

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN  
AUTOMATIZADO Y CONTROLADO PARA EL CENTRO  
POBLADO DE HUITACA SENCCA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**KIM ALEXANDER CANQUERI CHAMBI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION AUTOMATIZADO Y CONTROLADO PARA EL CENTRO POBLADO DE HUITACA SENCCA”**

TESIS PRESENTADA POR:

**KIM ALEXANDER CANQUERI CHAMBI**


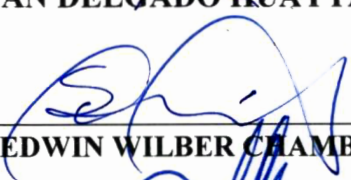




**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28/12/2018**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

- PRESIDENTE** :   
**Dr. IVAN DELGADO HUAYTA**
- PRIMER MIEMBRO** :   
**M.Sc. EDWIN WILBER CHAMBI MAMANI**
- SEGUNDO MIEMBRO** :   
**Ing. JESUS VIDAL LOPEZ FLORES**
- DIRECTOR / ASESOR** :   
**M.Sc. GAVINO JOSE FLORES CHIPANA**

**Área:** Control y Automatización  
**Tema:** Sistema de Control y Automatización

**PUNO - PERU**

## DEDICATORIA

*A mis padres Emilio Canqueri y Rosario Chambi, quienes con su amor infinito y apoyo incondicional hicieron posible cumplir con este éxito, sueño anhelado de ser ingeniero.*

*A mis hermanas Anais, Emily, por sus constantes alientos que me dieron en mi etapa de estudiante.*

*A los docentes y compañeros de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica.*

*Kim Alexander Canqueri Chambi*

## AGRADECIMIENTO

*A la Universidad Nacional del Altiplano por haberme permitido formarme como persona y profesionalmente, en ella. A la escuela profesional de Ingeniería Electrónica por haberme acogido en sus aulas en nuestra etapa de formación, a los docentes quienes compartieron sus conocimientos con nosotros en nuestra etapa de estudiante a mi familia, amigos, compañeros y a todos los que colaboraron de forma directa o indirecta con la tesis.*

## INDICE

RESUMEN .....	13
CAPÍTULO I .....	15
INTRODUCCIÓN .....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Justificación del problema .....	16
1.3. Objetivos.....	17
CAPÍTULO II .....	18
REVISIÓN DE LITERATURA .....	18
2.1. Antecedentes de la investigación .....	18
2.2. Sistema de riego automático .....	19
2.2.1. Aspersores.....	20
2.2.2. Válvulas solenoide o electroválvulas.....	25
2.2.3. Bomba de Agua .....	34
2.2.4. Arrancadores:.....	35
2.2.5. Sensor Nivel de Agua .....	36
2.2.6. Computador Personal – PC.....	38
2.2.7. Controlador Lógico Programable (PLC) .....	40
2.2.8. Control Mediante PC .....	46
2.3. Hipótesis .....	47
2.3.1. Hipótesis general.....	47
2.3.2. Hipótesis específicas.....	47
CAPITULO III.....	48
MATERIALES Y MÉTODOS .....	48
3.1. Metodología .....	48
3.2. Población y Muestra. ....	48
3.2.1. Población .....	48

3.2.2. Muestra. ....	48
3.3. Ubicación y Descripción de la Población. ....	48
3.3.1. Clima. ....	50
3.3.2. Hidrología. ....	50
3.4. Materiales.....	50
3.4.1. Otros recursos. ....	51
3.5. Procesamiento de información.....	51
3.5.1. Trazos con AutoCAD ....	51
3.6. Técnicas para el procesamiento de análisis de datos. ....	52
3.6.1. Diagrama de bloque ....	52
3.6.2. Modelado matemático.....	53
3.6.3. Comunicación ....	60
3.6.4. Comunicación Rs – 232.....	61
3.6.5. Comunicación de dispositivos con PLC ....	61
3.7. Análisis y Descripción Del Proceso De Automatización ....	61
3.7.1. Software. ....	61
3.7.2. Software de programación ....	63
3.7.3. Configuración y creación de un nuevo archivo ....	64
3.8. Desarrollo del programa ....	64
3.8.1. Descripción de la Programación ....	65
3.8.2. Software de Monitoreo ....	67
3.8.3. Configuración y Creación de una HMI.....	68
3.8.4. Desarrollo de programa HMI (interface hombre-máquina).....	68
3.8.5. Descripción del programa. ....	69
3.9. Instalaciones Eléctricas.....	70
3.9.1. Protección Contra Sobretensión.....	71
3.9.2. Puesto a Tierra ....	72

CAPITULO IV .....	73
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	73
CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Modelo de dispersión de agua para aspersor de impacto .....	21
<b>Figura 2.2</b>	Aspersores Emergentes .....	21
<b>Figura 2.3</b>	Aspersor Aéreo.....	22
<b>Figura 2.4</b>	Aspersor Emergente .....	22
<b>Figura 2.5</b>	Aspersores Hunter I – 20 Ultra .....	23
<b>Figura 2.6</b>	Accesorios del Aspersor.....	24
<b>Figura 2.7</b>	Funcionamiento de las electroválvulas. a) Cerrada b) Abierta .....	26
<b>Figura 2.8</b>	Esquema de Válvula Solenoide.....	27
<b>Figura 2.9</b>	Campo Producido por una Bobina .....	28
<b>Figura 2.10</b>	Solenoide de Acción Directa.....	29
<b>Figura 2.11</b>	Solenoide Operador por Piloto.....	30
<b>Figura 2.12</b>	Electroválvula HUNTER ICV .....	31
<b>Figura 2.13</b>	Bomba de Agua.....	34
<b>Figura 2.14</b>	Motor Trifásico marca ABB .....	35
<b>Figura 2.15</b>	Electronivel – Marca INERCO .....	38
<b>Figura 2.16</b>	Hardware de la Computadora.....	39
<b>Figura 2.17</b>	Sistemas Operativos .....	40
<b>Figura 2.18</b>	Estructura de un Controlador Lógico Programable.....	41
<b>Figura 2.19</b>	Ejemplo de un PLC Compacto.....	42
<b>Figura 2.20</b>	Ejemplo de un PLC Modular .....	42
<b>Figura 2.21</b>	Autómata programable SIMATIC S7-300.....	43
<b>Figura 3.1</b>	UTM de la Comunidad de HUITACA SENCCA .....	49
<b>Figura 3.2</b>	Trazo en AutoCAD Plano Clave.....	51
<b>Figura 3.3</b>	Trazo en AutoCAD las curvas de nivel en m.s.n.m. ....	52
<b>Figura 3.4</b>	Conexión de la manguera distribuidora con un lateral.....	56
<b>Figura 3.5</b>	Software STEP 7 .....	61
<b>Figura 3.6</b>	CADE_SIMU .....	62
<b>Figura 3.7</b>	Conexión de la manguera distribuidora con un lateral.....	68
<b>Figura 3.8</b>	Simatic S7- 300 .....	62
<b>Figura 3.9</b>	Editor LADDER.....	63
<b>Figura 3.10</b>	Simulación de CADE_SIMU .....	63
<b>Figura 3.11</b>	Presionar el icono de New.....	64



<b>Figura 3.12</b> Software de Monitoreo PC_ SIMU .....	67
<b>Figura 3.13</b> Creación de un Archivo Nuevo en PC_ SIMU .....	68
<b>Figura 3.14</b> Tabla de elementos a utilizar en el Programa .....	68
<b>Figura 3.15</b> Sistema de Riego .....	70
<b>Figura 3.16</b> Suministro de Energía Eléctrica .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Tablas de especificaciones de orificios o toberas .....	24
<b>Tabla 2.2</b> Tabla de Comparación de Electroválvulas .....	33
<b>Tabla 2.3</b> Módulos de Entradas Digitales .....	44
<b>Tabla 2.4</b> Módulos de Salidas Digitales .....	45
<b>Tabla 2.5</b> Tabla de E/S a Utilizar en el Riego.....	46
<b>Tabla 3.1</b> Materiales.....	50
<b>Tabla 3.2</b> Resultados de la Captación .....	59
<b>Tabla 3.3</b> Tabla de Codificación, Direcciones e Instrucciones.....	65
<b>Tabla 3.4</b> Tabla Condiciones Climatológicas .....	71
<b>Tabla 4.1</b> Costos por Operación.....	73
<b>Tabla 4.2</b> Calculo De La Caída De Tensión .....	74
<b>Tabla 4.3</b> Calculo de Perdida de Potencia .....	75

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Tableros Modelo 01 .....	80
<b>Anexo 2.</b> Tableros Modelo 02 .....	81
<b>Anexo 3.</b> Tableros Modelo 03 .....	82
<b>Anexo 4.</b> Modelo Puesto a Tierra .....	83
<b>Anexo 5.</b> Modelo Puesto a Tierra 01 .....	84
<b>Anexo 6.</b> Arrancadores automáticos a tensión reducida por autotransformadores tipo K981.....	85
<b>Anexo 7.</b> Arrancadores automáticos a tensión reducida por autotransformadores tipo K981-Diagramas de Conexión.....	86
<b>Anexo 8.</b> Arrancadores automáticos a tensión reducida por autotransformadores tipo K981 con interruptor termomagnético.....	87
<b>Anexo 9.</b> Armadores RP .....	88

## ACRÓNIMOS

PLC	Controlador Lógico Programable
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
PC	Computadora personal
DTH	Sensor de Temperatura y Humedad
USB	Bus Universal en Serie
AC	Corriente Alterna
DC	Corriente Continua
ICV	Válvulas de Control Industrial
ABB	Asea Brown Boveri
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
CSA	Canadian Standard Association
VCA	Amplificador Controlado por Tensión
CNA	Contactos Normalmente Abiertos
CNC	Contactos Normalmente Cerrados
Hz.	Hertzio
V	Voltaje
CPU	Unidad de Proceso Central
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
E/S	Entradas y Salidas
VDC	Voltios en Corriente Continua
VAC	Cierre Asistido con Vacío o Presión Negativa
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal del Mercator
AutoCAD	Diseño Asistido por Computadora
HMI	Interface Hombre-Máquina

## RESUMEN

El Recurso hídrico en la comunidad de HUITACA SENCCA de la región de cuzco, como el agua indispensable pero muchas veces escasa hoy en día, este proyecto surge la necesidad de superar las anomalías que se dan en el agro y sobre todo cuando de una u otra forma no existe un buen control de riego en áreas de difícil acceso por tanto, requiere de un adecuado y eficiente uso. Fue por tal razón que en este proyecto se logró Diseñar un sistema de riego por aspersión automatizado y controlado, a través de un Controlador Lógico Programable (PLC) para el riego del área verde, tomando en consideración los estándares y parámetros para el diseño del sistema y a su vez mejorar las cosechas de productos de consumo masivo como el maíz y hortalizas

Para obtener estos resultados y tener un mayor ahorro se hace el uso de sensores de recolección de datos como: Nivel, caudal, electroválvulas entre otros los cuales recolectan valores muy precisos para luego ser procesado y analizados y con estos datos hacer la toma de decisiones a través, del sistema de monitoreo y supervisión SCADA. Él envío de datos de los valores de estado al sistema de supervisión se hizo por comunicación industrial entre el PLC S7 – 300 y el software de aplicación V 11, SIMATIC STEP 7, visualizando así en un panel de ventana del monitor PC en tiempo real las tendencias, el proyecto también servirá como documento informativo para que los organismos oficiales correspondientes pueden dar paso al desarrollo de las actividades, el sistema que se desarrolló y se logró obtener un ahorro en el consumo de agua entre otros beneficios.

**Palabras Clave:** Electroválvulas, PLC, sensores, SCADA, recurso hídrico.

## ABSTRACT

The water resource in the community of huitaca sencca of the cuzco region, as indispensable but often scarce water, this project raises the need to overcome the anomalies that occur in agriculture and especially when in any other form there is no good control above all irrigation in areas of difficult access, therefore, require an adequate and efficient use. What is therefore in this project is an automated and controlled sprinkler irrigation system, through a programmable logic controller (plc) for irrigation of the green area, taking into account the standards and parameters for the design of the system and at the same time to improve the harvests of massive products like corn and vegetables

To obtain these results and to obtain greater savings, we use data collection sensors such as: levels, flow, electrovalves, among others, that collect very precise values to be processed and analyzed, and with this decision of data through the system of monitoring and supervision of scada. The status values of the monitoring system were sent by industrial communication between the s7-300 plc and the application software v 11, simatic step 7, showing the trends in a real-time pc monitor window panel. The project will also serve as an information document for official agencies.

**Keywords:** Electrovalve, PLC, sensors, SCADA, water resources.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad el recurso hídrico supone el mayor problema para diversos países con un importante sector agrícola, como es el caso de Perú. La falta de este recurso hídrico en mercados cada vez más integrados y competitivos alimenta el desarrollo de sistemas que optimicen la utilización de este recurso escaso.

La tecnología para el manejo del agua de riego ha tenido un importante desarrollo, vinculado por un lado a las preocupaciones por hacer un manejo adecuado de los recursos suelo y agua, y por otro a las exigencias de mayor eficiencia en los cultivos para incorporarse a las nuevas dinámicas de mercado causadas por los procesos de globalización.

La comunidad HUITACA SENCCA, ubicado en la provincia de Canchis – Cuzco, se caracteriza por ser uno de los sectores agrícolas y ganaderos de mayor producción del centro del país.

El Sistema de Riego por Aspersión, que permite aprovechar el recurso hídrico disponible del CERRO JURURO de manera eficiente en el ámbito agronómico, los escasos y despilfarro de agua dotada por las acequias, zanja o canales a cielo abierto, hace que los turnos de riego vayan disminuyendo paulatinamente.

Sin embargo, el sistema actual nos permite que el abastecimiento del recurso hídrico satisfaga las necesidades de los productores. Uno de los principales problemas del sector, es la escasez de agua para el riego de los cultivos y para la cría de animales de granja.

El principal objetivo del proyecto es diseñar, calcular, dimensionar y presupuestar tanto las condiciones técnicas y optimizar y ahorrar eficientemente el agua que va al terreno de riego, esto disminuiría las necesidades fundamentales en el riego, permite el mejoramiento de las condiciones agro – pecuarias y con lo cual se pretende que no se desperdicie tanta agua.

El proyecto de investigación está organizado en IV Capítulos.

El **Capítulo I**: se describe el problema de la investigación y se establecen los objetivos a seguir en el desarrollo de la investigación.

El **Capítulo II:** trata de antecedentes y de la revisión de literatura, contenido del sistema de bombeo, fuentes de abastecimiento de agua, instrumentos con los cual se pretende que no se desperdicie tanta agua.

El **Capítulo III:** se establece los criterios metodológicos y materiales de diseño, muestras, cálculo, simulación en programa de cómputo.

El **Capítulo IV:** trata de análisis de resultados y discusiones obtenidos del capítulo anterior, respecto de selección de lugar adecuado de captación, reservorio, motor bomba, electroválvulas, y contrastación de hipótesis.

Así mismo se da a conocer las conclusiones dando respuestas a los objetivos, hipótesis y problema presentada.

Finalmente, se exponen las recomendaciones.

### **1.1. Planteamiento del problema**

La comunidad de HUITACA SENCCA cada día el agua se convierte en un recurso escaso y costoso, por lo que en la agricultura y en la siembra de productos como maíz y hortalizas son mayores consumidores de agua para esto se deben tomar medidas para hacer un uso más eficiente del agua. En la actualidad y hace antaño el uso de este recurso hídrico, ya que en muchos aspectos se utilizan métodos tradicionales y muy poco eficiente, causando desperdicio de muchas cantidades de agua en un solo riego.

El riego manual o artesanal, que se hace en la comunidad de HUITACA SENCCA trae una gran desventaja en el despilfarro del recurso hídrico el agua por ejemplo, el riego manual usando lo tradicional que son las acequias, zanjas o canales a cielo abierto en donde se desperdicia grandes cantidades de agua y perdiendo tiempo laboral del productor.

### **1.2. Justificación del problema**

Con un diseño de un sistema de riego por aspersión automatizado y controlado para el centro poblado de HUITACA SENCCA se pretende contribuir para el desarrollo y el uso adecuado del recurso hídrico el agua para el riego de 5 hectáreas, ya que el



productor no sabría determinar con exactitud cuál es la cantidad de agua que se usara por hectárea.

Este sistema automatizado permite la ya no intervención del productor en la zona de riego, ya que el proceso es totalmente autónomo, excepto cuando se requiere de mantenimiento o solucionar fallas en los equipos u otras causas.

### **1.3. Objetivos.**

#### **Objetivo general**

Diseñar un sistema de riego por aspersión, automatizado y controlado para el centro poblado de HUITACA SENCCA, la finalidad de este proyecto a diseñar es facilitar al productor el manejo del sistema de riego por medio de la automatización, esto será de gran apoyo para el productor ya que podrá controlar todo el proceso.

#### **Objetivo específicos**

- a) Diseñar el sistema de control lógico del sistema de riego.
- b) Analizar el proceso del sistema de comunicación para la automatización del sistema de riego.
- c) Elaborar un análisis de costo del proyecto.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Actualmente la automatización está jugando un papel muy importante en competitividad de las empresas, ya que permitiendo agilizar procesos haciéndolos más eficientes mediante sistemas automáticos.

Los incas tuvieron una especial preocupación por encontrar formas para mejorar las condiciones del suelo para la agricultura. La variedad de clima y del territorio difícil, los llevaron a buscar soluciones diversas, y fueron muchas las formas que se encontraron para hacer frente al problema. Entre las medidas más conocidas se encontraron la construcción de andenes, que durante el gobierno incaico se le dio una gran importancia aunque demandaban movilizar grandes cantidades de mano de obra que el estado incaico podía realizar con relativa facilidad.

En el resumen de la tesis pregrado **Titulado: Diseño de un sistema de riego Aero –pónico automatizado, Mexico – México. Afirma:** “Este proyecto presenta el diseño de un sistema de riego automatizado, utilizando una de las técnicas hidropónicas más novedosas (aeroponía), si bien el alcance actual es diseñar un módulo para 6 plantas, este se puede reproducir el número de veces necesarias para alcanzar un nivel comercial. Otros módulos que se pretende diseñar es un Módulo Germinador, ya que para implementar la técnica Aeropónica es necesario contar ya con la plántula, y el Modulo Generador de Neblina Nutritiva, el cual se utiliza en los dos módulos anteriores para alimentar a la plántula y las plantas respectivamente.

La conclusión a la que se llega con este proyecto es que se puede implementar un sistema de riego hidropónico automatizado con tecnología no cara y de fácil acceso en México y probablemente en Latinoamérica, esto debido a que los componentes propuestos en el diseño, para la parte electrónica e hidráulica, son de fácil implementación y adquisición.

En la actualidad el campo sigue siendo una de las principales áreas de oportunidad para mejorar sus procesos, la implementación de técnicas hidropónicas es una de las respuestas a estas áreas, incluso actualmente a niveles gubernamentales se está apoyando la implementación de este tipo de proyectos” (Rivera, j. a. 2015).

**En la tesis pregrado titulado Sistema de Riego por aspersión Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información. Universidad Tecnológica Nacional, Lima – Perú. Afirma:** “Este proyecto presenta el diseño e implementación de un sistema de riego por aspersión, que pretende proporcionar el agua a las plantas para que estas reciban la humedad suficiente con el fin de que esas mismas plantas se desarrollen y optimicen su ciclo vital. Consiste en aportar el agua de manera localizada justo al pie de cada planta.

Se construyó un prototipo a escala del sistema de riego por aspersión, un computador de desarrollo, sensor de humedad relativa y temperatura DHT22, kit de riego por aspersión, electroválvula de agua, módulos de 2 relay de 5v Aislado Ópticamente– Ideal Arduino, bidón de agua y una placa Placa Arduino Uno (puerto USB).

Un sistema de riego por aspersión es un método de irrigación artificial que, pretende proporcionar el agua a las plantas para que estas reciban la humedad suficiente con el fin de que esas mismas plantas se desarrollen y optimicen su ciclo vital.

Se investigó y experimento con el uso de un circuito 19 electrónico-informático, la realización de un sistema de riego por aspersión automatizado, cuyo código escrito en C, simula el riego en función de la validación de la humedad ambiente.

Se espera a futuro poder implementar este proyecto en la producción agrícola, en zonas áridas para poder utilizar en forma óptima el agua y abono, utilizando como fuente de energía la luz solar” (Salazar, Z. V. (2013).

## **2.2. Sistema de riego automático**

En el mundo del riego natural se engloba diferentes métodos, que me permiten mejorar tanto la calidad del suelo como la calidad del agro. Existen dos maneras de regar el campo natural: a mano acequias, zanjas o con un riego automatizado.

El sistema de riego es el segmento en el proceso para generar de productos de cultivo que se va a controlar y por motivos es importante. Existe una gran cantidad de tipos de

sistemas de riego por aspersión ya que este tipo de sistema está definido en el desarrollo del presente proyecto.

Es por eso que un sistema automatizado de riego hoy en día es la mejor opción para el uso adecuado. Este sistema moderno controla la suministración de agua en un área de terreno donde se hace el cultivo o la plantación de manera que se logra de ese modo el uso eficiente del recurso hídrico, a través de dispositivos como válvulas de cierre y apertura del fluido del agua pero que dependen de otros equipos llamados transductores como los sensores de nivel que recolectan la cantidad de agua que posee el reservorio, los sensores de lluvia que indican la presencia de lluvia en el medio para luego detener el sistema de riego. (Ortiz, J. c. (2012))

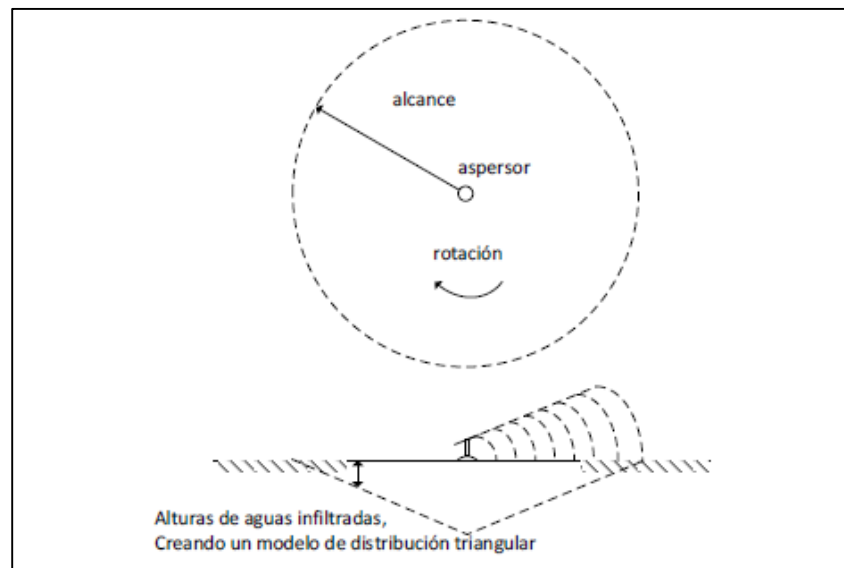
Para lograr este sistema automatizado se requiere un control automatico esto a traves de un controlador logico programable PLC el cual se encargara de tomar las decisiones sobre el riego.

### **2.2.1. Aspersores**

Los aspersores son emesiones de agua, que funcionada hidraulicamnte lanzando el agua pulverizada a la atmosfera a traves de un brazo con una o dos salidas en su extremo a una distintas determinadas. Distribuyen el agua sobre sobre el terreno con un chorro de agua que gira entre dos extremos regulables o girando 360 grados.

Constituye la parte principal del sistema aplican el agua en el cultivo en forma de lluvia gracias a la presion del agua en la tuberia. Giran en sentido horizontal por lo que el area regada determina un circulo.generalmente la mayor concentracion de agua aplicada esta en la region mas cercana al aspersor por lo que la forma de aplicación determina un triangulo como se ve en la siguiente figura 2.1 (Amaya, 2015)

**Figura 2.1** Modelo de dispersión de agua para aspersor de impacto



**Fuente:** Pereira et, 2010, pg. 171

Los aspersores más utilizados en riego de jardines, son los llamados emergentes, que cuando no funcionan se esconden bajo el terreno dejando ver solo una pequeña tapa. Cuando este aspersor entra en funcionamiento, y por efecto de la presión del agua emerge del suelo y efectúa el riego. Como se ve en la siguiente figura 2.2 (Amaya, 2015)

**Figura 2.2** Aspersores Emergentes



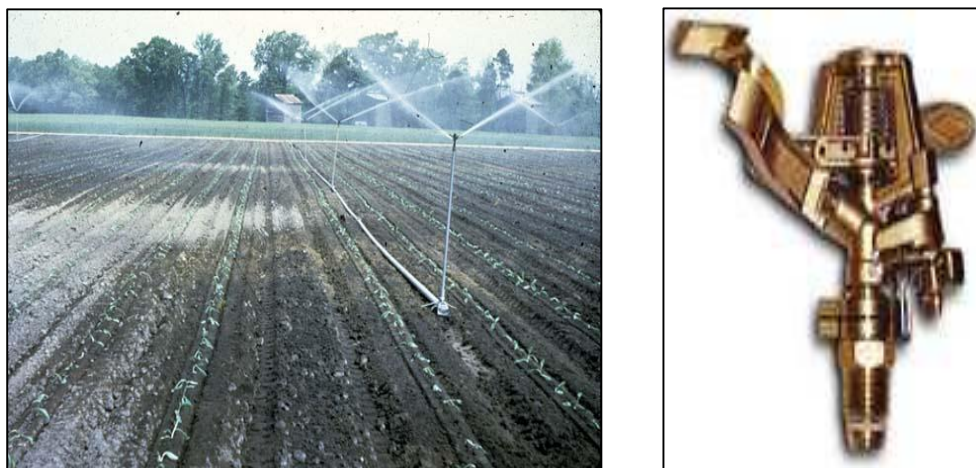
**Fuente:** (Sfcalefaccion, 2008)

**2.2.1.1. Tipos de aspersores para riego**

Los aspersores son de 2 tipos estos son:

**Aéreo:** Cuando va colocado sobre la tubería que le sirve de soporte a la altura del suelo que precise. Como se ve en la siguiente figura 2.3 (Arevalo, 2011)

**Figura 2.3** *Aspersor Aéreo*



**Fuente:** (Agricultura rama, 2010)

**Emergentes:** Está enterrado y por medio de la presión ejercida por el agua, se eleva cuando riega. Como se ve en la siguiente figura 2.4 (Amaya, 2015)

**Figura 2.4** *Aspersor Emergente*



**Fuente:** (Sfcalefaccion, 2008)

### 2.2.1.2. Aspersores a Utilizar

Los aspersores empleados para el riego del terreno son de tipo emergente y solo en algunos lugares se utilizarán aéreos. Son de la marca Hunter, Modelo I – 20 Ultra y su diseño es el mostramos en la figura 2.5

Este aspersor de alto rendimiento con la diversidad y eficiencia necesarias para cualquier instalación, con 34 opciones de tobera, un radio de 4,9 a 14,0 m y 6 opciones de cuerpo, el I -20 es un aspersor de turbina está preparado para regar con eficiencia y fiabilidad. Las mejoras recientes incluyen en retorno de sector automático con giro de 360 grados y un mecanismo no desmontable a prueba de vandalismo que evita que se rompa en engranaje, ahorrando costos de reparación. (Amaya, 2015)

**Figura 2.5** *Aspersores Hunter I – 20 Ultra*



**Fuente:** Catalogo Hunter 2018 – Aspersores

Para regularizar el alcance del agua se emplea una pequeña llave que hace que salga menor o mayor cantidad de agua del aspersor. Esta llave a su vez sirve para la posición los aspersores y determinar su giro, esto se regula dependiendo del área que se quiere regar. En la figura 2.6 se muestran los accesorios con los que cuenta aspersor, tanto las diferencias toberas de colores como llave que controla la cantidad de agua que sale y el riego del aspersor. (David, 2011)

**Figura 2.6** *Accesorios del Aspersor*



**Fuente:** catalogo Hunter 2018 – Aspersores

Como se mencionó anteriormente, los orificios del aspersor son varios en cuanto a su tamaño y dependete del color es el tamaño del orificio las toberas permiten alcanzar radios de 11,9 m hasta 21,7 m. por consiguiente entre mayor es el orificio, mayor es el alcance de agua que da el aspersor y esto se puede ver en la tabla 2.1, donde se indican las especificaciones de las toberas dependiendo de color. (RIVERA, 2012)

**Tabla 2.1** *Tablas de especificaciones de orificios o toberas*

Tobera	Presión Bares	Presión kPa	Radio m	Caudal m³/hr	Caudal l/min	Pluv. mm/hr	
<b>4</b> Amarillo	2.5	248	11.9	0.82	13.6	12	13
	3.0	303	12.2	0.91	15.2	12	14
	3.5	352	12.5	0.98	16.4	13	15
	4.0	400	12.5	1.05	17.5	13	16
	4.5	448	12.8	1.11	18.6	14	16
5.0	496	13.1	1.18	19.6	14	16	
<b>5</b> Blanco	2.5	248	12.8	0.95	15.9	12	13
	3.0	303	13.1	1.04	17.3	12	14
	3.5	352	13.4	1.11	18.5	12	14
	4.0	400	13.4	1.17	19.6	13	15
	4.5	448	13.7	1.24	20.6	13	15
5.0	496	14.0	1.29	21.5	13	15	
<b>7</b> Naranja*	2.5	248	13.4	1.44	24.0	16	19
	3.0	303	14.0	1.54	25.6	16	18
	3.5	352	14.3	1.61	26.9	16	18
	4.0	400	14.3	1.68	28.0	16	19
	4.5	448	14.6	1.75	29.1	16	19
5.0	496	14.9	1.81	30.1	16	19	
<b>8</b> Marrón claro	2.5	248	14.0	1.65	27.5	17	19
	3.0	303	14.3	1.81	30.1	18	20
	3.5	352	14.9	1.94	32.3	17	20
	4.0	400	15.2	2.05	34.2	18	20
	4.5	448	15.2	2.16	36.0	19	22
5.0	496	15.5	2.27	37.8	19	22	
<b>10</b> Verde claro*	3.0	303	15.2	2.15	35.8	18	21
	3.5	352	15.5	2.32	38.6	19	22
	4.0	400	15.8	2.48	41.3	20	23
	4.5	448	16.2	2.63	43.9	20	23
	5.0	496	16.2	2.78	46.3	21	25
5.5	552	16.5	2.94	48.9	22	25	
<b>13</b> Azul claro	3.0	303	15.8	2.38	39.6	19	22
	3.5	352	16.2	2.57	42.8	20	23
	4.0	400	16.5	2.75	45.7	20	23
	4.5	448	16.5	2.91	48.5	21	25
	5.0	496	16.8	3.07	51.2	22	25
5.5	552	16.8	3.24	54.0	23	27	

**Fuente:** Catalogo Hunter 2018 – Aspersores



**Tabla 2.1** *Tablas de especificaciones de orificios o toberas*

<b>15</b> Gris*	3.0	303	16.8	2.86	47.7	20	24
	3.5	352	17.1	3.05	50.8	21	24
	4.0	400	17.4	3.22	53.7	21	25
	4.5	448	17.4	3.38	56.3	22	26
	5.0	496	17.4	3.53	58.8	23	27
	5.5	552	17.7	3.69	61.5	24	27
<b>18</b> Rojo	3.0	303	17.4	3.08	51.4	20	24
	3.5	352	17.7	3.31	55.2	21	24
	4.0	400	18.0	3.52	58.7	22	25
	4.5	448	18.3	3.72	62.0	22	26
	5.0	496	18.9	3.91	65.2	22	25
	5.5	552	19.2	4.11	68.5	22	26
<b>20</b> Marrón osc.*	4.0	400	18.6	3.97	66.2	23	27
	4.5	448	18.9	4.20	70.1	24	27
	5.0	496	19.2	4.42	73.7	24	28
	5.5	552	19.5	4.66	77.7	25	28
	6.0	600	19.8	4.86	81.0	25	29
	6.5	648	20.1	5.05	84.2	25	29
<b>23</b> Verde osc.	4.0	400	19.2	4.88	81.3	26	31
	4.5	448	19.5	5.18	86.3	27	31
	5.0	496	19.8	5.47	91.1	28	32
	5.5	552	20.1	5.78	96.3	29	33
	6.0	600	20.1	6.04	100.6	30	34
	6.5	648	20.4	6.29	104.8	30	35
<b>25</b> Azul osc.*	4.0	400	19.8	5.23	87.1	27	31
	4.5	448	20.1	5.58	93.1	28	32
	5.0	496	20.4	5.92	98.7	28	33
	5.5	552	21.0	6.29	104.9	28	33
	6.0	600	21.0	6.60	110.0	30	34
	6.5	648	21.3	6.90	115.1	30	35
<b>28</b> Negro	4.5	448	20.1	5.93	98.8	29	34
	5.0	496	20.7	6.21	103.5	29	33
	5.5	552	21.3	6.52	108.6	29	33
	6.0	600	21.3	6.77	112.8	30	34
	6.5	648	21.6	7.01	116.9	30	35
	7.0	696	21.6	7.24	120.7	31	36

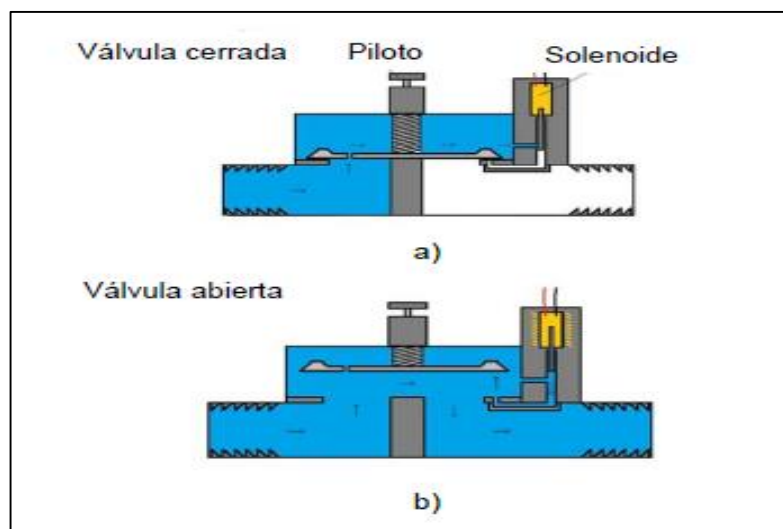
Fuente: Catalogo Hunter 2018 – Aspersores

### 2.2.2. Válvulas solenoide o electroválvulas

La electroválvula es un dispositivo electro – mecánico que permite, mediante una señal eléctrica, abrir o cerrar una válvula hidráulica. Una válvula solenoide se compone de dos partes interdependientes, la válvula y la bobina solenoide.

Normalmente la electroválvula cerrada de accionamiento indirecto, la electroválvula cerrada. La membrana permanece cerrada gracias a la presión que ejerce el agua que inunda la cámara superior. Al energizarse el solenoide con corriente eléctrica, se abre un ducto pequeño que permite que el agua de la cámara superior se drene y por consiguiente que la presión hacia abajo disminuya y la presión hacia arriba aumenta en la membrana. Este efecto finamente produce la apertura de la membrana permitiendo el paso del líquido aguas abajo como se puede ver en la figura 2.7 (Ogata, 2010)

**Figura 2.7** *Funcionamiento de las electroválvulas. a) Cerrada b) Abierta*



**Fuente:** Novedades agrícola.com, 2017

### 2.2.2.1. Válvula Solenoide

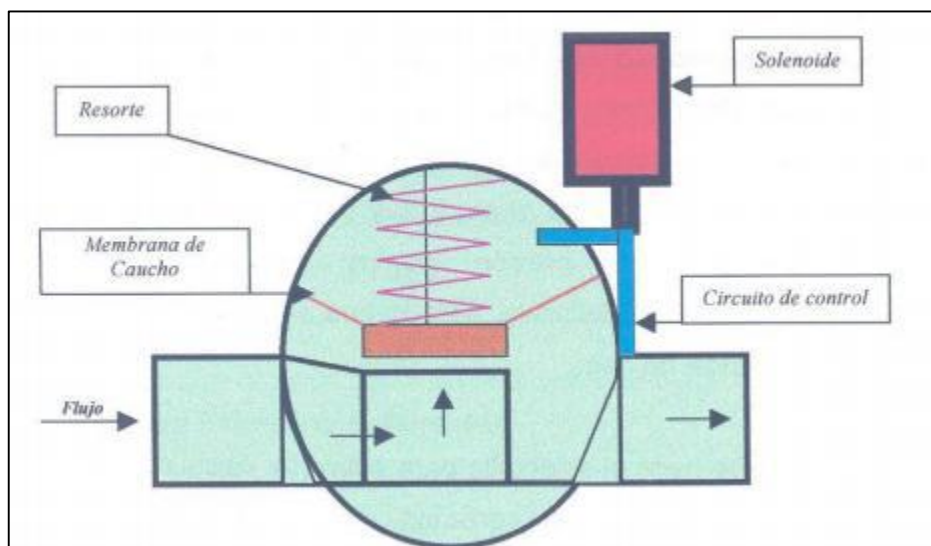
Una válvula solenoide es una válvula eléctrica utilizada para controlar el paso de gas (sistemas neumáticos) o fluidos (sistemas hidráulicos). La apertura o cierre de la válvula se basa en impulsos electromagnéticos de un solenoide (un electroimán) que trabaja junto a un muelle diseñado para devolver a la válvula a su posición neutral cuando el solenoide se desactiva. Este tipo de válvulas se suelen utilizar en sitios de difícil acceso, en sistemas multi-válvula y en sitios de ambiente peligroso. Las válvulas solenoides ofrecen funciones de apertura o cierre total y no se pueden utilizar para la regulación del flujo de gas o fluido. Existen válvulas solenoides que pueden trabajar con corriente alterna (AC) o con corriente continua (DC) y utilizar diferentes voltajes y duraciones de ciclo de funcionamiento. (Lopez G. &, 2012)

El esfuerzo que hace el solenoide para activar la válvula es mínimo, lo que redundaría en un bajo consumo de electricidad; además, el funcionamiento del solenoide y de la válvula de agua es totalmente independiente, por lo tanto el solenoide no se daña al funcionar sin agua y, a su vez, la válvula puede ser operada también en forma manual.

En la cámara superior lleva un resorte que ayuda al cierre de la válvula. Cuando el solenoide está cerrado (sin electricidad), la presión de la cámara superior es igual a la presión de la red de riego, por lo que el resorte hace que la presión total de la cámara superior sea mayor que la presión de la red, cerrando la válvula al paso de agua. Bello-Pino (Instituto de Investigaciones agropecuarias comisión nacional de riego).

Al abrirse el solenoide (con electricidad), conecta la cámara superior de la válvula con la tubería del sector de riego, la que está a una presión más baja que la cámara inferior de la válvula, por lo que el resorte es vencido fácilmente, abriéndose la válvula al paso de agua. (Lopez G. &., 2012)

**Figura 2.8** Esquema de Válvula Solenoide



**Fuente:** Bello-Pino (Instituto de Investigaciones agropecuarias comisión nacional de riego)

### 2.2.2.2. Principio de Funcionamiento

Una válvula solenoide se compone de dos partes independientes la válvula y la bobina solenoide. Un solenoide es una bobina de material conductor cuyo funcionamiento se basa en campos electromagnéticos. Al pasar una corriente eléctrica a través de la bobina, se genera un campo electromagnético de cierta intensidad en el interior. Un émbolo fabricado de metal ferroso es atraído por la fuerza magnética hacia el centro de la bobina, lo que proporciona el movimiento necesario para accionar la válvula. La válvula se puede abrir o cerrar, no hay término medio, por lo que no se puede utilizar este sistema para regulación de flujos. (Santos pereira , 2010)

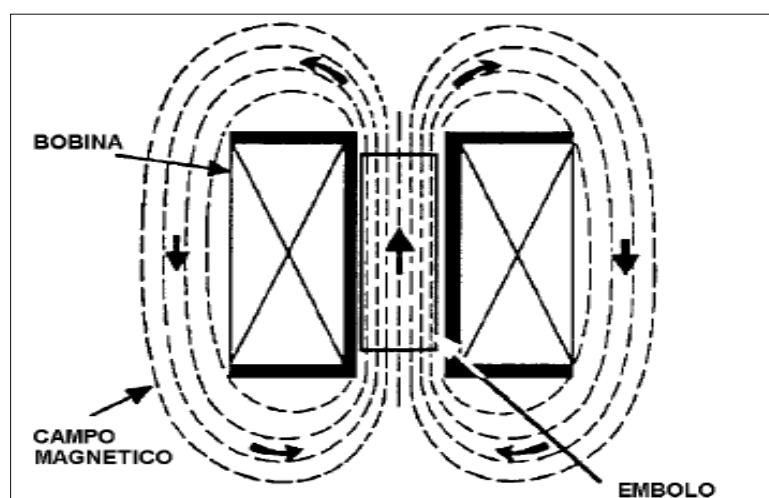
Una vez que se activa el solenoide, la válvula se mantendrá abierta o cerrada, dependiendo del diseño, hasta que se corte la corriente eléctrica y desaparezca el campo electromagnético del solenoide. En este momento, un muelle o resorte empuja el émbolo de nuevo hacia su posición original cambiando el estado de la válvula. El hecho de que no se necesite manipulación física directa hace que las válvulas solenoides sean la mejor solución para controlar la entrada o salida de fluidos y gases en sitios de difícil acceso o

dónde el entorno puede ser peligroso, como en sitios a altas temperaturas o con productos químicos peligrosos. Además, la bobina del solenoide se puede cubrir con material ignífugo para hacerlas más seguras para ambientes peligrosos. (RIVERA, 2012)

Una válvula de solenoide eléctrico sólo puede funcionar como dispositivo on/off y no puede ser utilizado para abrir o cerrar la válvula gradualmente en aplicaciones dónde se requiera una regulación más precisa del flujo. En función del uso que se le va a dar a la válvula, se pueden utilizar bobinas capaces de trabajar de forma continua o en ciclos de duración determinada; siendo las de trabajo continuo normalmente más caras. Existen válvulas de solenoide aptas para su uso con corriente alterna, de 24 a 600 voltios, o para su uso con corriente continua, de 12 a 24 voltios. (ortiz, 2012)

Cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de la bobina esta actúa como un electroimán poderoso, formando un campo magnético capaz de atraer hacia sí un émbolo móvil de hierro, que es el vástago de la válvula, para que pueda abrir o cerrar. Lo anterior se puede ver en la figura 2.9

**Figura 2.9** *Campo Producido por una Bobina*



**Fuente:** Novedades agrícola.com, 2017

### 2.2.2.3. Tipos de Válvulas Solenoide

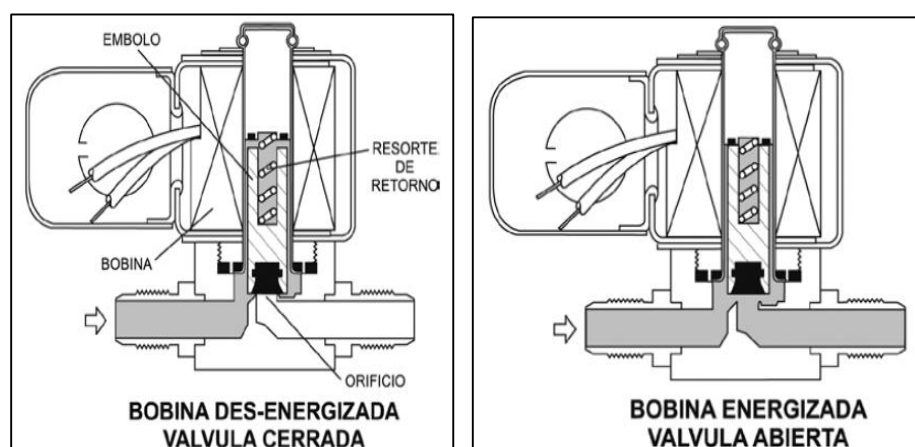
Existen muchos tipos de válvulas de solenoide. Todas ellas trabajan con el principio físico antes descrito, sin embargo, se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma: (Ogata, 2010)

- **Por su aplicación:**
  - De acción directa
  - Operadas por piloto
- **Por su construcción**
  - Normalmente cerrada
  - Normalmente abierta
  - De acción múltiple
- **Por su forma**
  - 2 vías
  - 3 vías

**Válvulas solenoide de Acción Directa:** En el tipo de válvulas de acción directa, el émbolo está mecánicamente conectado a la aguja. Cuando la bobina se energiza, el émbolo es atraído hacia el centro de la bobina levantando así la aguja del orificio y la válvula abre, tal como se ve en la figura 2.10.

Este tipo de válvulas de acción directa, se utilizan solamente en sistemas de capacidades pequeñas, ya que, si se aplicaran es sistemas de capacidades grandes, se requerirían bobinas de gran tamaño para actuar en contra de un alto diferencial de presión. Estas bobinas serían costosas e imprácticas. (David, 2011)

**Figura 2.10** Solenoide de Acción Directa



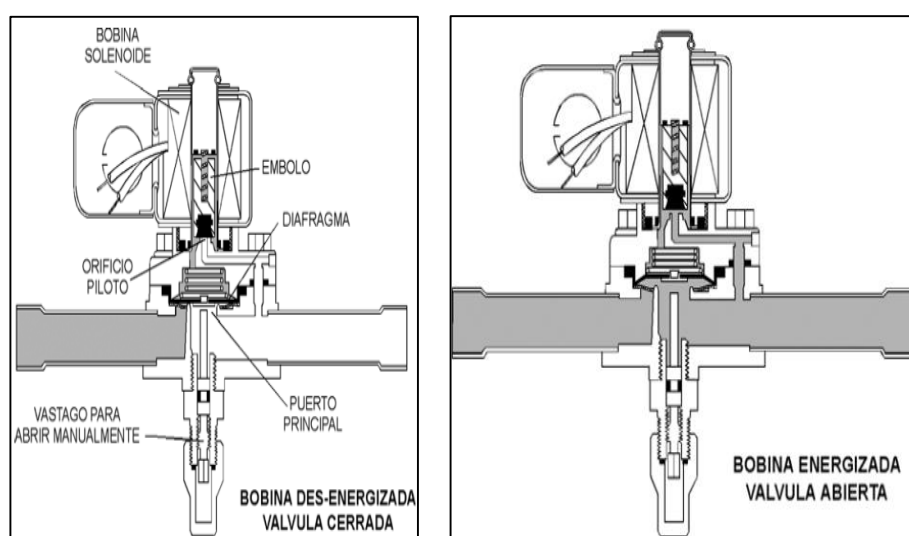
**Fuente:** Novedades agrícola.com, 2017

**Válvulas Solenoide Operadas por Piloto:** Las válvulas solenoide en medidas grandes normalmente son operadas mediante piloto. En la figura 2.11 se muestra este tipo de válvula, en donde el émbolo del solenoide no abre el puerto principal en forma directa, sino que simplemente abre el orificio piloto. La presión atrapada sobre la leva, que

normalmente es un pistón o un diafragma, se libera a través del orificio piloto, creando desbalance en la presión general de la leva. La presión inferior ahora es mayor que la presión superior y la leva se mueve hacia arriba abriendo el puerto principal. (Erazo, 2011)

Para cerrar, el pistón baja y cierra el orificio piloto, haciendo que la presión sobre y debajo de la leva se iguale, bajando y haciendo que cierre el puerto principal. El diferencial de presión a través de la válvula, actuando sobre la superficie del puerto principal, mantiene la leva en una posición firmemente cerrada.

**Figura 2.11** *Solenoid Operador por Piloto*



**Fuente:** Novedades agrícola.com, 2017

#### 2.2.2.4. Electroválvula a Utilizar

Para el riego se utilizan válvulas eléctricas del tipo normalmente cerradas, de tal forma que cuando el programador da las órdenes de riego, la válvula automática se pone en funcionamiento, abriéndose y dejando pasar el caudal para alimentar los aparatos de riego que componen un sector. Una vez acabado el tiempo de riego, la válvula deja de funcionar y se cierra, dejando de funcionar el sector y comenzando inmediatamente otro. (Mayhua-López, 2014) (Ogata, 2010)

Las electroválvulas que se utilizaran en el riego serán de la marca HUNTER, al igual que los aspersores, ya que proporcionan un buen funcionamiento y cuentan con una amplia gama de electroválvulas que se ajustan a las necesidades. (Lopez G. &., 2012)

A continuación, en la figura 2.12 se muestra una imagen de la electroválvula HUNTER ICV, la cual se tiene un diámetro para de tubería de .0762 m (3 in), y por lo tanto puede ser instalad sin necesidad de hacer algún tipo de ajuste a la tubería existente actualmente.

**Figura 2.12** *Electroválvula HUNTER ICV*



**Fuente:** Catalogo Hunter 2018 – Electroválvulas

Las electroválvulas HUNTER, presentan una serie de ventajas las cuales fueron consideradas para su selección y las cuales describen a continuación:

**Construcción resistente:**

Para moldear el cuerpo y la tapa superior se ha utilizado una cantidad importante de material de nailon reforzado con fibra de vidrio que ofrece unas excelentes condiciones de resistencia y durabilidad. El diagrama se fabrica con un caucho reforzado, muy resistente a la degradación y abrasión del cloro. Además, el solenoide utilizado en la válvula ICV es muy eficaz en cuanto a funcionamiento y consumo de energía. (Hunter 2018 – Electroválvulas)

**Sistemas de filtro de auto limpieza:**

El filtro estándar de Hunter ICV tiene cuatro veces el área de superficie de las válvulas de la competencia. Aún con un área superficial amplia, los filtros pueden atascarse en ocasiones a causa de la arena, partículas de suciedad o algas que se encuentran con frecuencia en aguas recicladas, de lagos o pozos. Su colocación directamente sobre el fondo del diafragma hace que el filtro ICV se limpie constantemente con el flujo de agua, reduciendo al mínimo las partículas. (David, 2011)

**Inserciones de bronce:**

La rosca de los tornillos en el cuerpo de la válvula ICV es de bronce aumentando la resistencia y mejorando las condiciones de servicio de las electroválvulas ICV. Además, se evita que la suciedad se acumule en el fondo del orificio del tornillo, circunstancia que hace imposible ajustar la tapa y permite que la suciedad se filtre a través de los orificios de bronce de los tornillos. (David, 2011)

**Solenoides de gran resistencia:**

Este solenoide es especialmente eficaz en instalaciones con cables de gran longitud (problemas de caídas de tensión) y sistemas sometidos a altas presiones porque la presión del agua ayuda a abrir el solenoide, no lo obstaculiza.

Cuando se produce una sobrecarga de presión con la válvula cerrada, el émbolo del solenoide se abre ligeramente para permitir que la presión descienda y se disipe en los tubos de la zona, reduciendo de este modo la posibilidad de que se produzcan daños. Entonces, el émbolo del solenoide se cierra inmediatamente, evitando cualquier funcionamiento del sistema no programado. (Santos pereira , 2010)

**Se cierra lentamente:**

La válvula ICV ha sido diseñada de modo que comienza a cerrarse inmediatamente una vez que el programador envía la señal para ello, y se cierra a una velocidad que ayuda a evitar los posibles daños al sistema. (Hunter 2018 – Electroválvulas).

**Purga manual interna:**

El rápido y fácil giro de 1/4 del solenoide de la ICV permite que el agua fluya a través de la válvula y salga por los aspersores. Esta operación manual imita el funcionamiento eléctrico de la válvula. La purga interna significa que la caja de la válvula permanecerá seca. (Erazo, 2011)

**Garantía de Hunter:**

La garantía completa de cinco años que Hunter ofrece a sus clientes es la prueba de que las válvulas ICV soportan las condiciones más adversas. El usuario final puede estar seguro de contar con un producto de calidad. (ortiz, 2012)

**Comparaciones de electroválvulas:**

Existen otras marcas que proporcionan electroválvulas, como lo son RAIN BIRD e IRRITOL CENTURY, pero existen diferencias en cuanto a las características de sus productos. En la tabla 2.2 se muestra una comparación de la marca HUNTER con las otras marcas de electroválvulas mencionadas anteriormente. De esta manera se analizan



los beneficios que brinda la electroválvula seleccionada a diferencia con las otras. (Santos pereira , 2010)

**Tabla 2.2** *Tabla de Comparación de Electroválvulas*

Características	Hunter ICV	Rain Bird PEB	Irritrol Century Plus
Presión de régimen 14 bares/200PSI	✓	✓	✓
Regulador de presión de dial sin tubos adicionales	✓	✓	✓
Fijación del regulador de presión	Parte superior	Parte superior	Parte superior
Filtro de diafragma de autolimpieza asistido mecánicamente y continuo	✓	✓	
Opción de filtro de campo de fácil instalación	✓		
Purga manual interna	✓	✓	✓
Descarga de aire de la tapa superior	✓	✓	✓
Diafragma cautivo	✓		
Asiento de cuerpo en ángulo con tolerancia a la suciedad	✓		
Tornillos de la tapa cautivos	✓	Esparrago	Esparrago
Tornillo de la tapa de acero inoxidable para tres herramientas (desatornillador estándar, llave para tuercas)	✓		
Rosca interior de bronce para roscar los tornillos de la tapa	✓	Esparrago	Esparrago
Regulador de caudal con manilla no elevable	✓		
Solenoides de funcionamiento con baja energía (corriente de arranque mínima)	8.9 VA	9.9 VA	11.5 VA
Menos de 1 ½ vuelta para desenroscar el solenoide	✓		
Solenoides intercambiables con todas las válvulas plásticas en catálogo	✓		
Agujeros de ventilación en el soporte del diafragma	✓		

**Fuente:** Catalogo Hunter 2018 – Electroválvulas

**Especificaciones:**

El dato que presentan las electroválvulas HUNTER ICV se enlistan a continuación: (Kim, 2008)

- Electroválvulas en línea en Angulo plástico de 3 grados 80 mm
- Regulador de presión Accu – set
- Caudal 4.5 a 88 m<sup>3</sup>/h; 75 a 1135/ min 0.1 a 300 GPM
- Presión: 1.4 a 15 bares; 138 a 1500 kPa
- Temperatura: hasta 66°C

- Solenoide de larga duración: 24VDC

### 2.2.3. Bomba de Agua

Las bombas son dispositivos mecánicos destinados generalmente para elevar agua desde un nivel inferior a otro superior. Frecuentemente es necesario recurrir al empleo de bombas para elevar el agua de los pozos, lagos, depósitos o para impulsarla por las tuberías de distribución.

El subsistema motor-bomba está formado por un motor que acciona una bomba de agua. En general, los motores pueden ser de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC). Las bombas pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo. Por su situación en el pozo los sistemas motor-bomba pueden ser sumergibles, flotantes o de superficie.

#### 2.2.3.1. Funcionamiento de la bomba de agua

La bomba de agua es un sistema hidráulico creado y diseñado para impulsar agua o algún otro fluido de un lugar a otro, a través de tuberías, mangueras o cañerías con determinada presión y caudal. Se dispondrá de un grupo de sobreelevación que impulse el agua o aumente su presión para que pueda llegar a todos los servicios. Estas máquinas mueven el líquido como consecuencia de un intercambio de energía por rozamiento.

Las más usadas habitualmente para el suministro de agua limpia a temperatura normal son las bombas centrífugas con motor eléctrico, como la mostrada en la figura 2.13. (Zhongzhi pum co., ltd.)

**Figura 2.13** *Bomba de Agua*



**Fuente:** Zhongzhi pum co., ltd.

### 2.2.3.2. Motores instalados para el Bombeo

La industria de proceso y las aplicaciones pesadas que dependen de una fiabilidad continua y exigen un impacto medioambiental y unos costos de ciclo de vida mínimos. Estos motores pueden funcionar sometidos a las tareas y condiciones más exigentes. Los motores ABB están diseñados y construidos para cumplir las normas NEMA y CSA. Alcanzar de los niveles de eficiencia máximo. Los motores de la marca ABB, los cuales son de 25 HP, 75 HP y 40 HP, de 3 fases, 440/220 VCA, y se puede ver en la figura 2.14. Con las características mencionadas anteriormente, se logra que el agua de riego tenga su máximo alcance con los aspersores. (Catalogo motor trifásico ABB – 2017)

**Figura 2.14** Motor Trifásico marca ABB



**Fuente:** Catalogo motor trifásico ABB - 2017

### 2.2.4. Arrancadores:

Los arrancadores son equipos electrónicos tiristorizados que mediante el control regulan la tensión y la corriente durante su arranque y parada, realizando un control efectivo y proteger al motor y a las maquinas con un sistema de protección muy completo. Los Controladores o Arrancadores son equipos que están constituidos por contactares, elementos térmicos, bobina de control, contacto de sello o enclavamiento, contactos normalmente abiertos (CNA), contactos normalmente cerrados (CNC) y pueden ser de tipo magnético, de tipo manual, por su arranque son a tensión plena y a tensión reducida. (Salazar, 2013)

Permiten el funcionamiento hasta la detención del sistema a operar y también imprimen una acción de freno cuando se debe detener la máquina rápidamente. La parada rápida es una función vital del controlador para casos de emergencia o para ciertos sistemas de producción.

Los controladores ayudan en la acción de paro retardando el movimiento centrífugo de las máquinas y en las operaciones de ciertos procesos específicos, como es un elevador, una grúa, una puerta automática, una embotelladora, entre otros. (Vélez, 2015)

#### **2.2.4.1. Arrancadores a Utilizar**

Los arrancadores que se utilizaran para el control de los motores son de tensión reducida por autotransformador tipo K98, Para el arranque de motores trifásicos hasta 300 C.P. a 440V con autotransformador, no reversibles, con bobinas de accionamiento por c.a. hasta 400 V, 60 Hz en caja de usos generales.

Los arrancadores automáticos a tensión reducida K 981 tipo autotransformador se utilizan para el arranque de motores con rotor de jaula de ardilla, para potencias hasta 150 C.P. a 220 V y 300 C.P. a 440 V, 60 Hz. Arrancadores de mayor potencia se fabrican solamente bajo pedidos especiales, (hasta 500 C.P. en 440 V). Estos arrancadores limitan la corriente en la etapa de arranque, evitando alcanzar corrientes que puedan causar fluctuaciones perjudiciales en la línea de alimentación. (David, 2011)

Con el arrancador a tensión reducida tipo autotransformador, se reduce la tensión en los bornes del motor según la relación de transformación del autotransformador. Por lo general, se utilizan autotransformadores con derivaciones de 50, 65 y 80% de la tensión nominal.

La intensidad de corriente consumida por el motor en la etapa de arranque disminuye en la misma proporción que la tensión de bornes del motor, es decir, según la relación de transformación del autotransformador. La capacidad del secundario del autotransformador se puede -al no tomar en cuenta la corriente de excitación y las pérdidas de tensión en el autotransformador igualar nuevamente a su capacidad primaria obtenida de la red. (Antonio, 1995)

#### **2.2.5. Sensor Nivel de Agua**

En nuestra actualidad y específicamente en la industria de la automatización, la medición de nivel ya sea de líquidos o sólidos es muy esencial e importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso.

El sistema de control de nivel tiene que tener sensores de agua de modo que puedan detectar si hay o no agua en el recipiente para que opere; para esto tenemos que colocar terminales en el recipiente que al hacer o no contacto con el agua envíe un voltaje a un circuito, el cual tendrá la función de recibir las señales enviadas por los sensores y

procesarlas para dar una salida y determinar si encenderá o apagará a la bomba. (Antonio, 1995)

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de un líquido que se encuentra en un depósito respecto a un nivel de referencia, en este caso la base del depósito a utilizar.

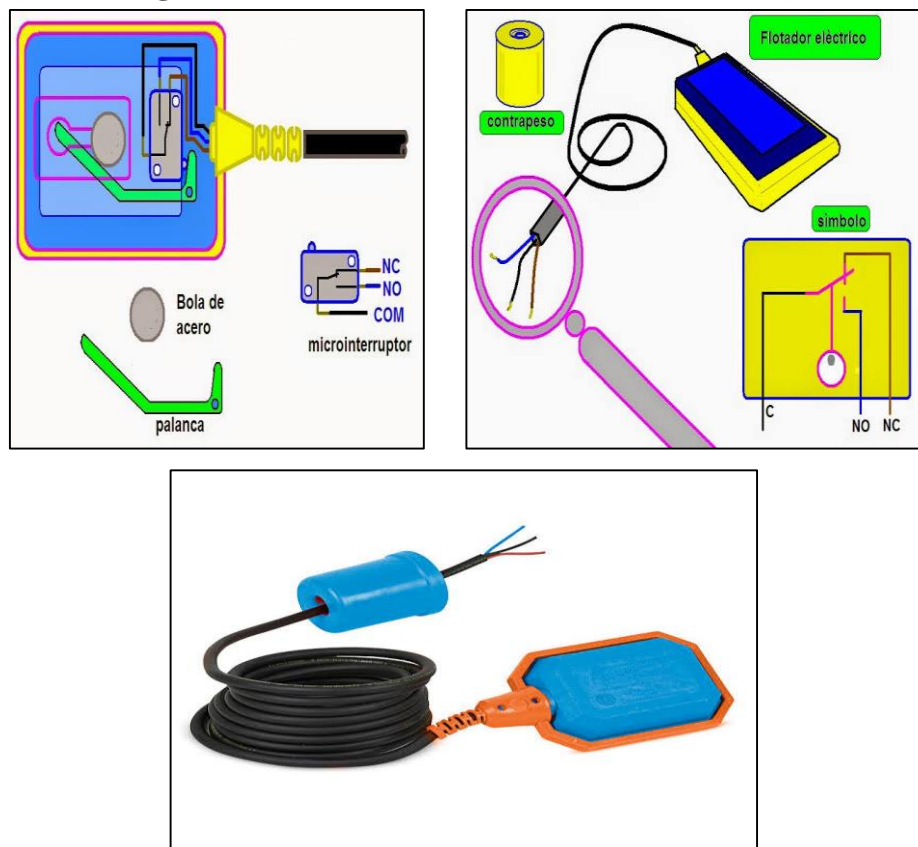
#### **2.2.5.1. Clasificación**

Los medidores se pueden clasificar, a grandes rasgos, en tres tipos: (Lopez E. M., 2011)

- **Sensor todo – nada:** Para líquidos conductores es frecuente emplear flotadores con un contacto entre dos electrodos sumergidos. Para líquidos no conductores suelen emplearse métodos fotoeléctricos o detectores de proximidad capacitivos.
- **Sensores por presión:** La diferencia de presiones entre el fondo y la superficie es directamente proporcional al nivel y al peso específico del líquido. (ruiz, 2001)
- **Sensores ultrasónicos:** Se basan en la medición del tiempo total de ida y vuelta de un impulso de presión (ultrasonido) que es reflejado por la superficie del material y recogido por un receptor colocado al lado del emisor. Este tiempo es proporcional a la distancia y a la densidad del medio. (ruiz, 2001)

#### **2.2.5.2. Sensor de nivel – Electro nivel**

Los sensores todos-nada son los más convenientes, ya que son los más económicos, son fáciles de instalar, su funcionamiento es sencillo y cumplen con la acción de indicar si hay o no agua en la cisterna. El sensor a utilizar es un electro nivel, el cual es un dispositivo que nos permite controlar, mediante el PLC, el llenado de agua en la Reservorio y evita que la bomba funcione cuando no haya agua en la Reservorio. La marca de electro nivel, marca Inerco. Cómo se mostrado en la figura 2.15., ya que son baratos y fácil de conseguir, así como también son herméticos lo cual quiere decir que, por el material del que están hechos, impiden que el agua se infiltre en su interior. En cuanto a sus especificaciones, pueden tener longitudes de cable de 2 m, 3 m y 5 m y operan con 117 VCA. (Santos pereira , 2010)

**Figura 2.15** *Electronivel – Marca INERCO*

**Fuente:** Catalogo INERCO – Electronivel

### 2.2.6. Computador Personal – PC

La computadora es una máquina basada en la tecnología microelectrónica que, a través de sus diversos componentes tanto físicos como lógicos (básicamente procesador, memoria y dispositivos de entrada/salida), permite el procesamiento de datos para obtener información. (Paraninfo, 1988)

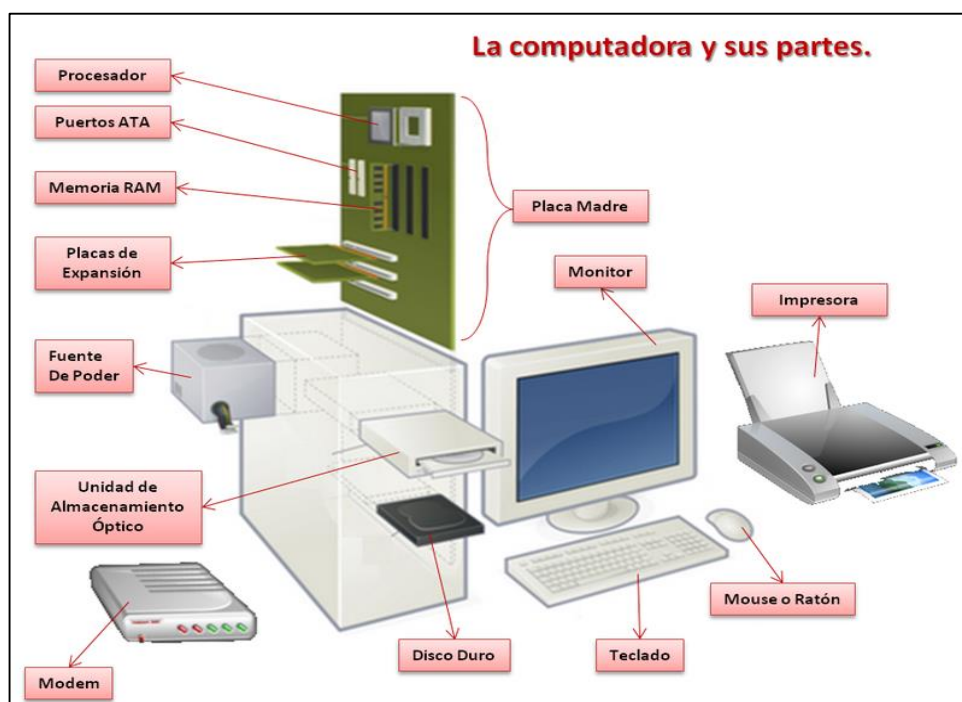
#### 2.2.6.1. Hardware de la computadora.

El hardware hace referencia a todos los elementos físicos que la componen (unidad de proceso central (CPU), mouse, monitor, teclado, etc.). Asimismo, dentro del hardware podemos diferenciar entre componentes internos y periféricos externos de entrada/salida. En cuanto a los componentes internos, básicamente se encuentra la placa madre (dispositivo madre que interconecta todos los elementos que integran la computadora entre sí), el procesador o CPU (el “cerebro” de la PC) y los dispositivos de almacenamiento, como la memoria RAM (Memoria de Acceso Aleatorio), donde el procesador recibe las instrucciones y que guarda la información que se utiliza en el

momento y el disco duro, que es el que posee la capacidad de almacenamiento masiva en donde se guardan los programas, archivos, etc. (Paraninfo, 1988)

En cuanto a los periféricos, los hay de entrada y salida. Los de entrada son el mouse, teclado, webcam, scanner, entre otros. Y los de salida, la impresora, el monitor, los parlantes, etc. El hardware de la computadora se muestra en la figura 2.16.

**Figura 2.16** Hardware de la Computadora



**Fuente:** PCE Instruments (2012) <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-computo/sistemas/.htm>

Finalmente, también se habla del software, en donde se encuentra por un lado el sistema operativo, que es el que permite administrar las funciones de la computadora y que se ejecuten los programas (por ejemplo, los sistemas operativos Windows y MAC OS, Unix, Solarix, GNU/Linux, los cuales se muestran en la figura 2.17.

Por otra parte también el software contiene las aplicaciones del usuario, que son aquellos programas que instala el usuario y que son ejecutados por el sistema operativo en general, como por ejemplo los antivirus o los editores de texto.

**Figura 2.17** *Sistemas Operativos*

**Fuente:** <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-computo/sistemas/sotf.htm>

### 2.2.7. Controlador Lógico Programable (PLC)

El término PLC significa en inglés, Controlador Lógico Programable. Es un dispositivo que permite Controlar una planta por medio de la Lógica definida en el programa de usuario, y es Programable tantas veces como sea necesario. (Automatización industrial EEYMUC – pg. 53)

#### 2.2.7.1. Componentes:

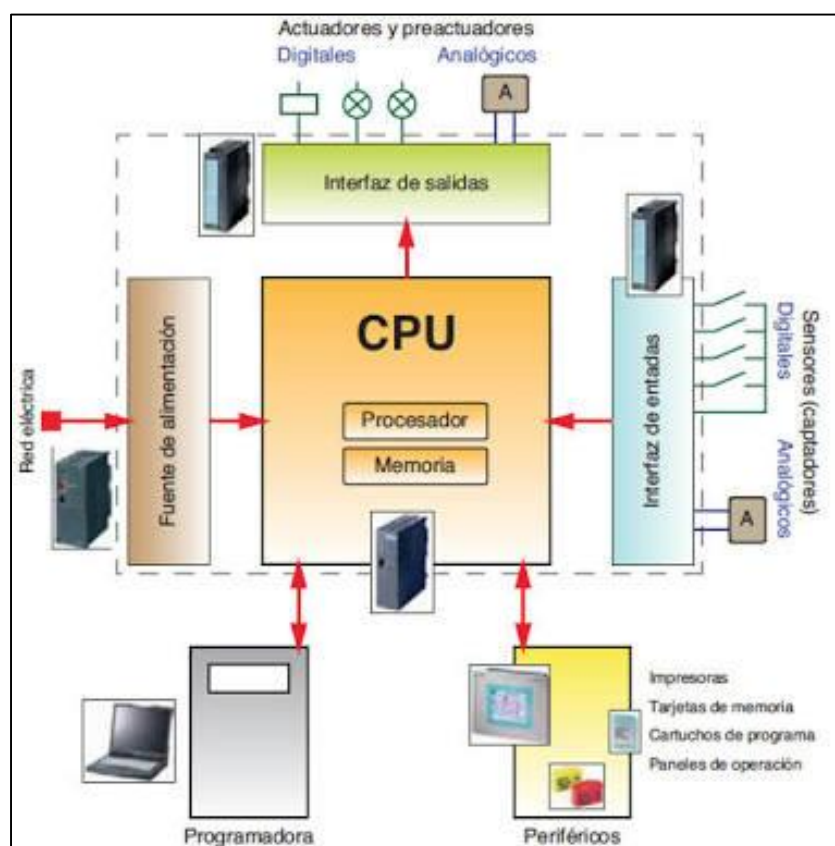
En la figura 2.18. Se muestran la estructura básica de los elementos que conforman al PLC y el cual está constituido por: (ruiz, 2001)

- **Fuente de alimentación:** El PLC tiene una entrada análoga de 220VAC o 110VAC y adicionalmente tiene salidas de 24VAC o DC para alimentar sensores. La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía al CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.
- **Unidad De Procesamiento Central (C.P.U.):** La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad. (ruiz, 2001)



- **Módulos o Interfaces de Entrada y Salida (E/S):** En el módulo de entradas se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, etc.)
- La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo a la programación realizada.
- El módulo de salidas del autómatas es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores, etc.)
- La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados. (ruiz, 2001)
- **Módulos de Memorias:** Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente.
- **Unidad de Programación:** Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización. (Amaya, 2015)

**Figura 2.18** Estructura de un Controlador Lógico Programable



**Fuente:** Automatización industrial EYMUC – pg. 53

**2.2.7.2. Tipos de PLC**

Existen diversos tipos en función de la cantidad y tipo de las entradas y salidas que aceptan, las funciones capaces de realizar, la capacidad de memoria y otros parámetros, pero básicamente podemos distinguir dos tipos fundamentales que son: (Automatización industrial EEYMUC – pg. 70)

- **Los Compactos**, en donde la fuente de poder, la CPU y las entradas y salidas están todos integrados en una sola caja, como el que se muestra en la figura 2.19. (Amaya, 2015)
- **Los Modulares**, que se componen de una placa de montaje a la que se le instalan fuentes de poder, CPU, módulos de entrada y salida y módulos especiales, como el que se muestra en la figura 2.20. (Amaya, 2015)

**Figura 2.19** *Ejemplo de un PLC Compacto*



**Fuente:** Automatización industrial EEYMUC – pg. 70

**Figura 2.20** *Ejemplo de un PLC Modular*



**Fuente:** Automatización industrial EEYMUC – pg. 70

### 2.2.7.3. Selección del Controlador Lógico Programable

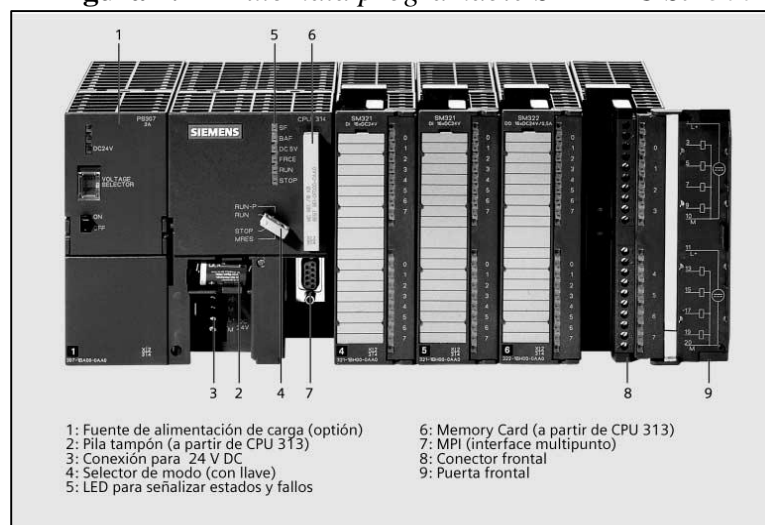
Los PLC se usan en la industria, pues tienen más posibilidades de cambio y temporizadores que pueden trabajar hasta años sin necesidad de una nueva programación y de forma autónoma, además de controlar sistemas de potencia usando directamente contactores y pulsadores. La diferencia entre ambos es notable; los micro controladores, solo poseen una grabación, luego del cual deben ser retirados y vueltos a programar en caso de que se requiera un ajuste con el tiempo, se debe tener un gran conocimiento en cuanto la electrónica, en cambio los PLC, se programan aun estén estos conectados, son más fácil de programar según las necesidades del usuario. Los PLC poseen salida en potencia, algo que los micro controladores tienen en un circuito aparte. (Siemens ST 70 – 2011).

Una vez indicada la diferencia entre el micro controlador y el PLC, se concluye que para la automatización del riego es más conveniente utilizar un PLC modular ya que el proyecto se puede expandir, es decir, se pueden agregar más elementos de entrada/salida en caso de que se quieran monitorear más áreas o se piense controlar más variables. Además se puede modificar fácilmente la programación, dependiendo de los requerimientos del operador. (ruiz, 2001)

### 2.2.7.4. Sistema de Automatización S7-300

Ofrecen flexibilidad en las entradas/salidas (E/S) digitales en diferentes configuraciones para soportar entradas de 24 VDC o 120/240 VAC y salidas tipo relay, triaco transistor. En la figura 2.21. Muestra el PLC SIMATIC S7 – 300 a utilizar.

**Figura 2.21** *Autómata programable SIMATIC S7-300*



**Fuente:** Siemens ST 70 – 2011

**2.2.7.5. Fuentes de Alimentación:**

Para alimentar el S7-300 y los sensores/actuadores con DC 24 V se dispone dentro del S7-300 de diferentes fuentes de alimentación: (Kim, 2008)

- Intensidad de salida 2 A
- Tensión nominal de salida 24 V DC, estabilizada, a prueba de cortocircuitos y marcha en vacío
- Acometida monofásica (tensión nominal de entrada 120/230 V AC, 50/60 Hz)
- Puede utilizarse como fuente de alimentación de carga

**2.2.7.6. Modulo Digitales:**

En la tabla 2.3. Siguiete se representan las principales características de los módulos de entradas digitales. (Siemens ST 70 – 2011).

**Tabla 2.4 Módulos de Entradas Digitales**

Características	Modulo			
	SM 321; DI 64 x 24V;Sink- ing/Sourcing (-1BP00-)	SM 321; DI 32 x DC24V (-1BL00-)	SM 321; DI 32 x AC120V (-1EL00-)	SM 321; DI 16 x DC24V (-1BH02-)
Número de entradas	64 DO; con aislamiento galvánico en grupos de 16	32 DI; con aislamiento galvánico en grupos de 16	32 DI; con aislamiento galvánico en grupos de 8	16 DI; con aislamiento galvánico en grupos de 16
Tensión nominal de entrada	24 V DC	24 V DC	120 V AC	24 V DC
Apropiado para...	-	Detectores de proximidad (BERO) a 2/3/4 hilos		
Soporta modo isócrono	No	No	No	No
Diagnostico parametrizable	No	No	No	No
Alarma de diagnostico	No	No	No	No
Alarma de proceso en un cambio de flanco	No	No	No	No
Retardos a la entrada configurables	No	No	No	No
Particularidades	-	-	-	-

**Fuente:** Siemens ST 70 – 2011

En la tabla 2.4 Siguiente se resumen las características principales de los módulos de salidas digitales.

**Tabla 2.5 Módulos de Salidas Digitales**

Características	Módulo				
	SM 322;	SM 322;	SM 322; DO 32 x DC 24V/O, 5A	SM 322;	SM 322;
	DO 64 x 24V/O, 3A	DO 64 x DC 24V/O, 3A		DO 32 x AC120/230V/ 1A	DO 16 x DC24V/O, 5A
	Sourcing (-1BP00-)	Sourcing (-1BP50-)		(-1FL00-)	(-1BH01-)
Número de salidas	64 DO; con aislamiento galvánico en grupos de 16	32 DO; con aislamiento galvánico en grupos de 16	32 DO; con aislamiento galvánico en grupos de 8	32 DO; con aislamiento galvánico en grupos de 8	16 DO; con aislamiento galvánico en grupos de 8
Intensidad de salida	0,3 A	0,3 A	0,5 A	1,0 A	0,5 A
Tensión nominal de entrada	24 V DC	24 V DC	24 V AC	24 V DC	24 V DC
Apropiado para...	Electroválvulas, contactores de corriente continua y lámparas de señalización				
Permite modo isócrono	No	No	No	No	No
Diagnostico parametrizable	No	No	No	No	No
Alarma de diagnostico	No	No	No	No	No
Salida de valores sustitutivos	No	No	No	No	No
Particularidades	-				

**Fuente:** Siemens ST 70 – 2011

Por el hecho de que existe una amplia variedad de módulos, no se hablara de todos, únicamente se enfocara en los que se requieren para la automatización del riego. En base a la tabla 2.5. De E/S de los dispositivos que se necesitan, se verán los módulos que pueden ser utilizados. (Kim, 2008)

**Tabla 2.6** *Tabla de E/S a Utilizar en el Riego.*

Tipo de entrada/salida	Dispositivo	Cantidad	Voltaje de operación
Entrada digital	Sensor de nivel (electronivel)	2	117 VAC
Salida digital	Bobina de arrancador del motor	2	220 VAC
	Válvula solenoide electroválvula	11	24 VDC

**Fuente:** Siemens ST 70 – 2011

### 2.2.8. Control Mediante PC

El PC se está estableciendo en un gran número de campos (oficina, casa, industria). Las tareas automatizadas de control y visualización que se efectuaban con PLC (controladores lógicos programables o autómatas) se están realizando con sistemas de control basados en PC, utilizando tarjetas de expansión o de adquisición de datos. (Amaya, 2015)

- **Ventajas:** Procesamiento de datos, visualización, trabajo en red.
- **Desventajas:** Tiempo real, seguridad, robustez. Por lo que se suelen utilizar junto a los PLC, a más alto nivel, realizando tareas de monitorización y control.

En consecuencia, el operador supervisa el control de la planta y no solo monitorea las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; esto significa que puede actuar y modificar las variables de control en tiempo real, algo que pocos sistemas permiten con la facilidad intuitiva que ofrecen los sistemas

Se puede definir la palabra supervisar como ejercer la inspección superior en determinados casos, ver con atención o cuidado y someter una cosa a un nuevo examen para corregirla o repararla permitiendo una acción sobre la cosa supervisada. La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo. (Arevalo, Desarrollo de un sistema automático para mejorar el sistema de riego en la Hacienda "Gavilanes", 2011)

## **2.3.Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis general**

Dentro de los sistemas de riego existen varios métodos o formas de realizarlo, pero aprovechando el Diseño de un sistema de riego por aspersión automatizado y controlado, aseguramos que exista un mejor riego de las áreas y por ello mejorar el ahorro de agua y energía como también reducir el tiempo que emplea un personal al momento de hacer dicha tarea luego del diseño del sistema.

### **2.3.2. Hipótesis específicas**

- a) El diseño del sistema de control lógico del sistema de riego, permite el ahorro de agua.
- b) Al analizar el proceso del sistema de comunicación para la automatización del sistema de riego, permite su adecuado funcionamiento.
- c) Al elaborar un análisis de costo del proyecto, permitirá tener un costo real.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Metodología

El proyecto de investigación es de tipo aplicada, se caracteriza por resolver problemas, debido a su visión tecnológica, el cual implica el desarrollo de una plataforma de monitoreo virtual y remota donde nos permite la obtención de datos en tiempo real, creando nuevos conocimientos y complementando una mayor solución a los proyectos ya existentes.

#### 3.2. Población y Muestra.

##### 3.2.1. Población

La población esta representa por el área del terreno de aproximadamente 5 Has de área verde de la comunidad de HUITACA SENCCA

##### 3.2.2. Muestra.

La población muestral de la comunidad está en función a la formula otorgada por la Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos- Riego tecnificado, con la confiabilidad del 95.0% y margen de error de 5%; determinando el nivel de ahorro de agua.

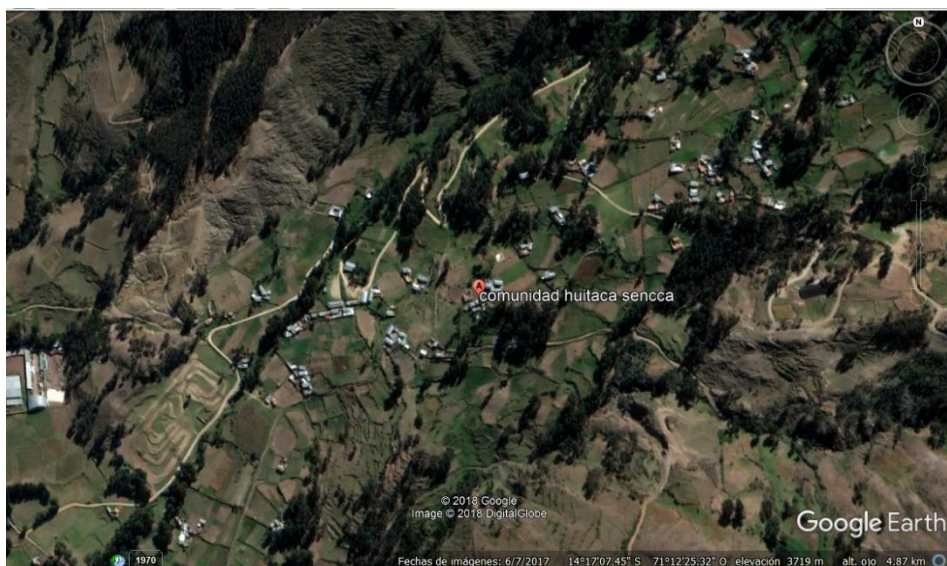
#### 3.3. Ubicación y Descripción de la Población.

La ubicación de la comunidad de HUITACA SENCCA se encuentra ubicada al sur de Perú.

- Región : Cuzco
- Provincia : Canchis
- Distrito : Sicuani
- Ubigeo : 080601
- Latitud Sur : 14° 17' 1.5" S (-14.28375029000)
- Longitud Oeste : 71° 12' 32.2" W (-71.20893426000)
- Altitud : 3686 msnm
- Coordenadas: UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal del Mercator)



**Figura 3.1** UTM de la Comunidad de HUITACA SENCCA



**Fuente:** Google Earth

**Figura 3.2** UTM de la Comunidad de HUITACA SENCCA



**Fuente:** Google Earth

### 3.3.1. Clima.

La zona de estudio no cuenta con una estación meteorológica cercana; en la región sierra, presenta precipitación pluvial durante el período de verano granizado y trueno por las tardes (enero a marzo). Los meses de junio hasta a fines del mes de agosto en las noches el clima es muy fría (helada) y de día bastante radiación solar.

### 3.3.2. Hidrología.

El sistema hidrográfico está conformado por el cerro Jururo que desembocan en el Río Miski Uno, También conforma por Manantiales subterráneas.

### 3.4. Materiales

**Tabla 3.1** *Materiales*

Nº	Concepto	U.	Cant.	P.U	IMPORTE
1	Computador Portatil(PC)	Unidad	1	2000	2,000.00
2	Logico Programable	Unidad	1	700	700
3	software	Unidad	1	300	300
4	Electrovalvula	Unidad	11	150	1,650.00
5	Electro Nivel	Unidad	2	250	500
6	Convertidor RS -	Unidad	1	200	200
7	Cable 12 THW	MTS	1	100	100
8	Tablero Electrico	Unidad	1	100	100
9	Contacto	Unidad	1	25	25
10	Canaleta Para T	MTS	2	15	30
11	Pulsador	Unidad	2	6	12
12	Parada De Emer	Unidad	1	15	15
13	Termo magnético	Unidad	1	15	15
14	Bomba De Agua	Unidad	2	2000	40000
15	Tubos Pvc 1/2	MTS	50	8	400
16	Tubo Pvc 3/4	MTS	10	15	150
17	Codos 1/2	Unidad	16	2	32
18	Codos 3/4	Unidad	10	3	30
19	Tapones 1/2	Unidad	20	1	20
20	Teflon	Unidad	10	1	10
21	Unión 1/2	Unidad	20	5	100
22	Unión 3/4	Unidad	10	2	20
23	Unión Te 3/4	Unidad	10	3	30
24	Horas hombre (2 meses)	Tiempo 6 meses	1	70	11,760.00
25	Tecnico Electrico	Tiempo 6 meses	1	50	8,400.00
	<b>Sub Total Soles</b>				<b>66,599.00</b>

Elaboración Propia

### 3.4.1. Otros recursos.

- Software Microsoft Excel versión 2016.
- Software Microsoft Word versión 2016.
- Software AUTOCAD versión 2016.
- Software S10

### 3.5. Procesamiento de información

Luego de recopilar la información se empezó al procesamiento de los datos en forma computarizada, empleando programas de ingeniería como el programa de dibujo automatizado Auto Cad, programa de procesamiento de redes de distribución hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel y el programa de textos Microsoft Word utilizando formulas necesarias expuestas en el marco teórico.

#### 3.5.1. Trazos con AutoCAD

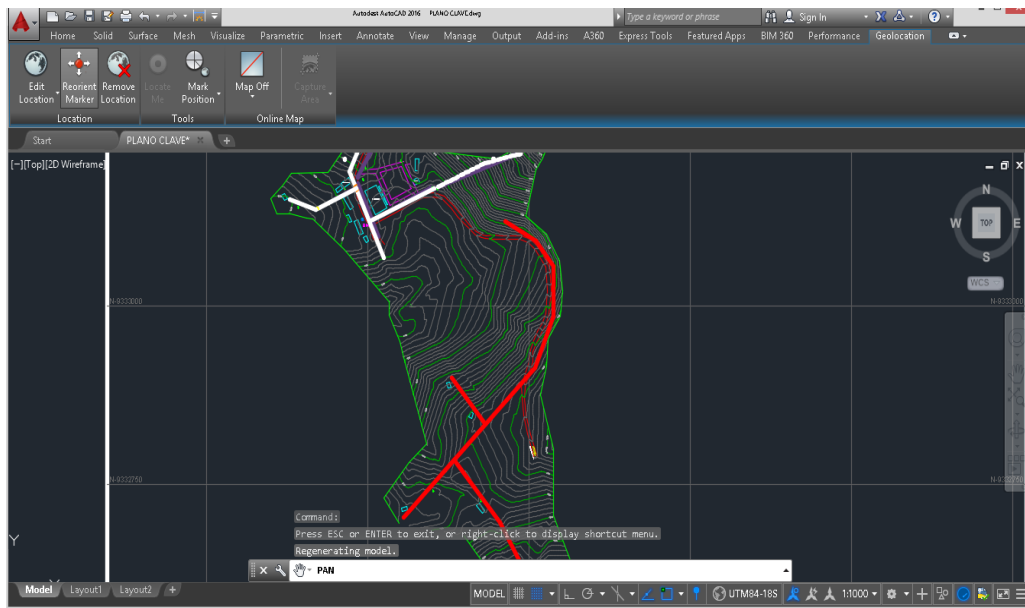
Para facilitar el trazo de la red de distribución se agregó un fondo a escala en formato DXF (propio de AutoCAD) de la red de distribución, para realizar el trazo con las herramientas de dibujo proporciona para crear las uniones, tuberías, válvulas y reservorio que se puede ubicar sobre la base del plano agregado.

**Figura 3.3** *Trazo en AutoCAD Plano Clave*



Elaboración Propia

**Figura 3.4** Trazo en AutoCAD las curvas de nivel en m.s.n.m.



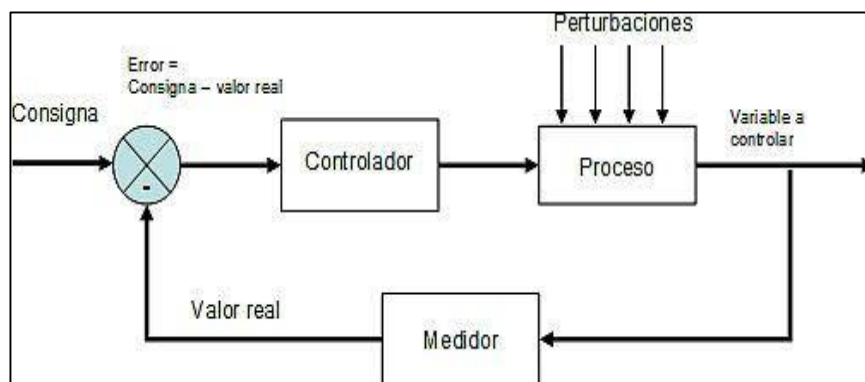
Elaboración Propia

### 3.6. Técnicas para el procesamiento de análisis de datos.

#### 3.6.1. Diagrama de bloque

Nuestro interés está formado por diferentes elementos que interaccionan para alcanzar un fin común. La mayoría de los sistemas físicos tienen descrita su dinámica mediante ecuaciones diferenciales. De un sistema físico, uno de los factores determinantes del análisis y diseño de procesos de control es la obtención de los modelos matemáticos.

**Figura 3.4.** Diagrama de bloque



**Fuente:** Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderno

### 3.6.2. Modelado matemático

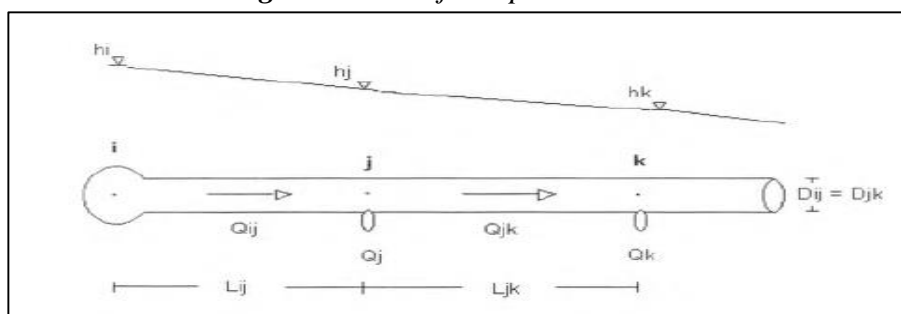
Representación simplificada de un sistema físico que contiene un conjunto de instrucciones o ecuaciones para generar datos de comportamiento para un proceso determinado los modelos. Es decir un proceso puede ser representado por varios modelos. (Lopez E. M., 2011)

**Sistema de control en lazo cerrado:** El control en lazo cerrado o en bucle cerrado en un tipo de control en el que se comprueba la señal de salida y se decide si el nivel de la señal real de salida corresponde con el de la señal deseada o si el nivel real de la señal ha de ser modificada para conseguir el valor objetivo. También se les denomina sistemas retroalimentados; se comparan estas dos señales y la diferencia (señal de error) sirve de medidas de control cuando existen perturbación este tipo de control tiende a reducir diferencia entre valor deseado y el valor real de salida de un sistema de estación de bombeo.

Se propone un modelo matemático para el diseño de redes de tuberías empleadas en el riego localizado de baja carga (0.3 a 1.3 m), donde la emisión del flujo es a través de perforaciones de polietileno PVC, El sistema puede ser fijo o móvil. En este último, el polietileno con los emisores podrá moverse para regar varias líneas de plantas. El presente modelado corresponde a un terreno plano, pero el modelo numérico considera el caso en donde se presenten accidentes topográficos. Se muestran mediciones de campo en tres sistemas móviles diseñados con el modelo numérico para terreno plano. Se concluye que éstas son muy aproximadas a los resultados de gastos y coeficientes de variación obtenidos con el modelo numérico. (Antonio, 1995)

El flujo en un PVC lateral o regante de polietileno que tenga emisiones a cada cierta distancia, puede ilustrarse como se muestra en la figura 3.5.

*Figura 3.5. Flujo de polietileno*



**Fuente:** Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderno

Una de las fórmulas más empleada para el cálculo de las pérdidas por fricción en tuberías es la de Darcy-Weisbach

$$h_j - h_k = \frac{fL_{jk}}{12.1D_{jk}^5} |Q_{jk}|^3 \quad (3.1)$$

Donde  $h_j$  es la carga piezométrica en m, en el punto de emisión  $j$  (ver figura 26);  $h_k$  es la carga piezométrica en m, en el punto de emisión  $k$ ;  $f$  es un coeficiente de fricción, adimensional;  $L_{jk}$  es la separación entre emisores en m; 12.1 es una constante que incluye el valor de la aceleración de la gravedad;  $D_{jk}$  es el diámetro de la tubería lateral en m;  $Q_{jk}$  es el gasto en m<sup>3</sup>/s, que fluye por la tubería entre los emisores  $j, k$ .

$$h_i - h_k = \frac{fL_{jk}}{12.1D_{jk}^5} |Q_{jk}|^3 \quad (3.2)$$

La ecuación para pérdida de carga local por la inserción de un aspersor o en el punto  $j$  de la manguera lateral puede expresarse en función del gasto aguas arriba como

$$\Delta h_j = \frac{\alpha}{12.1D_{ij}^4} |Q_{ij}|^3 \quad (3.3)$$

Donde  $\Delta h_j$  es la pérdida de carga local en el punto de emisión  $j$ , en m;  $\alpha$  es un coeficiente adimensional de pérdida local por la inserción del emisor en la manguera.

Así, la ecuación de pérdida de carga total entre los puntos  $i, j$  se escribe

$$h_i - h_j = \frac{fL_{ij}}{12.1D_{ij}^5} |Q_{ij}|^3 + \frac{\alpha}{12.1D_{ij}^4} |Q_{ij}|^3 \quad (3.4)$$

La otra ecuación básica es la del emisor, que se acostumbra escribir ecuación

$$Q_j = C_j (h_j - z_j)^b \quad (3.5)$$

Donde Q, es el gasto de emisión en el punto j, en l/h; C<sub>i</sub> es una constante del aspersor o difusor empleado como emisor; h<sub>j</sub> es la carga piezométrica en m; z<sub>i</sub> es la carga de posición o cota del terreno en m; b es un exponente menor de 1.

Ecuación fundamental en la manguera lateral o regante

De la ecuación 4 se puede obtener en forma implícita el gasto Q<sub>ij</sub>

$$Q_{ij} = \frac{h_i - h_j}{B_{ij} |Q_{ij}|} \quad (3.6)$$

Donde B<sub>i</sub> es una constante que vale

$$B_{ij} = \frac{fL_{ij}}{12.1D_{ij}^5} + \frac{\alpha}{12.1D_{ij}^4} \quad (3.7)$$

La ecuación de continuidad en cualquier punto j de emisión, que en este inciso se llamará nodo, así como las conexiones entre las mangueras laterales y distribuidora donde no hay emisión (por ejemplo, el punto i de la figura 26), puede expresarse de manera implícita como

$$-\frac{h_i - h_j}{B_{ij} |Q_{ij}|} + \frac{h_j - h_k}{B_{jk} |Q_{jk}|} + \frac{C_j}{(1000)(3600)} (h_j - z_j)^b = 0 \quad (3.8)$$

Al ordenar esta ecuación se obtiene

$$-\frac{1}{B_{ij} |Q_{ij}|} h_i + \left[ \frac{1}{B_{ij} |Q_{ij}|} + \frac{1}{B_{jk} |Q_{jk}|} \right] h_j - \frac{1}{B_{jk} |Q_{jk}|} h_k = \frac{C_j}{(1000)(3600)} (h_j - z_j)^b \quad (3.9)$$

En esta ecuación lineal se ha dividido la constante C, entre (1000) (3600) para convertir el gasto de la ecuación (5) a m<sup>3</sup>/s.

Ecuación de continuidad en el extremo final dela manguera lateral

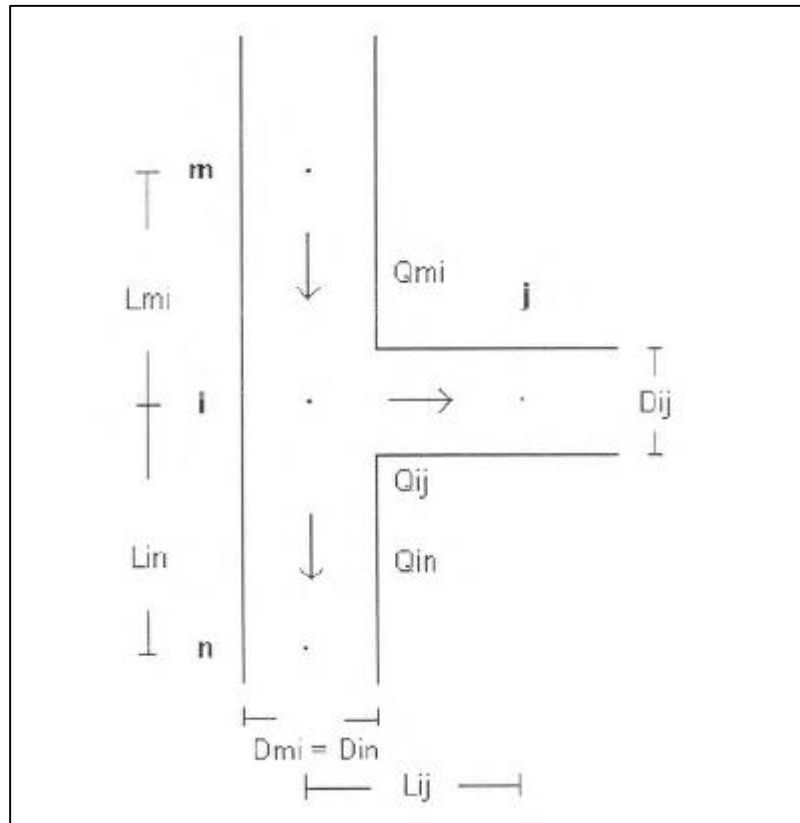
Supóngase que los puntos de emisión  $j, k$  son los nodos extremos de la manguera lateral en una red abierta; entonces, la ecuación de continuidad 9 en el nodo extremo  $k$  se convierte en

$$-\frac{1}{B_{jk}|Q_{jk}|}h_j + \frac{1}{B_{jk}|Q_{jk}|}h_k = -\frac{C_k}{(1000)(3600)}(h_k - z_k)^b \quad (3.10)$$

Ecuación de continuidad en un nodo de la manguera distribidora

La figura 3.6. Muestra en planta una conexión de la manguera distribidora con dos nodos opuestos al  $i$ , separados, en la misma manguera, una distancia  $L_{mi} = L_{in}$  y la conexión con el nodo  $j$  en la manguera lateral.

**Figura 3.6** Conexión de la manguera distribidora con un lateral



**Fuente:** Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderno

Si no hay emisión en el nodo  $i$ , la ecuación de continuidad queda

$$-\frac{1}{B_{mi}|Q_{mi}|}h_m + \left[ \frac{1}{B_{mi}|Q_{mi}|} + \frac{1}{B_{ij}|Q_{ij}|} + \frac{1}{B_{in}|Q_{in}|} \right] h_i - \frac{1}{B_{ij}|Q_{ij}|}h_j - \frac{1}{B_{in}|Q_{in}|}h_n = 0 \quad (3.11)$$



En esta ecuación las constantes  $B_{mi}$ ,  $B_{in}$  son:

$$B_{mi} = \frac{fL_{mi}}{12.1D_{mi}^5}; B_{in} = \frac{fL_{in}}{12.1D_{in}^5} \quad (3.12)$$

Nótese que ya no se incluye el término donde interviene  $a$  porque en la manguera distribuidora no hay emisores conectados a ella.

Ecuación de continuidad en un nodo extremo de la manguera distribuidora

Si ahora el nodo  $i$  fuera el extremo de la manguera distribuidora y no existiera el nodo  $n$ , la ecuación de continuidad en el primer nodo se escribe

$$-\frac{1}{B_{mi}|Q_{mi}|}h_m + \left[ \frac{1}{B_{mi}|Q_{mi}|} + \frac{1}{B_{ij}|Q_{ij}|} \right]h_i - \frac{1}{B_{ij}|Q_{ij}|}h_j = 0 \quad (3.13)$$

Supóngase ahora que el nodo  $m$  sobre la manguera distribuidora es una condición de frontera con carga piezométrica conocida y constante, esto es, que sea el cabezal o tanque de alimentación a la red de mangueras. La ecuación de continuidad en el nodo  $i$

$$\left[ \frac{1}{B_{mi}|Q_{mi}|} + \frac{1}{B_{ij}|Q_{ij}|} + \frac{1}{B_{in}|Q_{in}|} \right]h_i - \frac{1}{B_{ij}|Q_{ij}|}h_j - \frac{1}{B_{in}|Q_{in}|}h_n = \frac{1}{B_{mi}|Q_{mi}|}h_m \quad (3.14)$$

Al plantearse el sistema de ecuaciones en los nodos de la red, sean de emisión o no, se establece un sistema de ecuaciones lineales igual al número total de nodos, donde las incógnitas son las cargas piezométricas.

Como el sistema es implícito es necesario conocer los gastos iniciales en cada tramo de las mangueras, los cuales se determinan a partir de unas cargas piezométricas supuestas. Estas deben tomar valores decrecientes, según el sentido del flujo, a partir de la carga conocida en el cabezal. Estos gastos se calculan de manera general, con la ecuación 1 escrita en la forma

$$Q_{ij} = \frac{h_i - h_j}{|h_i - h_j|} \sqrt{\frac{|h_i - h_j|}{\frac{fL_{ij}}{12.1D_{ij}^5}}} \quad (3.15)$$

En esta ecuación deberán emplearse las distancias y diámetros correspondientes (subíndices ij), según se trate de un lateral o una manguera distribuidora entre los nodos i, j. Además, el signo del gasto queda determinado por la diferencia  $h_i - h_j$

El proceso de solución es iterativo al emplear en el cálculo siguiente los valores obtenidos en la solución anterior, hasta que las cargas piezométricas se repitan dentro de una cierta tolerancia, por ejemplo 0.001 m. En un sistema de ecuaciones lineales de 300 nodos, al resolver con el método exacto de Crout (Hildebrand, 1973), el número mínimo de iteraciones es 6 (el máximo puede ser 10)

Una vez conocidas las cargas piezométricas para cada nodo, dentro del programa se determinan los gastos de emisión con la ecuación 5, así como el promedio de los gastos (Q) en toda la red, la desviación estándar (gq) y, con ellos, el coeficiente de variación ( $C_v = \sigma_Q / Q$ ), que es el principal parámetro estadístico para decidir sobre la bondad del diseño, ya que, por ejemplo, el gasto está relacionado con el tiempo de riego y puede modificarse de acuerdo con el tipo de suelo.

Si el terreno es plano ( $z_i = z_k = 0$ ), las ecuaciones 9 y 10 se simplifican como sigue

$$-\frac{1}{B_{jk} |Q_{jk}|} h_j + \left[ \frac{1}{B_{jk} |Q_{jk}|} + \frac{C_k}{(1000)(3600)(h_k)^{1-b}} \right] h_k = 0 \tag{3.16}$$

En estas ecuaciones se incluye un artificio de cálculo que consiste en dividir las constantes  $C_i$  y  $C_k$  entre  $(K_j)^a$  y  $(h_k)^{0.1b}$ , donde  $(h_j)^a$ ,  $(h_k)^a$  son los valores de las cargas

Medición de gastos en la ventana carga en el cabezal = 0.70m  $Q = 3.68l/h$   $CV = 0.106$ ; la diferencia  $CV = 0.14 - 0.106 = 0.034$

**Tabla 3.2 Mediciones de gastos**

No. de lateral	Ubicación del emisor en el lateral	Gasto [l/h]
1	Principio	3.39
	Medio	3.86
	Final	3.68
2	Principio	3.41
	Medio	3.26
	Final	3.09

Elaboración Propia

➤ **Diseño de captación.**

*Tabla 3.3 Resultados de la Captación*

Parámetros de diseño	Símbolo	Cantidad	Unidad
Diámetro interno del pozo 1	Di	1.50	m
Diámetro interno del pozo 2	Di	1.50	m
Profundidad total del pozo con agua		4.8	m
Capacidad de cada pozo superior a		8	m <sup>3</sup>
Los dos pozos almacenan agua superior a		16	m <sup>3</sup>
Aforo de cada pozo, mínimamente debe ser		0.40	L/s

Elaboración Propia

➤ **Diseño de línea de impulsión.**

El caudal de una línea de impulsión será el correspondiente al *consumo máximo diario* para el período de diseño. Tomando en cuenta número de horas de bombeo un promedio de 6 horas diarias

Número de horas de bombeo (N): 6 horas

Consumo promedio diario (Qm): 0.258 l/s

$$Q_b = 0.258 * 24 / 6 = 1.02 \text{ l/s}$$

$$Q_b = 1.02 \text{ l/s}$$

➤ **Selección del diámetro de la tubería.**

$$d = 1.3 * \lambda^{1/4} * \sqrt{Q}$$

Reemplazando

$$d = 1.3 * (624)^{1/4} * \sqrt{1.021000}$$

$$d = 1.3 * 0.7071 * 0.0327 = 0.036$$

$$d = 0.036 \text{ m}$$

$$d = 36 \text{ mm Conversión a pulgada } 1.5''$$

➤ **Sobrepresión.**

Velocidad de propagación de onda:  $\alpha = 341.64 \text{ m/s}$

Longitud de la tubería:  $L = 137.62 \text{ m}$

Gravedad:  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .

Velocidad media de flujo:  $V = 0.89 \text{ m/s}$

Sobre Presión:  $\Delta H = \alpha V/g$

$\Delta H = 341.64 * 0.91 / 9.81 = 31.69 \text{ mca}$

$\Delta H = 31.69 \text{ mH}_2\text{O}$

### ➤ **Diseño del reservorio**

Altura del agua:  $H = 2.30 \text{ m}$

Largo:  $L = \sqrt{Valmn/H}$

$L = \sqrt{21.112.30} = 3.03 \text{ m}$

$L = 3.03 \text{ m}$

Ancho:  $A = L$

$A = 3.03 \text{ m}$ .

Borde libre:  $BL = 0.30 \text{ m}$ .

Altura Total:  $HT = 2.60 \text{ m}$

Capacidad máxima:  $L * A * H = 3.03 * 3.03 * 2.30 = 21.11 \text{ m}^3$

Volumen asumido:  $V_u = L * A * HT$

$V_u = 3.03 * 3.03 * 2.60 = 23.87 \text{ m}^3$

$V_u = 23.87 \text{ m}^3$

El volumen calculado interior del reservorio es  $23.87 \text{ m}^3$

### **3.6.3. Comunicación**

Se habla de dos niveles básicos, el primero es el nivel de control, que proporciona programación y comunicaciones entre dispositivos similares, y cubre el proceso de operación en la planta, es decir, el funcionamiento de los diferentes elementos que intervienen en el proceso. Se tiene un monitoreo por medio de una computadora. El segundo es el nivel de dispositivos, que permite obtener valiosos diagnósticos a través de diversos detectores, accionadores y otros dispositivos conectados al sistema de control.

#### 3.6.4. Comunicación Rs – 232

El canal RS-232 permite conectar directamente el controlador al dispositivo de programación (computadora). El que se va a utilizar para la comunicación de la PC con el PLC, ya que se piensa tener ambos en una misma estación de control.

#### 3.6.5. Comunicación de dispositivos con PLC

Para comunicar el PLC con los dispositivos de campo, se lleva cabo la conexión con cable 12 THW ya que las distancias son tan largas y se puede obtener buena comunicación.

### 3.7. Análisis y Descripción Del Proceso De Automatización

El proceso de control y automatización a diseñar en este proyecto, en donde explicaremos la integración total de todos los equipos, estados y valores de medición que intervienen en el proceso, tales como: sensores y actuadores, controlador PLC, interfaz HMI.

#### 3.7.1. Software.

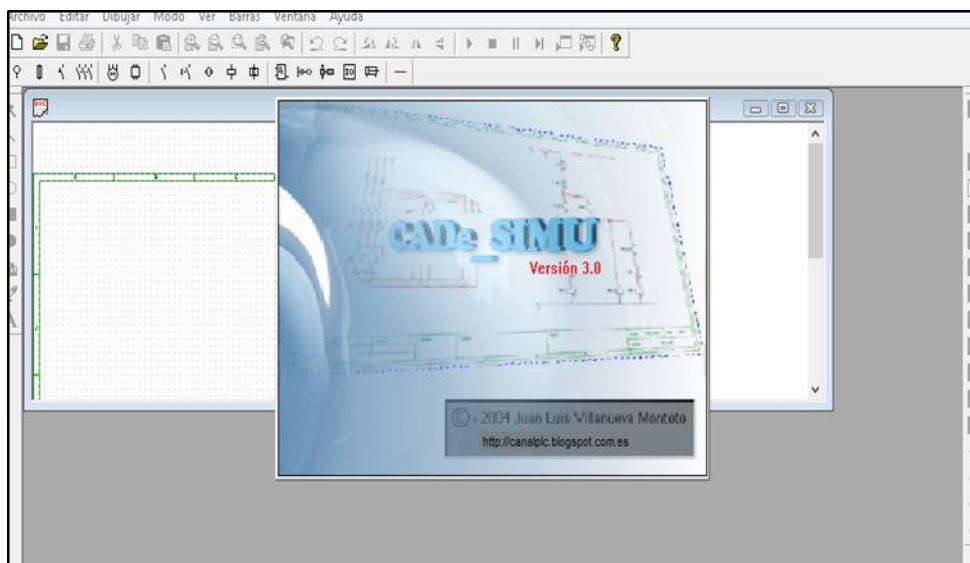
Para mantener una supervisión mediante un computador se requiere de tres programas, uno para establecer la comunicación con el PLC (S7- 300), otro para realizar la programación de lo que se requiere (STEP 7 Microwin 32) y otro para tener un monitoreo de lo que se está realizando en el proceso (PC - SIMU).

**Figura 3.5** *Software STEP 7*



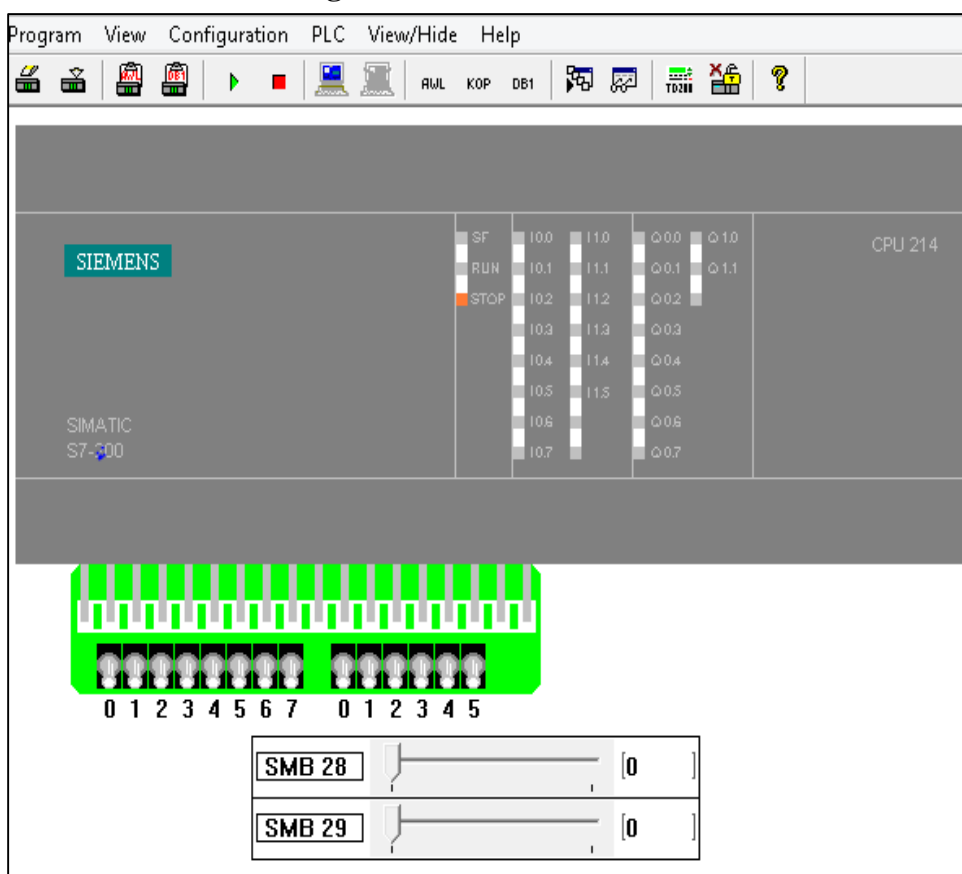
Elaboración Propia

**Figura 3.7 CADE\_SIMU**



Elaboración Propia

**Figura 3.8 Simatic S7- 300**



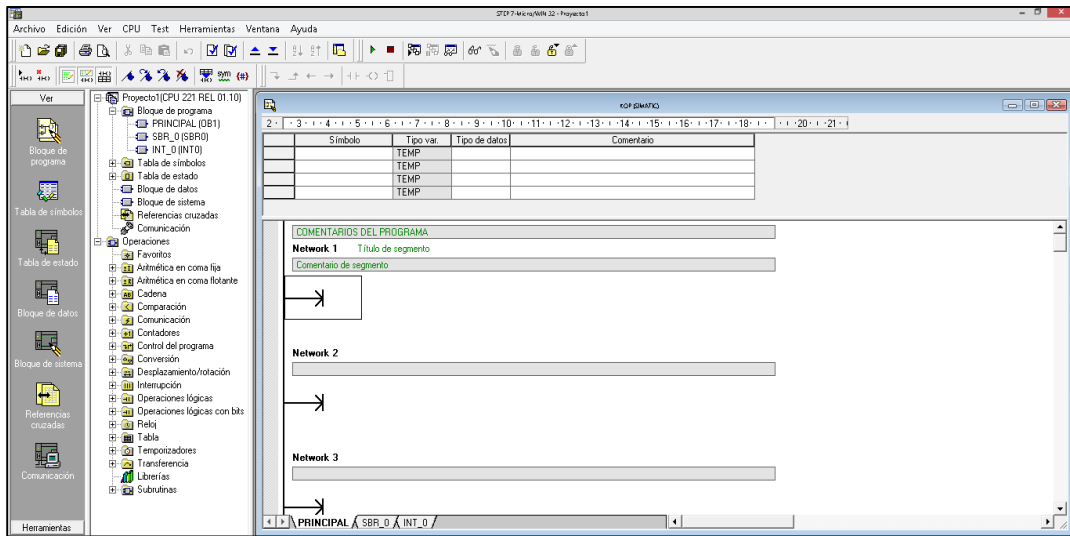
Elaboración Propia

### 3.7.2. Software de programación

Un editor ladder de forma libre que permite al programador concentrarse en la lógica de la aplicación en lugar de la sintaxis de programación.

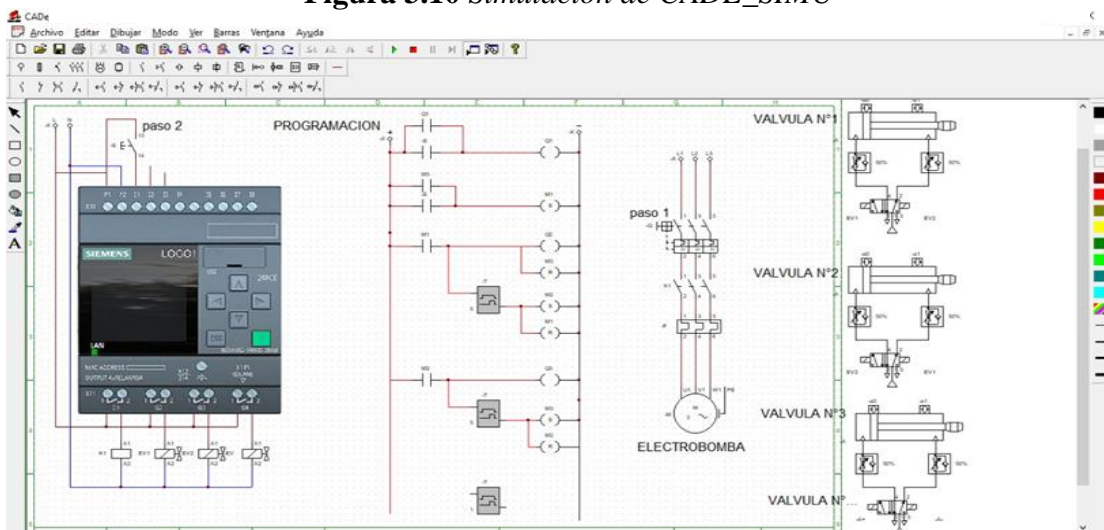
Un poderoso verificador de proyecto, que permite crear una lista de los errores que se presenten en la programación para la posterior verificación y corrección de los mismos. Edición drag-and-drop para mover rápidamente elementos.

Figura 3.9 Editor LADDER



Elaboración Propia

Figura 3.10 Simulación de CADE\_SIMU



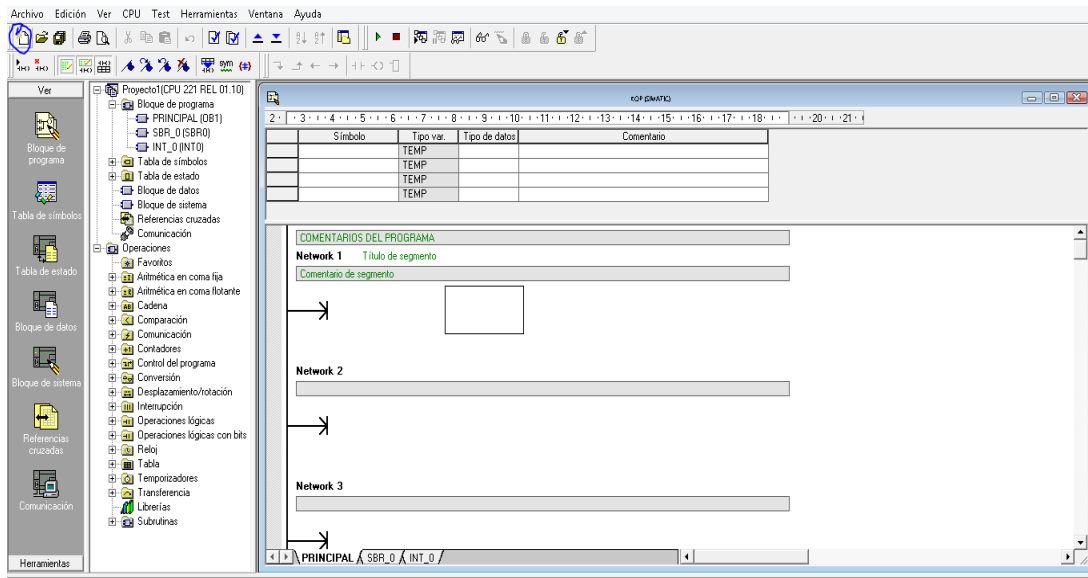
Elaboración Propia

### 3.7.3. Configuración y creación de un nuevo archivo

Para crear un programa ladder con el software STEP 7, se deberá seguir los siguientes pasos:

- Abrir el programa STEP 7 y presionar el icono de New como se muestra en la figura 3.6.

**Figura 3.11** Presionar el icono de New



Elaboración Propia

### 3.8. Desarrollo del programa

Para llevar a cabo la programación, se realiza una tabla de codificación de lo que se va a utilizar, en la cual se indican las instrucciones, las direcciones y la descripción de lo que es cada una. Lo mencionado anteriormente se describe en la tabla 3.1.



**Tabla 3.4** *Tabla de Codificación, Direcciones e Instrucciones.*

TIPO	DIRECCION	DESCRIPCION	
Entradas	I:1.0/0	SENSOR N° 1	
(I)	I:1.0/1	SENSOR N° 2	
Salidas (O)	0:2.0/0	MOTOR N° 1	
	0:2.0/1	MOTOR N° 2	
	0:3.0/0	VALVULA N° 1	
	0:3.0/1	VALVULA N° 2	
	0:3.0/2	VALVULA N° 3	
	0:3.0/3	VALVULA N° 4	
	0:3.0/4	VALVULA N° 5	
	0:3.0/5	VALVULA N° 6	
	0:3.0/6	VALVULA N° 7	
	0:3.0/7	VALVULA N° 8	
	0:3.0/8	VALVULA N° 9	
Bobina auxiliar	B3:0/0	BOTON DE ARRANQUE	
	(Bit Interno)	B3:0/1	ARRANQUE Y PARO DEL SISTEMA DE BOTON DE PARO
		B3:0/2	
Temporizador	T4:0	TEMPORIZADOR N° 1	
	T4:1	TEMPORIZADOR N° 2	
	T4:2	TEMPORIZADOR N° 3	
	T4:3	TEMPORIZADOR N° 4	
	T4:4	TEMPORIZADOR N° 5	
	T4:5	TEMPORIZADOR N° 6	
	T4:6	TEMPORIZADOR N° 7	
	T4:7	TEMPORIZADOR N° 8	
	T4:8	TEMPORIZADOR N° 9	
	T4:9	TEMPORIZADOR N° 10	
	T4:10	TEMPORIZADOR N° 11	
	T4:11	TEMPORIZADOR N° 12	
	T4:12	TEMPORIZADOR N° 13	
	T4:13	TEMPORIZADOR N° 14	

Elaboración Propia

**3.8.1. Descripción de la Programación.**

- Para iniciar el proceso se presiona el botón de arranque y se cierra el contacto (B3:0/0), el cual energiza la bobina auxiliar (B3:0/1). Para detener el proceso se

presiona el botón de paro y se cierra el contacto (B3:0/2), lo cual hace que se desactive la bobina auxiliar (B3:0/1).

- Al tener energizada la bobina auxiliar (B3:0/2), se requiere que tanto el sensor 1 (I:1.0/0) como el sensor 2 (I:1.0/1) estén activados para que se cierren los contactos, de esta forma se activa el primer temporizador (T4:0), el cual después de un lapso de tiempo de 65 segundos se reinicia (RES) tanto a sí mismo como a los dos temporizadores que controlan las dos áreas a regar.
- Una vez que se energiza el primer temporizador, éste hace que se active el segundo temporizador (T4:1) y durante 45 segundos controla la parte del riego que viene siendo el área de Producción. Cuando termina de contar resetea (RES) a todos los temporizadores pertenecientes a esta primera parte.
- Como se mencionó anteriormente, en el lapso de 45 segundos del temporizador (T4:1) se activa la bobina del motor el motor 1 (O:2.0/0) y puede ser detenido al abrirse los contactos del sensor 1 (I:1.0/0) y el de la bobina auxiliar de arranque (B3:0/1).
- Cuando se energiza el motor 1 (O:2.0/0), activa el tercer temporizador (T4:2) el cual activa durante 5 segundos la válvula 1 (O:3.0/0) y ésta misma puede detenerse al desactivar al motor 1.
- Al terminar los 5 segundos del temporizador tres (T4:2), activa el cuarto temporizador (T4:3) y se activa durante 5 segundos la válvula 2 (O:3.0/1) y de igual forma se puede detener al desenergizar al motor 1.
- Cada válvula se activa durante 5 segundos con su respectivo contador, al término de cada contador, se activa el siguiente, es decir, se vuelve repetitivo hasta llegar al temporizador 11 (T4:10) correspondiente a la válvula 9 (O:3.0/8). Llegando únicamente hasta la válvula 2 (O:3.0/1) por hecho de que para las demás válvulas es lo mismo como ya se mencionó.
- Después de los 45 minutos transcurridos en la primera parte del riego, se activa el temporizador 12 (T4:11) correspondiente a la segunda parte que son las áreas 2. Para que éste temporizador se active, el sensor 2 (I:1.0/1) y la bobina auxiliar (B3:0/0)

deben estar activados. Éste temporizador, al igual que en la primera parte, al terminar de contar resetea (RES) a los temporizadores de esta parte.

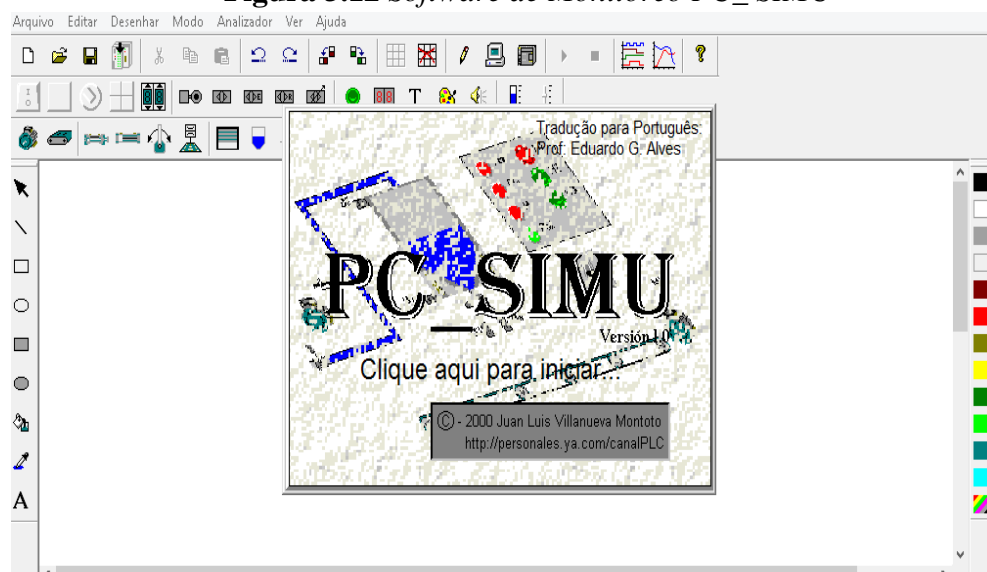
- El temporizador 12 (T4:11) se activa con un lapso de 10 segundos y durante este periodo se acciona el motor 2 (O:2.0/1), teniendo éste ultimo las mismas condiciones de que debe estar activado el sensor 2 (I:1.0/1) y la bobina auxiliar (B3:0/0).
- Cuando el motor 2 (O:2.0/1) se energiza, se activa el temporizador 13 (T4:12) y a su vez en un periodo de 5 segundos se activa la válvula 10 (O:3.0/9). Al pasar los 5 segundos, se activa el temporizador 14 (T4:13) para activar posteriormente a la válvula 11 (O:3.0/10) siendo ésta la última del proceso.

### 3.8.2. Software de Monitoreo

Software PC\_ SIMU basado en Windows para el desarrollo y la ejecución de aplicaciones de interfaz hombre-máquina “HMI”. Le proporciona todas las herramientas que necesita para crear y ejecutar eficazmente las aplicaciones de monitoreo y control supervisor.

Se puede crear y editar pantallas con las herramientas propias de los programas de Microsoft que el usuario está utilizando. Mediante sofisticados gráficos y animaciones basados en objetos, más las técnicas simples de arrastrar, colocar y cortar-pegar, se simplifica la configuración de la aplicación, como se muestra en la figura 3.12.

**Figura 3.12** Software de Monitoreo PC\_ SIMU



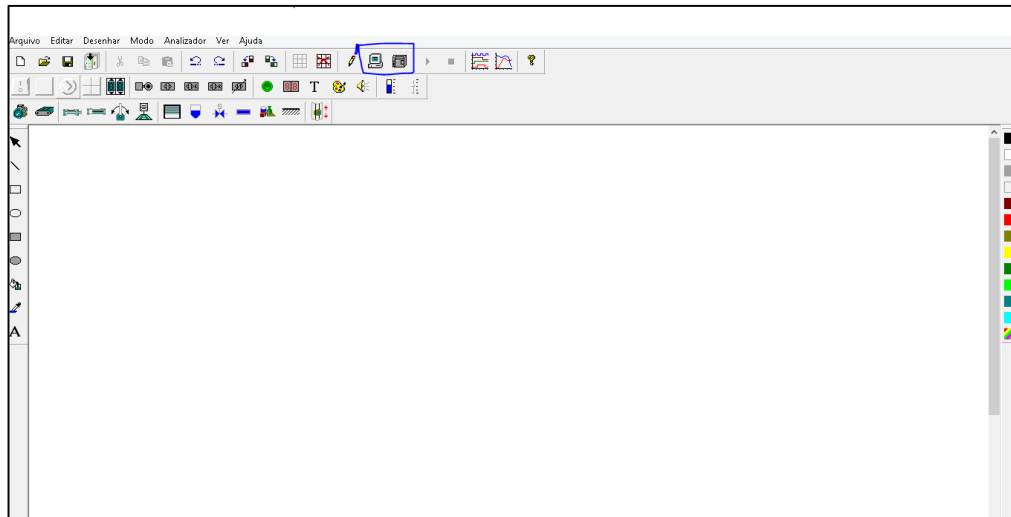
Elaboración Propia

### 3.8.3. Configuración y Creación de una HMI

Crear un archivo nuevo y configurar de los canales de comunicación directa Para crear y nuevo archivo y configurar correctamente el canal de comunicación, se deben seguir las siguientes instrucciones.

- Configurar el driver con el Software PC\_SIMU.
- Correr el software PC\_SIMU y dar clic en New.

**Figura 3.13** Creación de un Archivo Nuevo en PC\_SIMU



Elaboración Propia

### 3.8.4. Desarrollo de programa HMI (interface hombre-máquina).

Los elementos a utilizar en el programa se describen en la tabla 3.2. Con la finalidad de ubicarlos en la descripción del mismo.

**Figura 3.14** Tabla de elementos a utilizar en el Programa

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	Boton de inicio
	Boton de paro
	Sensor de nivel
	Motor
	Valvula solenoide

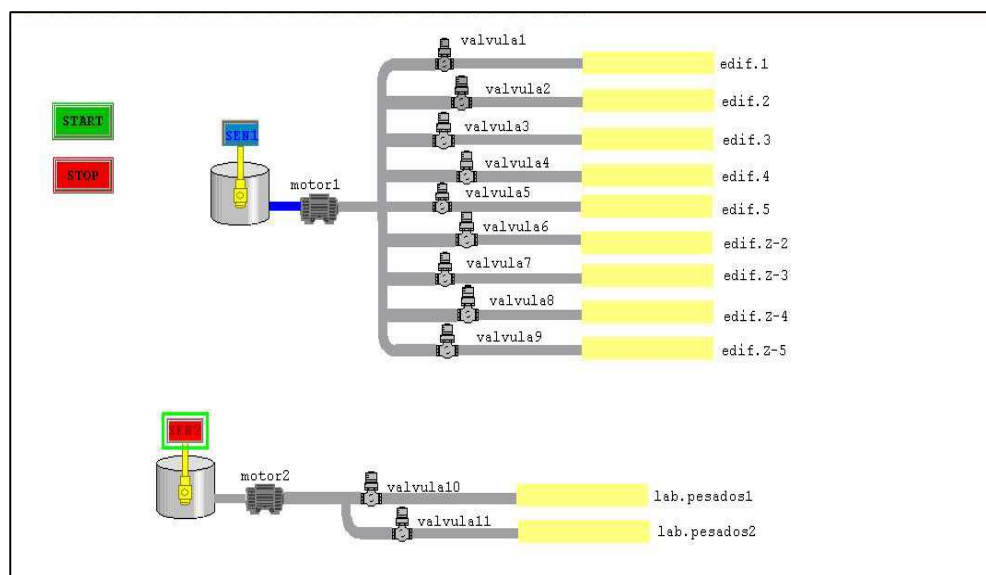
Elaboración Propia

### 3.8.5. Descripción del programa.

El funcionamiento del programa, muestra el diseño que se realizó del sistema de riego, indicando los diferentes elementos utilizados.

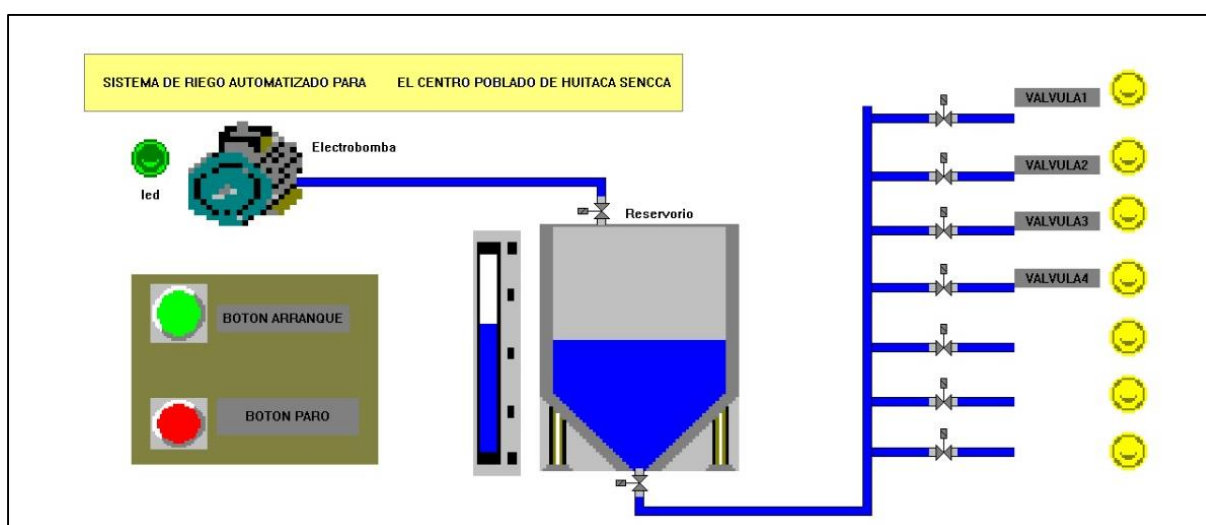
- Inicialmente los sensores deben detectar agua en las cisternas y cuando esto sucede, se ponen de color azul. Una vez que se indica esto, se puede arrancar el sistema oprimiendo el botón de inicio (START).
- Una vez que inicia el sistema, se enciende el motor 1 y éste se pone en color rojo para indicar que esta funcionando. Enseguida se activa la válvula 1 poniéndose en color verde para observar que se energizó y se empieza a regar el terreno.
- En caso de que el sensor1 no detecte agua, cambia a color rojo para hacer la indicación y automáticamente se desenergiza todo el sistema. Lo mismo sucede si se presiona el botón de paro (STOP). La forma de observarlo es que todos los elementos se ponen en color gris, cuando el sensor vuelve a detectar agua, vuelve a activar el sistema y riega desde donde se haya quedado por última vez.
- Cada válvula tiene un tiempo de 5 segundos y se activan una por una en secuencia. Al terminar de regar la primera parte de los terrenos, se apaga el motor 1 y se activa el motor 2, poniéndose de igual forma en color rojo. Al activarse el motor 2, se activa la válvula 10 para regar el terreno.
- Al igual que en la primera parte del riego, cuando el sensor 2 no detecta agua se pone en color rojo y apaga todo el sistema. También en esta parte cuando el sensor 2 detecta de nuevo el agua, activa otra vez el sistema y riega donde se quedó por última vez.
- Cuando se termina de regar ambas partes, pasan 10 segundos y el sistema vuelve a iniciar sin necesidad de presionar el botón de inicio. Como se muestra en la figura 3.13.

Figura 3.15 Sistema de Riego



Elaboración Propia

Figura 3.15 Sistema de Riego



Elaboración Propia

### 3.9. Instalaciones Eléctricas.

El suministro de energía eléctrica se tomarán de las líneas primarias existentes que alimentan a la comunidad de HUITACA SENCCA, cuyo Punto de derivacion proyectada tiene las coordenadas UTM siguientes (X=440784 y Y=8219507).

➤ **Condiciones Climatológicas**

**Tabla 3.5** *Tabla Condiciones Climatológicas*

DESCRIPCIÓN	SEMESTRES	
	MAYO – OCTUBRE	NOVIEMBRE – ABRIL
Clima	Frígido y seco	Frígido y lluvioso
Temperatura mínima °C	-5°C	1 °C
Temperatura máxima °C	10 °C	20 °C
Temperatura media °C	8 °C	9 °C
Humedad relativa	0	0
Velocidad del viento km/h	90	90

**Fuente:** La información es de acuerdo a los informes y estadísticas de SENAMHI, (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) de la provincia de Canchis.

### 3.9.1. Protección Contra Sobretensión

Las tensiones soportadas a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez el valor el valor límite máximo de las tensiones residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de las bombas.

Esta media consiste en impedir una tensión de contacto de valor suficiente se mantengan durante el tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es de 50 V, valor eficaz en corriente alterna, es considerado normal y a 24 V.

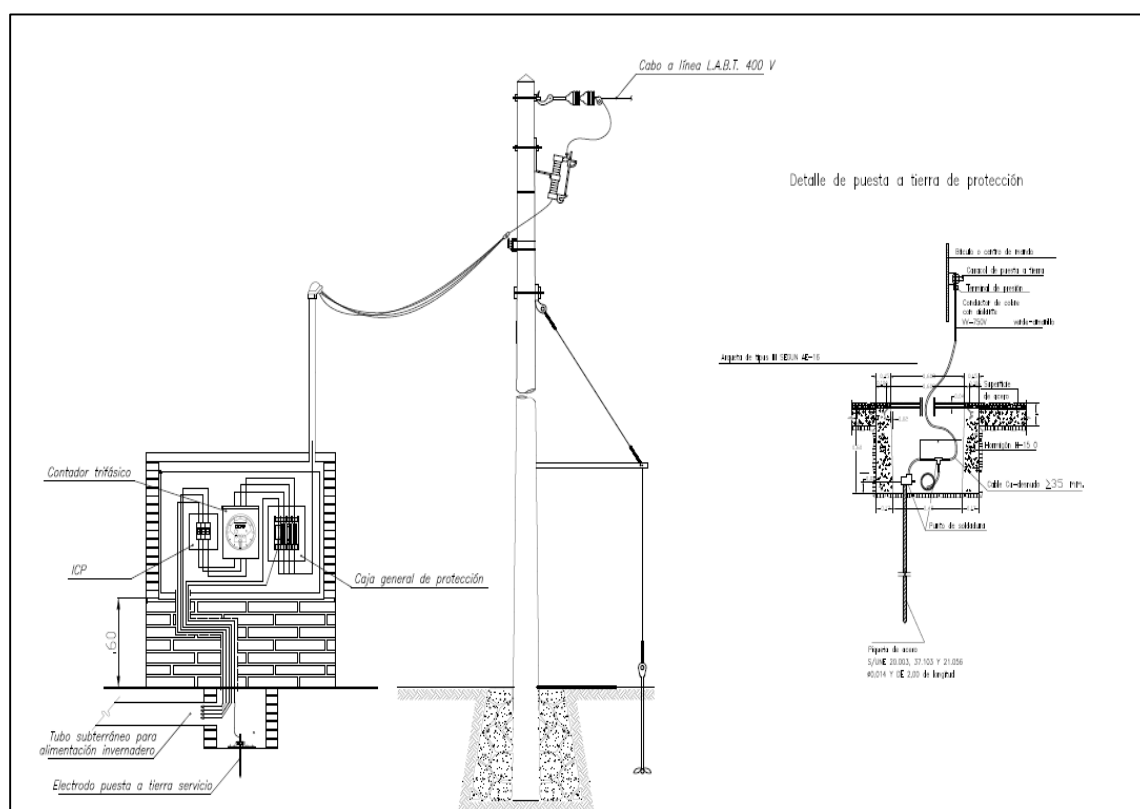
Todas las masas de las bombas protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada bomba y dispositivos eléctricos y electrónicos debe poner a tierra.

### 3.9.2. Puesto a Tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el objeto de limitar la tensión que con respecto a la tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

**Figura 3.16** Suministro de Energía Eléctrica y detalle de la puesta a tierra



Elaboración Propia



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- La parte física de la automatización del proyecto no se realizó, ya que no se cuenta con los recursos económicos y el tiempo necesario.
- Todo lo relacionado con la programación se realizó de manera efectiva obteniendo buenos resultados. En el software de monitoreo, se puede apreciar el funcionamiento del sistema correctamente y a detalle de lo que se va a controlar teniendo instalados los dispositivos necesarios.
- La parte eléctrica se realizó el cálculo de caída de tensión y obteniendo una pérdida de potencia mínima.
- Los resultados de presupuesto general, del diseño del sistema de riego por aspersión automatizado y controlado y el sistema eléctrico en total es la suma de S/.66,599.00
- Costos y Operación:
- Los resultados de presupuesto general, La implementación de infraestructura en total es la suma de S/. 66,599.00

*Tabla 4.1 Costos por Operación*

Descripción	Costos por reposición	Costos por operación	Costo por mantenimiento
Costo anual	S/. 125.00	S/. 750.00	S/. 360.00
Costo mensual	S/. 10.42	S/. 62.50	S/. 30.00
Costo total anual		S/. 1350.00	
Costo total mensual		S/. 112.5	

Elaboración Propia

Tabla 4.2 Cálculo De La Caída De Tensión

PUNTO Final	PUNTO Inicial	SECCION CONDUCT (mm <sup>2</sup> )	DEMANDA (kW)	DEMANDA ACUM. (kW)	LONG. TRAMO (KM)	FCT (x10 <sup>-4</sup> )	ΔV% TRAMO	ΔV% ACUM.	PERDIDAS (kW)	PERDIDAS LOCALIDAD (kW-h) ANUALES
2	1	35	36.63	36.63	0.050	2.387	0.0004372	0.0004372	0.0001473	0.37088
<p><b>0.38</b> % de caída de voltaje</p> <p> <b>MAXIMA CAIDA DE TENSION:</b> 0.000437 %  <b>PERDIDAS DE POTENCIA:</b> 0.000402 %  <b>PERDIDAS DE ENERGIA:</b> 0.000116 %  <b>MAXIMA CAIDA DE TENSION ACUMULADA:</b> 0.380 %                 </p>										

Elaboración Propia

**Tabla 4.3** *Calculo de Perdida de Potencia*

CALCULO DE PERDIDA DE POTENCIA

	<b>DATOS:</b>												
SE EXPRESA POR:	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">P:</td> <td style="padding: 5px;">36.63</td> <td style="padding: 5px;">KW</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">R1</td> <td style="padding: 5px;">1.036</td> <td style="padding: 5px;">Ohm/Km</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">L</td> <td style="padding: 5px;">0.050</td> <td style="padding: 5px;">Km</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">VL</td> <td style="padding: 5px;">22.9</td> <td style="padding: 5px;">KV</td> </tr> </table>	P:	36.63	KW	R1	1.036	Ohm/Km	L	0.050	Km	VL	22.9	KV
P:	36.63	KW											
R1	1.036	Ohm/Km											
L	0.050	Km											
VL	22.9	KV											
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>P_j</math> (%)=</td> <td style="padding: 5px;">0.0002677</td> </tr> </table>	$P_j$ (%)=	0.0002677										
$P_j$ (%)=	0.0002677												
FINALMENTE	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>E_j =</math></td> <td style="padding: 5px;">0.23455</td> <td style="padding: 5px;">Kw-h</td> </tr> </table>	$E_j =$	0.23455	Kw-h									
$E_j =$	0.23455	Kw-h											

Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

- Con la automatización del riego se pueden obtener un gran ahorro de agua y energía a la vez. Esto se logra mediante la programación que se diseñó, ya que el tiempo de riego es corto y así mismo al término de cada trabajo el sistema se apaga automáticamente para ahorrar energía.
- El programa diseñado tiene la finalidad de reducir la evaporación y el desperdicio de agua, ya que el regar los terrenos en horario nocturno, hace que se absorba la mayor cantidad de agua, además de obtener los beneficios mencionados anteriormente, también se reduce el número de personas ya que únicamente se requiere de un supervisor para revisar que el riego se esté efectuando correctamente mediante el monitoreo.
- El proceso de comunicación para la automatización del sistema de riego es óptima con los programas de Step Micro Win 32, s7-300 y PC\_SIMU ya que todo el proceso de riego se observa en un HMI.
- El costo del mantenimiento es menor porque se tiene un control en los dispositivos, así como un mínimo desgaste, lo que hace que el tiempo de riego sea específico.
- En cuanto a la inversión para el desarrollo del proyecto se pudo llegar a decir que es grande, pero a largo plazo se puede recuperar la inversión en cuanto la producción de maíz y hortaliza sean de calidad y tenga al año dos veces de producción.
- Por último, cabe mencionar que el desarrollo de este proyecto sirvió de experiencia para conocer los diferentes elementos que se consideran en la automatización de un proceso y como se deben seleccionar en base a las necesidades.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de un sistema de captación de agua de lluvia para la reutilización en el sistema de riego y así minimizar consumo de agua.
  
- Se sugiere la implementación de sensores de lluvia para determinar automáticamente si se debe o no llevar a cabo el proceso de riego, esto facilitaría en las épocas de verano donde las intensidades de lluvia son altas.
  
- Se recomienda la implementación de sensores de presión en las tuberías para detectar fugas de agua y así corregir los daños con mayor facilidad. Hacer los cálculos para las cámara de rompe presión y también poner sensores de caudal así para saber la cantidad de agua en las épocas de estiaje.

## REFERENCIAS

- Amaya, E. A. (2015). Diseño e Implementación de Sistema de Riego Automatizado. tecnologica .
- Antonio, M. G. (1995). INVERNADEROS DISEÑO CONSTRUCCION Y CLIMATIZACION . Mundi Prensa , 50.
- Arevalo, M. (2011). DEsarrollo de un sistema automatico para mejorar el sistema de riego en la Hacienda "Gavilanes". Ponteficia Universidad Catolica del Ecuador sede Ambato, Ingenieria de Sistemas, Canton Quero.
- cuzco, j. c. (2013). diseño y implemetacion de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalambrica. universidad politecnica salesiana .
- David, N. C. (2011). Automatizcion del sistema de riego en la unidad de zacatenco. Mexico .
- Erazo, M. &. (2011). Control y Supervision de variables en un sistema de antiheladas, regadío y ventilacion para optimizar los cultivos bajo invernadero. Escuela Politecnica del Ejercito, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- Hernandez Sanpiere Roberto, F. C. (2006). Metoodologia de la investigacion. Mexico: McGraw-Hill.
- Kim, R. E. (2008). Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless senson network. transaction on instrumentation and measurement, 57(7), 1379-1387.
- leonel, C. R. (2011). Automatizacion en el sistema de riego de un invernadero de jitomate. Mexico.
- Lopez, E. M. (2011). Multimedia y comunicacion . Universidad carlos iii, 70.
- Lopez, G. &. (2012). Desarrollo e implementacion de un sistema SCADA para invernaderos, utilizando un sistema de contrl de PLC y un sistema de comunicacion basado en red GPRS y de localizacion GPS. Universidad Internacional del Ecuador - Loja - Ingenieria de Informatica y Multimedia, Ecuador.
- Manuel de operacion y mantenimientode un sistema de riego por goteo (Vols. I,p. 8). (2005). Centros de estudios y prevencion de desastres.
- Mayhua-López, E. (2014). Sistema de riego por goteo automático utilizando una red de sensores inalámbricos.
- Ogata, K. (2010). Ingenieria de Control Moderna. Madrid: quinta ed.

- ortiz, J. c. (2012). Automatizacion industrial y sus tecnologias en la agricultura. Mexico.
- Paraninfo, K. J. (1988). Sistemas controlados por computador. Cop isbn, 30.
- Rafael, r. (s.f.). Las relaciones agua, suelo, plata, atmosfera en planificacion, diseño y manejo de proyectos de aguas y tierras. Merida.
- Rivera, j. A. (2012). Diseño de un sistema de riego aeropónico automatizado. Universidad nacional autonoma de mexico.
- Ruiz, i. M. (2001). Control de dos estaciones de bombeo mediante plc y scada. Etse.
- Salazar, z. V. (2013). Diseño de un sistema electrónico para riego de cesped de jardin empleando un sensor de humedad. Pontificia universidad católica del Perú.
- Santos pereira , l. (2010). Riego y sus tecnologias. Crea- uclm.
- Santos., a. D. (2017, febrero). Ventajas y desventajas de la bomba de agua solar. Recuperado. Obtenido de <http://www.miportalfinanciero.es/articulo/ventajas-y-desventajas-de-la-bomba-de-agua-solar/>
- Vélez, e. S. (2015). “implementación de un sistema de riego por aspersion para uso agrícola, ubicado en la instalaciones de la facultad de ingeniería agrícola en la parroquia lodana del cantón santa ana”. Universidad técnica de manabí.