



**INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR PRIVADO
“IDAT”**

PROGRAMA DE ESTUDIOS EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

**AUTOMATIZACIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA
FOTOVOLTAICA EN UN SISTEMA DE RIEGO PARA
CULTIVOS DE SANDIA EN LA PROVINCIA DE HUARMHEY-
ANCASH**

**Trabajo de aplicación profesional para obtener el título Profesional Técnico en
Electricidad Industrial**

HITLER HOMAR HUANAMBAL SAAVEDRA

(0009-0003-4047-864X)

JESUS TOBAR MALDONADO PINO

(0009-0009-1286-7545)

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

Dedico este logro a mi familia por creer en mí, por su apoyo incondicional y por ser parte esencial de mi crecimiento personal y profesional.

A mis maestros que, con paciencia, generosidad y sabiduría, supieron guiarme y despertaron en mí el deseo de aprender y servir.

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A todas las personas que contribuyeron en el desarrollo de esta Tesis.

Al profesor Pilco Barrenechea Miguel Ángel

A las personas que en conjunto forman IDAT, por brindarnos la oportunidad de adquirir conocimientos y formarnos profesionalmente.

Índice General

| | |
|--|-----------|
| Resumen Ejecutivo..... | 11 |
| Introducción | 13 |
| Capítulo I: Generalidades | 14 |
| Problema de Investigación | 14 |
| Justificación del Estudio..... | 15 |
| <i>Ámbito Ambiental:</i> | 16 |
| <i>Ámbito Económico:</i> | 16 |
| <i>Ámbito Social:</i> | 17 |
| <i>Ámbito Tecnológico:</i> | 18 |
| Antecedentes del Proyecto | 18 |
| <i>Nacionales</i> | 18 |
| <i>Internacionales</i> | 22 |
| Normativa y Reglamentación Internacional..... | 25 |
| <i>Normas Técnicas Nacionales</i> | 25 |
| <i>Normas Técnicas Internacionales.</i> | 26 |
| Capítulo II: Marco Teórico – Objetivos y Soluciones | 29 |
| <i>Objetivos</i> | 29 |
| <i>Objetivo General</i> | 29 |
| <i>Objetivos Específicos</i> | 29 |
| <i>Planteamiento de Soluciones</i> | 29 |
| <i>Soluciones Alternativas</i> | 30 |
| <i>Solución Elegida y Justificación</i> | 32 |
| <i>Ventajas Corporativas</i> | 34 |
| Técnicas de Investigación: | 35 |
| Investigación Descriptiva..... | 36 |
| <i>Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto</i> | 37 |
| <i>Marco Teórico</i> | 38 |
| <i>Marco Conceptual</i> | 38 |
| <i>Estado de la Tecnología</i> | 71 |
| <i>Teorías, Técnicas y Métodos Usados</i> | 74 |

| | |
|---|-----------|
| Capítulo III: Memoria Descriptiva | 78 |
| Descripción General del Proyecto | 78 |
| <i>Diagramas en Bloques del Proyecto</i> | 79 |
| <i>Especificación Técnica del Proyecto</i> | 79 |
| <i>datos técnicos</i> | 82 |
| <i>Especificaciones Técnicas de Componentes</i> | 83 |
| Cálculos Previos..... | 84 |
| <i>Consideraciones de Diseño</i> | 84 |
| <i>Operaciones de Cálculo</i> | 85 |
| Sistema Eléctrico..... | 86 |
| <i>Sistema eléctrico general</i> | 86 |
| <i>Diagrama Eléctricos Unifilar</i> | 87 |
| <i>Suministro de Alimentación</i> | 87 |
| <i>Circuito de Mando</i> | 88 |
| <i>Circuito de Fuerzas</i> | 88 |
| <i>Diagramas Mecánicos</i> | 89 |
| <i>Estructura de Soporte para Paneles Solares de 600W – Riego de Sandía en Huaral</i> | 89 |
| Sistema de Software | 91 |
| <i>Diagramas de Flujo</i> | 91 |
| <i>Librerías Usadas</i> | 91 |
| <i>Firmware y Software</i> | 92 |
| <i>Programa Lógico o Datos de Configuración</i> | 92 |
| Área Transversales de Impactos..... | 96 |
| <i>Ámbito de Seguridad y Salud Ocupacional</i> | 96 |
| <i>Ámbito de Conservación del Medio Ambiente</i> | 96 |
| <i>Ámbito de Eficiencia Energética</i> | 96 |
| <i>Ámbito de Calidad</i> | 96 |
| Análisis de Costos y Presupuestos | 97 |
| <i>Costo de Equipamiento (Hardware y Software)</i> | 97 |
| <i>Costos de Recursos de Personal</i> | 97 |
| <i>Costos de Gestión y Otros</i> | 98 |
| <i>Cálculo de Presupuesto</i> | 98 |

| | |
|--|------------|
| Resultados del Proyecto | 99 |
| <i>control y operación del sistema con plc y hmi'</i> | 100 |
| Capítulo IV: Operación y Mantenimiento..... | 104 |
| Operación | 104 |
| <i>Consideraciones de Seguridad para la Operación</i> | 104 |
| <i>Manual de Usuario u Operación de Puesta en Servicio</i> | 106 |
| <i>Plan de Pruebas Funcionales y Operatividad</i> | 114 |
| <i>Fichas, Tablas y/o Hoja de Resultados</i> | 116 |
| Proceso de Mantenimiento | 119 |
| <i>Organigrama de Mantenimiento</i> | 119 |
| <i>Evaluación de Alcance de Mantenimiento</i> | 120 |
| <i>Planificación de Mantenimiento</i> | 120 |
| <i>Gestión Logística de Mantenimiento</i> | 121 |
| Mantenimiento Preventivo | 123 |
| <i>Diagrama Gantt de Mantenimiento Preventivo</i> | 123 |
| <i>Procedimiento de Mantenimiento Preventivo</i> | 124 |
| <i>Materiales, Equipos y Herramientas</i> | 126 |
| <i>Ficha de Mantenimiento Preventivo</i> | 127 |
| Mantenimiento Correctivo | 127 |
| <i>Procedimiento de Mantenimiento Correctivo</i> | 127 |
| <i>Materiales, Equipos y Herramientas</i> | 129 |
| <i>Ficha de Mantenimiento Correctivo</i> | 130 |
| Conclusiones y Recomendaciones..... | 132 |
| Referencias Bibliográficas..... | 134 |
| Anexos | 135 |

Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1.- Ventajas comparativas de riego..... | 34 |
| Tabla 2.-Ventaja entre un PLC y microcontrolador Arduino | 35 |
| Tabla 3.-Ventajas de alimentación eléctrica. | 35 |
| Tabla 4.- planificación de actividades | 37 |
| Tabla 5.- Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto..... | 67 |
| Tabla 6.- Características..... | 69 |
| Tabla 7.- Características..... | 70 |
| Tabla 8.- Características..... | 70 |
| Tabla 9.- Datos Técnicos | 82 |
| Tabla 10.- Especificaciones Técnicas | 83 |
| Tabla 11.- Especificaciones Técnicas | 84 |
| Tabla 12.- consumo de equipos | 84 |
| Tabla 13.- Especificaciones Técnicas..... | 89 |
| Tabla 14.- Costos de Equipamiento..... | 97 |
| Tabla 15.- Costos de Recursos de Personal | 97 |
| Tabla 16.- Costos de Gestión y Otros | 98 |
| Tabla 17.- Costos de presupuesto | 98 |
| Tabla 18.- Tabla de problemas comunes | 113 |
| Tabla 19.- Cuadro de pruebas funcionales..... | 115 |
| Tabla 20.- Ficha técnica operación de sistema | 116 |
| Tabla 21.- Cuadro de resultados funcionales..... | 117 |
| Tabla 22.- Cuadro de Resultados de desempeño Ambiental y Energético | 118 |
| Tabla 23.- Evaluación detalla por componentes..... | 120 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 24.- Planificación detallada de mantenimiento..... | 121 |
| Tabla 25.- Cuadro Gantt de Mantenimiento Preventivo..... | 124 |
| Tabla 26.- Ficha mantenimiento preventivo | 127 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.-Vivero de Palma Aceitera en El Distrito De Neshuya | 19 |
| Figura 2.-dispendio hídrico en Vilcacoto. Huancayo | 20 |
| Figura 3.-Cultivo de aguaymanto en el CPM de Mayobamba..... | 22 |
| Figura 4.-Cultivo de aguacate en la finca ojo de agua - San Francisco Libre | 23 |
| Figura 5.-Energía solar para Invernadero | 24 |
| Figura 6.-Sistema de riego híbrido fotovoltaico con almacenamiento hídrico | 25 |
| Figura 7.- Partes de un PLC..... | 39 |
| Figura 8.-Sensor de Temperatura Y Humedad QFM2160..... | 41 |
| Figura 9.-Batería GEL 12V 250Ah Tensite..... | 45 |
| Figura 10.-Panel Solar 48V..... | 48 |
| Figura 11.-HMI SIEMENS KTP700 Basic color | 52 |
| Figura 12.-Bomba de agua..... | 54 |
| Figura 13.-Inversor Victron Phoenix 24V 1200VA VE.Direct | 58 |
| Figura 14.-Controlador PWM LCD 30A 12/24V Must Solar | 61 |
| Figura 15.- Tanque Rotoplas Plus+ 2500L..... | 63 |
| Figura 16.-Válvulas de la serie dv /dvf..... | 66 |
| Figura 17.- Codo GEOLIA | 66 |
| Figura 18.- Conector T..... | 68 |
| Figura 19.- Gotero regulable..... | 68 |
| Figura 20.- Tubería de polietileno. | 69 |
| Figura 21.- Tapon..... | 70 |
| Figura 22.- Diagrama de Bloques | 79 |
| Figura 23.- Diagrama Eléctrico General..... | 86 |

| | |
|---|-----|
| Figura 24.- Diagrama Unifilar del Sistema..... | 87 |
| Figura 25.- Suministro de Alimentación..... | 87 |
| Figura 26.- Circuito de Mando..... | 88 |
| Figura 27.- Circuito de Fuerza Eléctrica..... | 88 |
| Figura 28.- Diagrama Mecánicos..... | 89 |
| Figura 29.- Diagrama de Flujo del Sistema | 91 |
| Figura 30.- Programación parte 01 | 93 |
| Figura 31.- Programación parte 02 | 93 |
| Figura 32.- Programación parte 03 | 94 |
| Figura 33.- Programación parte 04 | 94 |
| Figura 34.- Pantalla del HMI elaborado. | 95 |
| Figura 35.- Pantalla de la supervisión del sistema elaborado. | 95 |
| Figura 36.- Sistema Fotovoltaico..... | 99 |
| Figura 37.- Pantalla HMI del sistema en funcionamiento | 100 |
| Figura 38.- Componentes del tablero de control..... | 106 |
| Figura 39.-Operación del HMI descripción | 108 |
| Figura 40.-La imagen muestra el % de humedad que se encuentra la tierra. | 111 |
| Figura 41.-La imagen muestra el nivel de temperatura (C°) que se encuentra el ambiente..... | 112 |
| Figura 42.-Estado de la electroválvula y bomba..... | 112 |
| Figura 43.- Organigrama de Mantenimiento. | 119 |
| Figura 44.- Ficha de mantenimiento correctivo..... | 130 |
| Figura 45.- Ficha de mantenimiento correctivo..... | 131 |

Resumen Ejecutivo

El proyecto, AUTOMATIZACION Y SUMINISTRO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EN UN SISTEMA DE RIEGO PARA CULTIVOS DE SANDIA EN LA PROVINCIA DE HUARMEY, busca diseñar un sistema de riego agrícola mediante energía solar fotovoltaica y automatizado con Controlador Lógico Programable. El objetivo es mejorar el uso de recursos energéticos e hídricos en cultivos de sandía, en áreas limitadas a red eléctrica.

Esta iniciativa surge de la necesidad de dar alternativas a los métodos tradicionales de riego, que dependen de combustibles fósiles o electricidad convencional, que generan altos costos y afectan al medio ambiente. La energía solar se presenta como una solución viable debido a la disponibilidad de componentes y condiciones climáticas locales, que ofreciendo bajo mantenimiento y capacidad para alimentar al sistema de bombeo en zonas agrícolas remotas.

La metodología incluyo estudios de los requerimientos hídricos de la sandía en el análisis del recurso solar y dimensionamiento del sistema fotovoltaico para garantizar un riego eficiente durante todo el proceso del cultivo. El sistema se basa en automatización integral del ciclo, asegurando la autosostenibilidad energética y resultados óptimos.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema cubre las necesidades en la zona de cultivo, reduce costos energéticos del productor y promueve el uso racional de agua. La instalación conjunta del sistema de riego y el fotovoltaico permite un funcionamiento autónomo de la bomba, e incluso bajo condiciones climáticas variables.

Se determina que el proyecto valida la viabilidad y resultados de tecnologías limpias como la energía fotovoltaica en el sector agrícola, no solo mejorando la productividad de cultivos como la sandía, sino también fomentando prácticas agrícolas más sostenibles.

Palabras clave: PLC, Sistemas embebidos, Sistema fotovoltaico, Riego autosustentable.

Introducción

Este proyecto titulado: **“AUTOMATIZACIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN UN SISTEMA DE RIEGO PARA CULTIVOS DE SANDIA EN LA PROVINCIA DE HUARMEY”** está 100% basado a la creciente demanda energética de la zona en las zonas de cultivo y el empleo de prácticas agrícolas sostenibles que impulsan la búsqueda de soluciones garanticen la integración de tecnologías limpias en el sector agropecuario de la zona de Huarmey. En lo particular para este proyecto, el uso de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica se ha considerado como una alternativa muy fiable y eficiente para los sistemas de riego de la zona, especialmente en las regiones donde el acceso a las redes eléctricas nacionales es limitado e incluso en algunas condiciones inexistentes. Esta tendencia cobra especial relevancia en el contexto del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), una especie frutal de alto valor comercial y fuerte demanda hídrica durante su ciclo productivo.

En el presente trabajo en el Capítulo I tratamos todo lo referente a los antecedentes y normativas que nos sirven como lineamos para la formulación del proyecto a realizar. En el Capítulo II de este trabajo se tratan los objetivos del proyecto, el cronograma de actividades, y todo lo relacionado con el marco conceptual que nos sirve como base para el diseño del proyecto.

En el Capítulo III vemos todos los detalles de la parta constructiva del proyecto basado en la ingeniería de diseño para la implementación del mismo siguiendo aspectos técnicos importantes para su correcto funcionamiento. Para el Capítulo IV vemos todos los detalles de la generación de los manuales para los manteamientos preventivos y correctivos y finalizamos con la fundamentación de los resultados, conclusiones y recomendaciones que podemos dar para este proyecto.

Capítulo I: Generalidades

Problema de Investigación

De acuerdo con lo señalado por el portal web (Portalfruticola, 2022), la escasez de agua constituye una problemática global que, de no atenderse, podría generar consecuencias severas tanto para la humanidad como para el medio ambiente. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha advertido, a través de diversos estudios, que para el año 2050 se proyecta un déficit hídrico del 25%. Analizando estos valores estadísticos nos podría poner en una situación que podría comprometer muy seriamente la producción de alimentos de la zona, considerando para ello que actualmente, según datos del Banco Mundial, se tiene que aproximadamente el 70% del agua disponible de las zonas donde hay zonas agrícolas se destinan al sector agrícola.

Bajo este concepto, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha informado en un informe presentado que el 80% del recurso hídrico (agua) se emplea en actividades que son 100% agrícolas; sin embargo, para ello existe también un elevado nivel de desperdicio por parte de los agricultores, ya que actualmente el 30% del agua que se tiene es distribuida de forma eficiente para las diferentes actividades diarias de la zona.

Este proyecto tiene como una principal problemática el uso de manera desmedida del agua en las actividades agrícolas, particularmente al uso de riego por gravedad que es normal en las zonas agrícolas. Esta técnica que es muy usada, provoca toda una distribución irregular en el uso agua, lo cual provoca problemas como la salinización del suelo o una mala hidratación de los cultivos agrícolas que los mismos agricultores realizan. Esto trae como consecuencia, que ciertas áreas de las plantaciones que se tienen en la zona no reciban el nivel de humedad necesario para su buen

crecimiento, lo que muchas veces causa la asfixia de las raíces en las plantas o en otros casos favorece la aparición de algunas enfermedades que muchas veces ponen en riesgo la supervivencia y buena calidad de los cultivos realizados por los agricultores.

Justificación del Estudio

En el contexto peruano, se viene promoviendo de manera progresiva el diseño e implementación de sistemas de riego tecnificado automatizados. Estos proyectos tienen como objetivo principal reducir la intervención humana en labores que presentan un carácter repetitivo o elevado nivel de dificultad.

Desde una perspectiva ambiental, contar con un sistema de riego que permita controlar con precisión la cantidad de agua aplicada a los cultivos contribuye a la conservación del recurso hídrico, asegurando su disponibilidad tanto para el consumo poblacional como para fines agrícolas en el mediano y largo plazo. En este sentido, la presente investigación cobra especial relevancia. Según un estudio realizado sobre la escasez de agua en la ciudad de Huancayo, también conocida como la "Ciudad Incontrastable", se estima que para el año 2030 se experimentará una reducción de dos horas en el suministro de agua respecto a los niveles actuales, afectando a una población aproximada de 152,432 habitantes (Grijalva, 2012).

El propósito del presente trabajo es diseñar e implementar un sistema de riego automatizado alimentado mediante energía solar fotovoltaica. Con ello, se busca validar la eficiencia de un sistema de control programado que, además de ser funcional, represente una alternativa de menor costo en comparación con soluciones convencionales.

Ámbito Ambiental:

La escasez de agua constituye un desafío a nivel global, cuyas repercusiones podrían ser graves tanto para la población como para el medio ambiente. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha proyectado que hacia el año 2050 podría registrarse un déficit hídrico del 25%, lo cual tendría un impacto significativo en la producción alimentaria, considerando que, en la actualidad, el sector agrícola consume aproximadamente el 70% del recurso a nivel mundial.

La adopción de sistemas de riego tecnificado y automatizado representa una alternativa eficaz, ya que permite una dosificación controlada del agua, garantizando su conservación para usos poblacionales y agrícolas a mediano y largo plazo. En relación con esta problemática, un estudio sobre la escasez de agua en la ciudad de Huancayo (también conocida como la Ciudad Incontrastable) proyecta que para el año 2030 se reducirá el suministro de agua en dos horas respecto a la situación actual, afectando a una población estimada de 152,432 habitantes (Grijalva, 2012).

Ámbito Económico:

La implementación de nuestro sistema de riego automatizado alimentado mediante energía solar fotovoltaica tiene como objetivo principal realizar la comprobación de la eficiencia de un sistema de control automatizado que resulte económicamente accesible para los agricultores de la zona. Con esta solución se realiza la optimización en el uso del agua por parte de las actividades agrícolas, ello a través de tecnologías de riego como son el riego por goteo, que es uno de los sistemas más usados y que contribuye a reducir significativamente el consumo de agua en las actividades agrícolas, lo cual se traduce en un buen uso del recurso hídrico.

De manera paralela se realiza la incorporación de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica para alimentar nuestro sistema de bombeo lo cual nos permite reducir los gastos de combustible para el uso de generadores Diesel para la generación de energía y de esta manera se logra minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero que es un problema mundial actualmente, ya que este sistema resalta con los sistemas tradiciones que utilizan combustibles fósiles. La eficiencia de nuestro sistema de riego repercute de manera positiva en los rendimientos agrícolas de la zona, lo que genera productos de buena calidad y aumenta la rentabilidad de las explotaciones de los productos en este caso de zandias.

Ámbito Social:

En nuestro país, se observa actualmente una tendencia en el aumento hacia la utilización de sistemas de riego de manera tecnificada y que sean 100% automatizados, el propósito de estos sistemas es principalmente minimizar la intervención de personal humano en labores que presentan en algunos casos una actividad de carácter repetitivo o un elevado nivel de complejidad en las tareas de riego. Cuando se logra la eficiencia en el uso del agua en las actividades agrícolas resulta fundamental, dado que esta actividad representa la principal fuente de sustento económico para numerosas comunidades rurales de la zona cuya fuente de ingreso es la agricultura.

Con la implementación de sistemas de riego como nuestro proyecto muy eficiente contribuyen de manera significativa a reducir el desperdicio de agua que es vital en nuestros tiempos. Por ello, garantizar el acceso sostenible al agua para uso agrícola no solo incide directamente en la productividad alimentaria, sino que también refuerza la seguridad hídrica de las poblaciones.

Proyectos como el que se plantea pueden constituirse en modelos replicables para otras comunidades agrícolas interesadas en mejorar la gestión de sus recursos hídricos mediante tecnologías más sostenibles y automatizadas.

Ámbito Tecnológico:

El uso de sensores de humedad, temperatura y lluvia permite ajustar el riego a las necesidades específicas del cultivo y a las condiciones ambientales, optimizando el uso de los recursos. La implementación de estos sistemas se alinea con normativas técnicas nacionales e internacionales que promueven la modernización y eficiencia en el sector agrícola y el uso de tecnologías de automatización.

Antecedentes del Proyecto

Nacionales

(Castro Monago & Pinedo Romero, 2019) **“Diseño de un Sistema de Riego Automatizado para un Vivero de Palma Aceitera en El Distrito De Neshuya - Región Ucayali”**. Usaron la integración de conocimientos teóricos con herramientas tecnológicas de última tecnología, en la que utilizando software como hardware ambos de código abierto sin licenciamiento, permitió crear un sistema funcional y adaptado a las condiciones del campo que los agricultores de la zona necesitaban.

Durante el desarrollo del proyecto, se documentó detalladamente la metodología aplicada en la construcción del sistema, sus componentes y el efecto positivo generado en los plantones del vivero. Asimismo, se presenta los resultados obtenidos, junto con las conclusiones, anexos y referencias bibliográficas, evidenciando la factibilidad de la propuesta y su utilidad práctica dentro del contexto agrícola regional.

Figura 1.-Vivero de Palma Aceitera en El Distrito De Neshuya



Fuente: (Castro Monago & Pinedo Romero, 2019)

(Garcia Cusichi, 2022) **“Diseño de un sistema de riego automático bajo la metodología Penman Monteith para reducir el dispendio hídrico en Vilcacoto. Huancayo – Perú”.**

Este sistema busco optimizar el uso del recurso hídrico en el área de intervención, sino también constituye una propuesta replicable en otras comunidades agrícolas interesadas en disminuir el desperdicio de agua, el cual, según el informe El agua para agricultura de las Américas del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), puede alcanzar hasta un 60 % del volumen total utilizado.

Figura 2.-dispendio hídrico en Vilcacoto. Huancayo



Fuente: (Garcia Cusichi, 2022)

(Ventura Palomino & Lima Esperilla, 2024) **“Diseño de un sistema automatizado de riego por aspersión con generación fotovoltaica para optimizar el consumo del recurso hídrico en un terreno de cultivo de aguaymanto en el CPM de Mayobamba- 2022”**. La presente

investigación tiene como objetivo el diseño de un sistema automatizado de riego por aspersión, alimentado mediante energía solar fotovoltaica, orientado a optimizar el uso del recurso hídrico en un cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana*) ubicado en el centro poblado mayor de Mayobamba. En este proyecto se integraron tecnologías de automatización y generación fotovoltaica, todo ello fue respaldado por datos meteorológicos confiables propios de la zona, estos datos fueron proporcionados por entidades especializadas como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en conjunto con la base de datos Meteororm.

Este proyecto contempla el cálculo hidráulico del sistema de riego y la selección técnica de los diferentes componentes para la construcción de los reservorios a utilizar en el proyecto, así como

el diseño del sistema eléctrico fotovoltaico para la generación de energía eléctrica, los cuales incluyeron todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. En lo que respecta al sistema de control, se han incorporado dispositivos programables capaces de regular los tiempos de riego en función de variables climáticas locales, como la velocidad del viento y la temperatura ambiente, las cuales son medidas en tiempo real en el propio campo de cultivo.

La investigación se enmarca dentro de un enfoque tecnológico y se desarrolló bajo la metodología I+P+D (Investigación, Planificación, Definición del producto, Diseño y Desarrollo), adecuada para la ejecución de proyectos de ingeniería aplicada. Para el diseño, simulación y validación de este sistema implementado se utilizaron herramientas digitales especializadas para el diseño y programación de componentes tales como AutoCAD, CROPWAT, S7-PLCSIM V17 y TIA Portal.

Los resultados del estudio dieron como resultados un sistema de riego por aspersión estructurada basado en tres subsistemas principales como son: hidráulico, eléctrico y de control. Todas las simulaciones realizadas en este proyecto demostraron un desempeño eficiente del sistema, rlo que dio como resultado la recomendación que las actividades de riego se efectúen entre las 17:00 y las 02:00 horas, mientras que la electrobomba debería de operar durante las horas de mayor radiación solar para abastecer el tanque elevado, de esta manera se garantizó así una irrigación optima y adecuada según el cronograma establecido.

Figura 3.-Cultivo de aguaymanto en el CPM de Mayobamba



Fuente: (Ventura Palomino & Lima Esperilla, 2024)

Internacionales

(Br. Arceda & Br. Hernández Flores, 2012)“**Proyecto de riego por goteo utilizando energía solar para el cultivo de aguacate en la finca ojo de agua en la localidad de San Francisco Libre – Nicaragua**”. El presente proyecto consistió en el diseño de un sistema de bombeo alimentado por energía solar, destinado a su instalación en la estructura de captación de agua. El funcionamiento del sistema se basa en la conversión de energía solar en energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, lo que hizo necesario planificar cuidadosamente la capacidad del tanque de almacenamiento, el cual se encargará de distribuir el recurso hídrico hacia un sistema de riego por goteo orientado al cultivo agrícola.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el diseño agronómico del sistema de riego por goteo se desarrolló empleando cinta Mini In Line, equipada con emisores tipo botón, capaces de proporcionar un caudal de hasta 8 litros por hora.

En este proyecto la selección del sistema fotovoltaico de manera adecuada es fundamental en la alta disponibilidad de radiación solar en la zona donde se realizó la instalación. En este contexto, se optó por módulos solares del modelo Isofoton I-100 con paneles del tipo monocristalino, ya que son reconocidos por su alta eficiencia energética y una amplia disponibilidad en el mercado nicaragüense, lo que favorece una rápida implementación como un correcto mantenimiento a largo plazo.

Figura 4.-Cultivo de aguacate en la finca ojo de agua - San Francisco Libre



Fuente: (Br. Arceda & Br. Hernández Flores, 2012)

(Juárez Cortes & Vera Camacho, 2022) **“Estudio de sistema automatizado de riego por goteo por medio de energía solar para Invernadero”**. El presente proyecto tiene como objetivo la implementación de un sistema de riego por goteo alimentado mediante energía solar fotovoltaica, diseñado específicamente para su aplicación en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Tecamachalco, ubicada en el municipio de Tecamachalco, estado de Puebla, México.

En este proyecto los resultados de la investigación evidenciaron que el sistema de bombeo operara de manera completamente autónoma, ello se logró gracias a la integración de un PLC (Controlador Lógico Programable). El uso de un PLC permite ejecutar las funciones del sistema conforme a una programación preestablecida por el usuario, de esta manera se elimina la necesidad de intervención humana constante en las labores de riego. Asimismo, el sistema presenta tener una alta versatilidad con respecto a otros sistemas, ya que permite la incorporación de múltiples funciones adicionales, tales como la programación de diferentes ciclos de riego, el control automatizado de las cortinas del vivero, el control de los sistemas de ventilación y el accionamiento automático de los dispositivos de iluminación, todo ello dependiendo del tipo y la configuración de los sensores instalados en el proyecto.

Figura 5.-Energía solar para Invernadero



Fuente: (Juárez Cortes & Vera Camacho, 2022)

(Núñez Arriagada, 2018) **“Optimización de la capacidad instalada y operación de un sistema de riego híbrido fotovoltaico con almacenamiento hídrico”**. El presente trabajo propone una metodología orientada a la optimización del diseño y la operación de un sistema

híbrido de generación energética, destinado a abastecer un sistema de riego compuesto por múltiples estanques.

En síntesis, una gestión eficiente del riego en sistemas que disponen de almacenamiento hídrico debe priorizar el uso de energía solar durante las horas de mayor radiación, permitiendo el almacenamiento de agua para su uso posterior. Esta estrategia puede generar una disminución superior al 20 % en los costos operativos en sistemas dominados por generación diésel, además de una reducción superior al 60 % en las emisiones de CO₂.

Figura 6.-Sistema de riego híbrido fotovoltaico con almacenamiento hídrico



Fuente: (Núñez Arriagada, 2018)

Normativa y Reglamentación Internacional

Normas Técnicas Nacionales

- Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (Ley N° 27345)

Esta ley establece el marco legal para promover el uso eficiente de la energía en Perú. Incluye disposiciones para la implementación de programas y proyectos de eficiencia energética, así como incentivos para la adopción de tecnologías eficientes.

- Ley N° 28585 – Programa de Riego Tecnificado.

Entrega todos los lineamientos necesarios para la modernización del riego agrícola tecnificado.

- NTP 370.053:1999

Da los lineamientos para los conductores eléctricos en cuanto a su selección y aplicación en los sistemas de pozo a tierra.

- NTP 399.010-2006

Nos permite tener los lineamientos aplicables a todos los aspectos del uso y consumo de energía.

- NTP-ISO 50001

Está basado en el Sistemas de gestión de la energía.

- Reglamento de la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (D.S. N° 053-2007-EM)

Este reglamento detalla las disposiciones de la Ley N° 27345, especificando las responsabilidades de los diferentes actores, los procedimientos para la implementación de programas de eficiencia energética y las medidas de control y supervisión.

Normas Técnicas Internacionales.

- IEC-61215

Esta norma está planteada para asegurar la calidad de los paneles solares en instalaciones fotovoltaicas, ya que certifica su capacidad de resistir ambientes con condiciones climáticas adversas de trabajo.

- IEC 60947-2

Establece los requisitos técnicos aplicables a los interruptores automáticos (disyuntores) destinados a su uso en instalaciones eléctricas de baja tensión.

- IEC 60034

Especifica las categorías de eficiencia energética para motores eléctricos de una sola velocidad, clasificados conforme a las normas IEC 60034-1 o IEC 60079-0, destinados a operar con una fuente de alimentación de tensión sinusoidal.

- IEC 60364-4-42

Aplica a las instalaciones eléctricas en lo relativo a las medidas de protección destinadas a salvaguardar a las personas, los animales y los bienes materiales frente a los efectos térmicos, la combustión o deterioro de materiales, así como el riesgo de quemaduras ocasionadas por equipos eléctricos.

- IEC 61131

Orientadas a normar la programación y operación de los controladores lógicos programables (PLC) y demás sistemas de automatización industrial, estas directrices incluyen como componente principal la norma IEC 61131-3, la cual define los lenguajes de programación estandarizados que deben ser utilizados en los PLC.

- ISO 50001:2018 - Sistemas de gestión de la energía

Esta norma internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, permitiendo a una organización seguir un enfoque sistemático en el logro de la mejora continua del rendimiento energético.

- IEC 60364-8-1:2019 - Low-voltage electrical installations

Esta norma proporciona los lineamientos para la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de baja tensión en donde se utilizan.

- Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency

Esta normativa incluye objetivos de ahorro energético, obligaciones de eficiencia energética para los Estados miembros y disposiciones para la promoción de la eficiencia energética en edificios y otros sectores.

Capítulo II: Marco Teórico – Objetivos y Soluciones

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema de riego automatizado por goteo, alimentado mediante energía solar fotovoltaica y supervisado a través de una interfaz HMI, con el propósito de optimizar el uso del agua en el cultivo de sandía en la provincia de Huarney, Áncash, promoviendo una gestión eficiente del recurso hídrico y el aprovechamiento de fuentes de energía limpia.

Objetivos Específicos

1. Poder calcular y dimensionar el sistema de generación solar fotovoltaica a emplear en el sistema, para garantizar su capacidad para suministrar de manera muy eficiente la energía eléctrica requerida para el funcionamiento del sistema de riego automatizado destinado al cultivo de sandía en la provincia de Huarney en el departamento de Áncash.
2. Determinar los mejores dispositivos y componentes eléctricos y electrónicos más adecuados para la implementación del sistema de automatización a realizar, todo ello incluye a los sensores, actuadores, controlador lógico programable (PLC) y las interfaces hombre-máquina (HMI), todos ellos basados en los requerimientos operativos del sistema.
3. Elaborar los diseños de los esquemas eléctricos del sistema de riego automatizado, ya que se en ello se realizará la integración de la automatización y el control mediante el uso de una interfaz gráfica (HMI), todo ello con el fin de asegurar una operación segura, eficiente y acorde a los estándares técnicos nacionales de operatividad.

Planteamiento de Soluciones

Esta solución que se propone contempla la incorporación de tecnologías que sean auto sostenibles en el marco de la agricultura tecnificada. Con el uso de esta estrategia se incluye la

implementación de un sistema de riego 100% inteligente, el cual esta optimizado mediante el uso de sensores en sus diferentes gamas, un controlador y una interfaz HMI para la visualización grafica del sistema, todo ello con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico (agua). De manera alterna y complementaria al sistema, se plantea la instalación de una fuente de generación fotovoltaica la cual suministrará energía limpia y continua a todo el sistema, de esta manera se estará contribuyendo a la reducción del impacto ambiental asociado a las actividades agrícolas en estos tiempos.

Soluciones Alternativas

Podemos mencionar las siguientes soluciones alternativas que tienen alguna relación con el sistema propuesto en este trabajo

a) Sistema de riego por aspersión con temporizador eléctrico

Esta solución consiste en un sistema de riego basado en aspersión de manera programada y el uso de temporizadores eléctricos que activan las diferentes electroválvulas en horarios previamente establecidos por el usuario. Esta se trata de una solución muy básica la cual permite un cierto nivel de automatización sin requerir algún tipo de sensores u otra variables de control propios del sistema.

Ventajas:

- Se tiene un bajo costo de manera inicial de implementación de la solución.
- Se tiene una sencillez en la parte de la instalación y también en la configuración del sistema.

Desventajas:

- No considera las condiciones reales de humedad del suelo, lo que puede derivar en riegos innecesarios o insuficientes.

- Presenta un mayor consumo de agua en comparación con sistemas más avanzados.
- Su eficiencia es limitada en zonas con escasez hídrica.

b) Sistema de riego por goteo controlado con un microcontrolador Arduino

Para esta solución se emplea una red de goteo de manera automatizada en la cual mediante el uso de sensores de humedad del suelo, módulos de accionamiento como los relés y una tarjeta de desarrollo basada en Arduino, hace la realización de activar el riego en función de las condiciones del terreno todo ello basado por los sensores usados.

Ventajas:

- Se tiene una solución de bajo costo, que es muy accesible para pequeños productores agrícolas.
- Este sistema permite que se tenga una automatización básica del sistema de riego en función de parámetros ambientales de la zona.

Desventajas:

- Con esta solución se tiene menor robustez ante condiciones climáticas adversas de la zona.
- Limitada escalabilidad y dificultades para integrarse con sistemas industriales HMI.
- Requiere mantenimiento frecuente para garantizar su funcionamiento.

c) Sistema de riego manual por gravedad

Corresponde a una técnica tradicional que utiliza la fuerza de la gravedad para distribuir el agua desde un reservorio hacia los surcos de cultivo, sin intervención de tecnologías de control o automatización.

Ventajas:

- Costo de implementación extremadamente bajo.
- No depende del suministro de energía eléctrica.

Desventajas:

- Elevado desperdicio de agua.
- Baja eficiencia operativa y sostenibilidad en el tiempo.
- Alta dependencia del trabajo manual y de las condiciones topográficas del terreno.

Solución Elegida y Justificación

Se ha seleccionado la implementación de un sistema tecnificado de riego por goteo, automatizado mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) y supervisado a través de una Interfaz Hombre-Máquina (HMI). Nuestro sistema será alimentado de manera autónoma por un sistema formado por paneles solares fotovoltaicos, lo cuales permitirán una correcta operación en zonas rurales sin acceso a la red eléctrica de la zona donde se implemente.

El uso de un PLC, una interfaz gráfica HMI y la integración de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica forma una solución muy integral, sostenible y muy tecnológicamente avanzada a nuestro sistema, todo ello es orientado a optimizar los recursos hídricos y energéticos en la agricultura moderna en nuestro país. El uso de esta arquitectura no solo contribuye a la eficiencia en el uso del agua y de la energía, sino también a la reducción de la intervención de personal humano, todo ello hace un incremento en la productividad del cultivo de sandía y a la sostenibilidad del sistema en el largo plazo para los agricultores.

Uso del PLC:

El Controlador Lógico Programable garantiza una automatización robusta y confiable para el control del sistema de riego, permitiendo la programación y ejecución precisa de acciones basadas en parámetros como la humedad del suelo, horarios y volúmenes de agua suministrados.

Ventajas:

- Alta durabilidad en entornos adversos.
- Flexibilidad para futuras ampliaciones, incluyendo sensores adicionales como temperatura y caudal.
- Se tiene una precisión en la activación de las electroválvulas, las bombas y los sistemas de alarma del sistema.
- Su uso mejora la eficiencia de la dosificación de nutrientes en los cultivos lo cual lo hace muy óptimo para trabajos de automatización en la línea agrícola.

Uso de la interfaz hombre maquina (HMI)

El uso de este dispositivo HMI facilita en gran medida una interacción intuitiva entre el operario del sistema y el sistema automatizado realizado, esto proporciona una visualización en tiempo real de las diferentes variables como: niveles de humedad del suelo, estado operativo del sistema y alertas por condiciones establecidas en la programación, así como la posibilidad de realizar ajustes sin necesidad de modificar la programación del PLC por parte del operador.

Ventajas:

- Se tiene una visualización clara y accesible del estado del sistema en tiempo real.
- Con este dispositivo se tiene una facilidad para modificar parámetros de riego tales como tiempo, frecuencia y volumen todo ello en tiempo real.

- Se mejora en gran parte la supervisión y control del sistema sin requerir intervención directa por parte del operador en el PLC.
- También nos permite responder de manera oportuna a los diferentes requerimientos específicos del sistema, como puede ser la calidad del agua en su uso adecuado.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos son dispositivos que aseguran un suministro energético limpio en tiempo real, a la vez es gratuito y de uso continuo, son ideales en zonas agrícolas muy remotas o con limitaciones de acceso a la red eléctrica nacional.

Ventajas:

- Reducción significativa de costos operativos.
- Independencia energética y contribución a la sostenibilidad ambiental.
- Adecuado para proyectos agroecológicos y regiones con alta radiación solar, como la provincia de Huarney, Áncash.

Ventajas Corporativas

Tipos de riegos, aniego o manual.

Tabla 1.- Ventajas comparativas de riego.

| Sistema Propuesto | Sistema Tradicional |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Uso eficiente del agua mediante goteo controlado. | <ul style="list-style-type: none"> • Desperdicio de agua por escurrimiento y evaporación. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Automatización del riego según condiciones climáticas y del suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Dependencia del operario para abrir o cerrar válvulas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Programación precisa de horarios y duración. | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de riego excesivo o insuficiente. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mejora en la salud del cultivo y aumento de la productividad. | <ul style="list-style-type: none"> • Posible estrés hídrico por riegos irregulares. |

PLC vs Arduino.

Tabla 2.-Ventaja entre un PLC y microcontrolador Arduino

| PLC con HMI | Arduino |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tiene una mayor robustez industrial y resistencia para su uso en campo. | <ul style="list-style-type: none"> • Se tiene una menor durabilidad, es muy sensible a condiciones ambientales muy extremas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Se dispone de una interfaz amigable (HMI) para realizar un monitoreo en tiempo real. | <ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra limitado a interfaces simples o sin visualización gráfica permanente |
| <ul style="list-style-type: none"> • Este sistema tiene la posibilidad de integrar múltiples sensores y una gran cantidad de salidas a gran escala para el sistema. | <ul style="list-style-type: none"> • Este sistema es adecuado solo para sistemas de bajo tamaño de integración o proyectos del tipo experimentales |
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tiene un soporte técnico muy amplio con grandes estándares industriales de trabajo. | <ul style="list-style-type: none"> • Se necesita más conocimientos de nivel técnico para realizar los trabajos de programación y escalabilidad del sistema. |

Sistemas conectados a la red eléctrica.

Tabla 3.-Ventajas de alimentación eléctrica.

| Energía Fotovoltaica | Energía de Red |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • No depende de la red eléctrica, ideal para zonas rurales. | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de interrupciones por fallas de la red. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Energía renovable y gratuita a largo plazo. | <ul style="list-style-type: none"> • Costo mensual de consumo energético. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Contribuye a la sostenibilidad ambiental. | <ul style="list-style-type: none"> • Mayor huella de carbono por uso de energía convencional. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mayor independencia operativa. | <ul style="list-style-type: none"> • Dependencia de infraestructura externa. |

Técnicas de Investigación:

Para este trabajo se han empleado diversas herramientas metodológicas que nos permiten abordar diferentes problemas fundamentales, tales como el diseño del sistema y el desarrollo de un dispositivo electrónico para la formulación y respuesta de interrogantes específicas del proceso, de esta manera se realiza el análisis de la interacción entre los diferentes factores y eventos involucrados en el proceso investigativo de este proyecto.

Investigación Descriptiva

Se fundamenta muy ampliamente en la recopilación y el análisis sistemático de los diferentes datos observables del proceso, con el propósito de sintetizar y organizar de manera oportuna toda la información pertinente al objeto de estudio de este trabajo. En una primera fase para este proyecto, la cual se denomina exploración, se está realizando una observación directa del proceso de manera tradicional con el objetivo de identificar diferentes fallos, algunas dificultades y algunos posibles riesgos asociados a la implementación del sistema.

La segunda fase de este proyecto corresponde a la descripción muy detallada de los diferentes errores detectados en el sistema, que junto con un análisis exhaustivo del funcionamiento actual de todo el sistema. Todo ello es a partir de este diagnóstico, se determina las principales problemáticas que pueden ser abordadas en el diseño y las cuales serán corregidas mediante la implementación de la solución propuesta en este proyecto.

Todas estas etapas facilitan la correcta organización y estructuración de la información muy necesaria para la aplicación de buenas técnicas analíticas muy avanzadas, como la inferencia estadística en la información o la elaboración de modelos funcionales propios del análisis.

Con este enfoque metodológico se permite establecer un correcto sistema muy eficiente, que servirá de una buena base para el desarrollo integral del proyecto, todo ello en concordancia con un plan de trabajo que estructure las actividades en plazos definidos para la elaboración del proyecto.

Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto

Tabla 4.- planificación de actividades

| Ítem | Requerimiento Funcional | Acciones | Dificultad | Materiales | Costo (S/) | Tiempo (DÍAS) |
|------|---|--|------------|---|------------|---------------|
| 1 | Duración de ondas de agua/ Estado del agua en el aspecto químico | Estudio y análisis del proyecto. Estudio y análisis de fallas que puede generar el sistema. | Media | Computadora/Laptop para programación, PLC, Baterías, Autocad, TIA PORTAL. Uso de programas y medidor de PH del suelo, estudio en campo, investigación de otros proyectos similares. | 3,450.00 | 6 DÍAS |
| 2 | COMPRA DE MATERIALES | Buscar, probar y ver los distintos módulos y sensores de los diferentes componentes eléctricos para su posterior desarrollo. | Alta | Medio de transporte. | 350 | 4 DÍAS |
| 3 | DISEÑO DEL TABLERO ELÉCTRICO | Diseño y simulación de tablero. | Media | Usando Autocad, TIA PORTAL. | 300 | 3 DÍAS |
| 4 | ENSAMBLAJE DE TABLERO | Movilizar materiales y dispositivos al lugar donde se creará a cabo el proyecto. | Media | Computadora, software, planos de medición. | 340 | 2 DÍAS |
| 5 | INSTALACIÓN MECÁNICA | Medir y verificar el lugar donde se hará la instalación del proyecto. | Alta | Vehículo Motorizado y EPPs de seguridad. | 2,150.00 | 10 DÍAS |
| 6 | INSTALACIÓN ELÉCTRICA | Trabajos de medida y corte de mangueras. | Media | Uso de máquinas de corte, sierras y remachadora. Tubos, codos, conectores, uniones y electroválvulas. | 1,200.00 | 3 DÍAS |
| 7 | INSTALACIÓN DE EQUIPOS | Trabajos en campo, cableado, canalizado y estilos de equipos. | Alta | Uso de canaletas para el traslado de materiales y uso de instrumentos eléctricos de AC, DC. | 2,100.00 | 20 DÍAS |
| 8 | PRUEBAS | Inspección del sistema y prueba de funcionamiento. | Alta | Cables eléctricos, mangueras transparentes, cajas de pase y tuberías. | 430 | 2 DÍAS |
| 9 | ARRANQUE | Encendido de tablero y medición de parámetros eléctricos en el tablero, motor. | Alta | Voltímetro, amperímetro, cintas, desarmadores, alicates, etc. Puesta a tierra y trabajos con equipos de protección (EPP). | 1,000.00 | 1 DÍA |
| 10 | IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE | Desarrollo del software de todo el sistema para la respectiva validación del proyecto. | Alta | Uso de herramientas de software. | 0 | 6 DÍAS |
| 11 | PRESENTACIÓN DE TODAS LAS FICHAS Y/O INFORME | Desarrollo semana a semana con los progresos del proyecto. | Alta | Software. | 0 | 2 DÍAS |

Marco Teórico

Marco Conceptual

A. **Controlador Lógico Programable** El marco conceptual de este trabajo se centra en el Controlador Lógico Programable (PLC), un dispositivo electrónico ampliamente utilizado en la automatización industrial.

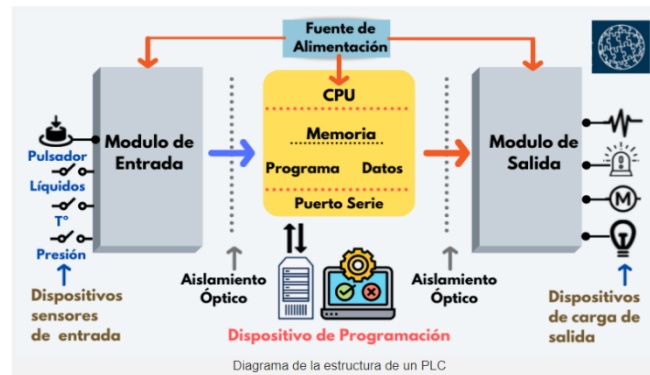
Antecedentes

- Con el surgimiento de los PLC en la década de 1960 se reemplazaron diferentes sistemas de control electromecánicos existentes.
- Con la evolución tecnológica actual: Se tiene una integración de microprocesadores a gran escala, una correcta comunicación en red (Ethernet, PROFIBUS) y una elevada compatibilidad con sistema IoT.

Bases Teóricas

- **Definición de PLC:** Es un dispositivo netamente programable que está diseñado para controlar procesos industriales mediante el uso de sus entradas/salidas digitales y analógicas propias del equipo.
- **Componentes principales:**
 - Tiene un CPU (Unidad Central de Procesamiento).
 - Dispone de módulos de entrada/salida (E/S).
 - Incorpora una fuente de alimentación.
 - Dispone de una interfaz de comunicación.

Figura 7.- Partes de un PLC



Fuente: (SICMA21, 2024)

- Lenguajes de programación: Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST).
- Normativas y estándares: IEC 61131-3 (estándar para programación de PLCs).

Aplicaciones Industriales

- Automatización de procesos en manufactura, energía, transporte y agroindustria.
- Casos de éxito: control de cintas transportadoras, robots industriales, sistemas de supervisión SCADA.

Ventajas y Limitaciones

- Ventajas: Se tiene una flexibilidad, una escalabilidad, y una reducción de costos a largo plazo.
- Limitaciones: Se tiene una dependencia de personal muy capacitado, se tiene una vulnerabilidad a ciberamenazas en PLCs conectados a redes industriales.

Innovaciones y Futuro

- Se integra muy rápidamente con Industria 4.0: Los PLCs disponen de capacidades de Machine Learning y Big Data en su desarrollo.

- El empleo de PLCs en sistemas de carácter ciberfísicos y de sistemas digital twins.

Conclusiones

Los PLCs son un pilar en la automatización industrial en la actualidad, con gran futuro muy prometedor gracias a la convergencia de las tecnologías emergentes. Este trabajo busca profundizar en su impacto técnico y económico en la industria moderna actual.

B. Sensor de Humedad y Temperatura Estos son dispositivos fundamentales en aplicaciones como las industriales, agrícolas, médicas y de automatización del hogar y de uso industrial.

Antecedentes

- Evolución histórica: se pueden encontrar en instrumentos analógicos separados (termómetros de mercurio e higrómetros mecánicos) hasta sensores digitales muy integrados.
- Avances tecnológicos: La miniaturización de los componentes, y el desarrollo de interfaces digitales como (I2C, SPI) y de muy bajo consumo energético para aplicaciones de IoT.
- Estándares relevantes: Normas ISO y IEC para medición ambiental (ej. ISO 7726 para parámetros térmicos).

Bases Teóricas

- Principios de medición:
 - **Temperatura:**
 - Termistores (NTC/PTC): Variación de resistencia con la temperatura.
 - Sensores digitales (ej. DS18B20): Conversión directa a señal digital.
 - **Humedad:**

- Capacitivos (ej. polímeros higroscópicos): Cambios en constante dieléctrica.
- Resistivos: Variación de conductividad en sales higroscópicas.
- Arquitectura de sensores integrados:
 - Diseño de módulos combinados (ej. DHT22, SHT31).
 - Compensación de interferencias mutuas entre mediciones.
- Parámetros críticos:
 - Rango operativo (ej. -40°C a 125°C / 0-100% HR).
 - Exactitud ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, $\pm 2\%$ HR en gama media).
 - Estabilidad a largo plazo y deriva de calibración.

Figura 8.-Sensor de Temperatura Y Humedad QFM2160



Fuente: (INTRUKART, 2025)

Aplicaciones

- Agricultura de precisión:
 - Monitoreo micro climático en invernaderos.
 - Optimización de riego mediante datos combinados.
- Edificios inteligentes:
 - Control HVAC basado en condiciones ambientales reales.
 - Detección de condiciones para prevención de moho.
- Procesos industriales:
 - Control en fabricación de alimentos y fármacos.
 - Monitoreo de condiciones en almacenes logísticos.
- Dispositivos portátiles:
 - Wearables para seguimiento de salud ambiental.
 - Estaciones meteorológicas personales.

Ventajas y Desafíos

- Ventajas:
 - Reducción de costos al integrar dos sensores en uno.
 - Mayor eficiencia en sistemas de control automatizado.
 - Compatibilidad con plataformas IoT (NodeMCU, Raspberry Pi).

- Limitaciones:
 - Deriva térmica en mediciones de humedad.
 - Efectos de histéresis en condiciones de humedad variable.
 - Requerimientos de calibración periódica en entornos críticos.

Innovaciones Recientes

- Nuevos materiales:
 - Nanocompuestos para mejorar sensibilidad y respuesta.
 - Películas delgadas de óxidos metálicos para mayor durabilidad.
- Técnicas avanzadas:
 - Auto-calibración mediante algoritmos de machine learning.
 - Compensación digital de no linealidades.
- Integración con sistemas:
 - Protocolos inalámbricos de bajo consumo (LoRa, BLE 5.0).
 - Plataformas de análisis de datos en la nube (AWS IoT, ThingsBoard).

C. Baterías Son componentes críticos en aplicaciones que van desde dispositivos portátiles hasta vehículos eléctricos y redes de energía renovable.

Antecedentes

- Evolución histórica: Desde las pilas voltaicas (1800) hasta baterías de estado sólido (2020s).
- Paradigmas tecnológicos:

- Transición de plomo-ácido a Li-ion (década de 1990).
- Boom actual en químicas libres de cobalto (ej.: LiFePO_4) y sodio-ion.
- Contexto global: Demandas por electrificación vehicular (305 millones de EVs proyectados para 2030, IEA) y almacenamiento para energías renovables (≈ 1.5 TW requeridos para 2050, IRENA).

Bases Teóricas

- Clasificación por tecnología:
 - Baterías primarias (no recargables): Zinc-carbono, alcalinas.
 - Baterías secundarias (recargables):
 - Químicas dominantes:
 - Ion-litio ($\text{LiCoO}_2/\text{NMC}$, LiFePO_4).
 - Níquel-metal hidruro (NiMH).
 - Emergentes:
 - Estado sólido (electrolitos cerámicos).
 - Flujo redox (vanadio, Zn-Br_2).
- Parámetros clave:
 - Densidad energética (Wh/kg) y potencia (W/kg).
 - Ciclo de vida (N° ciclos al 80% capacidad).
 - Eficiencia coulombica (>99% en Li-ion avanzadas).

- Tasa de autodescarga (<2%/mes en Li-ion).
- Procesos electroquímicos:
 - Reacciones redox en ánodo/cátodo (ej.: Li^+ intercalación en grafito).
 - Degradación por formación de SEI, dendritas o estrés mecánico.

Figura 9.-Batería GEL 12V 250Ah Tensite



Fuente: (AUTOSOLAR, 2025)

Aplicaciones

- Movilidad eléctrica:
 - Baterías de alta densidad (≥ 300 Wh/kg para EVs de largo alcance).
 - Sistemas de gestión (BMS) para balanceo celular.
- Almacenamiento estacionario:
 - Acoplamiento con fotovoltaica (Powerwall de Tesla).
 - Baterías de flujo para redes de escala utility.
- Electrónica de consumo:

- Optimización para wearables (baterías flexibles).

Desafíos Actuales

- Técnicos:
 - Seguridad (termorunaway en Li-ion).
 - Escalabilidad de tecnologías emergentes (ej.: estado sólido).
- Económicos:
 - Costos de materiales (Li, Ni, Co).
 - Infraestructura de reciclaje (<5% de Li reciclado globalmente).
- Ambientales:
 - Huella de carbono en fabricación (≈ 100 kg CO₂/kWh para Li-ion).
 - Extracción sostenible de litio (impacto en salares andinos).

Innovaciones Recientes

- Materiales avanzados:
 - Ánodos de silicio (mayor capacidad teórica que grafito).
 - Electrolitos no inflamables (polímeros sólidos).
- Tecnologías disruptivas:
 - Baterías dual-ion (uso de aniones y cationes).
 - Se dispone de una recarga ultrarrápida (≤ 5 minutos con ánodos de niobato).

- Economía circular:
 - Se emplean procesos hidrometalúrgicos para el reciclaje de las baterías.
 - Se dispone de una segunda vida en aplicaciones estacionarias.

D. Panel Solar Es una tecnología muy clave en la transición energética global actualmente. Para su aplicación se analiza los principios físicos propios de los componentes, los diferentes tipos de células solares, su eficiencia, las aplicaciones y los diferentes desafíos técnico-ambientales, todo ello con el objetivo de evaluar su gran potencial para satisfacer las demandas energéticas sostenibles actualmente.

Antecedentes

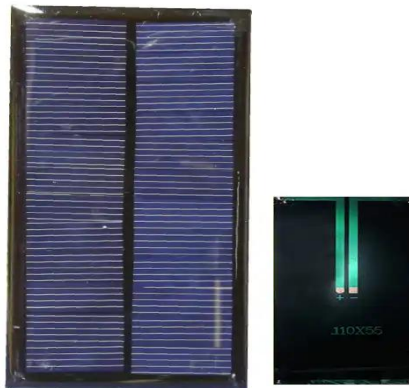
- Historia: Desde el efecto fotovoltaico (Becquerel, 1839) hasta células de silicio modernas (1954, Bell Labs).
- Evolución tecnológica:
 - De células mono/policristalinas (15-22% eficiencia) a tecnologías emergentes (perovskitas, tándem).
 - Reducción del 82% en costos (2010-2020, IRENA).
- Contexto global: 843 GW instalados mundialmente (2023), con proyección de 4.5 TW para 2030 (IEA).

Bases Teóricas

- Principio de funcionamiento:
 - Conversión fotoeléctrica mediante unión PN en semiconductores (ej.: silicio).

- Generación de pares electrón-hueco por incidencia fotónica.
- Tipos de paneles:
 - Silicio cristalino (85% del mercado):
 - Monocristalino (↑eficiencia, ↑costo).
 - Policristalino (↓eficiencia, balance costo-rendimiento).
 - Tecnologías delgadas:
 - CdTe (telururo de cadmio): Bajo costo, 10-12% eficiencia.
 - CIGS (cobre-indio-galio-selenio): Flexible, ≈14% eficiencia.
 - Emergentes:
 - Perovskitas (↑30% eficiencia en laboratorio).
 - Tándem (Si + perovskita: >35% eficiencia teórica).

Figura 10.-Panel Solar 48V



Fuente: (WESTOR, 2025)

Parámetros clave:

- Eficiencia de conversión (%).
- Potencia nominal (Wp).
- Coeficiente de temperatura ($\approx -0.4\%/^{\circ}\text{C}$ para silicio).
- Degradación anual (0.5-1%).

Aplicaciones

- Generación a gran escala: Granjas solares (>1 GW).
- Distribuida: Techos residenciales/comerciales (net metering).
- Off-grid: Electrificación rural + sistemas híbridos (solar-diesel).
- Movilidad: Vehículos solares y cargadores integrados.
- Nicho: Paneles transparentes (building-integrated PV).

Desafíos Actuales

- Técnicos:
 - Pérdidas por sombreado/suciedad.
 - Limitaciones en eficiencia (límite Shockley-Queisser: 33.7% para silicio).
- Económicos:
 - Dependencia de materiales críticos (plata, silicio grado solar).
- Ambientales:

- Huella de carbono en fabricación (400-800 kg CO₂/kW).
- Reciclaje (solo 10% de paneles se reciclan actualmente).

Innovaciones Recientes

- Materiales:
 - Se dispone de perovskitas de estabilidad mejorada (>10,000 h operación).
 - Se tiene unos niveles de Quantum dots (puntos cuánticos) para espectro infrarrojo.
- Diseños:
 - Se dispone en Bifaciales (+15% generación con reflexión del suelo).
 - Se cuenta con seguidores solares inteligentes (↑30% rendimiento).
- Sostenibilidad:
 - Se aplican procesos de reciclaje hidrometalúrgico (recuperación >95% de silicio).
 - Se emplean paneles libres de plomo/cadmio.

E. Pantalla HMI (*Human-Machine Interface*), es un componente esencial en el uso de sistemas de automatización industrial, en dispositivos médicos, en el control de vehículos y diferentes aplicaciones IoT. Para su uso se debe de analizar su arquitectura, tecnologías de visualización, funcionalidades interactivas y tendencias futuras, con énfasis en usabilidad, eficiencia energética e integración con sistemas inteligentes.

Antecedentes

- Evolución histórica:

- La evolución va desde interfaces electromecánicas (década de 1960) hasta las pantallas táctiles capacitivas fabricadas(2000s).
- Se debe de tener una buena adopción de sistemas embebidos y una buena conectividad en tiempo real (Industry 4.0).

Bases Teóricas

- Definición y componentes:
 - Pantalla HMI: Es un dispositivo que nos permite la interacción entre el usuario y la máquina mediante la visualización de datos y control táctil/gestual en la misma.
- Elementos clave:
 - Hardware: Pantalla (LCD, OLED), controlador, sensores táctiles.
 - Software: Sistemas operativos embebidos (Linux RT, FreeRTOS), herramientas de desarrollo (CODESYS, LabVIEW).
- Tecnologías de visualización:
 - LCD TFT: Dominante en entornos industriales (resistente, bajo costo).
 - OLED: Mejor contraste y flexibilidad (aplicaciones médicas/automotrices).
 - E-paper: Bajo consumo (etiquetas inteligentes).
- Modos de interacción:
 - Táctil resistivo/capacitivo: Precisión vs. multitouch.
 - Gestos y voz: Integración con IA (ej.: asistentes virtuales).
 - Retroalimentación háptica: Mejora la experiencia de usuario.

- Parámetros críticos:
 - Resolución y ángulo de visión.
 - Tiempo de respuesta (<5 ms para aplicaciones industriales).
 - Resistencia a ambientes hostiles (IP65, -30°C a 70°C).

Figura 11.-HMI SIEMENS KTP700 Basic color



Fuente: (ATECH, 2024)

Aplicaciones:

- Automatización industrial: Monitoreo de PLCs y SCADA.
- Automoción: Pantallas de info entretenimiento y cluster digital.
- Medicina: Interfaces para equipos de diagnóstico (ej.: ultrasonidos).
- Smart Home: Se dispone de sistemas de control IoT (iluminación, climatización).

Desafíos Actuales

- Técnicos:
 - Se tiene una gran latencia en interfaces remotas (cloud HMI).

- Se emplean en la calibración de sensores táctiles en entornos con vibraciones.
- Seguridad:
 - Tienen una vulnerabilidad en HMIs conectadas (ej.: ataques MITM).
- Ergonomía:
 - Se evita la fatiga visual en uso prolongado (luz azul, reflejos).

Innovaciones Recientes

- Pantallas flexibles: son usados en wearables y robótica.
- Realidad aumentada (AR): Se tiene una superposición de datos en entornos industriales.
- Interfaces adaptativas: La IA se emplea para personalización dinámica.
- Materiales autorreparables: Se emplea en el recubrimiento que sellan microgrietas del producto.

F. **Bombas de agua** Son equipos muy críticos en el empleo de sistemas de extracción y transporte de fluidos, los cuales son utilizados en sectores como agricultura, minería, tratamiento de aguas y petróleo, entre otros.

Antecedentes

- Origen: Se empleo la primera bomba sumergible eléctrica desarrollada por Armais Arutunoff (1920s).
- Evolución tecnológica:

- Se encuentran en diferentes materiales resistentes a la corrosión (aceros inoxidable, polímeros).
- Motores de alta eficiencia (IE3/IE4) y sistemas de control inteligente.
- Contexto actual: Mercado global valuado en USD 12.5 mil millones (2023), con crecimiento anual del 5.8% (Global Market Insights).

Figura 12.-Bomba de agua



Fuente: (ROTOPLAS, 2021)

Bases Teóricas

- Definición y componentes:
 - Bomba sumergible: Unidad sellada que opera sumergida en el fluido, integrando bomba + motor eléctrico.
 - Partes clave:
 - Impulsor (centrífugo, helicoidal, vortex).
 - Motor hermético (enfriado por el fluido).
 - Sellos mecánicos (evitan fugas al motor).

- Cableado resistente a la humedad.
- Clasificación por tipo:
 - Agua limpia/lodos:
 - Multietapa: Alta presión (pozos profundos).
 - Vortex: Para sólidos en suspensión (hasta 20% de sólidos).
 - Químicas: Fabricadas en PP, PVDF para corrosivos.
 - Minería: Diseños reforzados para abrasivos.
- Parámetros de desempeño:
 - Caudal (Q): m³/h o GPM.
 - Altura manométrica (H): metros de columna de agua.
 - Eficiencia energética: Relación Q-H vs. potencia consumida.
 - NPSH requerido: Prevención de cavitación.

Aplicaciones

- Agrícolas: Riego por goteo/aspersión (pozos y canales).
- Industriales:
 - Manejo de aguas residuales (EDARs).
 - Refrigeración en plantas químicas.
- Domésticas: Cisternas y drenaje de sótanos.
- Energía: Extracción de crudo en offshore.

Desafíos Técnicos y Operativos

- Fallas comunes:
 - Bloqueo por sólidos (obstrucción del impulsor).
 - Corrosión/erosión en medios agresivos.
 - Daño en sellos por sobrecalentamiento.
- Limitaciones:
 - Costo de mantenimiento en instalaciones profundas.
 - Sensibilidad a operación en seco (daño al motor).

Innovaciones Recientes

- Materiales avanzados:
 - Impulsores en cerámica (↑resistencia a abrasivos).
 - Recubrimientos nanoestructurados anti-incrustaciones.
- Control inteligente:
 - Variadores de frecuencia (ahorro energético hasta 30%).
 - Sensores IoT para monitoreo remoto (presión, vibración, temperatura).
- Sostenibilidad:
 - Motores de imanes permanentes (IE5).
 - Diseños modulares para fácil reciclaje.

G. Inversor de Corriente

Estos son dispositivos electrónicos muy fundamentales en sistemas de energía renovable, de un amplio respaldo eléctrico y basado en aplicaciones industriales.

Antecedentes

- Evolución histórica: Se utilizó como bases inversores mecánicos (siglo XIX) hasta semiconductores de potencia (IGBT, MOSFET)
- Revolución tecnológica: Se realizó el desarrollo de inversores bidireccionales para vehículos eléctricos (V2G)
- Contexto actual: En el mercado global se tiene \$77.8 mil millones (2023) con CAGR del 6.2% (MarketsandMarkets)

Bases Teóricas

- Principio de funcionamiento:
 - Conversión de DC a AC mediante conmutación electrónica
 - Modulación por ancho de pulso (PWM) para control de voltaje/frecuencia
- Topologías principales:
 - Inversores monofásicos (H-bridge)
 - Inversores trifásicos (3-leg)
 - Topologías multinivel (NPC, T-type)

Componentes críticos:

- Semiconductores de potencia (SiC, GaN)

- Bancos de capacitores
- Sistemas de refrigeración
- Controladores DSP

Figura 13.-Inversor Victron Phoenix 24V 1200VA VE.Direct



Fuente: (AUTOSOLAR, 2025)

Aplicaciones Clave

- Energías renovables: Conexión de paneles solares a red
- Sistemas UPS: Protección de cargas críticas
- Movilidad eléctrica: Tracción y carga bidireccional
- Microredes: Gestión de isla y sincronización

Desafíos Técnicos

- Eficiencia: Pérdidas por conmutación (hasta 8% en inversores convencionales)
- Calidad de potencia: Se tiene una distorsión armónica (THD < 3% requerido por IEEE 519)
- Confiabilidad: Se tiene fallos en capacitores electrolíticos

- Compatibilidad electromagnética: Se tiene interferencias en sistemas sensibles

Innovaciones Recientes

- Semiconductores de banda ancha: Se usa SiC y GaN (reducción del 50% en pérdidas)
- Arquitecturas híbridas: Se emplea convertidores matriciales
- Control avanzado: Se tiene un algoritmo de control predictivo
- Digital twins: Se tiene un modelado en tiempo real para mantenimiento predictivo

H. Reguladores de carga. Son dispositivos esenciales en sistemas fotovoltaicos autónomos, encargados de gestionar el flujo de energía entre los paneles solares, las baterías y las cargas.

Antecedentes

- Origen: Primeros reguladores electromecánicos (década de 1970) para proteger baterías de plomo-ácido.
- Evolución tecnológica:
 - Transición a electrónica digital (MPPT en 1990s).
 - La Integración con sistemas IoT para tener un monitoreo remoto (2010s).

Bases Teóricas

- Funciones principales:
 - Protección de baterías:
 - Se tiene que evitar la sobrecarga (>14.4V en 12V Pb-ácido) y a la vez la descarga profunda (<10.5V).

- Se debe de tener una compensación térmica (coeficiente: $-3\text{mV}/^\circ\text{C}/\text{celda}$).
- Optimización energética:
 - Se debe de tener un seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT, hasta 30% más eficiente que PWM) para el regulador de carga.
- Topologías:
 - PWM (Modulación por Ancho de Pulso):
 - Bajo costo, eficiencia del 65-80%.
 - Ideal para sistemas pequeños ($<500\text{W}$).
 - MPPT (Maximum Power Point Tracking):
 - Conversión DC-DC (Buck/Boost), eficiencia 92-98%.
 - Requerido para instalaciones $>1\text{kW}$.
- Parámetros críticos:
 - Voltaje de operación (12V/24V/48V).
 - Corriente máxima (ej.: 30A, 60A).
 - Pérdidas nocturnas ($<1\text{mA}$ en modelos avanzados).

Figura 14.-Controlador PWM LCD 30A 12/24V Must Solar



Fuente: (AUTOSOLAR, 2025)

Aplicaciones

- Sistemas aislados:
 - Electrificación rural (viviendas, telecomunicaciones).
 - Bombeo solar directo.
- Movilidad sostenible:
 - Vehículos recreativos (RVs) y barcos.
- Microredes:
 - Hibridación con generadores diésel.

Desafíos Técnicos

- Eficiencia en condiciones variables:
 - Rendimiento bajo irradiación parcial (efecto "cloudy day").
- Compatibilidad:

- Conflictos con baterías de nueva química (LiFePO₄, Na-ion).
- Durabilidad:
 - Fallos por transientes de voltaje en entornos rurales.

Innovaciones Recientes

- Algoritmos inteligentes:
 - MPPT híbridos (P&O + Redes Neuronales) para tracking rápido.
- Diseños bidireccionales:
 - Gestión V2G (Vehicle-to-Grid) en estaciones solares móviles.
- Materiales avanzados:
 - Transistores GaN para reducir pérdidas (>99% eficiencia).
- Funciones IoT:
 - Diagnóstico predictivo mediante análisis de datos en la nube.

I. Tanque plus+ 2500L GDPV Rotoplas

Agua Segura: Con la nueva Tapa Plus+ evita que se desprenda y asegura que no entren contaminantes al tanque.

- Cuidado de tu salud: Con una exclusiva protección antibacterial (AB) con tecnología Expel que inhibe la reproducción de microbios y bacterias.
- Diseño Innovador más Resistente: Desarrollado por nuestro Centro de Investigación y Desarrollo (CID) el cual está en la búsqueda constante de innovar y evolucionar.

- Facilidad de Izaje: Cuenta con orejas de sujeción para un mejor manejo en la instalación.
- Cero fugas: Conexiones que vienen integradas en el cuerpo del tanque, evita desprendimientos y por ende garantiza cero fugas.
- Facilidad de mantenimiento: El interior es liso, lo que permite que no se adhiera ningún elemento y es más fácil de limpiar.
- Garantía de Por Vida.

Figura 15.- Tanque Rotoplas Plus+ 2500L

Rotoplas
más y mejor agua

Tanque Plus+ 2500L
Garantía de Por Vida

Nueva Línea de Tanques con diseño único en el mercado, fabricado bajo una nueva tecnología.

Especificaciones técnicas

- Material fabricado de polietileno de ultra alto peso molecular
- Nueva Tapa Plus+ de polipropileno negro.
- Capacidad de 2500L.

Capacidades

| Tanque Plus+ | | | |
|---------------|----------------------------|-----------------|--------------|
| Capacidad (L) | Altura total con tapa (cm) | Diámetro Ø (cm) | Garantía |
| 2500L* | 173 | 145 | De por Vida* |

Accesorios que equipan a un Tanque Plus+

1. Válvula de Llenado de 3/4" (19,05 mm) con reducción a 1/2" (12,7 mm) y varilla.
2. Flotador.
3. Multiconector.
4. Tubo de aire.
5. Filtro de sedimentos Estándar.

Con los mejores accesorios

5 Años de garantía Rotoplas en Accesorios

3 Años de garantía Rotoplas en Filtro

Garantía de Por Vida

Fuente: (Medina, 2021)

J. Válvulas de la serie dv /dvf

Características

- Diseño de caudal piloto con doble filtro (diafragma y solenoide) para máxima fiabilidad y resistencia a residuos abrasivos
- Diafragma de presión equilibrada Buna-N con filtro de agua piloto autolimpiante malla 90 (200 micras) y muelle cautivo
- Solenoide encapsulado de baja potencia y consumo eficiente, con émbolo cautivo y filtro de solenoide malla 90 (200 micras)
- Exclusivo mecanismo de control de caudal patentado asistido por presión fácil de girar (solo en modelos DVF).
- Purga externa para limpiar el sistema manualmente y quitar las partículas de suciedad durante la instalación y la puesta en marcha del sistema.
- Purga interna para operación manual en seco.
- Admite solenoide de impulsos TBOS de Rain Bird para utilizar con la mayoría de los controladores a pilas.
- Funciona en aplicaciones de bajo caudal y de riego por goteo cuando el filtro de malla 200 se instala en contracorriente.
- No se recomienda su uso con sistemas de control de dos cables

Especificaciones

- Presión: 15 a 150 psi (1,0 a 10,4 bar)
- Modelo 075-DV sin control de caudal: 0,2 a 22 gpm (0,05 a 5,0 m³/h; 0,01 a 1,39 l/s).
Para caudales inferiores a 3 gpm (0,68 m³/h; 0,19 l/s) o cualquier aplicación de riego localizado, use un filtro de malla 200 instalado en la parte anterior.

- Modelo 100-DV sin control de caudal: 0,2 a 40 gpm (0,05 a 9,085 m³/h; 0,01 a 2,52 l/s).
Para caudales inferiores a 3 gpm (0,68 m³/h; 0,19 l/s) o cualquier aplicación de riego localizado, use un filtro de malla 200 instalado en la parte anterior.
- Modelo 100-DVF con control de caudal: 0,2 a 40 gpm (0,05 a 9,085 m³/h; 0,01 a 2,52 l/s); para caudales inferiores a 3 gpm (0,68 m³/h; 0,19 l/s) o cualquier aplicación de riego localizado, use un filtro de malla 200 instalado en la parte anterior.
- Temperatura del agua: Hasta 110°F (43°C)
- Temperatura ambiente: Hasta 125 °F (52 °C)
- Resistencia de la bobina del solenoide 38 ohmios
- 24 VAC 50/60Hz (ciclos por segundo) r
- Requisito de alimentación eléctrica del solenoide: Corriente de entrada 0,450 A; corriente de retención 0,25 A
- Dimensiones: Válvulas DV
- Altura: 4½" (11,4 cm)
- Altura (ángulo): 5½" (14 cm)
- Longitud: 4 3/8" (11,1 cm)
- Longitud (ángulo): 3¾" (9,5 cm)
- Longitud (MB): 5¾" (14,6 cm)
- Ancho: 3 1/3" (8,4 cm)
- Dimensiones: Válvulas DVF
- Altura: 5 3/5" (14,2 cm)
- Longitud: 4 3/8" (11,1 cm)
- Longitud (MB): 5¾" (14,6 cm)

- Ancho: 3 1/3" (8,4 cm)

Figura 16.-Válvulas de la serie dv /dvf



Fuente: (Bird, 2025)

K. Codos Ø 6 mm GEOLIA

Codos Geolia para riego por goteo con un diámetro de 6 mm, ideal para cambiar la dirección del agua. Este producto reduce el consumo de agua un 60% o más con respecto a los productos estándar o con respecto a su no utilización.

Figura 17.- Codo GEOLIA



Fuente: (Bird, 2025)

Características

Tabla 5.- Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto

| Desmontable | Si |
|--|-----------------------------|
| Tipo de producto | Conector en codo para riego |
| Material principal en la masa total del producto | Polietileno |
| Número de unidades consumido | 25 |
| Marca del producto | GEOLIA |
| Regulable | No |
| Sistema de riego rotativo | No |
| Piqueta | No |
| Garantía (en años) | 3 |
| Producto empaquetado: peso (en kg) | 0.015 |

L. Conector en T para riego

Pieza de conexión en forma de T para goteo agrícola fabricada en polipropileno negro para conectar tres ramales de tubería de polietileno de micro-irrigación con diámetro exterior de 16 mm y 1,2 mm de espesor. La pieza dispone de paso total y cuenta con unos dientes en los extremos que impiden que la tubería salga con facilidad. Su composición consigue una alta resistencia al impacto y protección a los rayos ultravioleta. Recomendado para instalar y conectar ramales de cualquier jardín o huerto.

Figura 18.- Conector T



Fuente: (Bird, 2025)

M. Gotero regulable agrícola

Gotero regulable fabricado en polipropileno para caudal de 0 a 70 litros/hora con ajuste sencillo y cómodo girando su tapa, pudiendo ajustar también el radio de alcance. Su instalación se realiza pinchando directamente sobre tuberías de 12, 16 y 20 mm, o colocado en el extremo de un microtubo. Podrás cerrarlo completamente cuando sea necesario y se desmonta fácilmente para poder limpiarlo en caso de obstrucción. Recomendado para regar superficies con frutales, palmeras, jardineras y macetas, setos, y otros cultivos.

Figura 19.- Gotero regulable.



Fuente: (Bird, 2025)

Tabla 6.- Características

| Tipo de dispositivo de goteo | Regulable |
|--|------------------|
| Material principal en la masa total del producto | Polipropileno |
| Tipo de producto | Goteador externo |
| Garantía (en años) | 3 |
| Producto empaquetado: peso (en kg) | 0.58 |

N. Gotero regulable agrícola

Tubería de polietileno en color negro indicada para el riego por goteo en jardinería y agricultura. Está fabricada en España y es resistente a las algas, las heladas y los rayos UV.

Medidas: 16 mm de diámetro por 100 metros de longitud.

Figura 20.- Tubería de polietileno.

Fuente: (Bird, 2025)

Tabla 7.- Características

| Tipo de producto | Tubería sin gotero |
|--|--|
| Longitud (en m) | 100 |
| Material principal en la masa total del producto | Polietileno |
| Tipo de densidad | Bajo |
| Resistente a las algas | Si |
| Resistencia a las heladas | Si |
| Sin ftalatos | Si |
| Resiste a los rayos UV | Si |
| Uso del producto | Para el riego en la agricultura y jardinería |
| Diámetro del tubo (en mm) | 16 |
| Longitud de tubo (en m) | Mas de 25 |
| Producto empaquetado: peso (en kg) | 5.36 |

O. Tapones GEOLIA

Tapones Geolia de 16 mm de diámetro. Este producto reduce el consumo de agua un 60% o más con respecto a los productos estándar o con respecto a su no utilización.

Figura 21.- Tapon

Fuente: (Bird, 2025)

Tabla 8.- Características

| Desmontable | Si |
|--|------------------|
| Tipo de producto | Tapón para riego |
| Material principal en la masa total del producto | Polietileno |
| Número de unidades consumidor | 25 |

| | |
|------------------------------------|--------|
| Marca del producto | GEOLIA |
| Regulable | No |
| Sistema de riego rotativo | No |
| Piqueta | No |
| Garantía (en años) | 3 |
| Producto empaquetado: peso (en kg) | 0.069 |



FICHA TÉCNICA
TUBERÍAS MICROIRRIGACIÓN



DESCRIPCIÓN

Tuberías de fácil manejo y flexibilidad.

Gran resistencia a los productos químicos utilizados en agricultura y larga vida útil, lo cual garantiza la rentabilidad de la instalación.

Todo esto, unido a su resistencia a la radiación ultravioleta como a las altas temperaturas, las hace indispensables en las instalaciones de riego.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TUBERÍA MICROIRRIGACIÓN ANTICRACKING

| Diam. Exterior (mm) | Espesor (mm) | Longitud Bobina |
|---------------------|--------------|-----------------|
| 12 | 1,00 | 500 |
| 16 | 1,20 | 400 |
| 20 | 1,30 | 300 |



DRIPALIA, S.L.C/ Issac Newton, 71 46520-Sagunto- Valencia. B-73743999. Telf: 96 059 18 30 www.dripalia.com

Fuente: (Bird, 2025)

Estado de la Tecnología

En la actualidad, la eficiencia en el uso de recursos hídricos y energéticos es un factor clave para la sostenibilidad de la agricultura, especialmente en zonas rurales y con condiciones climáticas adversas como la provincia de Huarney, en la región Áncash.

Sistemas de Riego Automatizados

En zonas agrícolas semiáridas como Huarmey, estos sistemas son especialmente valiosos, ya que ayudan a reducir el desperdicio de agua en cultivos con alta demanda hídrica como la sandía, y permiten adaptar el riego a las condiciones reales del suelo y clima.

A. Energía Solar Fotovoltaica en la Agricultura

La energía solar basado en sistemas fotovoltaica ha experimentado un amplio crecimiento sostenido a nivel mundial como una fuente del tipo renovable, que es muy limpia y a la vez descentralizada. En el sector agrícola, su aplicación en el bombeo de agua y la electrificación de los sistemas de riego es cada vez más frecuente en nuestro país, especialmente en áreas rurales no conectadas a la red eléctrica o con suministro limitado propios de las zonas agrícolas.

El avance con el uso de módulos fotovoltaicos, el empleo de inversores, el empleo de baterías de almacenamiento y la aplicación de controladores de carga han permitido el diseño de sistemas autónomos capaces de alimentar bombas sumergibles en gran escala, de la misma manera válvulas automáticas y diferentes unidades de control. La amplia reducción de costos en los diferentes componentes solares y la mejora en la eficiencia de los sistemas han hecho más accesible esta tecnología para pequeños y medianos productores en el área agrícola.

En nuestro país, se han desarrollado diversos proyectos piloto y amplios programas de promoción de energía solar en el agro por parte del estado y de empresas privadas, pero aún existe un gran potencial de expansión de estos sistemas, especialmente en zonas muy cercanas a la costa y sin dejar de lado las zonas andinas con altos niveles de radiación solar, como Huarmey.

B. Integración de Energía Solar y Automatización en Riego

La integración de los sistemas automatizados con la energía solar fotovoltaica constituye un avance tecnológico que permite que se puedan desarrollar sistemas de riego autónomos como nuestro proyecto, los cuales son sostenibles y de muy bajo costo operativo. Esta combinación de sistemas es especialmente útil para cultivos temporales o estacionales como es el caso de la sandía, la cual requieren alta disponibilidad hídrica durante su ciclo vegetativo.

Este sistema implica una planificación muy adecuada que considere la gran demanda hídrica del cultivo de la zona, se evalúen las características del suelo, se tenga una gran disponibilidad solar local, y un adecuado dimensionamiento de los componentes eléctricos y electrónicos del sistema. Asimismo, la correcta implementación de algoritmos de control basados en datos proporcionado por sensores permite optimizar aún más el rendimiento del sistema planteado.

C. Aplicaciones y Casos de Éxito

Hay diversos estudios y experiencias en toda América Latina y otras regiones semiáridas del mundo las que demuestran la efectividad de estos sistemas híbridos. En países como México, Brasil y Chile, se han implementado sistemas de riego solar automatizados con excelentes resultados en cultivos frutales. En nuestro país, algunas iniciativas en la costa norte y sur nos muestran que estos sistemas pueden mejorar hasta en un 30% la eficiencia del riego en la zona, lo cual reduce los costos energéticos y aumentar en gran medida la productividad.

(HIDRAULICA, 2021)

En el caso específico de Huaramey, si bien aún hay limitada implementación de estas tecnologías, las condiciones climáticas y geográficas son favorables para su desarrollo, y existe un creciente interés por parte de los agricultores y autoridades locales en modernizar el riego agrícola.

Teorías, Técnicas y Métodos Usados

Teorías Utilizadas. - El desarrollo de un sistema de riego automatizado alimentado por energía solar se sustenta en diversas teorías que explican el comportamiento del agua en el suelo, la captación de energía solar, y el funcionamiento de sistemas de control automático. Estas teorías permiten comprender y modelar los fenómenos físicos, electrónicos y agronómicos involucrados.

a) Teoría del Balance Hídrico

Se establece que el uso del agua disponible para el cultivo es en gran medida una de las grandes diferencias entre la cantidad de agua recibida (riego o lluvia) y la pérdida de agua por los siguientes motivos como son la evapotranspiración, la escorrentía y la percolación profunda. Estas teorías mencionadas son claves para poder calcular la necesidad de riego en la zona y definir los diferentes ciclos de suministro de agua para el cultivo de sandía que se necesitan, ya que este es un cultivo que requiere un control hídrico riguroso para maximizar su alto rendimiento y tener una buena calidad del producto.

b) Teoría de la Energía Fotovoltaica

Esta teoría está basada en la física del efecto fotoeléctrico, la cual explica cómo ciertos materiales semiconductores (como el silicio) pueden convertir la energía solar en energía eléctrica en gran escala. El buen diseño de los sistemas fotovoltaicos se fundamenta en los principios de la eficiencia energética, la curva de los paneles solares, y el cálculo de potencia muy necesarias para alimentar bombas de agua y sistemas electrónicos.

c) Teoría de Control Automático

Esta teoría es aplicada mediante el uso de microcontroladores programables, sensores y actuadores que permiten el control automático del sistema de riego según las condiciones del suelo y del ambiente.

Técnicas Utilizadas. - Para el desarrollo e implementación del sistema, se emplean una serie de técnicas interdisciplinarias, tanto de ingeniería electrónica como agrícola, las cuales se detallan a continuación:

a) Automatización con Microcontroladores

En esta técnica de automatización a través de microcontroladores (por ejemplo, Arduino o ESP32), se permite programar rutinas de control del riego en función de datos recibidos de sensores de humedad, temperatura y presión. Toda la programación se realiza utilizando lenguajes de programación como C++ y herramientas como el IDE de Arduino para su programación.

b) Integración de Sensores

Las técnicas de censado mediante el uso de sensores de humedad en el suelo (tales como YL-69 o capacitivos), el empleo de sensores de temperatura ambientales, y la aplicación de sensores de nivel de agua, todos ellos con el fin de monitorear en tiempo real las condiciones relevantes para su uso en el riego. Esta información alimenta al microcontrolador para que pueda tomar decisiones de manera automática.

c) Bombeo Solar Autónomo

Se implementa la técnica de bombeo solar directo o híbrido, utilizando una bomba de agua alimentada por paneles solares. Se calcula el caudal y la presión requerida según las características del cultivo y la parcela. El sistema puede incluir baterías o funcionar en forma directa durante las horas de radiación solar.

d) Telemetría y Monitoreo

Se emplea la comunicación inalámbrica para el monitoreo remoto del sistema donde se utilizara, el empleo de las tecnologías como Wi-Fi o LoRa, permite visualizar parámetros y alertas desde dispositivos móviles o plataformas web en diferentes ubicaciones.

Métodos Usados. - Para asegurar correcto diseño de manera eficaz y muy funcional del sistema, se adoptaron distintos métodos de análisis, diseño y evaluación como los siguientes:

a) Método Experimental

Se utilizo para validar el funcionamiento del sistema en campo, donde se realizaron pruebas de encendido, la calibración de los sensores, la verificación del riego automatizado y la medición de variables como consumo energético y la humedad del suelo.

b) Método de Diseño de Sistemas

Permitió planificar la correcta arquitectura muy completa del sistema de riego, en la que se integraron los subsistemas eléctricos, electrónicos, hidráulicos y estructurales. Esto incluyó el correcto dimensionamiento de los paneles solares, el correcto cálculo de carga eléctrica a suministrar, la buena elección de la bomba de agua y el diseño correcto del software de control.

c) Método de Evaluación Agronómica

Tiene un enfoque agronómico para poder evaluar la eficiencia del riego en el cultivo de sandía, para ello se consideró las variables como el crecimiento del cultivo, la calidad del fruto, la frecuencia de riego, y el uso eficiente del recurso hídrico.

d) Método Comparativo

Es un análisis comparativo entre el sistema automatizado propuesto y los sistemas de riego manual o convencional utilizados en la zona agrícola. Esto nos permitió evaluar beneficios en

términos de ahorro del agua, la correcta reducción de costos operativos y la mejora en el rendimiento del cultivo.

Capítulo III: Memoria Descriptiva

Descripción General del Proyecto

El presente proyecto consiste en el diseño y ejecución de un sistema de riego 100% tecnificado basado en goteo, que operara de manera automática mediante el uso de un controlador lógico programable (PLC) el cual se alimentara con energía solar fotovoltaica. Este proyecto está orientado a satisfacer todas las necesidades hídricas del cultivo de sandía en la provincia de Huarmey de la región Áncash, esta es una zona que enfrenta muchas limitaciones de acceso a energía eléctrica convencional y escasez progresiva de agua en la zona.

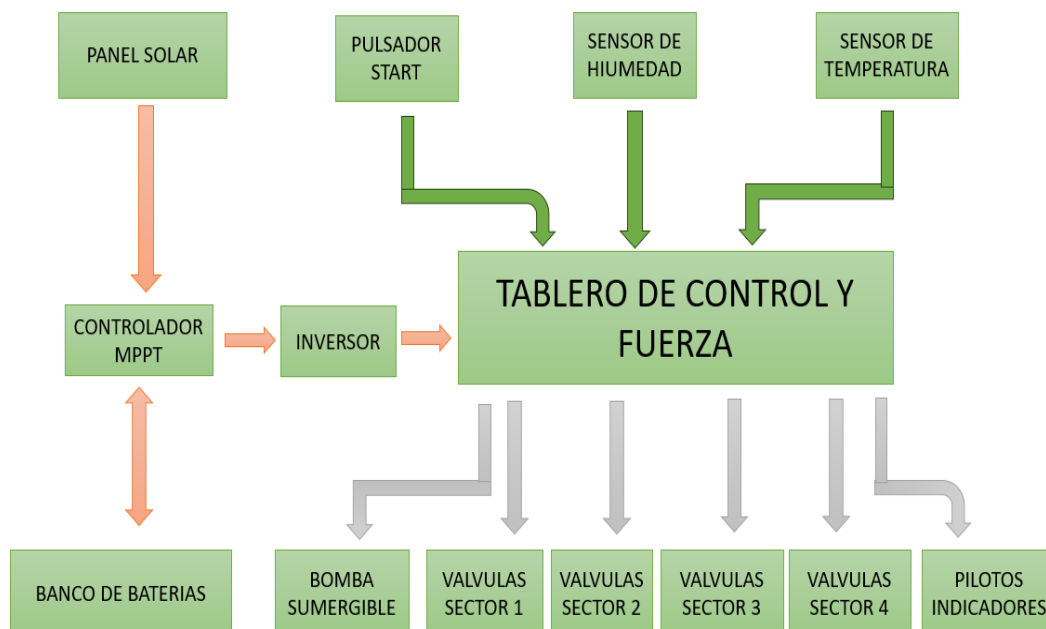
La propuesta enfoca en usar las tecnologías de automatización existentes actualmente y en conjunto con energías renovables da como resultado optimizar el uso del recurso hídrico de la zona y reducir la dependencia de fuentes energéticas contaminantes que hacen mucho daño a nuestro ecosistema actualmente. Este sistema emplea sensores de humedad y temperatura para poder monitorear las condiciones del suelo en tiempo real, de esta manera se permite así una gestión muy inteligente del riego basada en datos dados en tiempo real. A su vez, toda la energía requerida para el correcto funcionamiento del sistema esta suministrada por los paneles solares, los cuales garantizaran su autonomía operativa incluso en las zonas rurales muy alejadas.

Esta iniciativa dada en esta solución no solo busca mejorar la eficiencia del riego en cultivos agrícolas, sino también ofrecer una solución replicable para otros sistemas, de una manera sostenible y de bajo costo operativo para pequeños y medianos productores de la zona. Con todo esto se espera que la implementación del sistema contribuya en gran medida al incremento de la productividad agrícola de la zona, de la misma manera a la reducción del desperdicio de agua y

al fortalecimiento de prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente que se necesitan en la actualidad.

Diagramas en Bloques del Proyecto

Figura 22.- Diagrama de Bloques



Especificación Técnica del Proyecto

Este sistema propuesto está conformado por un conjunto de dispositivos electrónicos, eléctricos y mecánicos diseñados para garantizar un riego eficiente, automatizado y autosuficiente en términos energéticos.

A continuación, se detallan los componentes clave que conforman la solución técnica:

1. Fuente de Energía: Está conformada por los siguientes dispositivos:

- *Los Paneles solares fotovoltaicos*: Son los encargados de captar la radiación solar del medio y convertirla en energía eléctrica de corriente continua (DC) para ser aprovechada por el sistema de riego.
- *El Regulador de carga MPPT/PWM*: Se encargará de controlar la transferencia de energía eléctrica desde los paneles solares hasta las baterías, de esta manera funciona como un medio de protección contra sobrecargas o descargas profundas en las baterías.
- *La Baterías de ciclo profundo (GEL/AGM)*: Se encargará de almacenar la energía generada con lo que se garantizará la operación del sistema incluso en ausencia de sol.
- *El Inversor de corriente*: Es el que convierte la energía almacenada del tipo (DC) en corriente alterna (AC), lo cual será necesario para poder alimentar determinados equipos del sistema de riego.

2. Sistema de Automatización: Los componentes que forman esta parte del sistema son los siguientes:

- *Controlador lógico programable (PLC)*: Unidad central encargada de ejecutar la lógica de control del sistema. Administra las señales provenientes de los sensores y activa/desactiva los actuadores conforme a la programación establecida.
- *Interfaz Hombre-Maquina (HMI)*: Pantalla interactiva que permite al usuario monitorear al estado del sistema, visualizar variables (humedad y temperatura) y realizar ajustes sin reprogramar el PLC.

3. Sensores y Dispositivos de control: Son los encargados de realizar la interacción con el sistema para su respectivo control y están formado por los siguientes:

- *Sensor de humedad de suelo*: Determina el nivel de agua disponible en el terreno, activando el riego solo cuando sea necesario.
- *Sensor de temperatura*: Ayuda a establecer condiciones óptimas de riego según el microclima.
- *Electroválvulas*: Controlan el flujo de agua en las tuberías, siendo activadas automáticamente por el PLC.

4. Sistema de bomba y Distribución: Formado por todos los actuadores que conforman el sistema:

- *Bomba*: Extrae el agua desde una fuente subterránea o reservorio, impulsándola hacia el sistema de riego. Alimentado por energía solar o energía almacenada en baterías.
- *Sistema de riego por goteo*: Red de tuberías, goteros y accesorios que permite una distribución uniforme del agua, directamente en la raíz de cada planta, minimizando pérdidas por evaporación o escurrimiento.

5. Estructura y protección: Implica el uso de los siguientes equipos en esta etapa:

- *Tablero de control*: Contiene todos los dispositivos eléctricos y electrónicos (PLC, relés, protecciones térmicas, disyuntores, HMI) correctamente cableados.
- *Gabinetes IP65*: Aseguran protección contra polvo, humedad y otros agentes externos prolongando la vida útil de los equipos.

*datos técnicos***Tabla 9.-** Datos Técnicos

| Ítem | Descripción / Valor |
|----------------------------------|---|
| Voltaje de operación del sistema | 48 VDC |
| Potencia total del sistema | 1,200 W (600 W x 2 paneles solares) |
| Autonomía del banco de baterías | 4 horas |
| Área de cultivo | 1 hectárea |
| Ubicación del sistema | Huaral, Perú |
| Paneles solares instalados | 2 unidades de 600 W (tipo: policristalino/monocristalino) |
| Tipo de sistema de riego | Riego tecnificado (goteo) |
| Capacidad estimada de bombeo | (Dependerá del caudal requerido y altura dinámica total) |
| Banco de baterías sugerido | 48 VDC, mínimo 4 horas de autonomía (capacidad a determinar según consumo real) |

Especificaciones Técnicas de Componentes

Tabla 10.- Especificaciones Técnicas

| Componente | Modelo / Tipo | Especificaciones Técnicas |
|----------------------------|--------------------------------------|---|
| Panel Solar Policristalino | 600W | Potencia nominal: 600W Tensión máx. potencia (Vmp): ~36V Corriente máx. (Imp): ~16.7A |
| Bomba de Agua | 2 HP | Potencia: 2 HP (~1492 W) Tensión: depende del modelo (AC o DC) Caudal y altura: variable |
| Sensor de Temp. y Humedad | QFM2160 | Rango temp.: 0...50 °C Rango humedad: 0...100 %HR Salida: analógica (0-10V) o 4-20mA |
| Batería GEL | Tensite 12V 250Ah | Tensión nominal: 12V Capacidad: 250Ah Energía almacenada: 3000Wh Tipo: GEL sin mantenimiento |
| HMI | Siemens KTP700 Basic Color | Pantalla: 7" táctil TFT Resolución: 800x480 Conexión: PROFINET Alimentación: 24V DC |
| Inversor | Victron Phoenix 24V 1200VA VE.Direct | Entrada: 24V DC Salida: 230V AC Potencia continua: 1000W Pico: 2400W |
| Controlador de Carga | PWM LCD 30A 12/24V Must Solar | Corriente máx: 30A Voltaje de trabajo: 12/24V automático Pantalla LCD integrada |

| Componente | Modelo / Tipo | Especificaciones Técnicas |
|----------------|------------------------|--|
| Electroválvula | 10 bar (aprox. 10 atm) | Presión máx. de trabajo: 10 bar Voltaje de control: 12V/24V o AC según modelo Tipo: 2/2 vías |
| PLC | Siemens S7-1200 DC/AC | CPU 1212C DC/DC/Relay (ejemplo) Entradas: 8 DC Salidas: 6 Relay Alimentación: 24V DC |

Cálculos Previos

Consideraciones de Diseño

Para las operaciones de diseño en lo relacionado al sistema fotovoltaico se consideró lo siguiente:

Cuadro de Cargas

- Determinamos los consumos de los equipos a usar en el sistema:

Tabla 11.- Especificaciones Técnicas

| Equipo | Potencia (W) |
|---------------------------------|--------------|
| Sistema de mando y control | 12 |
| Sistemas de válvulas solenoides | 20 |
| Bomba de agua | 750 |

Consumo de energía

- Determinamos el consumo de los equipos en horas de trabajo:

Tabla 12.- consumo de equipos

| Equipo | Potencia (W/H) |
|---------------------------------|-----------------------|
| Sistema de mando y control | 12W X 24h = 288 |
| Sistemas de válvulas solenoides | 20W X 4h = 80 |
| Bomba de agua | 750W X 4h = 3000 |

- Esto nos determina que nuestro sistema va a consumir la siguiente potencia:

3368 W/h

Operaciones de Cálculo

Cálculo de horas de carga de los paneles solares

- En nuestro sistema usaremos paneles solares de 600W comerciales, procedemos a determinar la cantidad horas para poder realizar la carga de las baterías para nuestro sistema:

$$3368\text{W/h} / 600\text{W} = 5.61 \text{ h.}$$

Determinación de cantidad de paneles para el sistema

- Según el tiempo de incidencia solar asegurada por Osinerming para la zona de Huarmey de tiene un índice de 4.4 horas diarias de incidencia total del sol en la zona, en base a ello determinamos el uso de la cantidad de paneles solares a usar:

$$5.61\text{h} / 4.4\text{h} = 1.275 \text{ h.}$$

Según nuestro calculo deberíamos tener 2 paneles para poder realizar el aseguramiento que nuestro sistema trabaje sin problema por lo tanto vamos a duplicar los paneles a 04 unidades así aseguramos la eficiencia continua del sistema.

Calculo para el dimensionamiento de las baterías

- Ahora vamos a determinar la cantidad de Amper/Hora para las baterías a utilizar, para ello vamos a tener en cuenta que la eficiencia de los reguladores de carga es de 60%

$$3368\text{W/h} / 0.60 = 5.613\text{KW/h.}$$

$$5.613\text{KW/h} / 48\text{V} = 116.\text{A/h.}$$

Como el valor del batería calculado es de 116 A/h como mínimo, elegimos un valor comercial de 150A/h para asegurar cualquier eventualidad en el sistema.

Sistema Eléctrico

Sistema eléctrico general

En la imagen mostrada se puede ver el sistema eléctrico general con las dos etapas de fuerza y de mando:

Figura 23.- Diagrama Eléctrico General

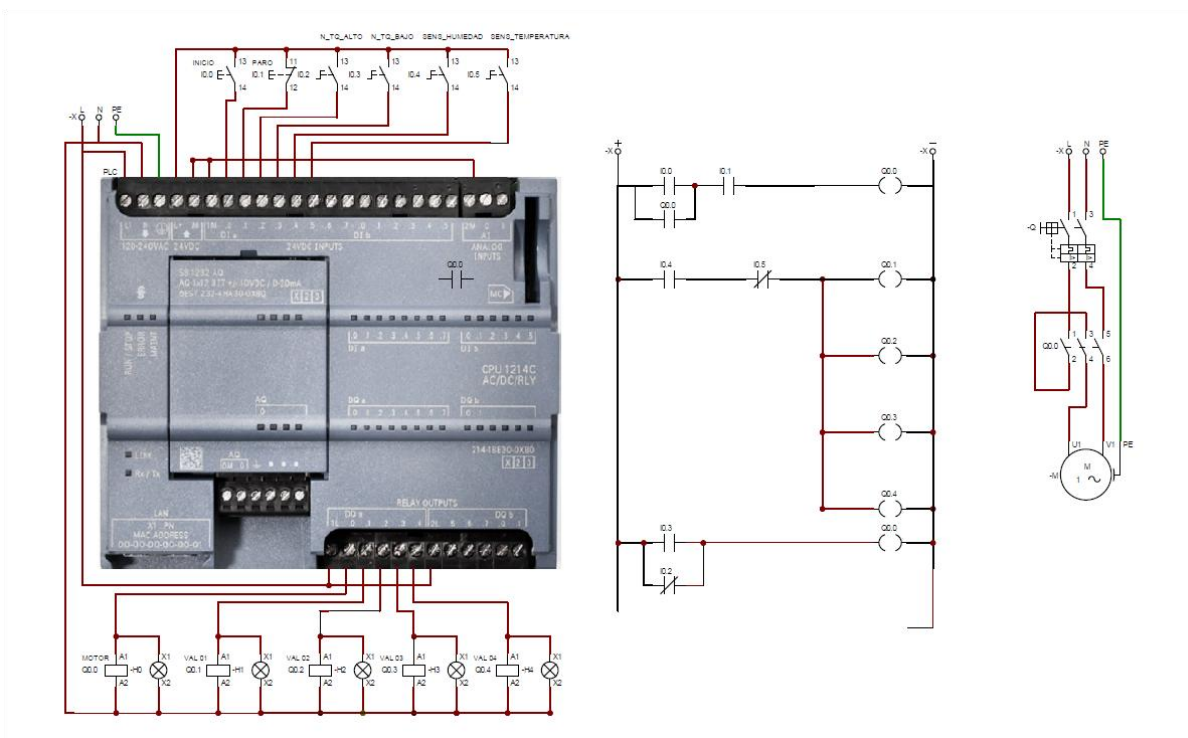
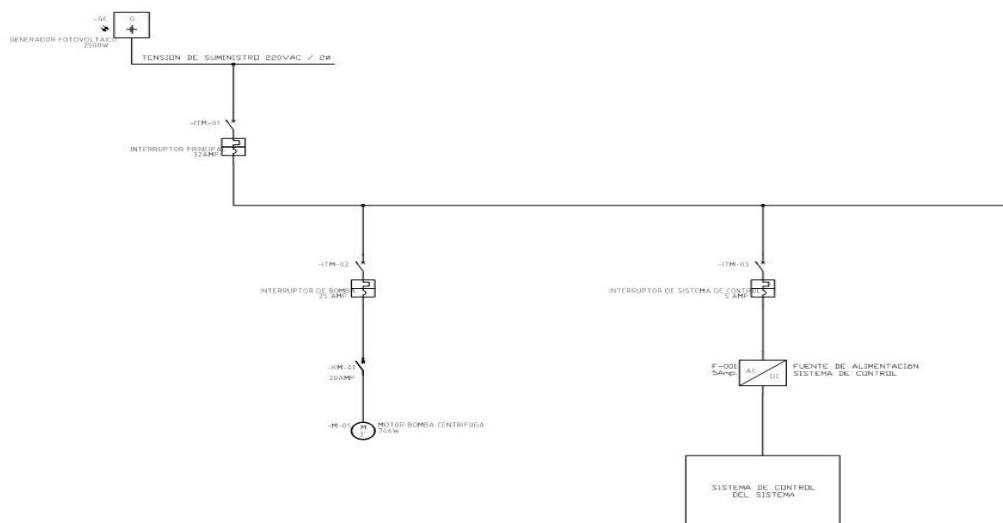


Diagrama Eléctricos Unifilar

A continuación, se muestra el diagrama unifilar del sistema en general:

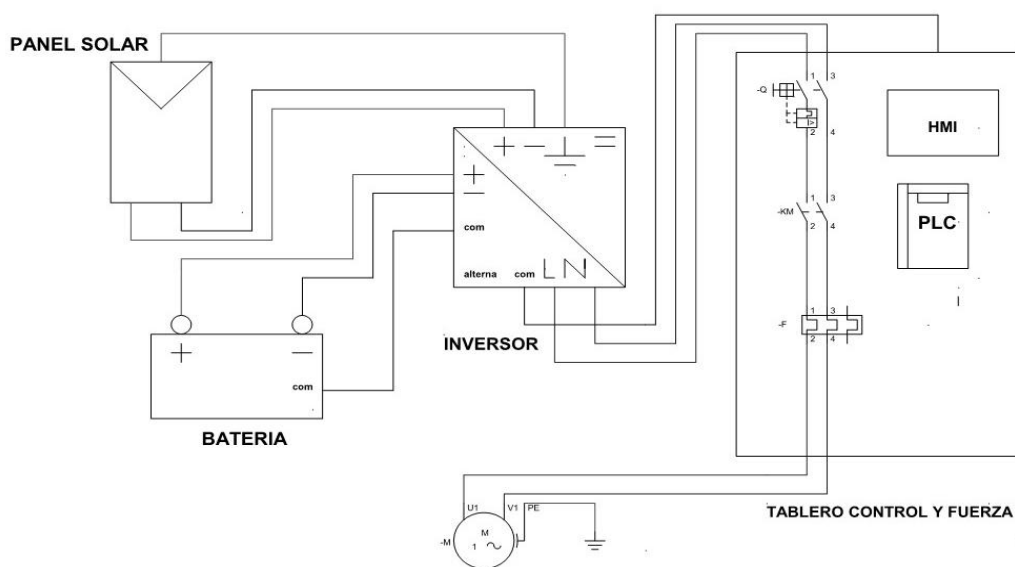
Figura 24.- Diagrama Unifilar del Sistema.



Suministro de Alimentación

En esta etapa mostramos lo relacionado al sistema de generación de energía fotovoltaica del sistema:

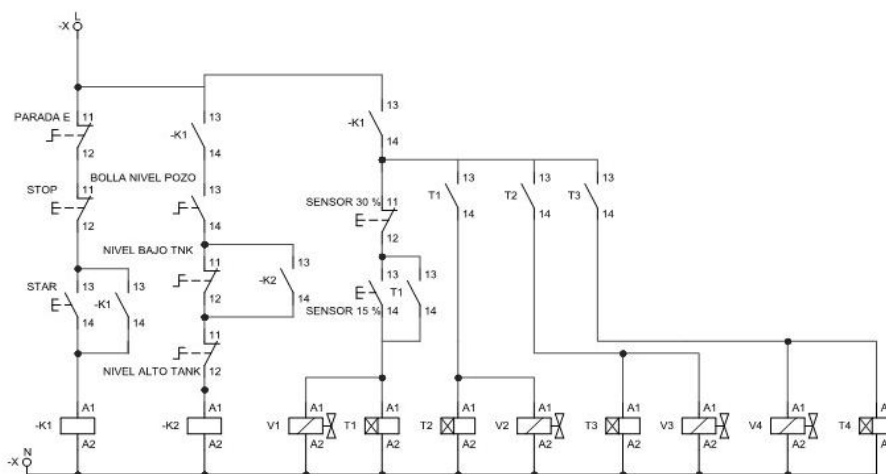
Figura 25.- Suministro de Alimentación



Circuito de Mando

Para esta sección mostramos todo el sistema de mando eléctrico:

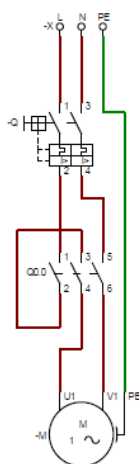
Figura 26.- Circuito de Mando



Circuito de Fuerzas

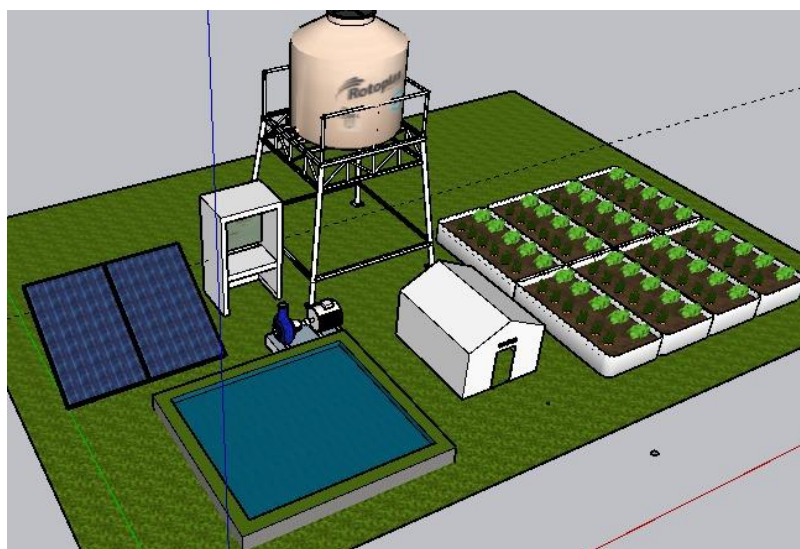
Se muestra en la imagen todo el sistema de fuerza del sistema en lo referente al sistema de la bomba de agua del sistema:

Figura 27.- Circuito de Fuerza Eléctrica



Diagramas Mecánicos

Figura 28.- Diagrama Mecánicos



Estructura de Soporte para Paneles Solares de 600W – Riego de Sandía en Huaral

Tabla 13.- Especificaciones Técnicas

| Elemento | Especificación Técnica |
|--------------------------|---|
| Tipo de estructura | Fija inclinada a suelo (ground-mounted) |
| Material del soporte | Acero galvanizado en caliente o aluminio anodizado anticorrosivo |
| Número de paneles | 2 paneles solares de 600W (total 1,200W) |
| Configuración de montaje | Horizontal (landscape) o vertical (portrait) según espacio disponible |
| Inclinación recomendada | 15° a 20° (según latitud de Huaral y optimización anual de irradiación) |

| Elemento | Especificación Técnica |
|---------------------------|--|
| Altura al borde inferior | 0.6 – 1.0 m (permite evitar acumulación de polvo, barro o vegetación) |
| Fundación | Bases de concreto armado o postes enterrados con anclajes de expansión |
| Separación entre filas | Mínimo 1.5 – 2.0 m (evita sombreado y permite mantenimiento) |
| Anclaje | Tornillos de anclaje o pilotes hincados (según tipo de suelo) |
| Carga de viento soportada | Mínimo 120 km/h (norma RNE E.050 – Cargas) |
| Anticorrosivo adicional | Pintura epóxica o galvanizado adicional si es zona costera o húmeda |

Consideraciones de Instalación

Instalar paneles orientados al norte (en Perú, hemisferio sur).

Usar canaletas y tuberías entubadas para proteger el cableado desde los paneles al controlador.

Prever espacio para posible expansión futura (más paneles o estructura modular).

Mantener libre de sombra durante el día, evitando árboles, postes u otros obstáculos.

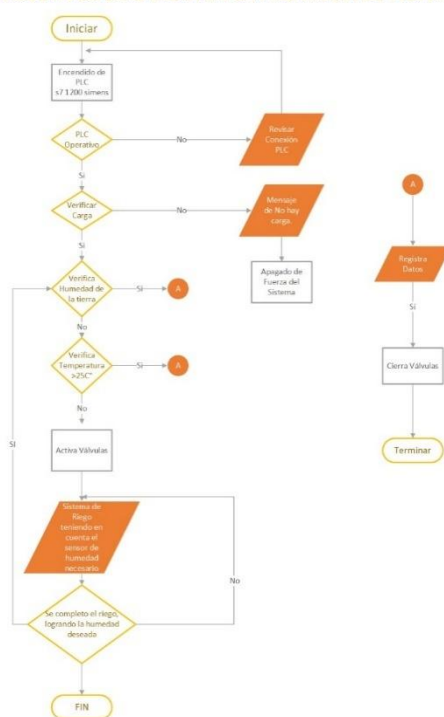
Sistema de Software

Diagramas de Flujo.

En esta sección mostramos el diagrama de flujo de cómo está estructurado nuestra programación para el correcto funcionamiento del sistema:

Figura 29.- Diagrama de Flujo del Sistema

AUTOMATIZACIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN UN SISTEMA DE RIEGO PARA CULTIVOS DE SANDIA EN LA PROVINCIA DE HUARMEY-ANCASH



Librerías Usadas

Se utilizo para el desarrollo de este proyecto las siguientes librerías en los siguientes softwares:

CadeSimu: Se utilizaron las siguientes librerías para la generación de los diagramas y simulaciones como:

- Alimentaciones.
- Disyuntores.
- Contactores.
- Motores.
- Potencia.
- Bobinas y Señalizadores.

TiaPortal: Se utilizaron las siguientes librerías para el desarrollo del lenguaje de programación:

- Operaciones lógicas con Bits.
- Temporizadores.
- Contadores.
- Comparaciones.
- Funciones Matemáticas.

Firmware y Software

Para el desarrollo de nuestro sistema se utilizaron los siguientes softwares:

- Tia Portal versión 17 (Para la programación del PLC y HMI).
- CadeSimu versión 4.0 (Generación de diagramas eléctricos y simulación).
- Autocad versión 2025 (Elaboración de los componentes mecánicos).

Programa Lógico o Datos de Configuración

En esta primera parte mostramos la programación basada en el sistema de alarmas, el llenado del tanque y el control de temperatura del sistema.

Figura 30.- Programación parte 01

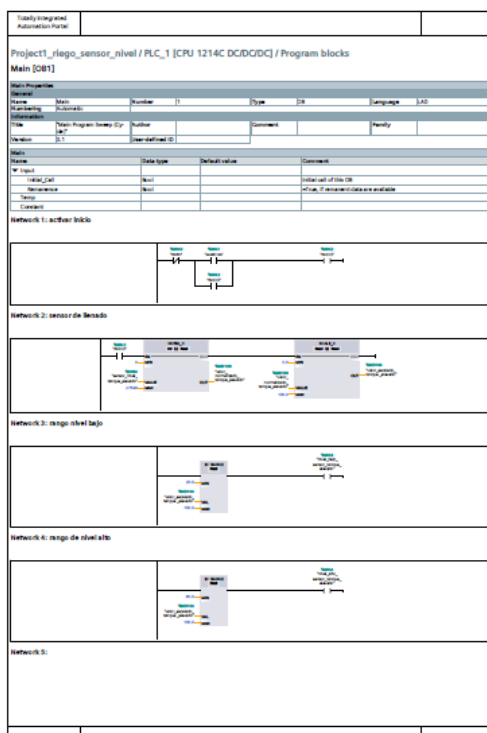


Figura 31.- Programación parte 02

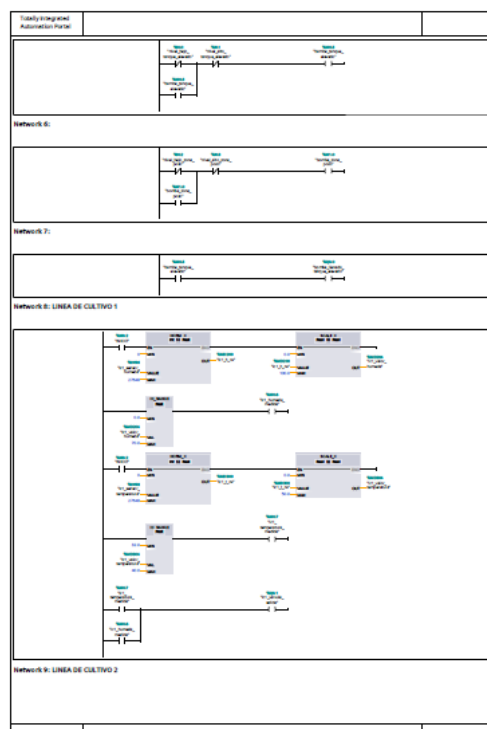


Figura 32.- Programación parte 03

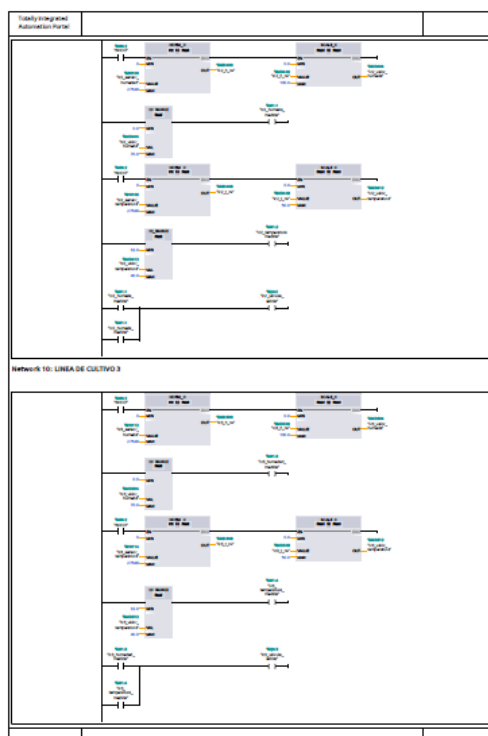
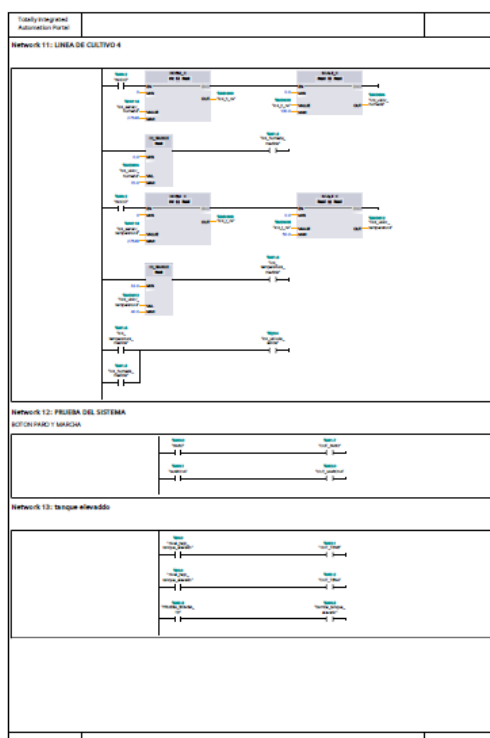


Figura 33.- Programación parte 04



En la imagen siguiente mostramos lo referente al sistema de control de humedad y el accionamiento de la bomba de agua

Se muestra la presentación visual de la programación realizada en la pantalla HMI

Figura 34.- Pantalla del HMI elaborado.

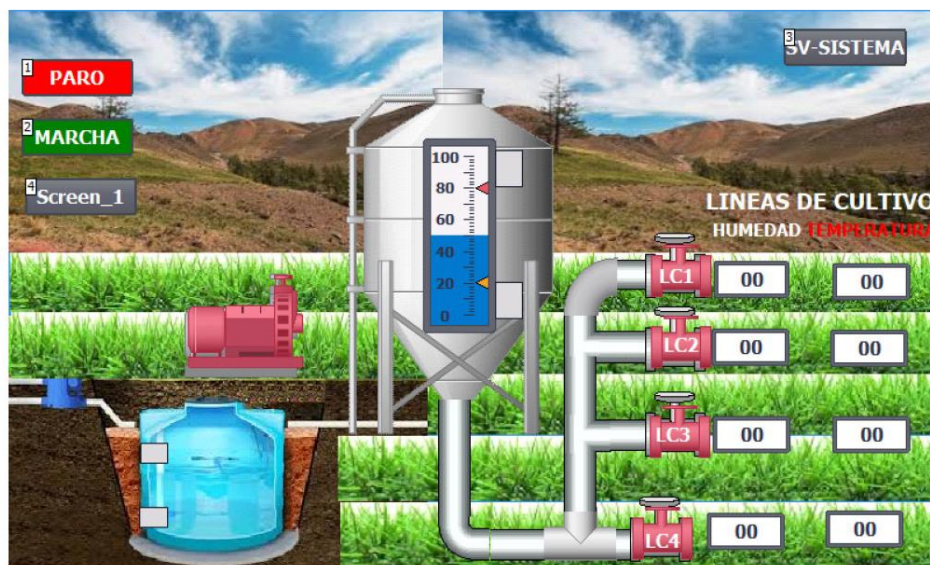


Figura 35.- Pantalla de la supervisión del sistema elaborado.



Área Transversales de Impactos

Ámbito de Seguridad y Salud Ocupacional

Todos los equipos eléctricos y mecánicos en la instalación realizada y durante su operación de manera automatizada de riego va a implica riesgos que deben ser gestionados adecuadamente. Es por ello, que es de manera esencial aplicar medidas preventivas como el uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP), realizar las capacitaciones técnicas y la correcta señalización en zonas críticas del proceso.

Ámbito de Conservación del Medio Ambiente

Este proyecto tiene como fin promover el uso de manera responsable de los recursos naturales del sistema, ya que se encuentra integrado a un sistema de riego tecnificado con alimentación solar lo cual lo hace viable en la generación de cero contaminación ambiental que es lo que se espera en estos tiempos.

Ámbito de Eficiencia Energética

El sistema implementado está diseñado para realizar operaciones de manera muy autónoma mediante el uso de la energía solar, esto hace la eliminación de la dependencia de la red eléctrica convencional. Si lo vemos de un punto de vista económico esto reduce los costos operativos y mejora el rendimiento energético de todo el sistema.

Ámbito de Calidad

La propuesta para este sistema implementado es fundamental para el cumplimiento de las normas técnicas nacionales e internacionales que sean aplicables a la automatización y eficiencia energética de los sistemas.

Análisis de Costos y Presupuestos

En este apartado veremos todo el presupuesto del proyecto a elaborar.

Costo de Equipamiento (Hardware y Software)

Tabla 14.- Costos de Equipamiento.

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (S/) | Costo Total (S/) |
|--------------|-------------------------|--------|----------|---------------------|------------------|
| 1 | PLC S7-1200 | UND. | 1 | 1,200.00 | 1,200.00 |
| 2 | HMI 7PULGADAS | UND. | 1 | 1,000.00 | 1,000.00 |
| 3 | fuelle de alimentación | UND. | 1 | 40.00 | 40.00 |
| 4 | sensores humedad | UND. | 1 | 50.00 | 210.00 |
| 5 | sensores temperatura | UND. | 1 | 50.00 | 50.00 |
| 7 | Bomba | UND. | 1 | 1,000.0 | 1,000.00 |
| 9 | Inversor | UND. | 1 | 800.00 | 800.00 |
| 10 | Controlador | UND. | 1 | 650.00 | 650.00 |
| 11 | Panel solar | UND. | 1 | 2,000.00 | 2,000.00 |
| 12 | Tubería para riego | MT. | 300 | 680.00 | 680.00 |
| 14 | accesorios | UND. | 1 | 450.00 | 450.00 |
| 15 | tablero eléctrico | UND. | 1 | 1,200.00 | 1,200.00 |
| 16 | Cable eléctrico | UND. | 2 | 300.00 | 600.00 |
| 17 | Pozo a tierra | UND | 1 | 3,200.00 | 3,200.00 |
| 18 | Sensores de nivel | UND | 2 | 1075.00 | 2150.00 |
| 19 | Tanque Rotoplas | UND | 1 | 1,400.00 | 1,400.00 |
| 20 | Válvula | UND | 4 | 117.00 | 468.00 |
| 21 | Accesorios para tubería | CAJA | 2 | 150.00 | 300.00 |
| TOTAL | | | | | 17,398.00 |

Costos de Recursos de Personal

Tabla 15.- Costos de Recursos de Personal

| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (S/) | Costo Total (S/) |
|------|------------------------|--------|----------|---------------------|------------------|
| 1 | técnico electricista | PER. | 2 | 2,000.00 | 4,000.00 |
| 2 | diseñador electricista | PER. | 1 | 600.00 | 600.00 |

| | | | | | |
|--------------|------------------------|------|---|----------|------------------|
| 3 | ayudante | PER. | 2 | 3,600.00 | 3,600.00 |
| 4 | Ingeniero electricista | PER. | 1 | 3,000.00 | 3,000.00 |
| TOTAL | | | | | 11,200.00 |

Costos de Gestión y Otros

Tabla 16.- Costos de Gestión y Otros

| Ítem | Descripción | Unidad | | Cantidad | Costo Unitario (S/) | Costo Total (S/) |
|--------------|-----------------------|--------|--|----------|---------------------|------------------|
| 1 | Papel | PQT. | | 20 | 5.00 | 100.00 |
| 2 | Tóner de impresoras | CAJA | | 1 | 260.00 | 260.00 |
| 3 | Cinta aislante | UNID. | | 1 | 200.00 | 360.00 |
| 4 | Artículos de limpieza | UNID. | | 1 | 100.00 | 100.00 |
| TOTAL | | | | | | 820.00 |

Cálculo de Presupuesto

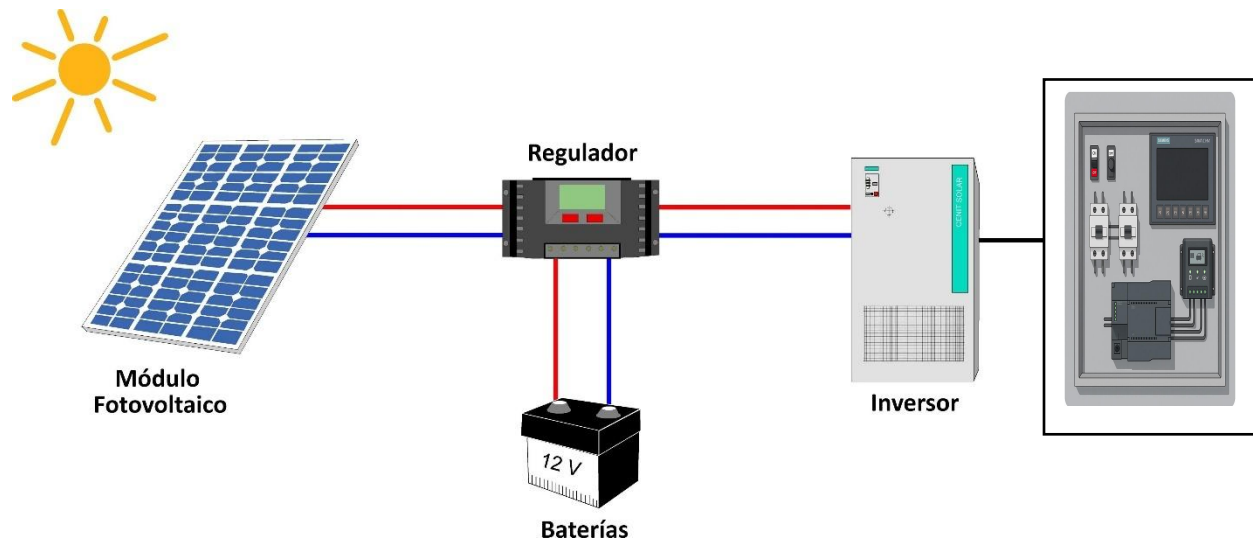
Tabla 17.- Costos de presupuesto

| Categoría | Costo Total (S/) |
|------------------------------------|------------------|
| Costos de Equipamiento | 17,398.00 |
| Costos de Recursos de Personal | 11,200.00 |
| Costos de Gestión y Otros | 820.00 |
| Total, General del Proyecto | 29,418.00 |

Resultados del Proyecto

funcionamiento de un sistema fotovoltaico:

Figura 36.- Sistema Fotovoltaico



1. Captación de la energía solar:

Los paneles solares fotovoltaicos capturan la luz del sol y la transforman en electricidad en forma de corriente continua (DC).

2. Regulación de la carga:

La electricidad pasa por un controlador de carga, que protege la batería (si hay una) de sobrecargas y optimiza la carga.

3. Almacenamiento (opcional):

Si el sistema tiene baterías, la energía se almacena para usarse cuando no haya sol (por la noche o en días nublados).

4. Conversión de energía:

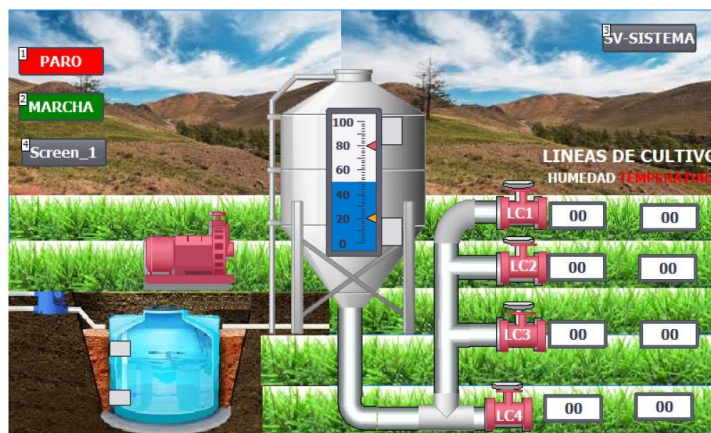
El inversor convierte la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC), que es la forma de electricidad usada en casas y negocios.

5. Distribución de la energía:

La energía se usa para alimentar aparatos eléctricos o puede ser enviada a la red eléctrica si el sistema está conectado a ella (sistemas on-grid).

control y operación del sistema con plc y hmi'

Figura 37.- Pantalla HMI del sistema en funcionamiento



Descripción General del Sistema

Este proyecto trata sobre un sistema automatizado de riego por goteo que está alimentado por energía solar. La función principal es regar cultivos de manera muy eficiente, para ello se está utilizando sensores los cuales detectan cuándo es necesario activar el riego. Por otro lado todo el sistema es gestionado por un PLC (Controlador Lógico Programable), este recibe los datos de los sensores y controla las bombas de suministro de agua, de la misma manera las válvulas y otros dispositivos anexos al sistema. La interface grafica HMI (Interfaz Hombre-

Máquina) nos permite a los operadores poder monitorear y ajustar los parámetros de manera muy fácil.

Componentes Principales

Sensores de humedad del suelo (ej. QFM2160)

Detectan la cantidad de humedad en la tierra.

Cuando el nivel de humedad está por debajo de un umbral programado, envían una señal al PLC para iniciar el riego.

Sensor de temperatura ambiente

Permite que el sistema ajuste los tiempos de riego según la temperatura (por ejemplo, más riego en días calurosos).

Mejora la eficiencia hídrica.

PLC (Ej: Siemens S7-1200)

Es el cerebro del sistema.

Recibe datos de los sensores y ejecuta un programa lógico para abrir o cerrar electroválvulas, encender la bomba de agua, o detener el riego.

HMI (Ej: Siemens KTP700 Basic)

Pantalla táctil donde el usuario puede ver:

Nivel de humedad.

Temperatura.

Estado de la bomba.

Tiempo de riego.

Alarmas o fallas del sistema.

También permite configurar parámetros, como:

Umbral de humedad.

Horarios de riego.

Modo manual/automático.

Electroválvulas

Abren o cierran el paso del agua hacia los goteros.

Son activadas por el PLC según la necesidad de riego.

Bomba de agua (Ej: 2 HP)

Se activa automáticamente por el PLC cuando se requiere regar.

Sistema fotovoltaico

Paneles solares de 600W alimentan todo el sistema.

Incluye batería, inversor, y controlador de carga para garantizar autonomía.

Funcionamiento Paso a Paso

Medición automática

Los sensores registran temperatura y humedad del suelo en tiempo real.

Evaluación en el PLC

El PLC compara los valores con los umbrales configurados.

Si la humedad está por debajo del valor deseado y la temperatura es adecuada, se activa el riego.

Activación del riego

El PLC enciende la bomba y abre las electroválvulas.

El agua fluye por el sistema de riego por goteo hacia las plantas.

Supervisión vía HMI

El operador puede observar todo el proceso en la HMI, e incluso interrumpirlo manualmente si es necesario.

Finalización automática

Una vez que la humedad alcanza el nivel deseado o se cumple el tiempo programado, el PLC apaga la bomba y cierra las válvulas

Ventajas del sistema

Ahorro de agua y energía.

Menor intervención humana.

Riego preciso según las necesidades reales del cultivo.

Monitoreo y control en tiempo real.

Sostenibilidad con energía solar.

Capítulo IV: Operación y Mantenimiento

Operación

Consideraciones de Seguridad para la Operación

1. Seguridad Eléctrica

- Asegurarse de que los cables estén bien aislados siempre y protegidos contra la humedad y la exposición solar directa durante su trabajo.
- Se debe de instalar interruptores termomagnéticos siempre y de manera accesibles para cortar el suministro en caso de mantenimiento o de alguna emergencia.
- Todos los componentes eléctricos del sistema, incluidos los paneles solares y los controladores, deben estar correctamente aterrizados al PAT.
- Se debe de usar fusibles y equipamiento de protección para evitar daños en el sistema eléctrico.

2. Seguridad de los Paneles Solares

- Ubicación segura: Colocar los paneles en estructuras firmes, resistentes al viento y lejos de zonas donde puedan ser golpeados o dañados.
- Mantenimiento periódico: Verificar que no haya acumulación de polvo, hojas o excrementos de aves que afecten su eficiencia o provoquen fallos.
- Protección contra rayos: Instalar pararrayos si el sistema se encuentra en una zona de alta actividad eléctrica.

3. Seguridad Hidráulica

- Presión controlada: Asegurarse de que las válvulas y tuberías soporten la presión del sistema, especialmente si es automático.

- Prevención de fugas: Inspeccionar periódicamente las conexiones para evitar pérdidas de agua y posibles daños al entorno.
- Acceso seguro: Evitar que personas no capacitadas manipulen válvulas o electroválvulas.

4. Seguridad en el Sistema de Automatización

- Siempre de deben usar cajas impermeables (IP65 o superior) en los sistemas y deben de estar protegidos contra la radiación solar directa.
- Se debe de asegurar que los ciclos de riego estén correctamente programados para evitar inundaciones o riego en horarios inapropiados durante su trabajo.
- Cada cierto tiempo se debe de mantener copia de seguridad de la programación para que se puedan restaurar rápidamente en caso de fallos.

5. Seguridad del Personal

- Capacitación: El personal debe estar entrenado en la operación, riesgos eléctricos, primeros auxilios y protocolos de emergencia.
- Uso de EPP: Siempre usar equipo de protección personal (guantes, botas dieléctricas, lentes, etc.) durante la instalación y el mantenimiento.
- Señalización: Colocar señales visibles de advertencia en zonas eléctricas o de riesgo.

6. Consideraciones Ambientales y de Sostenibilidad

- Manejo de baterías: Las baterías solares deben manipularse con precaución y desecharse según normas ambientales.
- Minimizar el impacto ambiental: Evitar derrames de aceites, combustibles o químicos cerca del sistema de riego.

Manual de Usuario u Operación de Puesta en Servicio

1. Objetivo del manual

Este manual tiene como finalidad orientar al usuario en la correcta puesta en funcionamiento, operación básica y supervisión del sistema de riego automatizado por goteo, alimentado mediante energía solar fotovoltaica, instalado en cultivos de sandía en la provincia de Huarney- Ancash.

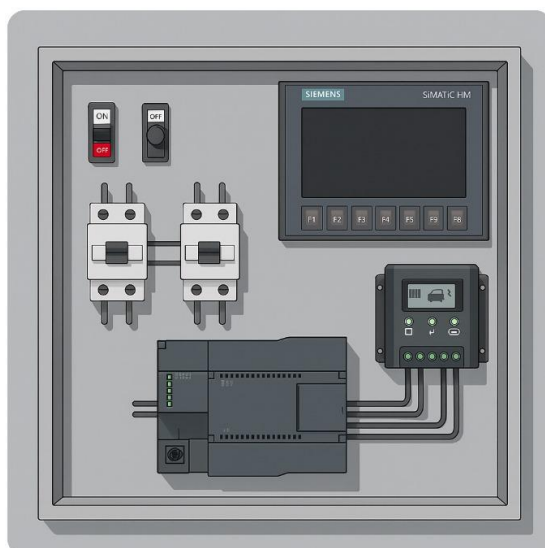
2. Descripción General del Sistema

El sistema consta de los siguientes subtemas principales:

- *Generación fotovoltaica:* Paneles solares, regulador de carga, baterías e inversor.
- *Automatización:* PLC Siemens S7 – 1200 y pantalla HMI Siemens KTP700.
- *Monitoreo Climático:* Sensor de humedad de suelo y temperatura.
- *Descripción de agua:* Bomba, electroválvulas, sistemas de tuberías y goteros.

3. Operación del Tablero de Control

Figura 38.- Componentes del tablero de control



1. PLC (Controlador Lógico Programable)

Es el “cerebro” del sistema. Recibe señales de sensores (humedad, presión, nivel de agua) y activa o desactiva elementos según la programación.

2. HMI (Interfaz Hombre-Máquina)

Pantalla táctil donde el operario puede visualizar y controlar el sistema de riego. Muestras variables como presión, tiempos de riego, estado de válvulas y permite ajustes.

3. Llaves térmicas (Interruptores termomagnéticos)

Protegen el sistema ante sobrecargas o cortocircuitos. Cada componente eléctrico tiene una llave térmica dedicada.

4. Contactores

Actúan como interruptores controlados por el PLC. Cuando el PLC ordena arrancar una bomba o abrir una válvula, el contactor permite el paso de corriente.

Funcionamiento del sistema de riego automatizado:

1. Censado

Sensores en el campo miden la humedad del suelo y envían datos al PLC.

2. Decisión lógica (PLC)

El PLC compara la humedad medida con el valor de referencia (por ejemplo, 40%). Si está por debajo, activa el riego.

3. Acción

El PLC activa los contactores que encienden bombas o abren válvulas eléctricas para regar.

4. Visualización y control (HMI)

El operador puede ver qué sectores están siendo regados, modificar tiempos, forzar el riego manualmente o detener el sistema desde la HMI.

5. Protección

4. Si se detecta una sobrecarga o corto, la llave térmica corta la energía de ese componente.

Figura 39.-Operación del HMI descripción



1) Inicio del sistema

Al ingresar al panel, el usuario encuentra dos botones principales:

- **MARCHA** (botón verde): activa el sistema completo. Al presionarlo, se habilita las condiciones para que el PLC comience a evaluar los niveles de agua y las variables

ambientales.

- PARO (botón rojo): detiene de inmediato todo el sistema, desactiva bomba y cerrando válvulas.

Una vez activado el sistema con el botón “MARCHA”, comienza el monitoreo continuo de las variables clave.

2) Supervisión del nivel del tanque

En el centro de la pantalla se muestra un indicador gráfico de nivel que representa el porcentaje de agua disponible en el tanque de almacenamiento elevado. Este dato es obtenido a partir de una señal analógica, que el PLC convierte en porcentaje (0-100%), de la misma forma sucede con los gráficos de humedad.

- Si el nivel bajo del tanque elevado cae por debajo del 20%, la HMI muestra una alerta de “nivel bajo” y el sistema activa automáticamente la bomba de llenado.
- Si el nivel alcanza el 100%, se desactiva la bomba para evitar sobrellenado.

El operador puede visualizar en tiempo real este proceso y verificar el encendido o apagado automático de la bomba desde la misma pantalla.

3) Condiciones de riego automático

El panel HMI también presenta en la pantalla las lecturas de:

- Humedad de suelo (%): mostrada numéricamente e interpretada como “seco” o “Optimo”.
- Temperatura ambiente (°C): usando como condición de control.

Cuando la humedad del suelo es baja (por debajo del umbral configurado) el sistema activa la válvula de riego, cuya apertura se refleja en la pantalla mediante un cambio gráfico (color o animación).

Cuando la temperatura es alta (por °C configurado) el sistema activa la válvula de riego, cuya apertura se refleja en la pantalla mediante un cambio gráfico (color o animación).

4) Visualización del proceso general

Toda la operación del sistema es representada visualmente en la HMI:

- Se observa el tanque elevado, la bomba de pozo, la válvula de riego, las líneas de cultivo, todo sincronizado con el estado real de los equipos.
- Las animaciones permiten al usuario saber si una bomba esta encendida, si la válvula está abierta o si el riego este activo, sin necesidad de acceder al gabinete del control.

5) Seguridad y control manual

En cualquier momento, el usuario puede detener todo el sistema con el botón “PARO” lo que desactiva instantáneamente las salidas del “PLC” sin depender del estado de sensores o condiciones automáticas.

Adicionalmente, el diseño del HMI esté preparado para futuras aplicaciones, como la incorporación de teclas de función (F1 a F8) para modos manuales, configuración de umbrales o visualización de alarmas históricas.

5. *Procedimiento de Puesta en Servicio*

A. Inspección Previa

- Verificación que todos los componentes estén correctamente instalados.
- Confirmar que el cableado cumpla con el diagrama eléctrico unifilar.
- Realizar una inspección previa de los sensores del reservorio y del tanque funcionen correctamente.

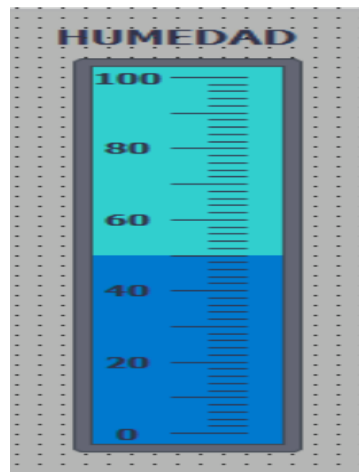
B. Energización del sistema

- Activar el interruptor general del tablero de control.
- Verificar que el inversor se encienda correctamente y muestre la salida de voltaje adecuada (220 VAC).
- Comprobar que el PLC inicie y que la pantalla HMI se visualice correctamente.

C. Verificación de Software

- Asegurar que el programa cargado en el PLC corresponda al sistema de riego automatizado.
- Desde la HMI, comprobar que se muestren las variables de:
Humedad del suelo

Figura 40.-La imagen muestra el % de humedad que se encuentra la tierra.



Temperatura de ambiente

Figura 41.-La imagen muestra el nivel de temperatura (C°) que se encuentra el ambiente

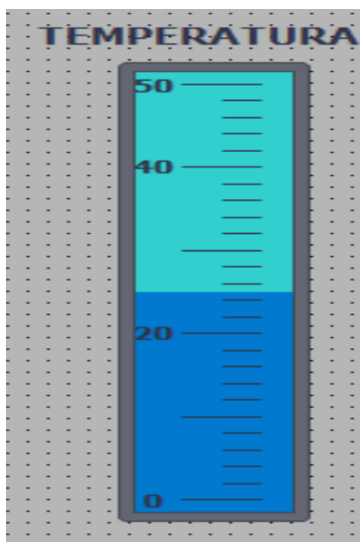
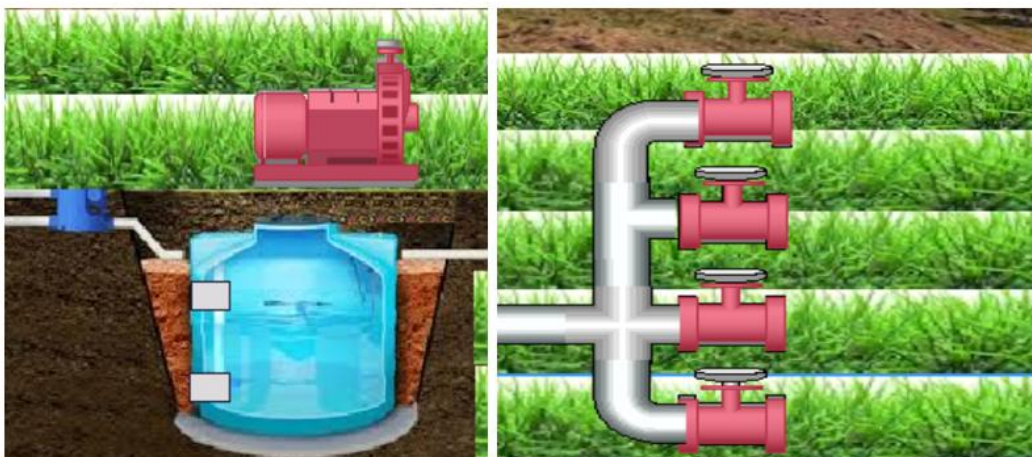


Figura 42.-Estado de la electroválvula y bomba



D. Activación del Sistema

- Desde el panel HMI, seleccionar el modo automático o manual.
- En modo automático, el riego se activará conforme a los parámetros establecidos (humedad mínima del suelo, temperatura mínima de ambiente).

- En modo manual, el usuario puede activar/desactivar las válvulas de forma directa.

6. Instrucciones de Operación

Operación Diaria Recomendada

- Verificar el nivel de carga de las baterías en HMI.
- Confirmar que el sensor de humedad esté funcionando correctamente (comparar lectura con humedad real del suelo si es necesario).
- Supervisar el estado de la bomba (encendido/apagado) durante los ciclos de riego.

Ajustes de Usuario desde el HMI

- Establecer umbral mínimo de humedad para iniciar riego.
- Configurar duración de cada ciclo de riego.

7. Indicaciones de seguridad.

- No manipular el sistema con las manos húmedas.
- No abrir el tablero eléctrico sin antes desconectar la alimentación.
- Utilizar equipos de protección personal (guantes dieléctricos, lentes, casco y botas dieléctricas).
- Mantener los paneles solares limpios para asegurar el rendimiento energético.

8. Problemas Comunes

Tabla 18.- Tabla de problemas comunes

| PROBLEMA | POSIBLE CAUSA | SOLUCIÓN |
|---------------------------|---|--|
| 1. El sistema no enciende | <ul style="list-style-type: none"> • Baterías descargadas / fallo en el inversor | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado de carga e inspeccionar el inversor |
| 2. La bomba no activa | <ul style="list-style-type: none"> • Sensor de humedad indica suelo húmedo | <ul style="list-style-type: none"> • Confirmar valor real de humedad en campo |

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| 3. <i>No hay agua en los goteros</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción en las mangueras / filtros | <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar filtros y revisar líneas de distribución |
| 4. <i>HMI no responde</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Error de conexión o alimentación | <ul style="list-style-type: none"> • Reiniciar HMI o verificar cableado |

Plan de Pruebas Funcionales y Operatividad

1. Objetivo de Pruebas: Verificar y validar que todos los componentes del sistema de riego automatizado funcionen correctamente, según los criterios de diseño establecidos. Asimismo, garantizar que la integración entre subtemas (energía solar, automatización sensores y riego) sea confiable, segura y eficiente en condiciones reales de operación.
2. Alcance de las Pruebas: Se consideran las siguientes:
 - Generación y almacenamiento fotovoltaico.
 - Encendido y comunicación del PLC y HMI.
 - Sensores (humedad, temperatura).
 - Activación de electroválvulas y bomba de riego.
 - Modos de operación: Automático y Manual.
 - Visualización y ajuste de parámetros desde la HMI.
3. Metodología de Pruebas: Se determina de la siguiente manera:
 - Tipo de prueba: Funcional, validación de parámetros, operatividad real en campo.
 - Ubicación: Zona de cultivo de Sandía en Huarmey – Ancash.
 - Frecuencia: Una vez finalizada la instalación y configuración del sistema.
 - Criterio de aceptación: todos los componentes deben responder conforme al diseño y condiciones ambientales reales.

4. Tabla de pruebas Funcionales:

Tabla 19.- Cuadro de pruebas funcionales

| CÓDIGO | PRUEBA | DESCRIPCION | RESUSLTADO ESPERADO | ESTADO |
|--------|--------------------------------|---|---|--------|
| PF-01 | Energización del sistema | Encendido del sistema al conectar baterías e inversor | PLC y HMI operativos; inversor estable con voltaje adecuado | ✓/✗ |
| PF-02 | Carga de programa en PLC | Verificación del programa lógico cargado desde TIA Portal | Funcionamiento correcto de lógica programada | ✓/✗ |
| PF-03 | Visualización en HMI | Confirmar lectura de sensores y estados del sistema | Datos de humedad, temperatura y estado de válvulas visibles | ✓/✗ |
| PF-04 | Sensor de humedad de suelo | Introducir sensor en terreno seco y húmedo | Cambios en lectura porcentual en pantalla HMI | ✓/✗ |
| PF-05 | Activación de electroválvulas | Comando desde HMI o por lectura del sensor de humedad | Apertura y cierre correcto de válvulas de riego | ✓/✗ |
| PF-06 | Activación de bomba | Activación automática o manual desde HMI | Bomba se enciende; flujo de agua constante | ✓/✗ |
| PF-07 | Modo automático | Condiciones ambientales activan/desactivan el sistema | Riego inicia solo si humedad es menor al umbral definido | ✓/✗ |
| PF-08 | Modo manual | Activación directa desde HMI | Usuario controla manualmente el sistema | ✓/✗ |
| PF-09 | Corte y reanudación de energía | Simular pérdida temporal de energía solar | El sistema retoma funciones al recuperar alimentación | ✓/✗ |

| | | | | |
|-------|---------------------|--|--------------------------------------|-----|
| PF-10 | Seguridad eléctrica | Pruebas de puesta a tierra y aislamiento | Tensión dentro de parámetros seguros | ✓/✗ |
|-------|---------------------|--|--------------------------------------|-----|

5. Observaciones Generales

- Todas las pruebas deben realizarse con EPP (guantes, lentes, botas dieléctricas).
- Es recomendable contar con multímetro, amperímetro y sensor portátil de humedad para verificar las mediciones.
- Si alguna prueba falla, debe repetirse tras corregir el componente o parámetro involucrado.

Fichas, Tablas y/o Hoja de Resultados

1. Ficha Técnica de Operación del Sistema:

Tabla 20.- Ficha técnica operación de sistema

| PARÁMETRO | VALOR TÉCNICO | UNIDAD | OBSERVACIONES |
|------------------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------------|
| Caudal promedio de riego | 1.8 | L/min por gotero | Medido en campo |
| Presión de trabajo | 1.5 | bar | Constante en red de goteo |
| Humedad mínima de activación | 35 | % | Umbral definido en PLC |
| Tiempo promedio por ciclo de riego | 12 | Minutos | Ajustable desde HMI |
| Numero de ciclos diarios | 2 | Ciclos | Según condiciones ambientales |
| Radiación solar medida diaria | 5.8 | kWh/m ² /dia | Región Huarney, datos SENAMHI |
| Voltaje de trabajo del sistema | 24 | VDC | Desde banco de baterías |

| | | | |
|----------------------------------|-----|---------|--------------------------------|
| Energía diaria consumida | 1.2 | kWh/día | Incluye bomba y automatización |
| Autonomía del banco de baterías | 2.5 | días | En casa de días nublados |
| Tiempo total de riego por semana | 168 | Minutos | 2 ciclos diarios por 7 días |

2. Tabla de Resultados de Pruebas Funcionales

Tabla 21.- Cuadro de resultados funcionales

| CÓDIGO DE PRUEBA | DESCRIPCIÓN | RESULTADO ESPERADO | RESULTADO OBTENIDO | OBSERVACIONES |
|------------------|--------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------------|
| PF-01 | Energización del sistema | Encendido correcto del inversor, PLC y HMI | Cumple | Tensión estable desde baterías |
| PF-02 | Visualización en pantalla HMI | Lectura clara de sensores | Cumple | Sensores operativos sin error |
| PF-03 | Sensor de humedad de suelo | Cambio en valor según condiciones del suelo | Cumple | Umbral activo riego correctamente |
| PF-04 | Activación de electroválvulas | Respuesta al comando automático o manual | Cumple | Activación sin fallas mecánicas |
| PF-05 | Modo automático general | Activación del riego según humedad | Cumple | Conforme a parámetros programados |
| PF-06 | Simulación de corte de energía solar | Sistema mantiene operatividad con baterías | Cumple | Autonomía de 2 días verificada |

3. Hoja de Resultados de desempeño Ambiental y Energético

Tabla 22.- Cuadro de Resultados de desempeño Ambiental y Energético

| INDICADOR | ANTES DEL PROYECTO | DESPUÉS DEL PROYECTO | MEJORA (%) | COMENTARIO |
|---|------------------------|----------------------|------------|--------------------------------|
| Consumo mensual de agua (estimado) | 12,000 litros | 7,200 litros | 40% | Por cambio a riego por goteo |
| Consumo energético mensual | 65 kWh | 0 kWh (de red) | 100% | Por uso de energía solar |
| Emisión estimada de CO ₂ anual | 120 kg CO ₂ | 0 kg CO ₂ | 100% | Eliminación de fuentes fósiles |
| Intervención humana en riego (horas/mes) | 20 h | 4 h | 80% | Por automatización de rutina |
| Costo mensual en energía | S/150,00 | S/0.00 | 100% | Ahorro económico por FV |

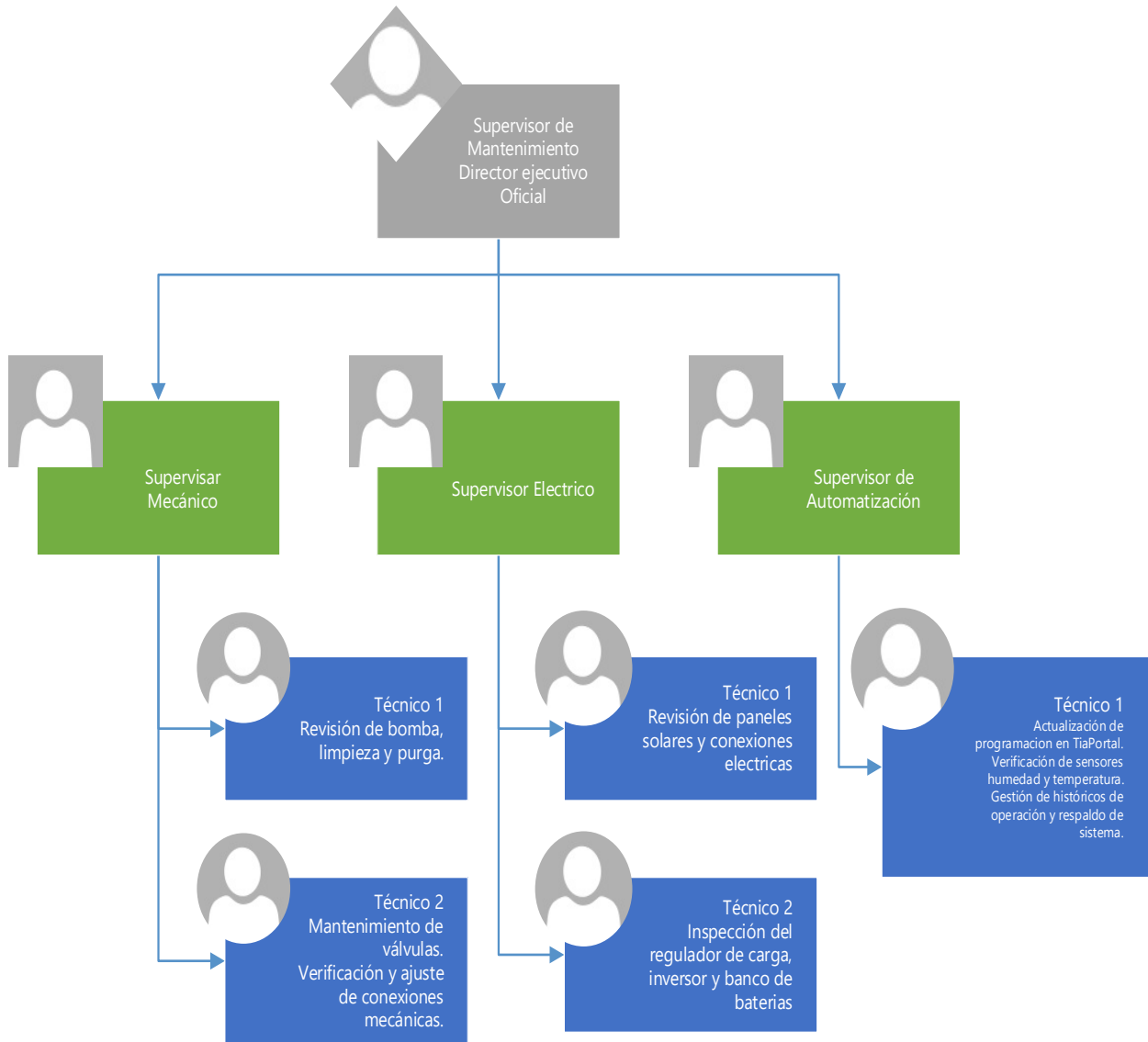
4. Conclusiones de los Resultados

- El sistema cumplido con todos los criterios de funcionalidad programados en el PLC y HMI.
- Se verifico un ahorro significativo de agua y energía, lo que favorece la sostenibilidad del cultivo.
- La autonomía del sistema en días sin solar fue validada hasta por 2.5 días continuos.
- El riego se activó automáticamente sin intervención humana validando la lógica de control.
- Se recomienda continuar con pruebas de largo plaza para evaluar comportamiento estacional.

Proceso de Mantenimiento

Organigrama de Mantenimiento

Figura 43.- Organigrama de Mantenimiento.



Evaluación de Alcance de Mantenimiento

Con esta evaluación vamos a poder determinar el estado actual de los componentes del sistema de riego con energía solar, identificando necesidades de mantenimiento preventivo o correctivo y estableciendo prioridades de intervención.

Tabla 23.- Evaluación detalla por componentes

| N.º | Componente | Estado Actual | Tipo de Mantenimiento | Prioridad | Observaciones Técnicas |
|-----|----------------------------|------------------|-----------------------|-----------|-----------------------------------|
| 1 | Paneles solares | Bueno | Preventivo | Media | Limpieza y revisión de marcos |
| 2 | Cableado DC | Regular | Correctivo | Alta | Terminales sulfatados, aislación |
| 3 | Controlador de carga | Bueno | Preventivo | Baja | Verificación de parámetros |
| 4 | Baterías | Deficiente (1/2) | Correctivo | Alta | Reemplazo de batería defectuosa |
| 5 | Bomba solar | Regular | Correctivo | Alta | Revisión interna por ruido |
| 6 | Tuberías de riego | Regular | Correctivo | Media | Obstrucción parcial en un ramal |
| 7 | Filtros de riego | Malo | Correctivo | Alta | Saturados, necesitan reemplazo |
| 8 | Tablero eléctrico | Bueno | Preventivo | Baja | Revisión de protecciones |
| 9 | Sistema de puesta a tierra | No evaluado | Diagnóstico requerido | Alta | Medición de resistencia pendiente |

Planificación de Mantenimiento

Antes de la realización de los mantenimientos se debe planificar de forma sistemática el mantenimiento de todos los componentes del sistema, asegurando su correcto funcionamiento, prolongando su vida útil y reduciendo fallas inesperadas.

Para ello se propone una planificación detallada de mantenimiento como los mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 24.- Planificación detallada de mantenimiento

| N.º | Frecuencia | Actividad | Responsable | Herramientas / Repuestos | Observaciones |
|-----|------------|---|-------------------|-------------------------------|---|
| 1 | Semanal | Inspección visual de paneles, cables, bomba y riego | Técnico de campo | Linterna, EPP | Buscar suciedad, fugas o daños visibles |
| 2 | Quincenal | Limpieza de paneles solares | Técnico solar | Agua destilada, paño suave | Realizar en días nublados o temprano |
| 3 | Quincenal | Verificación operativa de la bomba y caudal de riego | Técnico de riego | Llave de paso, manómetro | Escuchar ruidos anormales |
| 4 | Mensual | Revisión de controlador de carga y parámetros eléctricos | Técnico eléctrico | Multímetro, destornillador | Verificar tensiones de carga/descarga |
| 5 | Mensual | Revisión y limpieza de filtros, válvulas y emisores | Técnico de riego | Llave, repuestos menores | Evita pérdida de presión |
| 6 | Trimestral | Revisión del sistema de bombeo (mecánica y eléctrica) | Técnico de bombeo | Lubricantes, repuestos | Chequear bomba sumergible o centrífuga |
| 7 | Trimestral | Medición de resistencia de puesta a tierra | Técnico eléctrico | Megómetro | Valor ideal < 10 ohm |
| 8 | Trimestral | Limpieza del tablero eléctrico y verificación de protecciones | Técnico eléctrico | Brocha, alcohol isopropílico | Desenergizar antes de intervenir |
| 9 | Anual | Prueba general del sistema bajo carga (panel–batería–bomba–riego) | Equipo técnico | Multímetro, medidor de caudal | Generar reporte de eficiencia anual |
| 10 | Anual | Evaluación del estado de baterías (si existen) | Técnico solar | Multímetro, EPP | Reemplazo si retención de carga es baja |

Gestión Logística de Mantenimiento

Para nuestro sistema estableceremos un procedimiento logístico eficiente para la planificación, provisión, almacenamiento y distribución de recursos materiales y humanos necesarios para la ejecución del mantenimiento de un sistema de riego con energía solar.

Este procedimiento constara de las siguientes etapas:

Diagnóstico y Planificación Técnica

1. Revisar programaciones, reportes de fallas o próximas tareas programadas.
2. Identificar componentes a intervenir (paneles, bomba, baterías, etc.).
3. Elaborar una orden de trabajo con listado de actividades y recursos.

Solicitud de Materiales y Herramientas

1. El encargado de mantenimiento emite **solicitud de materiales** con:
 - Repuestos requeridos
 - Herramientas específicas
 - EPP necesarios
2. La solicitud se remite al almacén o área de compras si no hay stock.

Control de Stock y Abastecimiento

1. El responsable de almacén verifica:
 - Existencias disponibles
 - Condición de materiales
 - Fecha de vencimiento (baterías, filtros, etc.)
2. Si no hay disponibilidad, se inicia proceso de compra:
 - Cotización y comparación
 - Aprobación de presupuesto
 - Recepción y registro

Preparación del Kit de Mantenimiento

1. Agrupar en paquetes los materiales por tarea o sector:
 - Kit eléctrico (fusibles, multímetro, cables)
 - Kit solar (terminales MC4, limpiadores)
 - Kit de riego (filtros, juntas, válvulas)
2. Verificar funcionamiento y calibración de instrumentos.

Despacho y Ejecución en Terreno

1. Coordinar transporte (vehículo, combustible, acceso al sitio).
2. Asegurar que el equipo técnico lleve:
 - Manuales
 - Formatos de reporte
 - Checklist de revisión
3. Ejecutar tareas según cronograma.

Registro, Retorno y Reposición

1. Registrar:
 - Materiales utilizados
 - Horas hombre invertidas
 - Actividades completadas
2. Devolver herramientas al almacén y reportar pérdidas o daños.
3. Actualizar inventario de materiales y solicitar reposición si es necesario.

Mantenimiento Preventivo

Es un conjunto de acciones planificadas que se realizan de forma periódica para evitar fallas o averías en equipos, sistemas o instalaciones. Su objetivo es prolongar la vida útil de los componentes, mantener su funcionamiento eficiente y reducir el riesgo de paradas inesperadas, en otras palabras, se trata de anticiparse a los problemas, realizando inspecciones, limpiezas, ajustes o cambios de piezas antes de que ocurra una falla.

Diagrama Gantt de Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento está organizado por subsistemas, considerando frecuencias mensuales, trimestrales y semestrales.

Tabla 25.- Cuadro Gantt de Mantenimiento Preventivo

| Actividad / Mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Limpieza de paneles solares | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Verificación de baterías | | | • | | | • | | | • | | | • |
| Limpieza del sistema de riego | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Verificación de sensores | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • |
| Revisión del PLC y HMI | | | • | | | | | | • | | | |
| Revisión de bomba | | | | • | | | | | | • | | |
| Inspección eléctrica general | | | • | | | | | | • | | | |

Observaciones:

- Las actividades mensuales (paneles, sensores, sistema de riego) se mantienen constantes para asegurar el funcionamiento continuo.
- Actividades tipo eléctrico y electrónico (PLC, HMI, baterías) se programan de forma trimestral o semestral.
- La Bomba, al ser un componente de desgaste mecánico y eléctrico, tiene dos mantenimientos semestrales (abr – oct).

Procedimiento de Mantenimiento Preventivo

Este procedimiento está pensado para maximizar la vida útil del sistema, evitar fallas y mantener un rendimiento óptimo. Para ello utilizaremos un mantenimiento por sistemas y dentro de ello los componentes de cada sistema:

Sistema Fotovoltaico

a) Paneles solares:

- Inspeccionar visualmente por grietas, suciedad o sombreado.
- Limpiar con agua y paño suave, evitando productos abrasivos.
- Verificar el marco, anclajes y estructura de soporte.

b) Cableado:

- Se deberá de revisar que no haya cables pelados, sueltos o corroídos en el sistema.
- Se debe de asegurar que las conexiones estén firmes y libres de humedad.
- Cuando se revisen las instalaciones de deberá de usar multímetro para comprobar una buena continuidad y voltaje del sistema.

c) Controlador de carga:

- Se debe verificar constantemente el funcionamiento correcto de indicadores LED.
- Siempre de debe de revisar los terminales de conexión y limpiar si es necesario ante la presencia de polvo o corrosión.
- Se debe de confirmar que las tensiones de corte y las de reconexión están bien configuradas antes de encender el equipo de nuevo.

d) Baterías:

- Sera siempre necesario el revisar el nivel de electrolito (baterías de plomo-ácido).
- Limpiar bornes y aplicar grasa dieléctrica.
- Medir voltaje individual de cada batería y comprobar estado de carga.

Sistema de Riego

a) Bomba:

- Verificar su arranque automático y correcto funcionamiento.
- Revisar presión de salida y caudal.
- Escuchar ruidos anormales (pueden indicar cavitación o desgaste).

b) Tuberías y válvulas:

- Revisar que no haya fugas.
- Limpiar filtros e inyectores de riego por goteo o aspersión.
- Probar el sistema bajo carga (riego en operación).

c) Tanque o depósito

- Inspeccionar por sedimentos, algas o corrosión.
- Limpiar al menos cada 6 meses.

Sistema Eléctrico y Protección

a) Tablero eléctrico

- Verificar fusibles, interruptores termomagnéticos y dispositivos de protección.
- Limpiar interior del gabinete (libre de polvo e insectos).
- Confirmar aterrizaje adecuado del sistema.

b) Puesta a tierra

- Medir resistencia de tierra (debe ser menor a 10 ohmios idealmente).
- Asegurar que el electrodo no esté corroído ni desconectado.

Materiales, Equipos y Herramientas

Para la realización del mantenimiento preventivo para nuestro sistema utilizaremos los siguientes equipos y materiales:

- Multímetro RMS o pinza amperimétrica.
- Cepillo de cerdas suaves.
- Agua destilada y paño de microfibra.
- Llaves y destornilladores.
- Medidor de aislamiento (megóhmetro).
- Guantes y EPP.

Ficha de Mantenimiento Preventivo

Tabla 26.- Ficha mantenimiento preventivo

| COMPONENTE | FRECUENCIA | ACTIVIDAD |
|-------------------|-------------------|---|
| Paneles solares | Mensual | Limpieza con paño húmedo no abrasivo |
| Sensor de humedad | Mensual | Verificación de lectura y recalibración si es necesario |
| Baterías | Trimestral | Revisión de bornes, limpieza de sulfato con limpia contactos y toma de parámetros |
| HMI y PLC | Trimestral | Limpieza externa con paño seco |
| Sistema de riego | Semestral | Desobstrucción de goteros y revisión de mangueras |

Mantenimiento Correctivo

Es el tipo de mantenimiento que se realiza después de que ocurre una falla o avería, con el objetivo de restaurar el funcionamiento normal del equipo o sistema. Este tipo de mantenimiento no es planificado, sino que se ejecuta cuando un componente deja de funcionar correctamente o se detecta un problema durante la operación.

Procedimiento de Mantenimiento Correctivo

Para el procedimiento correctivo se tiene que realizar las siguientes etapas en nuestro sistema:

Etapas del Diagnóstico de la Falla:

a) Recepción del reporte de falla

- Recoger información detallada: síntomas, condiciones ambientales, fecha/hora de falla.

b) Inspección visual inicial

- Revisar estado físico de componentes: cables, paneles, bomba, baterías, tablero.

c) Verificación de funcionamiento

- Confirmar si el sistema enciende.
- Medir voltajes: salida de paneles, entrada al controlador, voltaje de baterías, etc.
- Verificar estado de carga, presión de agua, flujo de riego.

Corrección de Fallas por Componente

a) Fallas en Paneles Solares

- **Síntoma:** No hay generación o baja tensión.
 - Limpieza y verificación de suciedad/sombra.
 - Revisión de conexiones sueltas o dañadas.
 - Reemplazo de panel si hay celda rota o grietas.

b) Fallas en Controlador de Carga

- **Síntoma:** No carga batería o no entrega energía.
 - Verificar configuración.
 - Revisar fusibles internos.
 - Reemplazo del controlador si está dañado.

c) Fallas en Baterías (si existen)

- **Síntoma:** Voltaje bajo, no retiene carga.
 - Medir voltaje individual.
 - Revisar terminales sulfatados.
 - Reemplazo de baterías defectuosas.

d) Fallas en la Bomba de Agua

- **Síntoma:** No arranca, ruido anormal, bajo caudal.

- Verificar alimentación eléctrica.
- Revisar si hay aire en la línea o bloqueos.
- Inspección interna (rotores, impulsores).
- Reemplazo o reparación del motor o sello.

e) Fallas en el Cableado

- **Síntoma:** No hay continuidad o hay calentamiento.
- Medición con multímetro y megómetro.
- Identificación de cortocircuitos o conexiones flojas.
- Reemplazo del tramo afectado.

f) Fallas en el Sistema de Riego

- **Síntoma:** No hay presión, no riega en ciertos sectores.
- Limpieza o reemplazo de filtros, boquillas y válvulas.
- Revisión de fugas o tuberías obstruidas.
- Ajuste de válvulas de paso.

Verificación y Prueba de Funcionamiento

- Encender el sistema y monitorear su operación.
- Medir tensión y corriente de salida.
- Verificar flujo y presión de agua en el sistema de riego.
- Comprobar que los indicadores del controlador funcionen correctamente.
- Evaluar autonomía si hay baterías.

Materiales, Equipos y Herramientas

Para la realización del mantenimiento correctivo para nuestro sistema utilizaremos los siguientes equipos y materiales:

- Multímetro / pinza amperimétrica.
- Megómetro (para aislamiento).
- Herramientas manuales (destornilladores, llaves).
- Repuestos: fusibles, cables, conectores, filtros, etc.
- Linterna, cámara térmica (opcional).

Ficha de Mantenimiento Correctivo

Se muestra en este apartado la ficha de mantenimiento correctivo que se utilizara en el proyecto

Figura 44.- Ficha de mantenimiento correctivo

Ficha de Mantenimiento Correctivo

1. Información General

Elemento intervenido: _____

Ubicación del sistema: _____

Fecha de intervención: _____

Hora de inicio: _____

Hora de finalización: _____

Nombre del técnico: _____

Cargo: _____

2. Descripción de la Falla Detectada

3. Diagnóstico Técnico

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> | Falla eléctrica |
| <input type="checkbox"/> | Falla electrónica |
| <input type="checkbox"/> | Falla mecánica |
| <input type="checkbox"/> | Falla de programación |
| <input type="checkbox"/> | Otro |

4. Acciones Correctivas Realizadas

—

—

—

Figura 45.- Ficha de mantenimiento correctivo

Ficha de Mantenimiento Correctivo

5. Repuestos o Materiales Utilizados

| Cantidad | Descripción | Código / Modelo |
|----------|-------------|-----------------|
| | | |
| | | |
| | | |

6. Verificación Post-Reparación

| | | | |
|--------------------------|--------------------------|----------|-----------|
| <input type="checkbox"/> | Prueba de funcionamiento | Aprobado | Rechazado |
| <input type="checkbox"/> | Prueba eléctrica | Aprobado | Rechazado |
| <input type="checkbox"/> | Prueba de presión/caudal | Aprobado | Rechazado |
| <input type="checkbox"/> | Prueba en HMI/PLC | Aprobado | Rechazado |

Observaciones adicionales:

7. Firma de Conformidad

Técnico responsable:

Responsable de operación:

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusión 1

Con la implementación del sistema de riego por goteo, la cual esta 100% monitoreada por sensores de humedad y un control automatizado para la apertura y cierre de las válvulas, nos ha demostrado ser una solución muy eficaz para la correcta utilización del agua, ya que nuestro sistema aplica el riego de una manera muy localizada y solo cuando las condiciones del cultivo lo requieran, lo que resulta en una mejora muy sustancial frente a los métodos de riego muy tradicionales que se usan aun, que son más propensos al desperdicio de agua durante las acciones de cultivo

Recomendación 1

Para evitar este tipo de problemas se recomienda llevar un registro continuo de los datos de humedad del suelo en tiempo real y a la vez de los ciclos de riego para de esa manera analizar el comportamiento del sistema a lo largo de las diferentes etapas del cultivo de sandía durante todo el año. Al tener esta información se permitirá ajustar los diferentes umbrales de operación con los que ha sido programado el PLC con la finalidad de optimizar aún más el uso del agua y mejorar el rendimiento de la cosecha de sandia en la zona.

Conclusión 2

Al integrar a nuestro proyecto un sistema de generación de energía eléctrica del tipo fotovoltaica le ha dado al proyecto una completa independencia de la red eléctrica convencional. Esta autonomía asegura la operación continua del sistema de riego en la zona donde se ha implementado.

Recomendación 2

Se recomienda que se lleve a cabo un plan de mantenimiento preventivo y que sea diseñado, especialmente en lo que respecta a la limpieza de los paneles solares ya que son los elemento que trabajan de manera constante y una buena revisión del banco de baterías. Se sabe que un mantenimiento regular es pieza clave para asegurar la longevidad y el rendimiento óptimo

del sistema fotovoltaico implementado y a la vez de todos los componentes del sistema de riego a un largo plazo.

Conclusión 3

En nuestro sistema con la integración de un sistema de control, que está basado en un PLC y cuenta con una interfaz HMI, nos da como resultado un funcionamiento conforme a los criterios de diseño establecidos de manera inicial, lo cual nos permitiendo una gestión centralizada y eficiente.

Recomendación 3

Como una buena práctica se recomienda realizar jornadas de capacitación dirigida a los operadores de campo y agricultores locales de temas sobre el manejo de la interfaz HMI y los fundamentos del sistema de riego 100% automatizado lo cual hace que la solución pueda ser implementada en mayor escala.

Conclusión 4

Con la automatización del proceso de riego realizada se ha disminuido notablemente la necesidad de intervención humana para las tareas de riego diarias como se venían dando hantes que se implementara este sistema automatizado. Esto nos permite que todo el personal agrícola pueda dedicar su tiempo a otras labores importantes que tengan que ver con el cultivo, y de esa manera se realiza el optimizado de la gestión general de la producción agrícola en la zona.

Recomendación 4

En un futuro no muy lejano, se podría explorar la integración de sensores adicionales al sistema, así como medidores de caudal o de radiación solar en tiempo real, para que de esa manera se logre enriquecer la data del sistema.

Referencias Bibliográficas

- (2022). Obtenido de Portalfruticola: <https://www.portalfruticola.com/>
- ATECH. (2024). Obtenido de <https://atechcs.com/product/hmi-siemens-ktp700-basic-and-ktp700-basic-dp/>
- AUTOSOLAR. (2025). Obtenido de <https://autosolar.pe/baterias-de-gel-12v/bateria-gel-12v-100ah-tensite?srsltid=AfmBOoogfUQpLfU1-GmtL6Rn6GQpV-t2pqeUV4ozqBxOj607TGjVWXrm>
- Bird, R. (2025). Obtenido de <https://www.rainbird.com/es/products/valvulas-de-la-serie-dvdvf>
- Br. Arceda, M., & Br. Hernández Flores, A. (2012). Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/1090/1/38223.pdf>
- Castro Monago, D., & Pinedo Romero, D. (2019). Obtenido de <https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/3593>
- García Cusichi, K. (2022). Obtenido de : <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8322>
- Grijalva, G. y. (2012). *Gómez y Grijalva*.
- HIDRAULICA, G. (8 de FEBRERO de 2021). Obtenido de https://grupohidraulica.com/noticias/2021/02/08/peru-un-riego-inteligente-permite-ahorrar-hasta-el-30-de-agua-a-los-agricultores/?utm_source=chatgpt.com
- INTRUKART. (2025). Obtenido de <https://instrukart.com/siemens-qfm2100-duct-sensor/>
- Juárez Cortes, E., & Vera Camacho, A. (2022). Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2321/1/20181010%20-%20Revision%20Tesis.pdf>
- Medina. (2021). Obtenido de <https://medinaferreterias.com/producto/tinaco-plus-rotoplas-2500-lts-c-filtro-y-accesorios/>
- Núñez Arriagada, N. G. (2018). Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159575>
- ROTOPLAS. (2021). Obtenido de <https://rotoplascentroamerica.com/usos-que-puedes-dar-a-una-bomba-de-agua/>
- RS-Online. (2024). Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/content/blog-rs/ideas-consejos/guia-plc>
- SICMA21. (2024). Obtenido de <https://www.sicma21.com/que-es-un-plc/>
- Ventura Palomino, R., & Lima Esperilla, F. (2024). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/14202>
- WESTOR. (2025). Obtenido de <https://westor.pe/product-category/electronica/accesorios-electronicos/panel-solar/>

Anexos 1

*Fichas técnicas.***SIEMENS****Hoja de datos****6ES7214-1AG40-0XB0****Siemens
EcoTech**

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, DC/DC/DC, E/S integradas: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, alimentación: DC 20,4-28,8 V DC, memoria de programas/datos 150 KB



Figura similar

| Información general | |
|--|--------------------------|
| Designación del tipo de producto | CPU 1214C DC/DC/DC |
| Versión de firmware | V4.7 |
| Ingeniería con | |
| <ul style="list-style-type: none"> Paquete de programación | STEP 7 V20 o superior |
| Tensión de alimentación | |
| Valor nominal (DC) <ul style="list-style-type: none"> 24 V DC | Si |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 20,4 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V |
| Protección contra inversión de polaridad | Si |
| Tensión de carga L+ | |
| <ul style="list-style-type: none"> Valor nominal (DC) Rango admisible, límite inferior (DC) Rango admisible, límite superior (DC) | 24 V 20,4 V 28,8 V |
| Intensidad de entrada | |
| Consumo (valor nominal) | 500 mA; Solo CPU |

| | |
|--|---|
| | Sí |
| Consumo, máx. | 1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación |
| Intensidad de cierre, máx. | 12 A; con 28,8 V |
| I ² t | 0,5 A ² ·s |
| Intensidad de salida | |
| Para bus de fondo (5 V DC), máx. | 1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM |
| Alimentación de sensores | |
| Alimentación de sensores 24 V | |
| • 24 V | L+ menos 4 V DC mín. |
| Pérdidas | |
| Pérdidas, típ. | 12 W |
| Memoria | |
| Memoria de trabajo | |
| • integrada | 150 kbyte |
| Memoria de carga | |
| • integrada | 4 Mbyte |
| • enchufable (SIMATIC Memory Card), máx. | con SIMATIC Memory Card |
| Respaldo | |
| • existente | Sí |
| • libre de mantenimiento | Sí |
| • sin pila | |



Tanque Plus+ 2500L

Garantía de Por Vida

Nueva Línea de Tanques con diseño único en el mercado, fabricado bajo una nueva tecnología.

Especificaciones técnicas

- Material fabricado de polietileno de ultra alto peso molecular
- Nueva Tapa Plus+ de polipropileno negro.
- Capacidad de 2500L.

Capacidades

| Tanque Plus+ | | | |
|---------------|----------------------------|-----------------|--------------|
| Capacidad (L) | Altura total con tapa (cm) | Diámetro Ø (cm) | Garantía |
| 2500L* | 173 | 145 | De por Vida* |

Accesorios que equipan a un Tanque Plus+

1. Válvula de Llenado de 3/4" (19,05 mm) con reducción a 1/2" (12,7 mm) y varilla.
2. Flotador.
3. Multiconector.
4. Tubo de aire.
5. Filtro de sedimentos Estándar.



1



2



3



4



5



Con los mejores accesorios

5 Años de garantía Rotoplas en Accesorios

3 Años de garantía Rotoplas en Filtro

(*) La garantía de por vida es únicamente por fallas de fabricación, no aplica a daños externos.
 (**) El tanque no almacena menos volumen que 2500 litros.





Beneficios

- **Agua segura** con la nueva Tapa Plus+, evita que se desprenda y contamine el agua.
- **Cuidado de tu salud** con una exclusiva protección antibacterial con Tecnología Expel que reduce la producción de microbios y bacterias.
- **Diseño innovador** desarrollado por nuestro Centro de Investigación y Desarrollo (CID) el cual está en la búsqueda constante de innovar y evolucionar en soluciones de almacenamiento.
- **Facilidad en izaje** cuenta con orejas de sujeción para un mejor manejo durante la instalación.



Tapa Plus+ roscada



Orejas de izaje

Instalación

1. Utiliza las orejas de izaje para subir el Tanque y sus accesorios a la azotea, colócalo sobre una base plana de cemento pulido.
2. Instala la Válvula de Llenado y Flotador.
3. Conecta la tubería de alimentación.
4. Instala el Multiconector y el Jarro de aire.
5. Conecta la tubería de salida de agua.
6. Instala el Filtro de sedimentos Estándar.



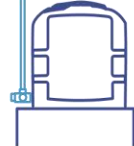
1



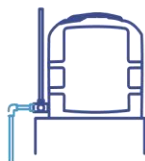
2



3



4



5



6

Conexión a Válvula de Llenado



Conexión a Multiconector

Cualquier modificación física al diseño del producto o uso diferente al especificado invalida el respaldo de la garantía brindada por Rotoplas.

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes

dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

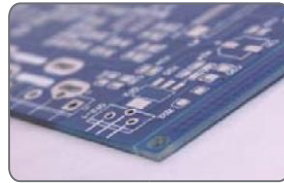
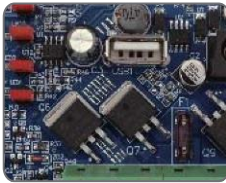
embarcaciones & recreo

sistema solar casero

| Nº | Pulsación | Función |
|---------|---------------------|--|
| 5. | Corta | Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes |
| | Larga (≥ 3 s) | Incremento continuo mientras está en ajustes |
| 6. | Corta | Visualización previa; Decremento mientras está en ajustes |
| | Larga (≥ 3 s) | Decremento continuo mientras está en ajustes |
| 7. ▲ | Corta | Interruptor consumos CC; Entrar configuración / guardar |
| | Larga (≥ 3 s) | Entrar/salir menú secundario |

1. Terminal positivo fotovoltaico Terminal negativo fotovoltaico
2. Terminal positivo batería Terminal negativo batería
3. Terminal carga CC positivo Terminal carga CC negativo
4. Pantalla LCD

Funciones:





Modelo: PC1500B-60DU

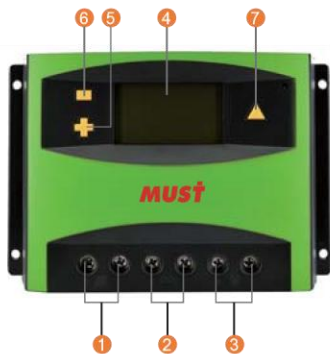
PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

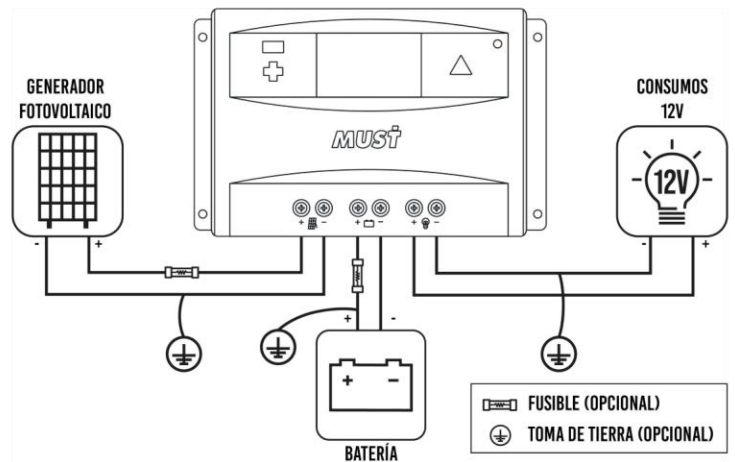
- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

LCD Información Display



Conexión al sistema solar:



pantalla LCD 12V / 24V
Autodetección

PWM Configurable Protecciones Carga USB **Detalles internos**

Estabilidad, gran eficiencia, integración
robusto y fiable

Diseño de circuitería optimizado
Materiales de gran calidad

SCM Diseño

SIEMENS

1864



Symaro™ **Duct sensors QFM21..**
for relative humidity and temperature

- **Operating voltage AC 24 V / DC 13.5...35 V □ Signal output DC 0...5 V / DC 0...10 V / 4...20 mA for relative humidity □ Signal output DC 0...5 V / DC 0...10 V / 4...20 mA / LG-Ni 1000 for temperature**
- **Measuring accuracy □3 % r. h. within the comfort range**
- **Range of use □15...□60 °C / 0...95 % r. h. (non-condensing)**

Use

The QFM21.. duct sensors are for use in air ducts of ventilation and air conditioning plant for acquiring: □ The relative humidity and □ The temperature.

The sensors are used as:

- Control sensors in the supply or extract air
- Reference sensors, e.g. for shifting the dew point
- Limit sensors, e.g. in connection with steam humidifiers

- Limit sensors, e.g. for measured value indication or for connection to a building automation and control system
- Sensors for enthalpy and absolute humidity, together with SEZ220 (see Data Sheet N5146)

CE1N1864en

2023-04-20

Smart Infrastructure

Type summary

| <i>Type reference</i> | <i>Temperature measuring range</i> | <i>Temperature signal output</i> | <i>Humidity measuring range</i> | <i>Humidity signal output</i> | <i>Operating voltage</i> |
|-----------------------|--|---|---------------------------------|---|---------------------------|
| QFM2100 | None | None | 0...100 % | active, DC 0...5 V, DC 0...10 V, 4...20 mA (3-wire) | AC 24 V or DC 13.5...35 V |
| QFM2101 | None | None | 0...100 % | active, 4...20 mA (2-wire) | DC 13.5...35 V |
| QFM2120 | □35...□50 °C | passive, LG-Ni 1000 | 0...100 % | active, DC 0...5 V, DC 0...10 V, 4...20 mA (3-wire) | AC 24 V or DC 13.5...35 V |
| QFM2160 | 0...50 °C / □35...□35 °C or □40...□70 °C | active, DC 0...5 V, DC 0...10 V, 4...20 mA (3-wire) | 0...100 % | active, DC 0...5 V, DC 0...10 V, 4...20 mA (3-wire) | AC 24 V or DC 13.5...35 V |
| QFM2171 | 0...50 °C / □35...□35 °C or □40...□70 °C | active, 4...20 mA (2-wire) | 0...100 % | active, 4...20 mA (2-wire) | DC 13.5...35 V |

Ordering and delivery

When ordering, please give name and type reference, e.g.:

Duct sensor **QFM2120**

The sensor is supplied with mounting flange and cable entry gland M16.

Equipment combinations

All systems and devices capable of acquiring and handling the sensor's DC 0...5 V, DC 0...10 V, 4...20 mA or LG-Ni 1000 output signal.

When using the sensors for minimum or maximum selection, for averaging, or to calculate enthalpy, enthalpy difference, absolute humidity, and dewpoint, we recommend to use the SEZ220 signal converter (see Data Sheet N5146). **Function**

Relative humidity

The sensor acquires the relative humidity in the air duct via its capacitive humidity sensing element whose electrical capacitance changes as a function of the relative humidity.

The electronic measuring circuit converts the sensor's signal to a continuous DC 0...5 V, DC 0...10 V or 4...20 mA signal, which corresponds to 0...100 % r. h.

Temperature

The sensor acquires the temperature in the air duct via its sensing element whose electrical resistance changes as a function of the temperature.

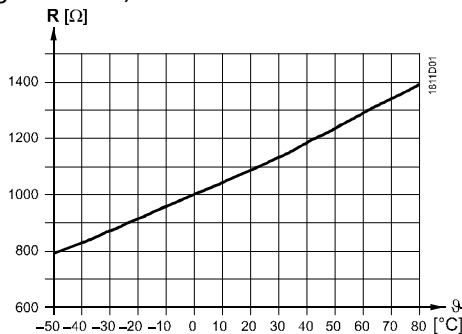
Depending on the type of sensor this change in resistance is converted either to an active DC 0...5 V, DC 0...10 V or 4...20 mA output signal corresponding to a temperature range of 0... 50 °C, -35...+35 °C, or -40...+70 °C. The measuring range can be selected. The temperature is provided as a simulated passive LG-Ni 1000-output signal ($\cong -35...50$ °C) as an alternative to the active output signal.

Simulated passive output signal

The measuring current of systems/devices for acquiring the electrical resistance of the passive sensor differs greatly and impacts self-heating of the temperature sensing element at the end of the measuring tip. To compensate the impact, the passive output signal is simulated with an electronic circuit.

2/10

Sensing elements, Characteristic: simulated LG-Ni 1000

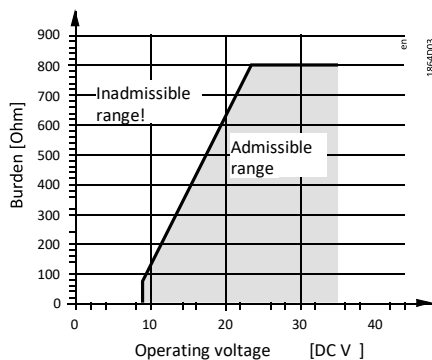


Legend

- R Resistance value in Ohm
- Temperature in degrees Celsius

Burden diagram

Output signal, terminal I1 / I2



Mechanical design

The duct sensor consists of a housing, a printed circuit board, connection terminals, a mounting flange and an immersion rod having a measuring tip.

The 2-sectional housing comprises a base and a removable cover (snap-on design). The measuring circuit and the setting element are located on the printed circuit board inside the cover, the connection terminals on the base.

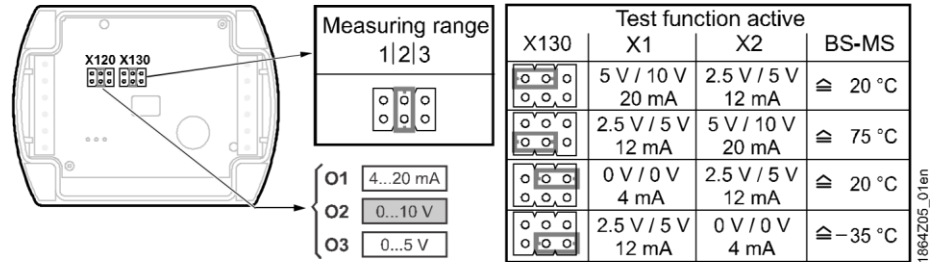
The sensing elements are located at the end of the measuring tip and protected by a filter cap.

Cable entry is made via the screwed cable gland M16 supplied with the sensor. Immersion rod and housing are made of plastic and are rigidly connected.

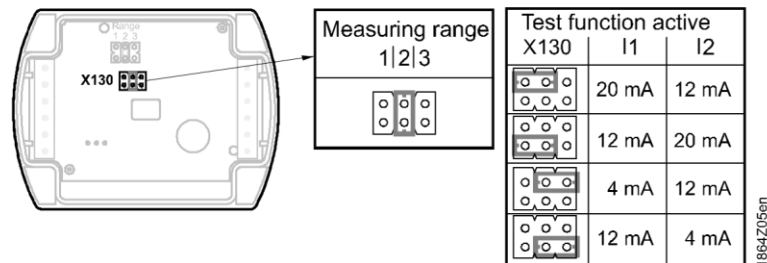
The sensor is fitted with the mounting flange supplied with the sensor. The flange is to be placed over the immersion rod and then secured in accordance with the required immersion length.

Setting element

QFM2100, QFM2120,
QFM2160



QFM2101, QFM2171



The setting element is located inside the cover. It comprises 6 pins and a jumper. It is used to select the required measuring range and to activate the test function.

The different jumper settings have the following meaning:

□ *For the passive temperature measuring range:*

Jumper in the middle position (R2) = □35...□50 °C

(factory setting) □ *For the active temperature measuring range:*

Jumper in the left position (R1) = □35...□35 °C,

Jumper in the middle position (R2) = 0...50 °C (factory setting)

Jumper in the right position (R3) =

□40...□70 °C □ *For activating the test function:*

Jumper in the horizontal position: The values according to the table "Test function active" will be made available at the signal output.

Malfunction
2-wire
QFM2101, QFM2171

- Should the temperature sensor become faulty a current of 4 mA will be applied at signal output I2 after 60 seconds, and the humidity signal at signal output I1 will reach 20 mA.
- Should the humidity sensor become faulty a current of 20 mA will be applied at signal output I1 after 60 seconds, and the temperature signal will remain active.

3-wire
QFM2100, QFM2120,
QFM2160

- Should the temperature sensor become faulty a voltage of 0 V (0 mA) will be applied at signal output X2 after 60 seconds, and the humidity signal at signal output X1 will reach DC 10 V or 5 V or 20 mA.
- Should the humidity sensor become faulty a voltage of DC 10 V or 5 V or 20 mA will be applied at signal output X1 after 60 seconds, and the temperature signal will remain active.

Accessories

| <i>Name</i> | <i>Type reference</i> |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Filter cap (for replacement) | AQF3101, AQF3102, AQF3103 |

Engineering notes

A transformer for safety extra low-voltage (SELV) with separate windings for 100 % duty is required to power the sensor. When sizing and protecting the transformer, local safety regulations must be complied with.

4/10

When sizing the transformer, the power consumption of the duct sensor must be taken into consideration.

For correct wiring, refer to the Data Sheets of the devices with which the sensor is used.

Cable routing and
cable selection

The permissible cable lengths must be considered.

It must be considered for routing of cables that the longer the cables run side by side and the smaller the distance between them, the greater electrical interference. Shielded cables must be used in environments with EMC problems. Twisted pair cables are required for the secondary supply lines and the signal lines.

Note to **QFM2171**

Terminals G1(□) and I1(□) of the humidity output must always be connected to power, even if only terminals G2(□) and I2(□) of the temperature output are used!

Mounting notes


| | |
|-----------------------|--|
| Location | Mount the sensor in the center of the duct wall. If used together with steam humidifiers, the minimum distance after the humidifier must be 3 m to max 10 m. |
| <i>Caution!</i> | Fit the sensor in the extract air duct if the application involves dew point shifting. Fit only the flange to the duct wall. The sensor is then inserted through the flange and engaged. |
| Mounting instructions | <ul style="list-style-type: none"> • To ensure degree of protection IP54, fit the sensor with the cable entry pointing downward. • The sensing elements inside the measuring tip are sensitive to impact. Avoid any impact on mounting. |
| Chemical vapors | <p>The mounting instructions are printed on the inside of the package of the device.</p> <p>It is of great importance to understand that a humidity sensor is a sensitive measure device and needs to be handled with care. Chemical vapors at high concentration in combination with long exposure times may offset the sensor reading.</p> |

Commissioning notes

Check wiring before switching on power. The temperature measuring range must be selected on the sensor, if required.

Wiring and the output signals can be checked by making use of the test function (refer to "Mechanical design").

To ensure the accuracy of the temperature measurement of the QFM2120 the test function has to be activated and on the controller side the values have to be adjusted.

 We recommend not to use voltmeters or ohmmeters directly at the sensing element. In the case of the simulated passive output signals, measurements with commercially available meters cannot be made (measuring current too small).

Disposal



This symbol or any other national label indicate that the product, its packaging, and, where applicable, any batteries may not be disposed of as domestic waste. Delete all personal data and dispose of the item(s) at separate collection and recycling facilities in accordance with local and national legislation.

For additional details, refer to www.siemens.com/bt/disposal.

5/10

Technical data

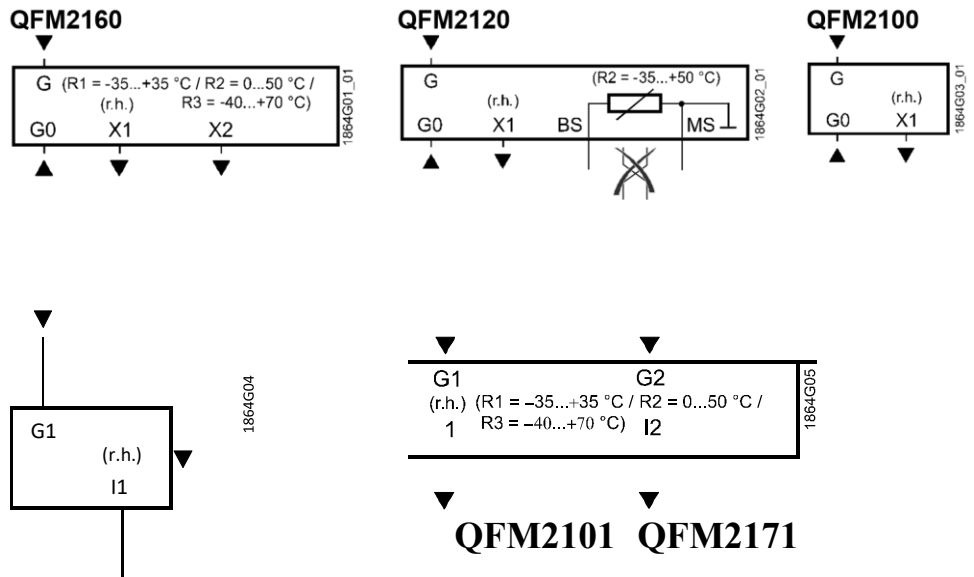
| | | | |
|--|---|---|-------------------|
| Power supply | Operating voltage | AC 24 V \pm 20 % or DC13.5...35 V (SELV) or AC/DC 24 V class 2 (US) | |
| | Frequency | 50/60 Hz at AC 24 V | |
| | External supply line protection | Fuse slow max. 10 A or Circuit breaker max. 13 A Characteristic B, C, D according to EN 60898 or Power source with current limitation of max. 10 A | |
| | Power consumption | At "U" output signal | "I" output signal |
| | QFM2100 | Max. <1.6 VA | Max. <2.0 VA |
| | QFM2120 | Max. <1.1 VA | Max. <1.5 VA |
| | QFM2160 | Max. <1.7 VA | Max. <2.5 VA |
| | Power consumption QFM2101, QFM2171 | \leq 1 VA | |
| Cable lengths for measuring signal Functional data of humidity sensor | Perm. cable lengths | See data sheet of the device handling the signal | |
| | Range of use | 0...95 % r. h. (non-condensing) | |
| | Measuring range | 0...100 % r. h. | |
| | Measuring accuracy at 23 °C and AC/DC 24 V in | | |

| | | |
|---|---|--|
| | 0...95 % r. h. 30...70 % r. h. | □5 % r. h. □3 %, r. h. typically |
| | Time constant at 0...50 °C and 10...80 % r.h. | < 20 s |
| | Perm. air velocity | 20 m/s |
| | Output signal, linear (terminal X1) | DC 0...5 V, DC 0...10 V $\hat{=}$ 0...100 % r. h., max. 1 mA 4...20 mA $\hat{=}$ 0...100 % r. h., max. 1 mA, max. 500 Ohm |
| | Output signal, linear (terminal I1) Burden | 4...20 mA $\hat{=}$ 0...100 % r. h. See "Function" |
| Functional data of temperature sensor with QFM2160, QFM2171 | Measuring range | 0...50 °C (R2 = factory setting), □35...□35 °C (R1) or □40...+70 °C (R3) |
| | Measuring accuracy at AC/DC 24 V in 23 °C 15...35 °C □35...+50 °C | □0.3 K □0.7 K □1 K |
| | Time constant | < 3.5 min. in with 2 m/s moved air |
| | Output signal, linear (terminal X2) | DC 0...5 V, DC 0...10 V $\hat{=}$ 0...50 °C /□35...□35 °C/□40...□70 °C max. 1 mA 4...20 mA $\hat{=}$ 0...50 °C /□35...□35 °C/□40...□70 °C max. 1 mA, max. 500 Ohm |
| | Output signal, linear (terminal I2) Burden | 4...20 mA $\hat{=}$ 0...50 °C /□35...□35 °C/□40...□70 °C See "Function" |
| Functional data of temperature sensor with QFM2120 | Measuring range | □35...□50 °C |
| | Sensing element simulated, corresponding to QFM2120 | LG-Ni 1000 |
| | Measuring accuracy at AC/DC 24 V in the range of 23 °C 15...35 °C □35...+50 °C | □0.3 K □0.7 K □1 K |
| | Time constant | < 3.5 min. in with 2 m/s moved air |
| 6/10 | | |
| Degree of protection | Perm. measuring current with QFM2120 | 1.18...4.21 mA |
| | Protection degree of housing | IP54 according to EN 60529 in built-in state |
| | Protection class | III according to EN 60730-1 |
| | Connection terminals for Cable entry gland (enclosed) | 1 □ 2.5 mm ² or 2 □ 1.5 mm ² M 16 x 1.5 |

| | | |
|------------------------------------|--|---|
| Electrical connections | Operation | IEC 60721-3-3 |
| | Climatic conditions | Class 3K5 |
| Environmental conditions Materials | Temperature (housing with electronics) | □15...□60 °C |
| | Humidity | 0...95 % r. h. (non-condensing) |
| | Mechanical conditions | Class 3M2 |
| | Transport | IEC 60721-3-2 |
| and colors | Climatic conditions | Class 2K3 |
| | Temperature | □25...□70 °C <95 |
| | Humidity | % r. h. |
| | Mechanical conditions | Class 2M2 |
| | Base | Polycarbonate, RAL 7001 (silver-grey) |
| | Cover | Polycarbonate, RAL 7035 (light-grey) |
| | Immersion rod | Polycarbonate, RAL 7001 (silver-grey) |
| | Filter cap | |
| | AQF3101 | Body: polycarbonate, RAL 7001 (silver-grey) Filter: PTFE membrane (white) |
| | AQF3102 AQF3103 | PTFE sintered catalytic filter for H ₂ O ₂ environment sintered stainless steel to DIN 17440 |
| Mounting flange | PA66 – GF35 (black) | |
| Cable entry gland | PA, RAL 7035 (light-grey) | |
| Sensor (complete assembly) | Silicone-free | |
| Packaging | Corrugated cardboard | |
| Product standard | EN 60730-1 | |
| Directives and Standards | | Automatic electrical controls for household and similar use |
| | Electromagnetic compatibility (Applications) | For use in residential, commerce, light-industrial and industrial environments |
| | EU Conformity (CE) | CE1T1864xx ²⁾ |
| | RCM Conformity | CE1T1864en_C1 ²⁾ |
| | UL | UL 873 ¹⁾ , http://ul.com/database |
| | UKCA | A5W00188728A ¹⁾ |
| | Environmental | The product environmental declaration CE1E1864 ²⁾ contains data on environmentally compatible prodcompatibility uct design and assessments (RoHS compliance, materials composition, packaging, environmental benefit, disposal). |
| | Weight | Incl. packaging QFM21.. |

- 1) Does not apply to the **QFM2160** duct sensor!
- 2) The documents can be downloaded from <http://siemens.com/bt/download>.

Connection terminals

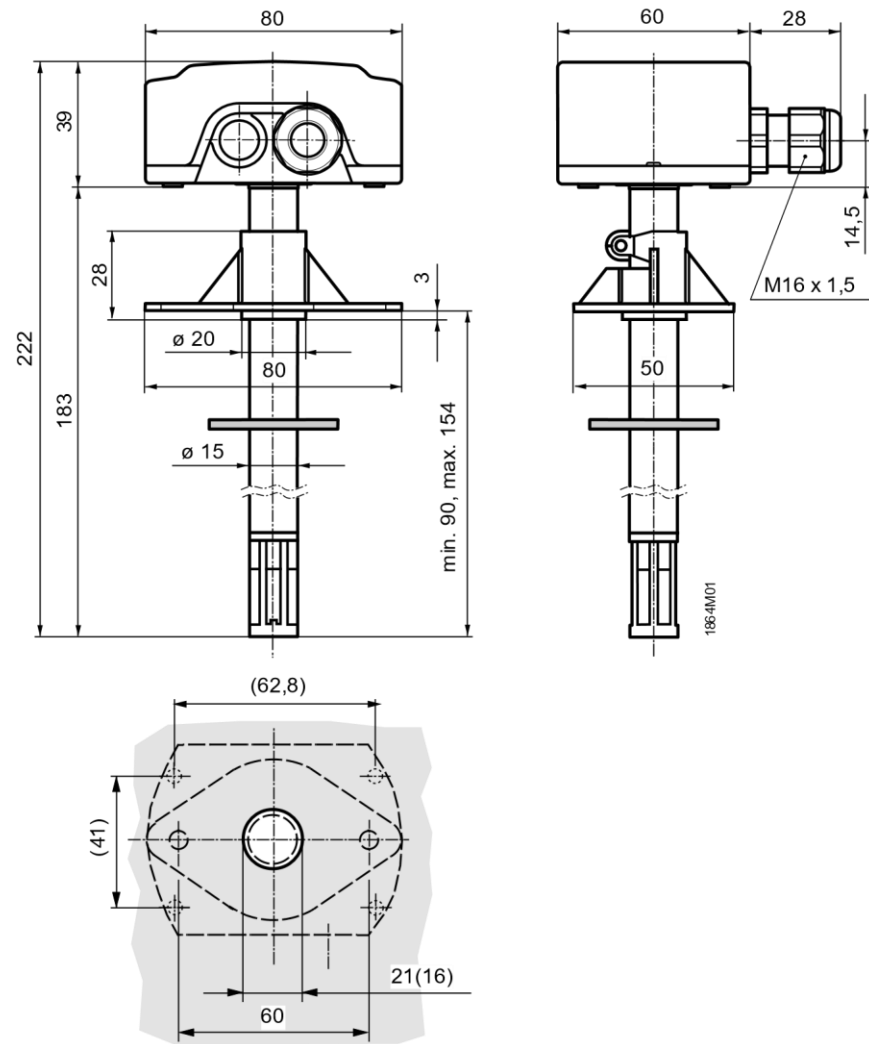


- G, G0 Operating voltage AC 24 V (SELV) or DC 13.5...35 V
- G1, G2 Operating voltage DC 13.5...35 V
- X1 Signal output DC 0...5 V, DC 0...10 V, 4...20 mA for 0...100 % r. h.
- X2 Signal output DC 0...5 V, DC 0...10 V, 4...20 mA for temperature range 0...50 °C (R2 = factory setting), □35...+35 °C (R1) or □40...+70 °C (R3) I1
Signal output 4...20 mA for 0...100 % r. h.
- I2 Signal output 4...20 mA for temperature range 0...50 °C (R2 = factory setting), □35...+35 °C (R1) or □40...+70 °C (R3)
- BS, MS Signal output LG-Ni 1000 for temperature range □35...+50 °C (passive, simulated); wires must not be interchanged

Note on connection terminals of the QFM2171:

Terminals G1(□) and I1(□) for the humidity output must always be connected to power, even if only the temperature output G2(□) and I2(□) is used!

Dimensions



Drilling plan with (without) mounting flange

Dimensions in mm

Issued by
 Siemens Switzerland Ltd
 Smart Infrastructure
 Global Headquarters
 Theilerstrasse 1a
 CH-6300 Zug
 Tel. +41 58 724 2424
www.siemens.com/buildingtechnologies

© Siemens 2006 – 2023
 Technical specifications and availability subject to change without notice.

10/10

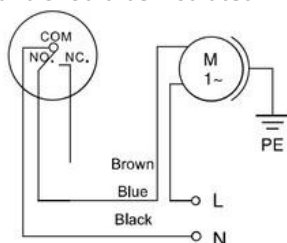
FLOAT SWITCH

— TECHNICAL DATA

- Rated Voltage : AC 110/220V
- Max. Current : AC 16(4)A
- Frequency : 50/60 Hz
- Max. Using Temperature : 60°C
- Protection Degree : IP 68 Cable length : 3m, 5m
-

1. Auto - Fill - Water Modes

Connect the control's blue line to electric pump, black line is connected to zero-line, brown line can not be connected and should be insulated.



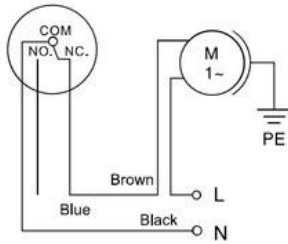
3. Outline dimension





2. Auto-drainage and lack-water protection modes

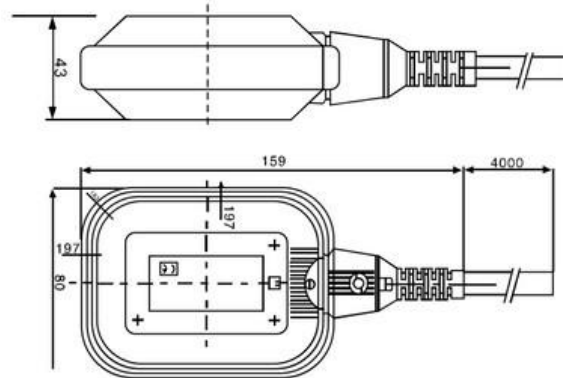
Connect the control's brown line to electric pump, black line is connected to zero-line, blue line can not be connected and should be insulated.



FLOAT SWITCH

TECHNICAL DATA

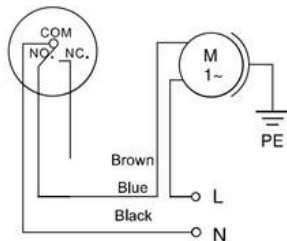
- Rated Voltage : AC 110/220V
- Max. Current : AC 16(4)A
- Frequency : 50/60 Hz
- Max. Using Temperature : 60°C
- Protection Degree : IP 68
- Cable length : 10m



1.

Auto - Fill - Water Modes

Connect the control's blue line to electric pump, black line is connected to zero-line, brown line can not be connected and should be insulated.



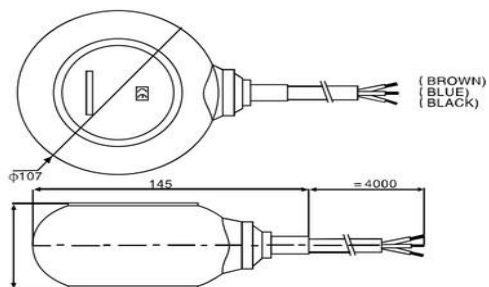
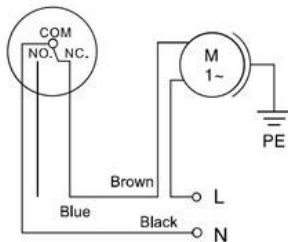
3. Outline dimension

height



2. Auto-drainage and lack-water protection modes

Connect the control's brown line to electric pump, black line is connected to zero-line, blue line can not be connected and should be insulated.



Rectangle