

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO  
POR MICROASPERSIÓN PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores: Bach. Anthony Brayan Mendoza Soto**

**Bach. Miguel Eduardo Perez Guevara**

**Asesor: Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicon**

**Línea de investigación: Automatización y Control**

**JAÉN – PERÚ, 2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RIEGO  
AUTOMATIZADO POR MICROASPERSIÓN  
N PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA UNIV  
ERS**

AUTOR

**Anthony Brayan Mendoza Soto Miguel  
Eduardo Pérez Guevara**

RECuento DE PALABRAS

**8025 Words**

RECuento DE CARACTERES

**52629 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**59 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 15, 2024 8:46 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 15, 2024 8:47 AM GMT-5**

● **7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
*Dr. Alexander Huamán Mera*  
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Resumen

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
Ley de Creación N° 29304  
Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-  
SUNEDU/CD

**FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN**

En la ciudad de Jaén, el día 18 de Noviembre del año 2024, siendo las 17:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Dr. Josi Gerardo Saavedra Carrasco  
Secretario : Mg. Juan Antonio Labrín Domínguez  
Vocal : Mg. Marco Luis Pizarro Silva, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- ( ) Trabajo de Investigación  
(  ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: Diseño de un sistema de riego automatizado por microaspersión para las áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén.



Presentado por estudiante/egresado o Bachiller Anthony Brayan Mendoza Soto <sup>Hijo del Sr. Eduardo Pizarro Guerrero</sup>, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (  ) Aprobar      ( ) Desaprobar      (  ) Unanimidad      ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 17:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

[Signature]  
Presidente

[Signature]  
Secretario

[Signature]  
Vocal

## ÍNDICE

RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	11
III. RESULTADOS .....	18
IV. DISCUSIÓN.....	44
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
DEDICATORIA.....	50
AGRADECIMIENTO.....	51
ANEXOS .....	52



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Ficha técnica de la electrobomba.....	19
<b>Tabla 2.</b>	Tiempo de riego para alcanza una humedad del 40%.....	22
<b>Tabla 3.</b>	Presupuesto del sistema de riego automatizado.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Croquis de ubicación del área verde UNJ.....	13
<b>Figura 2.</b>	Sistema de Riego automatizado.....	15
<b>Figura 3.</b>	Interfaz pars “crear proyecto” en el software TIA PORTAL .....	22
<b>Figura 4.</b>	Interfaz para “agregar dispositivo PLC” al proyecto.....	23
<b>Figura 5.</b>	Vista de dispositivos PLC S7 1200 .....	23
<b>Figura 6.</b>	Interzas para agregar la pantalla HMI KTP 700 para el proyecto.....	24
<b>Figura 7.</b>	Interfaz “asistente del panel de operador KTP 700” – conexión de PLC.....	25
<b>Figura 8.</b>	Interfaz “asistente del panel de operador KTP 700” – Formato de imagen.....	25
<b>Figura 9.</b>	Interfaz “agregar nuevo bloque”.....	26
<b>Figura 10.</b>	Segmento 1 – Inicio y parada del sistema .....	27
<b>Figura 11.</b>	Segmento 2 – Controles manuales del Sistema .....	27
<b>Figura 12.</b>	Segmento 3 – llenado del tanque manual - automatico .....	28
<b>Figura 13.</b>	Segmento 4 - irrigación .....	29
<b>Figura 14.</b>	Segmento 5 – limite de humedad .....	30
<b>Figura 15.</b>	Segmento 6 – animación de tanque .....	31
<b>Figura 16.</b>	Segemento 7 – simulación de humedad .....	32
<b>Figura 17.</b>	Variables PLC del tanque.....	33
<b>Figura 18.</b>	Variables PLC bomba manual/niveles de humedad .....	33
<b>Figura 19.</b>	Variables PLC sistema automatico.....	33
<b>Figura 20.</b>	Sistema mediante el PLC SIM.....	34
<b>Figura 21.</b>	PLC sin configurar (color naranja).....	34
<b>Figura 22.</b>	Conexión entre la laptop y PLC mediante interfaz PLC SIM.....	35
<b>Figura 23.</b>	Carga del bloque del programa al PLC.....	35

<b>Figura 24.</b>	Arrancar módulos.....	36
<b>Figura 25.</b>	Interfaz HMI – Imagen raíz.....	36
<b>Figura 26.</b>	Inicio de simulación en la Imagen raíz.....	37
<b>Figura 27.</b>	PLC modo RUN.....	37
<b>Figura 28.</b>	Observación activada.....	38
<b>Figura 29.</b>	Pantalla HMI – SISTEMA DE RIEGO.....	38
<b>Figura 30.</b>	Modo automático.....	39
<b>Figura 31.</b>	Pantalla HMI – llenado de tanque de agua.....	40
<b>Figura 32.</b>	Pantalla HMI – regado del césped automático.....	40
<b>Figura 33.</b>	Pantalla HMI – modo manual del llenado del tanque de agua.....	41
<b>Figura 34.</b>	Pantalla HMI – modo manual de la línea 1.....	41
<b>Figura 35.</b>	Pantalla HMI – modo manual de la línea 2.....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Plano del sistema de riego por microaspersión.....	52
<b>Anexo 2.</b>	Especificaciones técnicas de los componentes del sistema de riego automatizado propuesto.....	53

## RESUMEN

La creciente insuficiencia de agua es un problema mundial, perjudicando a millones de personas en áreas con disponibilidad limitada de este recurso, incluso en Latinoamérica y Perú. En respuesta, se plantea implementar un sistema automatizado de riego por microaspersión para optimizar el uso del agua en sus áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén, empleando tecnología de última generación que asegura eficiencia hídrica y disminuye la intervención manual. Este sistema, con capacidad para programarse y gestionar el riego en función de sensores de humedad, minimiza el desperdicio de agua y reduce los costos de operación y mantenimiento.

La investigación incluye el diseño, programación y simulación de un sistema controlado por PLC Siemens S7-1200, y utiliza software especializado como Tia Portal para la automatización y WinCC para supervisión. Se realizaron cálculos detallados para determinar el número de microaspersores, electroválvulas y electrobombas requeridas, y el tiempo de riego óptimo. El costo estimado de S/25,979.00 resulta viable, y la simulación muestra una eficiencia hídrica del 80%. El estudio concluye que la implementación del sistema beneficiará a la institución al reducir el consumo de agua y liberar recursos humanos, recomendando mantenimientos trimestrales para garantizar su funcionamiento.

**Palabras Clave:** Microaspersión, Automatización, eficiencia hídrica, sistema de riego.

## ABSTRACT

The growing scarcity of water is a global issue, affecting millions of people in areas with limited availability of this resource, including Latin America and Peru. In response, the implementation of an automated micro-sprinkler irrigation system is proposed to optimize water use in the green areas of the National University of Jaén, using state-of-the-art technology to ensure water efficiency and reduce manual intervention. This system, which can be programmed and manages irrigation based on humidity sensors, minimizes water waste and reduces operation and maintenance costs.

The research includes the design, programming, and simulation of a system controlled by the Siemens S7-1200 PLC, using specialized software like Tia Portal for automation and WinCC for supervision. Detailed calculations were conducted to determine the required number of micro-sprinklers, solenoid valves, water pumps, and the optimal irrigation time. The estimated cost of S/25,979.00 is considered viable, and the simulation shows an 80% water efficiency rate. The study concludes that implementing the system will benefit the institution by reducing water consumption and freeing human resources, recommending quarterly maintenance to ensure its proper operation.

**Keywords:** Microsprinkling, Automation, water reliability, risk system.



## I. INTRODUCCIÓN

El consumo global de agua ha experimentado un aumento seis veces mayor en el último siglo, y sigue aumentando de forma constante a una tasa aproximada del 1% por año (Aquaefundación, 2021). Esto genera escasez de agua, problema de envergadura mundial que afecta a millones de habitantes. Cerca de 1200 millones de individuos (20%) residen en lugares con escasez de agua y otros 500 millones se acercan a experimentar esta condición (Organización de las Naciones Unidas, 2014).

Latinoamérica tiene cerca del 31% de fuentes hídricas del mundo (Casma, 2015). No obstante, 150 millones de personas habitan lugares con limitada cantidad de agua (Welleinsten y Makino, 2022). Según información proporcionada por el Banco Mundial, para el año 2050, alrededor de 1000 millones de habitantes estarán residiendo áreas urbanas con escasez de agua (Casma, 2015).

En el Perú, más de 7 millones de personas no cuentan con servicio de agua (Salazar, 2023). Según el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, para el año 2030, el 58% de los peruanos habitarán en áreas con limitaciones en la disponibilidad de agua (Perú presenta alto riesgo de vulnerabilidad debido a crisis global del agua, 2023).

Teniendo en cuenta que el agua es un recurso fundamental para todos los seres vivos y un elemento indispensable para los sistemas ambientales, es trascendental conocer una de las principales causas de la escasez de agua. A nivel mundial se atribuye en gran medida a la agricultura, siendo la causante del 70% de las extracciones de agua a nivel global, de lo cual, la mayor parte se destina a riego. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se proyecta un aumento del 5,5% en las extracciones de agua para riego en el período comprendido entre 2008 y 2050. (Aquaefundación, 2021)

Debido a la causa mencionada anteriormente y otros factores se presentan diversas consecuencias. Entre ellas se encuentran: problemas en la calidad alimentaria, la escasez de alimentos, complicaciones en la salud, pérdida de biodiversidad, entre otros (Guardado, 2022).

Para los parámetros de diseño se determinó el número de microaspersores, las electroválvulas de paso, determinación del caudal para la electrobomba y el tiempo de cálculo de riego se tiene entre mínimo 8 minutos y máximo 33 minutos de riego, para la programación del PLC se configuró la comunicación entre el PLC S7-1200 y el TIA PORTAL, también se determinó las

entradas y salidas, y para la simulación del sistema de riego se utilizó la interfaz gráfica de riego, y también se definió las variables globales para la comunicación entre la interfaz y el PLC.

Bajo ese contexto, se propone el diseño del sistema de riego automatizado por microaspersión para las áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén, institución comprometida con la ecoeficiencia. De esta manera, se estará logrando un consumo eficiente de agua.

Este tipo de riego es la tecnología adecuada para abordar este problema. Este sistema se destaca por su capacidad para suministrar agua en forma de neblina, convirtiéndose así en el método de riego más eficiente y ampliamente utilizado en la actualidad (Sordo, 2023). Además, tiene un rendimiento elevado y presenta ventajas como el ahorro de agua, eficiencia del 90%, dosifica el agua con precisión, se puede automatizar mediante un programador de riego, es uniforme y con baja probabilidad de obstrucción de emisores, ahorro en costos de producción, menor erosión y compactación del suelo, menor, entre otros (Araque, 2022; Muñoz, 2016; Hernández, 2019).

En algunas instituciones riegan sus espacios verdes utilizando el método manual. Este tiene desventajas como el uso excesivo de agua, ya que es difícil controlar la cantidad exacta necesaria para cada planta. Debido a eso se ha convertido en una de las principales causas de escasez de agua. Frente a este problema, se buscan alternativas que permitan optimizar el consumo de agua.

Teniendo en cuenta los beneficios que se obtienen al implementar este sistema de riego automatizado, se convierte en una alternativa sostenible y viable para reemplazar al riego tradicional (manual), método que es empleado actualmente para el riego de las áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén.

El costo de la investigación, para su posterior ejecución oscila con la suma de S/.25,979.00 nuevos soles.

Si bien es cierto, esta tecnología requiere una inversión inicial significativa (Muñoz 2021). Sin embargo, gracias a su funcionamiento automático, demanda una menor atención, por lo que requiere menor mano de obra (Pérez, 2019). Esto junto con la disminución de consumo de agua obtiene como beneficio a largo plazo, una reducción de costos.

El análisis de rentabilidad, para la elaboración del proyecto, se tiene un costo de rentabilidad con un monto de S/.25,979.00, siendo viable para la Universidad Nacional de Jaén, habiendo automatizado el sistema de riego, donde la institución ahorraría la mano de obra del personal a cargo.

Antolínez (2021), desarrolló un sistema de riego automatizado por aspersión que monitorea y regula la humedad de un cultivo de vegetales mediante una aplicación móvil, utilizando la tecnología de PSoC 5LP como soporte. Este proyecto constó de tres fases: obtener y analizar datos, evaluar alternativas e implementar. Para llevar a cabo dicha investigación, se tuvieron en cuenta dispositivos como el sistema PSoC 5LP, módulo Bluetooth HC-05, reloj de tiempo real (RTC), sensor de humedad de suelo HL-69, sensor de humedad relativa y temperatura DHT11 y electroválvula NC. Además, se creó un algoritmo lógico programable para permitir la comunicación entre los diferentes dispositivos, la aplicación móvil y el sistema embebido PSoC 5LP. Para ello, se utilizó el PSoC Creator y App Inventor. Para desarrollar la última fase, se tuvo en cuenta la ubicación de los aspersores, las electroválvulas, el controlador y el punto de alimentación. Antolínez representa una importante contribución a la aplicación de tecnología para mejorar la gestión del riego en la agricultura, al cubrir todos los aspectos técnicos y funcionales en el diseño de sistemas de riego por aspersión automática.

Los componentes del proyecto, se utilizó un PLC S7-1200, pantalla HMI 7", módulos de expansión, microaspersores, electroválvulas, electrobomba de 2hp, manguera de polietileno de 32mm, sensores de humedad, interruptor de nivel vibratorio, cable eléctrico y tablero eléctrico.

Cortes y Vargas (2020), crearon un sistema de riego automatizado por goteo y supervisaron las condiciones ambientales a través de IOT en cultivos urbanos. Para ello, emplearon un diseño metodológico que consistió en indagar en diversas fuentes, diseñar el sistema, implementar el prototipo, realizar un test de operación y capacitar al personal a cargo. Para la ejecución, se elaboró un diseño hidráulico destinado al sistema de distribución de agua, así como un diseño electrónico para el control del sistema automático. Además se realizó la selección de componentes entre los cuales se encontraban sensores de temperatura y humedad, microcontroladores, módulos de comunicación wifi y un LCD16X2. Posteriormente se realizaron las conexiones, y se hizo un diagrama electrónico del sistema y un diagrama de flujo. Finalmente, se verificó el sistema de control de riego y las variables. La investigación es importante el aporte en el ámbito agrícola e introduce técnicas de riego automatizado. Este

método presenta un enfoque sistemático, teniendo un impacto positivo con calidad y estabilidad del prototipo.

El proyecto tiene como objetivo automatizar el sistema de riego en áreas verdes que tiene la Universidad Nacional de Jaén, es decir, se aprovecharía de manera efectiva y eficiente el recurso hídrico que cuenta la Institución y el ahorro económico en la reducción de personal.

García (2019), realizó un estudio para mejorar la gestión del recurso hídrico mediante la implementación de un sistema automatizado de riego por aspersión. Para lograrlo, aplicó la siguiente metodología: evaluó la situación actual, realizó una definición de requerimientos, seleccionó el equipamiento y los componentes de software, diseñó el sistema de control y monitoreo, y evaluó el sistema. Para evaluar la eficiencia se hizo un análisis de homogeneidad de riego usando vasos pluviométricos que se encontraba a una distancia de 3m entre cada uno, teniendo como centro al aspersor. Como resultado se obtuvo una eficiencia del 85%. Además se observó una disminución en el consumo de agua, a comparación del sistema de riego anterior. La tesis se destaca por la gestión de recursos hídrico, a través de un sistema automatizado de riego por aspersión, además revela una eficiencia hasta del 85% y una notable reducción del consumo de agua.

Alejandro (2019), elaboró y ejecutó un sistema de riego automatizado mediante microaspersión con control remoto GSM SMS y Arduino, destinado a las zonas verdes de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH. Para diseñar el sistema, se seleccionaron las áreas, se tomó en cuenta el caudal y la presión, y se analizó las características de diversos microaspersores eligiendo el modelo Mini-Wobbler. Posteriormente, se elaboró la estructura del sistema hidráulico en el programa SOLIDWORKS, se realizó un cálculo de dicho sistema tomando en cuenta las pérdidas de carga primarias y secundarias, y se hizo la programación del sistema de riego en el software Node-Red. Para la implementación del sistema hidráulico se tuvo en cuenta una sección principal en donde se midieron las parcelas, se excavaron las zanjas para instalar las tuberías y se midió la presión del agua; y una sección secundaria, en la cual se consideró la instalación de accesorios. En el caso del sistema eléctrico-automatizado, se armó el sistema de control con sensores de humedad, electroválvulas, medidor de caudal y transformador de corriente AC-DC. Finalmente se realizó una prueba de funcionamiento. La tesis detalla la implementación de un sistema de riego mediante control remoto GSM SMS y Arduino, la combinación de estas tecnologías y la integración de sensores demuestra un enfoque innovador para mejorar la eficiencia de riego.

Medina (2017), implementó la automatización del riego para los espacios verdes del condominio Alto Bujuma usando el controlador de flujo Rain Bird ESP-LXD. En la metodología se identificó la fuente de agua, fuente de energía y parámetros climáticos para elegir el sistema de riego, que en este caso fue mixto (por goteo y aspersión). Para la automatización se empleó el ESP-LXD, al cual se le configuró el tipo de válvula, las estaciones y se realizó una asignación de válvula maestra y flozone. Respecto a la configuración avanzada, se utilizó la herramienta FloManager para fijar las unidades de caudal, el decodificador SD-210 se usó para las entradas de los sensores de caudal, los cuales fueron configurados. En cuanto a los resultados, se obtuvo que con la automatización se ahorra un total de 28,660.57 m<sup>3</sup> de agua. La investigación, recalca la eficiente implementación de la automatización de riego utilizando el controlador de flujo Rain Bird EPS-LXD, los resultados subrayan el éxito del encoque tecnológico en la gestión sostenible en los recursos hídricos.

En este sentido, es esencial proponer estudios que contribuyan con el cuidado del agua. Por tal motivo, en esta investigación se tiene como objetivo principal proponer un sistema de riego automatizado por microaspersión para las áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén, institución comprometida con la ecoeficiencia y como objetivos específicos, determinar los parámetros de diseño del sistema automatizado, desarrollar la programación del PLC del sistema automatizado y realizar la simulación del sistema de riego.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Ubicación del área de estudio**

#### **2.1.1. Ubicación geográfica**

El proyecto se diseñó para una parte del área verde de la Universidad Nacional de Jaén, ubicada en el Km. 24 de la carretera Jaén-San Ignacio, sector Yanayacu, que pertenece al distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Límites de la provincia de Jaén:

1. Por el Norte con la Provincia de San Ignacio (Departamento Cajamarca).
2. Por el Este con las provincias de Bagua y Utcubamba (Departamento Amazonas).
3. Por el Sureste y Sur con la Provincia de Cutervo (Departamento Cajamarca).
4. Por el Suroeste con las provincias de Ferreñafe (Departamento Lambayeque).

5. Por el Oeste con la provincia de Huancabamba (Departamento Piura).

## **2.2. Materiales**

En la investigación se utilizó una laptop, los software Autocad: para la distribución de los micropaspersores, determinando el área verde a trabajar y el software Tia Portal: para la programación y simulación del sistema automatizado de riego.

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1. Población**

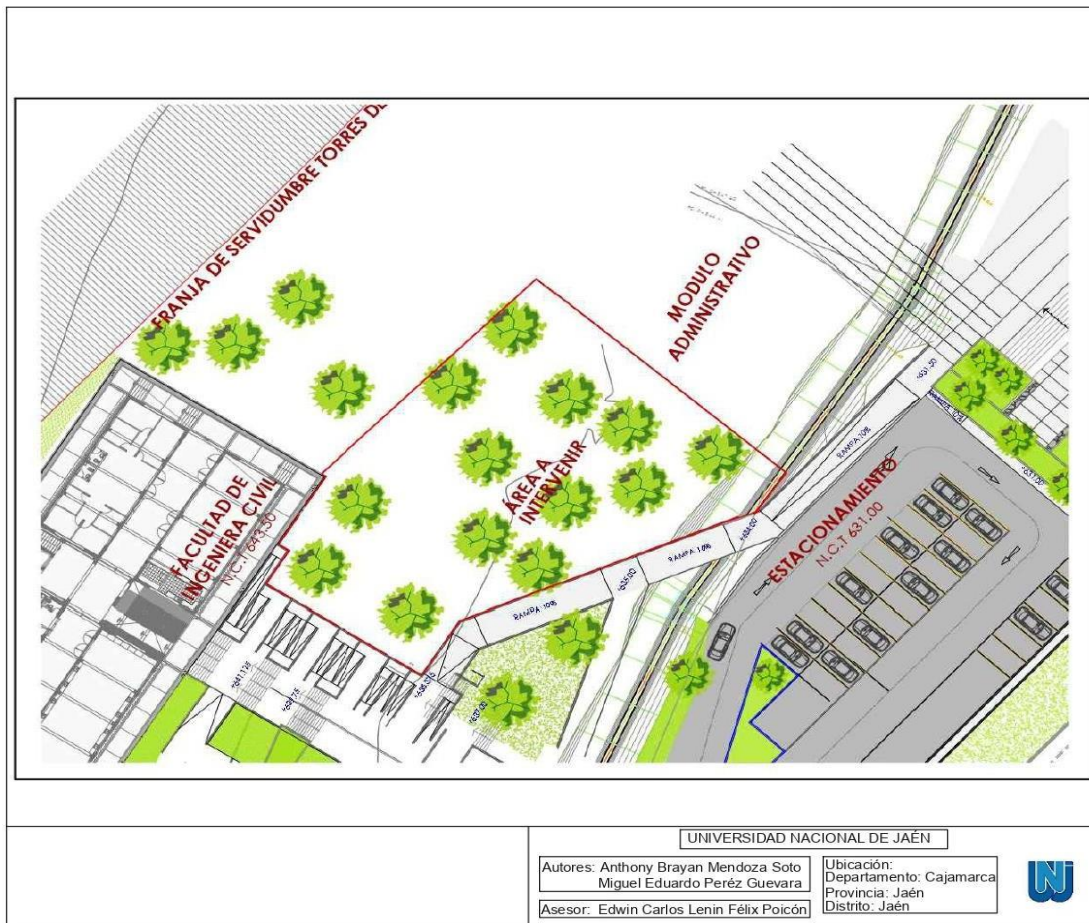
Representado por las áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), ubicada en el Km. 24 de la carretera Jaén-San Ignacio, sector Yanayacu, el área indicado cuenta con 1240m<sup>2</sup>.

### **2.3.2. Muestra**

La muestra fue de 1,240 m<sup>2</sup> de área verde, espacio ubicado al costado del módulo administrativo de la UNJ.



**Figura 1.** Croquis de ubicación del área verde UNJ



*Nota.* El área verde de UNJ cuenta con 1240 m<sup>2</sup>. Elaboración propia.

### 2.3.3. Muestreo

Para esta investigación se ha utilizado una técnica de muestreo no probabilístico intencional.

### 2.4. Método

La investigación es de tipo aplicada, puesto que se busca proporcionar una solución ante una necesidad específica. En este caso, se abordó la problemática de la gestión del riego en las áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén, mediante el diseño de un sistema automatizado por microaspersión.

#### 2.4.1. Diseño

La metodología utilizada en el diseño del estudio es no experimental.

### 2.4.2. Alcance de la investigación

Esta investigación tiene un alcance descriptivo.

Temporal: la investigación se realizó en el 2024 en la Universidad Nacional de Jaén.

Espacial: la presente investigación se realizó en áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ).

Normativo: la investigación, se basa en el Decreto Legislativo N° 613: Código del Medio Ambiente de los Recursos Naturales y Ley N° 2682: Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en Perú.

Técnico: en el proyecto de investigación, se seleccionaron los microaspersores que optimizan la cobertura del área de una manera uniforme, sensores de humedad que mide el humedecimiento del suelo, electrobombas de agua para mover el fluido de un lugar a otro y manguera de polietileno para el transporte del agua.

Metodológica. la presente investigación, aplica un enfoque innovador, usando la tecnología de automatización para el riego de áreas verdes, optimizando el uso hídrico que cuenta la UNJ.

### 2.4.3. Técnicas

La técnica que se empleó para el desarrollo de la investigación es:

- a) **Observación:** Implica estar atento al fenómeno, recopilando y registrando información para su análisis posterior. Es una herramienta fundamental para los investigadores al buscar obtener una gran cantidad de datos (Palella y Martins, 2012). Fue aplicada para identificar las condiciones de la parcela y el sistema de riego con el que contaba la UNJ.
- b) **Análisis documental:** Con un sistema de riego automatizado se consiguen grandes beneficios como la reducción de la cantidad de agua necesaria para abastecer una parcela y la disminución de la mano de obra debido a su autonomía (Guerrero, 2020, como se cita en Ventura y Lima, 2024).

La automatización de la irrigación brinda múltiples ventajas, tales como la reducción de costos y la mejora de la eficiencia del riego, y la preservación del agua evitando riegos excesivos, mejora en la salud de las plantas al suministrar el volumen correcto de agua en

el instante correcto, y eficacia al disminuir la necesidad de intervención humana continua en el proceso de riego.

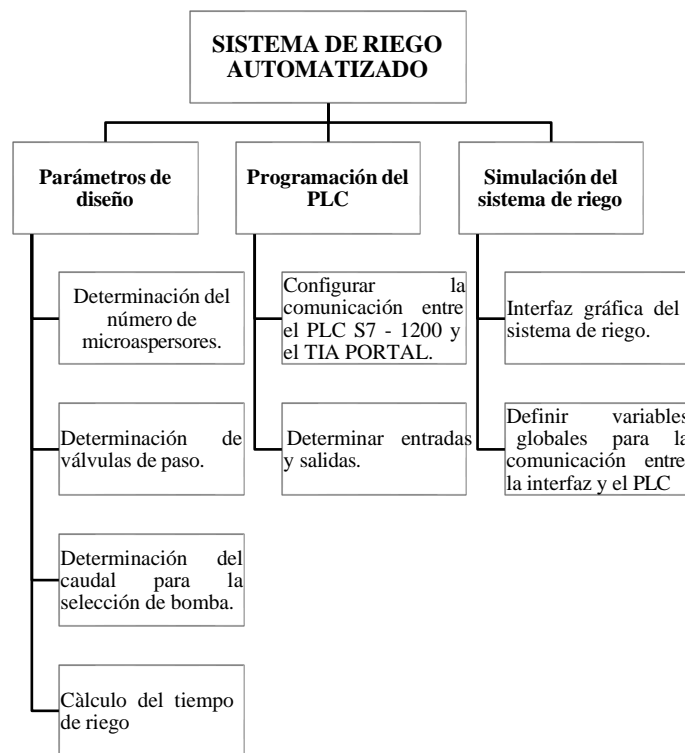
**c) Herramientas:**

El software Tia Portal se empleó para la programación, configuración y diagnósticos de dispositivos de automatización y el programa WinCC para la supervisión y monitoreo.

**Autocad :** Se utilizó a realizar el diseño del plano, localizando el área a intervenir y la distribución de los microarpesores en el área verde que tiene 1240 m2.

**Excel:** Se utilizó para realizar los cálculos matemáticos en el presupuesto de la investigación teniendo en cuenta 5 categorías, equipos y PLC, sistema de riego, sensores, instalación y mano de obra.

**Figura 2.** Sistema de Riego automatizado



**2.5. Ubicación del área de estudio**

**2.5.1. Objetivo 1: Determinar los parámetros de diseño del sistema automatizado.**

**2.5.1.1. Determinación del número de microaspersores**

Para determinar el número idóneo de microaspersores, es importante tener en cuenta las especificaciones técnicas del microaspersor, las características del cultivo y sus necesidades hídricas. Asimismo, se utilizó 44 (cuarenticuatro) microaspersores de la marca POELSAN que abarcan un radio de 3 metros que están diseñados para utilizarse con mangueras de polietileno de 32mm.

#### **2.5.1.2. Determinación de Electroválvulas de paso**

En la investigación, se tuvo en cuenta el número de dos (02) líneas de paso, se consideró colocar una electroválvula por línea de paso en áreas verdes de la UNJ. Asimismo, se utilizó electroválvula de la marca RAIN 155, que son utilizados para uso tanto residencial como comercial.

#### **2.5.1.3. Selección de la electrobomba**

Para la selección de la electrobomba se revisó diversas fuentes bibliográficas, llegando a la conclusión que la electrobomba de 2HP, siendo eficiente para la realización de la investigación.

#### **2.5.1.4. Cálculo del tiempo de riego**

En esta investigación se ha considerado la instalación de un sensor de humedad, el cual se activará cuando detecte que la humedad del suelo esté a un 30% y se apagará cuando la humedad llegue a un 40%.

Para el cálculo del tiempo de riego, primero se calculó el caudal total de los microaspersores; posteriormente, la cantidad de agua necesaria, el volumen total de agua y el caudal total simultáneo; y finalmente, se calculó el tiempo de riego. Para ello, se tuvo en cuenta el tipo de Grass con el que cuenta la UNJ.

#### **2.5.2. Objetivo 2: Desarrollar la programación del PLC del sistema automatizado**

Se utilizó el tipo de PLC Siemens simatic S7-1200, nos sirvió para tener una mejor efectividad, determinación y confiabilidad del sistema de riego automatizado el cual proporciona un control más perfeccionado y adaptivo en comparación con métodos manuales.

La programación del PLC se desarrolló mediante la definición de variables, como entradas, salidas, variables internas, asimismo en programación lógica y la descripción de la lógica.

En la investigación de las áreas verdes, se utilizó un PLC con especificaciones técnicas de: modelo simatic S7-1200, de unidad compacta, entradas y salidas integradas con 14 canales de entradas digitales de 24 V , 10 canales de salidas digitales y 2 entradas analógicas.(anexo 3).

En la investigación, se realiza un análisis de mercado, que conlleva a la confiabilidad y utilización del PLC de modelo Simatic S7-1200, estando en circulación desde el año 2009 que se lanzó al mercado hasta la fecha, siendo estándar para las industrias.

### **2.5.3. Objetivo 3: Simular el sistema de riego**

En este proyecto se utilizó el sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) como tipo de comunicación del PLC el cual nos permitió recolectar datos obtenidos de los sensores y enviar los datos a un ordenador central mediante un sistema de comunicaciones. Teniendo la configuración del PLC y la pantalla HMI, luego se tiene siete (7 ) segmentos se realiza los pasos para la simulación del sistema de riego, configurando las variables a utilizar, teniendo comunicación entre PLC Y HMI, posterior simulamos el sistema, tanto en segmentos e imagen raíz que es HMI, porterior se realiza la operatividad automatico y manual.

### **2.5.4. Objetivo 4: Determinar los costos de inversión**

En la presente investigación, se realizó diversas cotizaciones de las diversas categorías (componentes), con diferentes empresas, eligiendo la mejor cotización entre calidad siendo entre ello Siemens y el costo total asciende en S/ 25,979.00 (Anexo 2).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Determinar los parámetros de diseño del sistema automatizado.

##### 3.1.1. Determinación del número de microaspersores

Se consideró la marca de microaspersores POELSAN. Están diseñados para utilizarse con mangueras de polietileno de baja densidad (LDPE) con diámetros específicos de 16, 20, 25 y 32 mm, mangueras flexibles de baja densidad que son comunes para riego por goteo o microaspersión. Estos microaspersores abarcan un radio de 3 metros que son de larga distancia. (IESTA SAC, s.f.).

##### Área que cubre un aspersor

Según Ventura, R. y Lima, F., (2024), la fórmula para calcular el área que cubre el aspersor es la siguiente:

$$\text{Área de cobertura} = \pi * (\text{radio real})^2$$

$$\text{Área de cobertura} = \pi * (3)^2$$

$$\text{Área de cobertura} = \pi * 9$$

$$\text{Área de cobertura} = 28.27 \text{ m}^2$$

##### Número total de microaspersores

Para calcular el número total de microaspersores, se dividió el área total con el área que cubre cada aspersor.

Como cada microaspersor cubre un área de 28.27 m<sup>2</sup>, el número de microaspersores sería:

$$\frac{1240 \text{ m}^2}{28.27 \text{ m}^2/\text{microaspersor}} = 43.9 \text{ microaspersores} \cong 44$$

##### 3.1.2. Determinación de las electroválvulas de paso

Anteriormente se calculó que el número de microaspersores es 44, por tanto, se contemplan 2 zonas, cada una con 22 microaspersores. Cada zona debe tener una electroválvula de paso, es decir, serían dos electroválvulas de paso en total.



### 3.1.3. Selección de la electrobomba

Para esta investigación se ha considerado una electrobomba centrífuga de 2 HP marca Werken, con un diámetro de distribución de 1", y voltaje 220 V. A continuación se muestra la ficha técnica:

**Tabla 1.** *Ficha técnica de la electrobomba*

---

<b>Tipo de producto:</b> electrobomba
<b>Sub tipo de producto:</b> centrífuga
<b>Material:</b> Metal
<b>Color:</b> azul
<b>Altura del producto:</b> 20.6 cm
<b>Ancho del producto:</b> 26.1 cm
<b>Profundidad del producto:</b> 36.3 cm
<b>Marca:</b> Werken
<b>Peso de producto:</b> 19 kg
<b>Máximo poder de descarga:</b> 120 l/min
<b>Presión máxima de trabajo:</b> 10 Bar
<b>Diámetro de distribución:</b> 1"
<b>Altura reomendable de distribución:</b> 35 m
<b>Caudal máximo:</b> 189 l/min
<b>Diámetro de succión:</b> 1.5"
<b>Máximo de succión:</b> 8m
<b>Potencia:</b> 2HP
<b>Voltaje:</b> 220 V
<b>Características:</b> protector térmico que se activa a los 60° de temperatura. Rodamiento de alta calidad. Impulsador de bronce.
<b>Observaciones:</b> instalar en lugares protegidos del clima.
<b>Recomendaciones de uso:</b> Verificar la coincidencia del voltaje de alimentación con el de la máquina.

---

*Nota:* tomado de Promart Homecenter.

### 3.1.4. Cálculo del tiempo de riego

#### 3.1.4.1. Sensor de referencia

En este estudio se consideró como referencia un sensor Belimo que ha sido diseñado para resistir condiciones climáticas adversas. Se emplea para realizar mediciones de u;humedad y temperatura. Está equipado con un sensor capacitivo de polímero protegido por un filtro de malla de acero inoxidable. Es capaz de medir temperaturas en un rango de -40 a 80 °C y niveles de humedad de 0 % a 100 % HR. Su señal de salida es de 4-20 mA y requiere una alimentación de 24 V CA/CC. Además, cuenta con un grado de protección IP65. (Tameson, 2024)

#### 3.1.4.1. Cálculos para determinar el tiempo de riego

Las áreas verdes de la Universidad Nacional de Jaén tienen Grass americano. Según Jardín urbano (2022), para este tipo de grass se utiliza 8 l de agua/m<sup>2</sup>.

#### Caudal total de los microaspersores

Según Ventura, R. y Lima, F., (2024), la fórmula para calcular el caudal es la siguiente:

$$\text{Caudal} = \text{Caudal de un microaspersor} * \text{Número de microaspersores}$$

Si tenemos 44 microaspersores con un caudal de 80 l/h, entonces el caudal sería:

$$\text{Caudal} = 44 * 80 \text{ l/h}$$

$$\text{Caudal} = 3520 \text{ l/h}$$

El caudal total del sistema con 44 microaspersores de 80 l/h es de 3520 l/h.

#### Cálculo del tiempo de riego cuando la humedad sea 0%

Agua necesaria para alcanzar el 40%, se requiere:

$$\text{Agua necesaria} = 8 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \times 0.4 = 3.2 \text{ L/m}^2$$

Volumen total para ambas zonas:

$$1240 \text{ m}^2 \times 3.2 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} = 3968 \text{ L}$$

Caudal total simultáneo : 3520 L/h

$$Tiempo = \frac{3968 L}{3520 L/h} = 1.13 \text{ horas} \rightarrow 67 \text{ minutos aprox.}$$

Cálculo del tiempo de riego cuando la humedad cuando sea del 20%

Agua necesaria para alcanzar el 40%, se requiere:

$$Agua\ necesaria = 8 \frac{L}{m^2} \times 0.2 = 1.6 L/m^2$$

Volumen total para ambas zonas:

$$1240 m^2 \times 1.6 \frac{L}{m^2} = 1984 L$$

Caudal total simultáneo : 3520 L/h

$$Tiempo = \frac{1984 L}{3520 L/h} = 0.56 \text{ horas} \rightarrow 33 \text{ minutos aprox.}$$

Cálculo del tiempo de riego cuando la humedad sea del 30%

Agua necesaria para alcanzar el 40%, se requiere:

$$Agua\ necesaria = 8 \frac{L}{m^2} \times 0.1 = 0.8 L/m^2$$

Volumen total para ambas zonas:

$$1240 m^2 \times 0.8 \frac{L}{m^2} = 992 L$$

Caudal total simultáneo : 3520 L/h

$$Tiempo = \frac{992 L}{3520 L/h} = 0.28 \text{ horas} \rightarrow 16 \text{ minutos aprox.}$$

Cálculo del tiempo de riego cuando la humedad sea del 35%

Agua necesaria para alcanzar el 40%, se requiere:

$$Agua\ necesaria = 8 \frac{L}{m^2} \times 0.05 = 0.4 L/m^2$$

Volumen total para ambas zonas:

$$1240 \text{ m}^2 \times 0.4 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} = 496 \text{ L}$$

Caudal total simultáneo : 3520 L/h

$$\text{Tiempo} = \frac{496 \text{ L}}{3520 \text{ L/h}} = 0.14 \text{ horas} \rightarrow 8 \text{ minutos aprox.}$$

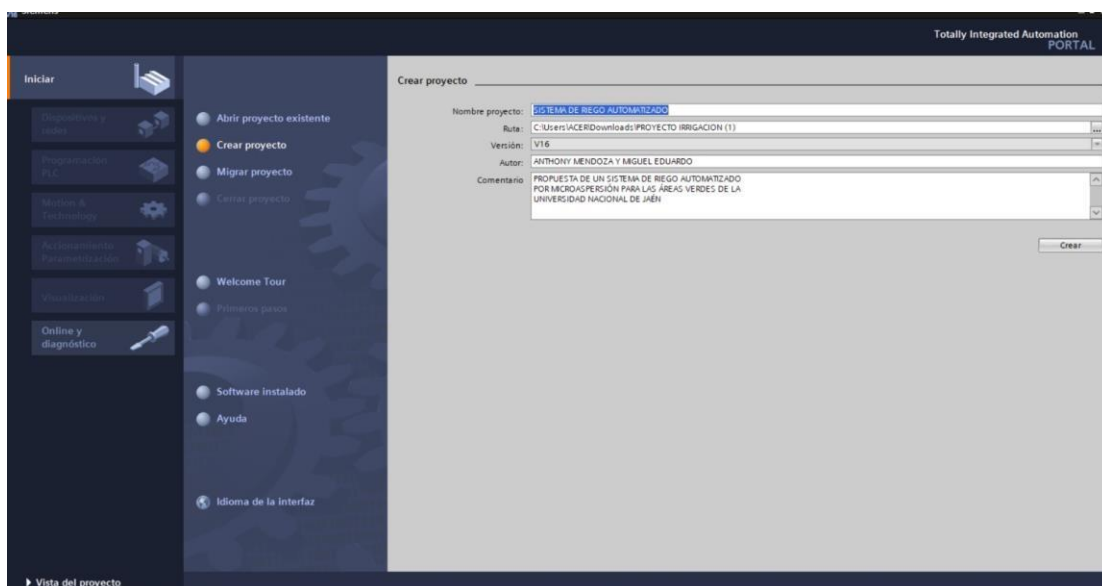
**Tabla 2.** *Tiempo de riego para alcanza una humedad del 40%*

Humedad Inicial (%)	Agua Necesaria para 40% (L/m <sup>2</sup> )	Volumen total de agua (L)	Tiempo de riego para 40% (horas)
0%	3.2 L/m <sup>2</sup>	3968 L	1.13 horas
20%	1.6 L/m <sup>2</sup>	1984 L	0.56 horas
30%	0.8 L/m <sup>2</sup>	992 L	0.28 horas
35%	0.4 L/m <sup>2</sup>	496 L	0.14 horas

### 3.2. Desarrollar la programación del PLC del sistema automatizado.

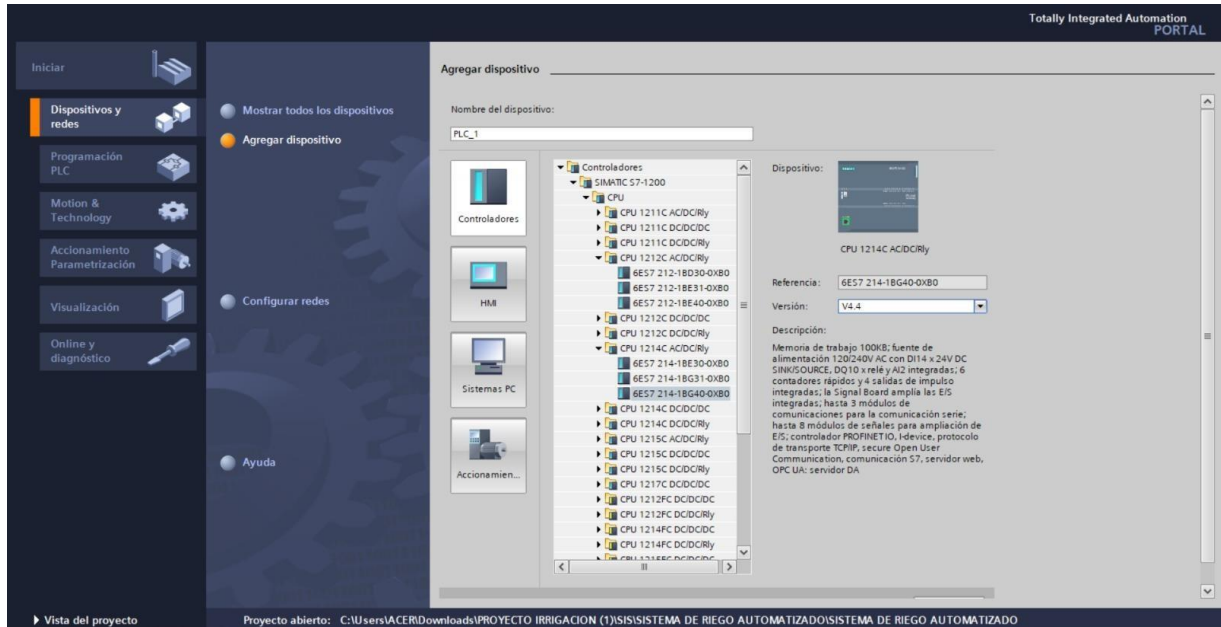
#### 3.2.1. Configuración del programa

**Figura 3.** *Interfaz para “crear proyecto” en el software TIA PORTAL*

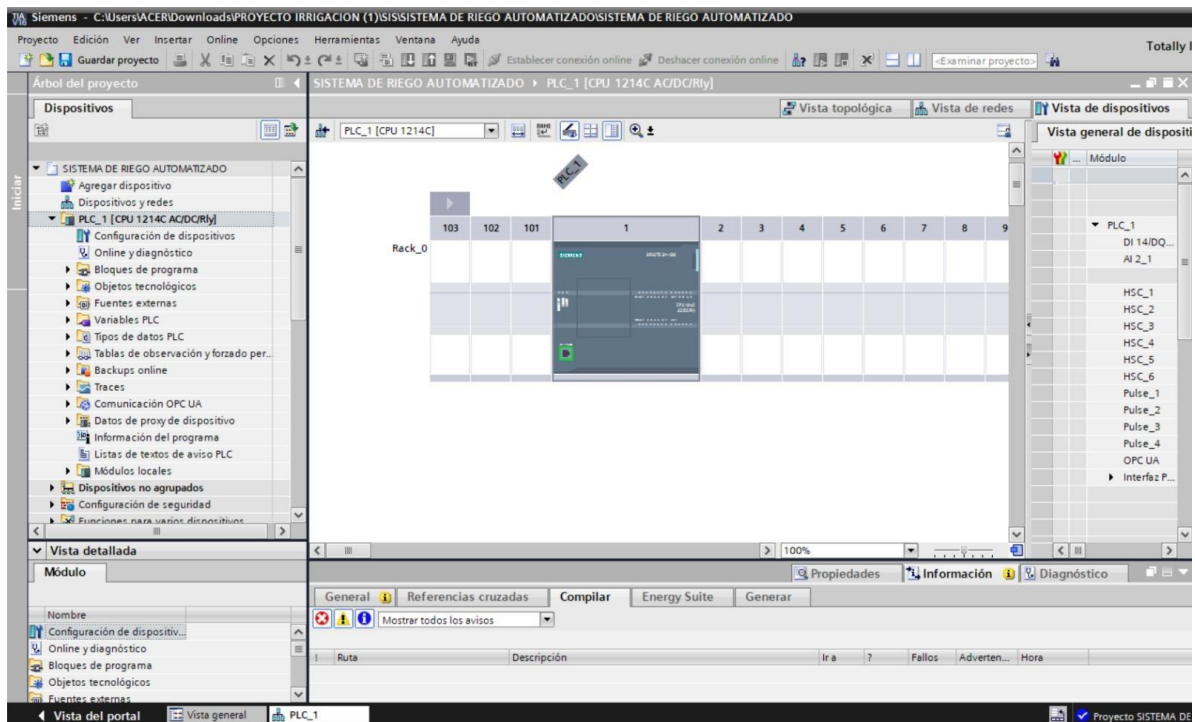


Al crear el proyecto, se presentó la opción de “agregar dispositivo”, donde se agregó el tipo de PLC, en este caso fue el S7 -1200 modelo CPU 1214AC (ver figura 2 y 3).

**Figura 4.** Interfaz para “agregar dispositivo PLC” al proyecto

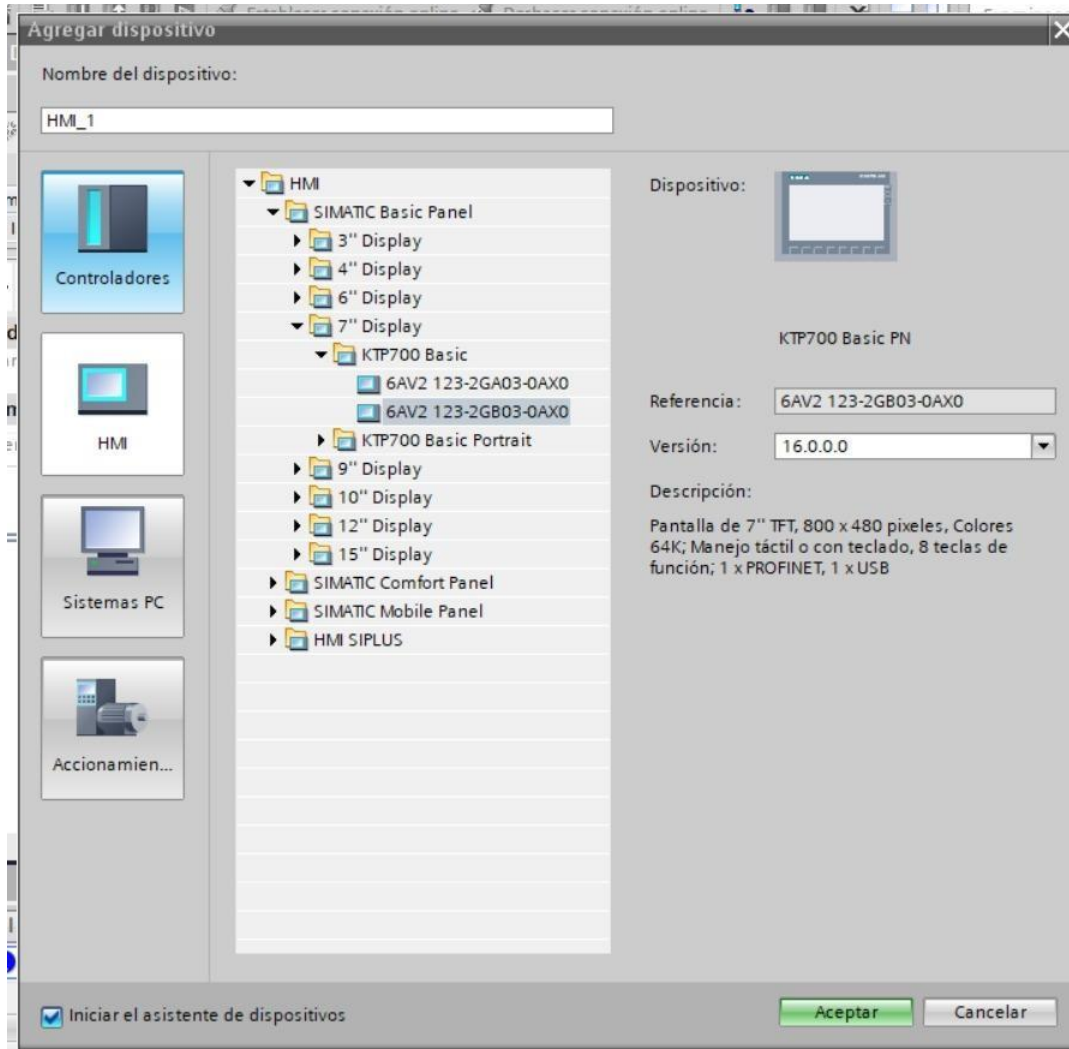


**Figura 5.** Vista de dispositivos PLC S7 1200



A la mano izquierda de la interfaz se observa la lista de dispositivos, en donde se agregó la pantalla HMI [ interfaz Hombre-Máquina ], tal como se muestra en la figura 4.

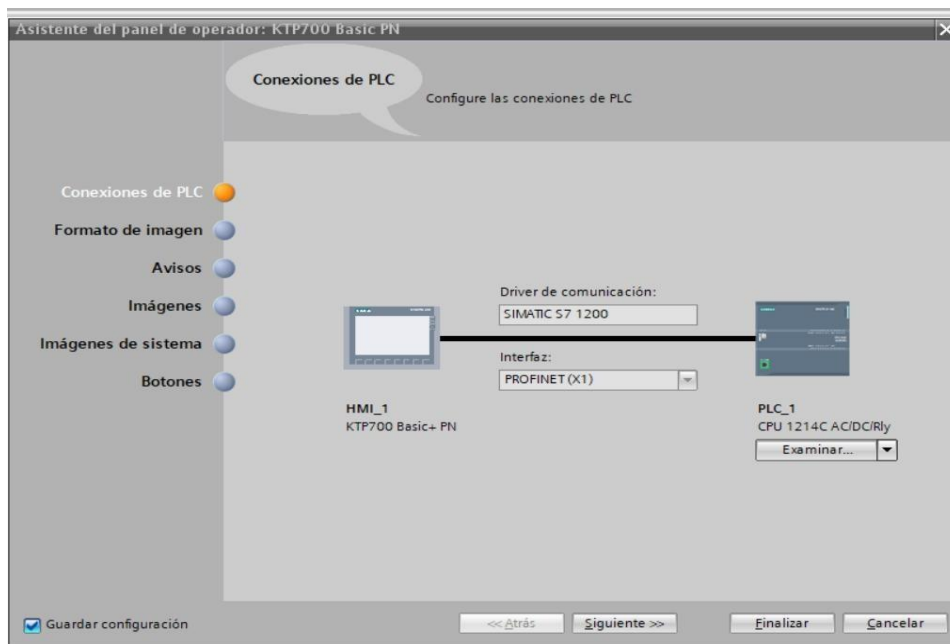
**Figura 6.** *Interfaz para agregar la pantalla HMI KTP 700 para el proyecto*



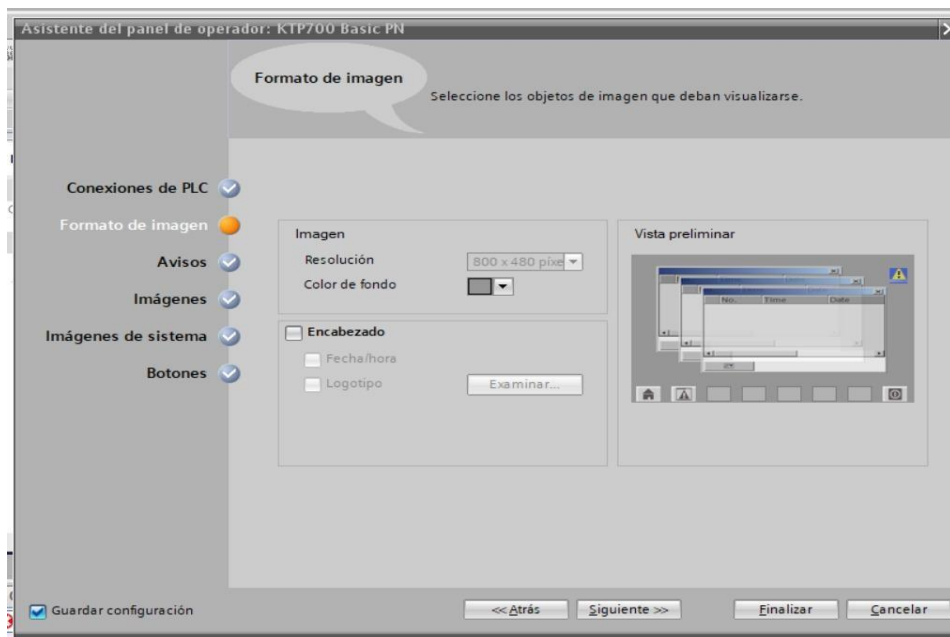
Se seleccionó la pantalla de 7", seguido se configuró la conexión con el PLC (ver figura 5 y 6).



**Figura 7.** Interfaz “asistente del panel de operador KTP 700” – conexión de PLC

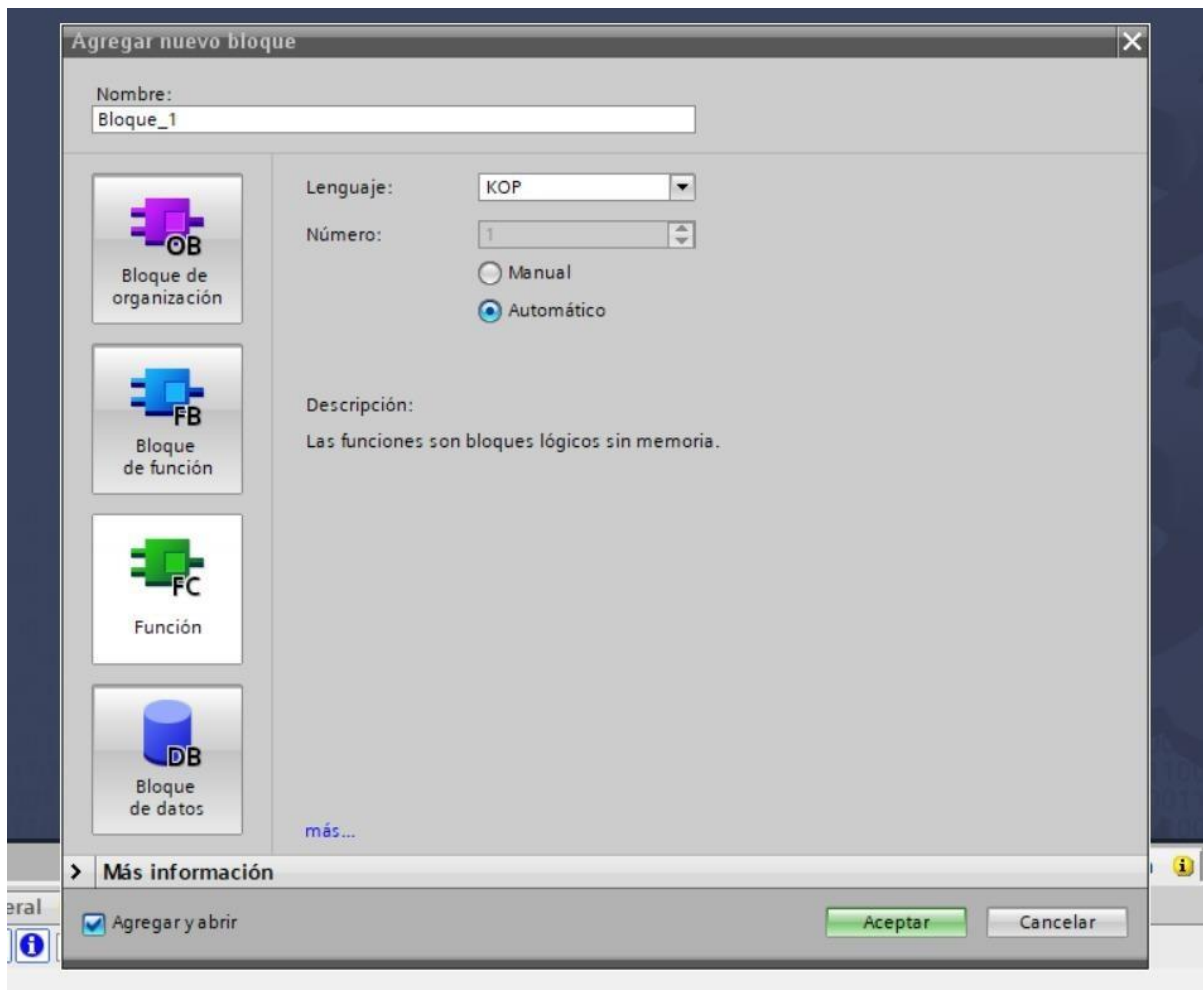


**Figura 8.** Interfaz “asistente del panel de operador KTP 700” – Formato de imagen



En el apartado de bloques de programa se agregó “Main (OB1)” (ver figura 7).

**Figura 9.** Interfaz “agregar nuevo bloque”



Una vez realizado este paso, se continuó con la programación del sistema en Lenguaje LADDER que consta de 7 segmentos, así como se muestra desde la figura 8 a la 14.

Figura 10. Segmento 1 – Inicio y parada del sistema

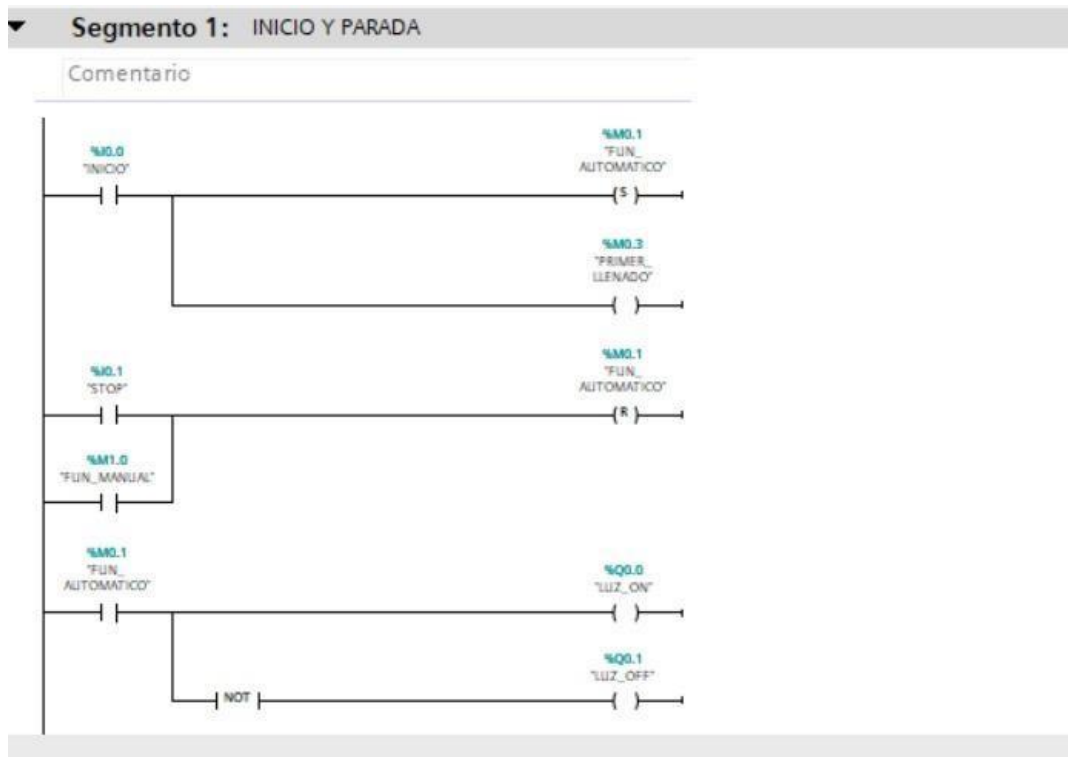
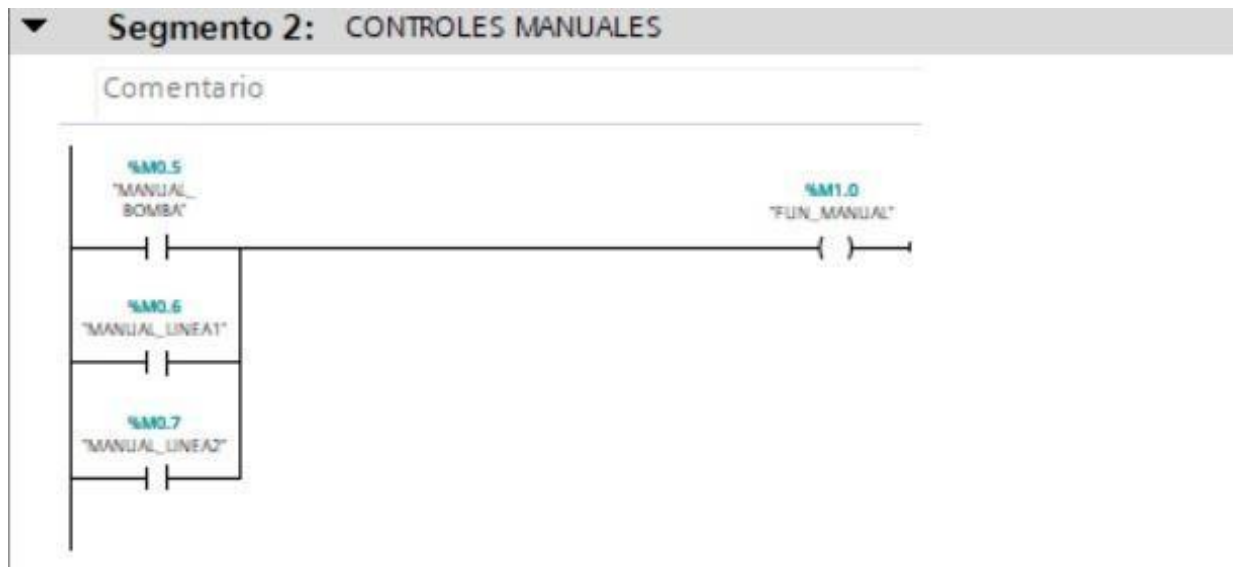


Figura 11. Segmento 2 – Controles manuales del Sistema



**Figura 12.** Segmento 3 – llenado del tanque manual - automatico

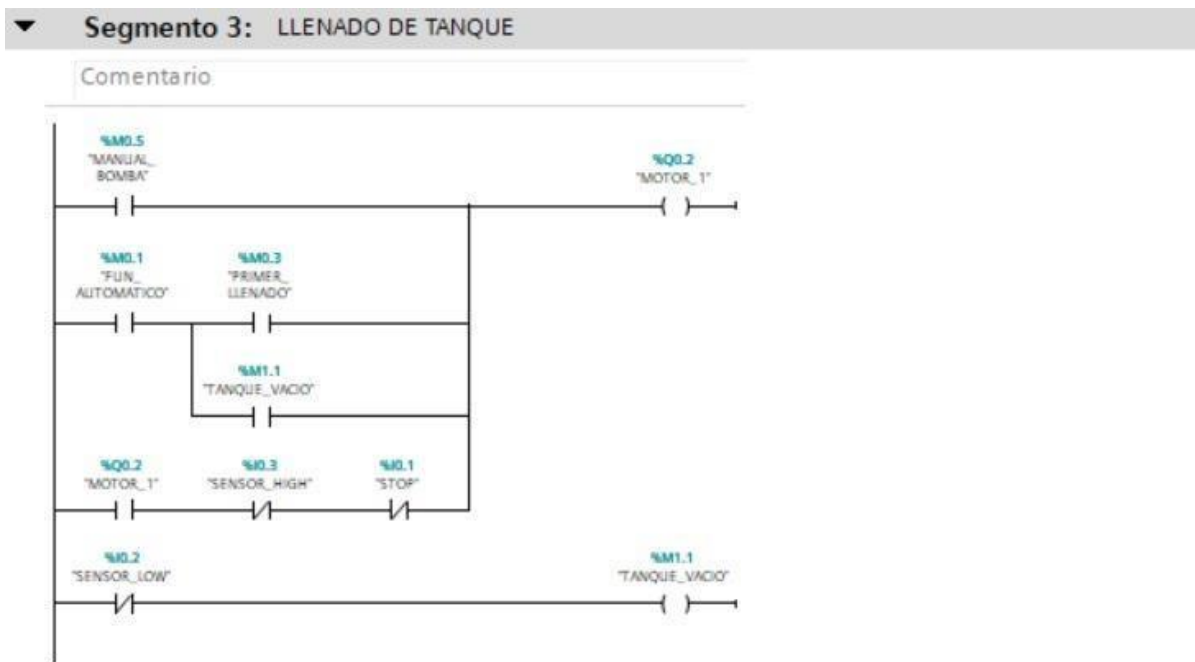


Figura 13. Segmento 4 - irrigación

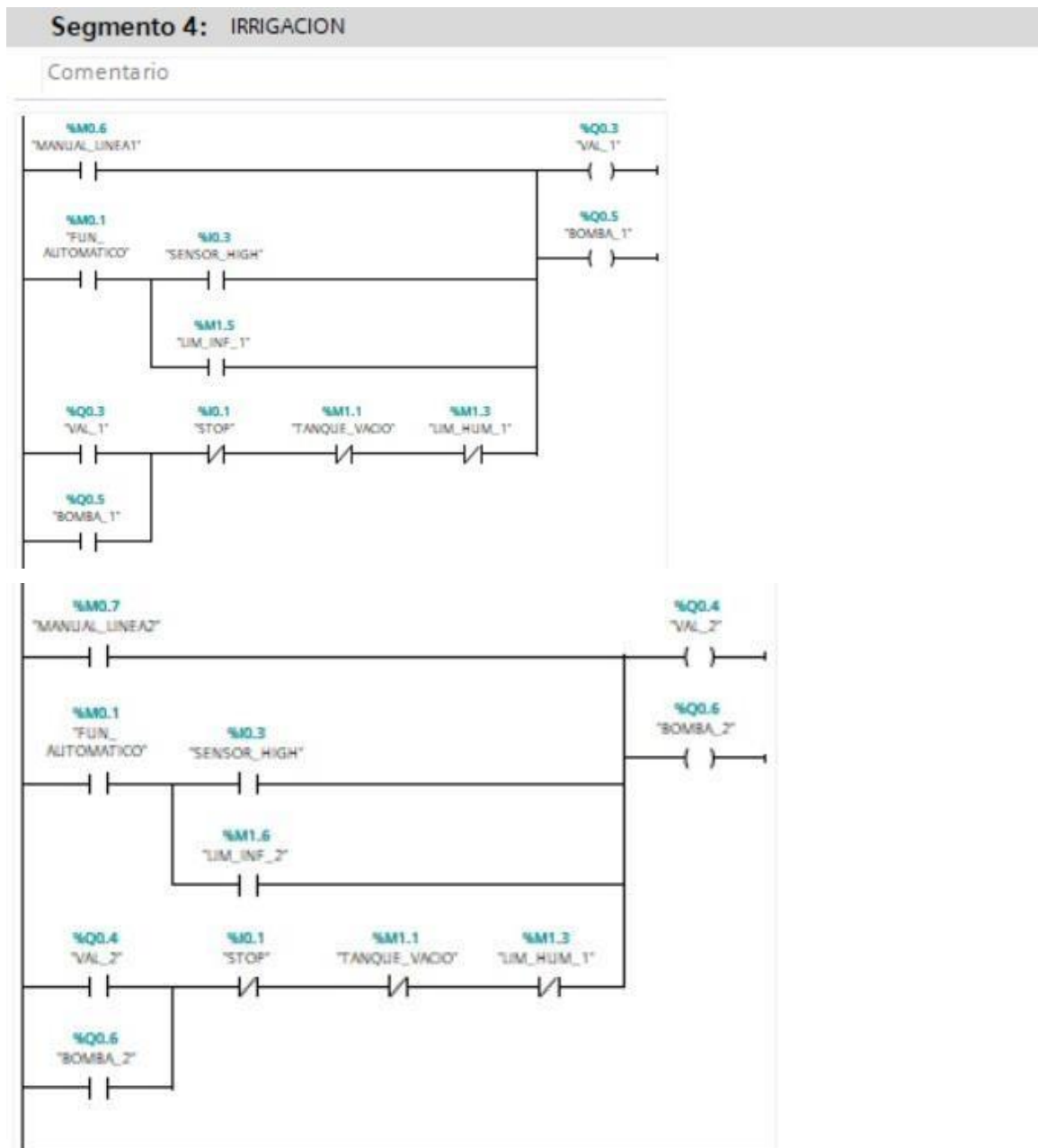






Figura 15. Segmento 6 – animación de tanque

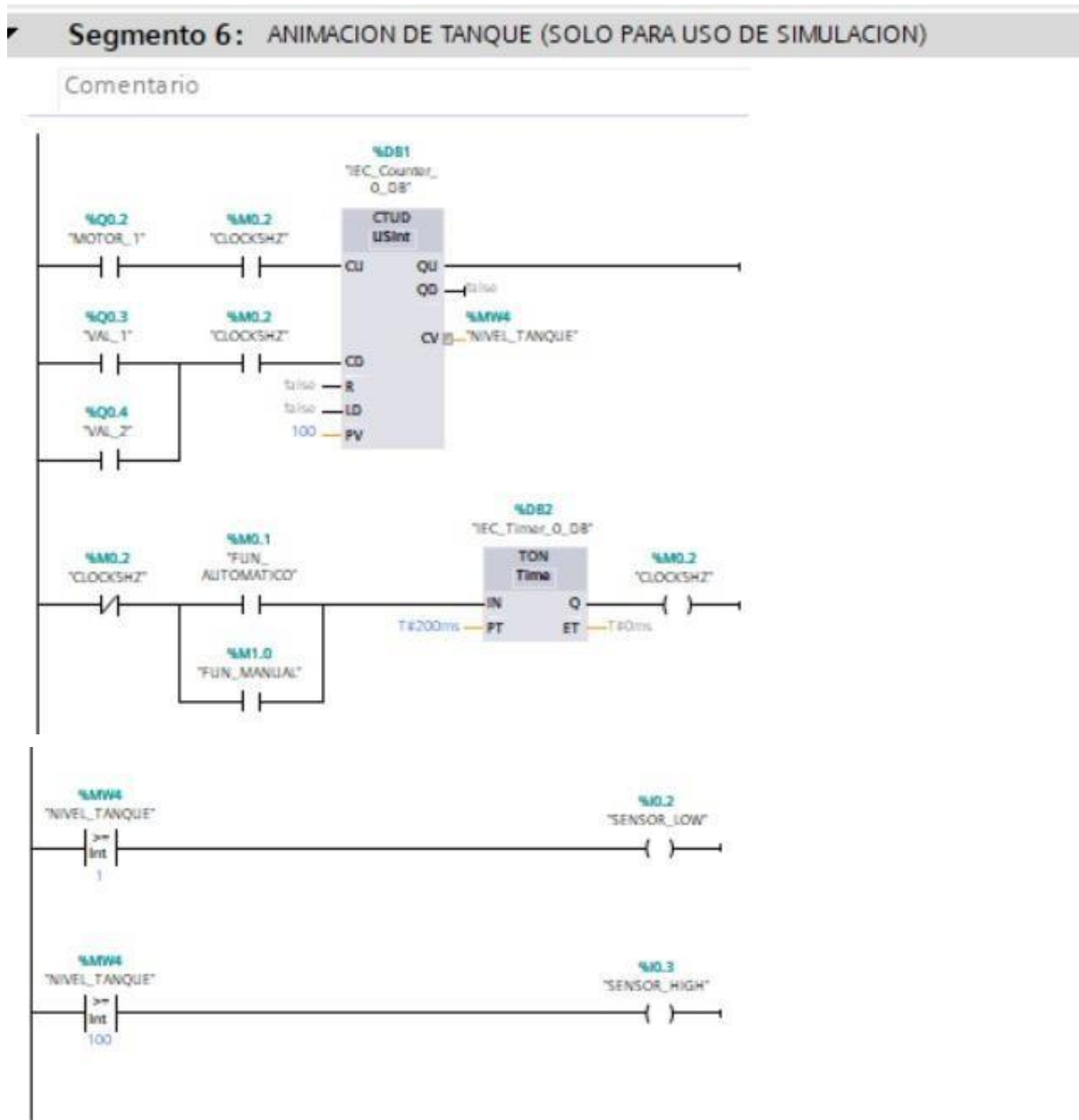
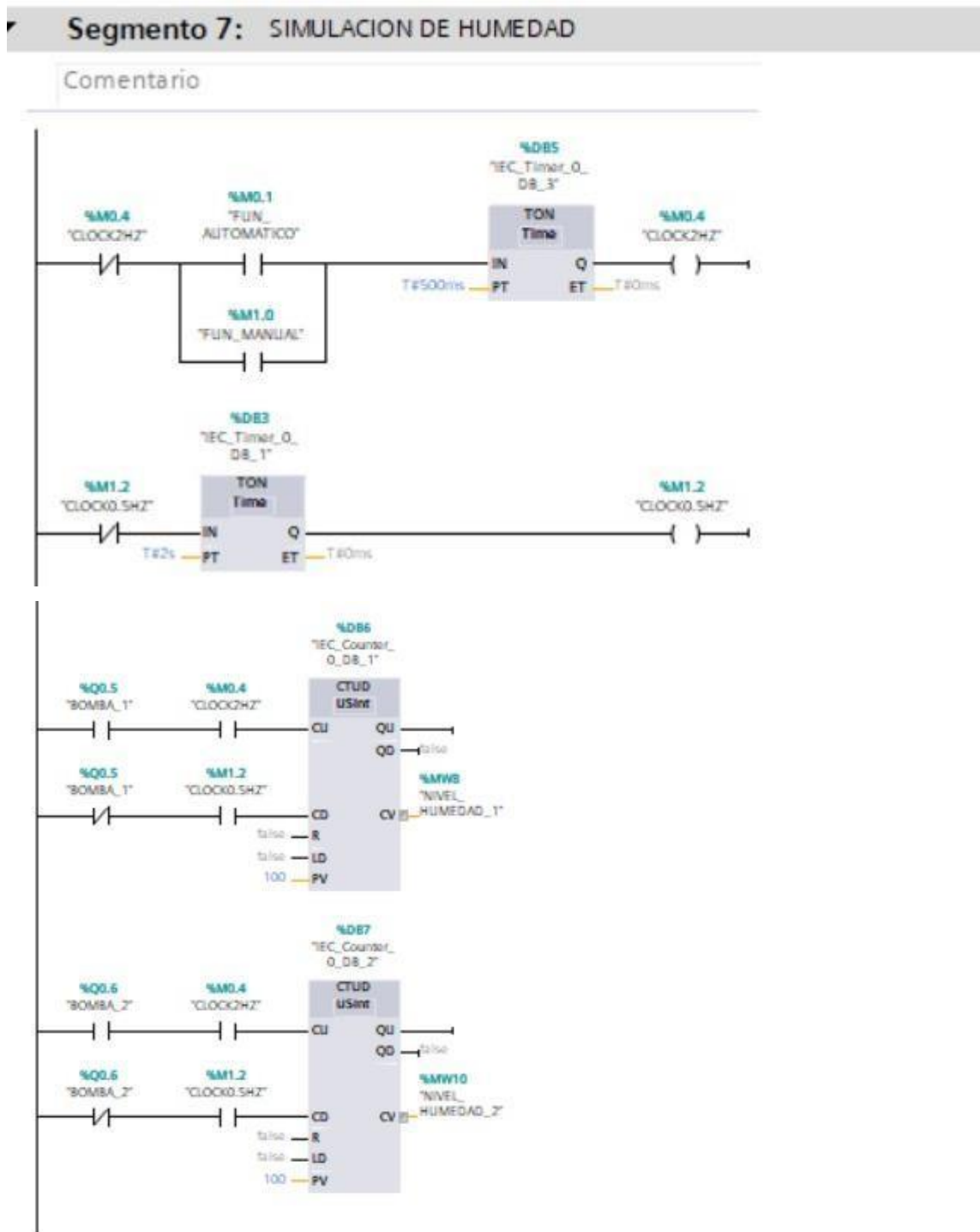


Figura 16. Segmento 7 – simulación de humedad



A continuación se muestra la interfaz de variables de PLC en el apartado de tabla de variables donde se puede observar todas las variables de los segmentos (ver figura 15, 16 y 17).

**Figura 17.** Variables PLC del tanque

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1 INICIO	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 STOP	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 FUN_AUTOMATICO	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4 MOTOR_1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5 SENSOR_LOW	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6 SENSOR_HIGH	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7 VAL_1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8 VAL_2	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9 CLOCK5HZ	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10 NIVEL_TANQUE	Tabla de variables e..	Int	%MW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11 PRIMER_LLENADO	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Figura 18.** Variables PLC bomba manual/niveles de humedad

12 BOMBA_1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13 BOMBA_2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14 CLOCK2HZ	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15 NIVEL_HUMEDAD_1	Tabla de variables e..	Int	%MW8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16 NIVEL_HUMEDAD_2	Tabla de variables e..	Int	%MW10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17 MANUAL_BOMBA	Tabla de variables e..	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18 MANUAL_LINEA1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19 MANUAL_LINEA2	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20 LUZ_ON	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21 LUZ_OFF	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Figura 19.** Variables PLC sistema automatico

22 FUN_MANUAL	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23 TANQUE_VACIO	Tabla de variables e..	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24 CLOCK0.5HZ	Tabla de variables e..	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25 LIM_HUM_1	Tabla de variables e..	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26 LIM_HUM_2	Tabla de variables e..	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27 LIM_INF_1	Tabla de variables e..	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28 LIM_INF_2	Tabla de variables e..	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29 DELTA	Tabla de variables e..	Int	%MW14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30 <Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### 3.3. Simular el sistema de riego.

Figura 20. Sistema mediante el PLC SIM

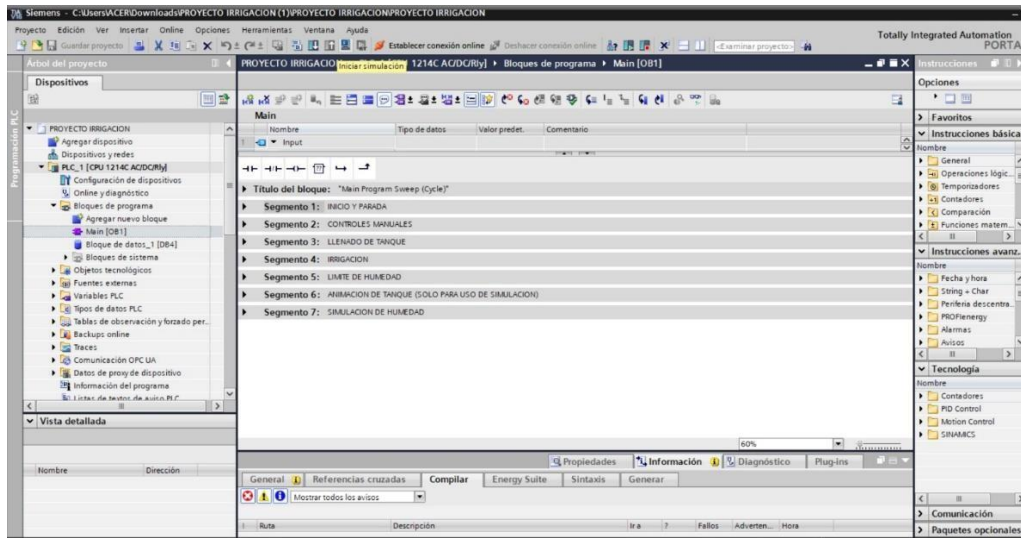
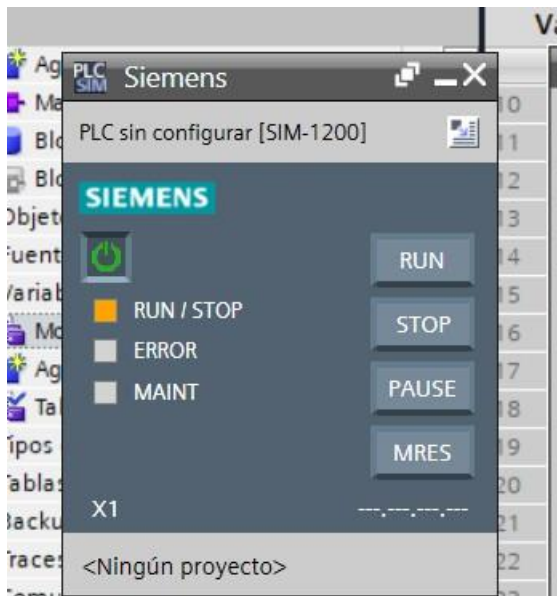
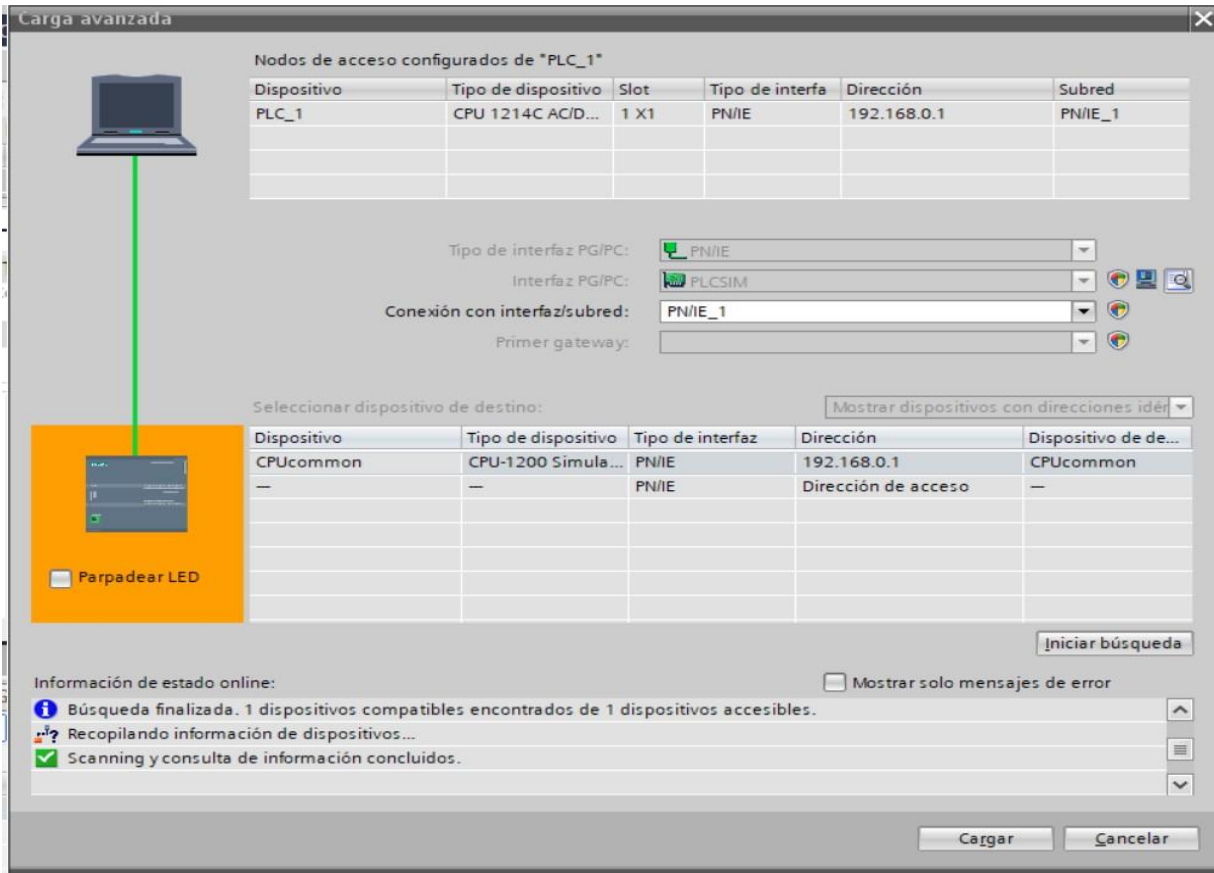


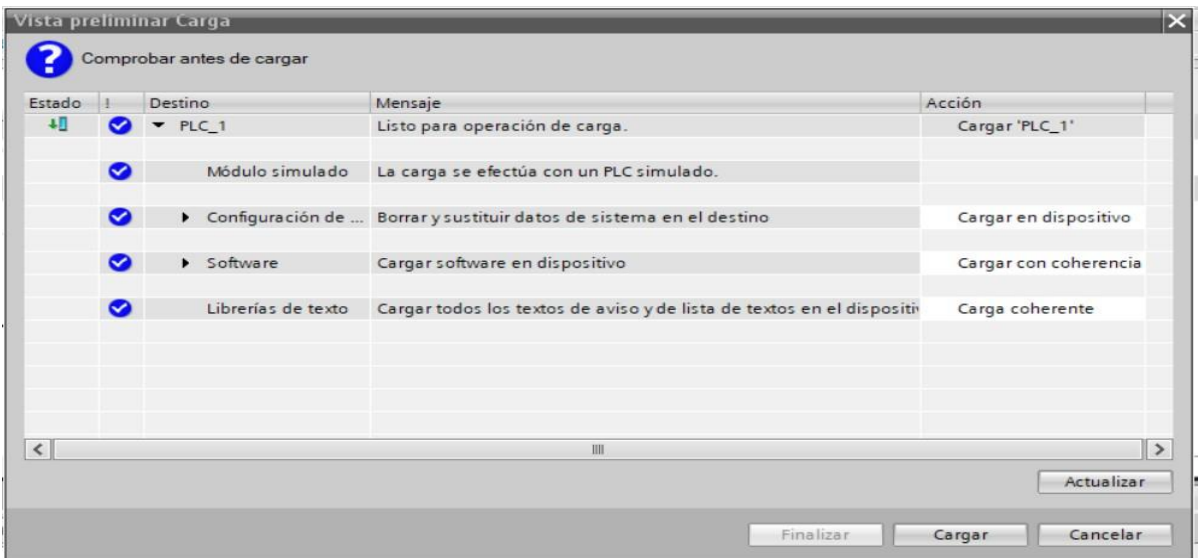
Figura 21. PLC sin configurar (color naranja)



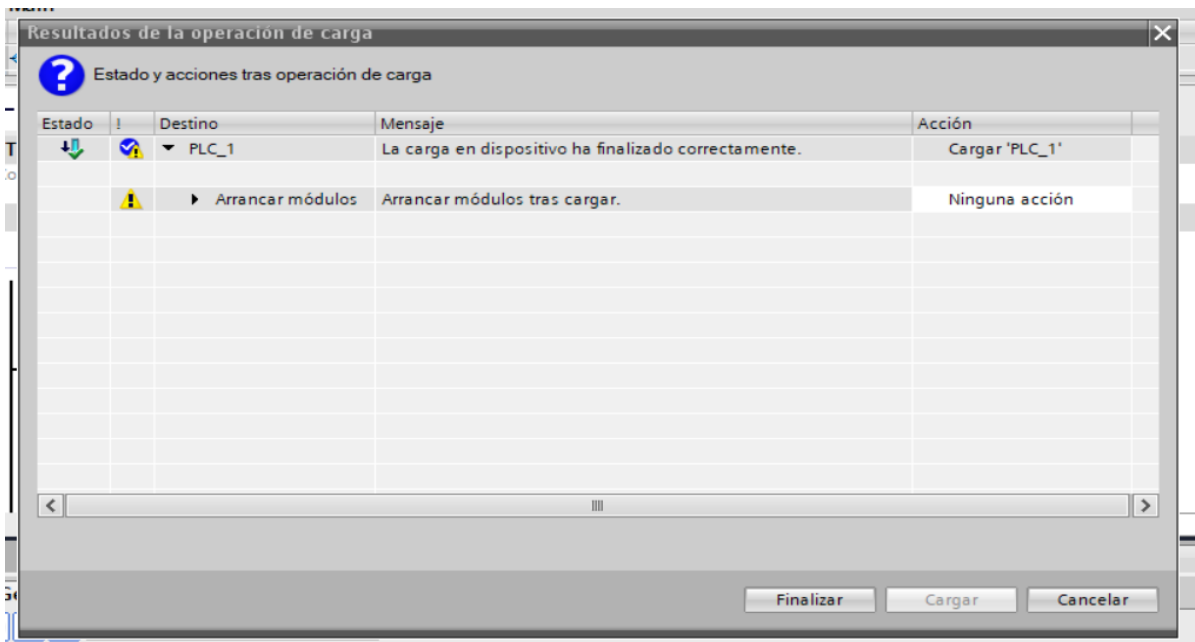
**Figura 22.** *Conexión entre la laptop y PLC mediante interfaz PLC SIM*



**Figura 23.** *Carga del bloque del programa al PLC*

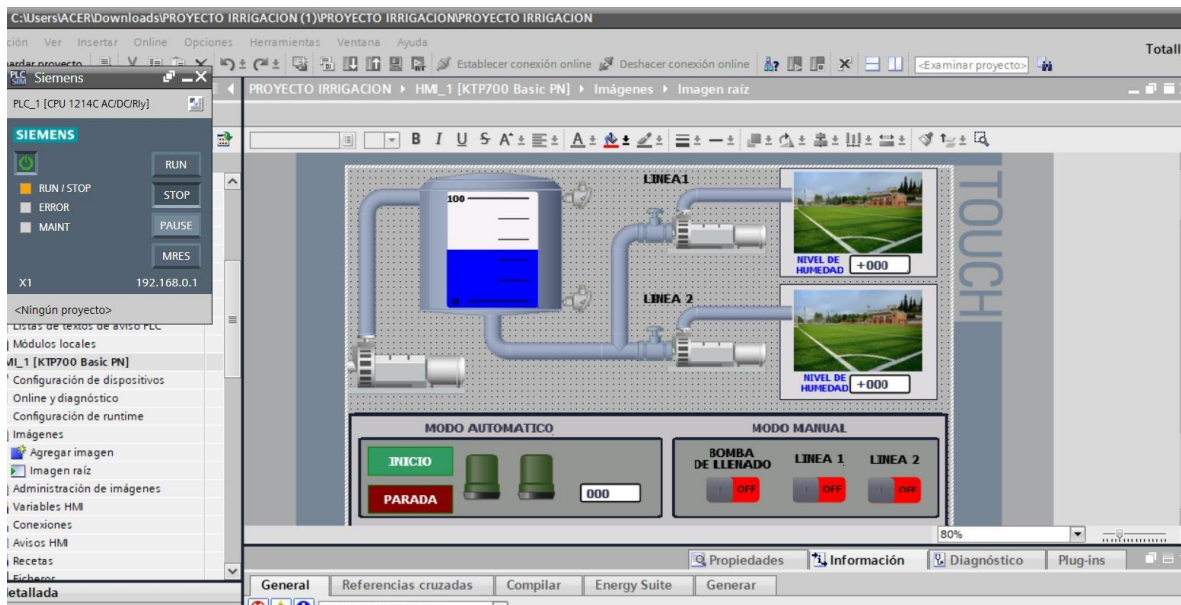


**Figura 24.** Arrancar módulos



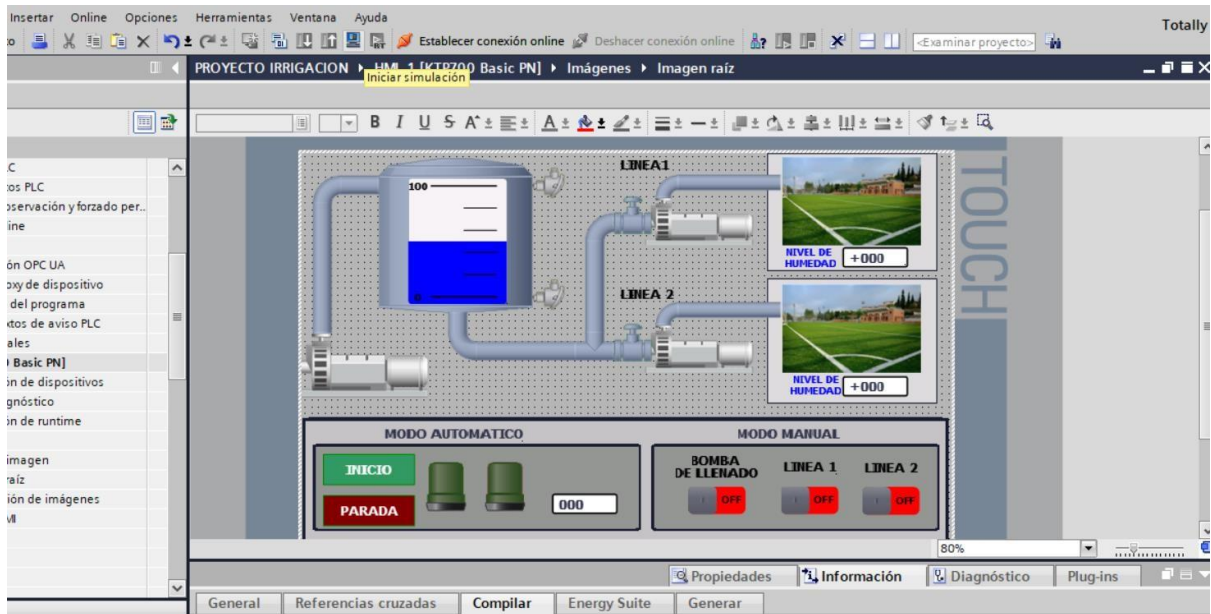
Después de haber realizado la carga del bloque del PLC, a la interfaz HMI, en el apartado de imagen raíz.

**Figura 25.** Interfaz HMI – Imagen raíz



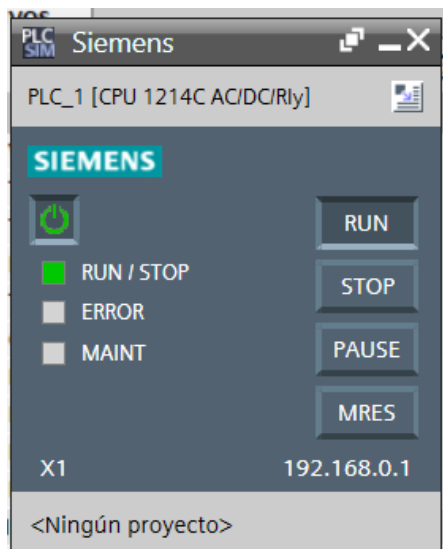


**Figura 26.** Inicio de simulación en la Imagen raíz

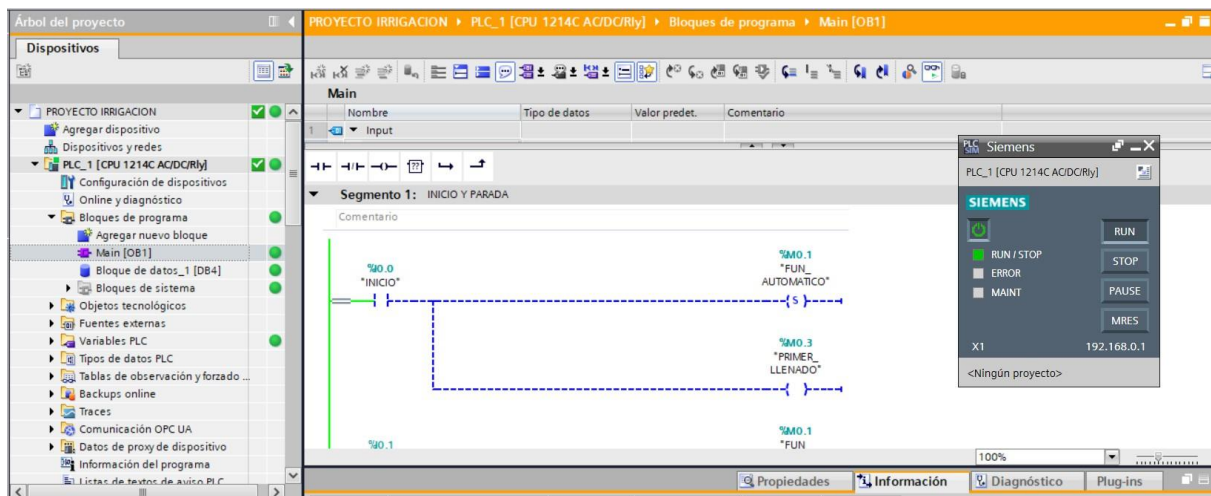


Al iniciar la simulación, el PLC se pone en modo RUN. Tiene que estar en color verde

**Figura 27.** PLC modo RUN

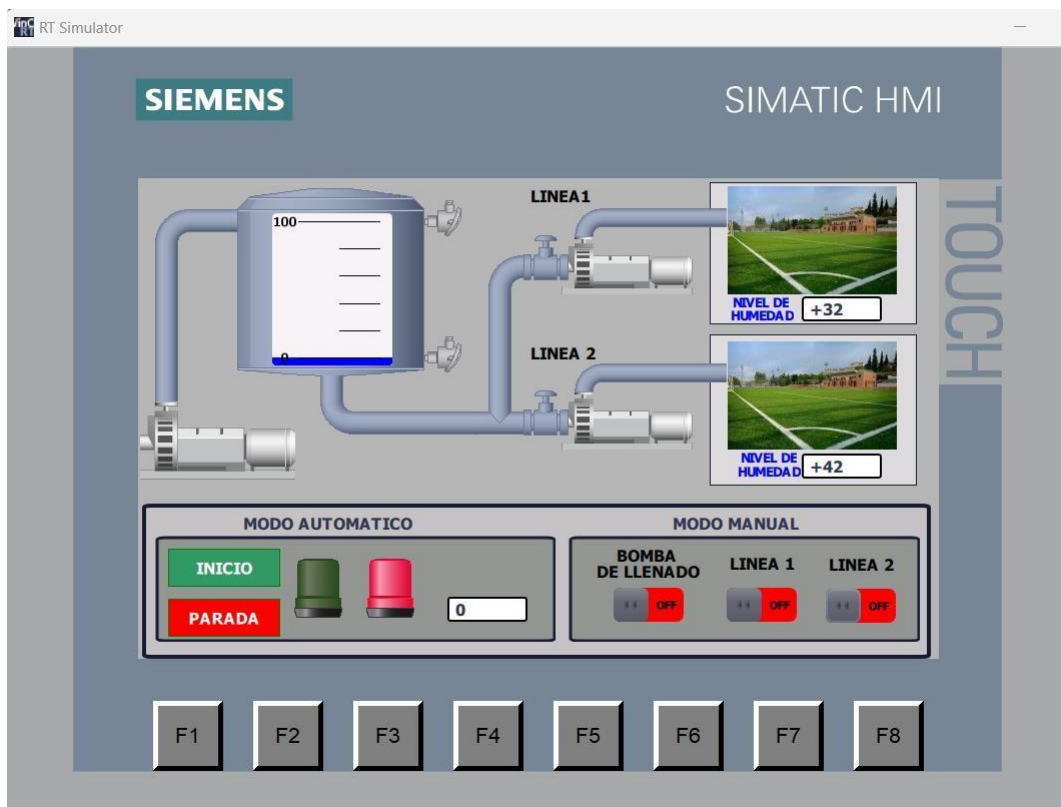


**Figura 28.** Observación activada



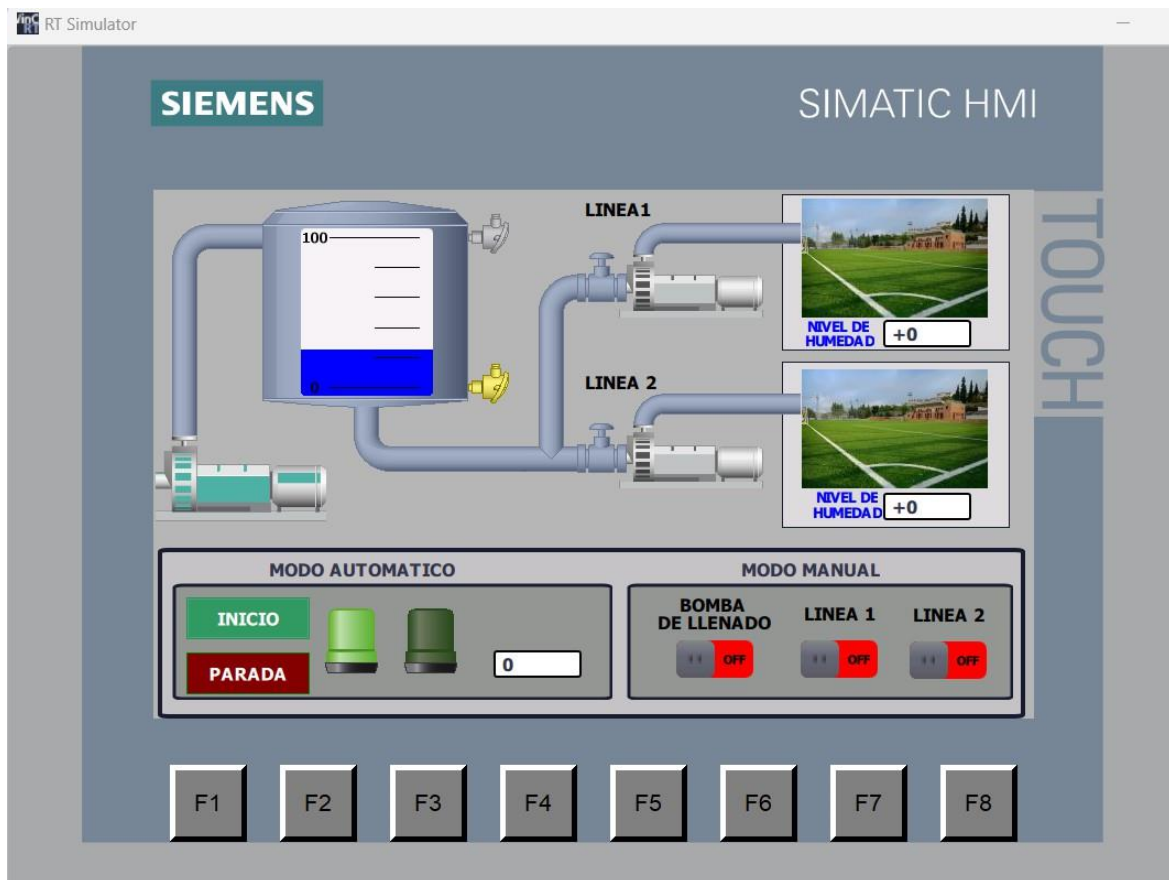
Una vez hecho todos estos pasos podemos pasar a la pantalla HMI, donde podremos ver la simulación del sistema automatizado de riego.

**Figura 29.** Pantalla HMI – SISTEMA DE RIEGO



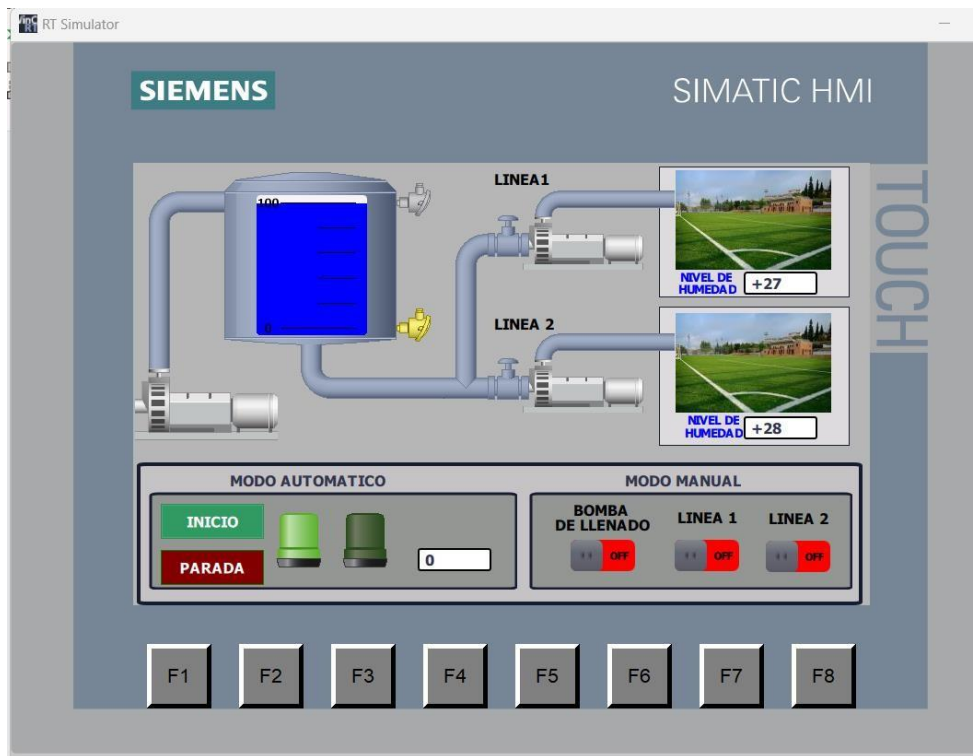


**Figura 30.** *Modo automático*

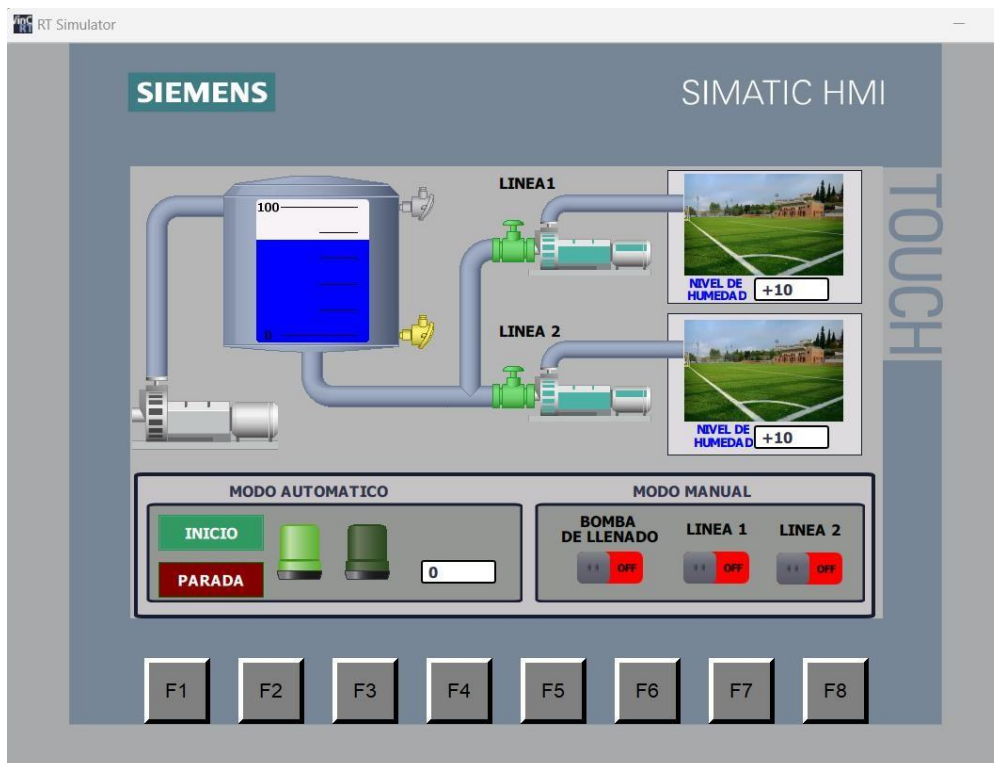


Después de hacer toda la configuración del PLC y dejarlo en estado RUN, se puso en marcha al sistema en el botón “inicio”. Ahí se observó cómo va ingresando el agua y se va llenando el tanque. Una vez que el tanque se llena, la electrobomba se apaga. A su vez, da paso a activarse la electrobomba y aperturarse la electroválvula para el respectivo riego al césped.

**Figura 31.** Pantalla HMI – llenado de tanque de agua

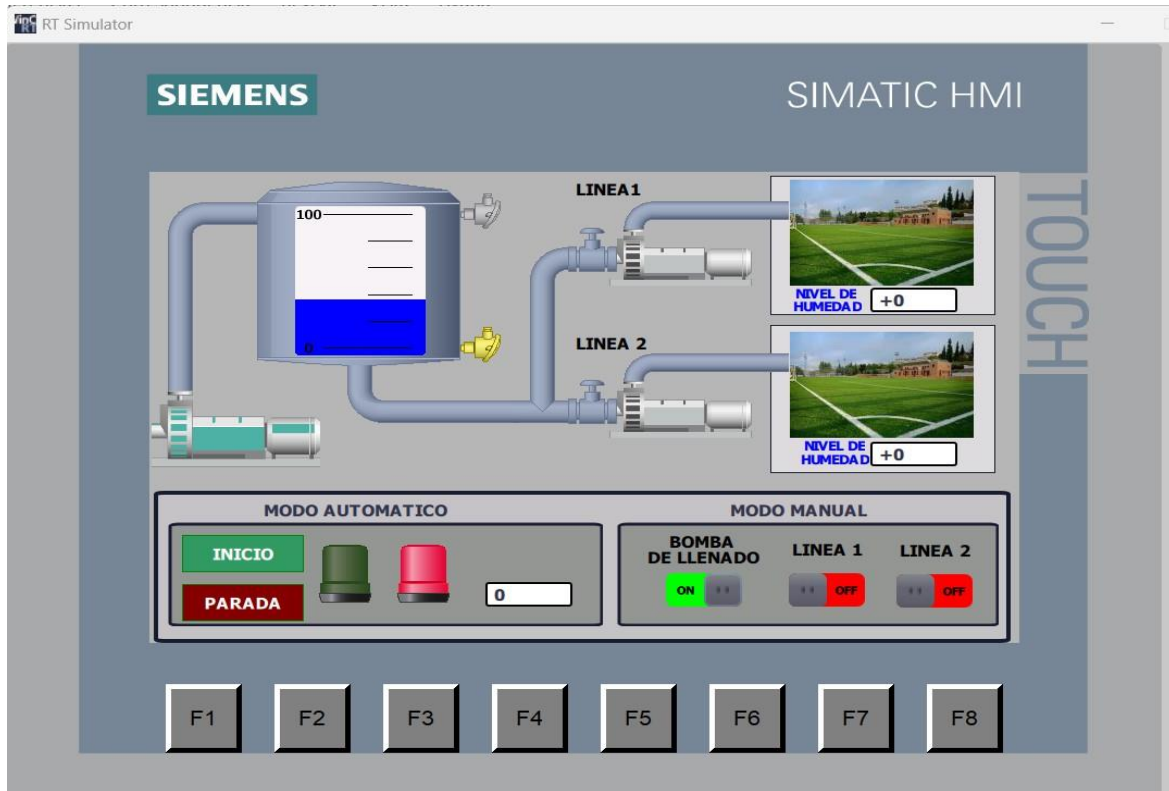


**Figura 32.** Pantalla HMI – regado del césped automático

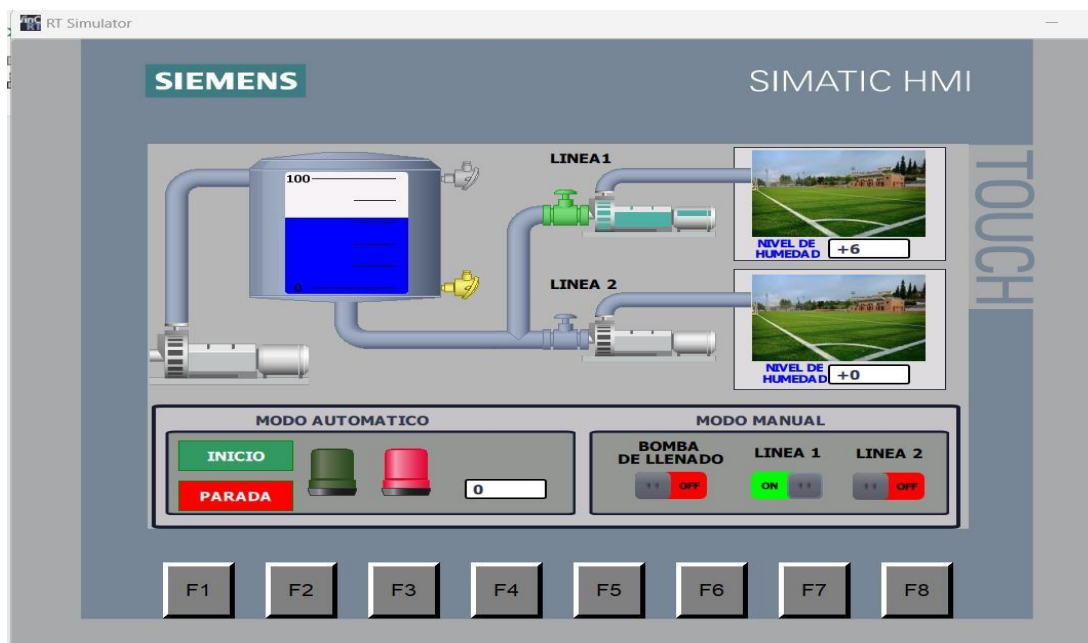


Cuando el nivel de humedad llega a 40, el sistema deja de funcionar , pero una vez que la humedad llega a 30 el sistema se enciende nuevamente, repitiendo así el proceso de regado del césped.

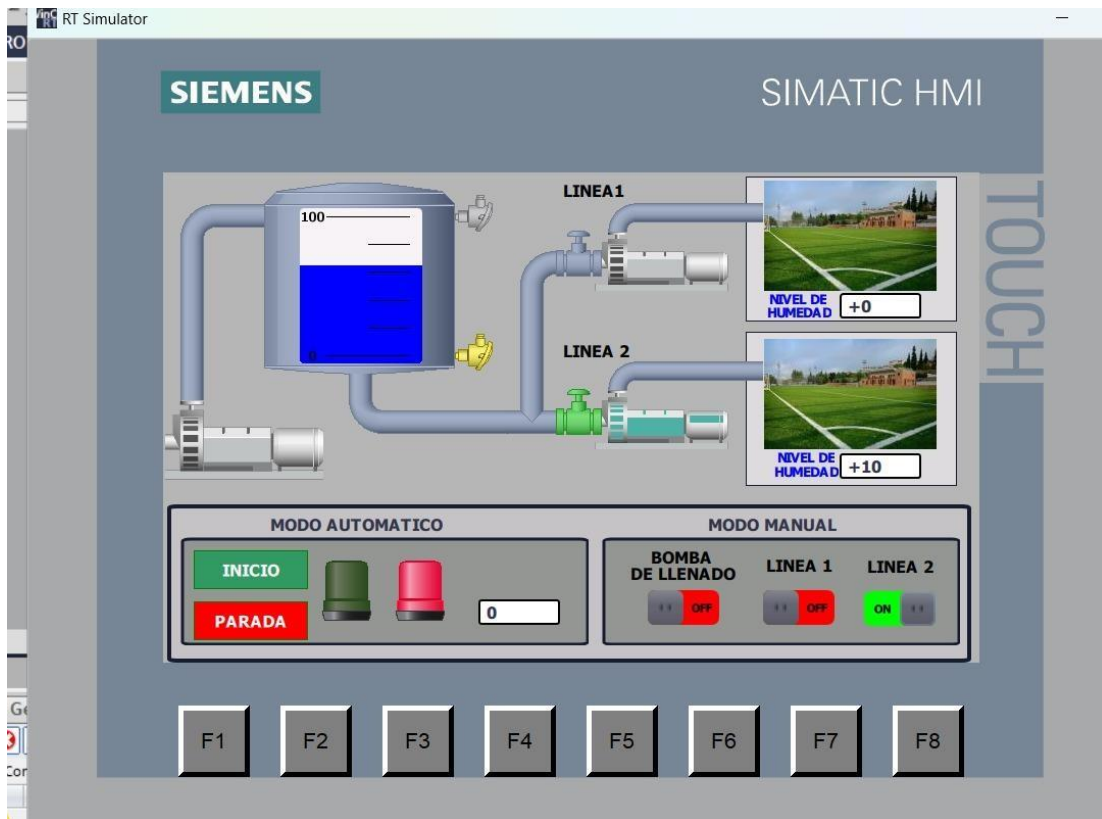
**Figura 33.** Pantalla HMI – modo manual del llenado del tanque de agua



**Figura 34.** Pantalla HMI – modo manual de la línea 1



**Figura 35.** Pantalla HMI – modo manual de la línea 2



### 3.3. Determinar los costos de inversión

Para la determinación de los costos de inversión se tuvieron en cuenta los diferentes componentes del sistema de riego automatizado para la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

**Tabla 3.** Presupuesto del sistema de riego automatizado

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>1. Equipos y PLC</b>	PLC S7 -1200	1	UND	S/. 1100	S/. 1,100.00
	Pantalla HMI 7"	1	UND	S/. 3974.19	S/. 3,974.19
	Módulos de expansión	1	UND	S/. 1300	S/. 1,300.00
<b>SUB TOTAL 1</b>					<b>S/. 6374.19</b>
<b>2.Sistema de riego</b>	Microaspersores	44	UND	S/6.02	S/. 264.88
	Electroválvulas	3	UND	S/.89.10	S/. 267.30
	Electrobomba de 2hp	3	UND	S/.1299	S/. 3,897.00

	Manguera de polietileno de 32 mm	3	ROLLO	S/.140	S/. 420.00
	<b>SUB TOTAL 2</b>				<b>S/. 4849.18</b>
<b>3. Sensores</b>	Sensores de humedad	2	UND	S/. 1,002.66	S/. 2,005.32
	Interruptor de nivel vibratorio	2	UND	S/. 3,480.79	S/. 6,961.58
	<b>SUB TOTAL 3</b>				<b>S/. 8,966.90</b>
<b>4 Instalación</b>	Cable eléctrico 14mm	2	ROLLO	S/. 149.00	S/. 298.00
	Tablero eléctrico	1	UND	S/. 149.00	S/. 149.00
	<b>SUB TOTAL 4</b>				<b>S/. 447.00</b>
<b>5. Mano de obra</b>	Instalación PLC	1	UND	S/. 2500.00	S/. 2500.00
	Peon	4	UND	S/.120.00	S/.480.00
	<b>SUB TOTAL 5</b>				<b>S/. 2980.00</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>S/. 23,617.27</b>
	<b>IMPREVISTOS ( 10 % del total)</b>				<b>S/.2,361.73</b>
	<b>TOTAL + IMPREVISTOS</b>				<b>S/. 25,979.00</b>

*Nota.* Los costos indicados consideran el impuesto general a las ventas y los gastos de transporte del punto de compra al destino Universidad Nacional de Jaén.

## IV. DISCUSIÓN

### **Objetivo 1: Determinar los parámetros de diseño del sistema automatizado**

El desarrollo de esta investigación, presenta resultados concordantes con los alcanzados por (García, 2019), quien propuso un sistema de riego automatizado para pastoreo en la Hacienda San Pablo del Cantón Guano. Se empleó la misma metodología para identificar los parámetros de diseño del sistema de riego automatizado, lo mismo que con (Lara, 2022), quien propuso un sistema de riego tecnificado para el cultivo de la palta, la salvedad que se empleó el sistema de goteo, y que en esta investigación corresponde a un sistema por aspersión.

### **Objetivo 2: Desarrollar la programación del PLC del sistema automatizado**

La programación del PLC propuesta en esta investigación es similar a lo desarrollado por (Lara, 2022) y (Medina, 2017), quienes propusieron el sistema de riesgo técnico automatizado el empleo de un controlador lógico programable a fin de controlar el tiempo de riego por bloques con el control de la apertura y cierre de válvulas de irrigación de las áreas verdes consideradas en este estudio. El parámetro clave es la humedad del terreno, el cual activará el arranque del sistema cuando el nivel de humedad sea menor al fijado, transportando el agua desde los tanques de almacenamiento hacia las áreas verdes objetivo de riego.

### **Objetivo 3: Simular el sistema de riego**

El desarrollo de la simulación de la propuesta responde a la necesidad de probar el sistema propuesto (Ventura y Lima, 2024), y realizar los ajustes correspondientes según los resultados obtenidos, para afinar los componentes del sistema de riesgo técnico automatizado, con los consecuentes cambios en el presupuesto. Para el desarrollo de este apartado se empleó software para observar el funcionamiento del sistema propuesto, cual sería su eventual comportamiento ante cambios en sus parámetros de diseño, y cuál es la tendencia del sistema con el propósito de ir mejorándolo en cada iteración.

### **Objetivo 4: Determinar los costos de inversión**

El desarrollo de los precios de inversión fueron con fines de brindar una aproximación de los costos en lo que incurriría la institución en el eventual caso se decida por la implementación de la propuesta. Asimismo, se acompañan de especificaciones técnicas y planos como elementos de la ingeniería de detalle requeridos para la ejecución del proyecto.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

1. La presente propuesta de un sistema de riego automatizado por microaspersión para las áreas verde de la Universidad de Jaén cumple con los requerimientos técnicos (parámetros de diseño) y operativos necesarios para su implementación, cubriendo las necesidades de áreas verdes en la Universidad Nacional de Jaén.
2. Se empleó un controlador lógico programable con varios softwares necesarios para asegurar el funcionamiento automatizado del sistema de riego por microaspersión, este sistema activa y desactiva electroválvulas, y transporta el agua desde los tanques de almacenamiento hasta las áreas verdes por irrigar en respuesta a la necesidad hídrica que demanden los sensores de humedad instalados en el césped del campus universitario, definiendo los parámetros programados para el riego automatizado.
3. En la simulación del sistema de riego se ajustaron los parámetros del funcionamiento del riego automatizado, hasta ajustar a las condiciones óptimas para el funcionamiento del sistema obteniendo así los parámetros programados para el riego automatizado, con una eficiencia de hasta el 80% en el recurso hídrico.
4. Para la implementación del diseño planteado, en el mercado local y nacional, se dispone de los equipos, herramientas, personal, instrumentos requeridos para la puesta en marcha, puesto que el costo de inversión se determinó a través de cotizaciones solicitadas a empresas locales, los costos unitarios incluyen los impuestos de ley, así como los costos de transportes como fletes, y hay disponibilidad de los materiales e insumos necesarios para su implementación en el campus universitario.

### **5.2. Recomendaciones**

1. Verificar el estado del subsistema eléctrico, a fin de solicitar la ampliación de la carga para la Universidad, en el eventual caso en que se requiera para el correcto funcionamiento del sistema propuesto.
2. Realizar mantenimientos preventivos y/o correctivos según correspondan de manera trimestral a fin de asegurar el correcto funcionamiento del sistema propuesto.
3. Desarrollar de estudios que complementen la propuesta con aspectos relevantes como el monitoreo en tiempo real de las necesidades hídricas en el sistema. Para determinar los beneficios del sistema propuesto, como la reducción de tiempo empleado para la

irrigación de las áreas verdes de la universidad, liberando al recurso humano para otras actividades relevantes.

4. Priorizar la ejecución de la presente investigación a fin de mantener los costos determinados, ya que están sujetos a variación por efectos de la inflación entre otros factores externos como la inestabilidad política en que vivimos.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro, D. (2019). Diseño e implementación de sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto GSM SMS y arduino para las áreas verdes y plantas ornamentales. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional ESPOCH.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13790>
- Antolinez, E. (2021). Sistema automatizado de riego por aspersion, con el fin de medir y controlar la humedad del suelo en un cultivo de hortalizas mediante el uso de una aplicación móvil apoyado en PSoC 5LP. [Tesis de pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio institucional Universidad de Pamplona.  
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5460>
- Aquae Fundación. (2021). Causas de la escasez de agua en el mundo. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/escasez-de-agua-en-el-mundo-naciones-unidas-advierte-que-la-demanda-crecera-hasta-un-30-por-ciento-en-2050/>
- Araque, A. (2022). Tipos de sistemas de riego: ventajas y desventajas de cada uno. Gestión Agroambiental. <https://gestionagroambiental.com/tipos-de-sistemas-de-riego-2/>
- Araujo, G. (2012). Importancia del agua para el buen funcionamiento de nuestro organismo [Folleto]. Editorial INSP.  
[https://www.insp.mx/images/stories/INSP/Docs/cts/210131\\_cts2.pdf](https://www.insp.mx/images/stories/INSP/Docs/cts/210131_cts2.pdf)
- Casma, J. (13 de mayo de 2015). América Latina: la región con más agua, la más castigada por la sed. El país.  
[https://elpais.com/internacional/2015/05/13/actualidad/1431542093\\_232345.html#?pr m=copy\\_link](https://elpais.com/internacional/2015/05/13/actualidad/1431542093_232345.html#?pr m=copy_link)
- Cortes, V. y Vargas, M. (2020). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante Iot en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio institucional RIUCaC.  
<https://hdl.handle.net/10983/25546>

- García, C. (2019). Estudio para la optimización del recurso hídrico con un sistema automatizado de riego en los pastos de la Hacienda San Pablo del Cantón Guano. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional ESPOCH. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13523>
- Guardado, A. (2022). Causas de la escasez de agua en el mundo. Lama. <https://www.lamastore.es/blog/escasez-de-agua-en-el-mundo/>
- Hernandez, A. (2019). Sistema de riego automatizado por microaspersión para el cultivo de cacao en el Municipio de Cabuyaro, Meta. [Trabajo de especialización, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional RIUD. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/16271>
- IESTA SAC. (s.f.). *Microaspersores*. <https://www.riego.pe/microaspersores/>
- Medina, L. (2017). Automatización del sistema de riego para áreas verdes en el proyecto condominio Alto Bujama utilizando el controlador de flujo Rain Bird ESP-LXD. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3227>
- Muñoz, L. (2016). Qué es el Riego por Microaspersión: Ventajas e inconvenientes. Agrohuerto. <https://www.agrohuerto.com/riego-por-microaspersion/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2014). La escasez de agua. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>
- Palella, S. y Martins, F. (2012). Metodología de la investigación cuantitativa [Archivo PDF] <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0095501/cap03.pdf>
- Perú presenta alto riesgo de vulnerabilidad debido a crisis global del agua. (20 de enero de 2023). El Peruano. <https://www.elperuano.pe/noticia/202657-peru-presenta-alto-riesgo-de-vulnerabilidad-debido-a-crisis-global-del-agua>
- Salazar, B. (17 de octubre de 2023). Dr. Francisco Arteaga: “La crisis del agua la estamos viviendo desde ahora”. Universidad de Piura. <https://www.udep.edu.pe/hoy/2023/10/dr-francisco-arteaga-la-crisis-del-agua-la-estamos-viviendo-desde-ahora/>

Sordo, D. (2023). ¿Cómo funciona el riego por microaspersión? Leroy Merlin. <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/consejos/como-funciona-el-riego-por-microaspersion.html>

Ventura, R. y Lima, F. (2024). Diseño de un sistema automatizado de riego por aspersión con generación fotovoltaica para optimizar el consumo del recurso hídrico en un terreno de cultivo de aguaymanto en el CPM de Mayobamba.

Welleinsten, A. y Makino, M. (13 de noviembre del 2022). La crisis climática en América Latina también entraña una crisis del agua. ¿Cómo avanzamos? Banco Mundial Blogs. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/la-crisis-climatica-en-america-latina-tambien-entra-una-crisis-del-agua-como>

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios, por guiar mis pasos, brindarme salud y permitirme dar este paso importante para cumplir mis metas.

A mi madre, que fue pilar fundamental en mi vida, con mucho amor y cariño.

A mis docentes que han estado a mi lado a lo largo del desarrollo de este trabajo.

**Anthony Brayan Mendoza Soto**

Dedico este trabajo a Dios por darme la sabiduría y a mi madre por darme la fuerza necesaria para culminar este trabajo.

A mis docentes y amigos por su apoyo, y sobre todo a nuestro asesor que sin su apoyo nada hubiera sido posible..

**Miguel Eduardo Pérez Guevara**

## **AGRADECIMIENTO**

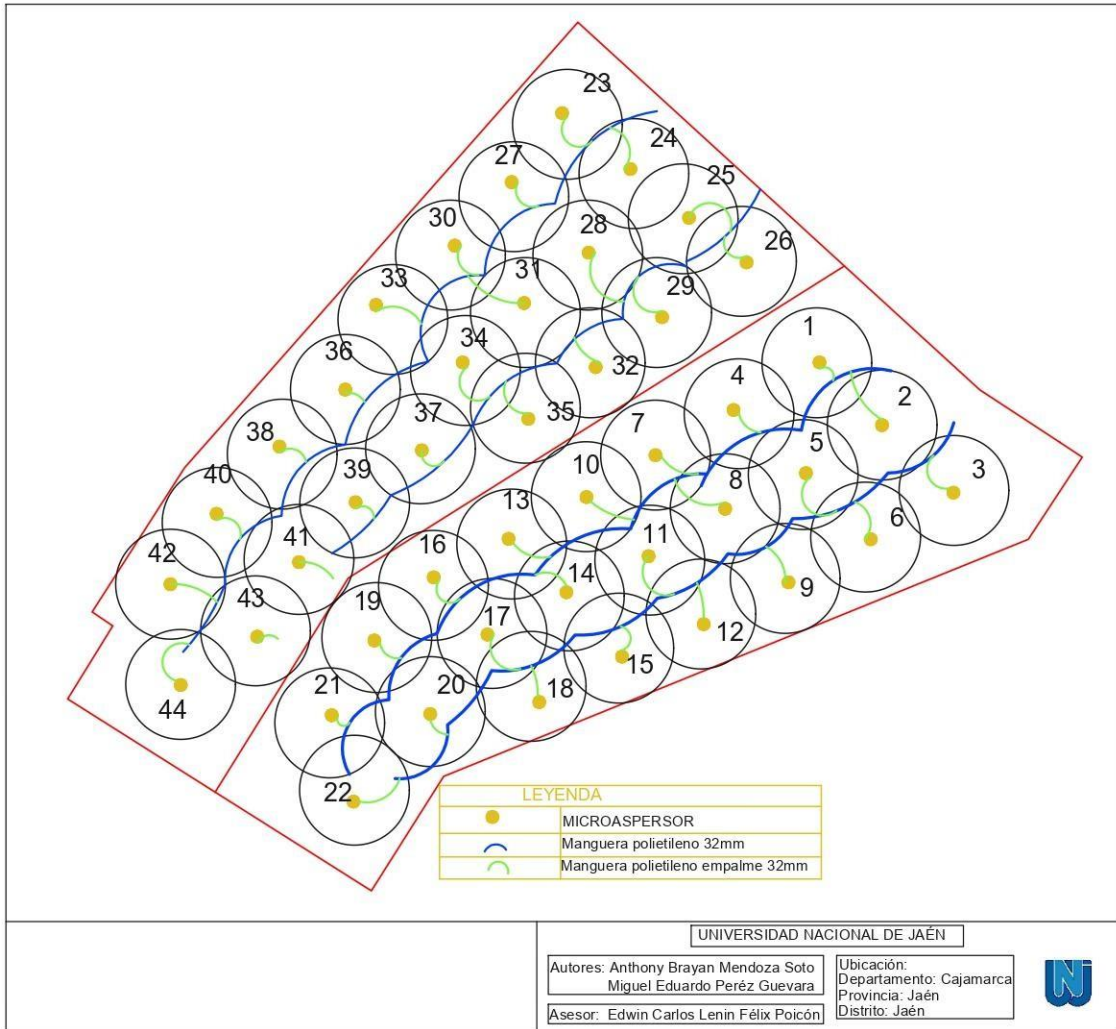
A la Universidad Nacional de Jaén y a su plana docente que nos han permitido ampliar nuestros conocimientos, reflejando en todo momento el compromiso de mejorar día a día para brindar una educación de calidad.

A Dios, y a quienes hicieron posible este sueño, que caminaron junto a nosotros en todo momento y siempre fueron el apoyo y fortaleza.

Nuestra gratitud y agradecimiento al catedrático Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicon que con su apoyo y enseñanza han hecho posible la culminación de este trabajo.

# ANEXOS

## Anexo 1. Plano del sistema de riego por microaspersión



## Anexo 2. Especificaciones técnicas de los componentes del sistema de riego automatizado propuesto

# SIEMENS

Data sheet

6ES7214-1BG40-0XB0



Figure similar

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, AC/DC/relay, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO relay 2 A; 2 AI 0-10 V DC, power supply: AC 85-264 V AC at 47-63 Hz, program/data memory 150 KB

General information	
Product type designation	CPU 1214C AC/DC/relay
Firmware version	V4.6
Engineering with	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programming package</li> </ul>
	STEP 7 V18 or higher
Supply voltage	
Rated value (AC)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>120 V AC</li> <li>230 V AC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yes</li> <li>Yes</li> </ul>
permissible range, lower limit (AC)	85 V
permissible range, upper limit (AC)	264 V
Line frequency	
<ul style="list-style-type: none"> <li>permissible range, lower limit</li> <li>permissible range, upper limit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>47 Hz</li> <li>63 Hz</li> </ul>
Input current	
Current consumption (rated value)	100 mA at 120 V AC; 50 mA at 240 V AC
Current consumption, max.	300 mA at 120 V AC; 150 mA at 240 V AC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V
Pt	0.8 A <sup>2</sup> ·s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V</li> </ul>	20.4 to 28.8V
Power loss	
Power loss, typ.	14 W
Memory	
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> </ul>	150 kbyte
Load memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated</li> <li>Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 Mbyte</li> <li>with SIMATIC memory card</li> </ul>
Backup	
<ul style="list-style-type: none"> <li>present</li> <li>maintenance-free</li> <li>without battery</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yes</li> <li>Yes</li> <li>Yes</li> </ul>
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction

6ES72141BG400XB0  
Page 1/6

9/28/2024

Subject to change without notice  
© Copyright Siemens