

Sistema de riego automatizado en la vereda las juntas del municipio de Tibaná Boyacá

Javier Acevedo Caballero

Jhon Alexander Marulanda Triviño

Asesor

Milena Avila Orozco

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Tecnología en Automatización Electrónica Industrial

2026

Resumen

En el presente proyecto de investigación aplicada se realizó el diseño y simulación de un sistema de riego automatizado, que busca proporcionar agua de manera programada para controlar el riego del cultivo de café sin necesidad de realizarlo manualmente. Además, se planteó la implementación de un sistema hidráulico permanente para el abastecimiento de agua desde un aljibe, utilizando una bomba de succión eléctrica.

Actualmente los campesinos de la vereda Las Juntas presentan dificultades para realizar el riego en sus cultivos de café, que se ven afectados por la falta de agua lluvia y temporadas secas.

Gracias a la investigación que se desarrolló, surgió la idea de implementar un control de riego por medio de energías limpias como paneles solares y tecnologías modernas, que mediante aspersores garanticen una humedad adecuada al suelo donde va a estar la plantación de café.

La idea del control de riego automatizado es ayudar a reducir en un 50% el recurso hídrico, evitando el desperdicio, teniendo control eficiente y una adecuada programación.

La implementación del sistema de riego ayuda a gestionar procesos complejos y extensos, integrando múltiples tecnologías como redes de sensores y PLC para un control unificado; esto permite una producción con mayor eficiencia, reducción de costos y de fácil consecución de los materiales para su ejecución.

El estudio fue satisfactorio en cuanto a su funcionamiento y de fácil manejo para el personal que se va a beneficiar, además representa una solución económica y sostenible para implementaciones a gran escala.

Palabras Clave: Cultivos, riego, bomba, automatización, agua.

Abstract

In this applied research project, an automated irrigation system was designed and simulated, which seeks to provide water on a scheduled basis to control the irrigation of coffee crops without the need for manual intervention. In addition, the implementation of a permanent hydraulic system for water supply from a cistern, using an electric suction pump, was proposed.

Currently, farmers in the village of Las Juntas face difficulties in irrigating their coffee crops, which are affected by lack of rain and dry seasons.

Thanks to the research that was carried out, the idea arose to implement irrigation control using clean energy such as solar panels and modern technologies, which, through sprinklers, ensure adequate moisture for the soil where the coffee plantation will be located.

The idea behind automated irrigation control is to help reduce water use by 50%, avoiding waste, through efficient control and adequate scheduling.

The implementation of the irrigation system helps to manage complex and extensive processes, integrating multiple technologies such as sensor signals and PLCs for unified control. This allows for more efficient production, reduced costs, and easy procurement of the materials needed for its implementation.

The study was satisfactory in terms of its operation and ease of use for the personnel who will benefit from it. It also represents an economic and sustainable solution for large-scale implementations.

Keywords: Crops, irrigation, pump, automation, water.

Tabla de Contenido

Introducción	9
Planteamiento del Problema	10
Pregunta Problemática	11
Justificación	12
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marco Teórico.....	15
Marco Referencial.....	17
Estado del Arte.....	19
Antecedentes	20
Metodología	26
Diagrama de Bloques	28
Desarrollo del Proyecto.....	29
Descripción del Sistema de Alimentación Eléctrica	30
Diagrama Esquemático	31
Programación del Sistema.....	32
Supuestos para el Arranque.....	33
Variables y Entradas Digitales	33
Salidas Digitales	33
Lógica General del Sistema.....	34
Esquema del Funcionamiento del Sistema de Riego	35

Descripción del Funcionamiento Virtual del Riego.....	38
Opción 1 Activación Manual	39
Opción 2 Activación Temporizada.....	39
Enlace del Modelo del Riego Automatizado.....	40
Socialización del Modelo de Riego Automatizado	40
Presupuesto	42
Materiales.....	42
Resultados.....	44
Producción Efectiva	46
Control Eficiente.....	46
Medio Ambiente.....	46
Discusión.....	47
Contraste entre Resultados y Antecedentes Investigativos.....	49
Impactos	52
Impacto Ambiental.....	52
Impacto Social.....	53
Impacto Económico y Tecnológico	53
Conclusiones.....	54
Referencias Bibliográficas	56
Apéndices.....	60

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Precios Propuestos de los Elementos Requeridos para la Implementación del Proyecto</i>	43
Tabla 2 <i>Comparativa que Muestra el Contraste entre los Resultados y los Antecedentes Investigativos</i>	49

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Equipos para el Control de Riego y Clima Agrícola para Uso Profesional</i>	18
Figura 2 <i>Diagrama de Bloques de la Metodología del Proyecto</i>	28
Figura 3 <i>Diagrama de Flujo del Desarrollo del Proyecto</i>	29
Figura 4 <i>Diagrama Unifilar</i>	31
Figura 5 <i>Diagrama Esquemático</i>	32
Figura 6 <i>Interfaz del Usuario</i>	35
Figura 7 <i>Esquema General del Sistema de Riego</i>	36
Figura 8 <i>Esquema de Entradas al PLC SIEMENS</i>	37
Figura 9 <i>Esquema de Salidas del PLC SIEMENS</i>	37
Figura 10 <i>Programación LADDER y Diagrama de Fuerza</i>	38
Figura 11 <i>Socialización del Proyecto en la Población Objetivo de la Vereda las Juntas Tibaná, Boyacá</i>	41
Figura 12 <i>Comparativo del Ahorro de Agua en Litros</i>	44
Figura 13 <i>Comparativo Humedad del Suelo por Riego Manual vs Riego Automatizado</i>	45
Figura 14 <i>Escases de Agua en Colombia</i>	48
Figura 15 <i>Sistema de Riego Automatizado</i>	52

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Lista de Materiales</i>	60
Apéndice B <i>Bomba de Agua Sumergible</i>	61
Apéndice C <i>Aspersores de Riego</i>	63
Apéndice D <i>Electroválvula</i>	64
Apéndice E <i>Tanque de Almacenamiento de Agua</i>	66
Apéndice F <i>Panel Solar</i>	67
Apéndice G <i>Controlador PLC</i>	69
Apéndice H <i>Válvula y Flotador</i>	71
Apéndice I <i>Temporizador</i>	72
Apéndice J <i>Sensor de Humedad</i>	74
Apéndice K <i>Manguera Agrícola para Riego</i>	76
Apéndice L <i>Cable Eléctrico</i>	77
Apéndice M <i>Cable para Conexión Sensor de Humedad</i>	78
Apéndice N <i>Protección DPS DC</i>	79
Apéndice O <i>Batería 35Ah</i>	80
Apéndice P <i>Regulador Solar</i>	81
Apéndice Q <i>Tubería Conduit Protección Cable del Sensor Humedad</i>	83
Apéndice R <i>Varilla de Acero</i>	84

Introducción

La agricultura es una de las principales actividades económicas en la vereda Las Juntas, municipio de Tibaná, Boyacá, donde los cultivos dependen en gran medida del suministro natural de agua lluvia. Sin embargo, en los últimos años, las sequías y la irregularidad de las precipitaciones han afectado considerablemente el rendimiento de los cultivos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y el bienestar económico de la comunidad (Ríos et al., 2022). Ante esta situación, se hace imprescindible implementar soluciones que optimicen el uso de los recursos hídricos y que aprovechen las nuevas tecnologías para garantizar un suministro continuo y eficiente de agua (Idrica, 2023).

El presente trabajo tiene como objetivo implementar un sistema de riego automatizado que no solo responda a las necesidades hídricas de la zona, sino que también utilice energías limpias y renovables, como la energía solar, para su funcionamiento. A través del uso de una bomba de succión eléctrica y un controlador lógico programable (PLC) se busca abastecer de agua a media hectárea 100 x 50 metros de cultivo de café.

Este proyecto no solo contribuirá a la sostenibilidad del cultivo de café, durante las temporadas de escasez de agua, sino que también promoverá la innovación tecnológica en la región, abriendo nuevas oportunidades para el desarrollo rural y el bienestar de las familias campesinas.

Planteamiento del Problema

La agricultura es un sector fundamental para la economía colombiana, donde la actividad de riego cumple funciones esenciales para garantizar la calidad y productividad de los cultivos, sin embargo, muchos campesinos de distintas zonas del país enfrentan diferentes desafíos en la gestión y manejo del riego, lo que conlleva al desperdicio del recurso hídrico, reducción en la productividad y aumento en los costos de producción que finalmente afecta a los consumidores finales de los alimentos (Angarita, 2018).

A estas dificultades se suman otros problemas, la búsqueda de agua puede llevar a conflictos entre vecinos por el uso de fuentes comunes, algunas fincas cuentan con aljibes naturales que pueden servir como fuente de abastecimiento del sistema de riego, sin embargo, muchas veces se desconoce la capacidad actual del volumen en metros cúbicos disponibles.

Otras fuentes de abastecimiento del recurso pueden recorrer distancias largas o atravesar fronteras y montañas obligando a la extensión de manguera templada con guayas en acero que puedan atravesar dichos recorridos, lo cual genera un trabajo adicional. El uso de mangueras largas puede generar pérdidas significativas de agua debido a fugas y evaporación, se estima una cifra de más de 50 % (cerca de 50 litros diarios del preciado líquido que se extrae de las fuentes y que no es aprovechado para el riego de cultivos ni consumo humano o de animales, por ello la necesidad de un sistema automatizado para controlar el riego, ahorrar agua, y mejorar la calidad de los cultivos.

Pregunta Problemática

¿Cómo diseñar un sistema de riego automatizado y sostenible alimentado por energía solar y controlarlo mediante dispositivos electrónicos, que garantice un suministro eficiente de agua durante la temporada seca que reduzca el esfuerzo agrícola y minimice el desperdicio hídrico en los cultivos de café de la vereda Las Juntas de Tibaná, Boyacá?

Justificación

Latinoamérica está en pleno proceso de transición de la industria 3.0 a la industria 4.0, caracterizada por la integración del Internet de las Cosas (IOT) (Arredondo, 2023). Esta transformación implica la migración de todos los sistemas y métodos de supervisión a la red, con el objetivo de optimizar los modos de operación. Gracias a esta tecnología, ya no es necesario contar con la presencia humana para la puesta en marcha de los sistemas; basta con estar conectado a internet para supervisar, modificar modos de funcionamiento y arrancar o parar el sistema de forma remota

En el municipio de Tibaná de Boyacá se goza de climas variados que ayudan a que los cultivos como el café puedan progresar rápidamente, aunque el calentamiento global hace que la temperatura varíe constantemente, la altura donde se encuentra situado, hace que sea muy propenso al agua, pero en tiempos de fenómeno del niño, sufren mucho los cultivos como el café que necesita tener una humedad relativa del suelo del 40% durante sus etapas desde la plantación hasta la recolección, por ello, es necesario implementar un sistema automático alimentado mediante paneles solares, promoviendo el uso de energía renovable. Este sistema incluye un controlador lógico programable, señal de nivel de tanque y del porcentaje de humedad del suelo, permitiendo el riego de este cultivo con manguera flexible enterrada y distribuida sistemáticamente hasta sus plantaciones, terminando en los aspersores que simulan la lluvia, todo esto sin necesidad de desplazarse dentro de la finca. Además, se propone establecer un sistema hidráulico permanente que abastezca de agua a través de un aljibe, utilizando una bomba de succión eléctrica (Palma et al., 2022).

La futura implementación de este sistema no solo mejorará la eficiencia y precisión en la supervisión y mantenimiento de los mecanismos, sino que también reducirá significativamente el

trabajo relacionado con reparaciones e instalaciones repetitivas. Al incorporar estas tecnologías, los agricultores contribuirían a la innovación tecnológica en la región, acelerando su avance hacia la industria 4.0 y posicionándola a la vanguardia de la modernización industrial (Chasipanta y Corrales, 2023).

Objetivos

Objetivo General

Modelar un sistema de riego automatizado en la vereda Las Juntas, municipio de Tibaná, Boyacá, para los cultivos de café, con el fin de mejorar la eficiencia hídrica y la sostenibilidad ambiental de la región.

Objetivos Específicos

Dimensionar un sistema hidráulico que garantice el abastecimiento de agua desde un aljibe mediante una bomba de succión eléctrica, proporcionando la cantidad necesaria para mantener el suelo en óptimas condiciones para el cultivo de café

Diseñar un sistema de riego automatizado alimentado por energía solar, integrando una electroválvula y un PLC programado según los niveles de humedad del suelo.

Socializar a la comunidad campesina sobre el funcionamiento de las nuevas tecnologías diseñadas, promoviendo la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y el avance hacia la industria 4.0.

Marco Teórico

Con el fin de dar una solución eficiente y efectiva al problema frecuente de escasas de agua para el emergente e innovador cultivo de café de la vereda Las Juntas del municipio de Tibaná, se ha desarrollado este proyecto aplicado de automatización de un sistema de riego con energías limpias y renovables.

Los efectos del cambio climático debido al calentamiento global han causado problemas ambientales que afectan al mundo entero, sin ser ajeno para la población rural de la vereda de Las Juntas perteneciente al municipio de Tibaná Boyacá, donde año tras año pasan dificultades por la agudeza del verano que afectan los cultivos de consumo local como el de café fuente de sustento y economía (Lau et al., 2011).

Conservar y potenciar la agricultura en lugares rurales como es el caso de la vereda Las Juntas de Tibaná Boyacá, es un factor de vital importancia para el cultivo de alimentos y desarrollo de poblaciones apartadas que en muchos casos se encuentran en condiciones de pobreza y olvidadas por el gobierno y entes pertinentes.

Tibaná es un municipio ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia, conocido por su producción agrícola. Un sistema de riego automatizado puede ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia del uso del agua y aumentar la productividad agrícola en la región.

La implementación del proyecto aplicado permite monitorear variables como el porcentaje de humedad del suelo a través de un sensor que van instalado en el subsuelo, que a su vez conecta al microcontrolador SIEMENS, donde según la programación envía una señal para dar arranque a la bomba e iniciar el sistema de riego en el cultivo de café. Para que la bomba funcione correctamente depende de otra variable como el nivel del tanque donde se realiza la succión, con la ayuda de un medidor de nivel bajo también enviamos una señal al PLC para que

impida que la bomba trabaje sin nivel y se pueda dañar. La finalidad del proyecto es ser automatizado, sin embargo, es posible realizar el inicio de la bomba manualmente o con ayuda del temporizador establecer tiempos de riego según la necesidad o etapa del cultivo, permitiendo una flexibilidad y ajuste sobre la marcha (Aliaga y Quispe, 2015).

Beneficios: Ahorro del recurso hídrico para reducir el consumo y minimizar pérdidas de casi el 50%, mejora la productividad agrícola al proporcionar agua de manera precisa, reduce costos de mano de obra y energía.

Desafíos: El sistema debe ser confiable y resistente a fallas.

Capacitación y Adopción: Los agricultores deben estar capacitados para utilizar y mantener el sistema.

Implementación: Análisis de la zona para determinar necesidades específicas de riego y recursos disponibles.

Diseño del Sistema: Diseñar un sistema que se adapte a las necesidades de la zona y los cultivos.

Instalación y Pruebas: Instalar y probar el sistema para asegurarse de su funcionamiento efectivo.

Marco Referencial

Los sistemas de riego automático se han convertido en grandes aliados de los agricultores para lograr sacar a flote las cosechas y cultivos en condiciones de pocas precipitaciones y verano extremo. Asimismo, se trata de una tecnología que evoluciona constantemente y que, gracias a sus últimos avances e innovaciones, incorporan cada vez mejores soluciones para su uso eficiente del recurso hídrico.

De esta manera, se aborda la investigación documental de antecedentes y proyectos de un sistema de riego automatizado, la empresa española Maher Smart Agrocontrollers reconocida por su trabajo de fabricar y programar sistemas de riego y clima agrícola de la ciudad de Almería en España; esta compañía con más de 20 años de experiencia en el mercado cuenta con presencia en varios países como: Portugal, Francia, México, Argelia, Marruecos, Chile, Uruguay ha desarrollado su propio software de control automático de equipos de riego, enfocado en grandes cultivos e industrias, lo cual nos aporta una experiencia para el desarrollo de nuestro proyecto aplicado, el cual es de proporciones mucho más pequeñas, pero con la idea clara de realizar un proyecto de tecnologías innovadoras recientes (Soler et al., 2023).

Los sistemas de riego conocidos en el sector agrícola constan de tres modalidades: por goteo, microaspersión y aspersión, siendo esta última la seleccionada para nuestro proyecto de automatización. El sistema de riego por aspersión es uno de los múltiples métodos de riego de cultivos que existen en la actualidad. Consiste en aplicar el agua imitando la lluvia, es decir, mediante un chorro de agua pulverizada en gotas que realiza un giro de 360° el cual abarca un área significativa y aprovechada debido a su ubicación a 2,5 metros del suelo. El mecanismo funciona a través de una red de tuberías o mangueras que transporta el agua hasta los aspersores instalados estratégicamente en medio de los cultivos, los cuales utilizan presión para dispararla.

El riego como tal es potenciado a través de un sistema de bombeo, el cual se instala desde un aljibe comunitario de la finca como fuente de suministro del recurso hídrico.

Además, garantizar que al implementar este sistema de riego por aspersión se llegue incluso a los rincones más profundos de su cosecha de la finca, de forma tal que todo el terreno esté cubierto lo más homogéneamente posible. Por lo general, se sugiere que las tuberías o mangueras que componen el sistema van enterradas, así se evitan posibles desconexiones que generen fugas por el paso de animales o que los usuarios puedan accidentalmente desconectarlas. Adicional, se compone de tomas de agua o hidrantes, ramales de aspersión y los aspersores como tal. Por eso, se considera uno de los mejores mecanismos para las superficies de gran producción (Capraro y Tosetti, 2020).

Figura 1

Equipos para el Control de Riego y Clima Agrícola para Uso Profesional



Nota. Maher Smart Agrocontrollers (2023).

Estado del Arte

Un sistema de riego automatizado en Tibaná, Boyacá, puede mejorar la eficiencia del uso del agua y la productividad agrícola. Es importante considerar los desafíos y limitaciones para una implementación exitosa (Cortés y Vargas, 2020).

La empresa Maher ofrece diferentes equipos y soluciones de acuerdo con la necesidad de cada cliente en el sector agrícola, de acuerdo con el estudio de suelos, tipo de cultivos, cantidad del recurso hídrico disponible, ellos sugieren el tipo de controlador y el sistema de control de los procesos, como por ejemplo el uso de electroválvulas, actuadores, etcétera.

A través de su gestión de desarrollo y de la implementación de su tecnología en sistemas de riego ha realizado avances significativos con una experiencia de más de 25 años, con una participación en países como: Portugal, Francia, México, Argelia, Marruecos, Chile, Perú y El Salvador, han ayudado a controlar: riego, bombeo, agitación fertilizantes, fertilización con control de pH y ce o por tiempo, limpieza de filtros, mezcla de aguas (opcional) y apertura y cierre de válvulas

Lo cual ha llevado a dar soluciones agrícolas, gracias a que es posible reprogramar funciones sin necesidad de parar el sistema de riego, además de tener una flexibilidad del sistema debido a sus modalidades de inicio como son: por hora de inicio, tres veces al día, cíclicos, por demanda (5 entradas de demanda), por radiación solar acumulada, por entradas analógicas y válvulas remotas y programas secuenciales

Antecedentes

Hurtado et al. (2021) en su trabajo de grado denominado *diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin*, sostuvieron que el objetivo general de esta investigación fue desarrollar un prototipo de riego automatizado para huertas caseras controlado con Internet de las Cosas (IoT) en el municipio de Santa María Huila. El tipo de diseño de investigación utilizado en el proyecto es desarrollo experimental.

Muestra de resultados. El sistema ofrece las siguientes funcionalidades clave a través de la plataforma web IoT Cloud de Arduino:

Monitoreo remoto en tiempo real: Permite visualizar la temperatura ambiente y la humedad del suelo.

Los sensores utilizados para el monitoreo incluyen el sensor de temperatura y humedad DHT11 y una sonda para medir la humedad del suelo.

La comunicación entre la interfaz gráfica y el sistema se establece mediante conexión Wifi a la placa programable ESP8266.

Control de riego: La activación del riego se realiza mediante una bomba de agua y depende de parámetros preestablecidos.

El riego se activa si la humedad del suelo medida es menor a la humedad del suelo mínima permitida.

También se activa si la temperatura ambiente es superior a 35° y la humedad del suelo es inferior a un valor máximo establecido de 60%.

La interfaz gráfica del panel de control permite al usuario la configuración variable del parámetro de humedad mínima para adaptarlo a diferentes tipos de plantas. Desarrollo de Hardware y Energía. Los componentes físicos del prototipo incluyeron:

Bomba de agua: Se creó a partir de un diseño CAD y fue prototipada con impresión 3D para mejorar su eficiencia, aumentar la presión y evitar fugas. Se le añadió un tanque de agua y una cubierta protectora para el motor. * Fuente de energía: El sistema es alimentado por energía solar fotovoltaica, lo que contribuye a la protección del medio ambiente y elimina la dependencia de fuentes de energía tradicionales.

Como conclusión al desarrollar un sistema de energía solar fotovoltaica, el sistema de riego automatizado pudo funcionar de manera ininterrumpida utilizando energía limpia y económica lo cual es relevante para esta investigación, ya que aplicaron el mismo modelo de alimentación con energías limpias.

Lescano y Vásquez (2023) en su *investigación sistema de riego automatizado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo*, plantearon que el objetivo fue evitar la pérdida en la producción de un terreno ubicado en el Caserío Sigualo del Cantón Pelileo mediante la integración de un sistema de control de riego automatizado con un microcontrolador (

El tipo de diseño que se planteó fue la investigación aplicada para generar conocimiento tratando directamente los problemas que surgen de la sociedad o del sector productivo. En este proyecto, se buscó vincular la teoría con el producto final (el sistema de riego automatizado)

Muestra de resultados:

El 75% de los agricultores se vería beneficiado al instalar el sistema de riego automático para optimizar el tiempo y los recursos hídricos³.

El 75% de los agricultores indica que los derrumbes causados por el exceso de agua (realizado de manera natural) ocurren 6 veces a la semana⁴.

El 87.5% está de acuerdo con la propuesta de instalar un panel solar fotovoltaico para ahorrar en el costo del consumo de energía eléctrica.

Pruebas de funcionamiento: las pruebas garantizaron el correcto desempeño del sistema fotovoltaico y la verificación del estado de los sensores (lluvia, luz, y humedad del suelo) para la activación de la electroválvula.

El sistema de riego automatizado solo regará si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

La humedad del suelo es menor o igual a 50.

El sensor de lluvia detecta un valor de lluvia igual o mayor a 1000

El sensor de luz detecta oscuridad (Noche)

Como conclusión el sistema de riego automatizado implementado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo demostró ser una solución efectiva, adaptada a las condiciones específicas del terreno y con un enfoque en la sostenibilidad.

Márquez et al. (2024) en su trabajo titulado *sistema de riego automatizado para un cultivo de pequeña superficie*, mencionaron que el objetivo fue desarrollar un sistema de riego automatizado basado en Internet de las Cosas (IoT) para cultivos orgánicos de pequeña escala en una parcela del municipio de Chía, con el fin de optimizar el uso de los recursos hídricos y fomentar el desarrollo agrícola del municipio, validando la prueba de concepto del sistema (.

El proyecto utiliza un diseño cuantitativo y experimental.

Muestra de resultados. Mayor efectividad en el uso del agua: La regulación automática del riego, basada en los datos de los sensores de humedad, optimizó el consumo de agua al evitar el riego excesivo o insuficiente.

Aumento de la productividad: Al suministrar la cantidad precisa de agua en el momento oportuno, se fomentó un crecimiento y rendimiento óptimos de los cultivos.

Reducción del trabajo manual: La automatización del riego disminuyó significativamente la necesidad de supervisión y ajustes manuales, reduciendo el esfuerzo laboral hasta en un 90%.

Monitoreo remoto en tiempo real: Gracias a la conexión a la nube y a una aplicación multiplataforma, fue posible monitorear y controlar el sistema de riego a distancia, permitiendo recibir alertas instantáneas.

Recolección de datos históricos: Los datos recopilados por los sensores y almacenados en la nube facilitaron un análisis histórico que contribuirá a mejorar futuras prácticas de cultivo y riego.

Como conclusión es relevante para esta investigación en relación con la eficiencia en el uso racional del agua, ya que la regulación automática del riego, basada en datos de sensores de humedad, evitó tanto el riego excesivo como el insuficiente. Este enfoque promueve una agricultura más sostenible y consciente del medio ambiente.

Melgarejo y Abdon (2023) en su trabajo de grado denominado *diseño de un sistema automatizado con energía solar para la mejora del riego agrícola en el valle de Sayán–2023*. Mencionó que el objetivo general fue determinar si el sistema automatizado con energía solar se relaciona significativamente con la mejora del riego agrícola en el valle de Sayán – 2023.

El tipo de diseño de investigación de la tesis es no experimental

Muestra de resultados. La simulación del sistema automatizado fue validada exitosamente utilizando el software de simulación Proteus.

Correlación de Hipótesis (Análisis Estadístico). El estudio de correlación de Spearman entre las variables y sus dimensiones reveló una asociación significativamente positiva en todos los casos, lo que confirma las hipótesis planteadas.

Para esta investigación es demasiado significativo este proyecto experimental porque aborda mucha similitud en cuanto al montaje y resultados esperados.

Como conclusión existe una relación significativamente positiva entre el panel solar y la mejora del riego agrícola en el valle de Sayán – 2023. Esto está respaldado por un valor de correlación de Spearman de 0,876 que representa una alta asociación.

En el documento *automatización de un sistema de riego por aspersión* realizado por Ayoví y Montalvo (2023) se tuvo como objetivo principal implementar un sistema automatizado de riego por aspersión utilizando diferentes áreas de estudio como la automatización, el diseño y la programación.

El diseño se basó en el dimensionamiento y la selección de componentes hidráulicos y eléctricos, y el desarrollo de un control automatizado.

Resultados Generales y Tecnológicos. El proyecto demostró la viabilidad y los beneficios de aplicar la tecnología mecatrónica en la agricultura.

Método de Riego Óptimo: Se concluyó que el sistema de riego por aspersión es el más adecuado, ya que mejora la productividad del cultivo, ahorra tiempo y energía, y logra una mayor eficiencia en el uso del agua en comparación con otros métodos.

Sistema de Control: El diseño utiliza un controlador ON-OFF junto con un PLC (Controlador Lógico Programable), lo que permite que la parte hidráulica y eléctrica trabajen de forma conjunta para cumplir con los requerimientos específicos del cultivo.

Resultados hidráulicos y componentes. Los cálculos hidráulicos definieron la selección de los componentes necesarios para cubrir toda el área de riego:

Bomba de Agua: Para abastecer el sistema de riego por zonas (tramos), se concluyó que la bomba requerida debe tener un caudal superior a 1080 L/min.

Bomba Implementada: Se optó por una bomba con un caudal de 1300 L/min para garantizar el abastecimiento de todo el terreno.

Distribución: La distribución del agua a los aspersores se realiza de manera eficaz mediante el uso de válvulas de paso.

Métodos de Control Implementados. El software de control, programado en el PLC y en un controlador Arduino Uno, ofreció dos métodos de activación para el riego:

Control por Temporizador Semanal: Permite el encendido y apagado de las bombas en intervalos de tiempo programados, controlando el riego y evitando el consumo excesivo de agua.

Control por Sensores (Controlador Fuzzy): Activa el sistema de riego mediante la lectura de sensores de humedad del suelo y de lluvia, estos sensores envían valores analógicos al controlador Fuzzy, el cual determina si se deben activar las bombas.

Es relevante para esta investigación con relación al método de riego por aspersión, ya que es muy efectiva por el alcance y el ahorro del recurso hídrico, este antecedente fue viable porque puede mejorar la productividad del cultivo, ahorrar tiempo y energía.

Metodología

De acuerdo con el propósito del proyecto aplicado, se adopta un enfoque de investigación mixto, de modo que se integra un componente cuantitativo para medir y evaluar variables concretas como los requerimientos hídricos del cultivo y la frecuencia óptima del mismo; además se aplica un tipo de investigación aplicada, de campo y descriptiva. Esta elección de metodología de investigación se justifica en función del enfoque principal del problema que es el desperdicio del recurso hídrico y la baja eficiencia del riego manual que afecta al cultivo de café en la comunidad de la vereda las Juntas del municipio de Tibaná, Boyacá. De esta manera, a continuación, se mencionan las etapas realizadas para la metodología:

Definición de requerimientos, identificar y analizar las necesidades y especificaciones de los campesinos de la vereda de las Juntas del municipio de Tibaná, Boyacá los cuales serán beneficiados por la implementación del proyecto de automatización del sistema de riego, que tiene como fin de surtir agua en puntos estratégicos del cultivo de café. Asimismo, mediante un enfoque cuantitativo evaluar la cantidad de agua desperdiciada actualmente en el riego manual de los cultivos, definir la cantidad de agua requerida y la frecuencia de riego por día, en temporadas de bajas o nulas precipitaciones y sequías extendidas.

Investigación preliminar, realizar un estudio de mercado para identificar tecnologías disponibles, proveedores para las tuberías de riego, equipos de instrumentación como electroválvulas, bombas, PLC, etc. Sistema de alimentación autosostenible mediante energía solar, y finalmente normativas de seguridad aplicables.

Diseño detallado, bajo una investigación descriptiva se realizará un diseño detallado del sistema automatizado, incluyendo componentes específicos de enlace de comunicación, además de los accesorios que componen el sistema necesario para la implementación del proyecto. Debe

haber un análisis de costos según las necesidades y alcance del proyecto, teniendo en cuenta diseños previos, estudio, materiales, mano de obra y mantenimiento del sistema para realizar.

Prototipo y modelado, el diseño debe ser funcional abarcando las áreas de riego necesarias y debe activarse por medio de señales recibidas al PLC, con el encendido de la bomba de succión eléctrica debe garantizar el suministro del agua del aljibe.

Optimización del diseño, de acuerdo con los ensayos y simulaciones del proyecto aplicado se realizarán ajustes y mejoras en el diseño para optimizar la eficiencia, la capacidad de riego de acuerdo con el área cultivada y caudal de entrega, ajustando la altura ideal de ubicación de los aspersores. Es importante evaluar el sistema de carga y determinar las dimensiones del panel solar y la capacidad de la batería de respaldo, para alimentar los instrumentos de automatización y control y la bomba eléctrica que en la medida de lo posible debe ser con entrada de corriente directa o por el contrario se deberá contemplar un inversor que realice el cambio por corriente alterna y de la capacidad de acuerdo con el consumo de la bomba.

Instalación y puesta en marcha, una vez seleccionado los instrumentos, se hará la simulación del sistema de riego con las longitudes necesarias de manguera para garantizar llegar a los puntos establecidos del cultivo de café con más dificultades de riego de los agricultores de esta vereda de Tibaná.

Socialización, el proyecto busca una transformación comunitaria al mejorar notablemente las condiciones de trabajo de los campesinos en la agricultura, donde ellos serán beneficiados y tendrán la orientación para realizar el control y monitoreo de su sistema de riego de manera remota y en tiempo real de acuerdo con la simulación planteada.

Análisis de riesgos. la finalidad del proyecto aplicado es brindar solución y seguridad a los agricultores de Las Juntas, por ello se trabajará con todas las medidas de protección

necesarias para garantizar la integridad de los usuarios, visitantes y animales que comparten el entorno de la finca.

Evaluación y eficacia, realizar un análisis de la operatividad del sistema con el riego automatizado y simulado ya que se busca que sea lo más eficiente posible, sobre todo en temporadas de intenso calor y ausencia de lluvias que son un problema frecuente para los campesinos con sus cultivos de la región logrando un ahorro del recurso hídrico y una cosecha más eficiente y rentable.

Diagrama de Bloques

Figura 2

Diagrama de Bloques de la Metodología del Proyecto



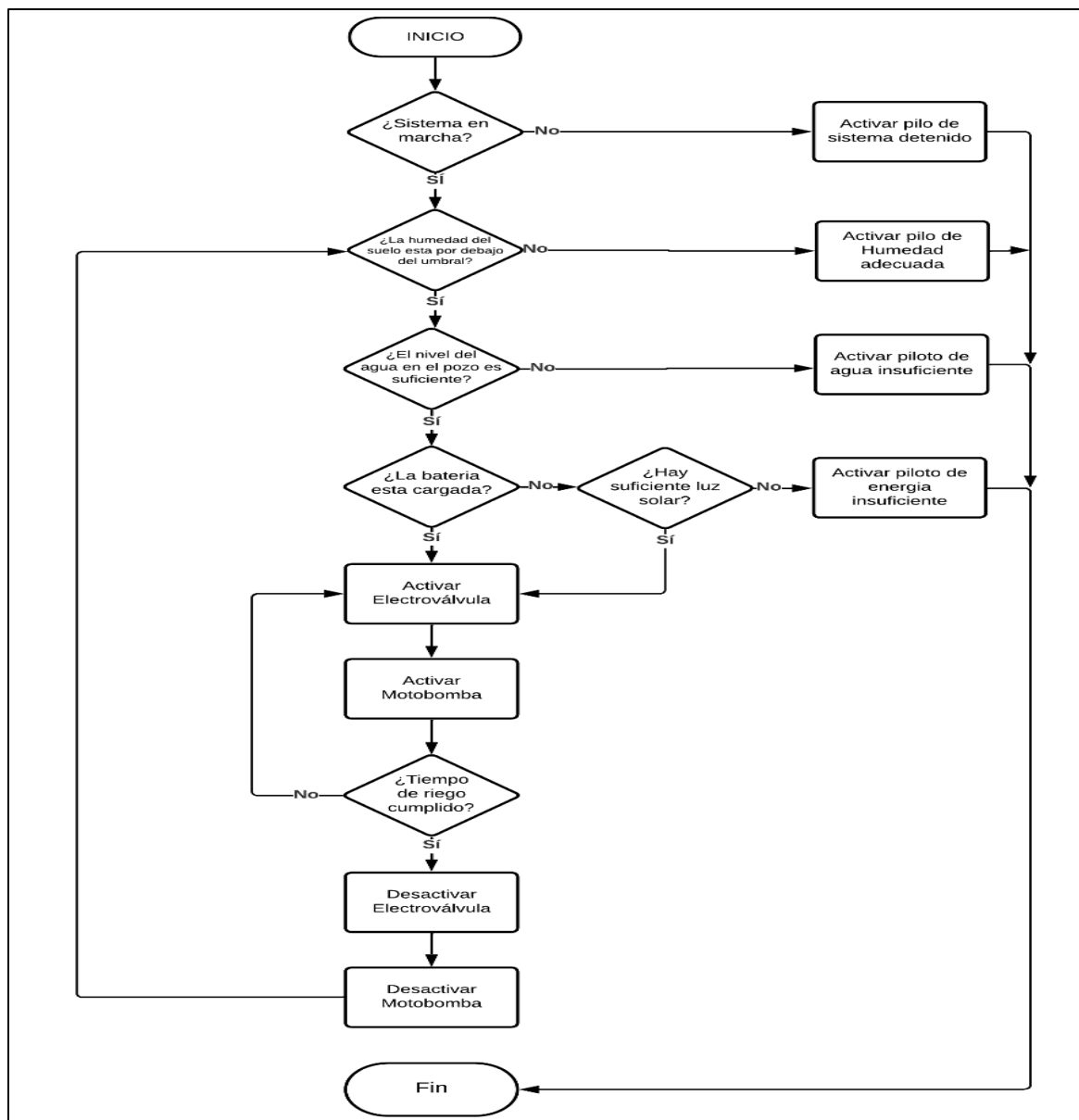
Nota. En el diagrama se puede observar los pasos a seguir desde la definicon de requerimientos hasta la evaluacion y eficacia.

Desarrollo del Proyecto

A través del siguiente diagrama de flujos, se describen brevemente las fases que lleva el sistema automatizado de riego:

Figura 3

Diagrama de Flujo del Desarrollo del Proyecto

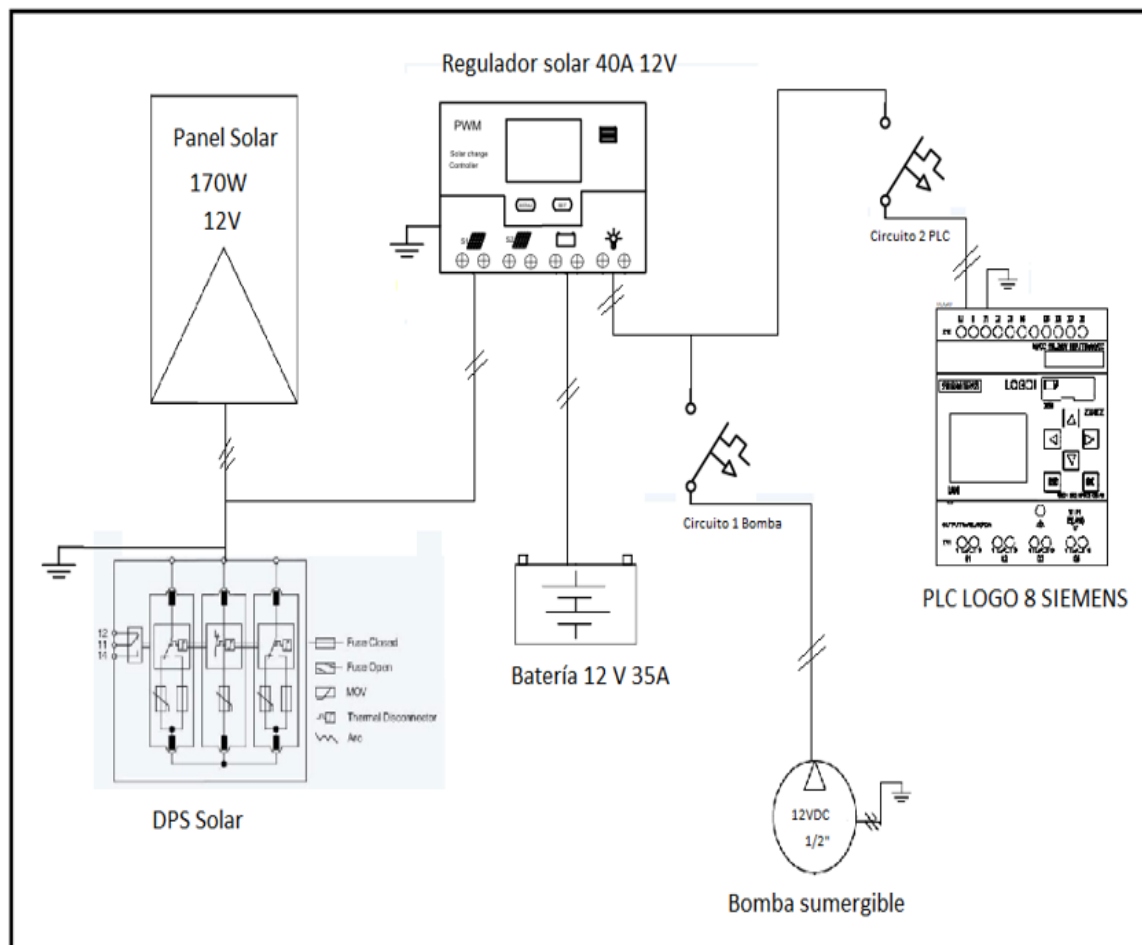


Nota. La figura presenta de forma sintética las etapas que integran el sistema de riego automatizado.

Descripción del Sistema de Alimentación Eléctrica

Se plantea que la energización del sistema sea con alimentación eléctrica renovable, con la ayuda de un panel fotovoltaico encargado de convertir la luz solar en electricidad a través de sus celdas expuestas a la radiación, esta carga puede variar de acuerdo a la intensidad y horario, por esta razón es fundamental proteger los equipos conectados con un dispositivo de protección de sobretensiones conocido como “DPS solar” y entregar un voltaje estable y compatible gracias a un regulador que reparte la carga hacia la batería que respalda y da continuidad del suministro eléctrico en ausencia de luz solar y a los equipos conectados que son controlador LOGO SIEMENS (PLC), la bomba de alimentación con corriente continua, el temporizador y el sensor de humedad.

El sistema es autosuficiente con un ciclo permanente de carga, ya que cuando exista radiación solar (horario de luz natural) el sistema opere con la energía del panel y mantenga la batería lo suficientemente cargada para que actúe cuando la demanda energética lo requiera o haya baja intensidad lumínica por efectos climáticos.

Figura 4*Diagrama Unifilar*

Nota. El diagrama representa el sistema de energización fotovoltaica y la distribución eléctrica hacia los equipos del sistema automatizado de riego.

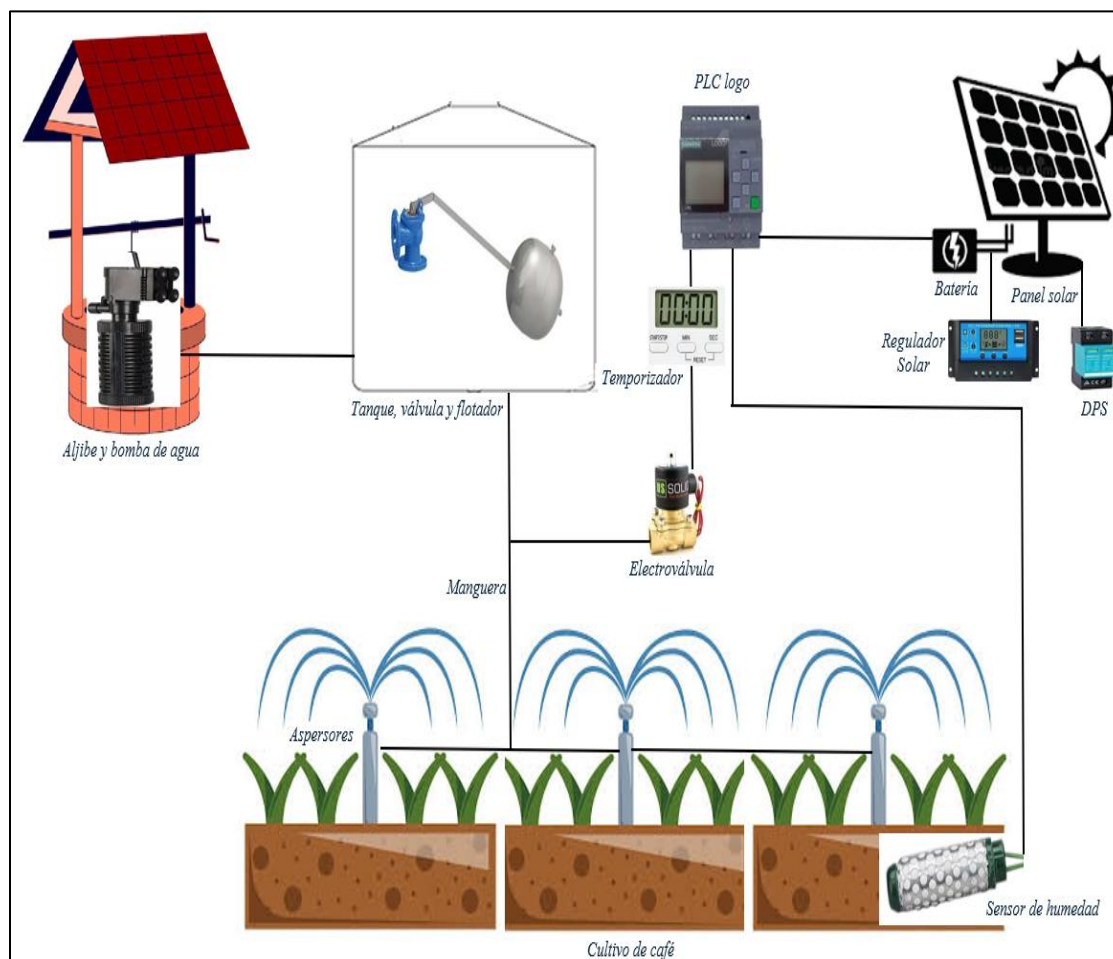
Diagrama Esquemático

En el siguiente diagrama esquemático se representa el funcionamiento completo del riego automatizado que inicia desde el aljibe el cual es nuestra fuente de agua disponible, seguido de un tanque de almacenamiento conectado por vasos comunicantes, el tanque cuenta con un flotador el cual está configurado para enviar una señal cuando este bajo, la bomba de impulsión

está conectada al tanque y se encarga de distribuir el recurso hídrico por las mangueras hasta los aspersores elevados a 2,5 metros para realizar el riego sobre los cultivos de café.

Figura 5

Diagrama Esquemático



Nota. El diagrama muestra el funcionamiento general del sistema de riego automatizado.

Programación del Sistema

Para un sistema de riego automatizado con PLC Logo de Siemens, el código se programa típicamente en el entorno LOGO Soft Confort usando diagramas de bloques lógicos (FBD). replicar en el software. Asumamos lo siguiente:

Supuestos para el Arranque

Panel solar alimenta el sistema (y/o una batería cargada).

Regulador, se encarga de distribuir el voltaje a la batería y a los dispositivos

Tanque con flotador (interruptor de nivel bajo) controla que la bomba no trabaje sin agua.

Start (Riego) activan el riego hasta los aspersores si no hay señales que lo impidan.

Stop (PE) Para por completo el sistema (parada de emergencia).

Sensor de humedad Envía una señal si se encuentra por encima del 40%.

Temporizador Define hora de inicio y duración del riego en horas o minutos

Bomba sumergible se desactiva si recibe señal de tanque bajo.

Bomba sumergible se desactiva si recibe señal del sensor de humedad por encima del 40%.

Bomba sumergible se activa si recibe señal del tiempo programado en el temporizador.

Bomba sumergible se desactiva cuando termina el tiempo del temporizador programado.

Variables y Entradas Digitales

I0.1: Start (arranque sistema)

I0.4: Stop (parada del sistema PE)

I0.7: Entrada del flotador de nivel bajo en el tanque

I1.2: Entrada señal del sensor de humedad (mayor que 40%)

-I1.5: Entrada señal del temporizador (depende la programación deseada en minutos/horas)

Salidas Digitales

Q0.0: Piloto verde encendido (ON)

Q0.4: Bobina energizada (bomba sumergible trabajando)

Q0.6: Piloto rojo encendido (OFF)

Lógica General del Sistema

Con relación a la activación del riego:

Si $I0.7 = 0$ (nivel óptimo), activar Q0.4 (bomba sumergible).

Si $I1.2 = 0$ (Humedad menor de 40%), activar Q0.4 (bomba sumergible).

Si $I1.5 = 1$ (Entrada señal del temporizador), activar Q0.4 (bomba sumergible el tiempo establecido).

Frente a la desactivación del riego:

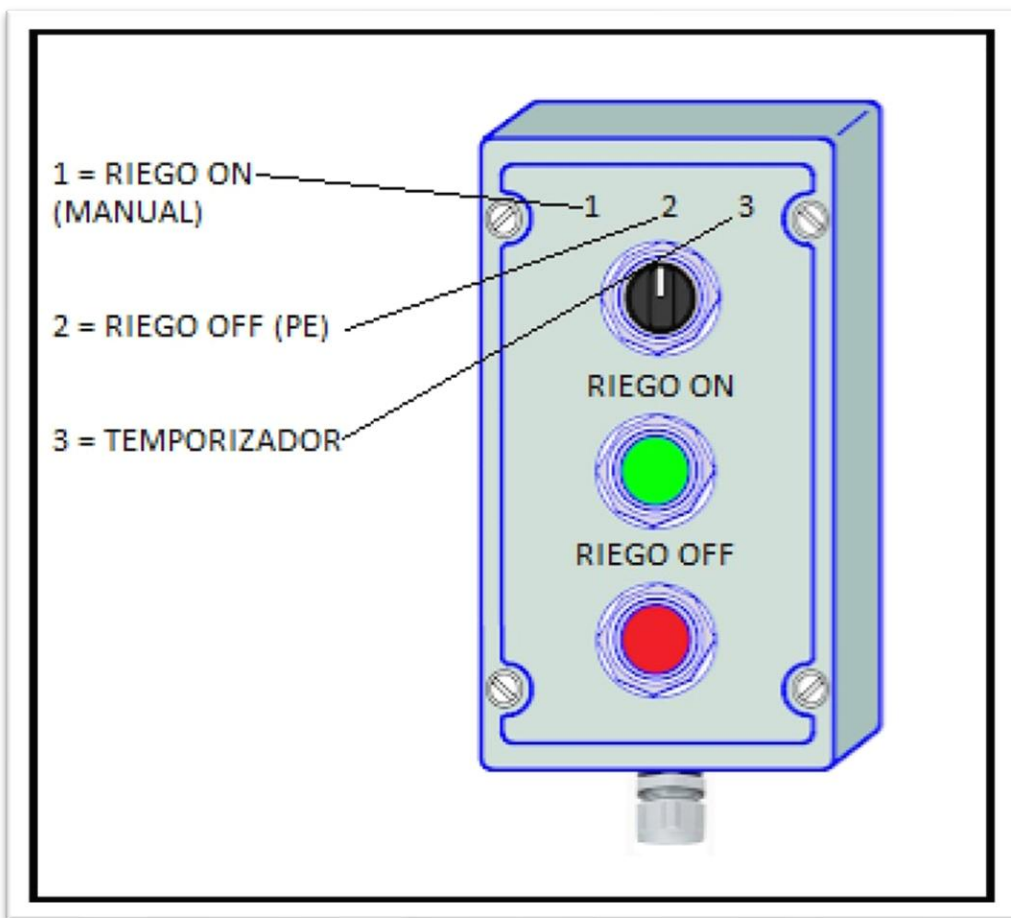
Si $I0.7 = 1$ (nivel bajo), desactivar Q0.4 (bomba sumergible).

Si $I1.2 = 1$ (Humedad mayor de 40%), desactivar Q0.4 (bomba sumergible).

Si $I1.5 = 0$ (temporizador en cero, fin conteo), desactivar Q0.4 (bomba sumergible).

Si es hora de riego ($I5 = 1$), el tanque tiene agua ($I7 = 0$), la humedad está por debajo del 40% ($I1.2 = 0$) activar Q4 (bomba sumergible).

El riego se detiene después de un tiempo programado (con temporizador instalado) o antes de las entradas I0.7 o I1.2 se activan.

Figura 6*Interfaz del Usuario*

Nota. La interfaz es amigable para el usuario ya que se prende y apaga el bombeo del modelo de simulación.

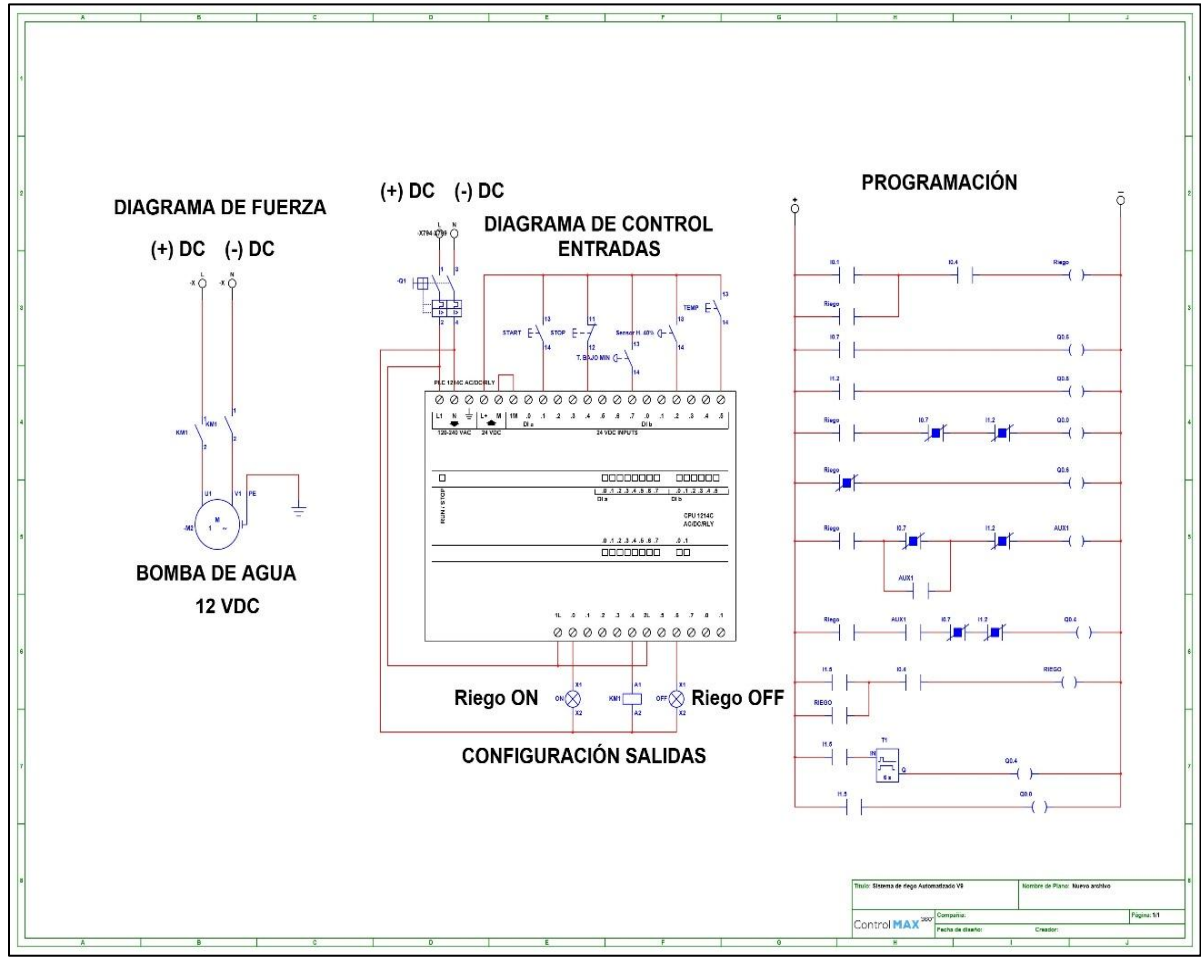
Esquema del Funcionamiento del Sistema de Riego

Por medio de la herramienta de diseño de circuitos eléctricos "CONTROLMAX360" se realizó el plano de simulación del sistema de control de riego, donde a través de señales de entrada como el sensor de humedad, nivel bajo del tanque, modo manual, o modo temporizador,

es posible arrancar la bomba que en este caso no está alimentada de corriente alterna sino de corriente continua del regulador solar a 12V.

Figura 7

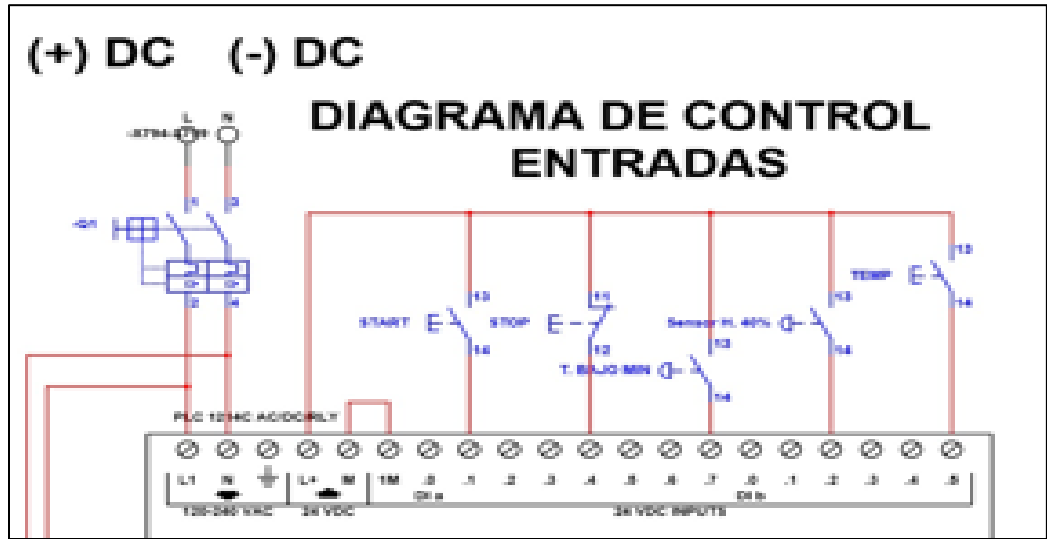
Esquema General del Sistema de Riego



Nota. Simulación del control de riego en CONTROLMAX360 con activación de la bomba mediante energía solar a 12 V.

Figura 8

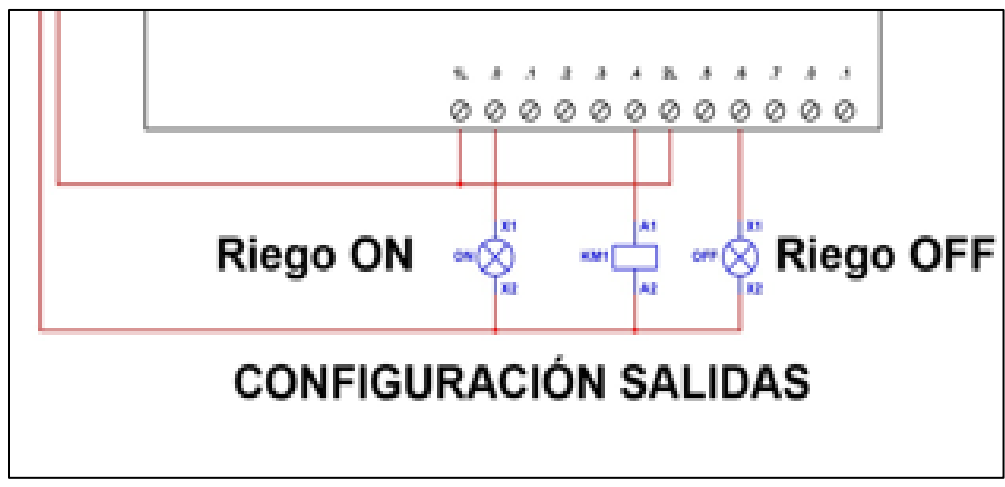
Esquema de Entradas al PLC SIEMENS



Nota. Esquema de las señales de entrada que recibe el PLC SIEMENS para el control del sistema de riego automatizado.

Figura 9

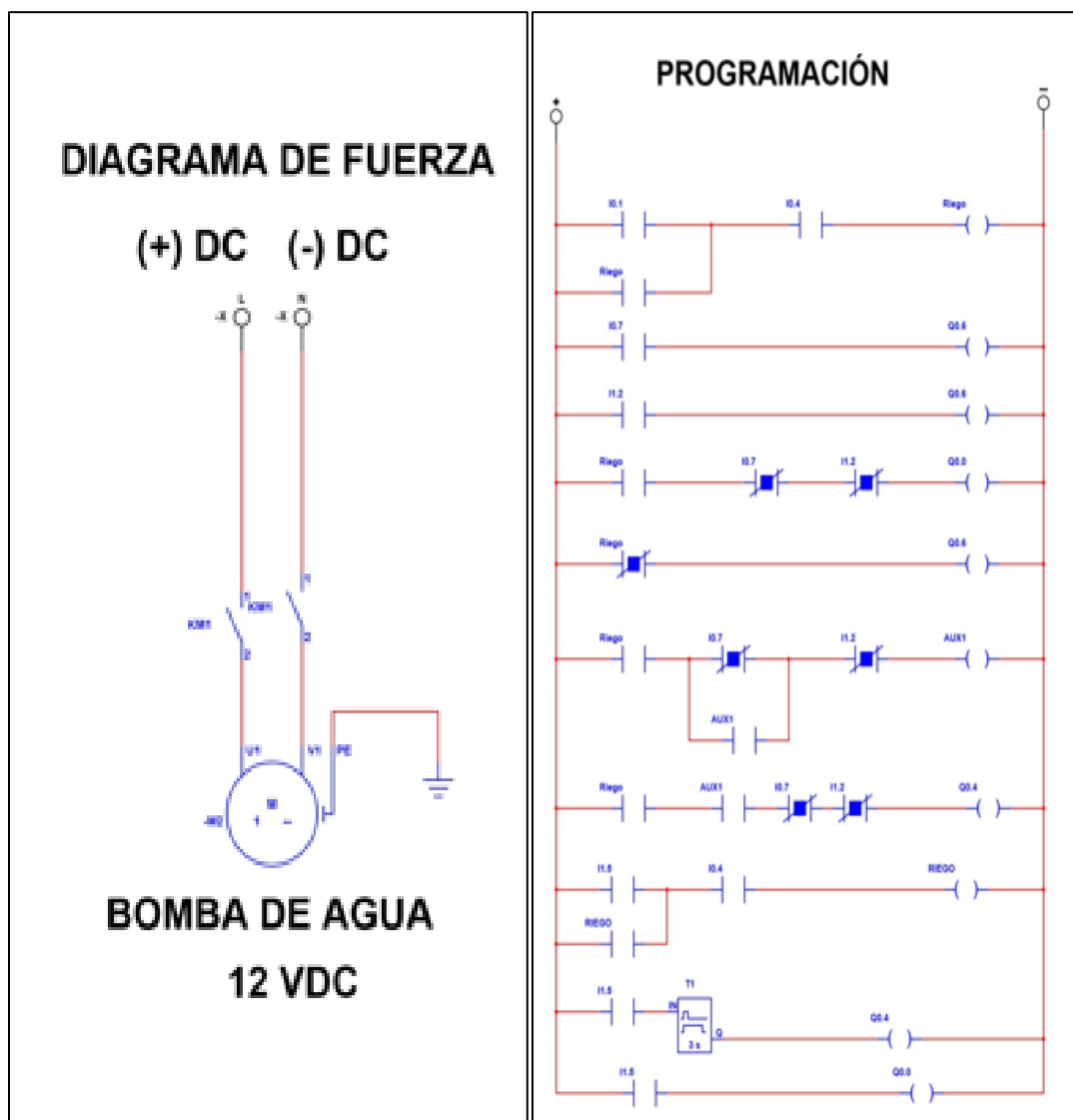
Esquema de Salidas del PLC SIEMENS



Nota. Representación de las señales de salida del PLC SIEMENS que accionan los dispositivos del sistema de riego automatizado.

Figura 10

Programación LADDER y Diagrama de Fuerza



Nota. Esquema de la lógica de control en lenguaje LADDER y del diagrama de fuerza utilizados para la operación del sistema de riego automatizado.

Descripción del Funcionamiento Virtual del Riego

Por medio de la programación del micro controlador PLC LOGO SIEMENS es posible configurar entradas y salidas digitales de señales de mando y control que permiten realizar una

simulación de la activación virtual del riego a los cultivos de café de la vereda las Juntas de Boyacá, el sistema es versátil y ajustable y cuenta con dos opciones de operación:

Opción 1 Activación Manual

Permite que el usuario active el bombeo con solo pulsar el botón de arranque que esta configurado como la entrada I0.1, esta acción activa que energiza y da la orden a la bomba de empezar a funcionar para suministrar y distribuir el recurso hídrico suministrado por el aljibe y el tanque hasta los aspersores que irigan las plantaciones de café, a la vez se enciende el piloto verde conectado a la salida Q0.0 del PLC LOGO.

El riego deja de funcionar si detecta una señal de entrada por tanque bajo o un porcentaje de humedad superior a 40, si ocurre el piloto verde se apaga y automáticamente se enciende el rojo.

Al momento que el tanque de abastecimiento supere el nivel mínimo o la humedad registre una medida por debajo del 40%, el sistema empezara a operar y se reanuda la irrigación de los cultivos apagando la luz roja y encendiendo la verde en los pilotos.

Opción 2 Activación Temporizada

Este modo de operación permite al usuario programar una hora específica donde quiera comenzar a regar la plantación, asimismo puede dar un tiempo de duración y una periodicidad siempre y cuando no se activen las señales de bajo nivel o humedad alta en la tierra antes que culmine el tiempo.

El piloto verde muestra que el riego esta marcha.

Al momento que concluya el tiempo establecido el sistema se apaga desactivando la bobina que da la orden de arranque de la bomba, el piloto rojo se activa A través de la salida Q0.6

Enlace del Modelo del Riego Automatizado

Para demostrar la operatividad del proyecto de simulación del riego automatizado, se comparte el link de acceso público con la explicación del sistema, ejecutando el programa Controlmax360 derivado del software CADESIMU especializado en diseño de circuitos de control automatizado de procesos industriales.

<https://youtu.be/c2Vosade4KQ>

Socialización del Modelo de Riego Automatizado

Uno de los alcances establecidos en la modelación del sistema de riego automatizado propuesto, fue realizar la socialización a la comunidad de la vereda Las Juntas del municipio de Tibaná Boyacá.

Primero, se dio a conocer la problemática actual exponiendo las dificultades en el trabajo del agricultor en donde los índices de desperdicio del recurso hídrico son elevados, ya que no tienen el control del riego de sus cultivos en especial el de café, el cual desempeña un valor importante para su economía al utilizar una técnica manual y rudimentaria.

Después, se mostraron las ventajas de tener un sistema controlado y eficiente que cuida el recurso hídrico y además hace más eficiente el crecimiento de los cafetos, gracias a la interfase de usuario y el prototipo completamente funcional del sistema de riego automatizado, que ordena arrancar o parar el bombeo que hace que el agua circule desde la fuente de abastecimiento hasta los aspersores que rocían los cultivos, con sensores y variables de control.

Una vez finalizada la socialización, la comunidad de la vereda de las Juntas del municipio de Tibaná Boyacá, asimiló de manera muy positiva la solución propuesta, con la parte técnica sustentada, y el presupuesto establecido.

Figura 11

Socialización del Proyecto en la Población Objetivo de la Vereda las Juntas Tibaná, Boyacá



Nota. Socialización del proyecto de grado aplicado a la población objetivo.

Presupuesto

Para la futura implementación de este proyecto aplicado debe existir un estudio de proveedores, materiales, diseños y mano de obra, por ello la importancia de realizar un cronograma de actividades y presupuesto organizado y así ver el alcance y uso de recursos los cuales son escasos en las comunidades campesinas de nuestro país y en general en América latina.

Materiales

Manguera flexible de polietileno de ½” de diámetro (se debe definir la longitud total del sistema). Accesorios de conexión para manguera de polietileno. Se deben tener en cuenta los accesorios necesarios para el sistema de riego, como lo son derivaciones, adaptadores hembras y machos, codos, tees, etc. Que sean compatibles con el diámetro y generen hermeticidad para evitar fugas o desperdicios del agua que va a circular.

Aspersores para riego: Se debe elegir el tipo de aspersor que mejor se adapte al sistema, soporte para darle una elevación calculada de la bomba de impulsión, garantizar que giren en su eje para garantizar un área de riego efectiva (Aliaga y Quispe, 2015).

Panel solar y sistema de suplencia: Se debe seleccionar las dimensiones del panel solar que suplan con las necesidades de alimentación de los dispositivos, en lo posible de debe minimizar el consumo energético y se deberán seleccionar instrumentos que se alimenten de corriente continua para evitar instalar inversores o convertidores de corriente alterna.

Bomba de impulsión para pozo o aljibe: Se debe seleccionar el tipo y marca de bomba efectiva para que el sistema funcione de la mejor manera, además tener en cuenta el consumo energético de la misma, que se alimente con corriente directa con un voltaje máximo de 24 V DC, que sea compatible con los accesorios de conexión (Aliaga y Quispe, 2015).

Electroválvula de accionamiento: la cual debe ser alimentada a máximo 24VDC y su consumo debe ser mínimo al momento de ser accionada remotamente.

Selector manual de operación del sistema de riego

Se debe seleccionar el tipo de tablero con la botonera de activación y desactivación de la bomba (interfase de usuario) de manera práctica y fácil.

Tabla 1

Precios Propuestos de los Elementos Requeridos para la Implementación del Proyecto

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario \$	Costo total \$
Equipo humano	2	n/a	4.000.000	8.000.000
Viajes y salidas a campo	5	n/a	300.000	1.500.000
Bomba de agua sumergible	1	12 v	1.010.000	1.010.000
Aspersores de riego	15	1-3 bar	12.300	184.500
Electroválvula	1	12 v	130.257	130.257
Tanque de agua	1	500 lts	273.900	273.900
Panel solar	1	150 w	350.000	350.000
Módulo controlador LOGO SIEMENS (PLC)	1	72 mm	800.000	800.000
Válvula con flotador	1	1/2 "	50.000	50.000
Temporizador	1	12 v	150.000	150.000
Manguera agrícola rollo de 400 mts	1	1/2 "	400.000	400.000
Cable encauchetado 4x10 AWG por 10 mts	1	mts	70.000	70.000
Protección DPS	1	12 v	85.000	85.000
Batería Netion	1	12 v	368.900	368.900
Regulador solar de voltaje	1	12 v	50.000	50.000
Sensor de humedad	1	12 v	30.000	30.000
Cable para sensor de humedad rollo 100 mts	1	mts	60.000	60.000
Tubería Conduit x 3 mts	25	mts	3.800	95.000
Varilla para realce de aspersores	8	mts	30.000	240.000
Total			13.847.557	

Nota. La tabla muestra los precios de los elementos requeridos para la implementación del proyecto aplicado.

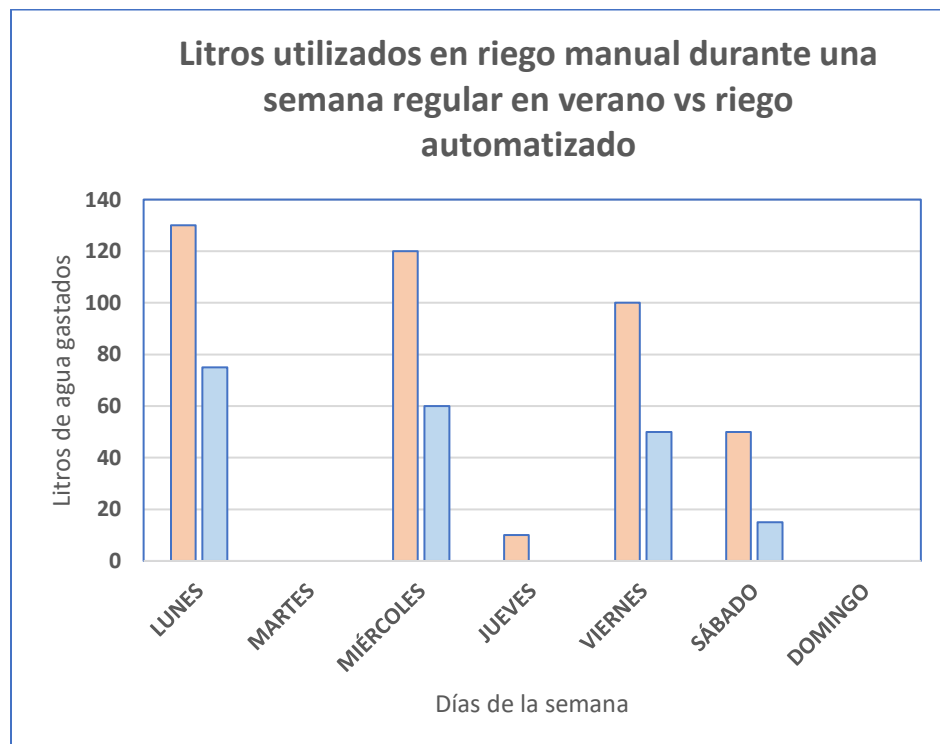
Resultados

Reducción Recurso Hídrico

En este proceso de simulación de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica, gobernado por sensores de humedad de suelo y con un aljibe que abastece un pozo muestra una reducción del 50% en el consumo de agua para el riego del cultivo de café respecto al riego manual. En la gráfica se muestra los litros utilizados en riego manual durante una semana regular en veranos vs los litros de agua utilizados cuando se implementa un sistema de riego automatizado; en naranja se representa el riego manual y en azul el riego automatizado respectivamente.

Figura 12

Comparativo del Ahorro de Agua en Litros

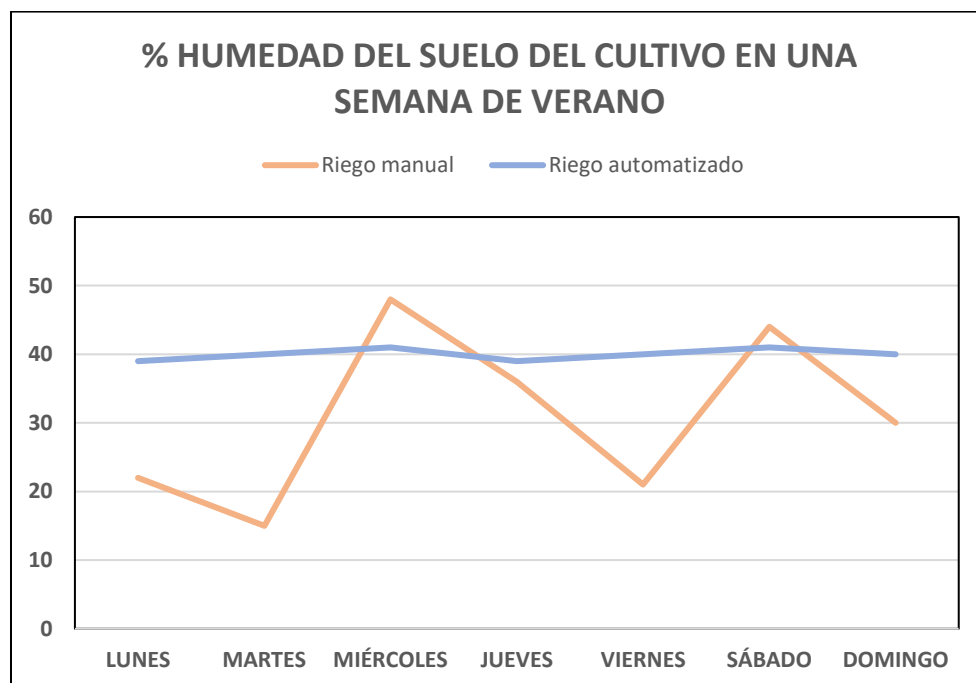


Nota. Comparación del consumo de agua, en litros, entre el riego manual y el riego automatizado durante una semana típica de verano.

Con la ayuda del sensor de humedad que envía una señal cuando está por encima o por debajo del 40%, se controla y estabiliza la humedad del suelo que recorre los surcos de los cafetos sembrados, evitando la saturación del suelo por exceso de agua, tal como se muestra en la figura 13.

Figura 13

Comparativo Humedad del Suelo por Riego Manual vs Riego Automatizado



Nota. Comparación de los niveles de humedad del suelo obtenidos mediante riego manual y riego automatizado.

Además, es posible apreciar la estabilidad en los porcentajes diarios de la humedad del suelo gracias al sensor instalado en el subsuelo del cultivo con el riego automatizado, por el contrario, con un riego manual se refleja una variación significativa que afecta la calidad y producción del café.

Producción Efectiva

Se incrementó el 20 % en la producción de café respecto al método manual tradicional de riego, debido a una mejor disponibilidad de agua en las etapas críticas del desarrollo del cultivo, desarrollo de los agricultores y mejor calidad de vida a los habitantes de la vereda Las Juntas.

Control Eficiente

El sistema demostró facilidad de monitoreo y mantenimiento, permitiendo a los agricultores tener mayor control y autonomía sobre el proceso de riego, gracias al uso de sensores de humedad de suelo y controladores electrónicos programados. Este sistema ajusta automáticamente los tiempos y volúmenes de riego según las necesidades reales del cultivo, evitando tanto el exceso como la escasez de agua.

Medio Ambiente

Como resultado, se logró una reducción significativa en el desperdicio hídrico y una optimización del consumo energético. Además, se mejoró la uniformidad en la distribución del agua, garantizando condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo y contribuyendo a una mayor productividad agrícola, además, al contar con alimentación fotovoltaica, el sistema opera con energía limpia y renovable, disminuyendo las emisiones de CO₂ y promoviendo la sostenibilidad energética en las labores agrícolas. Esta eficiencia ambiental también reduce la erosión del suelo y mejora su conservación, manteniendo un equilibrio ecológico favorable para la flora y fauna del entorno.

Debido al calentamiento global se evidencia que la aspersion va a estar en un 30% de su capacidad, dado que las temporadas de lluvia se han extendido con el pasar del tiempo. En conjunto, el sistema de riego automatizado representa un avance hacia una agricultura sostenible, con bajo impacto ambiental y mayor responsabilidad en el manejo de los recursos naturales.

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran la efectividad del sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica como una alternativa sostenible y eficiente frente al riego manual tradicional. La reducción del 50% en el consumo de agua evidencia el impacto positivo del uso de sensores de humedad del suelo y controladores electrónicos que regulan el suministro hídrico de acuerdo con las necesidades reales del cultivo de café. Este ahorro hídrico no solo representa un uso racional del recurso, sino también una estrategia de adaptación ante la escasez de agua derivada del cambio climático. El hecho de que el sistema aproveche además agua lluvia para cubrir el 50% del requerimiento hídrico anual por planta refuerza su carácter sustentable y su capacidad para integrarse a ciclos naturales de captación y reutilización del agua.

El incremento del 20% en el rendimiento del cultivo respecto al método tradicional confirma que una adecuada gestión del riego incide directamente en la productividad agrícola. Este aumento está asociado a la disponibilidad oportuna y equilibrada de agua durante las etapas críticas del desarrollo del café, lo que reduce el estrés hídrico y favorece la floración y el llenado de los granos. A nivel social, esta mejora repercute en el bienestar de los agricultores de la vereda Las Juntas, quienes logran mayores ingresos y estabilidad económica gracias al aumento en la producción y a la reducción de costos operativos.

Se evidenció la facilidad de operación del sistema, ya que los sensores y controladores permiten un monitoreo continuo y un mantenimiento sencillo. La automatización brinda mayor autonomía a los productores, optimizando los tiempos de riego y reduciendo la necesidad de supervisión constante. Este aspecto es fundamental en zonas rurales donde el acceso a personal técnico o recursos es limitado, y demuestra cómo la tecnología puede integrarse exitosamente a prácticas agrícolas tradicionales.

Desde la perspectiva ambiental, el sistema aporta beneficios significativos. La reducción del desperdicio hídrico, la optimización del consumo energético y el uso de energía fotovoltaica contribuyen a minimizar la huella de carbono y a fomentar la sostenibilidad energética en las labores agrícolas. Además, la uniformidad en la distribución del agua mejora la conservación del suelo, disminuye la erosión y favorece la biodiversidad local. Estos resultados refuerzan la idea de que la automatización no solo busca eficiencia productiva, sino también equilibrio ecológico.

Finalmente, frente a los efectos del calentamiento global, la disponibilidad de agua para riego podría reducirse hasta un 30% debido a cambios en los patrones de lluvia, la ejecución de sistemas automatizados y autosuficientes es una solución viable y resiliente. Los resultados confirman que el sistema de riego automatizado con energía fotovoltaica es una herramienta integral que impulsa la agricultura sostenible, promueve el uso responsable de los recursos naturales y fortalece la adaptación climática de los sistemas agrícolas locales. El agua afecta aspectos del desarrollo y se relaciona con la mayoría de los ODS, impulsa el desarrollo económico, apoya los ecosistemas saludables y es esencial para la vida (Campos et al. 2024).

Figura 14

Escases de Agua en Colombia



Nota. Tomado de Pérez (2022).

Los resultados demostraron que la implementación del sistema de riego automatizado no solo es una solución técnica para el manejo del agua, sino también una estrategia integral que combina sostenibilidad ambiental, desarrollo social y avance tecnológico, sirviendo como modelo replicable para otras regiones cafeteras.

Contraste entre Resultados y Antecedentes Investigativos

Tabla 2

Comparativa que Muestra el Contraste entre los Resultados y los Antecedentes Investigativos

Aspecto	Resultados	Antecedentes
Aplicación y Cultivo Específico	Cultivo de café. Específico en la vereda Las Juntas.	Diversos: Huertas caseras, terreno en el Caserío Sigualo, cultivos orgánicos de pequeña escala, agricultura en el valle de Sayán.
Reducción del Consumo de Agua (Ahorro Hídrico)	Muestra una reducción del 50% en el consumo de agua respecto al riego manual. Evita la saturación del suelo por exceso de agua y reduce el desperdicio hídrico.	Consistente en la meta: Todos los antecedentes buscan optimizar y mejorar el uso racional del agua. El sistema de Díaz (2022) y Ayoví y Montalvo (2023) también mencionan la optimización/eficiencia hídrica.

Aspecto	Resultados	Antecedentes
Impacto en la Producción/Rendimiento	Incremento del 20% en la producción de café. Muestra un mejor rendimiento y productividad.	Consistente en el beneficio: Fomentó un crecimiento y rendimiento óptimos de los cultivos (Díaz, 2022). Mejora la productividad del cultivo (Ayoví y Montalvo, 2023). El 75% de los agricultores se beneficiaría al optimizar recursos (Lescano y Vásquez, 2023).
Sostenibilidad y Fuente de Energía	Alimentado por energía fotovoltaica. Opera con energía limpia y renovable, disminuyendo emisiones de CO ₂ .	Consistente en la solución: Cortés y Vargas (2020); Lescano y Vásquez (2023), y Melgarejo y Abdon (2023) también utilizan y/o proponen la alimentación con energía solar fotovoltaica como fuente limpia y económica.
Control y Monitoreo	Controlado por sensores de humedad de suelo. Ajusta automáticamente tiempos y volúmenes de riego. Demostró	Consistente en la tecnología: Uso de sensores de humedad del suelo en todos los proyectos. Uso de IoT

Aspecto	Resultados	Antecedentes
Método de Riego	facilidad de monitoreo y mantenimiento. Simulación de riego automatizado (sin especificar micro-goteo o aspersión).	(Internet de las Cosas) para monitoreo remoto en tiempo real y control a distancia (Cortés y Vargas, 2020; Díaz, 2022). Diversidad de Métodos: Riego por aspersión (Ayoví y Montalvo, 2023). Riego automatizado sin especificar (Cortés y Vargas, 2020, Díaz, 2022; Melgarejo y Abdon, 2023).

Nota. Se presenta una comparación general entre los resultados obtenidos y los estudios previos relacionados.

Impactos

Impacto Ambiental

El sistema de riego automatizado reduce en un 50% el uso de recurso hídrico para el cultivo de café en la finca, lo cual es fundamental para zonas agrícolas en regiones áridas o semiáridas. Además, una irrigación precisa reduce la posibilidad de erosión del suelo o lixiviación de nutrientes (Pineda y Plaza, 2023).

Ahora bien, al momento de combinar el aporte de 10.000 litros de agua por planta al año mediante el sistema de riego y otros 10.000 litros provenientes de agua lluvia. Esta optimización disminuye el desperdicio de agua, protege las fuentes hídricas locales y promueve un manejo más sostenible del suelo, contribuyendo a la adaptación frente a escenarios de variabilidad climática.

Figura 15

Sistema de Riego Automatizado



Nota. Tomado de Araque (2022).

Impacto Social

La implementación del sistema favorece a la comunidad cafetera de la vereda Las Juntas, ya que mejora las condiciones de trabajo al disminuir el esfuerzo físico del riego manual, liberando tiempo para otras labores agrícolas. Además, sirve como experiencia piloto para otros productores de café de la región, fortaleciendo el conocimiento local en prácticas de agricultura sostenible y fomentando el trabajo colaborativo en torno a la conservación del agua.

Impacto Económico y Tecnológico

La automatización del riego permite ahorros significativos en costos operativos al reducir el consumo de agua y mano de obra, incrementando la rentabilidad del cultivo. El uso de paneles solares asegura autonomía energética, disminuye el gasto eléctrico y posiciona el proyecto como un ejemplo de transición hacia la industria 4.0 en el sector agrícola. Su diseño modular y replicable abre la posibilidad de ser adoptado por otras fincas cafeteras, potenciando el desarrollo tecnológico de la región.

El proyecto de riego automatizado constituye una solución ambientalmente responsable, socialmente beneficiosa, económicamente rentable y tecnológicamente innovadora. Su enfoque integral no solo mejora la producción de café en la vereda Las Juntas, sino que también se proyecta como un modelo de agricultura inteligente que puede ser escalado a otras comunidades rurales, fortaleciendo la sostenibilidad y la competitividad del sector cafetero.

Conclusiones

El proyecto de riego automatizado fue desarrollado y simulado, siguiendo las necesidades del cultivo del café, el cual requiere mantener una humedad del suelo del 40%, esta variable se controla con ayuda del sensor de humedad instalado en medio de los cafetos sembrados.

La bomba de abastecimiento que impulsa el recurso hídrico por las mangueras hasta los aspersores de riego condiciona su funcionamiento con base a la señal de un contacto cerrado a la entrada del PLC que envía el flotador, el cual está instalado en la parte baja del tanque, esta acción protege el motor evitando que la bomba trabaje en seco.

El sistema de riego automatizado permite una reducción de los desperdicios de agua del 50%, alrededor de 50 litros diarios.

El modelo del sistema permitió plantear una solución técnica, eficiente y económica para dar solución a la problemática y complejidad de realizar los riegos de manera manual y sin ningún tipo de control.

Por medio del temporizador conectado al PLC LOGO, fue posible realizar una programación de la simulación del riego, estableciendo la hora en que inicia y la duración en minutos u horas de este periodo.

Entre los múltiples beneficios para los campesinos usuarios de la finca en la vereda “Las Juntas”, está el tener el control de activación o desactivación de los riegos de manera automatizada con el encendido y apagado de la bomba de impulsión del agua hacia los aspersores gracias a la interfase de usuario, logrando evitar el desplazamiento constante y arduo entre los cultivos, mejorando la calidad de vida de cada uno de ellos.

El proyecto modelado pretende ser un piloto que a futuro puede ser replicado en más fincas y veredas del municipio de Tibaná, así como también a nivel nacional, lo cual fomentará el desarrollo económico y tecnológico.

Referencias Bibliográficas

- Aliaga, G., y Quispe, P. (2015). *Sistema de control de la humedad relativa para un invernadero utilizando el controlador lógico programable* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Huánuco]. Repositorio UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/8a1636b3-f1bd-4746-b542-d2b012042c55>.
- Angarita, R. (2018). *Herramienta TIC para generar cultura ciudadana en el uso racional del recurso hídrico en instituciones educativas* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio UPTC. <https://repositorio.uptc.edu.co/entities/publication/f1ccf9fd-5a37-4622-ac51-7eb1329f6ca3>
- Araque, A. (2022, 20 de octubre). *Tipos de sistemas de riego: ventajas y desventajas de cada uno*. Gestión Agroambiental. <https://gestionagroambiental.com/tipos-de-sistemas-de-riego-2/>
- Arredondo, V. (2023). *La industria 4.0 y la transformación digital: el efecto sinérgico de la responsabilidad social corporativa y el capital humano en el marco de los objetivos de desarrollo del milenio* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://hdl.handle.net/10317/12551>
- Ayoví, A., y Montalvo, M. (2023). *Automatización de un sistema de riego por aspersión* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24965>
- Campos, M., Fajardo, D., y García, L. (2024). Cuidado y conservación de las fuentes hídricas para el desarrollo sostenible. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 382–385. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/21101>

- Capraro, F., y Tosetti, S. (2020). Herramientas modernas de gestión en riego de precisión basadas en dispositivos electrónicos, programas informáticos y técnicas de control automático. *SADIO Electronic Journal of Informatics and Operations Research*, 19(1), 5–32. <https://revistas.unlp.edu.ar/ejs/article/view/17626>
- Chasipanta, J., y Corrales, J. (2023). Perspectivas y desafíos en la industria 4.0 para el sector agroindustrial de La Maná: Perspectives and challenges in industry 4.0 for the La Maná agroindustrial sector. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 4(2), 848–869. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v4i2.173>
- Cortes, C., y Vargas, G. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Ucatólica. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/bb8b9843-c256-43d7-bacf-3dda6b5ebc59>
- Díaz, T. (2022). Eficiencia en el uso del agua: etiquetado hídrico en los productos para obtener mayor valor. *Revista Plus Economía*, 10(1), 75–85. <https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/527>
- Hurtado, L., Cortés, J., Sarmiento, K., Romero, D., y Aldana, D. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin* [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Ucatólica. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/bb8b9843-c256-43d7-bacf-3dda6b5ebc59>

- Idrica. (2023). *Tendencias del agua en optimización para 2023: El papel de la inteligencia artificial*. <https://www.idrica.com/es/blog/tendencias-del-agua-en-optimizacion-para-2023-el-papel-de-la-inteligencia-artificial/>
- Lau, C., Jarvis, A., y Ramírez, J. (2011). *Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático*. <https://cgspace.cgiar.org/items/81291d3f-4e25-4d93-8602-2d409e170e29>
- Lescano, A., y Vásconez, D. (2023). Sistema de riego automatizado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Pentaciencias*, 5(4), 271–281. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i4.666>
- Maher Smart Agrocontrollers. (2023). *Nuestros valores*. <https://www.maherelectronica.com/wp-content/uploads/2020/03/dossier-maher-electrnica.pdf>
- Márquez, J., Prieto, A., Manrique, M., y Sánchez, Ó. (2024). Sistema de riego automatizado para un cultivo de pequeña superficie. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 36(2), 32-45. <https://doi.org/10.37815/rte.v36n2.1227>
- Melgarejo, L., y Abdon, C. (2023). *Diseño de un sistema automatizado con energía solar para la mejora del riego agrícola en el valle de Sayán* [Trabajo de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio UNJFSC. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/8157>
- Palma, C., Pinzón, G., y Martínez, M. (2022). Economía naranja y desarrollo tecnológico en Colombia: retos y desafíos en la era de la industria 4.0. *Revista Innova ITFIP*, 11(1), 117–134. <https://doi.org/10.54198/innova11.07>
- Pérez, D. (2022). *El 29 % de las escuelas en el mundo carecen de agua potable*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/salud/agua-potable-como-es-la-situacion-en-colombia-y-el-mundo-684327>

- Pineda, K., y Plaza, C. (2023). *Automatización de riego con tecnología de sensorización ambiental para determinación del volumen de riego en cultivo de tomate por invernadero* [Tesis doctoral, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Universidad Agraria del Ecuador.
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PINEDA%20MORAN%20KAREN%20DENNYS.pdf>.
- Ríos, D., Álvarez, P., Muñoz, A., Giraldo, D., y Ramírez, J. (2022). *Planes prediales para la adaptación frente a la variabilidad climática en Boyacá-Colombia* (CCAFS Working Paper No. 419). CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). <https://alliancebioversityciat.org/publications-data/planes-prediales-para-la-adaptacion-frente-la-variabilidad-climatica-en-boyaca>.
- Soler, M., Parras, D., Intrigliolo, D., y Molina, J. (2023). La evolución del riego inteligente. En F. Artés Hernández, J. A. Fernández Hernández, E. Armero, M. D. de Miguel Gómez, J. M. Molina Martínez, J. J. Alarcón Cabañero, y J. C. Terrer (Coords.), *Libro de actas del 11º Workshop en Investigación Agroalimentaria para jóvenes investigadores*. Universidad Politécnica de Cartagena. (pp. 12–15).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8923704yorden=0yinfo=link>

Apéndices

Apéndice A

Lista de Materiales

Bomba de agua Sumergible

Aspersores de riego

Electroválvula

Tanque de agua

Panel solar

Modulo LOGO

Válvula y flotador

Temporizador

Sensor de humedad del suelo

Manguera

Cable eléctrico

Cable del sensor de humedad

Protecciones

Batería

Regulador solar

Tubería Conduit para protección cable del sensor de humedad

Varilla en acero para elevación y soporte de aspersores

Apéndice B

Bomba de Agua Sumergible



Nota. Bomba de agua de pozo sumergible de 12 V DC, 6,5 L, desconexión rápida, múltiples fuentes de alimentación Bomba para cabina de riego.

Características:

Múltiples fuentes de alimentación: admite el uso con paneles solares y sistemas de baterías para satisfacer sus necesidades remotas de agua. Material plástico: la bomba de pozo está hecha de material plástico resistente, que es resistente al desgaste y duradero, y se puede utilizar durante mucho tiempo. Desconexión rápida: la bomba para pozo de agua adopta un diseño de desconexión rápida, carcasa anticorrosión, cierres de acero inoxidable. Ámbito de aplicación: La bomba de pozo es adecuada para bombear agua desde Pozos de 4 pies o pozos más grandes, y también se pueden usar en estanques y ríos. Ideal para bombear agua al tanque. Escenarios aplicables: la bomba de agua solar funciona en seco sin daños, adecuada para el riego del ganado, estanques, casas aisladas y cabañas.

Características:

Tipo de artículo: bomba de agua de pozo sumergible de 12 V DC

Material: plástico

Peso: aproximadamente 2646 g/93,3 oz

Voltaje (V): 12 V

Corriente (A): 8 A

Flujos (L/min): 6,5

Presión de parada (PSI): ninguno

Diámetro de salida: aproximadamente 12,7 mm/

Cabezal nominal de 0.5 pulgadas (m): aproximadamente 70 metros/229,7 pies

Flujos nominales (m/h): 8 litros por minuto

Potencia nominal (KW): 96 W

Flujos: 1.7 GPM, 6.5 LPM

Tamaño del producto: aproximadamente 26,5 x 10 x 8,8 cm/10,4 x 3,9 x 3,5 pulgadas

Usos principales: riego, intercambio de estanques

Precio \$ 1.010.000

Marca: Generic Modelo: OEM

Apéndice C

Aspersores de Riego



Nota. Imagen ilustrativa del aspersor de riego utilizado.

Características:

Giro completo o parcial.

Diámetro de riego 12 a 18 Metros (dependiendo de la presión del agua)

Presión de agua 1-3 Bar

Flujo de agua 22 a 32 Litros minuto.

Compatible con tuberías en PVC y mangueras en polietileno

Ideal para riego en huertas, cultivos y jardines

Marca: Genérica

Modelo: graduable

Precio \$ 12.300 cada unidad

Apéndice D

Electroválvula



Nota. Ilustración de electroválvula utilizada.

Si su sistema de calefacción central o rociadores no funciona correctamente, podría deberse a la electroválvula. Repare una válvula defectuosa con esta válvula de repuesto de 12 V DC, que es adecuada para su uso en tuberías en aplicaciones de agua, aire, gas y fluidos anticorrosivos de baja viscosidad.

Se trata de una electroválvula eléctrica normalmente cerrada, se enciende para abrirla y se apaga para cerrarla.

Se conecta a una tensión de 12 V DC y la corriente de entrada sugerida es superior a 2 A para garantizar un rendimiento estable.

El cuerpo de válvula de aleación de zinc de alta calidad mantendría una presión de hasta 0,8 A Mpa y la temperatura del líquido de -5 grados Celsius a 100 grados Celsius.

Adecuada para su uso con tuberías en aplicaciones de agua, aire, gas y fluidos no corrosivos de baja viscosidad.

Esta electroválvula está diseñada para instalarse en interiores de forma horizontal en un ambiente seco.

Si se utiliza en exteriores, la parte de la bobina debe estar bien protegida del agua. Es mejor para trabajos intermitentes de corta duración, una sola alimentación continua es mejor en menos de 30 minutos.

Hay una flecha en la válvula que muestra la dirección del flujo. Siga las señales para conectar las tuberías.

Características:

Cuerpo de la válvula: aleación de zinc

Voltaje de entrada: DC12 V

Corriente de entrada: >2 A

Tipo: NC (normalmente cerrado)

Presión: 0-0,8 Mpa

Tamaño de la rosca: 1/2 pulgada BSPP (DNP) 15)

Orificio de flujo: 16 mm

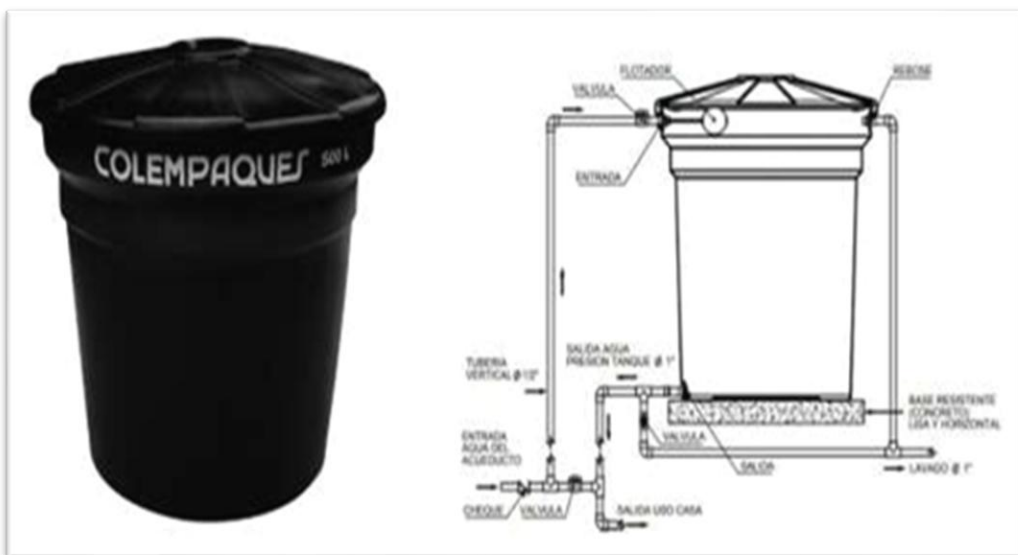
Temperatura del líquido: -5 grados Celsius ~ 100 grados Celsius

Precio: \$130. 257

Marca: Generic Modelo: CZKEY547

Apéndice E

Tanque de Almacenamiento de Agua



Nota. Especificaciones de los tanques de almacenamiento.

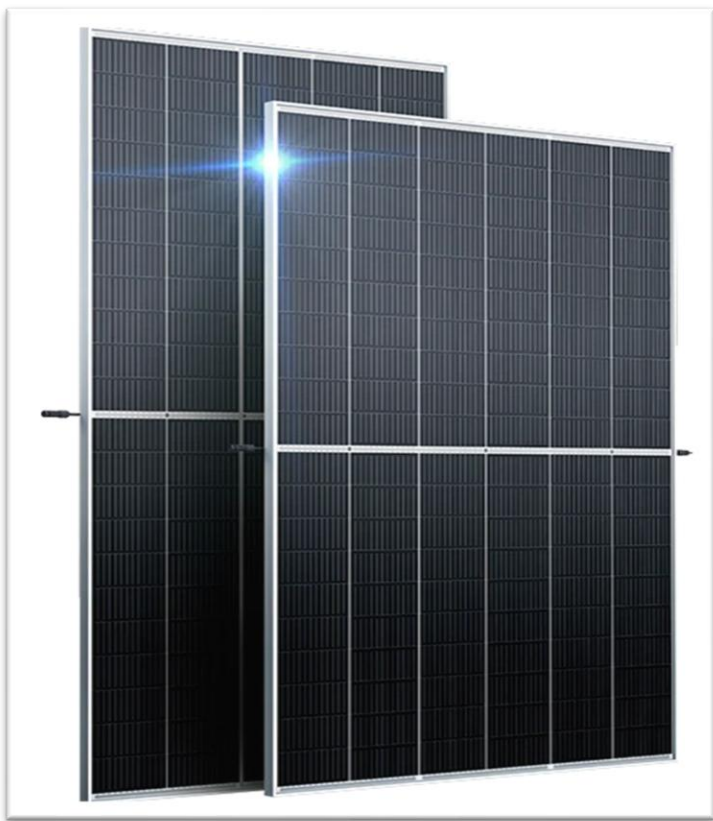
Se tiene contemplado el uso de un aljibe natural como fuente de abastecimiento del sistema, sin embargo, en caso de tener problemas de estabilidad o irregularidad del terreno del aljibe, se puede realizar la instalación de un tanque de 500 litros conectado por vasos comunicantes a desnivel con el propio aljibe.

Marca: Colempaques (producto nacional Homecenter)

Precio: \$273.900

Apéndice F

Panel Solar



Nota. Ilustraciones de los paneles solares utilizados.

Ahorro energético: Supone un importante ahorro económico en gasto energético. Su uso hace innecesario recurrir al uso de motores con combustible o suministro eléctrico.

Energía limpia: Al tratarse de un sistema totalmente ecológico y no contaminante.

Mayor rendimiento de los cultivos: Al optimizar el uso del agua.

Incremento de la productividad y rentabilidad del agricultor: Al reducirse los gastos en energía y agua.

Ahorro en tiempo y ganancia en tranquilidad: Al estar automatizado el sistema, el agricultor podrá dedicar su tiempo a la realización de otras actividades, pudiendo monitorizar el correcto funcionamiento de este.

Versatilidad: Permite adaptarse a cualquier tipo de finca y sistema de riego.

Características:

Potencia nominal: 150W

Voltaje: 12V, ideal para sistemas residenciales y pequeños sistemas fuera de red

Alta eficiencia: Convierte la energía solar en electricidad de forma óptima

Ahorro inmediato: Reduce tu consumo eléctrico desde el primer día

Sostenibilidad ambiental: Disminuye tu huella de carbono y contribuye al cuidado del planeta

Dimensiones: 1500 x 680 x 30 mm

Peso: 11.2 kg

Tipo de célula del panel solar: Policristalino

Tensión máxima potencia: 18.40V

Corriente en cortocircuito ISC: 8.15A

Eficiencia: 15.13%

Amperios máximos de salida IMP: 8.75A

Tensión en circuito abierto: 22.51V

Peso del panel solar: 11Kg

Marco del panel solar: Blanco y Gris

Marca; Solartech

Precio: \$350.000

Apéndice G

Controlador PLC



Nota. Ilustraciones del Controlador PLC utilizado.

El módulo LOGO 8 es una expansión de entradas y salidas digitales que se puede conectar fácilmente al sistema principal LOGO para añadir 8 entradas digitales y 8 salidas digitales. Esto lo hace perfecto para aplicaciones donde se requieren múltiples puntos de control, como en automatización de edificios, sistemas de riego, y aplicaciones de control industrial. Su diseño compacto y modular facilita el montaje en riel DIN, permitiendo una instalación sencilla en diversos entornos.

Características:

Número de entradas digitales: 8

Número de salidas digitales: 8

Tensión de operación: 12/24 VDC

Tipo de montaje: Riel DIN

Compatibilidad: Compatible con la serie LOGO 8

Temperatura de operación: -20 a +55 °C

Protección ambiental: IP20

Marca: SIEMENNS

Precio: \$800.000

Apéndice H

Válvula y Flotador



Nota. Kit válvula liviana de 1/2 pulgada para tanque alto de almacenamiento de agua para uso residencial e industrial.

Válvula diseñada para la regulación el llenado de los tanques altos o de almacenamiento de agua, a nivel residencial e industrial, puede ser aplicada en tanque de almacenamiento plásticos hasta 5.000 Litros.

Características:

Válvula para tanque 1/2" tipo liviano rosca macho

Flotador tanque estándar

Varilla acero al carbón con acabado latonado brillante

Marca: Restar

Precio: \$50.000

Apéndice I

Temporizador



Nota. Ilustración de temporizador utilizado.

El temporizador de alimentación digital LCD CN101 DC 12V de riego es una solución ideal para aquellos que buscan un sistema de riego sencillo y eficiente para su cultivo en exteriores. Con su capacidad para programar la duración y la frecuencia del riego, se podrá personalizar para cada aspersor y asegurarse de que reciban la cantidad de agua que necesitan.

Características:

Programable: 17 veces/semana o día

Temperatura de funcionamiento: -10 a +40 C

Memoria de falla de energía: 180 días

Dimensiones: 62x62x32,5 mm

Batería interna: 1,2 V/40 mA (baterías recargables)

Consumo de energía: no más de 2w

Capacidad de contacto: 16A

Tensión nominal: 12V DC

Rango de tiempo completo: 1 min-168 horas

Tipo: temporizador digital

Intervalo mínimo: 1 minuto

Botón clave: Reloj, temporizador, día, h + (ajuste de las horas), m + (setti)

Marca: Genérico

Precio: \$150.000

Apéndice J

Sensor de Humedad



Nota. Sensor de humedad especial para suelos agrícolas.

Optimiza el control de humedad en el suelo agrícolas, mide con precisión los niveles de humedad en diferentes tipos de suelo, facilitando el monitoreo en tiempo real y permitiendo ajustes automáticos, resistente a la corrosión, este sensor incluye salidas digitales y analógicas, proporcionando opciones versátiles para una gran variedad de configuraciones.

Características:

Tamaño del módulo: 36 x 15 x 7 mm

Longitud de electrodos: 8.5 cm

Voltaje de operación: 3.3V - 12V DC

Consumo de corriente: < 20 mA en operación

Capacidad de salida: < 30 mA

Entrada de alimentación

Conexión a tierra

Salida digital (indica el nivel de humedad en baja o alta)

Salida analógica (entrega un valor de voltaje proporcional a la humedad)

Indicadores LED: LED de encendido y estado operativo al recibir energía

Largo del cable: Aproximadamente 1.17 metros

Marca: Genérico

Precio: \$30.000

Apéndice K

Manguera Agrícola para Riego



Nota. Manguera con revestimiento en PVC para mayor resistencia y durabilidad.

Características:

Con filtro UV para larga duración ante la intemperie

Para mayor durabilidad se recomienda enterrar

Referencia: Calibre 60 resiste buena presión

Diámetro: 1/2 pulgada

Longitud: 90 Metros

Presentación: Rollo

Color: Gris oscuro

Marca: Genérico

Precio: por unidad \$80.000 precio total \$400.000 cinco rollos.

Apéndice L

Cable Eléctrico



Nota. Cable encauchetado para armado de la alimentación y control del sistema de riego.

Características:

Cable encauchetado 4x10 AWG Negro x 10 Metros

Color: Negro.

Recubrimiento: PVC de alta resistencia.

Conductor: Cobre Aleación

Marca: Genérico

Precio: \$70.000 por 10 metros.

Apéndice M

Cable para Conexión Sensor de Humedad



Nota. Cable necesario para extender el sensor de humedad desde el sistema de control hasta el centro del cultivo y obtener el nivel de humedad real del terreno.

Características:

Cable dúplex 2x14

Longitud: Rollo de 100 metro

Tamaño: AWG 14

Marca: WG ingeniería

Precio: \$60.000

Apéndice N

Protección DPS DC



Nota. DPS solar para protección de sistema fotovoltaico.

Características:

Número de polos: 2

Max. tensión de funcionamiento continua: 1000V

Corriente nominal de descarga: (8/20 Us) $I_n = 20\text{kA}$

Corriente máxima de descarga: (8/20 Us) $I_{max} = 40\text{kA}$

Voltaje después del voltaje de descarga: 3.0KV

Elementos de protección: Varistor de Óxido Metálico (MOV)

Material: carcasa ignífuga de PC

Modo de instalación: montaje en riel guía 2P

Dimensión: 90*70*70mm

Peso: 260g/9.2oz

Marca: Genérico

- Precio: \$85.000

Apéndice O

Batería 35Ah



Nota. Batería de gel NETION 12V/35Ah la cual las hace más resistentes a las descargas profundas y las altas temperaturas, libre de mantenimiento, alto rendimiento y resistencia para usar en proyectos solares, con resistencia a altas temperaturas hasta los 40°C.

Características:

Voltaje: 12 V

Tecnología: Gel

Capacidad: 35 Ah

Ciclos de carga: 400

Largo: 19,4 cm

Altura: 17 cm

Ancho 13,2 cm

Peso: 10 kg

Marca: Netion. Precio: \$368.900

Apéndice P

Regulador Solar



Nota. Gestiona el flujo de energía entre el panel solar y la batería, protegiéndola de sobrecargas y descargas excesivas, además de optimizar la carga para prolongar su vida útil.

Características:

Posee protección para sobrecarga y corto circuito

Protección de voltaje bajo y sobrecarga

Tensión Voltaje: DC 12V / 24V

Autoconsumo: < 10mA

Corriente de carga: 20Amp

Dimensión: 13,6x6,8cmx3,2 cm

Max PV voltaje: 50V

Max PV Input: 260W(12V) y 520W(24V).

USB 5V/2A Max

Temperatura de Operación: -35 4 60 °C.

Regula automáticamente el funcionamiento del panel solar y la batería en el sistema solar

Protección por sobrecarga y contra cortocircuitos.

Protección contra inversión de polaridad.

Marca: Genérico

Precio: \$50.000

Apéndice Q

Tubería Conduit Protección Cable del Sensor Humedad



Nota. Tubería para proteger conexión del sistema de riego y prolongar la vida útil del cableado que va del sistema de control al sensor de humedad.

Características:

Tipo: Tubo Conduit 1/2 Pulgada X 3 Metros

Referencia del Producto en el Certificado/Empaque: 1/2" (21mm)

Cantidad: 25 tubos de 3 metros.

Marca: MEXICHEM COLOMBIA S.A.S.

Precio: \$3.800 c/u

Apéndice R

Varilla de Acero



Nota. Varilla de acero anclada en la tierra, para realizar realce de los aspersores que van en la parte superior, aproximadamente 2 ½ del suelo.

Características:

Diámetro nominal: 5/8"

Ancho: 15.90 mm

Largo: 6 metros

Material: Acero corrugado

Color: Gris

Garantía: 1 año

Marca: G-60 W

Precio: 30.000 c/u