

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y**  
**ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO**  
**MEDIANTE TECNOLOGÍA ARDUINO PARA EL RIEGO**  
**DEL VIVERO DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE**  
**JAÉN – PERÚ**

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

**Autores:**

Bach. Yorvin Joel Ordoñez Huaman

Bach. Yoni Darlin Cieza Quispe

**Asesor:**

Mg. Mario Félix Olivera Aldana

**Línea de investigación:**

Automatización y control

**JAÉN – PERÚ, 2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO MEDIANTE TECNOLOGÍA A ARDUINO PARA EL RIEGO DEL VIVERO DE**

AUTOR

**Yorvin Joel Ordoñez Huamán Yoni Darlin Cieza Quispe**

RECUENTO DE PALABRAS

**16328 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**86416 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**86 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Feb 6, 2024 6:35 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Feb 6, 2024 6:37 PM GMT-5**

● **7% de similitud general**

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

- 7% 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. Christian Zayed Apaza Panca  
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

**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 23 de enero del año 2024, siendo las 16:30 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Mg. Frans Fuentes Maza .....  
Secretario : Mg. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado.....  
Vocal : Mg. José Andrés Fernández Mera.....  
para evaluar la Sustentación del Informe Final:

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

Titulado:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO MEDIANTE TECNOLOGÍA ARDUINO PARA EL RIEGO DEL VIVERO DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN – PERÚ.**

Presentado por estudiante/egresado o Bachiller, Ordoñez Huaman, Yorvin Joel/ Cieza Quispe Yoni Darlín, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

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

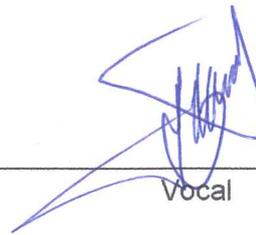
Con la siguiente mención:

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

Siendo las 17:46 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	1
ABSTRAC.....	2
I. INTRODUCCIÓN .....	3
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
2.1. Objeto de estudio .....	6
2.2. Ubicación geográfica .....	6
2.3. Métodos, técnicas y procedimientos utilizados.....	7
2.3.1. Métodos.....	7
2.3.2. Técnicas.....	8
2.3.3. Procedimiento.....	8
2.3.3.1. Diagnóstico de los equipos y sistema actual de riego del vivero de la municipalidad Provincial de Jaén. ....	9
2.4. Análisis de datos .....	11
III. RESULTADOS.....	12
3.1. Diagnóstico del vivero de la Municipalidad provincial de Jaén .....	12
3.1.1. Evaluación del sistema actual de riego.....	12
3.1.2. Evaluación de los equipos.....	12
3.1.3. Distribución de sectores.....	13
3.1.4. Red de Riego existente.....	15
3.1.5. Producción de plántones en el vivero .....	15
3.1.6. Ingresos por las ventas.....	16
3.1.7. Consumo anual de agua en el vivero.....	17
3.2. Desarrollo del diseño del sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino. ....	17
3.2.1. Determinación de la cantidad de emisores.....	17
3.2.2. Selección de materiales.....	24
3.2.3. Cálculo del volumen de agua utilizado en el sistema de riego automatizado.....	39
3.2.4. Diagrama de flujo de datos .....	40
3.2.5. Sistema de visualización.....	41
3.3. Elaboración del prototipo del sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino .....	46
3.3.1. Acondicionamiento de equipos.....	46

3.3.2. Exportación del programa.....	46
3.3.3. Cableado de los equipos.....	47
3.3.4. Instalación de nebulizadores.....	48
3.3.5. Instalación de bomba de agua.....	48
3.3.7. Puesta en funcionamiento .....	50
3.4. Realizar una evaluación económica empleando el VAN y el TIR .....	51
3.4.1. Inversión inicial de la propuesta.....	51
3.4.2. Ingresos del proyecto.....	52
3.4.3. Egresos del proyecto.....	53
3.4.4. Flujo de caja del proyecto.....	55
3.4.5. Cálculo del Valor Actual neto (VAN) .....	56
3.4.5. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	57
3.4.6. Relación Beneficio Costo .....	58
3.4.7. Amortización .....	58
IV. DISCUSIÓN .....	60
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
5.1. Conclusiones .....	61
5.2. Recomendaciones.....	62
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
DEDICATORIA .....	67
AGRADECIMIENTO .....	68
ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Toma de decisión según valor del VAN.....	10
Tabla 2. Criterios para la toma de decisión según valor del VAN.....	11
Tabla 3. Producción de plántones en el vivero año 2022.....	16
Tabla 4. Ventas anuales 2022 .....	16
Tabla 5. Consumo anual de agua (m <sup>3</sup> ).....	17
Tabla 6. Valores de salida analógica.....	26
Tabla 7. Características técnicas de los nebulizadores .....	30
Tabla 8. Propiedades del fluido.....	30
Tabla 9. Características de la tubería .....	31
Tabla 10. Características del nebulizador .....	31
Tabla 11. El valor de k.....	32
Tabla 12. Cálculo del caudal por áreas .....	35
Tabla 13. Cálculo de factor de salidas múltiples <b>F</b> .....	36
Tabla 14. Cálculos pérdida por fricción para una tubería simple <b>Hf</b> .....	36
Tabla 15. Cálculos de Pérdida por fricción para una tubería con salidas múltiples Hf .....	37
Tabla 16. Cálculo de pérdidas totales .....	37
Tabla 17. Cálculo del caudal mínimo utilizado en el sistema de riego automatizado .....	39
Tabla 18. Cálculo del caudal máximo utilizado en el sistema de riego automatizado .....	39
Tabla 19. Cálculo del volumen de agua.....	39
Tabla 20. Inversión inicial .....	51
Tabla 21. Consumo anual de agua (m <sup>3</sup> ) del sistema de riego por manguera.....	52
Tabla 22. Consumo anual de agua (m <sup>3</sup> ) del sistema de riego automatizado .....	53
Tabla 23. Costo de energía.....	53
Tabla 24. Costos de producción .....	54
Tabla 25. Flujo de caja del proyecto .....	55
Tabla 26. Cálculo del valor actual neto (VAN) .....	56
Tabla 27. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno .....	57
Tabla 28. Amortización de capital .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Ubicación del vivero de la municipalidad provincial de Jaén .....	6
Figura 02. Procedimiento realizado en la investigación.....	8
Figura 03. Plano de distribución de zonas de riego.....	14
Figura 04. Red de riego existente .....	15
Figura 05. Dimensiones del sector 1 y 2 del vivero .....	17
Figura 06. Diámetro del área del sector 1 y 2 .....	18
Figura 07. Dimensiones del sector 3 .....	19
Figura 08. Dimensiones del sector 4 .....	19
Figura 09. Dimensionamiento del sector 5.....	20
Figura 10. Dimensionamiento sector 6.....	21
Figura 11. Plano general 1 del diseño automatizado .....	22
Figura 12. Plano general 2 del diseño automatizado en el vivero .....	23
Figura 13. Dispositivo Placa Arduino .....	24
Figura 14. Dispositivo pantalla LCD .....	25
Figura 15. Dispositivo matricial.....	25
Figura 16. Sensor de humedad FC-28 .....	26
Figura 17. Sensor de luminosidad. ....	27
Figura 18. Dispositivo Relé.....	28
Figura 19. Válvula eléctrica .....	28
Figura 20. Nebulizador GREEN MIST .....	29
Figura 21. Altura geométrica de los nebulizadores .....	32
Figura 22. Bomba centrífuga.....	38
Figura 23. Diagrama de flujo de datos del sistema de control automatizado .....	40
Figura 24. Visualización de la Pantalla LCD.....	41
Figura 25. Conexión del teclado con el PIC .....	42
Figura 26. Conexión de los sensores de humedad .....	42
Figura 27. Sistema de redes para electroválvula.....	43
Figura 28. Conexión de sensor de intensidad Lumínica .....	43
Figura 29. Conexión del sistema de control.....	44
Figura 30. Diagrama PID del sistema .....	45
Figura 31. Acondicionamiento de equipos. ....	46

Figura 33. Cableado de los equipos .....	47
Figura 34. Instalación de nebulizadores.....	48
Figura 35. Instalación de bomba de agua.....	48
Figura 36. Instalación de la caja de paso. ....	49
Figura 37. Instalación de fuente de alimentación. ....	49
Figura 38. Instalación de sensores de humedad.....	50
Figura 39. Puesta en funcionamiento.....	50

## RESUMEN

La demanda de agua es un problema grave a nivel mundial donde el riego es el que mayor consumidor de agua y el menos eficiente y esto se evidencia en el vivero de la municipalidad provincial de Jaén. A partir de ello esta investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén. El tipo de investigación fue aplicada, enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Se realizó un diagnóstico del sistema de riego actual, se diseñó y calculó usando los programas software como (Autocad, Revit y Arduino) y los programas de office. Se obtuvo que el sistema de riego actual es deficiente con un consumo anual de 5,783 6148 m<sup>3</sup>, el sistema de control automatizado consume anual 1,560.6 m<sup>3</sup> de agua y está conformado por 1 placa Arduino mega2560, 1 pantalla LCD, 12 sensores de humedad, luminosidad, 6 electroválvulas, 7 relés, 434 aspersores GREEN MIST y 1 bomba de 3 hp, y como indicadores se obtuvo un VAN de 5, 976.95, TIR 23% y B/C de 1.24. Concluyendo que la simulación del diseño del sistema de control fue funcional para el riego eficiente y ahorro de consumo de agua.

Palabra clave: Automatización, diseño, sistema de riego Arduino, riego automatizado

## ABSTRAC

The demand for water is a serious problem worldwide where irrigation is the largest consumer of water and the least efficient and this is evident in the nursery of the provincial municipality of Jaén. From this, this research aimed to design an automated control system using Arduino technology for the irrigation of the nursery of the Provincial Municipality of Jaén. The type of research was applied, quantitative level and non-experimental design. A diagnosis of the current irrigation system was carried out, it was designed and calculated using software programs such as (Autocad, Revit and Arduino) and office programs. It was found that the current irrigation system is deficient with an annual consumption of 5,783 6148 m<sup>3</sup>, the automated control system consumes 1,560.6 m<sup>3</sup> annually and is made up of 1 Arduino mega2560 board, 1 LCD screen, sensors (humidity, luminosity), 6 solenoid valves , 7 relays, 434 GREEN MIST sprinklers and 1 3 hp pump, and as indicators an NPV of S/. 5, 976.95, IRR 23% and B/C of 1.24. Concluding that the simulation of the control system design was functional for efficient irrigation and saving water consumption.

Keyword: Automation, design, Arduino irrigation system, automated irrigation

## I.INTRODUCCIÓN

El desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua conduce a la crisis del agua que aumenta día a día (Shufian *et al.*, 2021) y es uno de los problemas más urgentes del mundo (Sun *et al.*, 2018). Además, se prevé que la demanda mundial de agua aumente un 55 % entre 2000 y 2050, de 3500 a 5425 km<sup>3</sup> (Sun *et al.*, 2018). Por lo que el sector agrícola es responsable de más del 70 % de las extracciones de agua para uso consuntivo (Grafton *et al.*, 2018).

En todo el mundo, el riego es uno de los principales consumidores de agua. Casi el 60 % de toda el agua del mundo, extraída de ríos, lagos, embalses y pozos, se utiliza para el riego (Nikolidakis *et al.*, 2015). Los que demandan mas agua son los cultivos, tales como el maíz, el trigo, la soja y otros productos alimeticios (Nikolidakis *et al.*, 2015). Donde el 40% del suministro total de alimentos del mundo es aporte de la producción de cultivos bajo riego (Parkash y Singh, 2020), dentro de ello el riego en vivero de especies forestales lo que ha aumentado a nivel mundial en los últimos años, debido al incremento de la población y al fenómeno de la globalización (Castro Garro, 2012).

A nivel nacional según Quispe (2018), la demanda consuntiva de agua es el 89% por el sector agrícola y con un 65% de ineficiencia en el uso del agua, siendo el riego el menos eficiente. Según el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico [Ceplan], (2023), Perú se encuentra en el puesto 66 del ranking de estrés hídrico de los estados miembros de las Naciones Unidas, en un rango de -40 % y -80 % de estrés hídrico, indicando como un país con mayor probabilidad de escasez de agua dulce para el 2040. Esto es debido a la deforestación indiscriminada y el manejo inadecuado de los árboles ocasionada por el crecimiento poblacional lo que ha surgido una alta demanda de especies forestales que son producidas en viveros (Arboccó, 2021).

Dentro de la cadena productiva de las plantaciones en viveros surgen deficiencias, siendo una de las causas principales debido a que se realiza un riego de manera artesanal e incontrolado, generando un exceso de humedad en épocas de invierno y un déficit en épocas de verano, ocasionado una producción de plantas de baja calidad, alto consumo de agua y mayor inversión en tiempo y dinero (Quispe, 2018). Eso es debido ya que en Perú existe una baja tasa de adopción de tecnología automatizada y las organizaciones públicas y privadas obstaculizan en diseñar e implementar políticas destinadas a mejorar la confiabilidad y la gestión del agua a través de automatización (Jordan y Speelman, 2020)

En el vivero de la municipalidad provincial de Jaén se utiliza un sistema de riego a través de mangueras, utilizando el recurso hídrico de manera inadecuada e incontrolada en cada riego diario; puesto que no hay un control de que cantidad de agua que requiere cada planta. Por ello, un uso ineficiente del agua es un gran problema que afecta la sostenibilidad del recurso hídrico de esta provincia.

Frente a la problemática mencionada y a la ineficiencia en viveros debido a un riego incontrolado nace el interés de desarrollar un sistema de control automatizado para riego lo cual se justifica de la siguiente manera:

En el aspecto ambiental a través de la aplicación exitosa de riego tecnificado en la producción de viveros genera beneficios tales como la reducción de la lixiviación de nutrientes (Davies *et al.*, 2016), reduce el consumo de agua de acuerdo con los perfiles del suelo (McCarthy *et al.*, 2023), mejora la eficiencia del riego con mayor productividad (Dey *et al.*, 2019), y beneficia a la producción agrícola (Haider *et al.*, 2021) por lo se ayuda a cuidar y reducir el desgaste de agua, ya que es un recurso vital para el ser humano.

En el aspecto económico este proyecto beneficia a disminuir los costos económicos por el consumo de agua, la reducción de personal de riego y por ende la reducción del costo de producción. Asimismo, a través del riego tecnificado genera menores pérdidas de plantaciones y por ende mayores son los ingresos económicos.

En el aspecto tecnológico a través del proyecto se conoce los beneficios de las tecnologías de sensores, redes y análisis de datos pueden ayudar a cumplir con esta tarea al recopilar, analizar e informar automáticamente datos en tiempo real para inferir las prácticas y comportamientos de los regantes, requisitos de agua de los cultivos, las aplicaciones y el uso del agua (Suat *et al.*, 2022). Los productos de hardware como, válvulas, sensores, aspersores, mejoran y proporcionan un riego remoto y automatizado programado para reducir el uso de agua y la mano de obra al tiempo que mejoran la calidad y calidad de los cultivos (Mahalakshmi *et al.*, 2018). Así como Simón (2018) indica que el sistema automatizado permite eliminar el control del riego manual y el sistema automatizado controla los parámetros como caudal, presión, humedad de suelo y nivel de agua en tiempo real, además reduce tiempo en la manipulación de los equipos de control, lo que mejora la eficiencia del sistema.

A continuación, se muestra algunas investigaciones que han diseñado sistemas de riego automatizados usando tecnología Arduino.

Guijarro *et al.*(2018) determinaron que el sistema de riego automatizado con Arduino el cual se controla a través de una aplicación móvil donde se procesan los datos captados por un set de sensores de humedad y temperatura donde el controlador Arduino procesa los datos notificando, sí las plantas requieren o no hidratarse, un mejor control en el riego, reduciendo el consumo de agua, minimizando el trabajo de las personas y mejorando la productividad en los cultivos. Así como también Cruz y Lamadrid (2018), diseñó una aplicación móvil de monitorización y control de un invernadero doméstico automatizado usando arduino”, lo cual se logró el manejo de los variables que intervienen en el cultivo como son la temperatura y la humedad, donde se alcanzó la optimización de recursos como el agua con una adecuada distribución del sistema de riego por goteo. Dominguez (2019) realizó una evaluación de eficiencia de sistema de riego. Obtuvo que mediante el riego tradicional se pierde agua por escorrentía empleando 11.36 lt/s en 3 horas de riego, con una eficiencia del 29%. Concluyendo que un sistema de riego tradicional no es eficiente. Asimismo Sandoval (2020), diseñó un sistema de riego para cultivo de arroz . Realizó un diagnóstico del sistema de riego, determinó los parámetros del sistema de control (potencia de la bomba, diámetro de tuberías, volumen de tanque , hardware ,etc.) y evaluó la factibilidad económica. Concluyó que el riego tecnificado disminuye el consumo de agua y mejora el manejo de las plantas, con un TIR del 22.3% y un B/C de 1.32 .

Rubio (2021) diseñó y desarrolló un sistema para medir la temperatura y humedad. Como elementos del prototipo usó un Arduino Mega 2560, sensor DHT22, LCD de 16x 2 con módulo L2C, Diodos led y teclado matricial 4x 4. Concluyendo que el prototipo funciona adecuadamente y satisfactoriamente y que la tecnología Arduino es muy favorable, está al alcance de todos de forma sencilla y económica para el desarrollo de muchos proyectos futuros. Bazan *et al.*(2022) desarrolló un prototipo automatizado para reducir el estrés hídrico, para ello usó una placa Arduino nano, sensor de temperatura DHT22, Sensor de Humedad FC, 28 y se realizó el monitoreo de los parámetros. Concluyendo que es un prototipo eficiente y óptimo para áreas agrícolas con deficiencia de agua. Finalmente, Hernandez (2022) desarrolló una red de sensores fiables y económicos para monitorear la temperatura y humedad del terreno, utilizó una placa Arduino uno, sensor de humedad FC-28, Sensor DS18820, entre otros. Concluyendo que usando arduino junto a la librería XBee permite adicionar diversas funciones, sensores, códigos y otros módulos para el control de variables.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo general diseñar un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén y como objetivos específicos realizar un diagnóstico del vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén, desarrollar el diseño del sistema de control automatizado, elaborar un prototipo del sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino y realizar la evaluación de factibilidad económica del proyecto.

## II.MATERIAL Y MÉTODOS

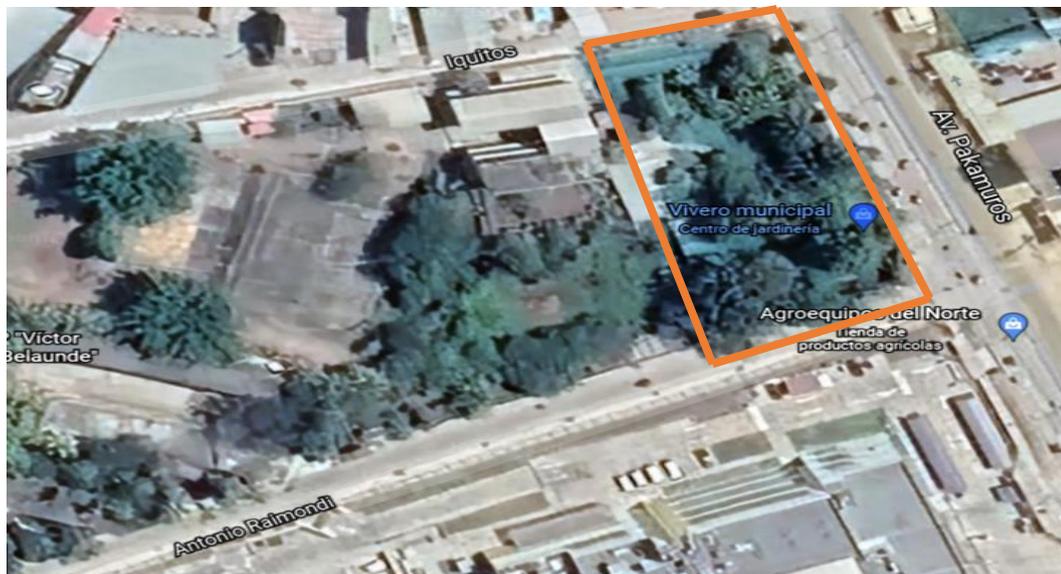
### 2.1. Objeto de estudio

Diseño de sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la Municipalidad de Provincial de Jaén -Perú

### 2.2. Ubicación geográfica

Esta investigación se desarrolló en el vivero de la municipalidad provincial de Jaén ubicado entre la calle Antonio Raimondi – la calle Iquitos y la avenida Pakamuros –Jaén - Cajamarca – Perú.

**Figura 01.** *Ubicación del vivero de la municipalidad provincial de Jaén*



## **2.3.Métodos, técnicas y procedimientos utilizados**

### **2.3.1. Métodos**

Los métodos utilizados fueron:

Inductivo: Según Arias (2020) este método parte de casos particulares y los utiliza como base para inferir conclusiones que sean aplicables a casos más generales además datos específicos sobre casos particulares relacionados con el área de cada zona de vivero, las características de emisores que se utilizaron como base para desarrollar el diseño eficiente del sistema de control automatizado.

Sintético: Según Arias (2020) este método implica el análisis y la síntesis de información y datos para la obtención de un resultado general. En la investigación se analizó a través de los cálculos matemáticos obtenidos, determinando la viabilidad económica del sistema de riego automatizado.

#### ***Tipo de investigación***

Esta investigación fue de tipo aplicada, ya que se ha enfocado en emplear conocimientos teóricos de control y automatización de procesos, con el objetivo de proponer una alternativa de solución a la problemática identificada con respecto al tipo de riego que se emplea en el vivero de la municipalidad (Bautista *et al.*, 2014).

#### ***Enfoque de la Investigación***

El enfoque de este proyecto fue cuantitativo debido a que se siguió una secuencia de procesos sobre la variable independiente con la finalidad de dar una respuesta a la hipótesis del proyecto. La investigación cuantitativa recolecta datos para probar hipótesis con medición numérica y análisis estadístico (Bautista *et al.*, 2014).

#### ***Diseño de la investigación***

La investigación fue no experimental ya que sólo se ha realizado el diseño, el cálculo de los parámetros y la programación usando programas, sin manipular ninguna de las variables. De acuerdo a Bautista *et al.*, (2014) a en este tipo de investigación no hay manipulación deliberada de variables sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.

### 2.3.2. Técnicas

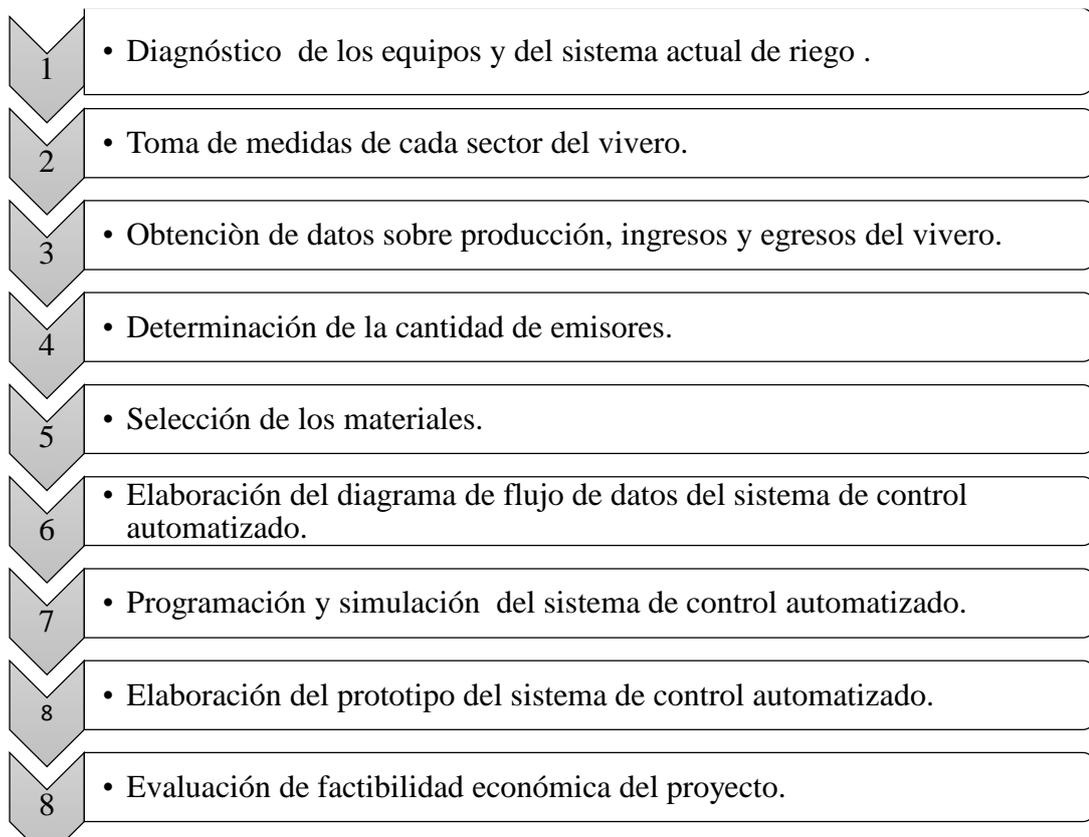
**a. Análisis de documentos:** Se desarrolló una amplia búsqueda de artículos publicados y sus referencias de bases de datos científicas seleccionadas como: Science Direct, Scielo y PubMed, así como libros y tesis de pregrado y postgrado que nos facilitaron información para realizar los cálculos para el diseño del sistema automatizado.

**b. Observación directa:** se visitó el lugar para recolectar datos que nos ayudaron a dimensionar el prototipo y determinar el sistema a usar.

**c. Entrevista:** Se realizó a los trabajadores y personas encargadas del vivero para obtener datos referenciados de cómo se estaba desarrollando las técnicas de riego hacia años atrás.

### 2.3.3. Procedimiento

**Figura 02.** *Procedimiento realizado en la investigación*



*Nota. En la figura se muestra el procedimiento que se llevó a cabo en la investigación.*

### **2.3.3.1. Diagnóstico de los equipos y sistema actual de riego del vivero de la municipalidad Provincial de Jaén.**

Mediante el diagnóstico situacional obtenido del vivero de la municipalidad provincial de Jaén, se logró definir el estado del sistema actual de riego. Las técnicas que se utilizaron fueron:

- Observación: Con la autorización del administrador del vivero de la municipalidad provincial de Jaén, se permitió realizar el estudio de campo, en la cual se obtuvo las medidas de cada sector del vivero y se verificó el estado actual de los equipos y del sistema de riego.
- Entrevista: Se realizó a los trabajadores y al administrador, se obtuvo datos tales como el horario y tiempo de riego.

Además, el administrador del vivero nos proporcionó una base de datos sobre las variedades y cantidad de plántones que se producen, así como el total de ventas, los egresos en el 2022 y el consumo de agua del vivero en los últimos tres años.

### **2.3.3.2. Diseño del sistema de control automatizado.**

Para el desarrollo del diseño del sistema de control automatizado se inició determinándose la cantidad de emisores por cada zona de riego, luego seleccionamos los materiales y se calculó el volumen de agua consumido al implementar un sistema de control automatizado, además se elaboró el diagrama de flujo de datos y un sistema de visualización usando el software Arduino.

### **2.3.3.3. Elaboración del prototipo del sistema de control automatizado.**

La elaboración del prototipo del sistema de control se realizó en la zona de estudio con equipos de prueba. Se implementó una cama del sector 5 usando 1 bomba, 1 electroválvula, 1 sensor de humedad, 1 sensor de luminosidad, 20 metros de manguera de polietileno de 3/4 pul y 32 nebulizadores.

#### 2.3.3.4. Evaluación de la factibilidad económica.

– **Valor Actual Neto (VAN)**

Se refiere a los valores de los ingresos y egresos anuales, desde el año cero, donde se inicia el proyecto (Jiménez *et al.*, 2007). Se determinó usando la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{FNE_1}{(1+t)^i}$$

Dónde:

$I_0$ : Inversión inicial

$FNE_1$ : Flujos de efectivo por periodo

$T$ : Tasa de descuento

**Tabla 1.** Toma de decisión según valor del VAN.

VAN	Decisión
Mayor a “0”	Aceptar el proyecto
Menor a “0”	Rechazar el proyecto
Igual a “0”	Criterio del analista

*Nota.* Adaptado de criterios de decisión a aplicar de Jiménez *et al.* (2007).

– **Taza Interna de Retorno (TIR)**

Se refiere a la tasa que descuenta los flujos asociados tanto positivos como negativos hasta un valor exactamente de cero. Se determina con la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum_{n=1}^n \left( \frac{Rn}{(1 + TIR)^n} \right)$$

Donde:

$Rn$  = Flujo de efectivo anual

$TIR$  = tasa interna de rendimiento

$n$  = número de periodos

Se necesitan criterios para determinar si el valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR) es aprovechable, considerando  $K$  como el rendimiento mínimo requerido para cubrir los costos financieros de todas las fuentes de financiamiento, sin importar su origen (Jiménez *et al.*, 2007).

**Tabla 2.** *Criterios para la toma de decisión según valor del VAN*

<b>Valor del TIR</b>	<b>Resultado VAN</b>	<b>Decisión</b>
Mayor a K	Mayor a 0	Aceptar el proyecto
Menor a K	Menor a 0	Rechazar el proyecto
Igual a K	Igual a 0	Rechazar el proyecto

*Nota.* Adaptado de criterios de toma de decisión TIR de Jiménez *et al.* (2007)

## **2.4. Análisis de datos**

### **– Microsoft Excel 2016**

Este programa permitió realizar los cálculos matemáticos de todo el desarrollo del proyecto.

### **– Microsoft Word 2016**

Es un software que permitió la elaboración del informe en su totalidad sobre el diseño de control automatizado mediante tecnología Arduino.

### **– Software Autodesk AutoCAD**

En este programa se desarrolló el plano general del vivero y el de distribución de áreas

### **– Software Autodesk Revit**

Este software se utilizó para realizar el diseño de la red de tuberías.

### **– Software Arduino**

Mediante este software se realizó la programación del prototipo del sistema de control

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Diagnóstico del vivero de la Municipalidad provincial de Jaén**

##### **3.1.1. Evaluación del sistema actual de riego**

A través de la evaluación in situ mediante la observación y evaluación de expedientes que se realizó al vivero se detectó ciertas deficiencias tales como:

Hace años atrás en el vivero se implementó un sistema de riego por micro aspersión, se instaló con tuberías de PVC y conectado a la red de agua “EPS Marañón”, controlado por una sola llave de control, en la cual este sistema de riego paso a ser obsoleto por la falta de presión del agua y no tener un estudio previo a la implementación.

Por lo que el sistema de riego que se desarrolla actualmente en su totalidad es riego por manguera. Este se realiza todos los días 2 horas diarias. Cabe indicar que esto puede variar por el clima, en caso de días lluviosos ya no se realiza el riego.

##### **3.1.2. Evaluación de los equipos**

- El vivero cuenta los siguientes equipos
- Mangueras. - Cuenta con muchas mangueras en mal estado, algunas que están fuera de servicio y otras que tuvieron que ser remendadas con cámara de neumáticos para su utilización.
- Tubería de PVC. -actualmente solo algunas tuberías se encuentran en funcionamiento, el resto son tuberías deterioradas y se encuentran fuera de servicio.
- Bomba centrífuga de ¼ hp. - este equipo se encuentra fuera de servicio y deteriorada por el óxido y el tiempo que no ha estado funcionando.
- Aspersores. - Estos accesorios se encuentran fuera de servicio y en mal estado ya que dejaron de funcionar hace mucho tiempo.

### **3.1.3. Distribución de sectores**

El vivero está distribuido en seis sectores:

- Sector 1: Sus dimensiones son 21 metros de largo y 2.5 metros de ancho. Cuenta con dos camas de 1 metro de ancho y 0.5 metros de espacio entre ambas.
- Sector 2: Sus dimensiones son 21 metros de largo y 2.5 metros de ancho. Cuenta con dos camas de 1 metro de ancho y 0.5 metros de espacio entre ambas.
- Sector 3: Sus dimensiones son 15 metros de largo y 8.5 metros de ancho, conformado por seis camas de 1 metro de ancho y 16 metros de largo con una separación 0.5 metros entre camas.
- Sector 4: Cuenta con una superficie de 9 metros de largo por 4 metros de ancho, conformado por tres camas de 1 metro de ancho y 9 metros de largo, con una distancia de 0.5 metros entre cada cama.
- Sector 5: Sus dimensiones son 17 metros de largo por 7 metros de ancho, conformado por cinco camas de 1 metro de ancho y 17 metros de largo, separadas 0.5 m entre sí.
- Sector 6: Sus dimensiones son 2.5 metros de ancho y 18 metros de largo, tiene 2 camas de 1 metros de ancho y 18 metros de largo con una separación de 0.5 metros entre si.

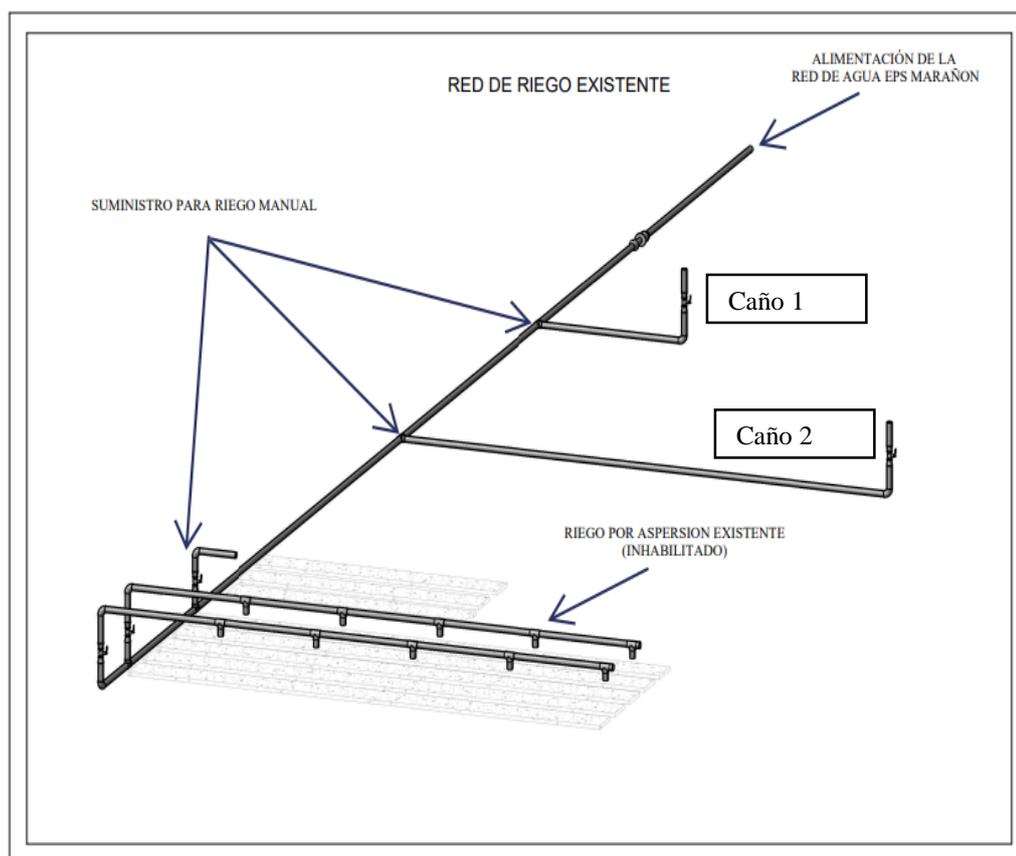
**Figura 03.** *Plano de distribución de zonas de riego*

|

### 3.1.4. Red de Riego existente

La red de riego cuenta con cinco ramificaciones, en la cual en cada una de ellas está instalado un caño de agua, a éstos es conectado una manguera de  $\frac{3}{4}$ . Este sistema no se realiza un mantenimiento, ya que presenta fugas ocasionando una alta pérdida de agua.

**Figura 04.** Red de riego existente



*Nota.* En la figura se muestra el sistema de riego que existe en el vivero de la municipalidad provincial de Jaén.

### 3.1.5. Producción de plántones en el vivero

El vivero municipal es administrado por la municipalidad provincial de Jaén, se encuentra ubicado frente a la avenida Pakamuros entre las calles Iquitos y Antonio Raimondi. Comprende 6 zonas tipo invernadero donde se cultivan principalmente plántones forestales y ornamentales.

La cantidad de especies forestales y ornamentales que se producen anual son de 35 000 a 50 000 plántones aproximadamente tal como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Producción de plántones en el vivero año 2022

<b>Plantaciones</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Palmera Wayana	400	4800
Caoba	300	3600
Cedro	500	6000
Cicardas	400	4800
Geranio	500	6000
Limoncillo	300	3600
Eucalipto	300	3600
Varejon	300	3600
Broton	300	3600
Capirona	500	6000
Otras especies	135	1620
<b>Total</b>	<b>3 903.00</b>	<b>47 220</b>

*Nota.* En la tabla 3 se muestra la producción mensual equivalente a 3 900 plántones y anual de 47 220 plántones. Fuente: Municipalidad Provincial de Jaén (2022)

### 3.1.6. Ingresos por las ventas

**Tabla 4.** Ventas anuales 2022

<b>Plantaciones</b>	<b>Mensual (und)</b>	<b>Anual (und)</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
Palmera Wayana	400	4800	2.00	9,600.00
Caoba	300	3600	3.00	7,200.00
Cedro	500	6000	3.00	12,000.00
Cicardas	400	4800	2.00	9,600.00
Geranio	500	6000	3.00	12,000.00
Limoncillo	300	3600	1.00	7,200.00
Eucalipto	300	3600	1.00	7,200.00
Varejon	300	3600	1.00	7,200.00
Broton	300	3600	2.00	7,200.00
Capirona	500	6000	3.00	12,000.00
Otras especies	135	16200	2.00	2,400.00
<b>Total</b>	<b>3 903</b>	<b>47 220</b>		<b>94,440.00</b>

*Nota.* En la tabla se muestra que en el año 2022 se obtuvo 94,440 nuevos soles en ventas de plantaciones. Datos tomados del informe de producción de vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén (2022).

### 3.1.7. Consumo anual de agua en el vivero

En la tabla 5 se muestra el consumo anual de los últimos tres años según la información se obtuvo del estado de cuenta del vivero municipal (anexo 10).

**Tabla 5.** Consumo anual de agua ( $m^3$ )

Año	2020	2021	2022
consumo de agua ( $m^3$ )	1360	2670	1743
Costo del agua por $m^3$ (S/.)	2.1578	2.1578	2.1578
Costo por cargo fijo (S/.)	1.8574	1.8574	1.8574
<b>Costo total de agua (S/.)</b>	<b>2,956.8968</b>	<b>5,783.6148</b>	<b>3,783.3342</b>

*Nota.* Datos tomados del estado de cuenta del vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén (2022).

## 3.2. Desarrollo del diseño del sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino.

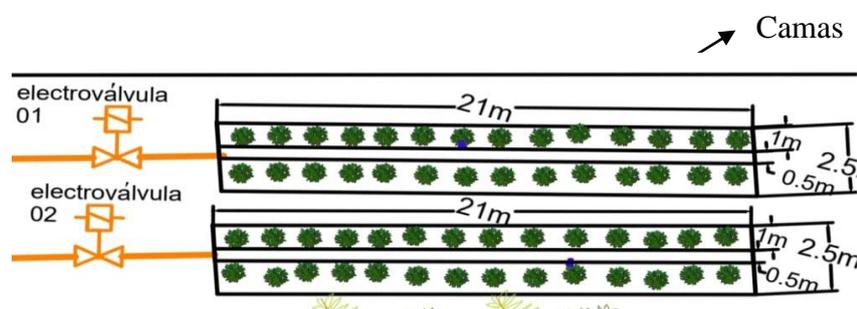
### 3.2.1. Determinación de la cantidad de emisores

Se determinó la cantidad de aspersores por cada sector del vivero según sus respectivas dimensiones de cada área.

#### 3.2.1.1. Cantidad de aspersores en el sector 1 y 2

- Se inicia obteniendo las dimensiones del área de cada sector para lo cual las áreas del sector 1 y 2 tienen medidas idénticas: 21 metros de largo y 2.5 metros de ancho. Cabe indicar que cada sector cuenta con dos camas de 1 metro de ancho y 0.5 metros de espacio entre camas, así como se muestra en la figura 05.

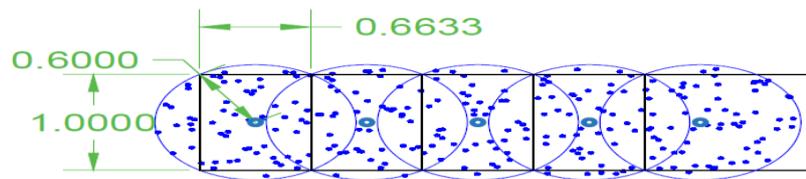
**Figura 05.** Dimensiones del sector 1 y 2 del vivero



*Nota.* La figura 05 muestra las dimensiones y el número de camas que lo conforman a los sectores 1 y 2 del vivero.

- Luego se encontró el diámetro del área de ambos sectores para lo cual se consideró un diámetro máximo de riego de 1.20 m según las especificaciones técnicas del aspersor (ver tabla 7) obteniéndose 0.6633 metros para garantizar que el ancho de cada cama de cultivo (1 metro) sea cubierto adecuadamente y esto se muestra en la figura 06

**Figura 06.** Diámetro del área del sector 1 y 2



*Nota.* En la figura 06 se muestra el cálculo del diámetro del área.

- Al final se encontró el total de aspersores en el sector 1 y 2 con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{d}{d_o}$$

*N:* Número de aspersores

*d:* Largo de la cama (m)

*d<sub>o</sub>*=distancia óptima de cada aspersor (m)

$$N = \frac{21 \text{ m}}{0.6633 \text{ m}}$$

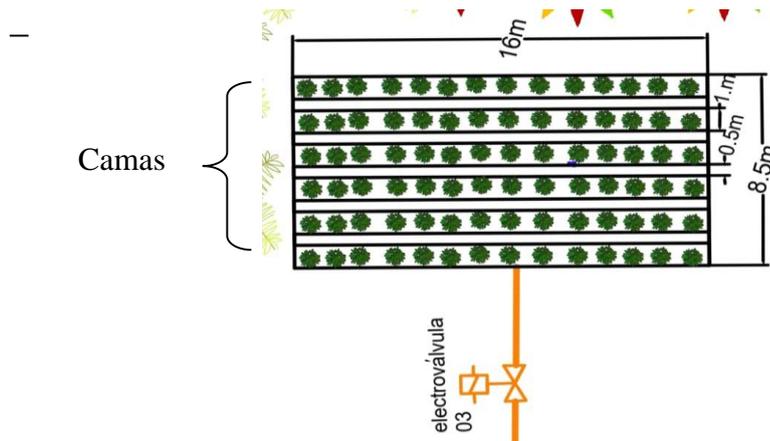
$$N = 31.65 \approx 32 \text{ emisores}$$

- ❖ Por lo tanto, conociendo que cada sector cuenta con 2 camas por lo que se instalaran en total 64 aspersores para ambos sectores.

### 3.2.1.2. Cantidad de aspersores en el sector 3.

- El sector 3 mide 16 metros de largo por 8.5 metros de ancho, está conformado por seis camas de 1 metro de ancho y 16 metros de largo con una separación 0.5 metros entre camas.

**Figura 07. Dimensiones del sector 3**



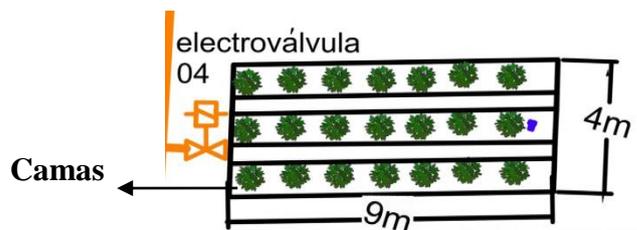
*Nota.* En la figura 07 se muestra las medidas y el número de camas que lo conforman al sector 4 del vivero

- Para encontrar el total de aspersores se realizó el mismo procedimiento anterior. Para ello se dividió la distancia total del largo de cada cama (16 metros) entre la distancia óptima de instalación de cada aspersor ( $(16 / 0.6633) = 24.12$ ).
- ❖ Por lo tanto, se obtuvo un total de 24 aspersores por cada cama y sabiendo que el sector 3 cuenta con seis camas por lo que se instalarán 144 aspersores.

### 3.2.1.3. Cantidad de aspersores en el sector 4.

El sector 4 cuenta con una superficie de 9 metros de largo por 4 metros de ancho, conformado por tres camas de 1 metro de ancho y 9 metros de largo, con una distancia de 0.5 metros entre cada cama, tal como se muestra en la figura 08.

**Figura 08. Dimensiones del sector 4**



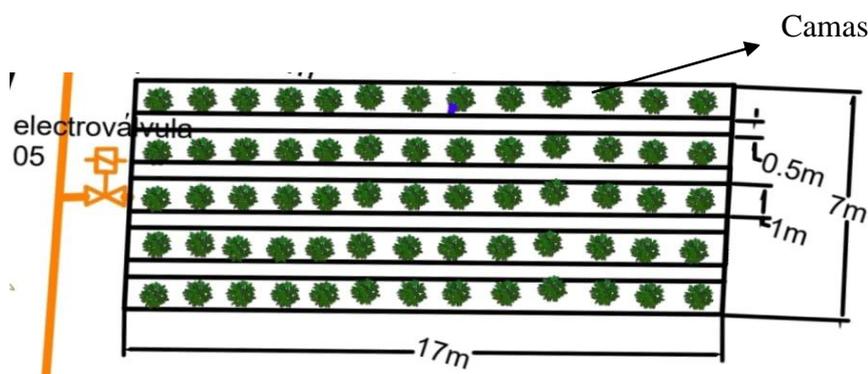
*Nota.* En la figura 08 se muestra las medidas y el número de camas que lo conforman al sector 5 del vivero.

- Para determinar el número de aspersores se dividió la distancia total del largo de cada cama (9 metros) entre la distancia óptima de instalación de cada aspersor ( $(9 / 0.6633) = 13.56$ ).
- Por lo se obtuvo un total de 14 aspersores por cada cama y se sabe que el sector 4 cuenta con 3 camas por lo que se instalarán 42 aspersores.

#### 3.2.1.4. Cantidad de aspersores en el sector 5.

El sector 5 cuenta con una dimensión de 17 metros de largo por 7 metros de ancho. Cuenta con cinco camas de 1 metro de ancho y 17 metros de largo, separadas entre sí por un espacio de 0.5 metros.

**Figura 09.** Dimensionamiento del sector 5.



*Nota.* En la figura 09 se muestra las medidas del sector 5 del vivero y el número de camas que lo conforman.

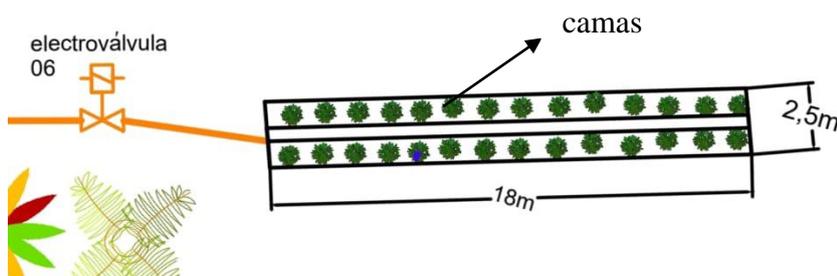
Para determinar la cantidad de aspersores se obtuvo dividiendo distancia total del largo de cada cama (17 metros) entre la distancia óptima de instalación de cada aspersor ( $(17 / 0.6633) = 25.62$ ).

- ❖ Se obtuvo como 26 aspersores por cada cama, esto significa que en el sector 5, que cuenta con 5 camas se instalará 130 aspersores.

### 3.2.1.5. Cantidad de aspersores en el sector 6

El sector 6 tiene 2.5 metros de ancho y 18 metros de largo, tiene 2 camas de 1 metros de ancho y 18 metros de largo con una separación de 0.5 metros entre ellas.

**Figura 10.** Dimensionamiento sector 6



*Nota.* En la figura 10 se muestra las medidas del sector 6 en el vivero y el número de cámaras que lo conforman.

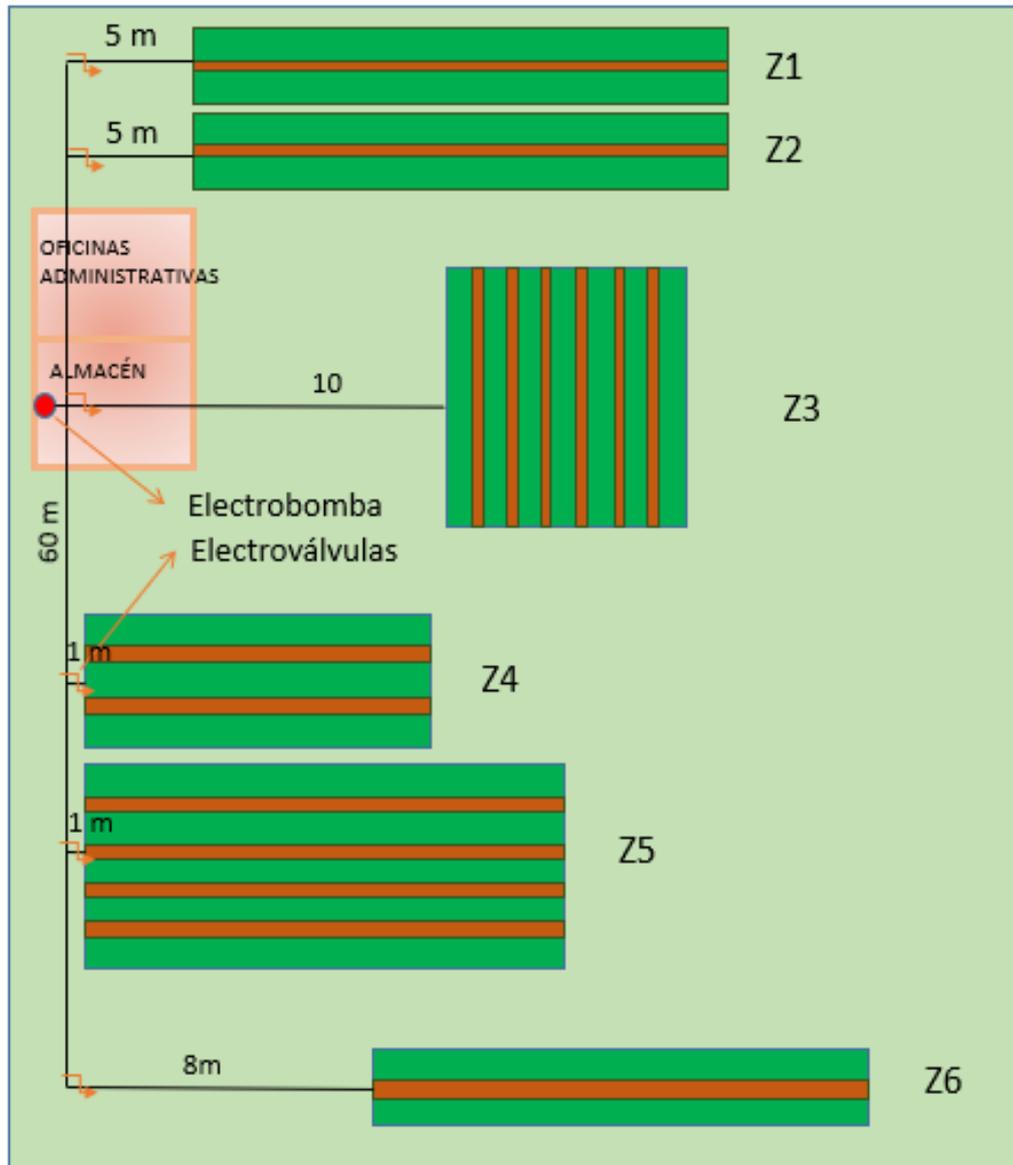
Lo cual se calculó tomando la distancia total del largo de cada cama (18 metros) entre la distancia óptima de instalación de cada aspersor ( $(18 / 0.6633) = 27.13$ ), obteniendo como resultado 27 aspersores por cada cama, esto significa que en el sector 6, que cuenta con 2 camas, instalaremos 54 aspersores

El total de aspersores en nuestro proyecto será de 434 unidades.

**Figura 11.** *Plano general 1 del diseño automatizado*

*Nota:*

**Figura 12.** Plano general 2 del diseño automatizado en el vivero



*Nota.* En la figura 12 se muestra las distancias de la distribución de sectores para el sistema de control automatizado.

### 3.2.2. Selección de materiales

#### 3.2.2.1. Placa Arduino.

Para satisfacer las necesidades del proyecto, se utilizarán dos entradas digitales para conectar un display que proporcionará una fácil visualización de los datos. Se emplearán ocho entradas digitales para conectar un teclado 4x4 que nos permitirá introducir y seleccionar valores dentro del sistema. También se utilizarán siete salidas digitales para controlar los relés que conectan la bomba de agua y las electroválvulas. Además, se utilizarán seis entradas analógicas para los sensores de humedad y para conectar el sensor de intensidad luminosa.

Teniendo en cuenta las entradas y salidas requeridas para el funcionamiento del sistema, se requerirá una placa Arduino Mega ATmega2560 (8-bit) que Arduino Mega ATmega2560 (8-bit) La placa Arduino Mega permite conectar los componentes necesarios para la operación del sistema de riego automatizado, proporcionando las conexiones y capacidades necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto.

**Figura 13.** *Dispositivo Placa Arduino*



*Nota.* La figura muestra una placa arduino mega 2560  
Fuente:Arduino (2022)

#### 3.2.2.2. Display.

Para la visualización de datos en el proyecto se consideró un display de 16 caracteres y 2 líneas. Este módulo LCD utiliza una interfaz I2C que le permite la visualización de datos a través de solo dos cables conectados entre los terminales “SDA” Y “SCL” a los pines de comunicación “SDA” Y “SCL” de Arduino mega.

**Figura 14.** *Dispositivo pantalla LCD*



Fuente: Naylamp Mechatronics SAC ( 2021).

### 3.2.2.3. Teclado

Se usará un teclado matricial 4 x 4. Está compuesto por una matriz de pulsadores dispuestos en filas (L1, L2, L3, L4) y columnas (C1, C2, C3, C4). Las 16 teclas necesitan sólo 8 pines digitales para su conexión.

**Figura 15.** *Dispositivo matricial*



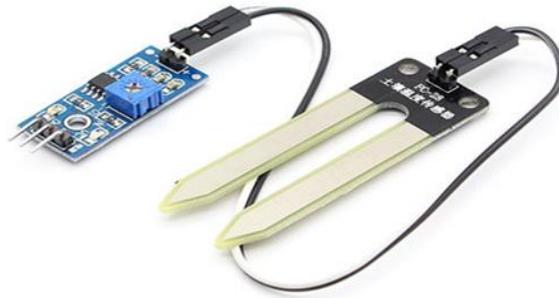
Fuente: Naylamp Mechatronics SAC ( 2021).

### 3.2.2.4.Sensor de Humedad.

Dentro de este rango de sensores de humedad tenemos una amplia variedad de higrómetros en el mercado, aunque la estructura básica de todos los sensores es la misma, dos electrodos separados cierta distancia que mediante pulsos eléctricos miden la continuidad del suelo.

Para el proyecto utilizaremos un higrómetro de suelo FC -28. Es un sensor sencillo que mide la humedad del suelo, este sensor a diferencia de otros lleva la placa de circuitos integrados separada de sus 2 electrodos lo que nos permite proteger la placa de la humedad y garantiza una mejor durabilidad.

**Figura 16.** Sensor de humedad FC-28



Fuente: Naylamps Mechatronics (2021)

– **Valores de la salida analógica del sensor de humedad**

Con la salida analógica se tendrá 1024 niveles diferentes, según el valor de humedad que indique el sensor, siendo un valor más bajo más húmedo y un valor más alto menos húmedo y siempre dominará el sensor con resistencia más alta, es decir, el que mide menos humedad, de tal manera que siempre se dará preferencia a la zona que más requiere de riego.

**Tabla 6.** Valores de salida analógica

Nivel inmersión sensor 1 (%)	Nivel inmersión sensor 2 (%)	Valor en la placa
0	0	1022-1023
5	5	550-560
5	100	530
50	50	330-340
50	100	320
100	100	280-290

*Nota.* Datos tomados de la investigación hecha por Damingo Diaz (2018).

**3.2.2.5. Sensor de Luminosidad**

El sensor de luminosidad es un dispositivo que se utiliza para detectar la cantidad de luz ambiental. Puede ser utilizado en una variedad de aplicaciones, como el control de iluminación, la automatización del hogar y la medición de la exposición a la luz solar. En particular, el uso del sensor de luminosidad en conjunto con un sistema de apertura y cierre, nos permite adaptar el comportamiento del sistema de riego en función de si está soleado, sombrío o de noche.

Para construir un sensor de luminosidad, se utilizará un fotodiodo, dispositivo que es sensible a la luz. El fotodiodo se conecta en serie con una resistencia, y los extremos se alimentan con una fuente de alimentación de +5v. El puerto analógico se conecta entre la resistencia y el fotodiodo. Esta configuración nos permite medir la cantidad de luz ambiental.

**Figura 17.** *Sensor de luminosidad.*



Fuente: Naylamps Mechatronics (2021)

#### – **Valores de la salida analógica del sensor de luz**

La salida analógica del sensor de luz tiene un rango de valores de 0 a 1024. El valor 0 representa la exposición máxima a la luz y el valor 1024 representa la oscuridad absoluta.

Sin embargo, en la práctica, el rango de valores reales dependerá de las condiciones de iluminación. Por ejemplo, cuando exponemos el sensor a la luz solar, obtenemos valores entre 12 y 13, mientras que en un cuarto bien iluminado los valores están entre 100 y 130. En días nublados, los valores fluctúan entre 300 y 350, en noches estrelladas los valores están entre 600 y en noche bien oscura los valores están por los 800. Esto indica que los valores obtenidos en la práctica serán menores a los valores teóricos de 0 y 1024 (Damingo, 2018).

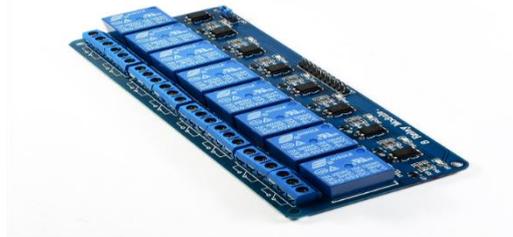
#### **3.2.2.6. Relé**

En el proyecto se necesita controlar la activación de la bomba de agua y las 6 electroválvulas encargadas del riego de cada sector del vivero.

El sistema de activación de Arduino nos brinda una capacidad de activación de 5v, lo que nos imposibilita conectar directo a nuestro sistema la bomba y las electroválvulas que trabajan a una tensión y corriente más alta, es por ello que los relés nos brindan la posibilidad de controlar un sistema con otro.

En el proyecto se usará 7 relés para controlar nuestras salidas. Actualmente existen en el mercado módulos de 1, 2, 4, 6, 8 y 16 relés. por lo que el módulo de 8 será el más adecuado para el proyecto. Se utilizará un relé con 5V.

**Figura 18.** *Dispositivo Relé*



Fuente: naylamp mechatronics (2019)

### **3.2.2.7. Válvula eléctrica.**

Se utilizará una válvula solenoide 1/2" 12V DC. Esta va a permitir controlar el flujo de agua en la tubería. (Naylamp Mechatronics, 2019)

**Figura 19.** *Válvula eléctrica*



Fuente: Naylamp Mechatronics (2019)

### **3.2.2.8. Emisores**

En este proyecto acerca de un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la municipalidad provincial de Jaén, la selección adecuada de los emisores es fundamental para garantizar el éxito en el crecimiento de los plantones. Por ello, es necesario elegir aspersores con un flujo uniforme que permitan una distribución equilibrada del agua a todas las plantas. De esta forma, se logrará un crecimiento óptimo de las plantas, sin que existan zonas más secas o húmedas que puedan afectar su desarrollo.

Además, el riego en forma de fina neblina también es esencial para prevenir daños a los plantones en germinación y evitar la compactación del suelo, lo que podría

retrasar el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, es fundamental elegir aspersores que brinden una nebulización uniforme, para que todas las plantas reciban la cantidad adecuada de agua.

En resumen, la selección de los aspersores para el proyecto de riego tecnificado se basó en criterios de uniformidad de flujo y nebulización, para garantizar el crecimiento óptimo de nuestros plantones. De acuerdo a esto parámetros nos dirigimos la página de la empresa Naan DanJain, que ofrece una variedad de modelos, de los cuales el más propicio para este proyecto es el micro aspersor GREEN MIST que se detalla a continuación.

**Figura 20.** *Nebulizador GREEN MIST*



Fuente: NaanDanJain (2019)

#### Especificaciones principales

- Alta uniformidad de cobertura
- El tamaño de gotitas es óptimo para la dispersar de la neblina fina.
- Ausencia de goteo durante está en uso.
- Distribución uniforme
- Elemento antidrenante (LPD) para un óptimo funcionamiento en pulsos
- Precio económico.

**Tabla 7. Características técnicas de los nebulizadores**

Presión(bar)	2	2.5	3	3.5
Caudal (l/h)	30	34	37	40
Requisitos de filtrado:	120 mesh (130 micrones)			
Diámetro de humedecimiento:	1.20 m			

*Nota. La tabla muestra las características técnicas de los nebulizadores GREEN MIST. Datos tomados de NaanDanJain (2019)*

### 3.2.2.9. Bomba hidráulica.

Para encontrar la potencia de la bomba se tuvo en cuenta los nebulizadores y la pérdida de carga en red de tuberías.

#### – Sistema de riego por nebulización

Se establecieron condiciones de trabajo específicas para el diseño del sistema de riego. Estas condiciones incluyen parámetros y requisitos específicos que deben cumplirse para garantizar el correcto funcionamiento del sistema

**Tabla 8. Propiedades del fluido**

Fluido	Agua
Temperatura	20°C
Peso específico	9810 N/m <sup>3</sup>
Densidad	1000 kg/m <sup>3</sup>
Gravedad	9.81 m/s
Viscosidad cinemática	$1.02 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

*Fuente: Aquino y Ruiz (2012)*

#### – Cálculo para las líneas laterales de riego

Para el cálculo de las líneas laterales se consideraron los siguientes parámetros:

**Tabla 9.** Características de la tubería

Material	Polietileno
Cedula	CD - 35
Diámetro nominal ( $D_n$ )	¾ pul
Espesor ( $t_l$ )	2mm
Diámetro interno ( $D_i$ )	19mm
Área interna ( $A_i$ )	$2.8353 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Rugosidad ( $\epsilon$ )	1

*Nota:* Datos tomados del informe técnico de Aquino y Ruiz (2012)

**Tabla 10.** Características del nebulizador

Marca	Green mist		
Presión máxima	3.5 bar o 350000 Pa		
Presión mínima	2.0 bar o 200000 Pa		
Caudal máximo	40 l/h	0.01l/s	$1.111 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
Caudal mínimo	30 l/h	0.0083L/S	$8.333 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

*Nota.* Datos tomados de la página *NaanDanJain* ( 2019)

Calculando la altura máxima ( $h_{e,max}$ ), que se genera para producir la presión máxima que necesita para que el nebulizador turbulento pueda trabajar, tomando la presión máxima de trabajo del aspensor  $P_{e,max}$  ; utilizando la siguiente expresión.

$$h_{max} = \frac{P_{e,max}}{\gamma} = \frac{350000 \text{ pa}}{9810 \text{ N/m}^3} = 35.6778 \text{ m}$$

La altura geométrica de aspiración se considerará nula, ya que la bomba y el tanque donde se almacenará el agua se encuentran al mismo nivel.

La altura de impulsión de la bomba será de 3 metros hasta donde luego se distribuirá la red al mismo nivel para cada área correspondiente

$$h_i = 3$$

$$h_a = 0$$

**Figura 21.** *Altura geométrica de los nebulizadores*



*Nota.* En la figura 21 muestra la altura geométrica, siendo 3 metros entre cada nebulizador.

– **Pérdidas de carga por fricción**

Para calcular las pérdidas de carga por fricción Se usará la ecuación de Hazen-Williams

$$hf = K * \frac{Q^m}{D^n} * L \dots EC. 1$$

$hf$  = pérdidas de carga por fricción

$K$  = coeficiente de fricción

$Q$  = caudal que circula por la tubería del inicio hasta el final del tramo

$D$  = diámetro de la tubería

$m$  y  $n$  = exponentes del caudal y diámetro de la tubería

$L$  = longitud de la tubería

**Tabla 11.** *El valor de k*

Fórmula	K	m	n
Darcy - Weisbach	$0.0826 * f_{DW}$	2	5
Hazen - Williams	$10.648 \left( \frac{1}{C_{HW}} \right)^{1.852}$	1.852	4.871
Manning	$10.3 * n^2$	2	16/3
Scobey	$0.004098 * K_s$	1.9	4.9

Fuente: Aquino y Ruiz (2012)

### – Pérdidas de carga por fricción en tubería con salidas múltiples

La pérdida de presión causada por la fricción en una tubería con múltiples salidas es menor en comparación con una tubería simple que tenga la misma longitud y diámetro interno, y que transporte un caudal constante a lo largo de toda su longitud. Esto se debe a que el caudal disminuye gradualmente a medida que avanza a lo largo de la tubería.

$$hf = K * \frac{Q^m}{D^n} * L \dots \dots EC.1$$

Para usar la ecuación mencionada anteriormente (1) para estimar la pérdida de presión por fricción en una tubería con múltiples salidas ( $h_{fs}$ ), es necesario comenzar desde la última salida a lo largo de la línea y trabajar en dirección inversa hacia el punto de inicio (Salida N). Se calcula la pérdida de presión por fricción entre cada salida ( $h_{fi}$ ), y al final se suman todas las pérdidas de presión de cada segmento, como se muestra en la ecuación (2).

$$h_{fs} = \sum_{i=1}^N h_{fi} \dots \dots EC.2$$

Para hallar la pérdida de carga por fricción de principio a fin en una tubería con múltiples salidas (TSM), sin tener en cuenta la distribución de la presión intermedia, existe una simplificación en el cálculo. Existe un procedimiento que conduce a una fórmula generalizada para corregir las pérdidas de carga por fricción, utilizando lo que se conoce como el Factor de Salidas Múltiples (F), según lo descrito por El valor de este factor depende del exponente al que se eleve el caudal (m) o la velocidad (V) utilizada para estimar la pérdida de carga (por ejemplo, para el método de Darcy-Weisbach se utiliza un exponente de 2) y del número de salidas (N) (Jimenez Serch, 2021).

$$F_1 = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt[m]{m+1}}{6N^2} \dots \dots EC.3$$

En muchos sistemas de riego, es común que exista una distancia constante entre las salidas consecutivas a lo largo de la tubería. Sin embargo, en diversas

situaciones, la distancia desde el inicio de la tubería hasta la primera salida ( $S_0$ ) no siempre es igual al espaciamiento entre las salidas consecutivas.

En respuesta a esta situación, se han desarrollado diversas expresiones que abordan este inconveniente de la ecuación 3. Por ejemplo, cuando la distancia de la primera salida es igual a la mitad ( $S_0 = S/2$ ) del espaciamiento entre los demás emisores, el Factor de Salidas Múltiples (F), tal como se describe en la ecuación 4.

$$F_2 = \frac{2N}{2N - 1} \left[ \frac{1}{m + 1} + \frac{\sqrt{m + 1}}{6N^2} \right] \dots \dots EC. 4$$

En casos en los que el espacio entre el inicio de la tubería y la primera salida tiene cualquier distancia, es posible utilizar la expresión (6). Esta expresión se basa en la ecuación 3.

$$F_3 = \frac{NF_1 + r_s - 1}{N - r_s - 1} \dots \dots EC. 5$$

En consecuencia, es posible calcular la pérdida de carga por fricción en estas tuberías mediante el cálculo de la pérdida de carga en una tubería simple o ciega ( $h_f$ ) con el mismo diámetro, longitud y flujo de entrada. La pérdida de carga se multiplica únicamente por un factor (F), como se indica en la ecuación a continuación (Jimenez Serch, 2021).

$$Hf_s = h_f * F \dots \dots EC. 6$$

Para calcular el factor F de salidas múltiples usaremos la ecuación número 3, tomando en cuenta que la distancia desde la tubería a la primera salida del micro aspersor va a ser igual a la distancia entre aspersores.

Factor de salidas múltiples para la cama 1 del sector 1

$$F_1 = \frac{1}{1.852 + 1} + \frac{1}{2 * 32} + \frac{\sqrt[3]{1.852 + 1}}{6 * 32^2}$$

$$F_1 = 0.366531m$$

Teniendo en cuenta que el sector 1 y 2 son iguales por tener las mismas medidas el factor de salidas múltiples será el mismo.

Ahora que tenemos el factor de salidas múltiples, procederemos a calcular las pérdidas por fricción para una tubería simple con la ecuación número 1, tomando el valor de  $c_{HW} = 140$ , para tuberías de PVC.

$$hf = K * \frac{Q^m}{D^n} * L$$

$$hf = 10.648 \left( \frac{1}{c_{HW}} \right)^{1.852} * \frac{Q^m}{D^n} * L$$

$$hf = 10.648 \left( \frac{1}{140} \right)^{1.852} * \frac{0.00035556^{1.852}}{0.019^{4.871}} * 21$$

$$hf = 2.351963568m$$

La pérdida por fricción para una tubería con salidas múltiples sería.

$$Hf_s = h_f * F_1$$

$$Hf_s = 2.351963568 * 0.366531$$

$$Hf_s = 0.862067567m$$

Dado que tenemos 6 áreas y cada área cuenta con múltiples ramales desarrollamos las ecuaciones en Excel para facilitar los cálculos.

Para ello primero se calculó el caudal por cada zona de riego, tal como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12.** Cálculo del caudal por áreas

Áreas	Nº de camas	Nº de aspersores por cama	Caudal máx. al inicio de cada cama l/h	Caudal máx. al inicio de cada cama m³/s	Longitud de la línea por cada cama (m)
Sector 1	2	32	1280	$3,556 \times 10^{-4}$	21
Sector 2	2	32	1280	$3,556 \times 10^{-4}$	21
Sector 3	6	24	960	$2.66 \times 10^{-4}$	16
Sector 4	3	14	520	$1.44 \times 10^{-4}$	9
Sector 5	5	26	1040	$2.88 \times 10^{-4}$	17
Sector 6	2	27	1080	$3 \times 10^{-4}$	18

*Nota.* En la tabla 12 se muestra los resultados del caudal por cada zona de riego.

Luego se determinó el factor de salidas múltiples para cada sector usando la ecuación 3 y los resultados se muestran en la tabla 13.

**Tabla 13.** *Cálculo de factor de salidas múltiples  $F$*

<b>Sector</b>	<b><math>F</math></b>
Sector 1	0.366531004
Sector 2	0.366531004
Sector 3	0.371953123
Sector 4	0.387781465
Sector 5	0.370278273
Sector 6	0.369535751

*Nota.* En la tabla 13 se muestra el factor de salidas múltiples por cada sector del vivero..

Para hallar las pérdidas por fricción para una tubería simple se utilizó la ecuación 1, tal como se muestra en la tabla 14.

**Tabla 14.** *Cálculos pérdida por fricción para una tubería simple  $H_f$*

<b>Sector</b>	<b><math>H_f</math></b>
Sector 1	2.351963568
Sector 2	2.351963568
Sector 3	1.046720919
Sector 4	0.18895569
Sector 5	1.288468896
Sector 6	1.288468896

*Nota.* En la tabla 14 se muestra los resultados de pérdida de fricción con salida simple por cada sector de riego.

Asimismo, tomando en cuenta la Ecuación 6 se encontró la pérdida por fricción para una tubería con salidas múltiples  $H_f$ .

**Tabla 15.** Cálculos de Pérdida por fricción para una tubería con salidas múltiples  $H_f$

<b>Sector</b>	<b><math>H_f</math></b>
Sector 1	0.862067567
Sector 2	0.862067567
Sector 3	0.389331115
Sector 4	0.073273514
Sector 5	0.477092037
Sector 6	0.476135321

*Nota.* En la tabla 15 se muestra los resultados de las pérdidas de fricción con salidas múltiples en cada sector del vivero

Para obtener el subtotal de las pérdidas en un sector se multiplicó las pérdidas  $H_f$  por el número de camas que se encuentran regando en cada sector, obteniendo así un total de pérdidas en todo nuestro sistema.

**Tabla 16.** Cálculo de pérdidas totales

<b>Área</b>		<b>Pérdidas <math>H_f</math>(m)</b>	<b>Subtotal de pérdidas(m)</b>
<b>Líneas secundarias</b>	<b>Nº de camas</b>		
Sector 1	2	0.862067567	1.724135134
Sector 2	2	0.862067567	1.724135134
Sector 3	6	0.389331115	2.335986688
Sector 4	3	0.073273514	0.219820543
Sector 5	5	0.477092037	2.385460186
Sector 6	2	0.476135321	0.952270642
<b>Total</b>			<b>9.341808327</b>

*Nota.* En la tabla 16 se muestra el cálculo de las pérdidas totales en cada sector de riego.

Para hallar la altura manométrica total se calculó con la sumatoria de la altura de aspiración, más la altura de elevación, más las perdidas por accesorios.

$$H_m = H_s + H_i + H_p$$

$H_s$  = altura geométrica de aspiración

$H_i$  = altura de elevación o impulsión

$H_p$  = pérdidas de carga

$H_p$  = pérdidas de carga por fricción  $H_f$  + altura máxima ( $h_{e,max}$ ) del nebulizador

$$H_m = 0 + 3 + 35.6778 + 9.341808327$$

$$H_m = 48.019m$$

Finalmente se calculó la potencia de la bomba

$$P_m = \frac{Q \left(\frac{L}{S}\right) \times H_m(m)}{75 \times \eta_b \times \eta_m}$$

$P_m$  = potencia del motor

$Q$  = caudal

$H_m$  = altura manométrica

$\eta_b$  = eficiencia de la bomba

$\eta_m$  = eficiencia del motor

$$P_m = \frac{3.6167 \left(\frac{L}{S}\right) \times 48.019(m)}{75 \times 0.8 \times 0.9}$$

$$P_m = 3.216116 cv$$

$$P_m = 3HP$$

Por lo tanto, para nuestro proyecto usaremos una bomba de 3Hp-2.2Kw con 220 V con un caudal de 3.61 l/s, estos parámetros se cumplirán siempre y cuando todo el sistema de riego sea activado y cada uno de los aspersores este operativo.

**Figura 22.** Bomba centrífuga



Fuente: Berklin (2023)

### 3.2.3. Cálculo del volumen de agua utilizado en el sistema de riego automatizado.

Para hallar el volumen de agua se tuvo que calcular el caudal mínimo y máximo en el sistema de riego automatizado, tal como se muestra en la tabla 17 y 18.

**Tabla 17.** *Cálculo del caudal mínimo utilizado en el sistema de riego automatizado*

Total de aspersores	Caudal mínimo (l/h)	caudal en m <sup>3</sup> /h	Caudal total (m <sup>3</sup> /h)	Caudal total (m <sup>3</sup> /min)
434	30	0.03	13.02	0.217

*Nota.* Los resultados en la tabla 17 nos muestra el caudal mínimo que usa el sistema automatizado equivalente a 0.217 m<sup>3</sup>/min

**Tabla 18.** *Cálculo del caudal máximo utilizado en el sistema de riego automatizado*

Total de aspersores	Caudal (l/h)	caudal en m <sup>3</sup> /h	Caudal total (m <sup>3</sup> /h)	Caudal total (m <sup>3</sup> /min)
434	40	0.04	17.36	0.289

*Nota.* Los resultados en la tabla 18 nos muestra el caudal máximo que usa el sistema automatizado equivalente a 0.289 m<sup>3</sup>/min

Luego de haber obtenido el caudal, se tomó el caudal máximo (tabla 18) para calcular el volumen de agua requerido siendo igual a 1 560.6 m<sup>3</sup> anuales, tal como se muestra en la tabla 19.

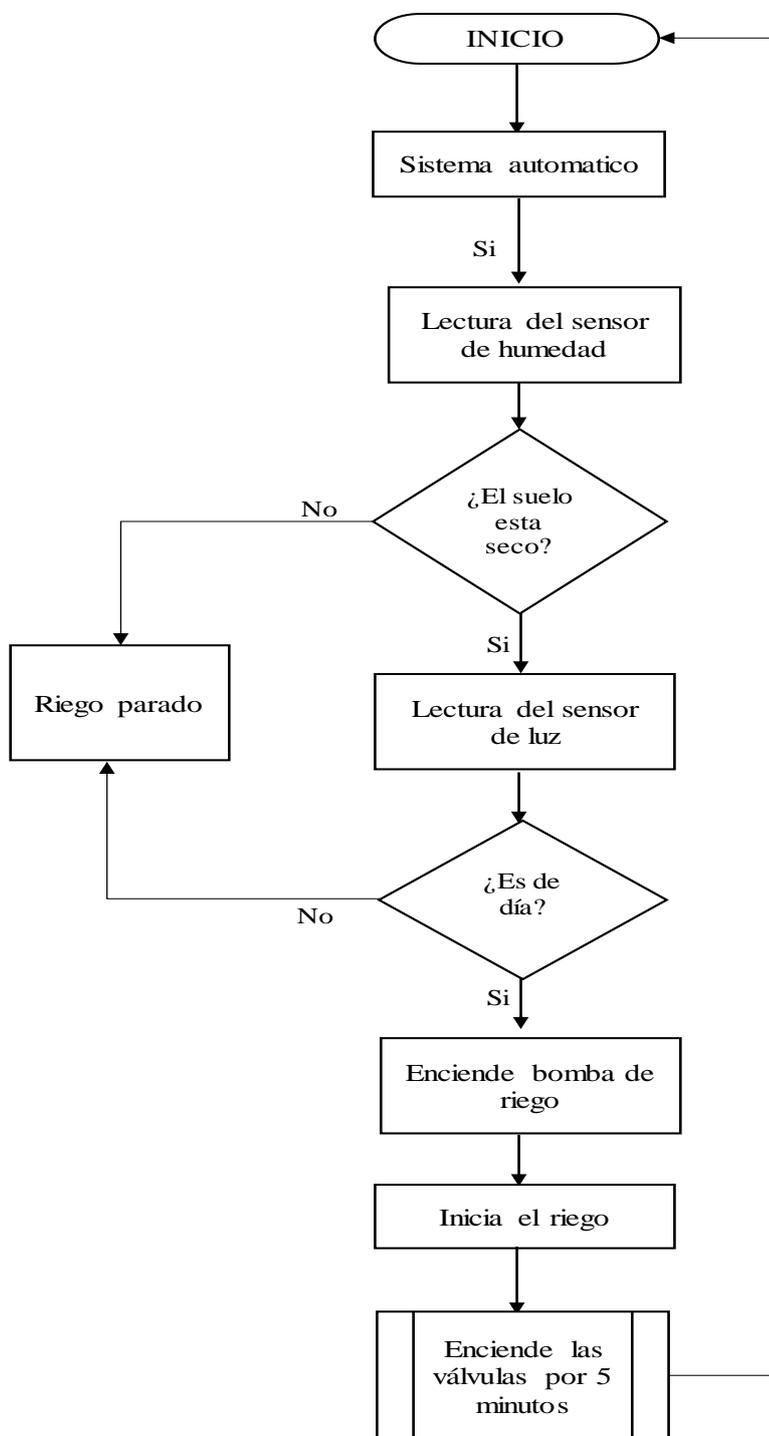
**Tabla 19.** *Cálculo del volumen de agua*

Total, de aspersores	Caudal (m <sup>3</sup> /min)	Veces diarias	Tiempo (min)	Volumen diario (m <sup>3</sup> )	Volumen mensual (m <sup>3</sup> )	Volumen anual (m <sup>3</sup> )
434	0.289	3	5	4.335	130.05	1560.6

*Nota.* En la tabla 19 se muestra el resultado del cálculo del volumen de agua siendo igual a 1560.6 m<sup>3</sup> cada año que se consume.

### 3.2.4. Diagrama de flujo de datos

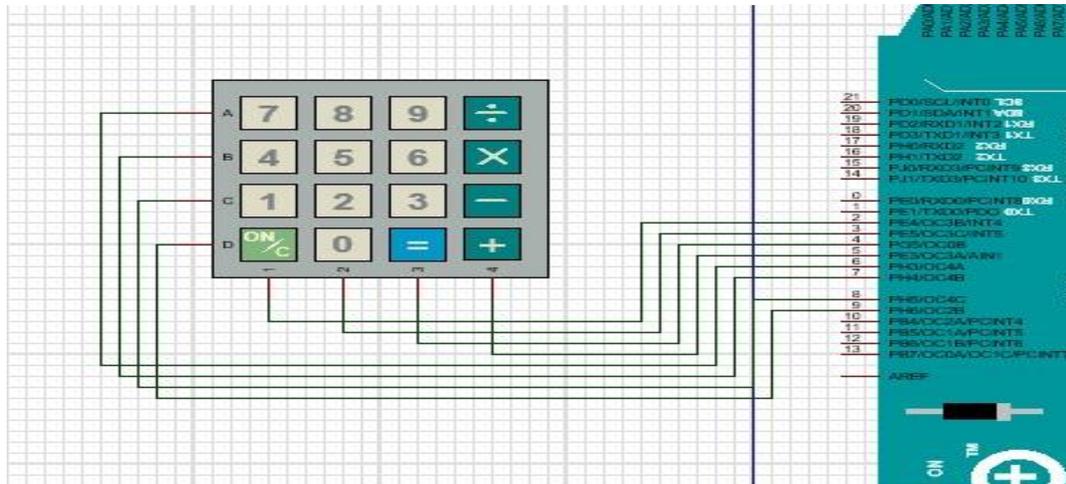
Figura 23. Diagrama de flujo de datos del sistema de control automatizado



Nota. En la figura se muestra el diagrama de flujo de datos del sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino.



**Figura 25.** Conexión del teclado con el PIC

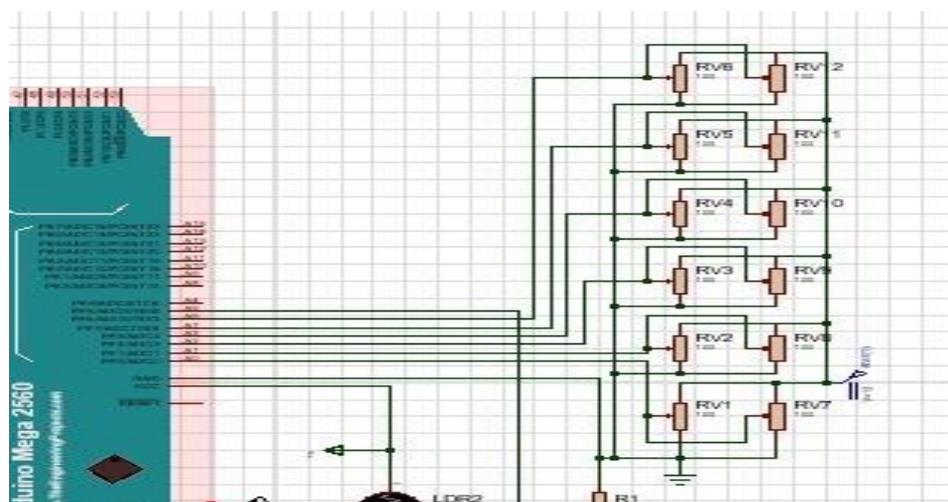


*Nota.* En la figura se muestra la visualización del teclado matricial 4x 4 conectado con el PIC.

### – Sensores de humedad

En la figura 26 muestra la conexión de sensores de humedad a la placa Arduino. Son entradas analógicas que corresponde a los pines A0, A1, A2, A4 y A5. Se instalará 12 sensores FC -28 en toda en área del vivero con el objetivo que se pueda determinar la humedad que presenta cada área.

**Figura 26.** Conexión de los sensores de humedad

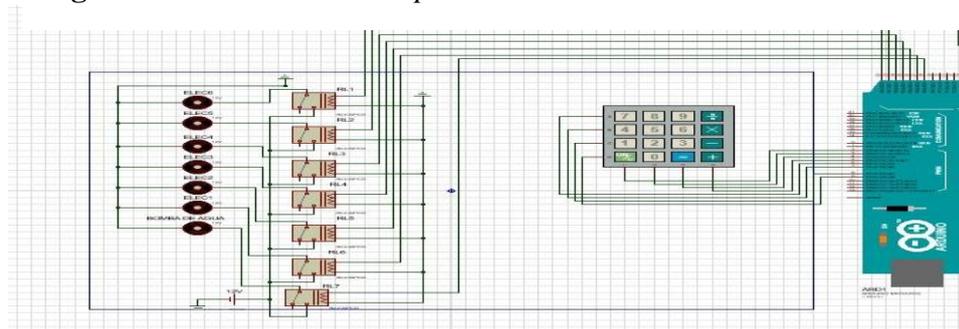


*Nota:* En la figura se muestra la conexión de los sensores de humedad conectados con el PIC.

### – Sistema de redes de electroválvulas

En la figura 27 muestra el sistema de conexión de electroválvulas a la placa Arduino que forman parte de las salidas digitales correspondiente a los pines 32 al 39. De acuerdo al número de áreas que cuenta el vivero de la municipalidad de Jaén son seis las electroválvulas que se van a usar, las cuales permitirá controlar de manera aislada cada área de riego; así por ejemplo si el área uno requiere activar el riego y las demás áreas no lo requieren, el sistema activara el riego, pero solo para dicha área.

**Figura 27.** Sistema de redes para electroválvula

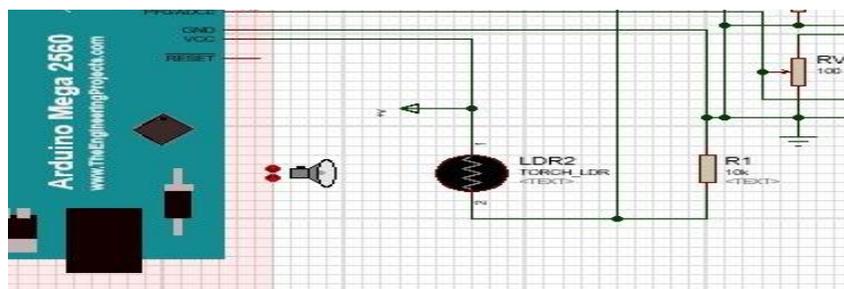


*Nota.* En la figura se muestra la conexión de las electroválvulas con el PIC.

### – Sensor de intensidad Lumínica

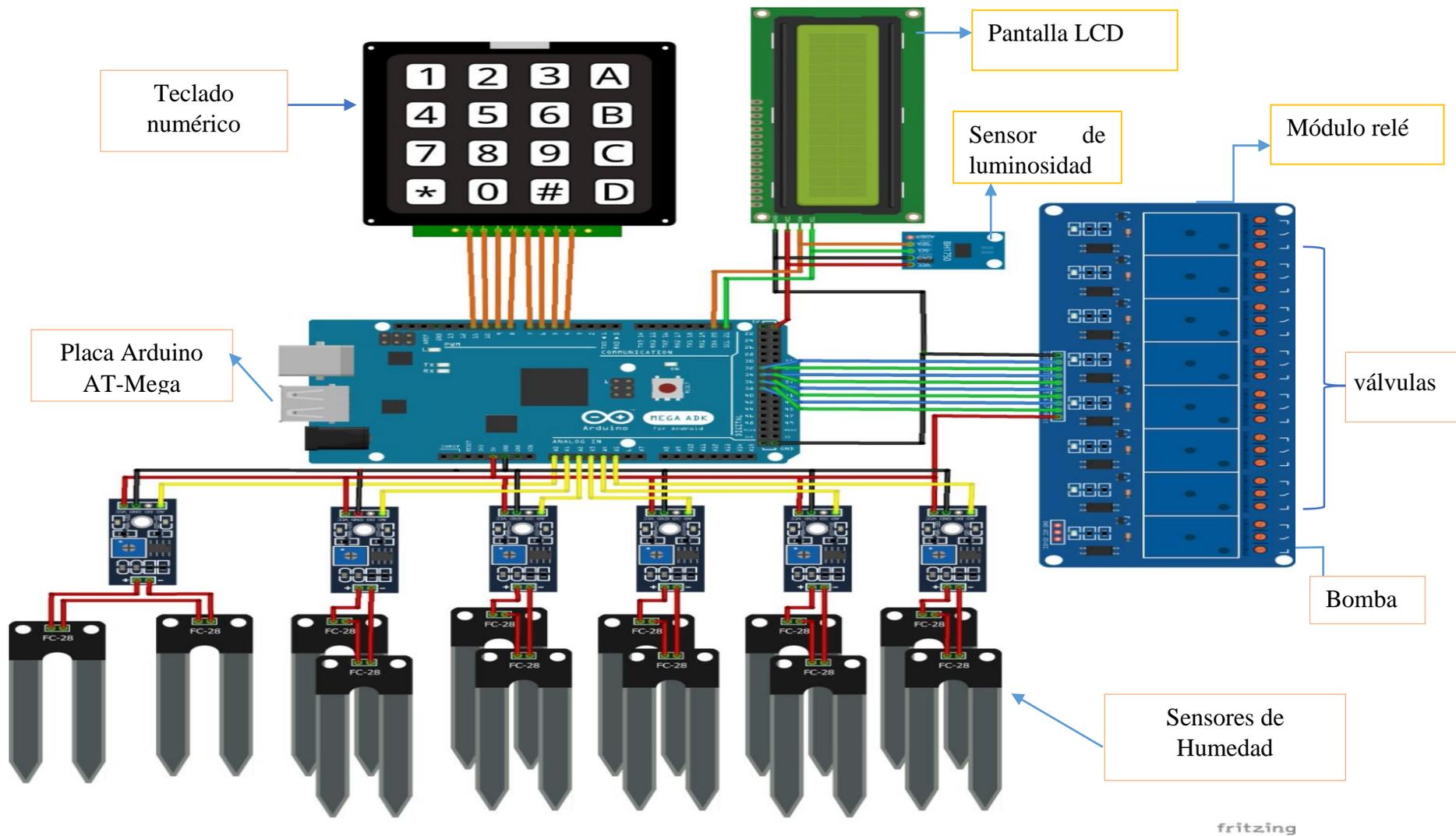
En este proyecto se usará un sensor de Luminosidad ya fabricado y encapsulado, el cual tiene características específicas de sensibilidad. Estos sensores suelen ser más precisos y fáciles de utilizar, pero son también más costosos en comparación con los sensores no encapsulados. Sin embargo, debido a la precisión y facilidad de uso, estos sensores encapsulados son ideales para el proyecto y justifican su costo adicional.

**Figura 28.** Conexión de sensor de intensidad Lumínica



*Nota.* En la figura se muestra la conexión del sensor de luminosidad con el PIC.

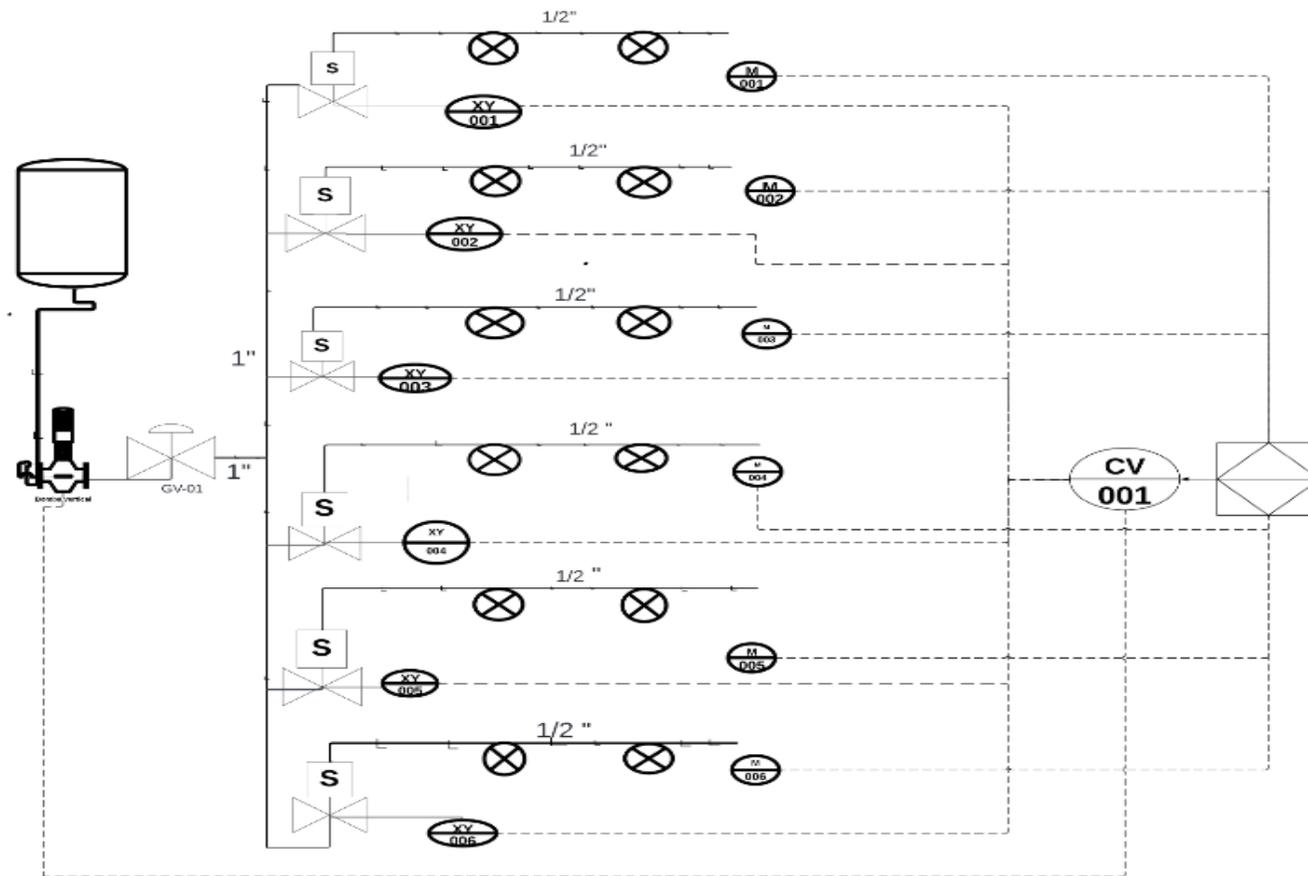
Figura 29. Conexión del sistema de control



Nota. En la figura muestra la conexión de cada uno de los equipos que conforman al sistema de control

Por otro lado, se muestra el diagrama PID del sistema propuesto en el cual se puede verificar el funcionamiento de este. La descripción completa se muestra en el anexo 12.

**Figura 30.** Diagrama PID del sistema



### 3.3. Elaboración del prototipo del sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino

#### 3.3.1. Acondicionamiento de equipos.

Para el desarrollo del prototipo acondicionaremos cada equipo en una caja de paso de PVC de 20 cm largo x 20 cm de ancho por 8 cm de profundidad.

**Figura 31.** Acondicionamiento de equipos.



*Nota.* En la figura se muestra el acondicionamiento de equipos para la elaboración del prototipo.

#### 3.3.2. Exportación del programa

Conectamos la placa de Arduino al ordenador utilizando un cable USB y, a continuación, abrimos el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Arduino. En el IDE, seleccionamos la placa correspondiente, en este caso, el Arduino Mega que estamos utilizando para nuestro proyecto, y elegimos el puerto serial COM4 en la configuración. Luego, procedemos a cargar el programa en la placa de Arduino. Una vez que el código se ha transferido con éxito, la placa estará preparada para poner en marcha el sistema de riego automatizado de manera eficiente y precisa.

**Figura 32.** *Exportación del programa a la placa arduino.*



*Nota.* En la figura se muestra la exportación de toda la programación a la placa arduino.

### **3.3.3. Cableado de los equipos**

En una caja de paso de 25 x 25 cm se conectó los equipos siguiendo el diseño de conexiones detallado en la Figura 29. Durante este proceso se aseguró de conectar los sensores de humedad y luminosidad, así como los relés que controlaran las electroválvulas y el encendido de nuestra bomba de agua, teniendo en cuenta la estética y la correcta instalación para cada componente."

**Figura 33.** *Cableado de los equipos*



*Nota.* En la figura se muestra la conexión de los equipos para el funcionamiento del sistema de control.

### 3.3.4. *Instalación de nebulizadores*

Se instalaron 14 nebulizadores en una cama del sector 5 cuyas dimensiones son de 17 metros de largo por 7 metro de ancho. La instalación se llevó a cabo mediante el uso de mangueras de polietileno de 3/4 de pulg, incorporando acoples rápidos para facilitar la conexión de cada nebulizador.

**Figura 34.** *Instalación de nebulizadores*



*Nota.* La figura representa la instalación de nebulizadores GREEN MIST conectados a una manguera de polietileno de 3/4 de pulg.

### 3.3.5. *Instalación de bomba de agua*

Se implementó una bomba de agua de prueba para evaluar el funcionamiento del sistema de control automatizado. Para lo cual se conectó la toma de agua a un recipiente de 20 litros y la salida se enlazó con la red de nebulizadores instalado.

**Figura 35.** *Instalación de bomba de agua*



*Nota.* La figura muestra la conexión de la bomba prueba a un recipiente enlazada a la red de nebulizadores instalado.

### 3.3.6. *Instalación del sistema de control en campo*

- 1- Tras haber completado la instalación del sistema de captación y distribución de agua, se realizó la instalación de la caja de paso de en el campo de prueba.

**Figura 36.** *Instalación de la caja de paso.*



*Nota:* La figura muestra la instalación de la caja de paso en el campo de prueba.

2. Luego se incorporó una fuente de alimentación, con una tensión de 12V.

**Figura 37.** *Instalación de fuente de alimentación.*



*Nota.* La figura muestra la instalación de la fuente de alimentación de 12 voltios.

3. Luego se instaló los sensores de humedad en una planta, para realizar la lectura de la humedad del suelo

**Figura 38.** *Instalación de sensores de humedad*



*Nota.* En la figura se muestra la instalación del sensor de humedad FC-28

### **3.3.7. Puesta en funcionamiento**

Con la completa instalación del sistema, abarcando tanto el Sistema de Captación y Distribución de Agua como el Sistema de Control, procedemos a realizar pruebas para evaluar su funcionamiento.

La imagen adjunta evidencia que nuestro sistema opera de manera eficiente: el sistema de nebulización garantiza una distribución precisa de agua a todas las plantas, mientras que los sensores realizan lecturas precisas para asegurar el correcto desempeño del sistema.

**Figura 39.** *Puesta en funcionamiento.*



*Nota.* La figura muestra el funcionamiento del sistema de riego.

### 3.4. Realizar una evaluación económica empleando el VAN y el TIR

#### 3.4.1. Inversión inicial de la propuesta

**Tabla 20.** *Inversión inicial*

N <sup>o</sup>	Descripción	Und.	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Parcial (S/)
1	Placa Arduino mega	und	1	160.00	160.00
2	Case Arduino mega	und	1	25.00	25.00
3	Módulo Relay 8CH	und	1	40.00	40.00
4	Carcasa protectora para módulo relay	und	1	26.00	26.00
5	Sensores de Humedad	und	12	8.00	96.00
6	cable dupont macho hembra	und	4	11.00	44.00
7	Microaspersores para Riego	und	434	18.00	7812.00
8	Manguera de polietileno 3/8	m	434	1.80	781.20
9	Manguera de polietileno 1/2	m	353	2.00	706.00
10	Conector Ad-1	und	434	8.00	3472.00
11	Abrazaderas circulares 3/4	und	868	1.70	1475.60
12	Pieza T de PVC	und	5	3.50	17.50
13	Sensor de nivel de agua	und	1	8.00	8.00
14	Tanque Rotoplast de 1100 L.	und	1	706.00	706.00
15	Tubo de agua de 1/2"	und	14	17.00	238.00
16	Válvula check	und	1	65.00	65.00
17	Codos de PVC	und	2	2.80	5.60
18	Electroválvula para agua	und	6	30.00	180.00
19	Válvula manual PVC de 1"	und	1	10.00	10.00
20	Reducción PVC de 1" a 1/2"	und	7	4.00	28.00
21	Cable contra incendio 4x18 FPL	rollo	1	875.00	875.00
22	Bomba de 3 hp y accesorios	und	1	1000.00	1,000.00
23	Válvula y flotador de 3/4	und	1	75.00	75.00
24	Válvula de alivio de presión de 3/4	und	1	220.00	220.00
25	Fuente de 12V 1A	und	1	30.00	30.00
26	Guarda motor 1.6A stitch	und	1	105.00	105.00
27	Contactador 18A stitch	und	1	95.00	95.00
28	Cable NH80 2.5mm	m	30	1.50	45.00
29	Tablero de distribución 8P	und	1	34.00	34.00
30	Display Alfanumérico LCD 1602	und	1	12.00	12.00
31	Modulo adaptador LCD a 12C - PCF8574	und	1	7.00	7.00

32	Teclado matricial 4x4 - tipo membrana	und	1	7.00	7.00
33	Tapon macho galvanizado de 1"	und	1	3.50	3.50
34	Cinta teflon de de 1/2 x 45m	und	4	1.00	4.00
35	Soldadura PVC de 1/32	und	1	8.00	8.00
36	Tee galvanizado de 1"	und	2	4.00	8.00
37	Upr de 1" de pvc	und	4	2.50	10.00
38	Niple galvanizado de 1" x 3"	und	7	4.00	28.00
39	Codos galvanizado de 1"	und	6	7.00	42.00
40	Alambre galvanizado 16	kg	2	14.00	28.00
41	Union universal galvanizada 1"	und	2	15.00	30.00
42	Módulo sensor de luz digital BH1750	und	1	15.00	15.00
43	caja de pase de 30x30	und	1	28.00	28.00
43	Automatización del sistema	und	1	1500.00	1,500.00
44	Mano de obra calificada	días	20	60.00	1,200.00
	Mano de obra operario	días	20	140.00	2,800.00
<b>Total(S/.)</b>				<b>24,605.40</b>	

*Nota.* En la tabla 20 se muestra el resultado de la inversión inicial del proyecto equivalente a 24 605.4 nuevos soles.

### 3.4.2. Ingresos del proyecto

Los ingresos del proyecto están dados por el ahorro del agua que se utiliza entre el sistema de riego por manguera y el sistema de riego automatizado. Para lo cual respecto al sistema de riego por manguera se tomó los datos del mayor consumo que fue del año 2021 equivalente a 5,783.6148 nuevos soles tal como se muestra en la tabla 21.

**Tabla 21.** Consumo anual de agua ( $m^3$ ) del sistema de riego por manguera

Año	2020	2021	2022
consumo de agua ( $m^3$ )	1,360	2,670	1,743
Costo del agua por $m^3$ S/.	2.1578	2.1578	2.1578
Costo por cargo fijo S/.	1.8574	1.8574	1.8574
<b>Costo total de agua S/.</b>	<b>2,956.8968</b>	<b>5,783.6148</b>	<b>3,783.3342</b>

*Nota.* En la tabla 21 se muestra el consumo de agua ( $m^3$ ) mediante el riego por manguera, donde el año 2021 fue donde mas hubo consumo con 2,670  $m^3$  equivalente a 5,783.6148 soles . Datos tomados del estado de cuenta del vivero de la Municipalidad Provincial de Jaèn (2022).

**Tabla 22.** Consumo anual de agua ( $m^3$ ) del sistema de riego automatizado

	<b>Total</b>
consumo de agua( $m^3$ )	1560.6
Costo del agua por $m^3$ (S/).	2.1578
Costo por cargo fijo (S/).	1.8574
<b>Costo total de agua (S/).</b>	<b>3,389.7514</b>

*Nota.* En la tabla 22 se muestra el resultado obtenido del consumo anual de agua ( $m^3$ ) utilizando un sistema de riego automatizado siendo a igual 1560. 6  $m^3$  con un costo de 3,389.32 nuevos soles.

Por lo tanto, comparando el costo de consumo de agua en el sistema de riego con el sistema de riego automatizado se obtiene un ahorro de 2,393.86 nuevos soles.

Asimismo, se tuvo en cuenta los ingresos por ventas lo cual se tomó las ventas del año 2022 realizadas en el vivero, tal como se muestra en la tabla 04.

### 3.4.3. Egresos del proyecto

#### – Costo de energía

Para calcular este valor se obtiene multiplicando el número de horas de funcionamiento por la potencia de los equipos y por el costo del KW-h. Además, se considera un incremento de 2,5% anual.

**Tabla 23.** Costo de energía

<b>Equipo</b>	<b>Potencia (Kw/h)</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costo de Kw/h</b>	<b>Total (S/).</b>
Electrobomba	2.2.kw/ h	360 h	0.7006	252.21
Costo de incremento (2.5%)				

*Nota.* En la tabla 23 se muestra el costo de energía que demanda al implementar el sistema automatizado, siendo igual a 252. 21 soles en un año.

– **Costo de Mantenimiento**

Según Sandoval (2020), el costo de mantenimiento preventivo representa el 2% Anual del costo de la inversión del proyecto, que consiste en la limpieza, verificación de elementos, ajuste de los accesorios, entre otros, es decir  $0.02 * 24,605.40 = 492.108$  Soles.

– **Costo de producción**

**Tabla 24.** *Costos de producción*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio mensual (S/.)</b>	<b>Precio Anual(S/.)</b>
Personal	5	1,025.00	61,500.00
Administración	1	2,000.00	24,000.00
<b>Total</b>		<b>3,025.00</b>	<b>85,500.00</b>

*Nota.* En la tabla 24 muestra el costo de producción en el vivero sienta igual a 85,500.00 nuevos soles anuales. Datos tomados del informe de producción de vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén (2022).

### 3.4.4. Flujo de caja del proyecto

Se realizó tomando los ingresos, egresos e inversión inicial y se analizó por un periodo de cinco años.

**Tabla 25.** *Flujo de caja del proyecto*

Año		0	1	2	3	4	5
<b>Inversión inicial(S/).</b>		24,605.40					
<b>Ingresos</b>	<b>Ahorro</b>		2,393.86	2,393.86	2,393.86	2,393.86	2,393.86
	<b>Ventas</b>		94,440.00	94,440.00	94,440.00	94,440.00	94,440.00
	<b>Total</b>		<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>
<b>Egresos (S/.)</b>	<b>Mantenimiento</b>		492.10	492.10	492.10	492.10	492.10
	<b>Energía eléctrica</b>		252.23	258.54	265.00	271.63	278.42
	<b>Producción</b>		85,500.00	85,500.00	85,500.00	85,500.00	85,500.00
	<b>Interés</b>		3,521.64	2,552.17	1,008.69		
	<b>Total</b>		<b>89,765.98</b>	<b>88,802.81</b>	<b>87,265.79</b>	<b>86,263.73</b>	<b>86,270.52</b>
<b>Utilidad: Ingresos-Egresos</b>		24,605.40	<b>7,067.89</b>	<b>8,031.06</b>	<b>9,568.07</b>	<b>10,570.14</b>	<b>10,563.35</b>

*Nota.* Esta tabla muestra el flujo de caja durante cinco años del proyecto.

### 3.4.5. Cálculo del Valor Actual neto (VAN)

**Tabla 26.** *Cálculo del valor actual neto (VAN)*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Inversión inicial(S/).</b>	24,605.40					
<b>Ingresos(S/.)</b>						
<b>Ahorro en agua</b>		2,393.86	2,393.86	2,393.86	2,393.86	2,393.86
<b>Ventas</b>		94,440.00	94,440.00	94,440.00	94,440.00	94,320.00
<b>Total</b>		<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>
<b>Egresos (S/.)</b>						
<b>Mantenimiento</b>		492.10	492.10	492.10	492.10	492.10
<b>Energía eléctrica</b>		252.23	258.54	265.00	271.63	278.42
<b>Producción</b>		85,500.00	85,500.00	85,500.00	85,500.00	85,500.00
<b>Interés</b>		3,521.64	2,552.17	1,008.69		
<b>Total</b>		<b>89,765.98</b>	<b>88,802.81</b>	<b>87,265.79</b>	<b>86,263.73</b>	<b>86,270.52</b>
<b>Utilidad: Ingresos-Egresos</b>	24,605.40	<b>7,067.89</b>	<b>8,031.06</b>	<b>9,568.07</b>	<b>10,570.14</b>	<b>10,563.35</b>
<b>Utilidad Actualizada al Año cero</b>	30,582.35					
<b>Utilidad de valor actual neto</b>	5,976.95					

*Nota.* En la tabla 26 se muestra que el Valor Actual Neto (VAN) obtenido para este proyecto es igual a 5,976.95 nuevos soles.

### 3.4.5. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para calcular se usó el software Microsoft Excel, siendo este igual a 23% Anual, que representa un valor superior al Costo de Oportunidad del Capital (COK) de 14% para proyectos de inversión pública a largo plazo tal como lo indica el programa Agroideas (2020).

**Tabla 27.** *Cálculo de la Tasa Interna de Retorno*

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Inversión inicial(S/).</b>	24605.4					
<b>Ingresos</b>						
<b>Ahorro en agua</b>		2,393.86	2,393.86	2,393.86	2,393.86	2,393.86
<b>Ventas</b>		94,440.00	94,440.00	94,440.00	94,440.00	94,320.00
<b>Total</b>		<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>	<b>96,833.86</b>
<b>Egresos (S/.)</b>						
<b>Mantenimiento</b>		492.10	492.10	492.10	492.10	492.10
<b>Energía eléctrica</b>		252.23	258.54	265.00	271.63	278.42
<b>Intereses</b>		3,521.64	2,552.17	1,008.69	0.00	
<b>Producción</b>		85,500.00	85,500.00	85,500.00	85,500.00	85,500.00
<b>Total</b>		<b>89,765.98</b>	<b>88,802.81</b>	<b>87,265.79</b>	<b>86,263.73</b>	<b>86,270.52</b>
<b>Utilidad: Ingresos-Egresos</b>	-24605.4	7,067.89	8,031.06	9,568.07	10,570.14	10,563.35
<b>Taza Interna de Retorno</b>				23%		

*Nota.* En la tabla 27 se muestra que el cálculo de la Taza Interna de Retorno (TIR) siendo igual al 23%.

### 3.4.6. Relación Beneficio Costo

Es el resultado de dividir los flujos positivos entre los flujos negativos descontados el año cero, siendo estos últimos por lo general la inversión inicial (Jimenez, *et al.* 2007).

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$B/C = \sum_{t=0}^n Ft \left(\frac{P}{F}, i, n\right) / I_0$$

$\sum Ft$  = sumatoria de los flujos de caja actualizados (valor presente)

$i$  = tasa mínima atractiva de corte

$I_0$  = Inversión inicial

$n$  = periodos

Criterios para la toma de decisiones de acuerdo a la RBC:

RBC > 1: Los beneficios superan los costes, se debe aceptar el proyecto.

RBC = 1: No hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes, se acepta el proyecto.

RBC < 1: Los costes son mayores que los beneficios, se rechaza el proyecto.

B/C = Utilidades Actualizadas al mes 0 / Inversión inicial del Proyecto

Calculando se obtuvo:

$$\frac{B}{C} = \frac{30,582.35}{24605} = 1.24$$

### 3.4.7. Amortización

El pago del préstamo a una entidad Bancaria es de 24, 605.40 Soles, se realizó el análisis financiero durante 3 años, en la cual se pagará 790.03 soles mensuales, con una tasa de interés del 17.64 % anual (SBS[ Superintendencia de Banca y Seguro], 2023)

**Tabla 28.** Amortización de capital

Nº	Pago mensual R	Interés sobre saldo $I$ $= Cni$	Amortización $A = R -$ $I$	Saldo $= S - A$
				<b>24605.4</b>
1	869.39	335.3790073	534.01	24071.39
2	869.39	328.100303	541.29	23530.10
3	869.39	320.7223877	548.67	22981.44
5	869.39	313.2439093	556.14	22425.29
5	869.39	305.663497	563.72	21861.57
6	869.39	297.9797613	571.41	21290.16
7	869.39	290.191294	579.20	20710.96
8	869.39	282.2966676	587.09	20123.87
9	869.39	274.294435	595.09	19528.78
10	869.39	266.1831296	603.20	18925.57
11	869.39	257.9612647	611.43	18314.15
12	869.39	249.6273333	619.76	17694.39
13	869.39	241.1798079	628.21	17066.18
14	869.39	232.6171401	636.77	16429.41
15	869.39	223.9377606	645.45	15783.96
16	869.39	215.1400786	654.25	15129.71
17	869.39	206.2224815	663.17	14466.54
18	869.39	197.1833349	672.20	13794.34
19	869.39	188.020982	681.37	13112.97
20	869.39	178.7337435	690.65	12422.32
21	869.39	169.3199171	700.07	11722.25
22	869.39	159.7777774	709.61	11012.64
23	869.39	150.1055755	719.28	10293.36
24	869.39	140.3015386	729.09	9564.27
25	869.39	130.3638697	739.02	8825.25
26	869.39	120.2907473	749.10	8076.15
27	869.39	110.0803253	759.31	7316.84
28	869.39	99.7307322	769.66	6547.18
29	869.39	89.24007099	780.15	5767.03
30	869.39	78.60641891	790.78	4976.25
31	869.39	67.82782696	801.56	4174.69
32	869.39	56.90231955	812.49	3362.21
33	869.39	45.82789419	823.56	2538.65
34	869.39	34.60252108	834.79	1703.86
35	869.39	23.22414275	846.16	857.70
36	869.39	11.6906737	857.70	0.00

#### IV. DISCUSIÓN

- Los resultados del diagnóstico indica que el sistema de riego actual se encuentra en un estado deficiente, lo cual genera un gasto inadecuado de agua, producción de baja calidad en plántones, propagación de enfermedades y, por ende, mayores costos económicos. Esto comparando a las investigaciones de Ramos (2019) en la cual indica que los viveristas que llevan a cabo un sistema de riego sin asistencia técnica, consumen abundante agua en las diferentes actividades de cultivo. Asimismo, Cortes y Vargas (2020) afirman que un sistema de riego tradicional se da la propagación de plagas y otras afecciones ocasionadas por la exposición a condiciones climáticas extremas.
- Respecto a los resultados obtenidos del consumo de agua lo cual se muestran en la tabla 21 indican que al realizar un riego por manguera se consume 2 670 m<sup>3</sup> de agua por cada año y al utilizar un riego automatizado mediante tecnología Arduino (tabla 22) se consume 1560.6 m<sup>3</sup> de agua en la cual se tiene un ahorro de 41.47 % en consumo de agua. Los resultados fueron comparados según la investigación hecha por Sandoval (2020) en la cual realizó un diseño automatizado para un sistema de riego en cultivo de arroz, en la cual obtuvo que en el riego por inundación se utiliza un 14 100 m<sup>3</sup> por hectárea y utilizando un riego tecnificado se usa 5,893 m<sup>3</sup> por hectárea , generando un ahorro del 58.20% en consumo de agua.
- En esta investigación se dimensionó los elementos del sistema de control: usar sensor de humedad FC-28, una placa Arduino mega 2560 , un teclado matricial 4x4 y de una pantalla LCD de 16x2 con módulo I2C. Se tuvo como referencia a las investigaciones de diseño de un sistema automatizado de riego hechas por Bazan et al. (2022); Hernandez(2022) en la cual emplearon el sensor FC-28, indicando que es eficiente, de bajo costo y compatible con arduino. Asimismo en su investigación de Rubio (2021) en la cual diseñó un sistema de control de temperatura y humedad , usó sensor FC-28, placa arduino mega 2560, teclado matricial y un LCD I2C, indicando que hay una correcta comunicación y un funcionamiento satisfactorio en estos equipos y son óptimos en los proyectos con arduino. Además se consideró en este proyecto usar

microaspersores GREEN MIST ya que permiten un riego uniforme y son eficientes y cumplen con las características requeridas de riego.

- En la evaluación de factibilidad económica del presente proyecto se obtuvo un valor actual neto de S/. 5, 976.95 tasa interna de retorno del 23% anual y un beneficio costo de 1.24, comparando según Sandoval (2020) obtuvo en su evaluación económica indicadores un TIR del 22.3% y un B/C de 1.32 lo cual indica un proyecto rentable ya que, si se analiza el gasto del personal de vivero a mediano y largo plazo y del consumo de agua se tendrá un ahorro considerable

## **V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- El sistema actual de riego del vivero de la Municipalidad Provincial de Jaén se encuentra en un mal estado lo que demanda un desgaste abundante del recurso hídrico llegando a consumir hasta 2 670. m<sup>3</sup> de agua.
- Se desarrolló el diseño del sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino con un consumo de 1 560. 6 m<sup>3</sup> de agua, lo cual está conformado por 1placa Arduino mega2560, 1 pantalla LCD, sensores (humedad y luminosidad), 6 electroválvulas, 7 relés, 434 nebulizadores GREEN MIST y 1bomba con un caudal de 3.61 l/s
- Se elaboró el prototipo del sistema de control automatizado con tecnología Arduino usando equipos de prueba y se implementó en una cama del sector 5 del vivero utilizando una caja de paso de 25 cm x 25 cm, 1 placa Arduino mega2560, 14 nebulizadores GREEN MIST, 20 metros de manguera de polietileno de ¾ pulg., 1 fuente de alimentación de 12 voltios y 1 sensor de humedad,1 sensor de luminosidad evidenciándose mediante la simulación el correcto diseño funcional del sistema de control.

- El sistema de control automatizado con tecnología Arduino es viable económicamente con un Valor Actual Neto de S/. 5,976.95, Tasa Interna de Retorno del 23% Anual y un beneficio costo de 1.24.

## **5.2. Recomendaciones**

- Realizar una socialización en el tema de la automatización a las empresas, cooperativas u organizaciones agrícolas para el uso de esta tecnología
- Se recomienda diseñar sistemas de riego automatizados en otros cultivos como en viveros de café, cacao, hortalizas, entre otros.

## VI.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Naylamp Mechatronics SAc. (2021). *Teclado Matricial 4 x 4 - Tipo membrana*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/interfaz-de-usuario/19-teclado-matricial-4x4-tipo-membrana.html>
- Agroideas. (2020). *Modelo de Plan de negocio* . Agroideas. [https://www.agroideas.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/MODELO\\_PNT\\_PANELA.pdf](https://www.agroideas.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/MODELO_PNT_PANELA.pdf)
- Aquino, R., & Ruiz, R. (2012). *Diseño y automatización de un sistema de riego para el invernadero des posgrado en ingeniería bioquímica*. [Informe tècnico, Instituto Tecnològico de Tuxtla Gutierrez]. Repositorio Institucional tuxtla. [http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1214/MD\\_RPIM2012034.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1214/MD_RPIM2012034.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arboccó, N. (2021). *Plantaciones forestales para la producción de madera aserrada destinada a parihuelas*. [Tesis de pregrado,Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5439/arbocco-vidurruzaga-nataly-grace.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arduino. (11 de Abril de 2022). *Arduino Hardware*. <https://www.arduino.cc/en/hardware>
- Arias, J. (2020). *Proyecto de Tesis: Guía para la elaboración*. Arias Gonzales Jose Luis. <https://hdl.handle.net/20.500.12390/2236>
- Bautista, M., Hernandez, R., & Fernandez, C. (2014). *Metodología de la investigación*. INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Bazan, E., Mariños, D., & Papa, A. (2022). *Internet de las cosas(iot) en un sistema autónomo de riego por goteo y el estrès hídrico en las zonas agrícolas,Perù 2022*. [Tesis de pregrado,Universidad Nacional del Callao].Repositorio Institucional UNAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/7071>
- Berklin. (2023). *Bomba de agua centrifuga de 3hp 2x2" doble impulsor de bronce*. [https://berklin.com.pe/products/bomba-de-agua-centrifuga-de-3hp-2x2-doble-impulsor-de-bronce?pr\\_prod\\_strat=copurchase\\_transfer\\_learning&pr\\_rec\\_id=7074fec9b&pr\\_rec\\_pid=7276866306136&pr\\_ref\\_pid=7276865585240&pr\\_seq=uniform](https://berklin.com.pe/products/bomba-de-agua-centrifuga-de-3hp-2x2-doble-impulsor-de-bronce?pr_prod_strat=copurchase_transfer_learning&pr_rec_id=7074fec9b&pr_rec_pid=7276866306136&pr_ref_pid=7276865585240&pr_seq=uniform)
- Castro, D. (2012). *Diàgnostico y caracterización de la enfermedad causada por Phytophthora sp. en una plantación de Calycophyllum spruceanum en el Codo del Pozuzo*. [Tesis de pregrado,Universidad Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1692/H20.C37-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (Ceplan). (19 de Enero de 2023). *Perú: alto riesgo de vulnerabilidad debido a crisis del agua*. <https://www.gob.pe/institucion/ceplan/noticias/690049-peru-alto-riesgo-de-vulnerabilidad-debido-a-crisis-del-agua>

- Cortes, V., & 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 emprendedoras Marie Poussepin*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional UCatòlica. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/5dbe9100-e30b-4c32-a627-a0492baa7f56/content>
- Cruz , E., y Lamadrid , F. (2018). *Aplicación móvil de monitorización y control de un invernadero doméstico automatizado usando arduino*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11353>
- Damigo, J. I. (12 de abril de 2018). *Sistema electrónico para el control de riego automático*. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12418/fichero/PFC-2418-DAMIGO.pdf>
- Davies, M., Harrison-Murray, R., Atkinson, C., & Grant, O. (2016). Application of deficit irrigation to container-grown hardy ornamental. *Agricultural Water Management*(163), 244-254. Obtenido de doi:10.1016/j.agwat.2015.09.015
- Dey, S., Islam, R., Shufian, A., & Rahman, M. (2019). Smart Irrigation System with Solar Power and GSM Technology. *5th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, (págs. 301-305). Dhaka, Bangladesh. <https://doi.org/10.1109/ICAEE48663.2019.8975634>
- Dominguez, T. R. (2019). *Mejora de la eficiencia de riego por gravedad en las comisiones de riego del distrito de Chupaca -2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional UC. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5494/8/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Dominguez\\_Ramos\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5494/8/IV_FIN_105_TE_Dominguez_Ramos_2019.pdf)
- Grafton, R., Williams, J., Perry, C., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., . . . Allen, R. (2018). La paradoja de la eficiencia del riego. *Ciencia* 361, 361(6404), 748-750. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.aat9314>
- Guijarro, A., L.J., C., Preciado, D., y Zambrano, B. (2018). Sistema de riego automatizado con arduino. *Revista Espacios*, 39(37), 27. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p27.pdf>
- Haider, M., Hasibuzzaman, M., & Shufian, A. (2021). Results of a simulation to propose an automated irrigation & monitoring system in crop production using fast charging & solar charge controller. *Cleaner Engineering and Technology*, 4(100165). <https://doi.org/doi:10.1016/j.clet.2021.100165>
- Hernandez, J. A. (2022). *Diseño de red Inalámbrica de sensores para la medición de temperatura y humedad del suelo en huertos y compost parque biotemático Megua*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa]. Repositorio Institucional CUC. <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9666/protpotipo%20de%20red%20inalambrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jimenez, F., Espinosa, C., y Fonseca, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Tecnológica de Costa Rica.

[https://www.google.com.pe/books/edition/Ingenier%C3%ADa\\_Econ%C3%B3mica/LVLZA74NNwwC?hl=es&gbpv=1&dq=valor+actual+neto&pg=PA81&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Ingenier%C3%ADa_Econ%C3%B3mica/LVLZA74NNwwC?hl=es&gbpv=1&dq=valor+actual+neto&pg=PA81&printsec=frontcover)

- Jimenez, S. (18 de Marzo de 2021). *Pérdida de carga por fricción en "Tuberías con salidas múltiples"*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2021/03/perdida-de-carga-por-friccion-en.html>
- Jordan, C., & Speelman, S. (2020). On-farm adoption of irrigation technologies in two irrigated valleys in. *Agricultural Water Management*, 236, 106147. <https://doi.org/doi:10.1016/j.agwat.2020.106147>
- Mahalakshmi, M., Priyanka, S., Rajaram, S., & Rajapriya, R. (2018). Distant Monitoring and Controlling of Solar Driven Irrigation System through IoT . *2018 National Power Engineering Conference (NPEC)* , (págs. 1-5). Madurai, India. Obtenido de doi: 10.1109/NPEC.2018.8476700
- McCarthy, A., Foley, J., R. P., & Hills, H. (2023). Field evaluation of automated site-specific irrigation for cotton and perennial ryegrass using soil-water sensors and Model Predictive Control. *Agricultural Water Management*, 277(106147), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108098>
- Municipalidad Provincial de Jaén. (2022). *Estado de cuenta corriente del vivero municipalidad*. Municipalidad Provincial de Jaén.
- Municipalidad Provincial de Jaén. (2022). *Vivero Municipal* . Municipalidad Provincial de Jaén.
- NaanDanJain. (2019). *Riego mediante Microaspersores*. NaanDanJain Irrigation Company. [https://naandanjain.com/wp-content/uploads/2019/08/3\\_NDJ\\_micro\\_cat\\_span\\_041018.pdf](https://naandanjain.com/wp-content/uploads/2019/08/3_NDJ_micro_cat_span_041018.pdf)
- Naylamp mechatronics. (9 de julio de 2019). Módulo relay. <https://naylampmechatronics.com/drivers/152-modulo-relay-4-canales-5vdc.html>
- Naylamp Mechatronics. (9 de julio de 2019). Válvula selenoide <https://naylampmechatronics.com/valvulas/314-valvula-solenoid-12-12v.html>
- Naylamp Mechatronics. (2021). *Display alfanùmerico LCD*. <https://naylampmechatronics.com/lcd-alfanumerico/110-display-alfanumerico-lcd-1602.html>
- Naylamps Mechatronics. (2021). *Sensor de Humedad de suelo FC-28*. <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html>
- Nikolidakis, S., Kandris, D., Vergados, D., & Douligeris, C. (2015). Energy efficient automated control of irrigation in agriculture by using wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, 154-163. <https://doi.org/doi:10.1016/j.compag.2015.02.004>

- Parkash, V., & Singh, S. (2020). A Review on Potential Plant-Based Water Stress Indicators for Vegetable Crops. *Sustainability*, 12(10), 3945. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12103945>
- Quispe, H. (2018). *Diseño de un sistema de riego automatizado por aspersion para viveros de café utilizando la tecnología Arduino en la empresa vivero Ortíz-Pasco;2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Los Angeles de Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH. [http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/3029/AUTOMATIZACION\\_DISENO\\_QUISPE\\_TAPARA\\_HILCIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/3029/AUTOMATIZACION_DISENO_QUISPE_TAPARA_HILCIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Quispe, Y. N. (2018). *Gestion del agua para riego de áreas verdes en el distrito de Pueblo Libre, Lima, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11915/Quispe\\_Salas\\_Gesti%C3%B3n\\_agua\\_riego1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11915/Quispe_Salas_Gesti%C3%B3n_agua_riego1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rubio, A. (2021). *Diseño y desarrollo de un sistema de medición de la temperatura de humedad de una sala*. [Tesis de pregrado, Universitat politècnica de valència ]. Repositorio Institucional UPV. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/164176/%281%29\\_Rubio%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20desarrollo%20de%20un%20sistema%20de%20medici%C3%B3n%20de%20la%20temperatura%20y%20humedad%20de%20una%20sala.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/164176/%281%29_Rubio%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20desarrollo%20de%20un%20sistema%20de%20medici%C3%B3n%20de%20la%20temperatura%20y%20humedad%20de%20una%20sala.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sandoval, J. L. (2020). *Diseño de un sistema de riego tecnificado para ampliación e incremento vegetativo del arroz, fundo Campodonico, La Victoria-Chiclayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59315>
- Simón, G. A. (2018). *Implementación, Control y Monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3610>
- Suat, I., Dilshad, B., Meetpal, K., Lameck, O., & Koffi, D. (2022). Automated real-time irrigation analytics inform diversity in regional irrigator behavior and water withdrawal and use characteristics. *Agricultural Water Management*, 272(107837). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377422003845>
- Sun, S., Li, C., Wu, P., Zhao, X., & Wang, Y. (2018). Evaluation of agricultural water demand under future climate change scenarios in the Loess Plateau of Northern Shaanxi, China. *Ecological Indicators*, 84, 811-819. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.048>
- SBS [Superintendencia de Banca y Seguro]. (01 de agosto de 2023). *Tasa de interés promedio del sistema bancario*. <https://www.sbs.gob.pe/>

## **DEDICATORIA**

A mi amado padre, quien siempre ha sido mi ejemplo de dedicación y perseverancia. Tus enseñanzas y apoyo incondicional me han inspirado a alcanzar mis metas. Gracias por ser mi guía y mi mayor motivación.

A mi querida madre, cuyo amor y sacrificio han sido invaluable. Tu constante aliento y apoyo me han dado la confianza necesaria para superar cualquier obstáculo. Tu amor incondicional y dedicación hacia mí han sido el motor que me impulsa a dar lo mejor de mí.

A mis hermanas, quienes han sido mi compañía y mi sostén a lo largo de esta travesía. Vuestra confianza en mí y vuestro apoyo incondicional me han dado la fuerza para seguir adelante cuando las cosas se tornaban difíciles. Agradezco vuestra presencia en mi vida y el amor que siempre he sentido de vuestra parte.

**YORVIN JOEL ORDOÑEZ HUAMAN**

El presente proyecto va a dedicado especialmente para mis padres, esposa e hija, familia en general y a todas las personas que hicieron lo posible para realizar este proyecto.

**YONI DARLIN CIEZA QUISPE**

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Dios, quien ha sido nuestra guía y fuente de inspiración a lo largo de este proceso de investigación. Su amor y sabiduría nos han iluminado en cada paso, dándonos la fortaleza necesaria para llevar a cabo este proyecto.

En segundo lugar, deseamos agradecer al Mg. Mario Félix Olivera Aldana, nuestro asesor, por su invaluable orientación y apoyo durante todo el desarrollo de esta tesis. Su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para la realización de este trabajo, y su dedicación en brindarnos su tiempo y conocimiento.

Asimismo, queremos expresar nuestro agradecimiento a la Ing. Flor Anita Palacios Adriano, por su valiosa contribución y guía en este proyecto. Su aporte y sugerencias han enriquecido nuestra investigación, y su apoyo constante nos ha motivado a alcanzar resultados de calidad.

También, deseamos extender nuestro agradecimiento al gerente del Vivero Municipal, cuya colaboración ha sido fundamental para el desarrollo de nuestra investigación. Su disposición para facilitarnos los recursos necesarios y su apoyo logístico han sido de gran importancia para llevar a cabo nuestro trabajo de manera exitosa.

A todos ustedes, les estamos profundamente agradecidos por su inmenso apoyo, orientación y confianza en nuestro trabajo. Sin su valiosa contribución, este logro no habría sido posible. Esperamos que este trabajo sea un testimonio de nuestra gratitud y reconocimiento hacia cada uno de ustedes. Que sus enseñanzas y colaboración sigan beneficiando a muchos más en el futuro.

## ANEXOS

**Anexo 1.** *zona 1 y 2 del vivero*



**Anexo 2.** *Zona 3 del vivero*



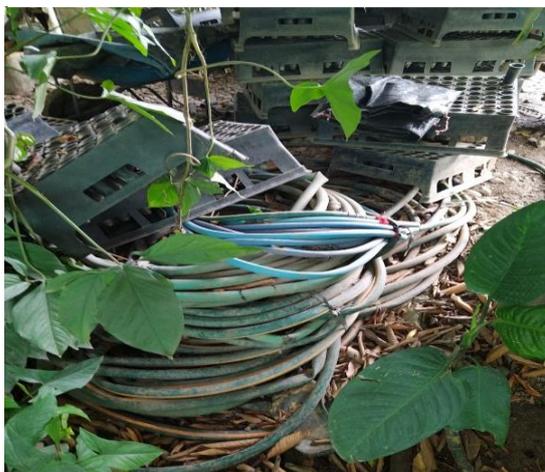
**Anexo 3.** *Zona 4 del vivero*



**Anexo 4.** *Zona 5 del vivero*



**Anexo 6.** *Equipo de riego manual por manguera*



**Anexo 7.** *Sistema de riego automatizado sin funcionamiento*



**Anexo 8. Matriz de operacionalización**

**Tabla 1. Matriz de operacionalización**

<b>Variables</b>		<b>Indicadores</b>	<b>escala de medición</b>
Variable independiente	Diseño de un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino	<ul style="list-style-type: none"><li>• Número de aspersores</li><li>• Numero de sensores</li><li>• Tiempo de riego</li><li>• Potencia de bomba</li><li>• Sistema de control</li></ul>	Unidad Unidad Minutos Kw
Variable dependiente	Riego del vivero	<ul style="list-style-type: none"><li>• Área de cultivo</li><li>• Consumo de agua</li><li>• Tiempo de riego</li></ul>	$m^2$ $m^3$ h

## **Anexo 9: Programación del prototipo del sistema de control**

```
#include <elapsedMillis.h>
#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Inicia el LCD en la dirección 0x27, con 16 caracteres
y 2 líneas

BH1750 lightMeter;

const byte ROWS = 4; //para filas
const byte COLS = 4; //para columnas

char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'},

};

byte rowPins[ROWS] = {11, 10, 9, 8}; //conecte los pines ala culumna del teclado numerico
byte colPins[COLS] = {7, 6, 5, 4}; //Conectar a los pines de columna del teclado numérico

//Inicializo el teclado con el numero de filas, columnas, los pines del Arduino utilizados y la
matriz

Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins,ROWS, COLS );
```

```
//pin sensor humedad
const int humedadPin0 = A0; // pin analogo del sensor de humedad
const int humedadPin2 = A2; // pin analogo del sensor de humedad
const int humedadPin3 = A3; // pin analogo del sensor de humedad
const int humedadPin4 = A4; // pin analogo del sensor de humedad
const int humedadPin5 = A5; // pin analogo del sensor de humedad
const int humedadPin6 = A6; // pin analogo del sensor de humedad
```

```
//pin del rele
const int relePin0 = 30;
const int relePin1 = 31;
const int relePin2 = 32;
const int relePin3 = 33;
const int relePin4 = 34;
const int relePin5 = 35;
const int relePin6 = 36;
int estado_relePin6 = LOW;
```

```
const int limiteHumedad = 700;
const int limiteLuz = 100;
int luz;
int humedad;
```

```
//variable para contar tiempo encendido
boolean previousStatusOn = false;
```

```
//configuración inicial de nuestro sistema
void setup(){
  lcd.init();
  lcd.backlight();
```

```

Wire.begin();
lightMeter.begin();
Serial.begin(9600);

pinMode(relePin0, OUTPUT);
pinMode(relePin1, OUTPUT);
pinMode(relePin2, OUTPUT);
pinMode(relePin3, OUTPUT);
pinMode(relePin4, OUTPUT);
pinMode(relePin5, OUTPUT);
pinMode(relePin6, OUTPUT);
}
void loop(){

uint16_t luz = lightMeter.readLightLevel();
uint16_t humedad0 = analogRead(humedadPin0);
uint16_t humedad2 = analogRead(humedadPin2);
uint16_t humedad3 = analogRead(humedadPin3);
uint16_t humedad4 = analogRead(humedadPin4);
uint16_t humedad5 = analogRead(humedadPin5);
uint16_t humedad6 = analogRead(humedadPin6);

char key = keypad.getKey();
if (key == '1'){

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Humedad A0: ");
    lcd.print(analogRead(A0));
    delay(7000);
}
}

```

```

}
if (key == '2'){

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Humedad A2: ");
    lcd.print(analogRead(A2));
    delay(7000);
}

if (key == '3'){

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Humedad A3: ");
    lcd.print(analogRead(A0));
    delay(7000);
}
if (key == 'B'){
    menuLuz();
}
if (key == 'C'){
    printMenu();
}
if (key == 'D' && previousStatusOn == true){
    printEncendido();
}
if (key == 'D' && previousStatusOn == false){
    printApagado();
}

```

```
printEnLoop();

if (humedad0 > limiteHumedad && luz > 100) {
    digitalWrite(relePin0, LOW);
    printEncendido();
}else {
    digitalWrite(relePin0, HIGH);
    printEncendido,
...

```





EPS MIRAÑÓN S.A.  
AV. MARISCAL URETA 1912  
RUC : 20141814312  
SEDE: JAEN

### ESTADO DE CUENTA CORRIENTE

Página : 2 de 4  
Fecha : 12/12/2022  
Hora : 09:29:39 am

**N° de Inscripción :** 7408 **Código Catastral :** 01-01-85-548-4050-00  
**DNI :**  
**Cliente :** VIVERO MUNICIPAL **Tipo Servicio :** AGUA Y DESAGUE  
**Dirección :** JR. IQUITOS 815  
**Estado :** OPERATIVO CON SERVICIO-ACTIVO **Categoría :** EST(100%)  
**Tipo Facturación :** CONSUMO LEIDO ( Lect. Ultima 154 m³) **Medidor :** Si ( N° da19105810)  
**Fecha de Inst. :** 18-02-2020

N°	Fecha	Hora	Mes Facturación	Serie	Número	Operación	Cat	Co	Lectura	Consu	Cargo	Abono	Saldo	Est. Rec.	Recl.
25	18/08/2020	10:37	JULIO - 2020	S001	1961321	PAGO RECIBO DE PENSIONES						130.60	198.40		
26	26/08/2020	12:12	JUNIO - 2020	S001	1944423	PAGO DEUDA ACUMULADA						198.40	-0.00		
27	31/08/2020	00:00	AGOSTO - 2020	S001	1978264	FACT. DE CARGOS	ESTATAL		601	108	1.70		1.70	PAG	
28	31/08/2020	00:00	AGOSTO - 2020	S001	1978264	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		601	108	209.20		210.90	PAG	
29	30/09/2020	00:00	SETIEMBRE - 2020	S001	1995322	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		1031	430	859.30		1,070.20	PAG	
30	31/10/2020	00:00	OCTUBRE - 2020	S001	2012645	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		1375	154	312.40		1,382.60	PAG	
31	30/11/2020	00:00	NOVIEMBRE - 2020	S001	2030013	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		1490	115	236.70		1,619.30	PAG	
32	29/12/2020	10:40	AGOSTO - 2020	S001	1978264	PAGO DEUDA ACUMULADA						210.90	1,408.40		
33	29/12/2020	10:40	SETIEMBRE - 2020	S001	1995322	PAGO DEUDA ACUMULADA						859.30	549.10		
34	29/12/2020	10:40	OCTUBRE - 2020	S001	2012645	PAGO DEUDA ACUMULADA						312.40	236.70		
35	29/12/2020	10:40	NOVIEMBRE - 2020	S001	2030013	PAGO RECIBO DE PENSIONES						236.70	-0.00		
36	31/12/2020	00:00	NOVIEMBRE - 2020	S001	2047593	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		1541	51	94.50		94.50	PAG	
37	26/01/2021	12:24	NOVIEMBRE - 2020	S001	2047593	PAGO DEUDA ACUMULADA						94.50	-0.00		
38	31/01/2021	00:00	ENERO - 2021	S001	2065328	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		1631	90	173.00		173.00	PAG	
39	28/02/2021	00:00	FEBRERO - 2021	S001	2083095	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		1841	210	416.00		589.00	PAG	
40	19/03/2021	14:29	ENERO - 2021	S001	2065328	PAGO DEUDA ACUMULADA						173.00	416.00		
41	19/03/2021	14:29	FEBRERO - 2021	S001	2083095	PAGO RECIBO DE PENSIONES						416.00	0.00		
42	31/03/2021	00:00	MARZO - 2021	S001	2114004	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		2690	849	1,700.40		1,700.40	PAG	
43	30/04/2021	17:13	MARZO - 2021	S001	2114004	PAGO RECIBO DE PENSIONES						1,700.40	0.00		
44	30/04/2021	00:00	ABRIL - 2021	S001	2131923	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		2758	68	128.70		128.70	PAG	
45	31/05/2021	22:10	ABRIL - 2021	S001	2131923	PAGO RECIBO DE PENSIONES						128.70	0.00		
46	31/05/2021	00:00	MAYO - 2021	S001	2149860	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		2858	101	201.90		201.90	PAG	
47	30/06/2021	08:28	MAYO - 2021	S001	2149860	PAGO RECIBO DE PENSIONES						201.90	0.00		
48	30/06/2021	00:00	JUNIO - 2021	S001	2167887	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		2963	104	209.90		209.90	PAG	

N°	Fecha	Hora	Mes Facturación	Serie	Número	Operación	Cat	Co	Lectura	Consu	Cargo	Abono	Saldo	Est. Rec.	Recl.
49	26/07/2021	08:40	JUNIO - 2021	S001	2167887	PAGO RECIBO DE PENSIONES						209.90	0.00		
50	31/07/2021	00:00	JULIO - 2021	S001	2186143	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		3145	182	370.60		370.60	PAG	
51	31/08/2021	16:24	JULIO - 2021	S001	2186143	PAGO RECIBO DE PENSIONES						370.60	0.00		
52	31/08/2021	00:00	AGOSTO - 2021	S001	2204459	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		3589	444	916.20		916.20	PAG	
53	28/09/2021	15:51	AGOSTO - 2021	S001	2204459	PAGO RECIBO DE PENSIONES						916.20	0.00		
54	30/09/2021	00:00	SETIEMBRE - 2021	S001	2222877	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		3703	114	229.00		229.00	PAG	
55	20/10/2021	14:12	SETIEMBRE - 2021	S001	2222877	PAGO RECIBO DE PENSIONES						229.00	0.00		
56	31/10/2021	00:00	OCTUBRE - 2021	S001	2241261	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		3846	143	289.40		289.40	PAG	
57	24/11/2021	15:35	OCTUBRE - 2021	S001	2241261	PAGO RECIBO DE PENSIONES						289.40	0.00		
58	30/11/2021	00:00	NOVIEMBRE - 2021	S001	2259512	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4038	192	391.40		391.40	PAG	
59	17/12/2021	09:25	NOVIEMBRE - 2021	S001	2259512	PAGO RECIBO DE PENSIONES						391.40	0.00		
60	31/12/2021	00:00	DICIEMBRE - 2021	S001	2277787	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4211	173	412.40		412.40	PAG	
61	31/01/2022	10:31	DICIEMBRE - 2021	S001	2277787	PAGO RECIBO DE PENSIONES						412.40	0.00		
62	31/01/2022	00:00	ENERO - 2022	S001	2296111	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4322	111	261.00		261.00	PAG	
63	24/02/2022	10:59	ENERO - 2022	S001	2296111	PAGO RECIBO DE PENSIONES						261.00	0.00		
64	28/02/2022	00:00	FEBRERO - 2022	S001	2314333	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4438	116	273.20		273.20	PAG	
65	25/03/2022	12:12	FEBRERO - 2022	S001	2314333	PAGO RECIBO DE PENSIONES						273.20	0.00		
66	31/03/2022	00:00	MARZO - 2022	S001	2332687	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4564	126	297.60		297.60	PAG	
67	20/04/2022	16:21	MARZO - 2022	S001	2332687	PAGO RECIBO DE PENSIONES						297.60	0.00		
68	30/04/2022	00:00	ABRIL - 2022	S001	2351151	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4657	93	217.00		217.00	PAG	
69	20/05/2022	14:47	ABRIL - 2022	S001	2351151	PAGO RECIBO DE PENSIONES						217.00	0.00		
70	31/05/2022	00:00	MAYO - 2022	S001	2369623	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4772	115	270.70		270.70	PAG	
71	30/06/2022	00:00	JUNIO - 2022	S001	2388261	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		4885	113	268.50		539.20	PAG	
72	31/07/2022	00:00	JULIO - 2022	S001	2406915	FACT. DE PENSIONES	ESTATAL		5061	176	425.30		964.50	PAG	



**Anexo 12.** *Diagrama PID del sistema automatizado*