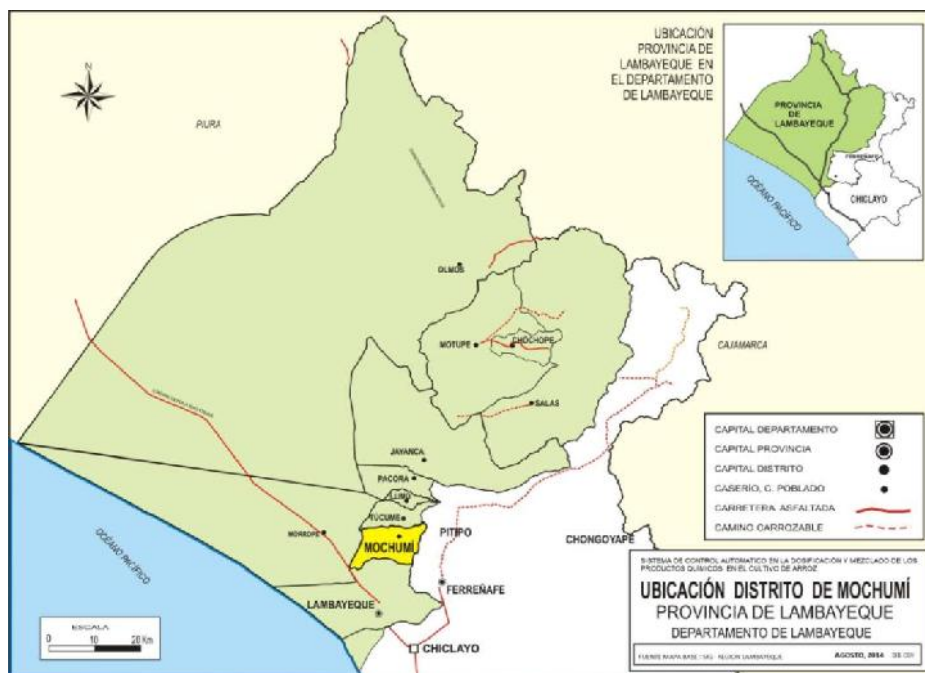


Figura 2.1: ubicación geográfica del distrito de Mochumí.



### **2.3.2. Parcelación**

El fundo se encuentra ubicado en el caserío Cruce Sandoval, perteneciente al distrito de Mochumí.

### **2.3.3. Superficie**

En fundo cuenta con una superficie de 10 has.

### **2.3.4. Aprovechamientos**

Fundo está dedicado al cultivo de arroz, maíz y menestras tales como frejol, arveja, pallar, garbanzo y chileno.

### **2.3.5. Sectorización**

El fundo sobre el que se ha planificado el sistema de control automático para la dosificación y mezclado de los productos químicos, tiene una superficie de 10 hectáreas aproximadamente, dividiéndose en 2 parcelas o sectores con 5 hectáreas aproximadamente. Cabe mencionar que después de las cosechas de arroz en este fundo se cultiva frejol, maíz, payar, chileno las cuales se siembran uno más que otro dependiendo del clima.

### **2.3.6. Cultivo, sistema de riego y Medidas de Control**

#### **2.3.6.1 Tipos de cultivo**

En el distrito de Mochumí existe una gran variedad de productos de cultivo como: frejol, maíz, payar, chileno entre ellos el principal cultivo es el arroz. En el fundo Santa Rosa cuenta con una superficie de 10 hectáreas. El arroz es el mayor productor y el que genera mayor rentabilidad al fundo.



El manejo del cultivo del arroz tiene periodos de ejecución por lo cual es el siguiente: almácigos, trasplante y cosecha.

DISTRITO	PERIODO DE EJECUCIÓN		
	Almácigo	Trasplante	Cosecha
Mochumí	19 dic 2014 al 04 ene 2015	23 ene al 16 feb 2015	18 may al 25 jun 2015

Cuadro 2.1: Periodos de ejecución para el cultivo de arroz (2014-2015).

#### 2.3.6.2 Sistema de riego

Como se mencionó, el fundo santa rosa está dividido en 2 sectores o parcelas de 5 hectáreas cada una Aprox., interconectadas entre sí por un sistema de riego por gravedad, los canales de tierra transportan el agua por cada sector, obviamente existiendo pérdidas considerables de agua.

El fundo santa rosa cuenta con 2 pozos tubulares de 8 pulgadas y 11m de profundidad c/u, con un espejo de agua aproximadamente de 3m; está equipada con una electrobomba con las siguientes características técnicas:

- Alimentación 220 v ac.
- Potencia 3 hp.
- Diámetro de succión 3 pulg.
- Diámetro de elevación 3 pulg.

Este sistema de bombeo es utilizado cuando el recurso hidrológico es escaso para el cultivo de arroz, o para el riego del cultivo de maíz cuando es necesario.



### **2.3.6.3. Medida de control**

El agua es uno de los recursos más importantes para la producción de arroz. Afecta el carácter físico de las plantas, el nivel de nutrientes del suelo y la naturaleza y amplitud del crecimiento de malezas.

Por lo tanto para contrarrestar aquello existen algunas medidas de control una de ellas que se vienen realizando periódicamente para la eliminación las malas hierbas, plagas y enfermedades es el control químico; es una medida de control con uso de productos químicos, es una de las medidas más efectivas en el manejo y aplicación del cultivo de arroz.

## **2.4. Condicionantes del Proyecto**

### **2.4.1. Clima**

Los datos climáticos utilizados en este capítulo se han tomado de la Estación Meteorológica del Senamhi. Las coordenadas de la Estación Meteorológica son las siguientes:

Ubicación: Mochumi-Lambayeque.

Latitud: 6°32'39"

Longitud: 79°51'51"

Altitud: 40 m.s.n.m.

Los cultivos de arroz se adaptan mejor a estos tipos de climas; sin embargo a temperaturas elevadas o bajas puede ocasionar efectos como enfermedades y plagas. A bajo porcentaje de humedad los cultivos requieren mayor demanda de agua.



La mayoría de los dispositivos electrónicos sufren alteraciones y su rendimiento decae a cierta temperatura y humedad más allá de las normales.

Para el diseño del sistema de control automático hay tener muy claro a qué temperatura y humedad se encuentran los cultivos, y con lo que respecta a los equipos electrónicos, que sean capaces de soportar el clima de la zona.

#### **2.4.1.1. Temperatura**

Su clima es cálido y seco, así como en los demás distritos, propio de la Región Costa o Chala. En la estación de verano la temperatura alcanza en promedio de 28° a 30 °C, mientras que en la temporada de invierno ésta llega a descender hasta 15 °C.

#### **2.4.1.2. Humedad**

La humedad en el distrito de Mochumí es relativamente alta en los meses de junio y julio, presentando un máximo de 75,5 %, y disminuyendo levemente para los siguientes meses, teniendo un mínimo del 70% para el mes de diciembre.

#### **2.4.2 Agua**

Por el momento, existen pocas limitantes al uso del agua en el distrito de Mochumí, ya que la tarifa que se le cobra al agricultor es por hora y no por volumen de agua utilizado. Sin embargo, tenemos que empezar desde ahora a pensar en el agua como un recurso limitado y aprender a usarla en forma eficiente.

Para el proceso de mezclado de los productos químico se requiere de agua, en el fundo “Santa Rosa” el agua se puede obtener de tres fuentes:



- A través de la red de agua potable que es dada para todo el caserío, y por lo tanto favorece a dicho proceso.
- A través de los canales de regadío, que viene del reservorio tinajones que también es aprovechada por los agricultores.
- A través de los pozos tubulares.

Es por eso que necesariamente se debe saber el pH del agua, dado que varía de acuerdo al tipo de fuente. En nuestro caso, el agua que se utiliza para el llenado del tanque es extraída de un pozo.

## **2.5. Datos tomados en el Fundo Santa Rosa**

### **2.5.1. Toma de datos con el sensor de pH.**

A través de este dispositivo se podrá saber el nivel de pH del agua el cual se está utilizando para la mezcla y así poder regularlo a un nivel adecuado, con un regulador de pH que vierte el agricultor o trabajador antes de realizar la mezcla con los plaguicidas. El pH es un valor que nos indica la acidez o alcalinidad del agua. Es la inversa del logaritmo de la concentración de iones Hidrogeno en el agua y va desde 0 hasta 14, siendo 7 el pH neutro, de 0 a 7 se considera ácido y de 7 a 14 alcalino.

El pH de las aguas naturales oscila normalmente entre 6 y 8 y está en relación y equilibrio del anhídrido carbónico, bicarbonatos y carbonatos.

El valor paramétrico indicador para aguas potables está entre 6,5 y 9,5 y es importante conocer su valor ya que influye en la agresividad o incrustabilidad de las sales en las instalaciones, en la capacidad de los desinfectantes clorados, etc.

## Capítulo 3

# BASES TEÓRICAS PARA EL DISEÑO

### 3.1. Cultivo de arroz

El arroz *Oryza Sativa*, es una planta gramínea que pertenece a la familia poaceae, es uno de los principales cultivos de importancia nacional, es el producto que más aporta al PBI agropecuario y agrícola y genera la mayor cantidad de empleos en el sector agrario. Es por esto que tiene en el medio rural una fuerte influencia económica y social, estimándose que la inversión en mano de obra, representa casi el 30% de la producción bruta arrocería nacional.

La mayor concentración de las siembras se da en los meses de Diciembre a Febrero siendo aproximadamente el 54.8% del total de siembras a nivel nacional, debido fundamentalmente que en este periodo existe una mayor disponibilidad del recurso hídrico en el norte de país, posibilitando el incremento de las siembras en este periodo de tiempo.

El cultivo de arroz es uno de los cultivos más importantes en el Valle Chancay Lambayeque y parte alta de los Valles Zaña y La Leche, así como en otros Valles de la costa norte, sur y nororiente del país.

Un gran número de familias depende económicamente del proceso productivo del cultivo, de igual forma en su proceso industrial en su molinería y comercialización.



### 3.2. Suelo

El arroz se adapta bien a la mayoría de suelos, prefiriendo los de textura media. El análisis de suelo es una herramienta eficaz como punto de partida de una estrategia de fertilización.

#### 3.2.1 Análisis de suelo

Para ejecutar un buen plan de fertilización en el cultivo del arroz, es fundamental realizar un análisis de fertilización de suelo donde se va a trasplantar.

Las muestras de suelo se deben tomar en un perfil de 25 a 30 cm de profundidad donde se desarrolla la mayor cantidad de raíces del arroz.

El análisis de suelo nos informará lo siguiente:

- Las cantidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, disponibles para el cultivo y que este va a aprovechar en su proceso de crecimiento y desarrollo.
- Informe sobre el pH del suelo.
- Determina la textura del suelo midiendo el porcentaje de arcilla, limo y arena.  
Un buen porcentaje de arcilla hace más retentivo de humedad al suelo y además como es un coloide actúa como reserva de nutrientes para el cultivo.
- Determina el contenido de sales, si este es alto se debe escoger variedades resistentes, así como trasplantar de mayor edad; asimismo nos permite elegir el fertilizante a usar.

### 3.3. Preparación del Terreno

Para la siembra de arroz, el terreno debe nivelarse muy bien, e incluso es preferible nivelar a cero.



Una adecuada preparación y nivelación del suelo permite un eficiente manejo del agua, reduciendo la población de malezas.

Las labores a realizar en la preparación del terreno son:

- Arada profunda de 25 a 30 cm., para que las raíces profundicen y tengan un mayor espacio para tomar sus alimentos.
- Arar y cruzar con rastra pesada.
- Nivelar en seco, utilizando rufa o nivelación laser.
- Fanguero (batido) para siembra por trasplante o al voleo con semilla pre-germinada.



Figura 3.1. Maquinaria para la nivelación y arada del terreno.

### **3.4. Sistema de Siembra**

#### **3.4.1. Siembra Directa**

Puede realizarse en terreno seco o en terreno húmedo (con semilla pre-germinada), presenta la ventaja de tener un menor costo de mano de obra al no realizarse el trasplante, pero a su vez tiene el inconveniente de ser más susceptible al efecto de competencia por las malezas.

La siembra directa en terreno seco con semilla seca puede ser a máquina, la cual va incorporar la primera fertilización lo que ayuda a que las plántulas salgan vigorosas; la cantidad de semilla es de 60 kg., por hectárea [11].

#### **3.4.2. Siembra Indirecta**

Se realiza una siembra previa en pequeñas áreas llamadas almacigos o pozas almacigueras donde se desarrollan las plántulas hasta alcanzar un tamaño adecuado que permita trasplantarlo al campo definitivo, la dosis de semilla varía entre 150 a 160 gr. / m<sup>2</sup>.

El agricultor debe sembrar semilla CERTIFICADA para garantizar una buena producción. El suelo destinado al almacigo debe presentar una buena fertilidad sin problemas de sales o drenaje.

##### **3.4.2.1. Dimensiones de las pozas almacigueras:**

Cada poza para trasplantar una Ha, debe tener 400 m<sup>2</sup> sin considerar el bordo interior. Para la medida se utiliza una vara de 3 m de largo llamada “braza”, muy utilizada por el agricultor.

Figura 3.2. Pozas almacigueras de 400m<sup>2</sup>.

#### 3.4.2.2. Cantidad de semilla por Hectárea:

Usar 60 kg para instalar 400 m<sup>2</sup> de almácigos ó 2 pozas de 200 m<sup>2</sup> cada una.

#### 3.4.2.3. Área y Cantidad de Semilla:

**1 m<sup>2</sup>:** 150 gramos.

**200 m<sup>2</sup>:** 30 Kg (11.1 brazas de largo x 2 brazas de ancho ).

(33.3 m de largo x 6 m de ancho).

**400 m<sup>2</sup>:** 60 Kg (11.1 brazas de largo x 4 brazas de ancho).

(33.3 m de largo x 12 m de ancho).

#### 3.4.2.3. Trasplante:

El trasplante es la labor más importante del manejo agronómico del cultivo de arroz. La edad del almacigo a la cual se realiza el trasplante varía según la condiciones

y la variedad utilizada, en condiciones de alta temperatura y variedades precoces se trasplanta a los 23 a 25 días, mientras que variedades no precoces, suelos que presentan problemas de salinidad y en condiciones de baja temperatura se trasplanta a los 30 – 40 días.

El distanciamiento entre plántulas en campo definitivo varía de 20 a 25 cms.

Según el terreno (mayores densidades de plántulas en terrenos más pobres por presentar menor ahijamiento o macollamiento), la variedad (existen diferencias en el macollamiento por variedad) y la edad de la planta a trasplantarse (plántulas mayores macollan menos), el número de plantas por “golpe” varía de 4 a 8.



Figura 3.3. Trasplanto de cultivo de arroz



### **3.5. Manejo del agua**

#### **3.5.1. Eficiencia del agua en el trasplante**

El objetivo del riego es suministrar el agua necesaria al cultivo durante todo su periodo vegetativo y propiciar que los elementos nutritivos presentes en el suelo se pongan en estado disponible para su absorción por la planta.

Un exceso de agua llega a alterar el desarrollo de la planta y reducir la fertilidad del suelo.

Las necesidades de agua del cultivo de arroz varían durante las diferentes fases del desarrollo vegetativo. Los momentos críticos donde requieren un buen abastecimiento de agua son: la germinación y el periodo comprendido entre la floración y llenado de grano (lamina no mayor de 5 cm).

Un exceso de agua en los primeros días de desarrollo del cultivo puede llegar a disminuir el ahijamiento o macollamiento.

Entre el inicio de macollamiento y el máximo macollamiento es importante realizar secas intermitentes que ayuden al control de “Gusano Rojo”, “Mosca Minadora” y “Pudrición de la Vaina”.

Se mantienen láminas de agua de 5 a 10 cm. de altura sobre las pozas de manera casi permanente salvo en las prácticas de “seca” que se realizan en diferentes momentos del cultivo, es importante realizarla en el macollaje con el fin de favorecer la emisión de macollos, los riegos bien controlados ayudan a controlar las malas hierbas.

### **3.6. Control de malezas**

La presencia de malezas en el cultivo de arroz es un problema muy serio, estas por sus características son muy agresivas y restan al cultivo no solo nutriente sino también espacio, luz y agua además son hospederas de plagas y enfermedades, originando como consecuencia la disminución del rendimiento, campos enmalezados, han hecho disminuir hasta un 40% del rendimiento.

El control de malezas es la combinación de prácticas agronómicas que reducen las poblaciones de malezas a un nivel que no causan reducción en el crecimiento y producción del cultivo.

El control incluye los siguientes aspectos:

- Control cultural
- Control químico

#### **3.6.1. Control cultural**

Consiste en el manejo racional y oportuno de las diferentes prácticas culturales que impiden el desarrollo de las malezas en el cultivo del arroz. Entre las que podemos mencionar:

- ❖ Buena preparación y nivelación del terreno. El batido o fangueo del terreno profundiza las semillas de malezas remanentes de la campaña anterior.
- ❖ Distanciamientos adecuados en trasplante para lograr un rápido cubrimiento del área para disminuir las posibilidades de desarrollo de malezas.
- ❖ Rotación de cultivos.



### 3.6.2. Control Químico.

Los productores en su mayoría conocen los herbicidas recomendados para el control de malezas en el cultivo del arroz, sin embargo, el mayor problema consiste en que se tiene poco conocimiento en el manejo y aplicación de estos herbicidas, resultando un control deficiente de las malezas que afectan la plantación de arroz.

El herbicida a aplicar o la combinación de éstos y la época de aplicación, se decide partiendo de las especies o la clase de malezas y de la densidad de población de éstas. O sea que, para tomar una decisión de que herbicida o mezcla de herbicidas utilizar, el productor debe de verificar la densidad de población y la clase de malezas a combatir en la plantación. Siempre es importante reconocer que los mejores controles de malezas con herbicidas, se obtienen cuando las malezas no sobrepasan el estado de 2-3 hojas y que estas estén en activo crecimiento, es decir que haya suficiente humedad en el suelo.

#### ¿Qué es un herbicida?

Es un producto químico formulado para matar una maleza en un estado de desarrollo específico.

Los herbicidas están compuestos de:

- ❖ **Un ingrediente activo:** sustancia que causa la muerte a la maleza.
- ❖ **Un solvente:** Solución sobre la que está el ingrediente activo.

Existen diversas clases de herbicidas “selectivos” para el control de malezas en el arroz, entre los cuales se mencionan los siguientes productos:



PRODUCTO	DOSIS Ha.	MOMENTO DE APLICACIÓN DIAS DES- PÚES DEL TRASPLANTE
PRODUCTOS GRANULADOS		
SATURN 5G	50 Kg.	Desde el mismo día del trasplante hasta el octavo día después del trasplante.
MACHETE 5G	50 Kg.	
CHEN RICE 5G	50 Kg.	
PURARROZ 5G	50 Kg.	
PRODUCTOS LIQUIDOS EMULSIONABLES		
SATURN 90 EC	3.0 Lt.	Desde el mismo día del trasplante hasta el octavo día después del trasplante.
RONSTAR 25 EC	3.0 Lt.	
MACHETE	3.0 – 4.0 Lt.	
CHEN RICE EC	3.0 – 4.0 Lt.	

Cuadro 3.1. Herbicidas para el control de malezas en el arroz.

### Clasificación de los Herbicidas

Los herbicidas son compuestos químicos contaminantes, residuales, tóxicos para animales y humanos, por lo cual, deben manejarse con mucho cuidado y tener en cuenta las recomendaciones de uso y manejo en sus etiquetas. [12]

De acuerdo a la toxicidad de los productos los podemos clasificar en:

COLOR ETIQUETA	CATEGORIAS	TOXICIDAD
ROJO	Categoría toxicológica I	Extremadamente tóxicos Ej: Gramoxone, kafir
AMARILLO	Categoría Toxicológica II	Altamente tóxicos Ej: Amina, Combo, Esteron, Nomine
AZUL	Categoría Toxicológica III	Medianamente tóxicos Ej: Propanil, Glifofed, Clincher, Tordon, Ally, Prowl, Machete, Bolero, Ronstar
VERDE	Categoría Toxicológica IV	Ligeramente tóxicos Ej: Goal.

Cuadro 3.2. Clasificación de los herbicidas por su grado de toxicidad.



### **3.7. Plaguicidas e insecticidas**

Un plaguicida es cualquier sustancia destinada a atraer, repeler prevenir, destruir o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos.

Se entiende por plaga a una población de organismos que al crecer en forma descontrolada causa daños económicos o transmiten enfermedades a las plantas, animales y al hombre.

#### **3.7.1. Clasificación de los plaguicidas**

La industria de los plaguicidas es amplia y diversa; bajo el calificativo de plaguicida, aparecen el mercado una amplia gama de ellos: herbicidas, insecticidas, raticidas, etc. Para su identificación se agrupan atendiendo a diferentes particularidades [4].

##### **➤ Según la plaga que controla**

- Insecticidas. Tóxicos para insectos
- Acaricidas. Tóxicos para ácaros
- Nematicidas. Tóxicos para nemátodos
- Fungicidas. Tóxicos para hongos
- Herbicidas. Atacan las malas hierbas
- Molusquicidas. Eliminan los moluscos
- Rodenticidas. Causan la muerte a ratones y otros roedores

##### **➤ Según su origen o naturaleza química**



- **Plaguicidas orgánicos.** Compuestos que contienen átomos de cloro en su molécula, y que poseen una alta toxicidad para los insectos.
- **Plaguicidas inorgánicos.** Compuestos arsenicales inorgánicos muy tóxicos. Cuando se utilizan indiscriminadamente y de forma prolongada, se acumulan en el suelo y pueden originar intoxicaciones.
- **Plaguicidas biológicos.** Utilizan microorganismos o productos derivados de su metabolismo (bacterias y hongos). Así mismo productos derivados directamente de vegetales, que no se sintetizan químicamente como lo son: la estricnina, nicotina, piretrinas, rotonona, ajo, entre otros.

➤ **Según su grado de toxicidad**

- **Muy tóxicos:** los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puedan entrañar riesgos extremadamente graves, agudos o crónicos, e incluso la muerte.
- **Tóxicos:** los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos, e incluso la muerte.
- **Nocivos:** los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada.
- **De baja peligrosidad:** los que por inhalación, ingestión y/o penetración cutánea no entrañan riesgos apreciables [8].

Clasificación Toxicológica de los Plaguicidas				
Clasificación de la OMS según los riesgos	Formulación Líquida DL50 Aguda		Formulación Sólida DL50 Aguda	
	Oral	Dermal	Oral	Dermal
Clase I a Productos Sumamente Peligrosos	>20	>40	>5	>10
Clase I b Productos Muy Peligrosos	20 a 200	40 a 400	5 a 50	10 a 100
Clase II Productos Moderadamente Peligrosos	200 a 2000	400 a 4000	50 a 500	10 a 1000
Clase III Productos Poco Peligrosos	2000 a 3000	> a 4000	500 a 2000	> a 1000
Clase IV Productos que Normalmente No Ofrecen Peligro	> a 3000		> a 2000	

Banda de color de las etiquetas según la categoría toxicológica		
Color de la Banda	Clasificación de la OMS según los riesgos	Clasificación del Peligro
Rojo (PMS 199 C)	I a - Producto Sumamente Peligroso	MUY TÓXICO
Rojo (PMS 199 C)	I b - Producto Muy Peligroso	TÓXICO
Amarillo (PMS Amarillo C)	II - Producto Moderadamente Peligroso	NOCIVO
Azul (PMS 293 C)	Producto Poco Peligroso	CUIDADO
Verde (PMS 347 C)	IV - Producto que Normalmente no Ofrece Peligro	CUIDADO

Cuadro 3.3. Clasificación toxicológica de los plaguicidas

➤ **Según su composición química.**

• **ORGANOCLORADOS**

Son compuestos químicos orgánicos, es decir cuya estructura principal está formada por una cadena de átomos de carbono, y como grupos sustituyentes al átomo de cloro. Son los primeros insecticidas de síntesis que se usaron. Anteriormente sólo se usaban insecticidas naturales, tales como la nicotina, el azufre, la *rotenona* (extraída de una planta llamada derris), o el piretro (extraído de las cabezas florales de los crisantemos). El primer organoclorado que se sintetizó fue el DDT en 1939.

Su persistencia fue muy apreciada en la época, pero es hartamente conocido el problema medioambiental que supuso al introducirse en la cadena trófica de los seres vivos. Hay cuatro principales familias de derivados organoclorados:

Grupos	Ejemplo
La derivada del hexaclorociclopentadieno	Aldrin, Dieldrin, Endrin
La derivada del 2,2-difeniletano	DDT, Metoxiclor, Dicofol
La derivada del ciclohexano	Lindano
Los de estructura química en forma de caja	Declorane, Clordecone

Cuadro 3.4 Compuestos derivados de los organoclorados.

La forma de actuación general de los derivados clorados es la de **contacto**, es decir, basta con que el insecto o ácaro entre en contacto con el producto, para que este se absorba y ejerza su acción tóxica.

- **ORGANOFOSFORADOS**

Son compuestos químicos orgánicos derivados del ácido fosfórico, aunque un átomo de oxígeno del ácido fosfórico puede ser sustituido por un átomo de azufre. Las diferentes combinaciones que se producen se pueden clasificar en cinco grupos con alguna variación. Son los siguientes:

Grupos	Subgrupo	Ejemplo
Esteres fosfóricos	Ortofosfatos	Diclorvós
	Pirofosfatos	TEPP
Esteres tiofosfóricos	Fosfotionatos	Fenitrotión
	Fosfotiolatos	Metasistox
Esteres ditiofosfóricos	-	Malatión
Amidas del ácido ortofosfórico	-	Crutomato
Fosfonatos	-	Triclorfón

Cuadro 3.5. Compuestos derivados de los fosforados.

Los insecticidas organofosforados no son persistentes en el medio ambiente, destruyéndose por hidrólisis (acción del agua), no dejando residuos ostensibles ni de larga duración. Por eso, se le asignan plazos de seguridad más cortos que a los organoclorados (se entiende como plazo de seguridad el intervalo que debe transcurrir entre el tratamiento y la recogida de la cosecha para el consumo en el caso de agricultura). Son además más eficaces contra insectos, ya que atacan a los pulgones (los organoclorados no lo hacían) y a la araña roja.

Su modo de acción es interferir la transmisión nerviosa del insecto, por inhibición de la enzima colinesterasa. Son por lo tanto son neurotóxicos.

Algunos actúan por contacto o ingestión, habiendo otros que son sistémicos, es decir, que se incorporan al sistema vegetativo de la planta, circulando por la savia, y la acción sobre el insecto se produce cuando ingiere o ataca a la planta.

- **CARBAMATOS**

En la evolución de la síntesis de nuevos plaguicidas, después de los organoclorados y los organofosforados se introdujo una nueva familia de insecticidas orgánicos que comprende los derivados carbámicos cuyo grupo químico funcional es  $>N-COO^-$ .

Este grupo carbámico se encuentra bajo formas diferentes entre los diferentes grupos de carbamatos, confiriendo diferente función a la sustancia (así los ditiocarbamatos son fungicidas, los fenilcarbamatos herbicidas y los metilcarbamatos insecticidas). Los dos grupos principales de insecticidas carbámicos son:

Grupos	Ejemplo
N-metilcarbamatos	Carbaril
Dimetilcarbamatos	Dimetan

Cuadro 3.6. Grupo derivado de los carbamatos.

La forma de actuación de los insecticidas carbámicos es la misma que la de los organofosforados, siendo por lo tanto neurotóxicos. La gran ventaja de los carbamatos es su menor toxicidad para los seres humanos y los animales domésticos.

Hay muchos carbamatos que son sistémicos, siendo utilizados en aquellas plagas sobre las que los insecticidas de contacto e ingestión tenían poco efecto (moscas de la fruta y del olivo, insectos minadores de hojas).

- **PIRETRINAS**

La actividad insecticida de las piretrinas naturales extraídas de la flor del pelitre (*Chrysanthemum cinaerifolium*) es conocida desde hace tiempo, pero sólo a partir de los años 1930 se empezaron a comercializar y aún todavía se usan, siendo eficaces para el control de moscas y mosquitos, pero usándose poco en agricultura y jardinería debido a su degradación por la luz y el calor.

Por eso, la investigación química se encaminó a sintetizar compuestos químicos similares que no fuesen fotodegradables. Después de conseguir algunos que eran eficaces pero aún algo fotodegradables (Aletrina, tetrametrin, fenotrin, neopynamin) y que debían aplicarse al anochecer para evitar ese efecto, se sintetizaron los primeros piretroides estables a la luz y que han conseguido una rápida utilización. Se clasifican en dos grupos:

Grupos	Ejemplos
Piretroides que conservan el anillo ciclopropano característico de las piretrinas naturales	Permetrina, cipermetrina, deltametrina, fenpropatrin
Piretroides que han perdido el anillo ciclopropano	Fenvalerato, fluvalinato

Cuadro 3.7 Grupo derivados de las piretrinas.

La forma de actuación de los piretroides es paralizante, lo que origina un efecto de derribo del insecto (knock down) y luego convulsiones y la muerte, pero puede haber una detoxificación endógena, por lo que no todos los que caen mueren, por eso se emplean productos sinérgicos que intensifican la acción de las piretrinas tales como el butóxido de piperonilo.



Las piretrinas son muy poco tóxicas para los mamíferos y muy tóxicos para los insectos, por lo que tiene un coeficiente de selectividad muy alto. Son también muy tóxicas para los peces y la fauna acuícola, por lo que hay que tener cuidado en los jardines con estanques y en no contaminar acuíferos. Se suelen usar en forma de lacas contra las hormigas y disueltas en excipientes grasos o con resinas para el tratamiento de suelos, pues tienen una acción muy duradera.

### **3.8. Control de Plagas y Enfermedades**

#### **3.8.1. Control Cultural**

- Limpia de malezas del campo y de sus alrededores.
- Emplear para el riego de las pozas láminas delgadas de agua.
- La nivelación debe ser “a cero”.
- Aplicar el fosforo en poca cantidad al almacigo para disminuir la perdida de raíces por el ataque de “Gusano rojo” debido a que el nutriente Fosforo incrementa y alarga las raíces del arroz.
- Consultar a especialistas antes de aplicar insecticidas.

#### **3.8.2. Control Etológico**

Consiste en la utilización de trampas y sustancias para atrapar o atraer los insectos fitófagos. La adopción de esta medida de control se basa en el comportamiento de los insectos con el medio ambiente, teniendo en cuenta que los insectos responden en forma diferente a los estímulos externos.

Por ejemplo hacer el manteo usando un plástico untado con aceite para capturar adultos de “Mosca minadora”, “Gusano rojo” y “Sogata”.





### 3.8.3. Control Químico

Se refiere a la utilización de productos letales conocidos con el nombre de insecticidas. [12]

#### ¿Qué es un Insecticida?

Son productos químicos formulados para matar a los insectos.

Son herramientas importantes en los programas de manejo integrado de insectos fitófagos cuyo desarrollo técnico ha sido acelerado en los últimos años con costos muy altos. Un insecticida se compone de un ingrediente activo que es el que mata y de una sustancia o solvente.

Para un buen manejo de los insecticidas se tiene en cuenta los siguientes criterios:

- Se deben utilizar como la última opción de control.
- Debe evitarse aplicaciones tipo calendario (fechas preestablecidas).
- No siempre el insecticida más tóxico es el más eficiente.
- No se debe usar repetidamente el mismo insecticida.
- Evite subdosificar o sobredosificar estos productos.
- Todos los insecticidas son tóxicos para la salud humana.
- Los insecticidas son contaminantes de las fuentes de agua, de los suelos, medio ambiente.
- Cuando use insecticidas mire que sean de ingrediente activo diferente, pues muchos tienen diferente nombre comercial pero son del mismo ingrediente.



Ejemplo: Furadan y Curater; Lorsban y Vexter; Lannate y Sheto; Affly y Cypermex.

- Usar ropa adecuada para su utilización, asimismo guantes, botas, mascara y gafas.

### **Clasificación de los insecticidas**

#### **a) Por el modo de acción.**

Forma como penetran dentro del cuerpo del insecto causando su muerte. Estos a su vez se dividen en:

- **De contacto:** Aquellos que atraviesan el cuerpo del insecto al entrar en contacto con este. Ejemplo: Los piretroides y los organofosforados.
- **Sistémicos:** Son absorbidos por el insecto y los moviliza a todos sus órganos internos. Ejemplo: El Monocrotofos, Sistemín, Lorsban.
- **Translaminares:** Penetran a los tejidos de la planta y son capaces de matar a los insectos que se encuentran dentro de la hoja, como los minadores. Ejemplo: El Basudin

#### **b) Por su Toxicidad**

Los insecticidas se clasifican en categorías toxicológicas que se identifican por franjas de color Rojo, amarillo, azul y verde en la parte inferior de la etiqueta. En la siguiente tabla se incluyen las categorías, el grado de toxicidad.

CATEGORÍA DE TOXICIDAD	BANDAS TOXICOLÓGICAS	FORMULACIÓN LÍQUIDA		FORMULACIÓN SÓLIDA	
		DL <sub>50</sub> (24 horas) AGUDA		DL <sub>50</sub> (24 horas) AGUDA	
		ORAL	DERMAL	ORAL	DERMAL
I A	EXTREMADAMENTE TÓXICO	< 20	< 40	< 5	< 10
I B	ALTAMENTE TÓXICO	20-200	40-400	5-50	10-100
II	MODERADAMENTE TÓXICO	200-2000	400-4000	50-500	100-1000
III	LIGERAMENTE TÓXICO	2000-3000	> 4000	500-2000	> 1000
IV	PROBABLEMENTE SIN RIESGO	> 3000	-	> 2000	-

Cuadro 3.8. Clasificación de los insecticidas por el grado de toxicidad.



Figura 3.4. Clasificación de los insecticidas según el color en la parte inferior su etiqueta.

La información registrada en la tabla siguiente es muy valiosa para seleccionar el insecticida apropiado para el control de un insecto-plaga específico de acuerdo a su modo de acción y a la forma de actuar del insecto y los daños que produce.

PLAGAS	PRODUCTO	DOSIS	
		Mochila de 20 Lit.	Cilindro de 200 lt.
“Mosca minadora” (Hydrellia sp.)	Regent (Fipronil)	40 cc.	400 cc.
“Gusano rojo” (Chironomus sp.)	Dantotsu (Clothianidin)	15 gr.	150 gr/cil/ha.
“Sogata” (Togamosodes oryzicolus)	Lesenta (Fipronil + Imidacloprid)	12.5 gr.	125 gr/cil/ha.
Cogollero (Spodoptera frugiperda)	Absolute 060 SC (Spinoteram)	10 cc.	100 cc/cil/ha.
	Provado Combi (Imidacloprid – Betacyfluthrin)	50 cc.	500 cc/cil/ha.
	Fastac 10 EC (Alfacipermetrina)	25 cc	250 cc.
	Betabaytroide 125 SC (Betacyflutrina)	25 cc	250 cc

Cuadro 3.9. Control químico de plagas en arroz

### Principales enfermedades

Las enfermedades que más han adquirido importancia en las últimas décadas, son las pudriciones estimuladas por el mayor uso de nitrógeno.

El siguiente cuadro muestra las principales enfermedades y su control apropiado de una enfermedad específica.



ENFERMEDADES	PRODUCTO	DOSIS	
		Mochila de 20 Lit.	Cilindro de 200 lt.
“PUDRICIÓN A LA VAINA (Rhizoctoniasis)  QUEMADO DEL ARROZ ( Piricularia oryzae)  FALSO CARBÓN (Ustilaginoidea virens)	Silvacur Combi 300 EC + Antracol 70 PM	50 cc. + 100 gr.	0.5 lt. + 1.0 kg.
	Homai	50 cc.	0.50 lt.
	Nativo 75 WG	25 gr.	250 gr.
	Juwel	80 cc.	0.8 lt.
BABA DE SAPO	Sulfato de Cobre	200 gr.	2.0 kg.

Cuadro 3.10. Control químico de enfermedades en arroz

### 3.9. Fertilización

Se realiza de acuerdo al análisis del suelo y al requerimiento del cultivo.

Los nutrientes que el cultivo de arroz requiere en altas cantidades son: el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Magnesio y Zinc [4].

### 3.10 Dispositivos de control

#### 3.10.1. El autómatas PLC

El primer PLC, presentado en 1970, fue desarrollado en respuesta a una demanda de GM Hydramatic (la división de transmisiones automáticas de General Motors) para un sistema de estado sólido que tuvo la flexibilidad de una computadora, pero que podía ser sistemático y mantenido por ingenieros y técnicos de planta. Estos primeros PLC´s tenían menos espacio que los relevadores, contadores, cronometradores, y otros

componentes de control que reemplazaron, y que ofrecieron flexibilidad en términos de su capacidad reprogramadora (fig. 3.5). El lenguaje de programación inicial, basado en los diagramas ladder de relés y los símbolos eléctricos comúnmente usados por electricistas, fue crucial para la aceptación en la industria para el PLC (fig. 3.6), porque los PLC's pueden ser programados en la lógica ladder de relés, es relativamente simple convertir diagramas eléctricos en programas para el PLC. Este proceso involucra a definir las reglas de operación para cada tema de control, convirtiendo estas reglas a la lógica ladder, e identificando y designando las salidas [5].

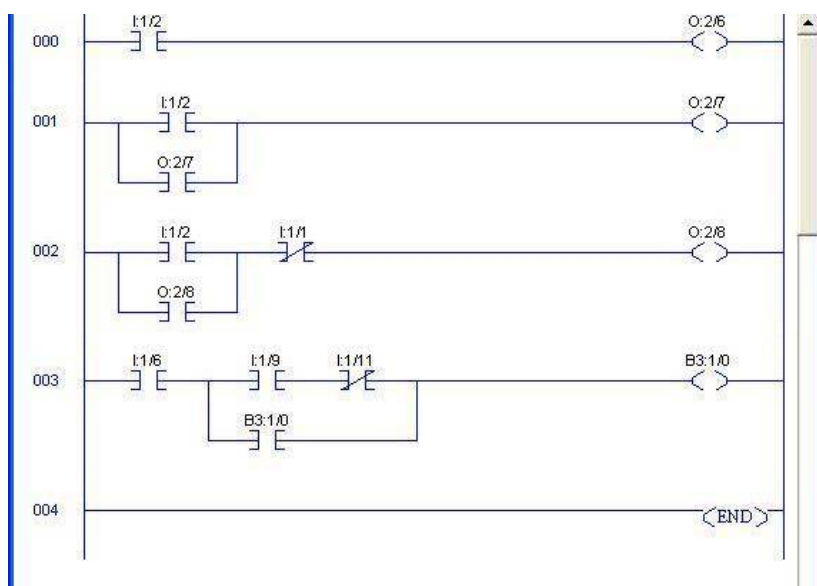


Figura 3.5. Lógica Ladder de relés

### Clasificación de los PLC

Los controladores programables pueden ser clasificados en dos categorías: fijos y modulares.

**Los controladores fijos**

Vienen como unidades autónomas con un procesador, suministro de potencia y un número de predeterminado de entradas y salidas discretas y análogas. Un controlador programable fijo puede tener componentes separados interconectables para la expansión, y es más pequeño, más barato, y más fácil de instalar.

**Los controladores modulares**

Son más flexibles, ofreciendo opciones para la capacidad de entradas/salidas (I/O), el tamaño de la memoria del procesador, entrada de voltaje, y tipo de comunicación. Originalmente, los controladores programables fueron usados en aplicaciones de control donde prevalecieron las I/O digitales. Fueron ideales para aplicaciones que fueron más secuenciales y más discretas que continuas en naturaleza. Con el paso del tiempo, se agregaron las capacidades analógicas y de proceso tales que el controlador programable se convirtió en una solución factible para innumerables aplicaciones de proceso de control. La evolución del controlador programable ha aumentado las opciones disponibles para los sistemas de control que tradicionalmente han confiado en tecnologías alternativas. Hasta la introducción del controlador de lógica micro-programable (micro-PLC) en la mitad de los 80's, los reveladores y las single-board computers (SBCs) ofrecieron de la manera más común para la aumentar la automatización en máquinas simples y menos procesos complicados. Si bien la funcionalidad del controlador programable tradicional a menudo beneficia una aplicación, el costo siempre no podría ser justificado. Si el costo no fue un asunto, un tamaño a menudo lo fue. Algunas veces aun los controladores programables pequeños

fueron simplemente demasiados grandes a encajar en el espacio ubicado para los controles eléctricos [5].

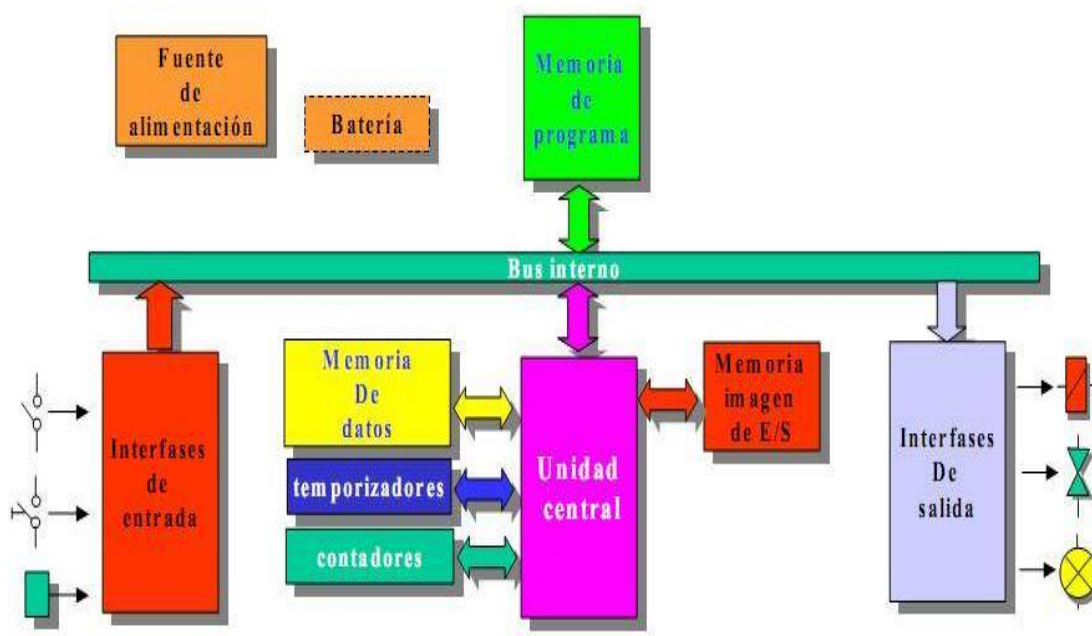


Figura 3.6 Componentes básicos del PLC.

No fue hasta que los micro-PLCs fueron introducidos al mercado, de tal manera que los controladores programables económicamente podrían responsabilizarse por las demandas de máquinas más pequeñas en una manera eficiente que los relevadores y las SBCs. Estos controladores fijos de entradas y salidas I/O son generalmente diseñados para manipular de 10 a 32 I/O en paquete que cuesta menos de \$300. Además, esta opción del controlador de bajo costo ha abierto la puerta para muchas pequeñas máquinas OEMs para aplicar control automatizado en lugares donde no fue factible en el pasado.





Hoy en día, gracias a la actual tecnología, podemos encontrar una gran variedad en lo que respecta a capacidad, tamaño, precios, y otros factores; pero todos con un fin particular, satisfacer la demanda del sistema de control automático.

### **Selección del dispositivo PLC**

Seleccionar un dispositivo PLC para una tarea determinada puede resultar una tarea engorrosa si no se tiene primero en cuenta algunos factores para su buen funcionamiento:

- Capacidad de memoria de programación
- Números de entradas y salidas al controlar
- Tipos de entradas y salidas al controlar (analógicas o digitales)
- Rango de temperatura de operación permitida para el PLC.
- Operación en ambientes húmedos y secos.
- Tipos de dispositivos, actuadores, transductores a controlar (válvulas, contactores, otros).

#### **3.10.2. Las válvulas de proceso de control**

La válvula de control, o elemento final de control, es el último dispositivo en el lazo de control. Esta toma una señal desde los instrumentos del proceso y actúa enseguida para monitorear el fluido del proceso. Las válvulas de control deben ser diseñadas para adecuar las necesidades y las características del fluido del proceso que monitorean.

#### **Selección de válvulas**



Escoger una válvula de control para una aplicación particular no es nada fácil. Para muchas aplicaciones, están disponibles una gran variedad de válvulas.

### **Criterios de selección general**

La mayor parte de las consideraciones que guía la selección del tipo de las válvulas es bastante básica. Sin embargo, hay materias importantes que se deben tener en cuenta por los usuarios. Una lista de comprobación incluye lo siguiente:

- Clasificación y límites de presión del cuerpo.
- Capacidad del tamaño y de flujo
- Características de flujo y rangeabilidad.
- Límites de temperatura.
- Perdidas de la válvula.
- Descenso de presión (la válvula y flujo)
- Requisitos de conexión
- Compatibilidad y durabilidad del material.
- Costo de ciclo de vida (vida útil).

#### **3.10.3. El HMI.**

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. La HMI representa el medio de interacción entre un usuario y un determinado hardware, para el caso de control de procesos la HMI, debe ser capaz de mostrar al usuario datos básicos de todo sistema de control de procesos, tales

como variable de proceso, variable de control y set point o variable de consigna, todo esto presentado a tiempo real, es decir en el momento mismo de la ejecución de las diferentes variaciones [6].

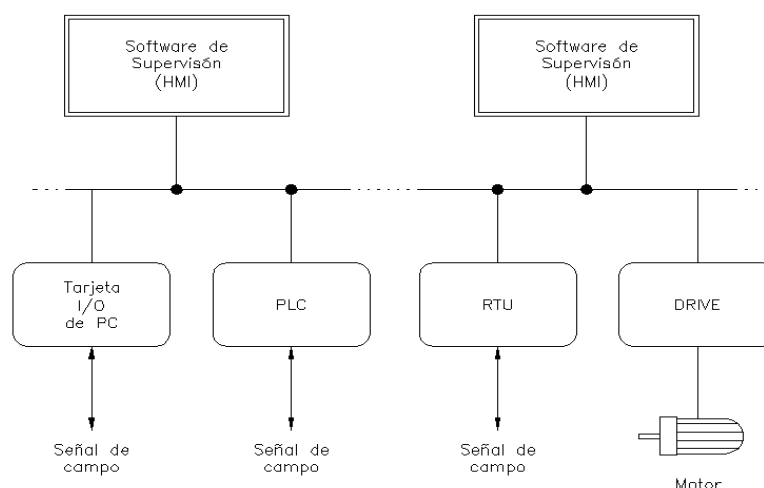


Figura 3.7. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI

### Tipos de HMI

- Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.
- Paquetes enlazados HMI. Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

### Funciones de un Software HMI

- Monitoreo. Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.



- Supervisión. Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- Alarmas. Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre- establecidos.
- Control. Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PLC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- Históricos. Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.[6]

### **Tareas de un Software de Supervisión y Control**

- ✓ Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- ✓ Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.
- ✓ Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados (mímicos).
- ✓ Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- ✓ Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.



- ✓ Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- ✓ Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

### **Tipos de Software de Supervisión y Control para PC**

- Lenguajes de programación visual como Visual C++ o Visual Basic. Se utilizan para desarrollar software HMI a medida del usuario. Una vez generado el software el usuario no tiene posibilidad de re-programarlo.
- Paquetes de desarrollo que están orientados a tareas HMI. Pueden ser utilizados para desarrollar un HMI a medida del usuario y/o para ejecutar un HMI desarrollado para el usuario. El usuario podrá re-programarlo si tiene la llave (software) como para hacerlo. Ejemplos son FIX Dynamics, Wonderware, PCIM, Factory Link, WinCC.

### **Como facilitan las tareas de diseño los paquetes orientados HMI/SCADA**

- Incorporan protocolos para comunicarse con los dispositivos de campo más conocidos. Drivers, OPC
- Tienen herramientas para crear bases de datos dinámicas
- Permiten crear y animar pantallas en forma sencilla,
- Incluyen gran cantidad de librería de objetos para representar dispositivos de uso en la industria como: motores, tanques, indicadores, interruptores, etc.

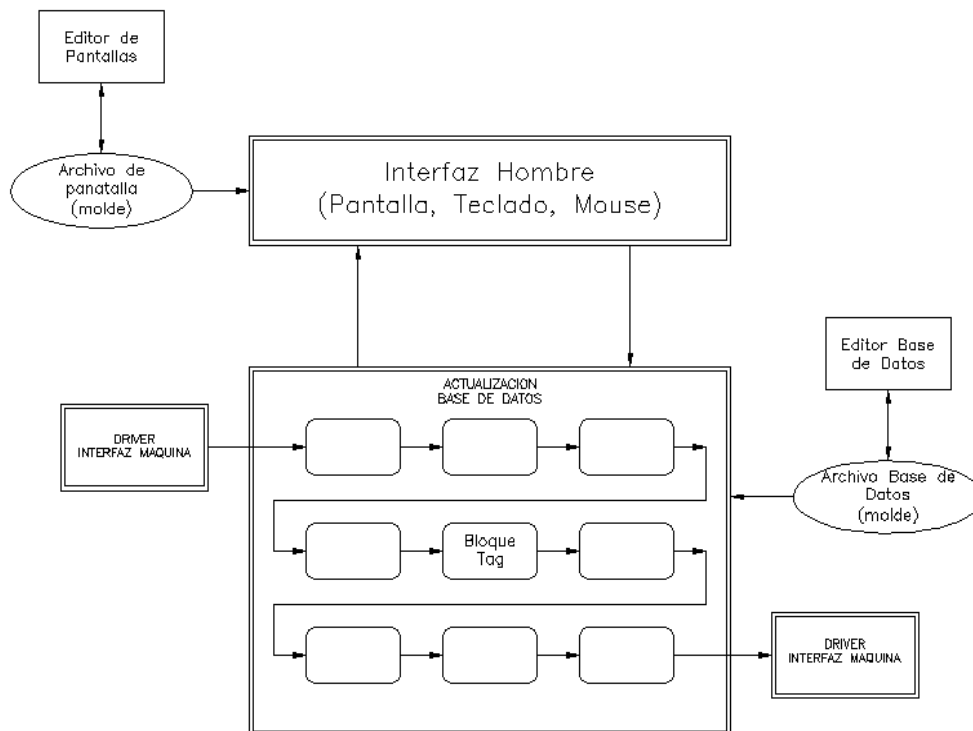


Figura 3.8. Estructura general del software HMI

### 3.10.4. Sensores de Control

#### 3.10.4.1. Control de nivel de agua con ultrasonido

Para lectura y visualización de la altura del nivel del agua en el tanque de mezcla se va a utilizar el Arduino de código abierto, como simulación del funcionamiento del sensor en nuestro sistema propuesto. Además de utilizar la tarjeta Arduino uno y el sensor ultrasónico, también utilizaremos una pantalla LCD de 16 x 2, y un buzzer que se activará cuando el nivel de agua supera el umbral.

**Arduino UNO Rev3 y Arduino Mega 2560**

Arduino es una plataforma electrónica abierta para la creación de prototipos y aplicaciones basadas microcontroladores, donde tanto el software como el hardware son libres, flexibles y fáciles de usar.

Arduino puede tomar información del entorno que el rodea través de sus pines de entrada, a los que se les puede conectar una amplia gama de sensores y transductores. También puede actuar sobre dicho entorno mediante sus pines o líneas de salida. Con ellas podemos controlar luces, motores, relés, altavoces y todo tipo de actuadores. El microcontrolador de la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino. Es un lenguaje de alto nivel basado en Wiring y con unas sentencias y sintáxis muy similares a las del lenguaje C. Arduino también dispone de un entorno de desarrollo basado en Processing, que permite la edición de un programa con el lenguaje Arduino, su verificación, su compilación y el volcado o grabación sobre el controlador. Dicho entorno es de código abierto y está disponible para plataformas Windows, Mac, Linux, etc. Una vez grabado un programa sobre la memoria del controlador, éste se ejecuta sin necesidad de estar conectado a un ordenador. Tenemos así un proyecto hardware/software totalmente autónomo e independiente [9].

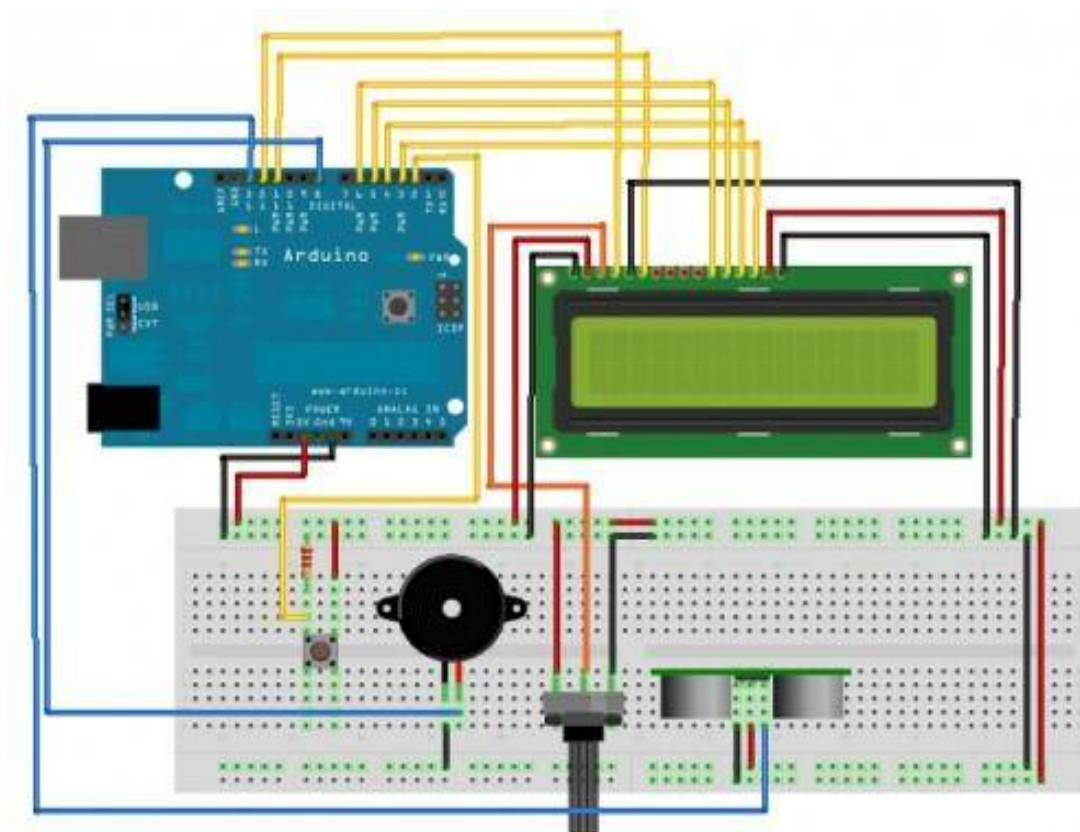


Figura 3.9. La tarjeta Arduino con la lógica de funcionamiento y su conexión

El sensor ultrasónico, como ya hemos mencionado, se compone de varias partes. Un sensor de sonar para ser colocado en la parte superior del tanque (a una distancia segura desde el nivel del agua) que apunta hacia abajo con el fin de medir la distancia entre el punto de colocación (en nuestro caso, el punto más alto del tanque) y la superficie del agua. Tomando una simple diferencia entre cantidades conocidas: la distancia entre el fondo y la medición de leer desde el sensor, se obtiene la altura de la superficie del agua. Conociendo la superficie del tanque también es fácil calcular el volumen de agua presente. A intervalos predeterminados Arduino lee las distancias y muestra la altura y el volumen de agua en el tanque.



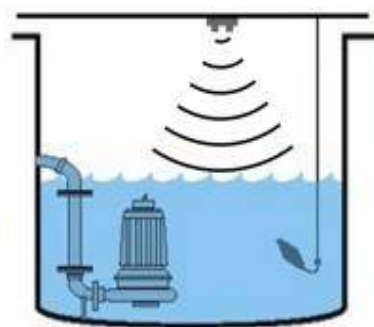


Figura 3.10. El display y su posicionamiento del sensor ultrasónico

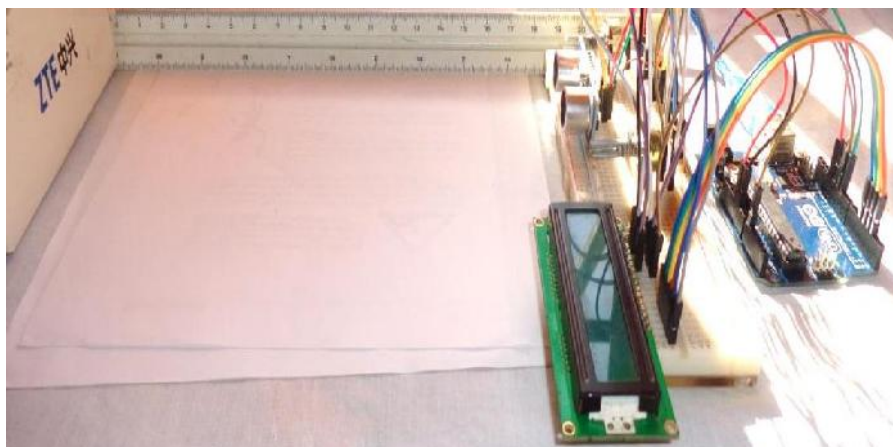


Figura 3.11. Pruebas del funcionamiento del sensor antes de ser colocado al tanque.

Si el nivel excede un umbral de advertencia primero activa el timbre o un led de alarma para que suene poco a poco, si el nivel excede el umbral del segundo, que aumenta la frecuencia de llamada hasta que el nivel se reduzca por debajo del umbral, se desactivara manualmente el timbre a través de un botón.

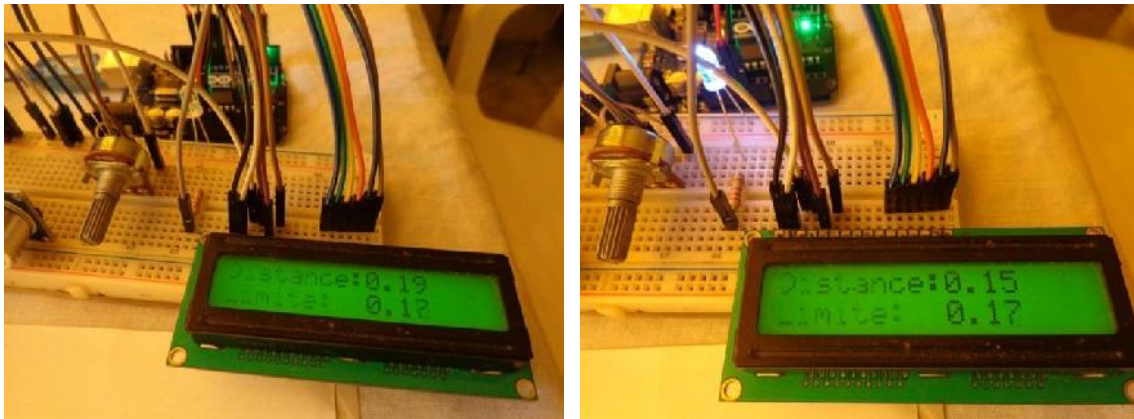


Figura 3.12. Pruebas del funcionamiento del umbral

### FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR ULTRASÓNICO DE DISTANCIA PING

El sensor PING posee solamente tres terminales, dos de las cuales son para la alimentación de voltaje (VDD y GND) y la tercera (SIG) es usada para la comunicación bidireccional con el microcontrolador.

La comunicación con el sensor es realmente muy simple. Una vez que se ha entendido el protocolo, es fácil implementarlo [10].

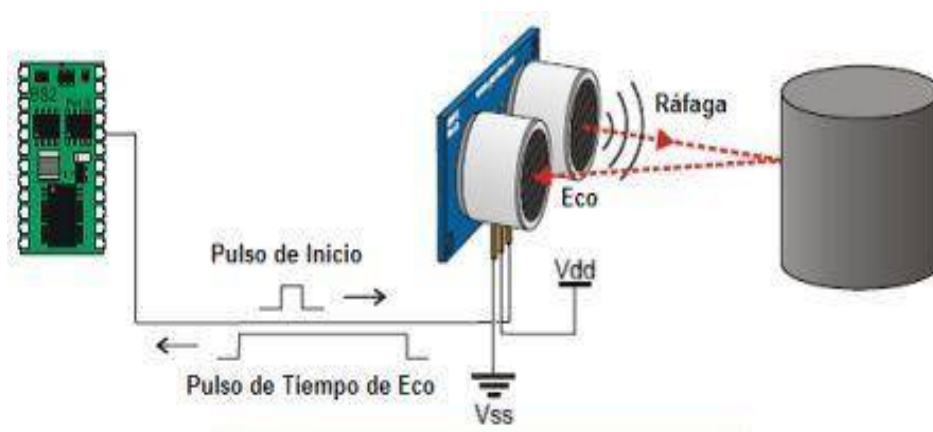


Figura 3.13. Cómo funciona el Sensor Ultrasónico PING

## PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

El sensor PING detecta objetos mediante la emisión de una ráfaga ultrasónica y luego “escucha” el eco de retorno.

Bajo el control de un microcontrolador, el cual debe enviar un pulso corto de disparo, el sensor emite una corta ráfaga ultrasónica a una frecuencia de 40 KHz. La ráfaga viaja a través del aire, choca con un objeto y luego rebota hacia el sensor. El sensor PING provee un pulso de salida al microcontrolador, que inicia cuando la ráfaga es enviada y termina cuando el eco es detectado, de ahí que la longitud del pulso corresponda con la distancia al objeto [10].

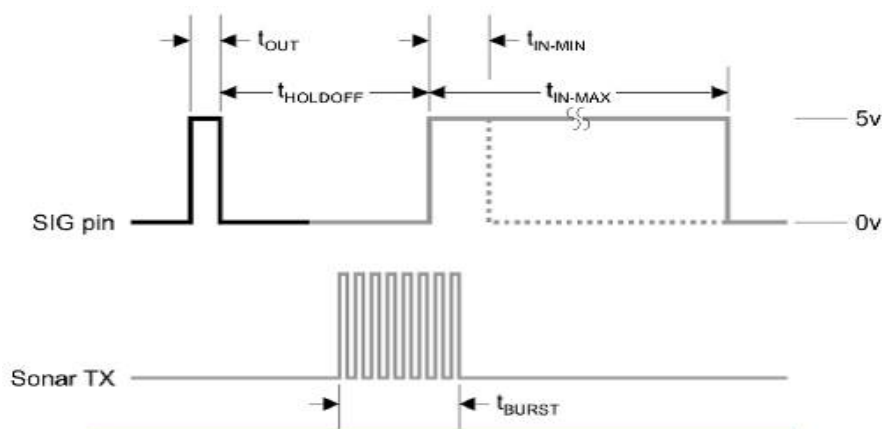


Figura 3.14. Protocolo de Comunicación del Sensor

### 3.10.4.2. Control de pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias. En nuestro caso es de suma importancia medir el pH del agua, ya que en esta zona donde se



realiza el estudio, el pH es de 7,6- 7,9. Más aun cuando el agua es extraída del subsuelo, el pH varía (7,8-8,2), esta son conocidas como agua dura, por contener gran cantidad de sales.

### **AGUA DURA**

Se conoce como agua dura aquella que contiene un alto nivel de minerales, concretamente de sales de magnesio y calcio. Este tipo de aguas suelen ser las subterráneas en suelos calcáreos, que elevan los niveles de cal y magnesio, entre otros.

Estos minerales son los que dificultan que otras sustancias se disuelvan correctamente en el agua, como puede ocurrir en el caso del jabón a la hora de lavar la ropa. Asimismo, las aguas duras dejan más residuos, por ejemplo la cal en desagües y tuberías, provocando así problemas en el hogar. Es por este motivo que en las zonas geográficas con aguas duras, se recomienda usar productos que eviten la formación de cal.

Al ser alcalina o muy alcalina el agua, hace que no haya una buena concentración de los productos o que la mezcla no sea perfecta, es por esta razón que al inicio de toda preparación o mezcla, el agricultor antes de verter los insecticidas en el tanque de mezcla, vierte un regulador de agua.

### **DISPOSITIVOS DE MEDICION**

Al igual que en el sensor de nivel de agua, utilizaremos la tarjeta Arduino para simular y medir el pH del agua que se va a utilizar para la mezcla. Además de la tarjeta Arduino se utilizara una tarjeta controladora, una sonda o electrodo y una pantalla LCD.



Figura 3.15. Tarjeta controladora y sonda de pH.

El kit permite medir de forma sencilla el pH de un líquido gracias a su placa controladora que ofrece un valor analógico proporcional a la medición. El controlador tiene un potenciómetro multivuelta que permite la correcta calibración de la sonda.

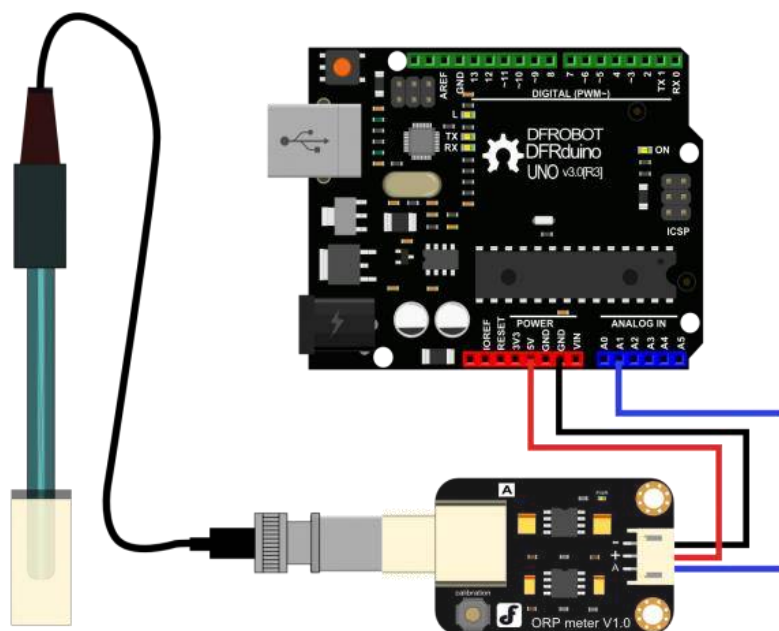


Figura 3.16. La conexión correcta de la tarjeta Arduino con la tarjeta controladora y el sensor.

## SENSOR PH DE ATLASSCIENTIFIC

Una de las opciones más cómodas y sencillas de poder medir el PH de una solución líquida es utilizar el sensor de Atlas Scientific.

Pese a todo esto merece la pena utilizarlo, para poder medir el PH necesitamos varios componentes, una sonda de PH, un conector BNC hembra y el sensor de PH.

## CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO DE PH

La salida del electrodo de pH es en milivoltio, y es de alta impedancia.

Al realizar las pruebas notamos que el pH del agua, el cual vamos a utilizar para la mezcla es de 8.36.

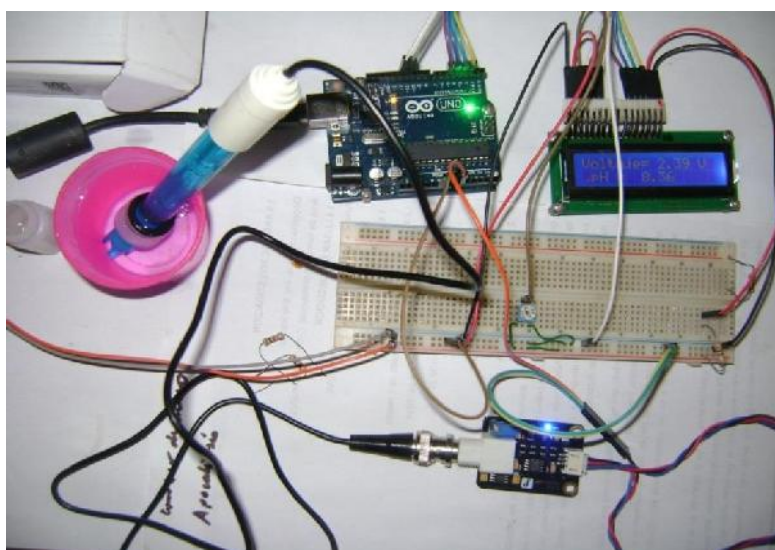


Figura 3.17 Medición del pH del agua del fundo Santa Rosa.

Y al agregarle la dosis adecuada del regulador de agua, observamos que el pH desciende a 7.2



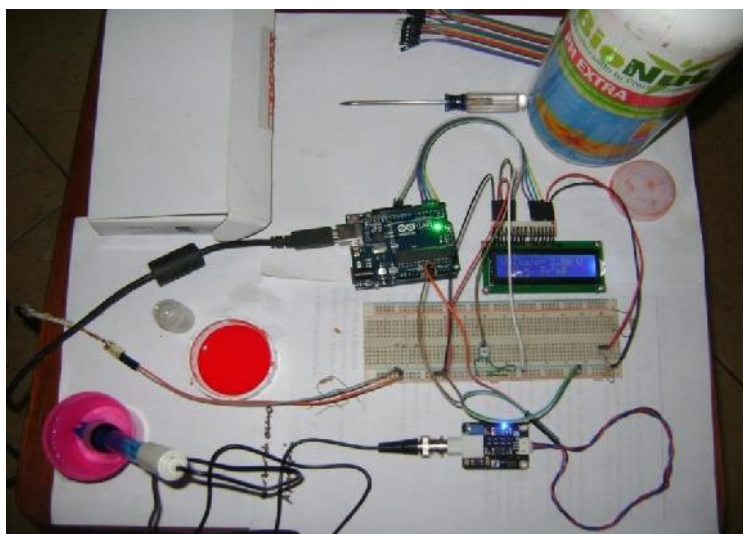
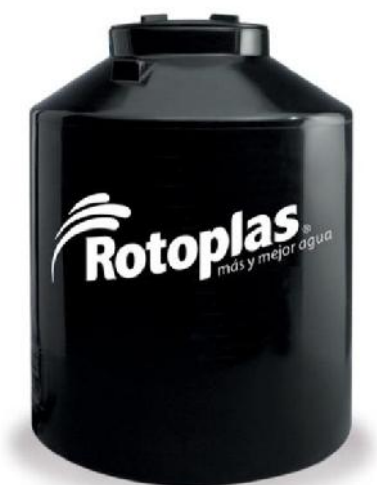


Figura 3.18. Cambio del pH del agua al agregarle el regulador.

### 3.11. Tanque para la Mezcla.

El tanque que se va utilizar para la mezcla es de marca rotoplast de 1100 lts. Este tanque equivale a 5 tanques o cilindros de 200 lts que utiliza normalmente el agricultor para mezclar sus productos. Un tanque de 200 lts alcanza para fumigar una hectárea aproximadamente.

Cabe mencionar que en este tanque se le acondicionara un sensor de nivel ultrasónico y también el sensor de pH para controlar y mejorar la concentración de los productos químicos respectivamente.



Tanque que se va utilizar para el mezclado



Tanque de 200 lts. que utiliza comúnmente el agricultor en la preparación de los productos químicos.

### Características

Estos tanques vienen listos para instalar y completamente equipados con los mejores accesorios.

- ✓ Tanque de agua rotoplas bicapa.
- ✓ Capacidad 1100 litros.
- ✓ Color negro.
- ✓ Diámetro 1.10 mts.
- ✓ Alto 1.39 mts.
- ✓ Vida útil 35 años.
- ✓ Diámetro de la boca 18 pulg.





**Tapa:** Impide la entrada de insectos e impurezas, evita que el viento se la lleve, su apertura y cierre no requiere de herramientas, fácil de accionar, de acople perfecto.

**Capa blanca:** Su constitución esponjosa, le confiere la resistencia y el aislamiento térmico necesarios para conservar la temperatura del agua y no producir ruidos al llenarse.

**Capa negra:** Garantiza la opacidad del interior del tanque necesario para evitar la fotosíntesis (desarrollo de algas y verdín) microorganismos y bacterias asociadas. Contiene aditivos para evitar el envejecimiento y la exposición a la intemperie.

**Capa arena:** Esta es una capa de alta resistencia al envejecimiento, que además de dar mayor duración al tanque, reduce la absorción de rayos. Filtro de sedimentos (opcional): Exclusivo filtro de sedimentos. Elimina sedimentos haciendo el agua más cristalina [7].

### **3.12 Silos o depósitos para los Insecticidas**

El sistema estará conformado por los 6 silos de forma cónica, diseñados para contener los insumos químicos que serán vertidos en el tanque de mezcla. Estos silos fueron hechos con un material de acero inoxidable que tendrá una capacidad de almacenar 15 Lts.

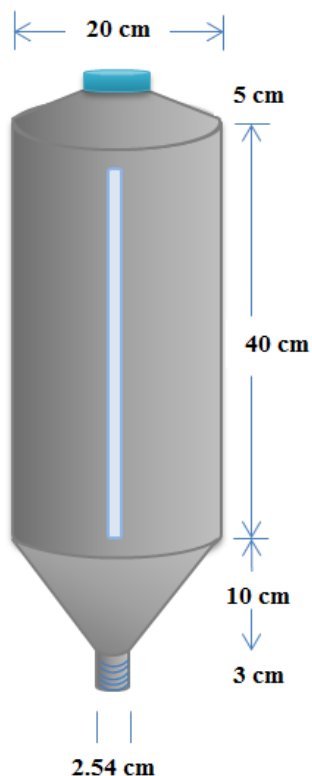


Figura 3.19. Diseño del contenedor de insecticidas (líquidos)

### 3.13. Dosificador de insecticidas sólidos.

El sistema estará conformado por los 2 silos de forma de embudo, diseñados para contener los insumos químicos (polvos solubles), que serán vertidos en el tanque de mezcla. Estos silos fueron hechos con un material de acero inoxidable con un motor 24 VDC acoplados con un sinfín.

La capacidad aproximada del silo es de 6.5 Kg aproximadamente.

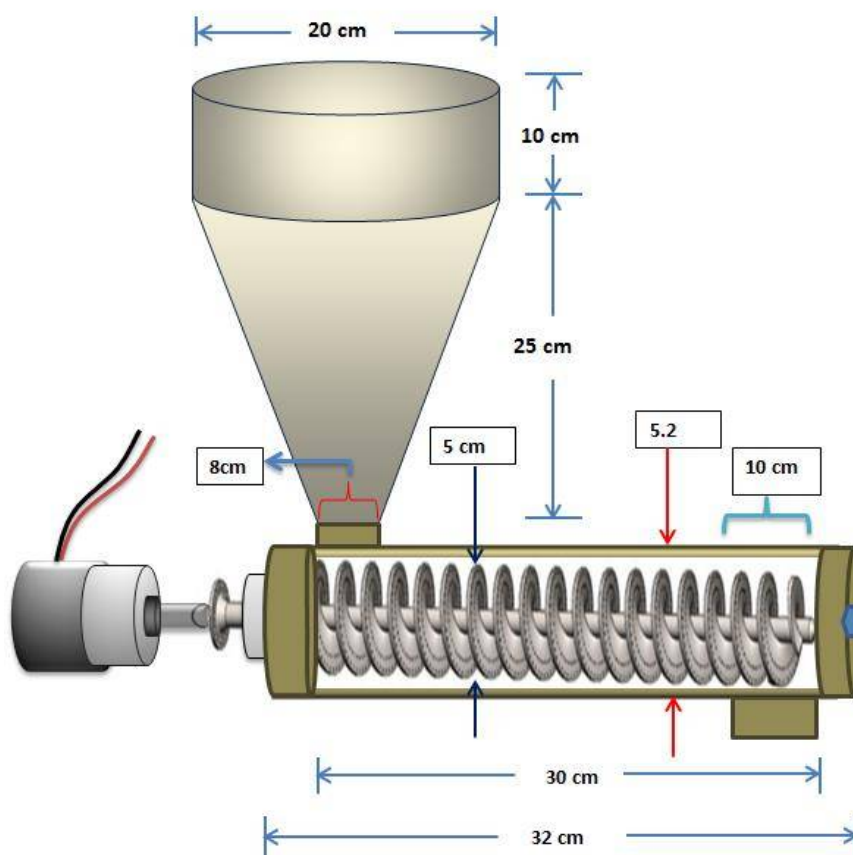


Figura 3.20. Diseño del contenedor de insecticidas (sólidos).

### 3.14. Electrobomba para el llenado del tanque

Es una electrobomba Periférica Monofásica 220Vac 1,5HP PKm100 Pedrollo recomendada para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos.

Por su confiabilidad, simplicidad en el uso y por su ventaja económica, es apta para el uso industrial y en particular para la distribución del agua acopladas a pequeños tanques de presión, para irrigación de huertos y jardines y/o uso agrícola.



### Características técnicas

Atributos	Detalle
Amperaje	9 A
Diámetro entrada	1 pulgada
Diámetro descarga	1 pulgada
Presión máxima	8 Bar
Potencia	1.5 HP
Tipo bomba	Periférica
Caudal	5 - 70 lt/min

La electrobomba que se va utilizar para el llenado del tanque es un equipo de marca Pedrollo modelo PKM 100 (220 VAC). Elegido de acuerdo a la potencia eléctrica y al caudal que proporciona (vea más detalle en el apéndice D)

### 3.15. Electrobomba utilizada para la dosificación de los insecticidas

Esta electrobomba es usada para dosificar la cantidad de plaguicidas (líquidos) en lts., que será vertida en el tanque de mezcla. La bomba será comandada por el PLC, ésta actuara según el parámetro asignado en el HMI; y además actuara en tiempos determinados según la cantidad de líquido (insecticidas) a requerir.



#### Características técnicas

- ✓ Tensión nominal: 24V DC.
- ✓ Corriente Nominal: 1050mA.
- ✓ Caudal: 600 L/h.
- ✓ Temperatura de trabajo: 0° C - +100° C.
- ✓ Tipo de bomba: Centrífuga.

La electrobomba que se va utilizar para la dosificación de los plaguicidas es un equipo de marca Brand New#D\_H modelo TK0410#D\_H. Elegido de acuerdo a la potencia eléctrica y al caudal que proporciona.



### **3.16. Agitador usado para la mezcla**

#### **3.14.1. Agitador**

Un agitador o mezclador, es un dispositivo que se utiliza para mezclar líquidos o preparar disoluciones o suspensiones. La agitación se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquiera un movimiento circulatorio en el interior de un recipiente. Los objetivos de la agitación pueden ser:

- ✓ Mezcla de dos líquidos miscibles (ej: alcohol y agua)
- ✓ Disolución de sólidos en líquido (ej.: azúcar y agua)
- ✓ Mejorar la transferencia de calor (en calentamiento o enfriamiento)
- ✓ Dispersión de un gas en un líquido (oxígeno en caldo de fermentación)
- ✓ Dispersión de partículas finas en un líquido
- ✓ Dispersión de dos fases no miscibles (grasa en la leche)

Generalmente el equipo consiste en un recipiente cilíndrico (cerrado o abierto), y un agitador mecánico, montado en un eje y accionado por un motor eléctrico. Las proporciones del tanque varían ampliamente, dependiendo de la naturaleza del problema de agitación. El fondo del tanque debe ser redondeado, con el fin de eliminar los bordes rectos o regiones en las cuales no penetrarían las corrientes del fluido. La altura del líquido, es aproximadamente igual al diámetro del tanque.

#### **3.14.2. Clasificación de los agitadores**

Los agitadores se dividen en dos clases:

- ✓ **Agitadores de flujo axial:** Los cuales generan corrientes paralelas al eje del agitador
- ✓ **Agitadores de flujo radial:** Dan origen a corrientes en dirección tangencial o radial.

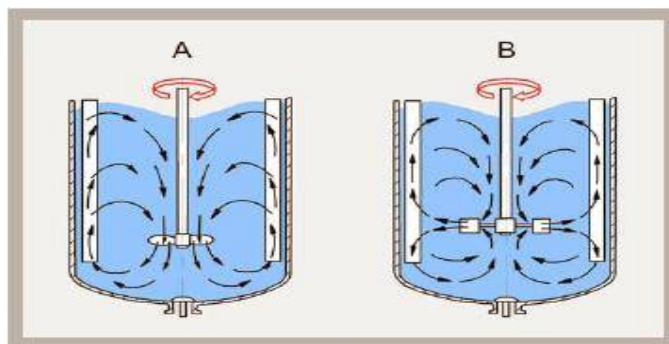


Figura 3.21. Campos de elevación en el depósito de agitación con agitación axial (A) y radial (B)

### 3.14.3. Tipos de agitadores

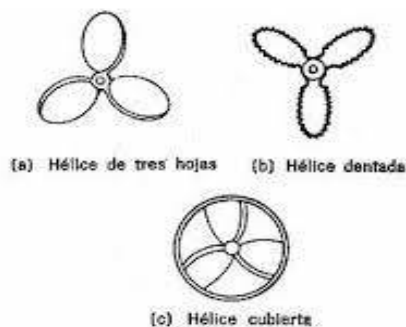
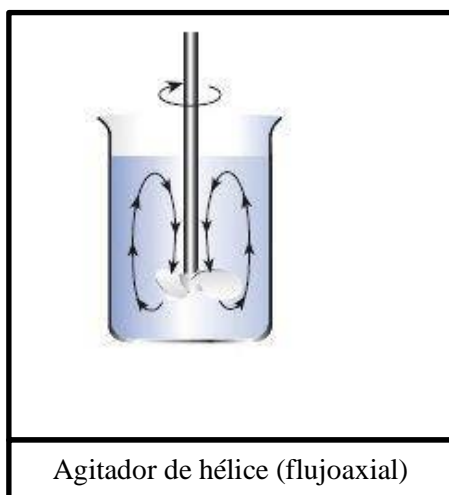
Los tres tipos principales de agitadores utilizados en la industria son:

- ✓ De Hélice
- ✓ Paletas
- ✓ Turbina

#### Agitadores de hélice

Son de flujo axial y operan con velocidades elevadas. Son empleados en líquidos poco viscosos. Los agitadores más pequeños giran a 1.150-1.750 rpm y los más grandes giran a 400-800 rpm. Los agitadores de hélice más pequeños, giran a toda la velocidad del motor. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque. Las palas de la hélice cortan o friccionan vigorosamente el líquido. Debido a

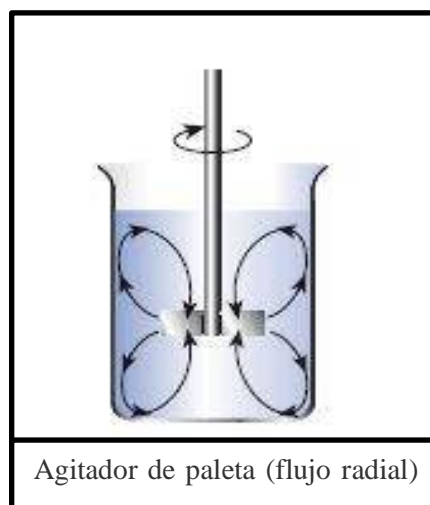
la persistencia de las corrientes de flujo, los agitadores de hélice son eficaces para tanques de gran tamaño.



### Agitadores de paletas

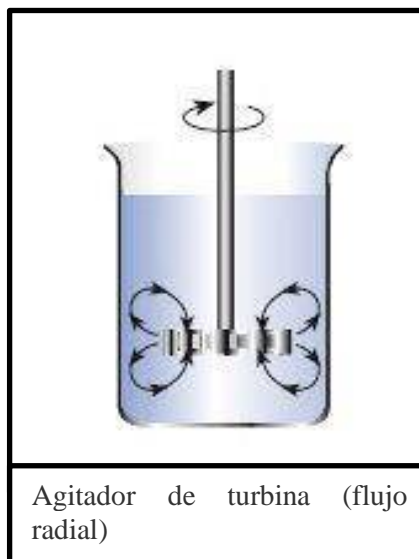
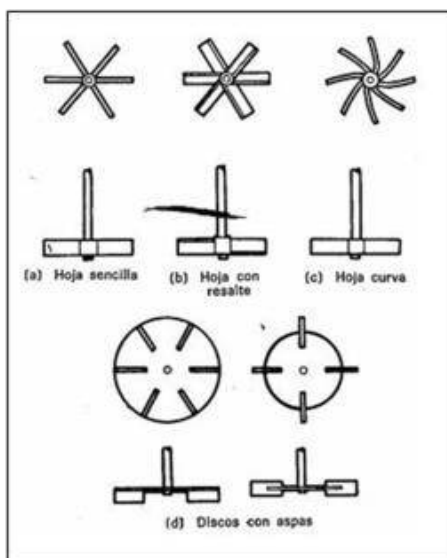
Para problemas sencillos, un agitador eficaz está formado por una paleta plana, que gira sobre un eje vertical, formados por dos y 3 paletas. Giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque, la velocidad está comprendida entre 20 y 150 rpm, impulsando al líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas. Las corrientes de líquido que se originan se dirigen hacia la pared del tanque y después siguen hacia arriba o hacia abajo. Un agitador de este tipo se conoce como agitador de ancla. Generalmente trabajan conjuntamente con un agitador de paletas de otro tipo, que se mueve con velocidad elevada y que gira normalmente en sentido opuesto.





### Agitadores de turbina

La mayor parte de ellos se asemejan a agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque. Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El rodete puede ser abierto, semicerrado o cerrado. Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado.



### 3.15. Mezclado

La mezcla es una de las operaciones más importantes en la ingeniería de bioprocesos, cuyo objetivo principal es que un fluido sea más uniforme, eliminando gradientes de concentración, temperatura y otras propiedades. El mezclado se da al intercambiar material entre diferentes localizaciones para producir homogeneidad entre los componentes. Para que ésta sea efectiva, el fluido impulsado por el rodete debe recorrer todo el recipiente en un tiempo razonable, además, la velocidad del fluido impulsado por el rodete debe ser suficiente para arrastrar al material hacia las partes más alejadas del tanque y formar turbulencias.

El diseño de la agitación se ve influenciado desde dos perspectivas: el grado de homogeneidad y el tiempo de mezcla. Ya que el resultado de la mezcla nunca es perfecto, el grado de homogeneidad depende de la calidad deseada en el producto final, y el tiempo relacionado con la potencia requerida en la agitación depende del grado de homogeneidad, así como del rendimiento.

### 3.16. Agitador vertical lento usado para la mezcla

#### Agitador lento pvc para depósitos dosificadores [70 rpm]

Agitadores eléctricos con motor trifásico o monofásico y brida de fijación. Especialmente realizados para el montaje en depósitos serie SER. Materiales en contacto con el líquido: PVC atóxico. Velocidad: 70 rpm. Motor: Trifásico o monofásico (vea más detalle en el apéndice D).

- **Agitadores Lentos.**

AGITADORES LENTOS (70 rpm)			
Material	Longitud Eje (mm)	Diámetro hélice (mm)	Motor (kw)
PVC AISI316	600	150	0,13
	800		
	900	220	
	1100		



## Capítulo 4

# DISEÑO DE SISTEMA

### 4.1. Diseño de control

El diseño de control para el sistema propuesto tiene como principal dispositivo al PLC, el cual controlara todo el proceso de Dosificación y Mezclado. La siguiente figura muestra cómo estarán distribuidos todos los dispositivos que componen el sistema de control al PLC.

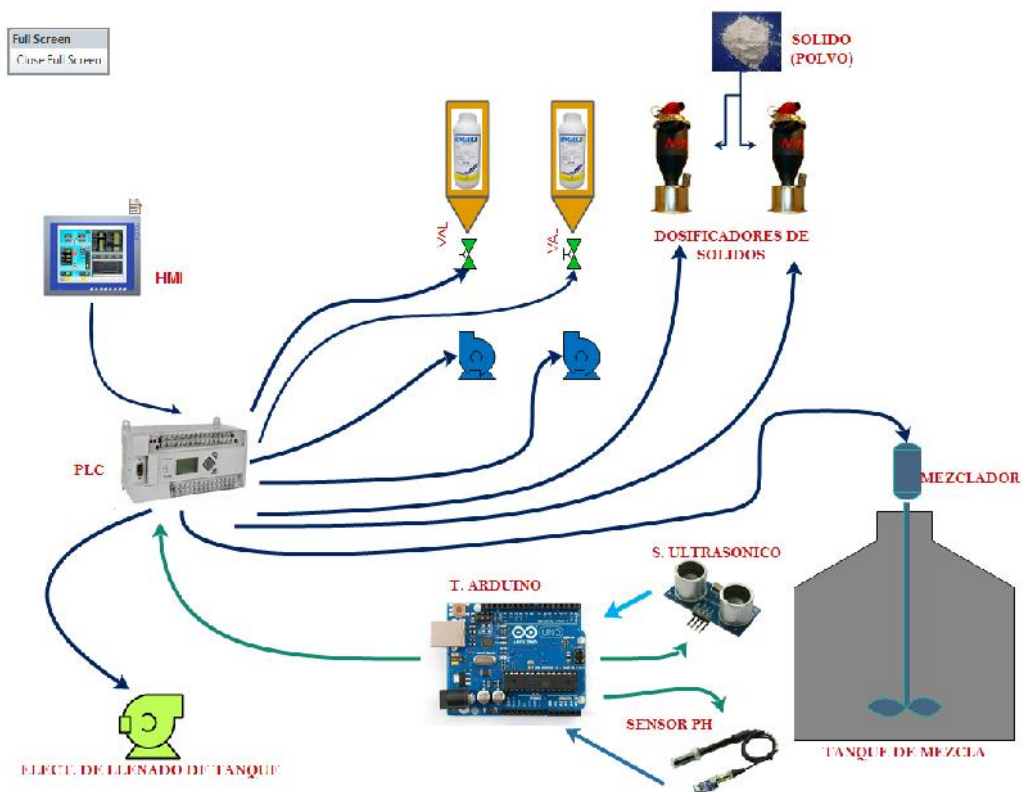


Figura 4.1. Todos los dispositivos que forman parte del sistema de control automático.



## 4.2. Selección de dispositivos del sistema.

### 4.2.1. Selección del PLC.

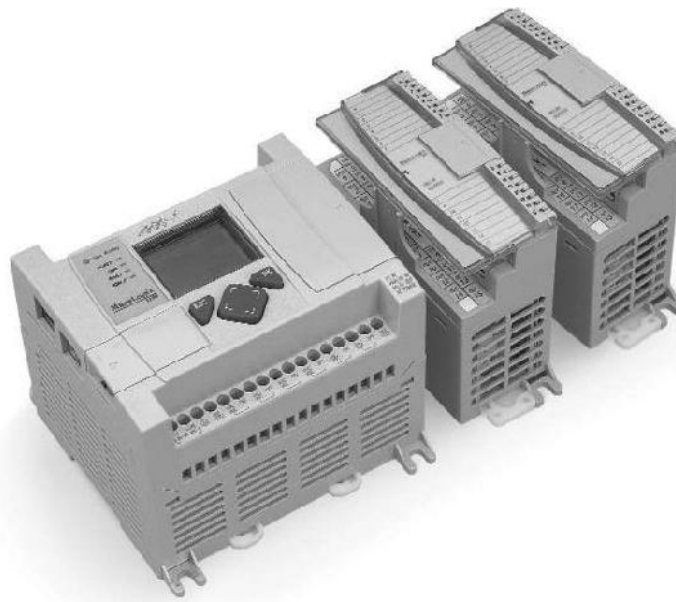
Los requerimientos mínimos para la elección del PLC se señalan a continuación:

- Alimentación a monofásica 220 VAC +/- 10%, o a tensión continua 24 VDC o 12 VDC
- 8 Salidas digitales (6 electroválvulas + 2 motores para dosificador de solido)
- 1 Entrada analógicas 4-20mA/ 0-10V (sensor de nivel)
- Conexiones para el proceso en forma manual
- Pantalla de visualización donde se digitara la cantidad de dosis para dicho proceso.
- Capacidad para módulo de expansión.
- Fácil acceso manipulación del sistema.
- Puerto de comunicación estándar RS232, RS485.
- Soporte de temperatura ambiente entre 15° a 30° C.
- Soporte de humedad máx. de 75.5 %.

El PLC seleccionada corresponde a un controlador marca rockwell automations 1763-L16BWA (vea mas detalle en el apéndice D).



El PLC dispondrá de un adaptador para módulo de expansión 1762-OW16, con el propósito de conectar las electroválvulas, electrobombas, ya que estos cuentan con salidas digitales. (Vea más detalles en el apéndice D)





#### 4.2.2. Selección del HMI.

Los requerimientos mínimos para la elección del HMI para entrada de data y visualización del proceso se señalan a continuación:

- Alimentación a tensión continua 20.4VDC a 28.8VDC
- Tamaño de display 3,5 pulgadas
- Fácil acceso de manipulación al sistema.
- Puerto de comunicación RS485, RS232, RJ45, Serial, USB
- Rango de temperatura de funcionamiento 0°C a +50°C
- Protocolo de comunicación Modbus, Uni-TE and Modbus TCP/IP
- Soporte de humedad máxima 0...85%.

El HMI es un dispositivo marca Schneider Electric modelo Magelis STU 655 cuya finalidad es ingresar los datos de la cantidad de dosis y visualización de dicho proceso. A su vez cuenta con un software Vijeo Designer para la configuración y la programación de paneles de operador MAGELIS de la marca SCHNEIDER ELECTRIC. (Vea más detalles en el apéndice D).

#### 4.2.3. Selección de electroválvulas.

Los requerimientos mínimos para la elección de las electroválvulas para el sistema de dosificación se señalan a continuación:

- ✓ Alimentación de acuerdo al voltaje de salida del PC
- ✓ N/C – 2/2 vías.
- ✓ Material del cuerpo es de acero inoxidable
- ✓ Temperatura de funcionamiento: -5 – 180oC.
- ✓ Tamaño de puerto: G ½”.



La válvula elegida es un actuador de marca UNI - D Modelo 2L170-15, de accionamiento 2/2 vías y con bobina separada de 24 VDC (Vea más detalles en el apéndice D).

#### **4.2.4. Selección del sensor.**

##### **4.2.4.1. Sensor de distancia por ultrasonidos PING (Sensor ultrasónico)**

Este sensor PING de Parallax es ya un clásico y no puede faltar en ningún proyecto de robótica. Funciona como un sonar mediante ultrasonidos y es capaz de detectar objetos a una distancia de entre 2 centímetros a 3 metros. Dispone de un indicador LED y tan sólo requiere de un pin para su funcionamiento.

El sensor envía ultrasonidos por un lado y mide el tiempo de rebote del sonido. En su pin de salida podremos medir el ancho de pulso PWM en función de la distancia del obstáculo. Es muy sencillo hacerlo funcionar con un Arduino, PIC o cualquier otro microcontrolador. (Vea más detalles en el apéndice D)

#### **Características**

- ✓ Dimensiones del circuito: 43 x 20 x 17 mm



- ✓ Tensión de alimentación: 5 Vcc
- ✓ Frecuencia de trabajo: 40 KHz
- ✓ Rango máximo: 4.5 m
- ✓ Rango mínimo: 1.7 cm
- ✓ Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL): 10  $\mu$ S.
- ✓ Duración del pulso eco de salida (nivel TTL): 100-25000  $\mu$ S.
- ✓ Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra 20  $\mu$ S.

**Pines de conexión:**

- ✓ VCC
- ✓ Trig (Disparo del ultrasonido)
- ✓ Echo (Recepción del ultrasonido)
- ✓ GND

**Distancia** =  $\{(\text{Tiempo entre Trig y el Echo}) * (\text{V.Sonido } 340 \text{ m/s})\} / 2$

El sensor seleccionado es un ultrasónico para tarjetas Arduino modelo HC- SR04 con una Señal de salida: señal de frecuencia eléctrica, 5V de alto nivel, bajo nivel de 0V (Vea más detalles en el apéndice D).



#### 4.2.4.2. Especificaciones del pH meter V1.0

El sensor de pH tiene que ser capaz de cumplir con los requerimientos señalados a continuación:

- ✓ Rango de medición: 0-14PH
- ✓ Temperatura de medición: 0-40 °C
- ✓ Precisión:  $\pm 0.1$  pH (25 °C)
- ✓ Tiempo de respuesta:  $\leq 1$  min
- ✓ Power Module: 5.00V

El sensor de pH seleccionado es un control de pH para líquidos de marca SKU modelo SEN0161, en el cual viene tarjeta Arduino para simular y medir el pH del agua que se va a utilizar para la mezcla. Además de la tarjeta Arduino se utilizara una tarjeta controladora, una sonda o electrodo y una pantalla LCD (Vea más detalles en el apéndice D).



### **4.3. Selección de los dispositivos de alimentación y protección.**

#### **4.3.1. Alimentación.**

La alimentación del sistema (PLC, HMI, electrobomba agitador) estará alimentada por la misma red monofásica, así como también para las electroválvulas y electrobombas estarán conectadas por medio de una fuente de alimentación de 24 VDC 15 Amp.

#### **Fuente de alimentación 24V DC/ 15 Amp.**

Esta fuente alimentara a las electroválvulas y electrobombas para la dosificación.

#### **Características técnicas:**

- Voltaje de entrada: 110V/220V  $\pm$  15%.
- Voltaje de salida: 24V DC.
- Corriente de salida: 0 ~ 15.0Amp. 360W
- Material: Caja de metal / base de aluminio.
- Protección: Protección de sobrecarga, Protección de sobre voltaje.
- Temperatura de trabajo: 0 ~ 40 °C.





La fuente de alimentación, está protegida contra cortocircuitos y sobrecargas. Corriente de trabajo máxima 15 Amp. (24V), su amplio margen de tensiones de entrada permite que sus instalaciones LEDs estén protegidas contra las fluctuaciones existentes en la red de suministro eléctrico, el margen de tensión de entrada permite trabajar entre los 100 V y los 250 V. De construcción totalmente metálica, y reducido tamaño, posibilita instalaciones altamente competitivas.

Todas las conexiones son efectuadas mediante fichas de ajuste con tornillo, lo que permite una segura y fácil instalación, una característica destacable de esta fuente de alimentación es el ajuste fino de la tensión de salida, lo que permite compensar las pérdidas de luminosidad de los leds, provocadas por los trazados de cables (para más detalles véase el apéndice D).

#### 4.3.2. Tablero eléctrico.

El tablero eléctrico que controla el sistema de dosificación y mezclado, se fabricará en caja metálica tamaño estándar, con elementos de operación y control visibles montados frontalmente, este contará con:

EQUIPO	CANT	REFERENCIA
PLC	1	1763-L16BWA
MOD.ADAP/DIGITAL	1	1762-OW16
HMI Magelis	1	STU 655
FUENTE 24 VDC/15 Amp.	1	SF24G-5



CONTACTORES 9 Amp.	10	ABB 3P
TERMOMAGNÉTICOS	2	MERLIN 24353
DIFERENCIAL 16 Amp.	1	MERLIN 16265
CABLE FLEXIBLE THW	100	AWG14
CABLE DE CONTTROL	100	GPT18
ARMARIO	1	AMPV1A

Cuadro 4.1. Listado de Equipos para el proceso de control.

#### 4.4. Configuración y programación del PLC.

La operación del sistema de control automático para la dosificación se realizará en una pantalla HMI ya que se encuentran intercomunicados con el PLC, en el cual accionarán electrobombas, electroválvulas y además recibirá información de los sensores.

##### 4.4.1. Ladder del sistema de control automático.

Si bien es cierto, el diagrama Ladder mostrado a continuación solo es una parte de todo el programa en sí, aquí, lo que se busca es demostrar que puede ser implementado y programado sin ninguna dificultad por lo tanto funciona correctamente cuando llegue la hora de su ejecución.



#### **4.4.2. Diseño del proyecto está dividido en cuatro etapas.**

##### **4.4.2.1. Etapa 1: Control del nivel de agua y medición del pH en el tanque de mezcla.**

- ✓ El llenado del tanque de agua, se realiza cuando enviamos a través del panel HMI cierto parámetro; es decir indicando la cantidad de líquido que se depositará en el tanque para posteriormente realizar el mezclado con los productos químicos.
- ✓ Después del ingreso de dicho parámetro se procede a su activación de la electrobomba1, para su respectivo llenado.
- ✓ Mediante un sensor ultrasónico hará el proceso de apagado de la electrobomba1 cuando esta compare con el parámetro ya mencionado.
- ✓ Realizado todo esto se procede a la medición del pH para luego indicarle al proceso la cantidad de regulador de agua (producto químico) que se va verter en el tanque.

##### **4.4.2.2. Etapa 2: Control de insumos (dosificación de los productos químicos)**

- ✓ Este sistema de control iniciará neutralizando la cantidad de agua vertido en el tanque es decir un pH de 7 – 7.2.
- ✓ Por cada producto químico se le asignará cierto parámetro en el panel HMI que posteriormente esta información ingresará al PLC y esta accionará las electroválvulas y electrobomba que verterán en el tanque de mezcla la cantidad de líquido(insecticida) requerido.
- ✓ La dosificación se hace en proporción del tiempo y cantidad del producto químico.



#### 4.4.2.3. Etapa 3: Mezclado de productos químicos.

- ✓ Este proceso se inicia después de haber vertido en el tanque el regulador de agua y seguirá mezclando 30 segundos después de haber culminado el proceso de dosificación de todos los productos químicos, con la finalidad de obtener una mezcla homogénea.

#### 4.4.2.4. Etapa 4: Inicialización y apagado del proceso.

- ✓ El panel de HMI nos brindara la visualización y manipulación de todo el proceso ya sea desde un encendido o apagado.

El siguiente diagrama muestra la secuencia del proceso.

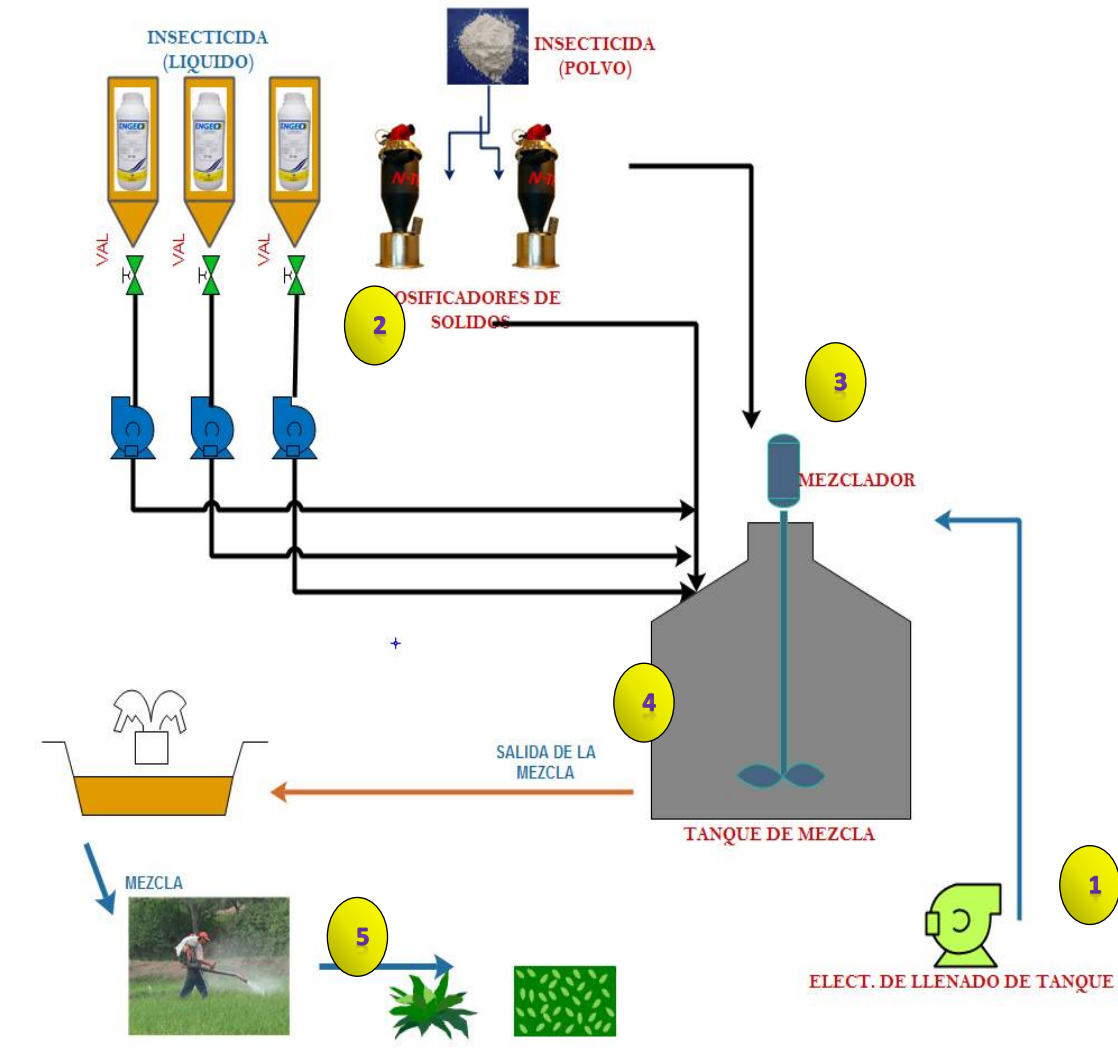


Figura 4.2 Inicio y final del proceso.



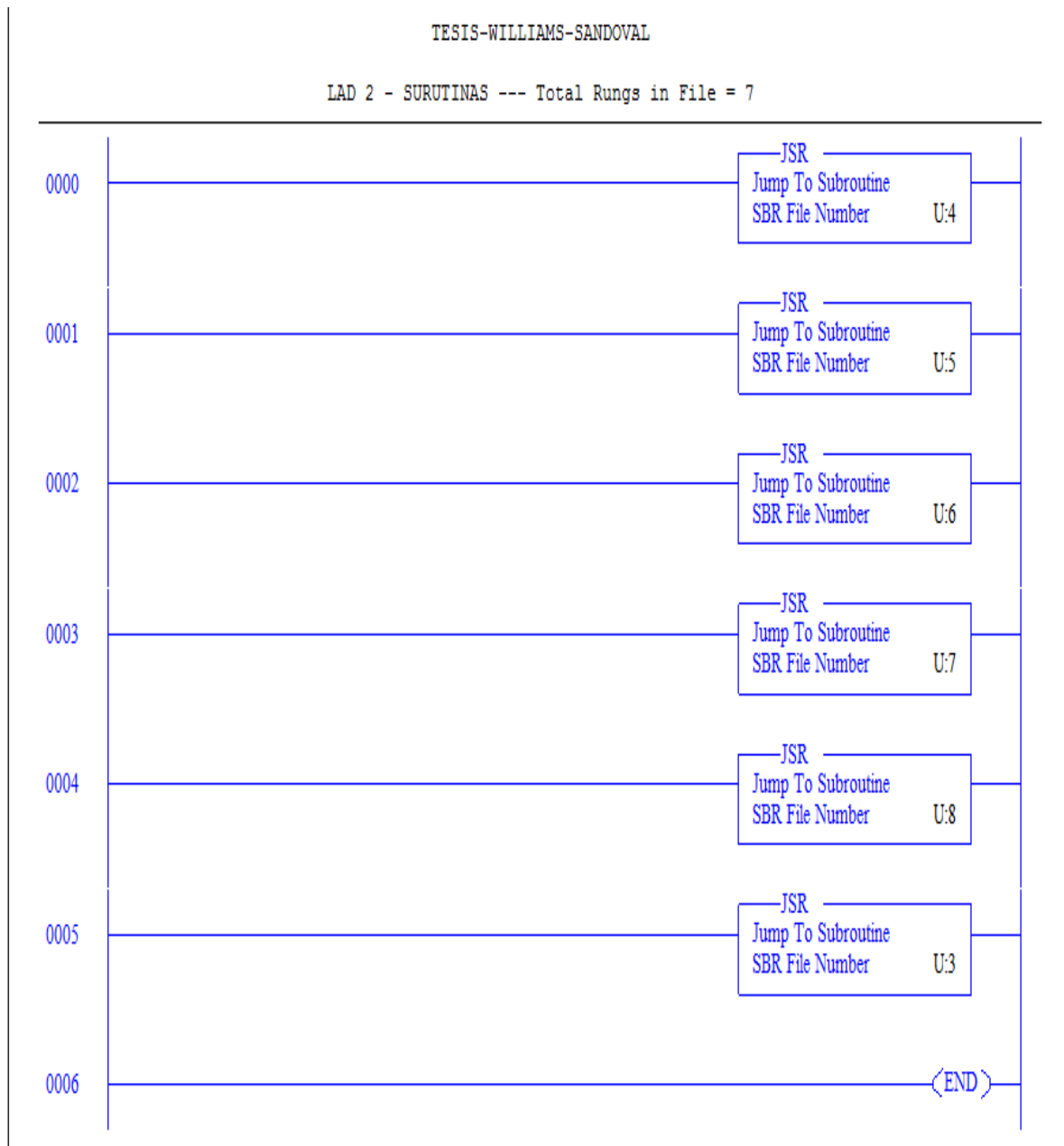
**Programa ladder para el plc.**

Figura 4.3. Ladder del Llamado de La Subrutinas del Proceso

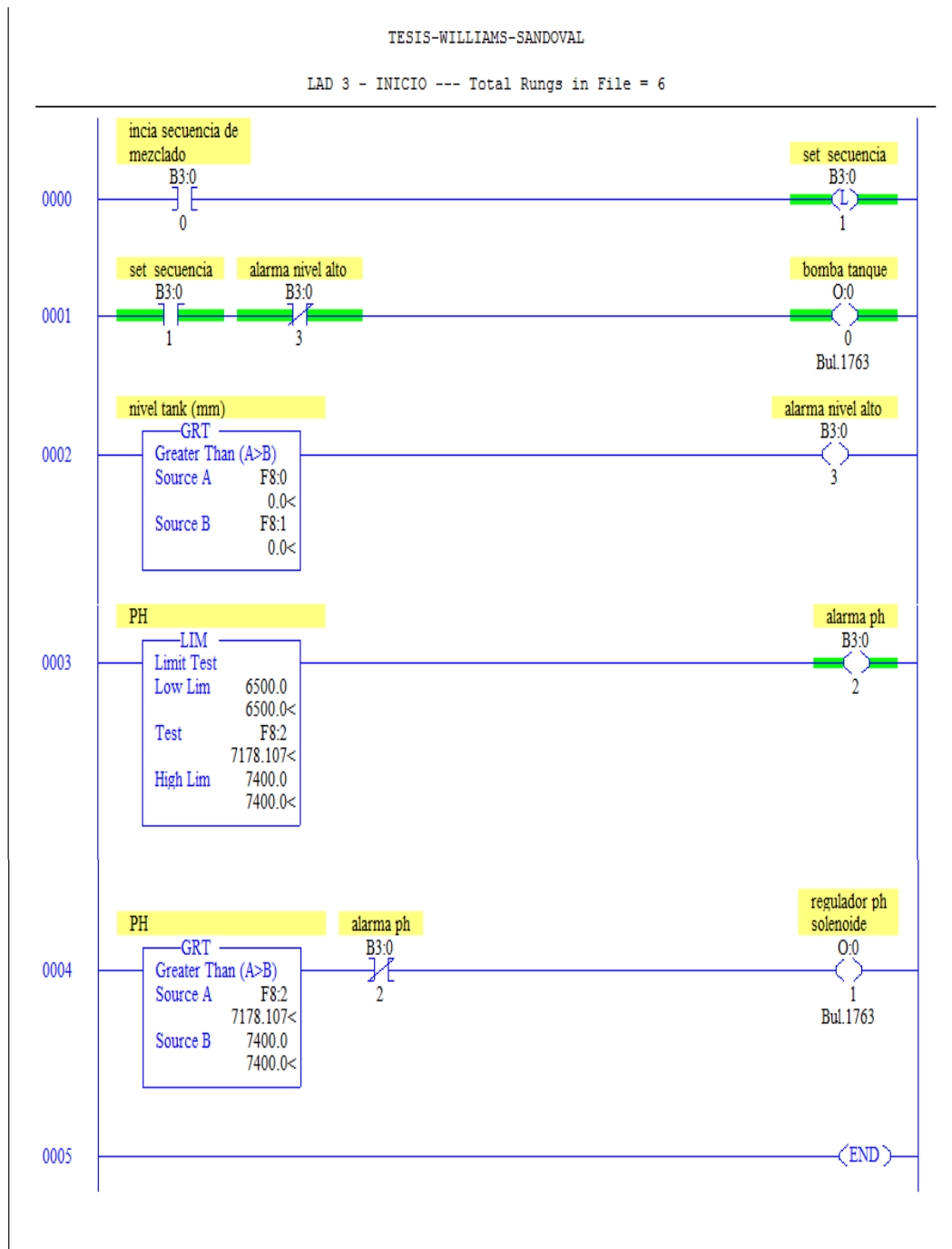


Figura 4.4 Ladder del proceso de bombeo y Activación de los sensores.

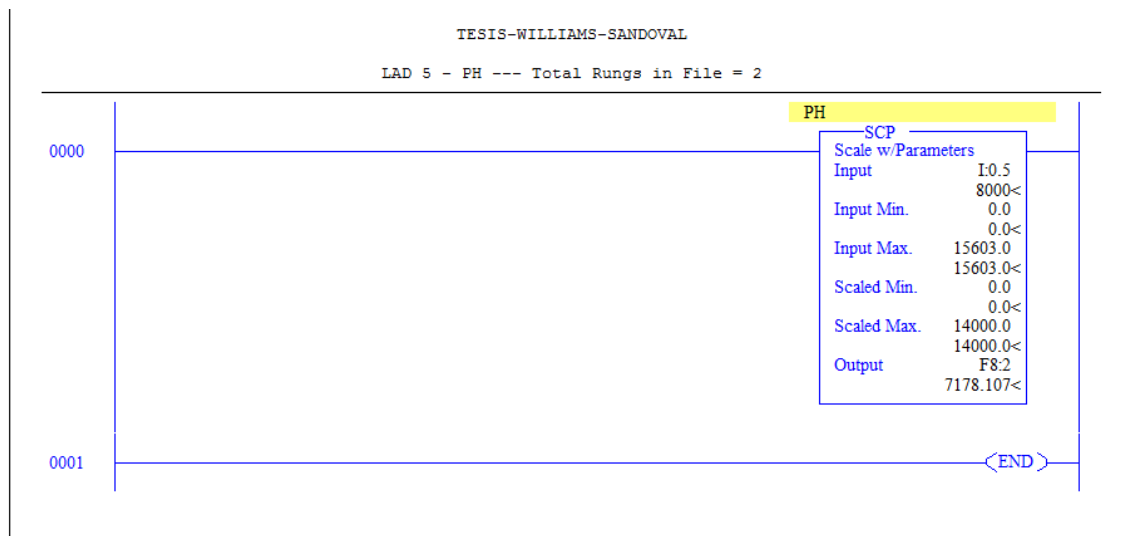


Figura 4.5 Ladder del ingreso de los parámetros del sensor pH.

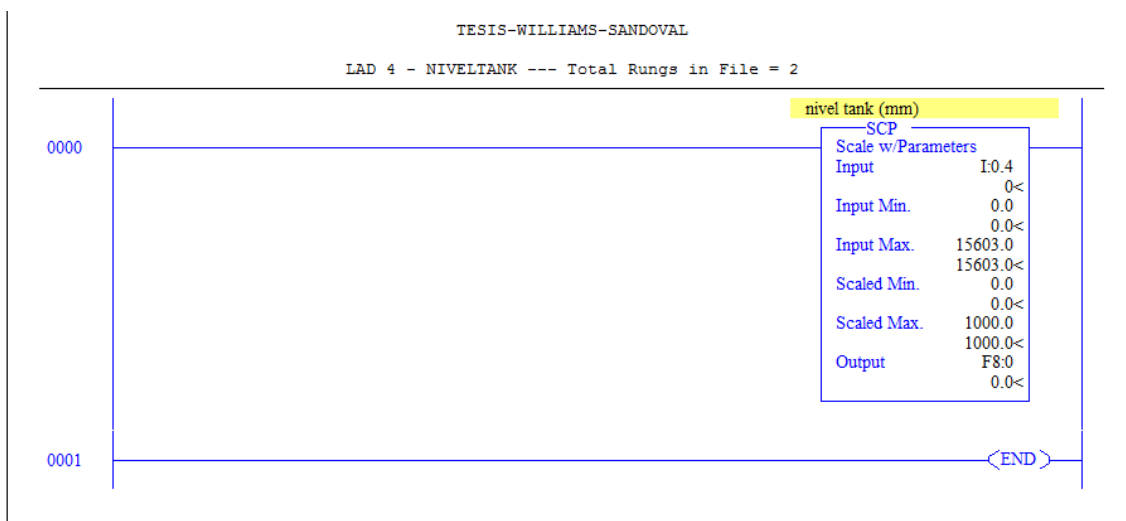


Figura 4.6. Ladder del Ingreso de los Parámetros del Sensor de Nivel.

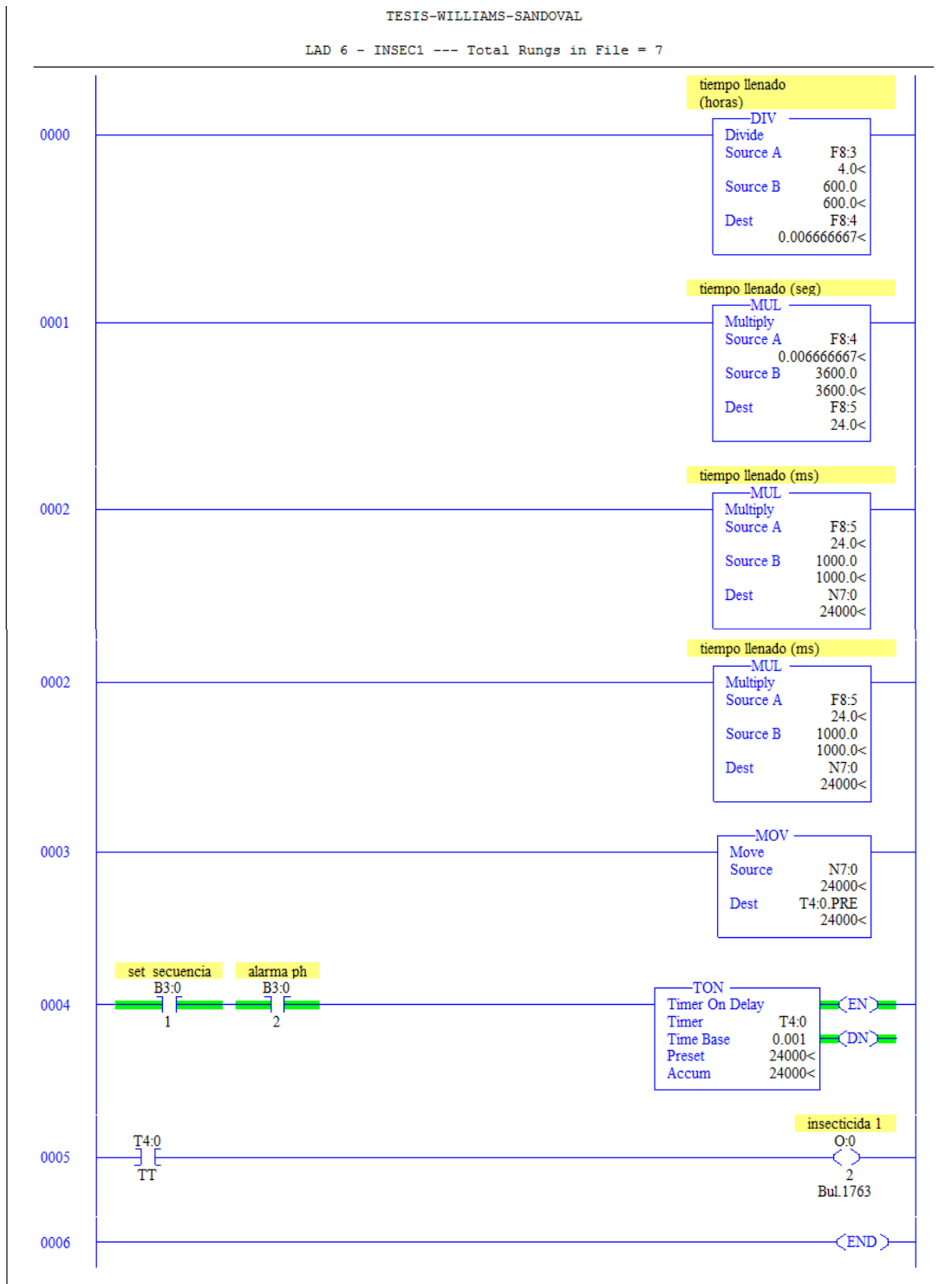


Figura 4.7. Ladder del proceso de dosificación

## 4.5. Instalación de los dispositivos y componentes del sistema

### 4.5.1. Conexión de los sensores de nivel y pH

Las conexiones y ubicación del sensor de nivel y pH para el sistema de control automático se encuentra en la figuras, la cual estos sensores enviaran la información al PLC de acuerdo al nivel o acidez en que se encuentre cada sensor. El PLC hará comparaciones entre el nivel máximo del tanque y el set point indicado en el HMI; así como la acidez que contiene el líquido en dicho tanque se comparará con los parámetros del sensor de pH para así activar electroválvulas y electrobombas correspondientes.

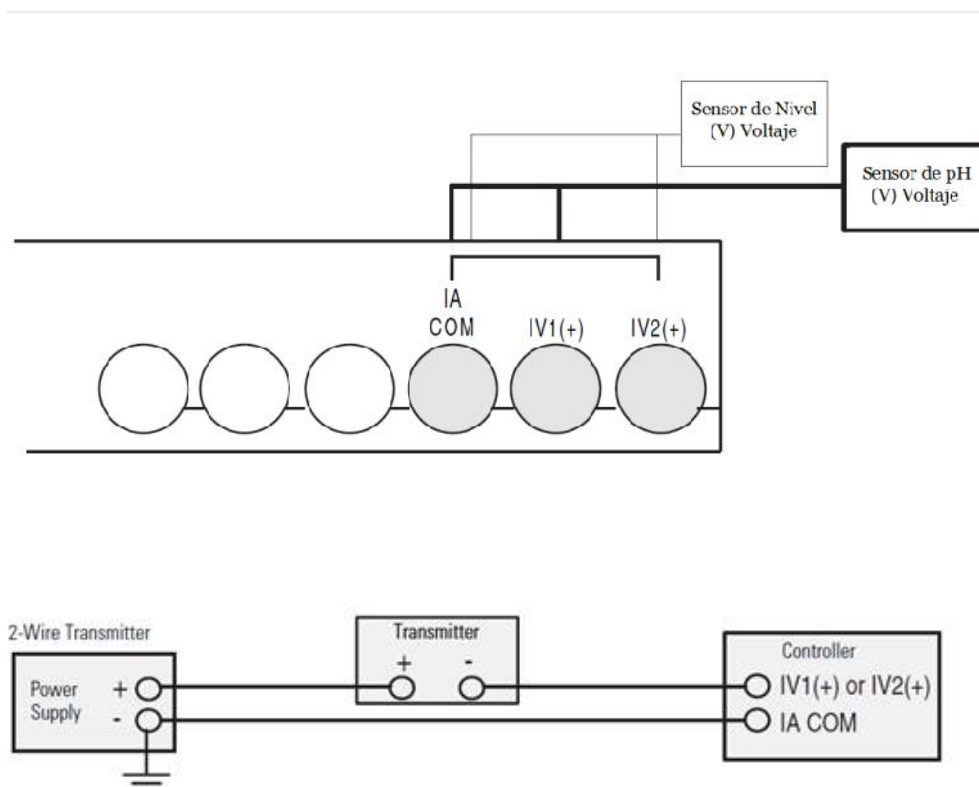


Figura 4.8. Conexión de los sensores al módulo del PLC

#### 4.6. Seguridad del Sistema de Control Automático.

La seguridad es fundamental de la vitalidad en cualquier instante de operación del sistema. Para salvaguardar la seguridad del controlador o usuario, el sistema se ha provisto de conexión de puesto a puesto a tierra (existente en el fundo), interruptores diferenciales (sobre corriente al usuario), interruptores termomagnéticos. Esto asegura y da confianza al usuario a manipular sin ningún riesgo del sistema de control.

#### 4.7. Montaje de instalación del sistema.

El esquema clásico de las entradas y salidas del PLC para realizar las conexiones correspondientes.

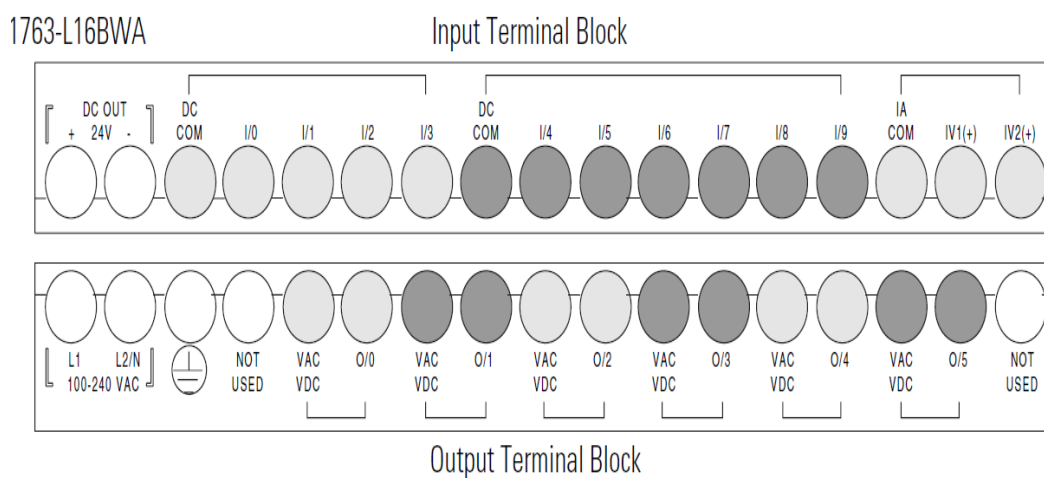


Figura 4.9. Entradas y salidas del PLC

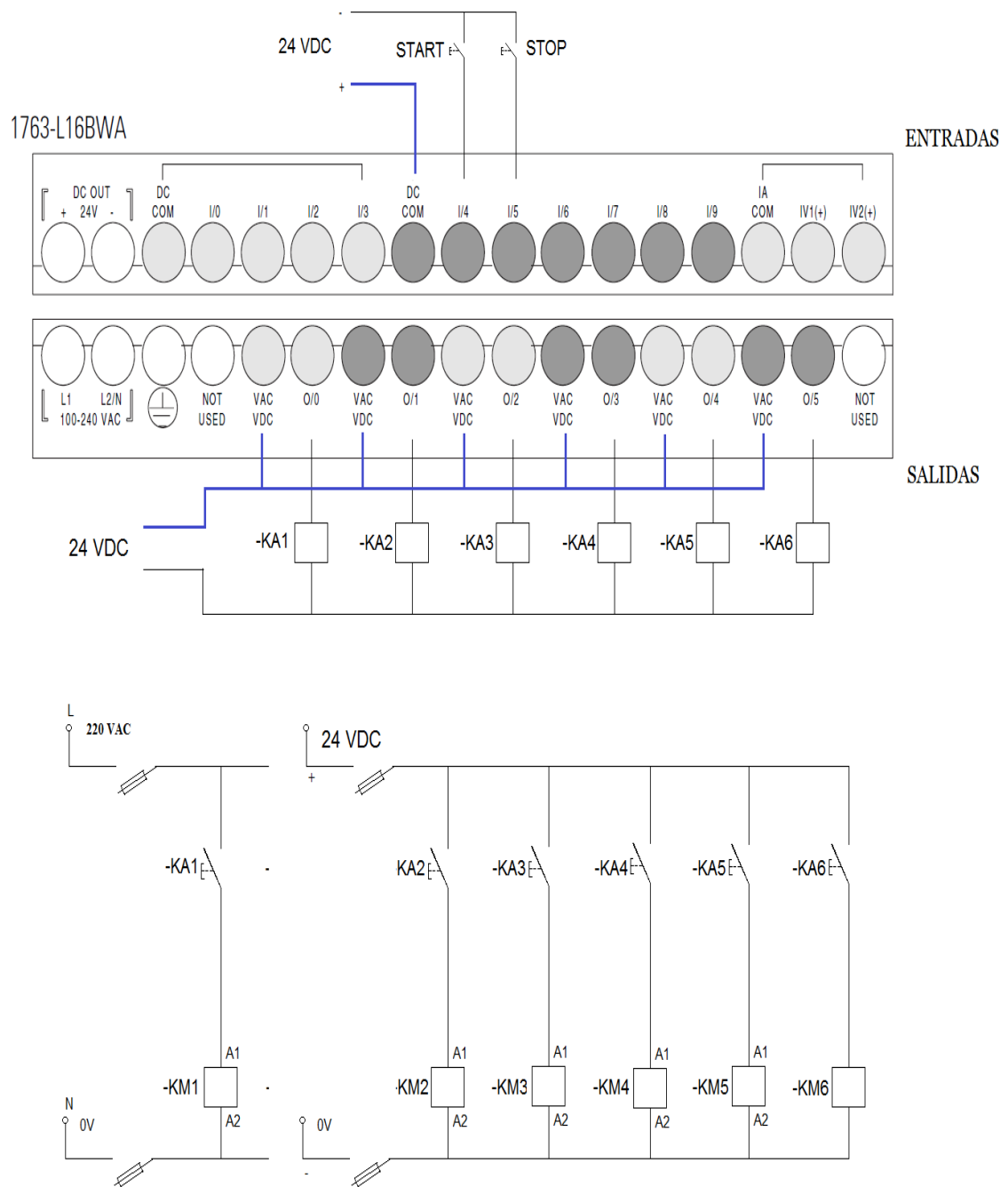


Figura 4.10. Conexión de encendido, apagado, electroválvulas y electrobombas

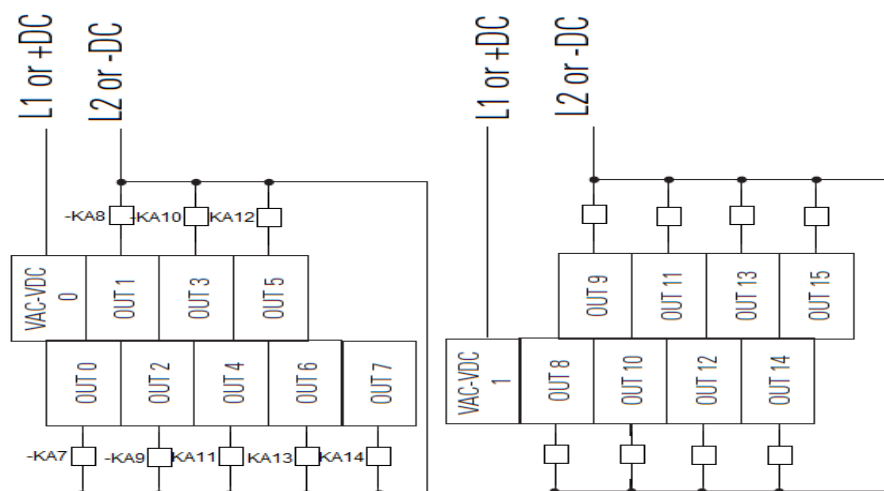


Figura 4.11 Conexionado al módulo de expansión

LEYENDA			
VARIABLES	EQUIPOS	BOBINAS/ CONTACTORES	INPUT/OUPUT/PLC
TANQUE DE AGUA	ELECTROBOMBA	KM1	O:0.0
REGULADOR DE PH	ELETROVALVULA	KA2	O:0.1
	ELECTROBOMBA	KM2	O:0.1
SENSOR DE NIVEL			I:0.4
SENSOR DE PH			I:0.5
INSECTICIDA 1 LIQUIDO	ELETROVALVULA	KA3	O:0.2
	ELECTROBOMBA	KM3	O:0.2
INSECTICIDA 2 LIQUIDO	ELETROVALVULA	KA4	O:0.3
	ELECTROBOMBA	KM4	O:0.3
INSECTICIDA 3 LIQUIDO	ELETROVALVULA	KA5	O:0.4
	ELECTROBOMBA	KM5	O:0.4
INSECTICIDA 4 LIQUIDO	ELETROVALVULA	KA6	O:0.5
	ELECTROBOMBA	KM6	O:0.5
INSECTICIDA 5 LIQUIDO	ELETROVALVULA	KA7	O:0.6
	ELECTROBOMBA	KM7	O:0.6
INSECTICIDA 6 LIQUIDO	ELETROVALVULA	KA8	O:0.7
	ELECTROBOMBA	KM8	O:0.7



INSECTICIDA 7 SOLIDO	ELETROVALVULA	KA9	O:0.8
	ELECTROBOMBA	KM9	O:0.8
INSECTICIDA 8 SOLIDO	ELETROVALVULA	KA10	O:0.9
	ELECTROBOMBA	KM10	O:0.9

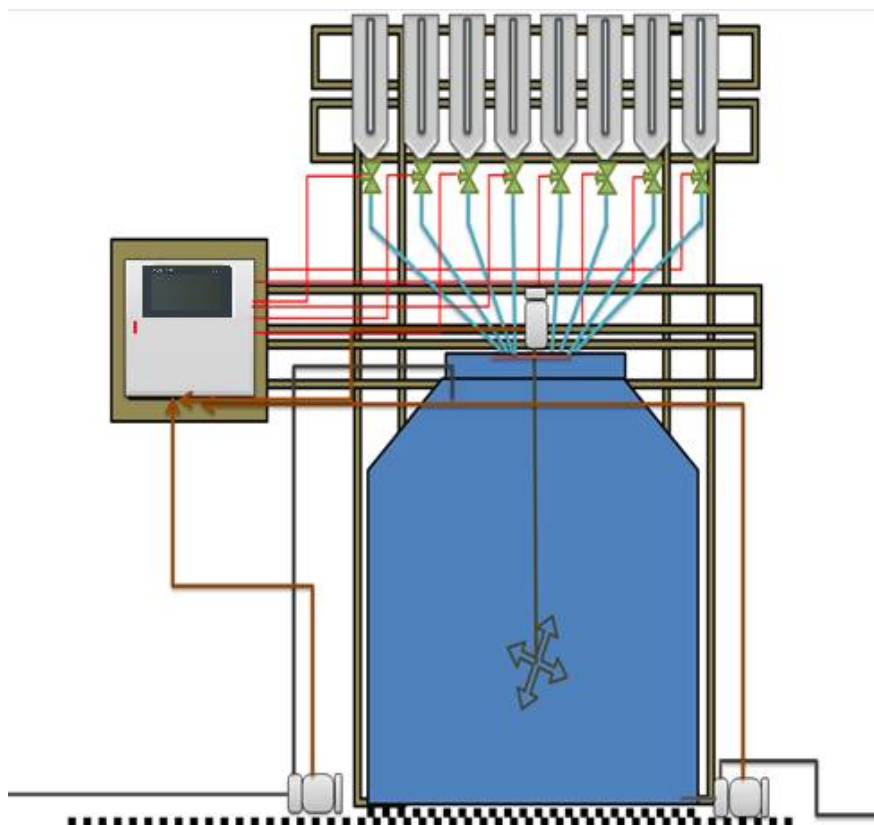


Figura 4.12 Esquema del sistema de control automático para la dosificación de insecticidas líquidos.

#### 4.8. Desarrollo del proceso de comunicación del HMI y PLC.

El HMI STU solo tiene un tamaño de 3,5" y es un modelo modular donde el tamaño de la pantalla se podrá cambiar, se comunica vía RS485 y Ethernet con diferentes protocolos de varios fabricantes.



El HMI contiene los terminales gráficos Magelis XBT GT que son productos táctiles con una amplia gama de tamaños de pantalla (3,8”, 5,7”, 7,5”, 10,4”, 12,1” y 15”) así como diferentes modelos (monocroma, color, STN o TFT).

En función del modelo los terminales XBT GT se comunican con los autómatas a través de uno o dos enlaces serie integrados con protocolos de comunicación: Schneider Electric (Uni-TE, Modbus). o Otros fabricantes: Mitsubishi Electric, Omron, Allen-Bradley y Siemens.

Los terminales multifunción Magelis se pueden conectar a Ethernet TCP/IP con protocolo Modbus TCP y protocolos de terceros.

El HMI STU contiene un interface del software de Vijeo Designer que tiene diferentes barras de herramientas y ventanas que ayudan a una mayor comprensión y orden a la hora de realizar la aplicación por el usuario.

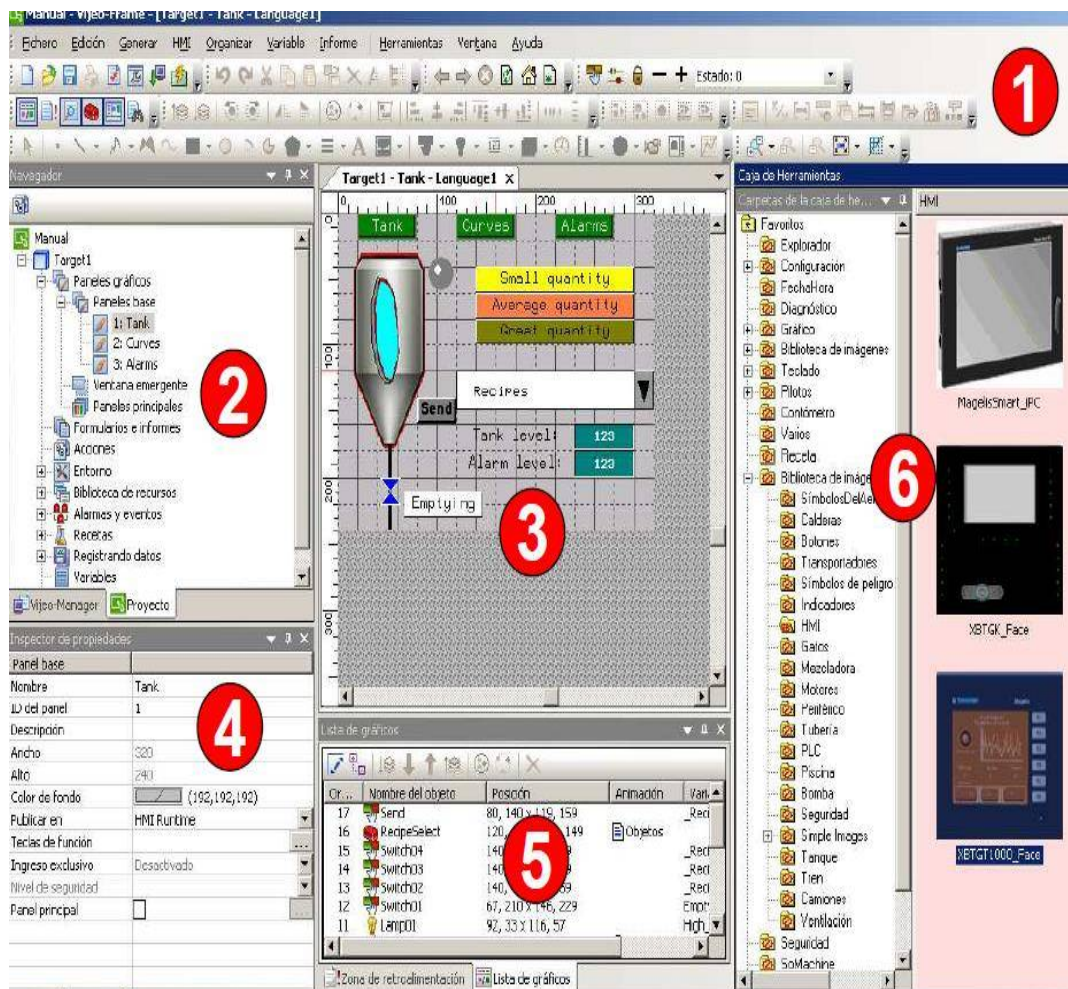


Figura 4.13. Pantalla del software de Vijeo Designer.

1. **Barras de herramientas:** En esta área se muestra el menú contextual y las barras de iconos de las diferentes acciones que se pueden realizar en el proyecto.
2. **Navegador:** Esta área muestra el árbol de las diferentes partes que puede tener la aplicación.
3. **Área de Trabajo:** Es la zona donde el usuario tendrá que trabajar para crear la aplicación.
4. **Inspector de Propiedades:** En esta área se muestra las propiedades que se pueden parametrizar de los objetos seleccionados.

- 5. Zona de retroalimentación/Lista de gráficos:** Según la pestaña seleccionada: En la zona de retroalimentación se verá los mensajes de compilación (errores de compilación y advertencias), en cambio en la pestaña de listado de gráficos muestra todos los objetos que hay en ese momento en el panel que hay en el área de trabajo.
- 6. Caja de herramientas:** Podemos ver los diferentes objetos e imágenes que ya hay creados y guardados en la librería y que podemos incluir en nuestra aplicación y que nos ayudarán a realizarla.


**Vijeo Designer está compuesto de dos aplicaciones de software:**

Vijeo-Designer, el software de desarrollo de pantallas.

Vijeo Designer Runtime, el software de ejecución del proyecto.



**Desarrollo del software Vijeo Designer**

- 
1. Instalar de Vijeo Designer
  2. Crear|de un proyecto
  3. Configurar un destino
  4. Configurar la comunicación con el HMI
  5. Realizar las plantillas / los paneles
  6. Guardar el proyecto
  7. Ejecutar una comprobación de errores
  8. Compilar el proyecto
  9. Instalar V.D. Runtime en la máquina de destino
  10. Descargar el proyecto en la máquina de destino
  11. Ejecutar el proyecto

Para este proceso de control se realizaron cuatro pantallas en HMI de acuerdo al desarrollo del software Vijeo Designer



Figura 4.14. Pantalla de inicio y apagado del sistema táctil.



Figura 4.15. Pantalla de Advertencias en caso de falla de conexiones.



Figura 4.16. Pantalla donde se visualizará las medidas de los sensores y llenado del tanque



Figura 4.17. Pantalla donde se pondrá los parámetros de los insecticidas para su dosificación.

## Capítulo 5

# ESTUDIO ECONOMICO

### 5.1 Presupuesto general del sistema

Los dispositivos que conforman el sistema de control automatizado fueron seleccionados en diferentes lugares del mercado nacional; se trató de conseguir los precios más razonables, manteniendo siempre la misma eficiencia de cada uno, siendo clasificados en dos partes: equipos que conforman el sistema de control y accesorios para dosificación.

El PLC, el modulo adaptador, el modulo digital de expansión, la fuente de alimentación de CC, fueron cotizados por la empresa DSA S.A.C (Desarrollo y Soluciones Automaticas) mientras que los termomagnéticos, contactores entre otros fueron cotizados por Grupo Eléctrico Gonzales ; además del costo del sensor de nivel ultrasónico y el sensor de pH fue dado por ELECTROPRO.

Con lo que respecta a los accesorios para dosificación, las diferentes tuberías y equipos, fueron cotizados por la Distribuidora “JR”. Jesús Reque.

A continuación se muestran los precios de los equipos tanto del sistema de control como de los accesorios para dosificación, los costos de instalación del sistema propuesto.



## 5.2. Sistema de Control

EQUIPO	CANT	REFERENCIA	PRECIO U.	PRECIO T.
PLC	1	1763-L16BWA	S/. 1,908.00	S/. 1,908.00
MOD.ADAP/DIGITAL	1	1762-OW16	S/. 905.00	S/. 905.00
HMI Magelis	1	STU 655	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00
FUENTE 24 VDC/15 Amp	1	SF24G-5	S/. 250.00	S/. 250.00
CONTACTORES 9 Amp	2	ABB 3P	S/. 50.00	S/. 100.00
TERMOMAGNÉTICOS	2	MERLIN 24353	S/. 30.00	S/. 60.00
DIFERENCIAL 16 Amp	1	MERLIN 16265	S/. 100.00	S/. 100.00
CABLE FLEXIBLE THW	100	AWG14	S/. 150.00	S/. 150.00
CABLE DE CONTTROL	100	GPT18	S/. 170.00	S/. 170.00
ARMARIO	1	AMPV1A	S/. 35.00	S/. 35.00
OTROS			S/. 200.00	S/. 200.00
<b>SUBTOTAL S.C</b>				<b>S/. 5,978.00</b>

## 5.3. Accesorios para Dosificación

EQUIPO	CANT	REFERENCIA	PRECIO U.	PRECIO T.
SENSOR DE NIVEL	1	ARDUINO UNO	S/. 100.00	S/. 100.00
SENSOR DE PH	1	ARDUINO UNO	S/. 360.00	S/. 360.00
ELECTROVALVULAS	8	UNI - D	S/. 26.00	S/. 208.00
ELECTROBOMBAS	8	B2 TK0410	S/. 158.00	S/. 1,264.00
TANQUE MEZCLADO	1	ROTOPLAST	S/. 2,100.00	S/. 2,100.00
TANQUE INSUMOS	8	ACERO INOX	S/. 350.00	S/. 2,800.00
TUBERIA			S/. 100.00	S/. 100.00
MANGUERA FLEXIBLE			S/. 150.00	S/. 150.00
ESTRUCTURA			S/. 180.00	S/. 180.00
<b>SUBTOTAL A.D</b>				<b>S/. 7,262.00</b>

**5.4. Mano de obra**

<b>INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL</b>		
INSTALACIÓN DE EQUIPOS		S/. 850.00
PROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN		S/. 500.00
<b>Subtotal</b>		<b>S/. 1,350.00</b>
<b>INSTALACIÓN PARA DOSIFICACIÓN</b>		
INSTALACIÓN DE TUBERÍAS		S/. 450.00
INSTALACIÓN DE ACCESORIOS		S/. 470.00
<b>Subtotal</b>		<b>S/. 920.00</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		<b>S/. 2,270.00</b>

**5.5. Mantenimiento del Sistema**

Mantenimiento del sistema de control puede ser por un periodo semestral y se realizara después del año de inversión, el cual se divide en dos partes todo esto se muestra en cuadro siguiente.

	<b>SEMESTRAL</b>	<b>ANUAL</b>
<b>Mantenimiento sistema de control</b>	190.88	S/. 381.76
<b>Mantenimiento accesorios para dosificación</b>	161.76	S/. 323.52
<b>MANTENIMIENTO TOTAL DEL SISTEMA</b>		<b>S/. 705.28</b>



### 5.6. Inversión Total

La inversión total del sistema propuesto es la suma de los costos del sistema control, accesorios para dosificación y la mano de obra por instalación de ambas partes, esto se refleja en el cuadro siguiente.

INVERSIÓN TOTAL DEL SISTEMA	
SISTEMA DE CONTROL	S/. 5,978.00
ACCESORIOS PARA DOSIFICACION	S/. 7,262.00
MANO DE OBRA	S/. 2,270.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 15,510.00</b>



## Capítulo 6

# RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 6.1. Resultados

- Con la automatización del sistema de dosificación y mezclado empleando dispositivos electrónicos se obtendrá un mejor control del pH del agua y de los insumos químicos.
- Se mejorará el deficiente manejo de dosificación y mezclado existente (manual), por medio de electroválvulas, electrobombas para la dosificación, agitador y sensores obteniendo una eficiencia del 90 % la cual permitirá aumentar y mejorar la producción del cultivo de arroz en el fundo Santa Rosa y así como también en los fundos de los distritos contiguos de Mochumí.
- Disminución del tiempo de preparación de la mezcla es decir el llenado, dosificación y mezclado de los productos químicos.
- Debido a que el sistema de dosificación y mezclado empleado comúnmente en la actualidad acarrea posibles intoxicaciones y enfermedades a largo plazo, con la implementación de este sistema se reduce notablemente tales peligros, mejorando así la calidad de vida del agricultor u obrero.



## 6.2. Conclusiones

- Si bien es cierto el sistema actual empleado alcanza una eficiencia del 50% con la innovación propuesta (sistema de control automático en la dosificación y mezclado de los productos químicos) se logra llegar a una eficiencia del 90%, gracias a su sistema de control de lazo cerrado.
- Se llevó a cabo la programación en el software RSlogix 500, rutinas de aplicación en lenguaje de escalera para la puesta en marcha y comprobar el funcionamiento de la dosificación y mezclado del sistema.
- Los sensores dan una referencia importante del sistema garantizando así, que el nivel y el pH del agua sea el adecuado.
- Con respecto al costo de inversión, el costo final aproximado del sistema es de S/ 15.510.00, lo cual en un tiempo favorable para el cultivo de arroz, se podría recuperar en un año el costo de inversión del proyecto
- Finalmente, por las diversas características integradas en el sistema de control, se concluye que se ha desarrollado un prototipo muy competitivo que cubre con todos los objetivos planteados.



### **6.3. Recomendaciones**

- Al realizar la automatización o implementación del sistema de control es necesario analizar los factores previos al diseño, para plantear la solución necesaria.
- Antes de la instalación y puesta en marcha del PLC, y en general de cualquier equipo electrónico, no está por demás la recomendación de leer los manuales y especificaciones técnicas.
- Ante cualquier falla o cambios de cualquier dispositivo electrónico debe ser visto por un personal técnico capacitado, debido a que el sistema trabaja con productos químicos tóxicos.
- Antes de la instalación del sistema, el lugar o la zona debe contar con red eléctrica monofásica, para la alimentación de los equipos eléctricos.



## **Bibliografía**

- [4] Franquet,J.,Borràs,C.. (febrero 1, 2004). ECONOMÍA DEL ARROZ: VARIEDADES Y MEJORA. España (Torotosa): Antinea
- [5] Gregory K. McMillan, Douglas Considine. (1999). Process/Industrial Instruments and Controls Handbook. New York: McGraw-Will.

## **Artículos**

- [6] Ruíz,E.,Inche,j., & Chung,A.. (2008). Desarrollo de una interfaz hombre máquina orientada al control de procesos. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, V.11(1),

## **Pagina web**

- [8] Carlos,A.,. (2013). Los insecticidas. Enero 26, 2015, de febrero 26, 2013 Sitio web:<http://www.monografias.com/trabajos95/insecticidas/insecticidas.shtml>
- [9] Meta. (2012). Arduino UNO Rev3 y Arduino Mega 2560. jueves, 5 de abril de 2012, de Electrónica Pic Sitio web: <http://electronica-pic.blogspot.com/2012/04/arduino-es-unaplataforma-abierta-para.html>
- [10] Raúl Alvarez Torrico. (2015). Cómo Medir Distancias con el Sensor Ultrasónico PING. Viernes, 27 Febrero 2015, de Tecnología en Bolivia Sitio web:<http://tecbolivia.com/index.php/articulos-y-tutoriales-microcontroladores/17-como-medir-distancias-con-el-sensor-ultrasonico-ping>
- [11] Orbegoso,L.,Prado, A., (2014). Con asistencia técnica obtienen alto rendimiento en el cultivo de arroz en el valle Chancay-Lambayeque. Mayo 26,2014, de JUCHL Sitio



**UNPRG**

web: <http://juchl.org.pe/con-asistencia-tecnica-obtienen-alto-rendimiento-en-el-cultivo-de-arroz-en-el-valle-chancay-lambayeque>.

[12][www.bio-nica.info/Biblioteca/MIP-Arroz.pdf](http://www.bio-nica.info/Biblioteca/MIP-Arroz.pdf)





---

## **Apéndice A**

Distribución de los dispositivos mecánicos y electrónicos del sistema.

---

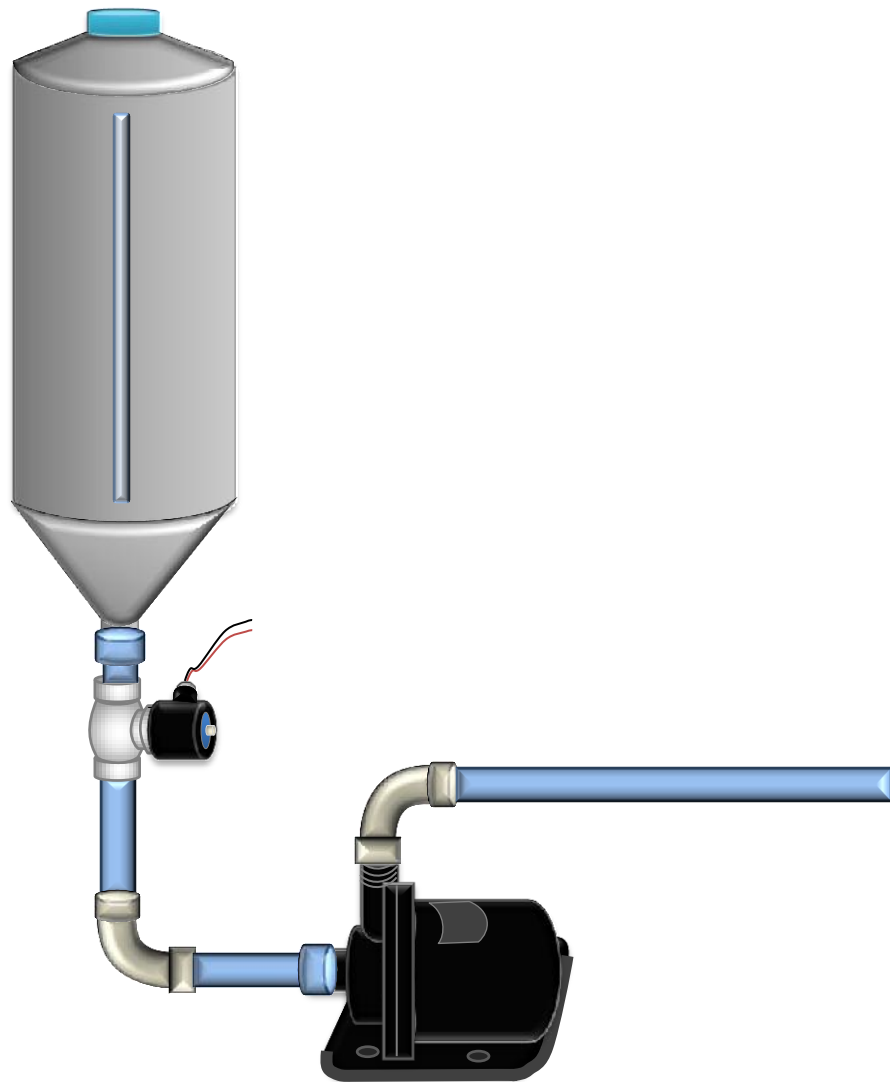


Figura A.1 Diseño del dosificador de insecticidas para líquidos

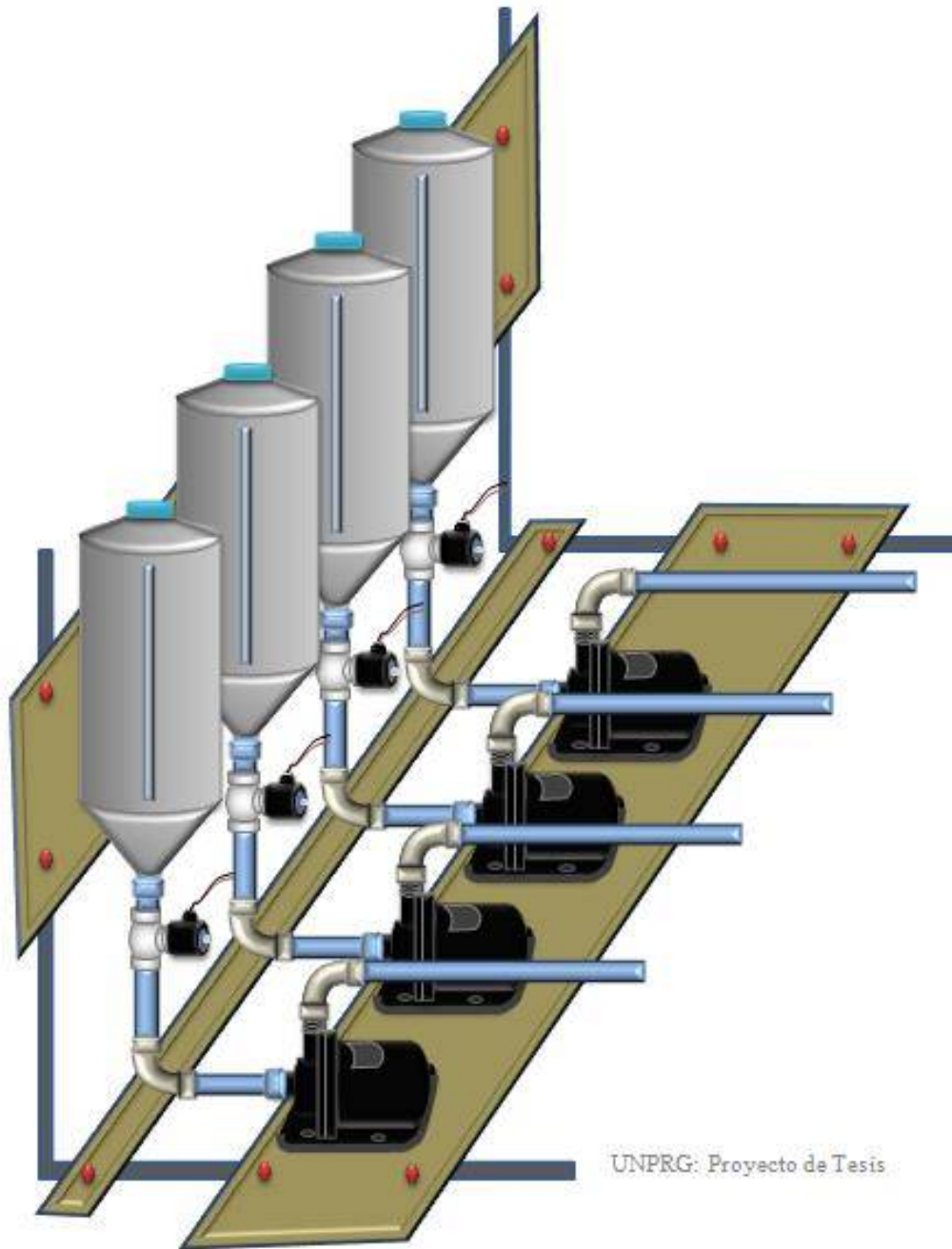


Figura A.2 Distribución de los silos o contenedores de insecticidas líquidos.

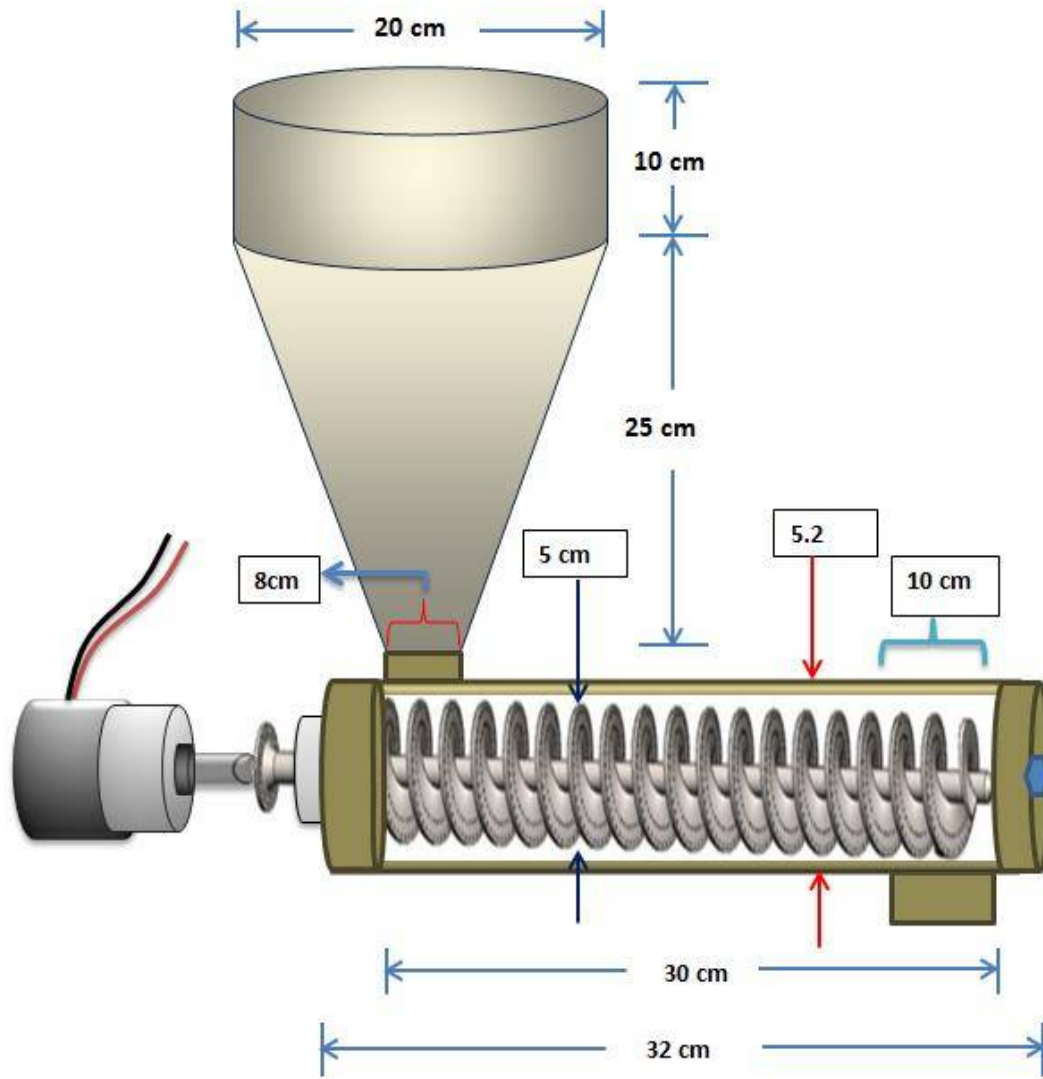


Figura A.3 Diseño del dosificador de insecticidas para solidos

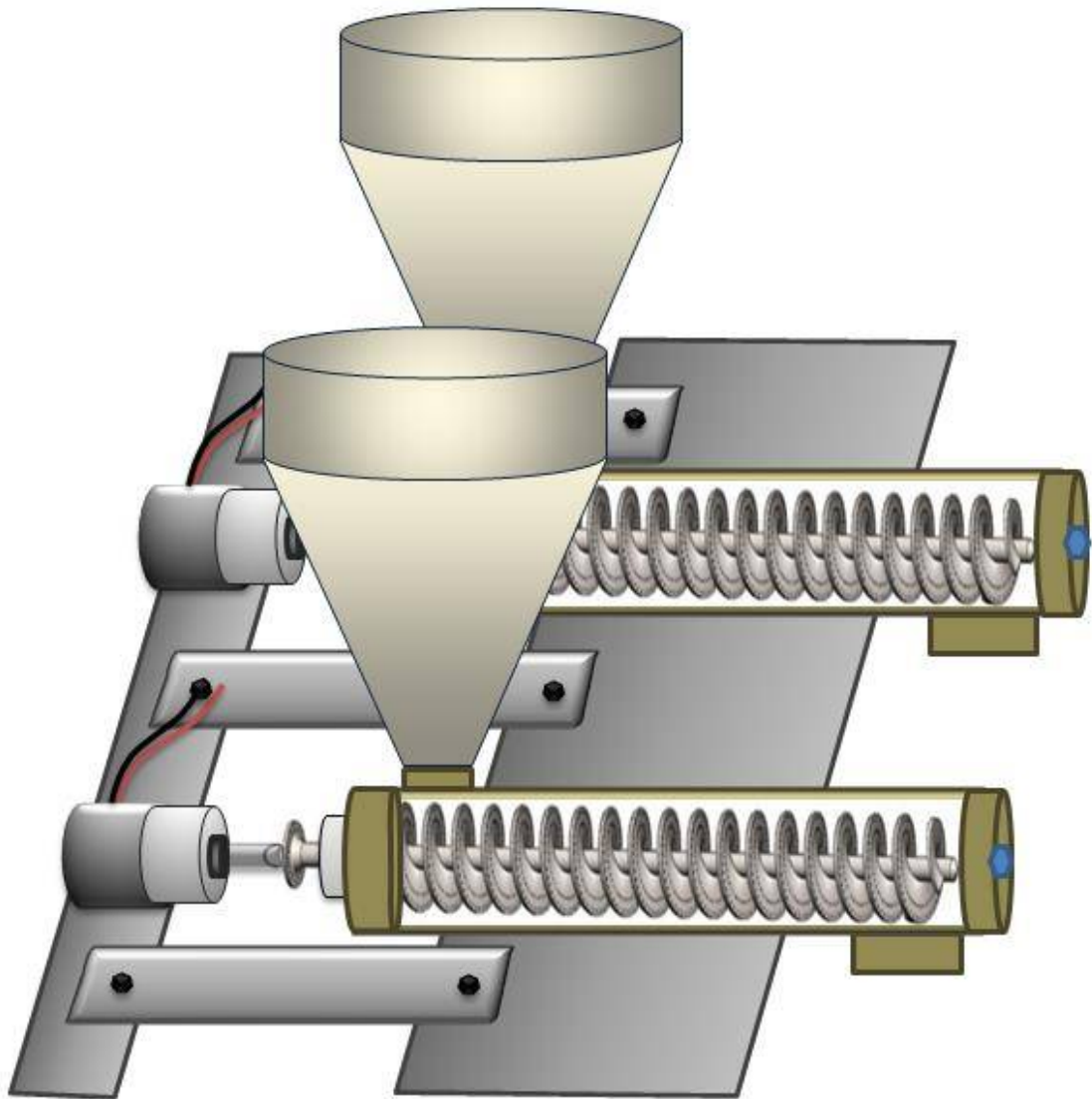


Figura A.4 Distribución del dosificador para insecticidas solidos.

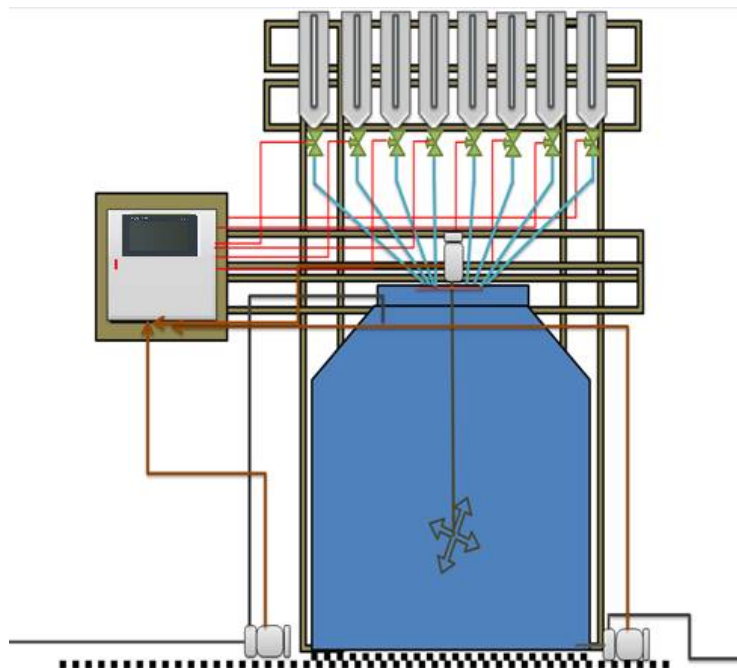


Figura A.5 Distribución general mecánica y electrónica del sistema.





Figura A.6 Uso de los insecticidas en el cultivo de arroz.

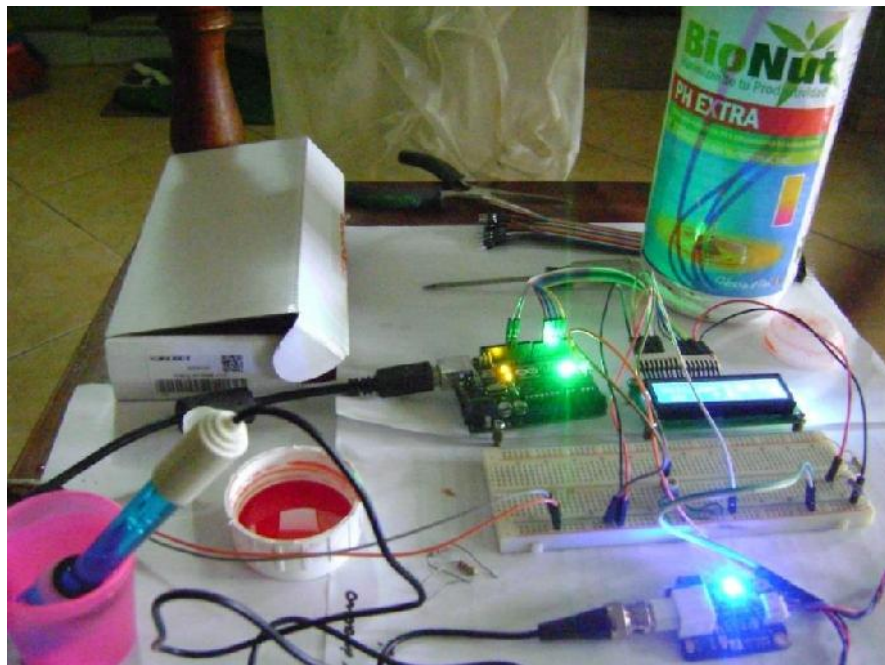
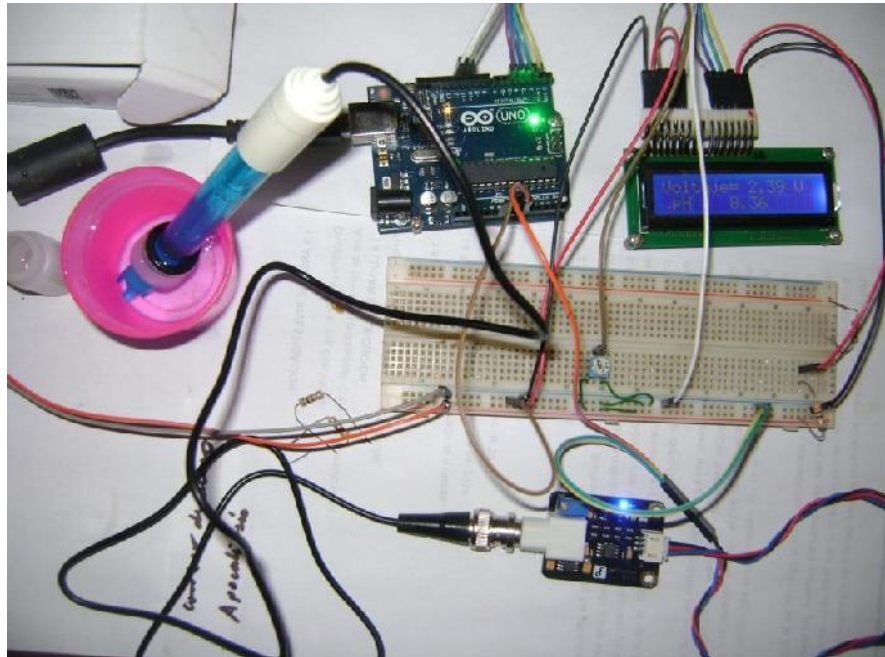


Figura A.7 Medición del pH del agua y uso del regular de pH





## Programa para el sensor de pH con Arduino Uno

```
# Ver: 1.0
# Product: analog pH meter
# SKU   : SEN0161
*/
#define SensorPin A0      //Salida analógica del medidor de pH, entrada analógica 0
                             para Arduino
#define Offset 0.00       //desviación a compensar
#define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40     //tiempos de colección
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

int pHArray[ArrayLenth];  //Almacenar el valor medio de la retroalimentación del
                             sensor
int pHArrayIndex=0;
void setup(void)
{
  pinMode(LED,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("MEDICION DEL pH"); //Pruebe el monitor de puerto serie
  lcd.begin(16,2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("MEDICION DEL pH");
  delay(3000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Voltaje=   V");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" pH =   ");

}
void loop(void)
{
  static unsigned long samplingTime = millis();
  static unsigned long printTime = millis();
  static float pHValue,voltage;
  if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
  {
    pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
    if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
```



```
voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
pHValue = 3.5*voltage+Offset;
samplingTime=millis();
}
if(millis() - printTime > printInterval)    //Cada 800 milisegundos, se imprimen un
número, convertir el estado del LED indicador
{
    Serial.print("Voltage:");
    Serial.print(voltage,2);
    lcd.setCursor(9,0);
    lcd.print(voltage);
    Serial.print("    pH value: ");
        Serial.println(pHValue,2);
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print(pHValue);
    digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1);
    printTime=millis();
    delay(200);
}
}
double avergearray(int* arr, int number){
int i;
int max,min;
double avg;
long amount=0;
if(number<=0){
    Serial.println("Error number for the array to avraging!/n");
    return 0;
}
if(number<5){    //less than 5, calculated directly statistics
    for(i=0;i<number;i++){
        amount+=arr[i];
    }
    avg = amount/number;
    return avg;
}else{
    if(arr[0]<arr[1]){
        min = arr[0];max=arr[1];
    }
    else{
        min=arr[1];max=arr[0];
    }
    for(i=2;i<number;i++){
        if(arr[i]<min){
            amount+=min;    //arr<min
```



**UNPRG**

```
        min=arr[i];
    }else {
        if(arr[i]>max){
            amount+=max;    //arr>max
            max=arr[i];
        }else{
            amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
        }
    }//if
} //for
avg = (double)amount/(number-2);
} //if
return avg;
}
```



## Programa para el sensor Ultrasónico con Arduino Uno

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

const int trigger=10;
const int echo=13;
const int altavoz=9;
const int potAlarma=0;

float distance;
int val;
float lim;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigger,OUTPUT);
  pinMode(echo,INPUT);
  pinMode(altavoz,OUTPUT);
  lcd.begin(16,2);
}

void loop(){
  //Leemos el valor del potenciómetro que nos indica el límite de la alarma
  val=analogRead(potAlarma);
  lim=val*0.00293;
  //Inicializamos el sensor
  digitalWrite(trigger,LOW);
  delayMicroseconds(5);
  // Comenzamos las mediciones
  // Enviamos una señal activando la salida trigger durante 10 microsegundos
  digitalWrite(trigger,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigger,LOW);
  // Adquirimos los datos y convertimos la medida a metros
  distance=pulseIn(echo,HIGH); // Medimos el ancho del pulso
  // (Cuando la lectura del pin sea HIGH medirá
  // el tiempo que transcurre hasta que sea LOW
  distance=distance*0.0001511;
  //Alarma
  if(distance<lim){
    digitalWrite(altavoz,HIGH);
  }
  else{ digitalWrite(altavoz,LOW);}
```



**UNPRG**

```
// Enviamos los datos medidos a traves del puerto serie y al display LCD
Serial.println(distance);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Distance:");
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(distance);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Limite:");
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print(lim);
delay(100);
}
```



---

## **Apéndice B**

Plano de la zona donde se realiza el proyecto.

---



UNPRG





## **Apéndice C**

### **Diagrama eléctrico de los dispositivos**

---



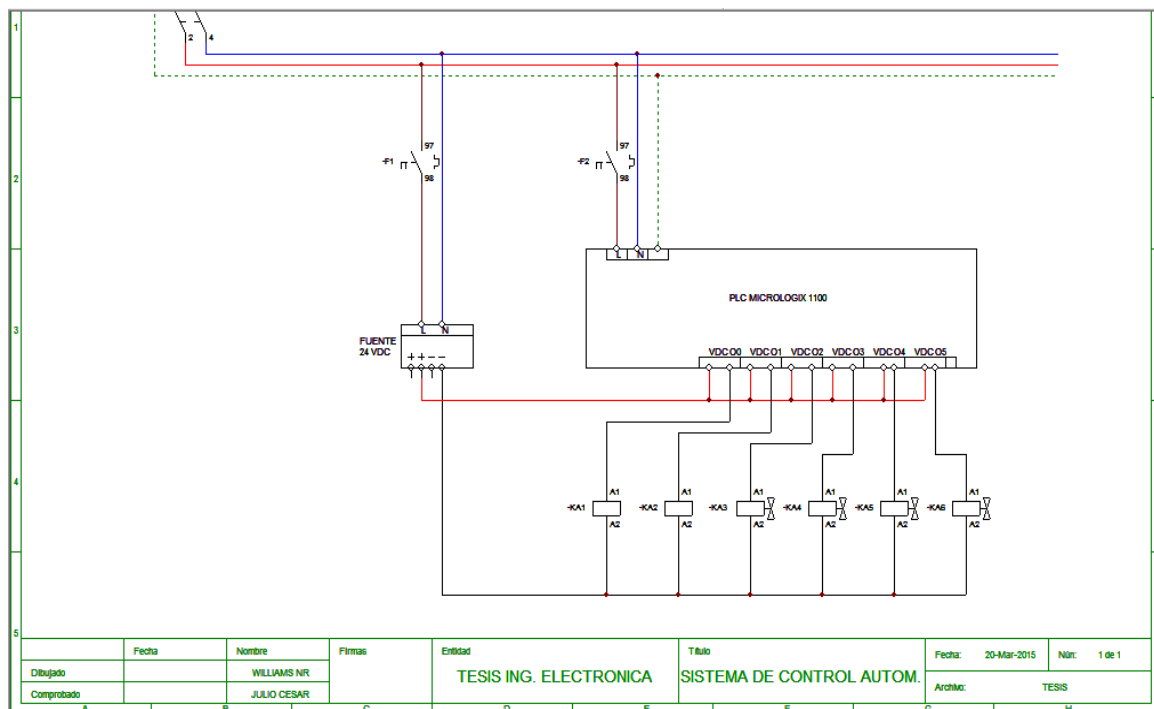
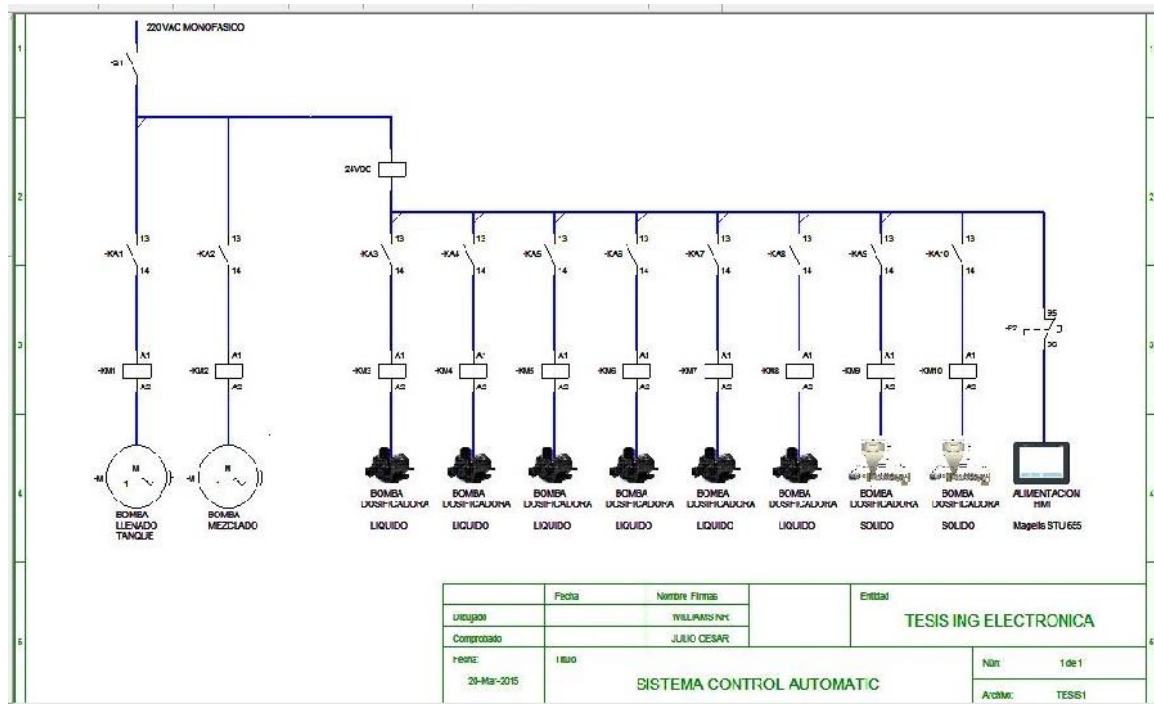


Figura C.1 Diagrama unifilar general de los dispositivos eléctricos

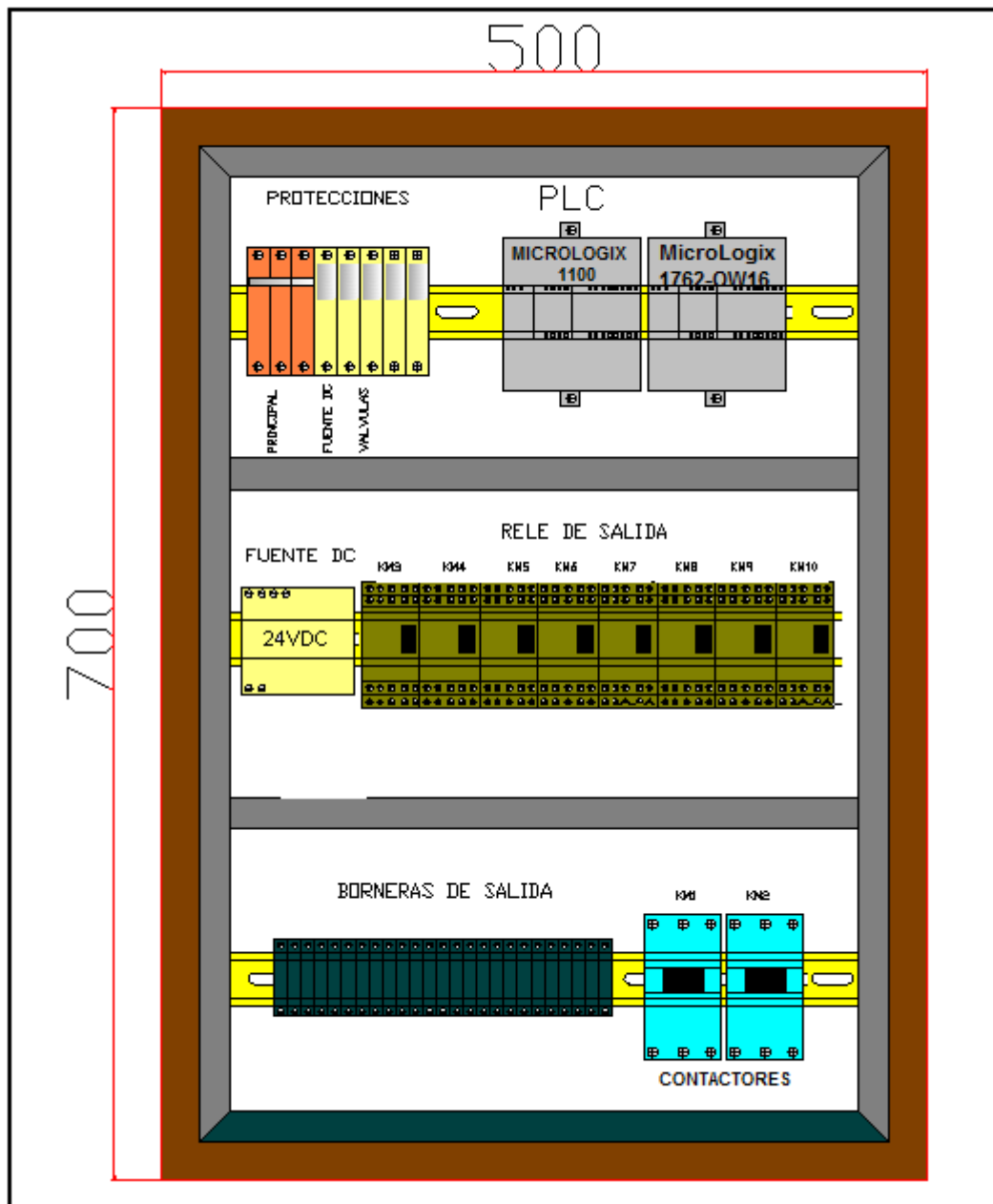


Figura C.2 Distribución de los equipos eléctricos en el tablero.



---

## **Apéndice D**

Hojas de datos de los equipos del sistema

---



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***





**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***





**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***





**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



**UNPRG**

***datasheet***



## Índice de Figuras

Figura 1.1: Plaza de armas del Distrito de Mochumí .....	1
Figura 1.2: Parque principal del Distrito de Mochumí .....	2
Figura 1.3: Fases o proceso de producción del arroz .....	2
Figura 1.4: Fundo SANTA ROSA; se puede observar que la dosificación es manual y además se requiere de más tiempo para la preparación de la mezcla .....	4
Figura 1.5: Fundo SANTA ROSA; traslado de la mezcla hasta el área de fumigación .....	5
Figura 1.6; Modelado del dispositivo dosificador de comprimido de aditivo alimentario, comprimido de 6 gramos .....	7
Figura 2.1: Ubicación Geográfica del distrito de Mochumí .....	15
Figura 3.1. Maquinaria para nivelación del terreno .....	23
Figura 3.2. Pozas para el trasplanto .....	25
Figura 3.3. Trasplanto de cultivo de arroz .....	26
Figura 3.4. Algunos insecticidas por categorías .....	41
Figura 3.5. Lógica Ladder de relés .....	44
Figura 3.6 Componentes básicos del PLC .....	46
Figura 3.7. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI .....	49
Figura 3.8. Estructura general del software HMI .....	52
Figura 3.9. La tarjeta Arduino con la lógica de funcionamiento y su conexión .....	54
Figura 3.10. El display y su posicionamiento del sensor ultrasónico .....	55
Figura 3.11. Pruebas del funcionamiento del sensor antes de ser colocado al	





tanque.....	55
Figura 3.12. Pruebas del funcionamiento del umbral .....	56
Figura 3.13. Cómo funciona el Sensor Ultrasónico PING .....	56
Figura 3.14. Protocolo de Comunicación del Sensor .....	57
Figura 3.15. Tarjeta controladora y sonda de pH .....	59
Figura 3.16. La conexión correcta de la tarjeta Arduino con la tarjeta controladora y el sensor .....	59
Figura 3.17 Medición del pH del agua del fundo Santa Rosa .....	60
Figura 3.18. Cambio del pH del agua al agregarle el regulador .....	61
Figura 3.19. Diseño del contenedor de insecticidas (líquidos).....	64
Figura 3.20. Diseño del contenedor de insecticidas (solidos) .....	65
Figura 3.21. Campos de elevación en el depósito de agitación con agitación axial (A) y radial (B) .....	69
Figura 4.1. Todos los dispositivos que forman parte del sistema de control automático .....	74
Figura 4.2. Ladder del Llamado de La Subrutinas del Proceso.....	86
Figura 4.3 Ladder del proceso de bombeo y Activación de los sensores .....	87
Figura 4.4 Ladder del ingreso de los parámetros del sensor pH.....	88
Figura 4.5. Ladder del Ingreso de los Parámetros del Sensor de Nivel.....	89
Figura 4.6. Ladder del proceso de dosificación.....	89
Figura 4.7 Inicio y final del proceso.....	90
Figura 4.8 Conexión de los sensores al módulo del PC .....	91
Figura 4.9 Entradas y salidas del PC .....	92



Figura 4.10 Conexionado de encendido, apagado, electroválvulas y electrobombas.....	93
Figura 4.11 Conexionado al módulo de expansión .....	94
Figura 4.12 Esquema del sistema de control automático para la dosificación .....	95
Figura 4.13 Pantalla del software de Vijeo Designer .....	97
Figura 4.14 Pantalla de inicio y apagado del sistema táctil.....	100
Figura 4.15 Pantalla de Advertencias en caso de falla de conexiones .....	100
Figura 4.16 Pantalla donde se visualizara las medidas de los sensores y llenado del tanque.....	101
Figura 4.17. Pantalla donde se pondrá los parámetros de los insecticidas para su dosificación .....	101



## Índice de Cuadros

Cuadro 1.1: Asociaciones entre distintos agroquímicos y diversos tipos de cáncer .....	9
Cuadro 2.1: Periodos de ejecución para el manejo del cultivo de arroz.....	17
Cuadro 3.1. Herbicidas para el control de malezas en el arroz .....	30
Cuadro 3.2. Clasificación de los herbicidas por categorías .....	30
Cuadro 3.3. Clasificación de los insecticidas por categorías.....	33
Cuadro 3.4. Control químico de plagas en arroz .....	34
Cuadro 3.5. Control químico de enfermedades en arroz .....	35
Cuadro 3.6. Clasificación toxicológica de los plaguicidas .....	36
Cuadro 3.7 Compuestos derivados de los organoclorados .....	37
Cuadro 3.8. Compuestos derivados de los fosforados .....	41
Cuadro 3.9. Grupo derivado de los carbamatos.....	42
Cuadro 3.10 Grupo derivados de las piritrinas .....	43
Cuadro 4.1. Listado de Equipos para el proceso de control .....	83