

Pregrado

Carrera: Electricidad

**Asignatura (UIC): Desarrollo de proyectos eléctricos
Trabajo de titulación previo a la obtención
del título en:**

TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

**Tema: Implementación de un sistema
automatizado de control de retrolavado para baterías
de filtrado en riego por goteo en cultivos de caña de
azúcar en energías del agro, san juan, Cantón Playas Villamil**

**AUTORES: EDDY BERTONY CEDEÑO BARRE
MENDOZA MORALES JHONN KEVIN**

Tutor Metodológico: Ing. Diego Pichoasamin

Tutor Técnico: Ing. Cristian Changoluisa

Fecha: 08 de Marzo del 2025

Autor:



Cedeño Barre Eddy Bertony

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: eddy.cedeno@ister.edu.ec

Autor:



Jhonn Kevin Mendoza Morales

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: jhonn.mendoza@ister.edu.ec



Dirigido por: Pichoasamin Morales Diego Fernando

Título: Ing. Electrónica En Automatización Y Control

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: cristian.changoluisac@ister.edu.ec



Dirigido por: Changoluisa Chacha Cristian Javier

Título: Ing. Electromecánico

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: cristian.changoluisac@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui SANGOLQUÍ – ECUADOR

CEDENÓ BARRE EDDY BERTONY

JHONN KEVIN MENDOZA MORALES

*Desarrollo e implementación de un sistema
automatizado de control de retro lavado para baterías
de filtrado en riego por goteo en cultivos de caña de
azúcar en energías del agro, san juan, Cantón Playas Villamil*

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 08 de Marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, Cedeño Barre Eddy Bertony declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado

Implementación de un sistema automatizado de control de retrolavado, para baterías de filtrado en riego por goteo en cultivos de caña de azúcar en energías del agro san juan, Cantón Playas Villamil de la Tecnología Superior en Electricidad; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Cedeño Barre Eddy Bertony
C.I.: 0929299584

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 08 de Marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

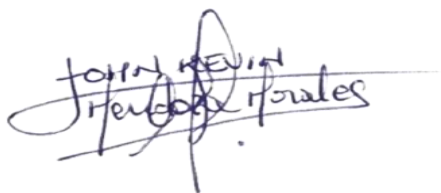
Presente

Por medio de la presente, yo, Jhonn Kevin Mendoza Morales declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado Desarrollo e implementación de un sistema automatizado de control de retrolavado, para baterías de filtrado en riego por goteo en cultivos de caña de azúcar en Energías del Agro San Juan, Cantón Playas Villamil, de la Tecnología Superior en Electricidad; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Jhonn Kevin Mendoza Morales
C.I.: 0927115063

FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

CEDEÑO BARRE EDDY BERTONY

JHONN KEVIN MENDOZA MORALES

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

ING. DIEGO PICHOSAMIN

ING. CHANGOLUISA CHACHA CRISTIAN JAVIER

CONTACTO ESTUDIANTES:

0994975663

0997943254

CORREO ELECTRÓNICO:

eddy.cedeno@ister.edu.ec

jhonn.mendoza@ister.edu.ec

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROL

DE RETRO LAVADO PARA BATERÍAS DE FILTRADO EN RIEGO POR

GOTEO EN CULTIVOS DE CAÑA DE

AZÚCAR EN ENERGÍAS DEL AGRO, SAN JUAN, CANTÓN PLAYAS VILLAMIL

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema automatizado para el control del retrolavado de filtros en sistemas de riego por goteo, específicamente en cultivos de caña de azúcar. Antes de la automatización, la

Limpieza de filtros se realizaba manualmente, lo que resultaba en un alto consumo de agua y una demanda considerable de mano de obra, se desarrolló un sistema basado en un controlador lógico programable (plc) logo, con sensores de presión diferencial y válvulas solenoides. Este sistema permite el retrolavado automático en dos modos, por tiempo, con programación predeterminada, y por presión, que activa el proceso según mediciones reales.

La automatización optimiza el uso del agua, reduce la frecuencia de mantenimiento y mejora la uniformidad del riego, generando un impacto positivo en la producción agrícola. Se

Espera que este sistema mejore la eficiencia del riego tecnificado y promueva una gestión más sostenible de los recursos hídricos.

PALABRAS CLAVE:

Retrolavado, Filtrado, Automatización, Riego, PLC

ABSTRACT:

This project aims to design and implement an automated system for controlling the backwashing of filters in drip irrigation systems, specifically in sugarcane crops. Before automation,

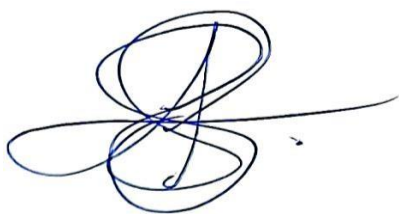
Filter cleaning was done manually, resulting in high water consumption and a considerable demand for labor. A system was developed based on a logic programmable logic controller (plc), with differential pressure sensors and solenoid valves. This system allows for automatic backwashing in two modes: time-based, with predetermined programming, and pressure- based, which activates the process according to real Measurements.

Automation optimizes water usage, reduces maintenance frequency, and improves irrigation uniformity, generating a positive impact on agricultural production. It is expected that

This system will enhance the efficiency of advanced irrigation and promote more sustainable management of water resources.

PALABRAS CLAVE:

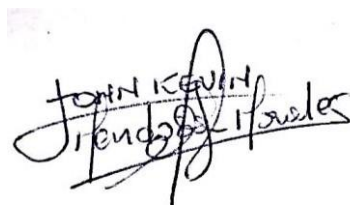
BACKWASHING, FILTRATION, AUTOMATION, IRRIGATION, PLC



Firma del Estudiante (AUTOR)

Cedeño Barre Eddy Bertony

C.I.: 0929299584



Firma del Estudiante (AUTOR)

Jhonn Kevin Mendoza Morales

C.I.: 0997943254

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 08 de Marzo del 2025

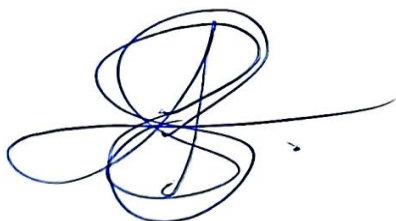
Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo EDDY BERTONY CEDEÑO BARRE con C.I.: 0929299584 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante
Eddy Bertony Cedeño Barre
C.I.: 0929299584

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 08 de Marzo del 2025

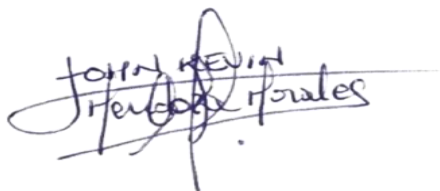
Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo Jhonn Kevin Mendoza Morales, con C.I.: 0927115063 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante
Jhonn Kevin Mendoza Morales
C.I.: 0927115063

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi roca y la luz que guía cada paso en mi vida y en la de mi familia. A mis padres, por su apoyo, especialmente a mi madre. A mi esposa, por su infinita paciencia y su constante motivación; tu apoyo es mi mayor impulso. A mi hijo, por ser la alegría que ilumina mis días y me recuerda la importancia de seguir adelante en mis estudios.

¡Gracias por ser mi apoyo incondicional!

EDDY CEDEÑO

A mi esposa Isora y a mi hijo Elías les dedico este logro ya que ustedes hacen que cada día sea una oportunidad para crecer y encontrar la felicidad, gracias por ser mi motivación para seguir logrando muchos éxitos más

KEVIN MENDOZA

AGRADECIMIENTO

A mi familia quienes estuvieron en este camino difícil apoyándome siempre ya que conllevaba tiempo, sacrificando noches días para apoyarme espero dios les recompense con todo su amor también agradecer al Universitario Rumiñahui y a los docentes por darme la oportunidad de crecer profesionalmente

EDDY CEDEÑO

Quiero agradecer a dios y a todas las personas que me apoyaron en este camino de sacrificio y constancia, estoy especialmente agradecido con mis profesores por su dedicación y enseñanzas, también agradezco al Universitario Rumiñahui por esta oportunidad de crecer a nivel profesional gracias

KEVIN MENDOZA

Resumen:

El propósito central de este proyecto fue desarrollar y instalar un sistema automático que mejore el proceso de limpieza de filtros en sistemas de riego por goteo, especialmente diseñados para cultivos de caña de azúcar, anteriormente la purificación de los filtros o retrolavado se realizaba de forma manual, lo que implicaba alto consumo de mano de obra y un uso excesivo de recursos hídricos. Para abordar este problema, se ha utilizado un controlador lógico programable (PLC) se incorporan válvulas solenoides y sensores de presión diferencial. Esta tecnología posibilita la realización del retrolavado de manera automática, ofreciendo dos modalidades: una que se activa en función de la presión real, iniciando el proceso según las lecturas actuales, y otra que se basa en el tiempo, utilizando una programación predefinida. La automatización no solo optimiza la uniformidad del riego, sino que también disminuye la frecuencia de mantenimiento y maximiza la eficiencia en el uso del sistema. Todo esto tiene un impacto positivo en la producción agrícola. Esperamos que este sistema no solo aumente la eficacia del riego tecnológico, sino que también promueva una gestión más sostenible del agua.

Palabras claves: Retrolavado, Filtrado, Automatización, Riego, PLC.

Abstract:

The main objective of this project is to design and implement an automated system that optimizes filter backwashing in drip irrigation systems, especially for sugarcane crops. Previously, the cleaning of filters was done manually, which was labor-intensive and consumed too much water. To solve this, we created a system based on a programmable logic controller called Logo, which includes solenoid valves and differential pressure sensors. This technology allows backwashing to be carried out automatically in two modes: one based on the actual pressure, which starts the process according to the current readings, and another based on time, which uses a pre-set programming. Automation not only improves irrigation consistency, but also reduces maintenance frequency and maximizes efficient system use. All this has a positive impact on agricultural production. We hope that this system will not only increase the efficiency of technological irrigation, but also promote more sustainable water management.

Keywords: Backwashing, Filtration, Automation, Irrigation, PLC

INDICE GENERAL

CAPITULO I.....	1
Introducción	1
1.3. Objetivos generales y específicos.....	2
1.4.1 Objetivos General	2
1.4.2. Objetivos específicos	3
CAPITULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Retrolavado.....	5
2.2.1 Baterías de filtrado.....	5
2.2.2 Funcionamiento:.....	6
2.3 Retrolavado manual.....	6
2.3.1 Desventajas	6
2.4 Automatización	7
2.4.1 Componentes básicos para el sistema automático.....	7
2.5 Sistema de riego	10
2.5.1 DREAM.....	10
2.5.2 Sistema de automatización en campo	11
CAPITULO III.....	12
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	12
3.1. Desarrollo	12
3.1.1. Ubicación geográfica.....	12
3.2. Situación inicial.....	13
3.2.1 Equipos existentes.....	13
3.2.2. Planta de rebombeo 4.....	14
3.3 Diseño	15
3.3.1. Descripción del Proceso	15
3.3.2. Diagrama de flujo.....	15
3.4 Selección y descripción de elementos para el prototipo.....	16
3.4.1 Diagrama eléctrico.....	21
3.4.2. Descripción de entradas y salidas.	21

3.4.3. Modulo:	23
3.4.4. Estado automático	23
3.5 Procedimiento en Modo Automático	24
3.4.5. Estado por tiempo	25
3.5. Procedimiento en Modo Temporal	25
3.6. Implementación	26
3.6.1 construcción	26
3.6.2 Armado del tablero	27
3.6.3 Cableado	27
3.6.4 Conexión de selectores y luces pilotos	28
3.6.5 montaje de cajas de conexiones de solenoides	29
3.6.6 Montaje del tablero	29
3.7. Lista de equipos que se usó para la construcción del tablero	30
CAPITULO IV	31
PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Construcción del panel de control	31
4.1.1. Conexiones	31
4.2 Medición de voltaje de entrada y salidas	32
4.2.1 Medición de temperatura	34
4.3. Resultados de la implementación del sistema	36
4.3.1. Frecuencia de retrolavado	36
4.3.2. Consumo de agua en m ³	37
4.3.3. Análisis de Costos.	38
CAPITULO V	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. Conclusiones	39
5.2. Recomendaciones	40
6. BIBLIOGRAFIA	41
7. ANEXOS	42
7.1 Anexo 1	42
7.2 Anexo 2	43
7.3 Anexo 3	44
7.4 Anexo 4	45

7.5 Anexo 5.....	50
7.6 Anexo 6.....	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hectareaje del rebombeo 4	15
Tabla 2: Características del PLC Logo V8.....	17
Tabla 3: Módulo de expansión Logo V8.....	17
Tabla 4: Fuente de alimentación de 24 VDC:	18
Tabla 5: Transformador 115 V a 24V 175VA.....	18
Tabla 6: Módulo de relé de 1 canal 24VCC	19
TABLA 7: Descripción de entradas y salidas	22
TABLA 8: Equipos utilizados en el tablero	30
TABLA 9: Mediciones de voltaje y presión del diferencial.....	33
TABLA 10: Mediciones de temperaturas realizadas en el tablero de control.....	35
TABLA 11: Frecuencia de retrolavado y promedio anual y en las 24 horas	36
TABLA 12: Consumo de Agua en m3	37
TABLA 13: Análisis de costo	38

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Baterías de filtrados ARKAL de anillas	6
Figura 2: PLC (Controlador Lógico Programable)	8
Figura 3: Interruptor de presión diferencial Baccara.....	8
Figura 4: Solenoide.....	9
Figura 5: válvula de retrolavado	10
Figura 6: controlador de riego	10
Figura 7: controlador de riego	11
Figura 8: ubicación geográfica	12
Figura 9: Bloque de Solenoides.....	13
Figura 10: Interruptor de presión diferencial Baccara.....	13
Figura 11: Baterías de filtrado	14
Figura 12: Plano de rebombeo 4.....	14
Figura 13: Diagrama de flujo	16
Figura 14: PLC (Controlador Lógico Programable).....	16
Figura 15: Módulos de Expansión.....	17
Figura 16: Fuente de alimentación de 24 VDC	18
Figura 17: Transformador 115 V a 24V 175VA	18
Figura 18: Módulo de relé de 1 canal 24VCC.....	19
Figura 19: Selector de 3 posiciones	20
Figura 20: Luces pilotos	20
Figura 21: Diagrama eléctrico	21
Figura 22: lógica de control automático	23
Figura 23: lógica de control automático	25
Figura 24: Base del tablero.....	26
Figura 25: construcción del tablero	27
Figura 26: armado del tablero.....	27
Figura 27: Cableado del tablero	28
Figura 28: conexiones de luces y selectores del tablero.....	28
Figura 29: montaje de cajas de conexiones de solenoides.....	29
Figura 30: conexión y montaje del tablero	29
Figura 31: conexiones y cableado	32

Figura 32: Medición de voltaje.....	34
Figura 33: medición de temperatura.....	34

CAPITULO I

Introducción

Implementar un sistema automatizado para el retro lavado. Se ha vuelto esencial en el contexto actual de la agricultura. El retro lavado manual, aunque fundamental, enfrenta serios desafíos. Y a menudo resulta en un riego desigual que puede afectar negativamente los cultivos.

Problema

- **Retrolavado manual:** El retrolavado manual requiere más uso de mano de obra y desperdicio de recursos hídricos
- **Desmontajes frecuentes:** Los filtros se desmontan de 3 a 4 veces por semana ya que en un sistema ideal sería el desmontaje de 1 vez cada mes
- **Mano de obra:** Por la alta frecuencia de desmontaje se utiliza personal que deja de realizar otras funciones por realizar estas limpiezas
- **Desperdicios recursos hídricos:** En este procedimiento ahí más desperdicio de agua ya que no hay quien controle el tiempo de retrolavado

1.1 Riego no uniforme: El retrolavado no se realiza a tiempo provoca taponamiento en los goteros y por ende no hay una uniformidad en el riego

1.2 Justificación

La falta de supervisión del proceso de retrolavado resulta en mayor desperdicio de agua riego no uniforme, sin un monitoreo adecuado es difícil la efectividad y la uniformidad del riego.

Esta propuesta de este proyecto no solo permite la reducción de la mano de obra humana sino que también garantiza un riego uniforme y eficiente sin desperdicio de agua asegurando que la producción sea más estable. Se contribuirá a mejorar tanto la calidad como la cantidad de cosecha.

Alcance

- Diseño del sistema automático de retro lavado de baterías de filtrado para una estación de bombeo. (Tiene 4 bombas / Cada bomba tiene 6 filtros)
- instalación de sus elementos de control. (PLC LOGO, Fuente de 24VDC, Transformador de 110VAC a 24VAC, Relés de 24VDC)
- lógica de control en PLC LOGO para realizar el retro lavado en dos modos: Por tiempo y por medio de medición de presión. (Se va a utilizar un transductor de presión diferencial) Empleando 8 entradas digitales. (4 para activar modo por medición de presión y cuatro para activar modo por tiempo.) 20 salidas digitales, por la cual se añadirá dos expansiones para llegar a las 20 salidas, las cuales van a activar solenoides que comandarán los actores hidráulica.
- Operación por medio de 4 selectores (1 selector para cada batería, seleccionar modo de operación)
- Indicadores de funcionamiento por medio de 5 luces piloto (1 para indicar que el panel esta energizado, 1 para cada batería-indicará que batería se está retro lavando)
- Se reutilizará elementos como: 24 actuadores neumáticos (6 por cada batería), 24 solenoides (para comandar los actuadores), 1 medidor de presión (su señal activará el retro lavado)
- Capacitación del personal para la operación
- Documentación técnica completa, que incluye diagramas de conexión, planos de montaje, manual de operación y ajustes finales del sistema.

1.3 Objetivos generales y específicos

1.4.1 Objetivos General

Implementar un Sistema Automatizado de Control de Retro Lavado para Baterías de Filtrado en Riego por Goteo en Cultivos de Caña de azúcar en la empresa Energías del Agro San Juan, ubicada en el cantón General Villamil Playas. (GUAYAS)

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del proceso de retrolavado manual, identificando sus limitaciones.
- Diseñar la automatización del sistema de retrolavado mediante la integración de un PLC.
- Seleccionar y describir los componentes necesarios para la automatización del retrolavado
- Implementar un sistema de control que opere en dos modos uno por tiempo y en automático basado en una diferencia de presión
- Realizar pruebas y verificaciones para la operación del sistema automatizado y comparar su desempeño

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Este marco teórico establece definiciones claves para facilitar el desarrollo de los proyectos relacionados con el riego. Los sistemas de riego por goteo son fundamentales para una agricultura eficiente y sostenible, ya que permiten la aplicación precisa de agua directamente a la raíz de la planta, minimizando el desperdicio, para asegurar un óptimo rendimiento, es indispensable realizar un mantenimiento periódico a las baterías de filtrado, que son las responsables de retener las impurezas presentes en el agua. (Martínez, 2021)

El proceso de retrolavado se revela como crucial, dado que permite que el agua circule en dirección opuesta a través de los filtros, eliminando cualquier acumulación de residuos. Cuando este procedimiento se ejecuta manualmente, puede resultar ineficaz y conllevar un mayor consumo de agua. Por consiguiente, la automatización del retrolavado no solo mejora la limpieza y reduce el uso del agua, sino que también garantiza que los filtros se mantengan en condiciones óptimas, asegurando una distribución uniforme. (Vélazquez D, 2015)

Un problema recurrente en los sistemas de riego es la obstrucción de los goteros debido a partículas minerales, materia orgánica o carbonatos. Afortunadamente, la implementación de un sistema de filtración eficaz contribuye a disminuir la presencia de estos contaminantes. La selección de filtros apropiados dependerán el tipo de tamaño de las partículas que causan la contaminación, así como de la calidad y el origen del agua. (González, 2022)

Según (Martínez, J., & Rodríguez, A. (2021). "El artículo "Estrategias para Optimizar el Riego por Goteo en Cultivos de Caña de Azúcar" analiza diversas tácticas para mejorar la eficiencia del riego por goteo, centrándose particularmente en la caña de azúcar y resaltando la importancia de un mantenimiento apropiado. (Martínez, 2021)

Antes de poner en marcha el sistema de riego, se lleva a cabo una revisión de las conexiones eléctricas y los filtros, reemplazando cualquier componente que lo requiera. Además, se realizan pruebas en los controles automáticos y se verifica el correcto funcionamiento del proceso de retrolavado. Una vez que el sistema de riego está operativo,

es fundamental realizar un monitoreo constante para asegurar su óptimo desempeño. Esto implica comprobar la eficacia del filtrado, el funcionamiento adecuado del control automático y el correcto estado de las válvulas y manómetros. (Vélazquez D, 2015)

Según (González, M., & Pérez, L. (2022). "Nuevas Tecnologías en Riego: La Importancia del Retro Lavado". Este estudio revisa los avances tecnológicos en sistemas de riego y destaca la relevancia del retro lavado para mantener la funcionalidad de los sistemas por goteo. (González, 2022)

El retrolavado se realiza cuando el diferencial de presión (diferencia entre la presión de entrada y la presión de salida en el filtro) está en alrededor de 3 a 5 (metros columnas agua m.c.a.) (10 m.c.a. = 1 bar). Algunos consideran que se puede tolerar hasta 7 o 10 m.c.a., aunque estos valores están referidos a los filtros de arena y grava, ya que para filtros de mallas y anillas el valor va de 3 a 5 m.c.a. La manera de medir estos diferenciales son los manómetros, donde uno se coloca previo a la entrada y otro en la salida del filtro. (Vélazquez D, 2015)

2.2. Retrolavado

El retrolavado consiste en invertir el flujo de agua a través de uno de los filtros para limpiarlos. La presión del agua expande la arena hacia arriba, arrastrando toda la suciedad que es expulsada por la tubería del drenaje. (Vélazquez D, 2015)

2.2.1 Baterías de filtrado

Las baterías de filtrado de anilla. (Figura 1.) Para riego por goteo en caña de azúcar son sistemas diseñados para eliminar impurezas de agua utilizada en el riesgo. Estas baterías contienen anillos filtrantes que proporcionan una superficie amplia para la acumulación de sedimentos y materias inorgánicas, evitando que partículas grandes lleguen a los emisores de goteo.

Al filtrar el agua se protege el sistema de riego, asegurando un flujo constante y eficiente, lo que es crucial para el crecimiento saludable de la caña de azúcar. Este método ayuda a maximizar el uso del agua y mejorar la productividad del cultivo.

2.2.2 Funcionamiento:

- **Estructura:** El filtro está compuesto por una serie de anillos. (Que puede ser de plástico, metal u otros materiales.)
- **Filtración:** cuando el agua fluye a través del filtro, las partículas mas grandes quedan retenidas en los espacios entre los anillos. Esto permite que el agua limpia continúe su recorrido así a el sistema de riego.
- **Limpieza:** Lo mejor de los filtro de anilla es su facilidad de limpieza.
- **Aplicaciones:** En sistemas de filtraciones, son perfectos para riego por goteo ya que retienen toda las impurezas

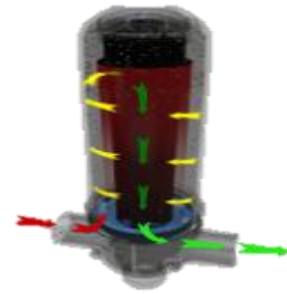


Figura 1: Baterías de filtrados ARKAL de anillas

Fuente: (autores)

2.3 Retrolavado manual

El retrolavado manual es un método de limpieza no eficiente donde el flujo del agua se invierte a través de los filtros para eliminar impurezas y obstrucciones, lo que requiere limpieza regular para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema y mantener la calidad del riego.

2.3.1 Desventajas

- **Frecuencia de mantenimiento:** limpieza de 3 a 4 veces por semana ya que en un sistema óptimo sería una vez al mes

- **Hora hombre:** La limpieza manual requiere desviar personal a realizar la limpieza dejando sus actividades diarias
- **Desperdicio de agua:** lleva un desperdicio de recursos hídricos
- **Riego no uniforme:** El control manual provoca riego irregular, lo que impacta a la salud de las plantas o cultivo de caña
- **Dependencia Humana:** Depende de una persona, lo que puede llevar a un mal control de los tiempos.
- **Impacto en la productividad:** Esto lleva a un bajo rendimiento de la caña ya sea en tonelaje o por hectárea

2.4 Automatización

La automatización del sistema de filtrado nos ayudará a conseguir un riego más parejo y a prevenir que los goteros se tape. Este sistema opera de forma automática, monitoreando la presión del agua antes y después del filtro. Si la diferencia de presión supera los 0.5 M de columna de agua. Se iniciará el proceso de retro lavado. Mientras esta diferencia se mantenga por debajo de 0.5 M, el riego seguirá funcionando con normalidad.

2.4.1 Componentes básicos para el sistema automático

- **PLC (Controlador Lógico Programable):** Es esencialmente una computadora especializada utilizada en la automatización industrial para controlar procesos y maquinaria. Imagínalo como el cerebro de una operación industrial, encargado de tomar decisiones lógicas basada en la información que recibe.



Figura 2: PLC (Controlador Lógico Programable)

Fuente: Siemens

- **Diferencial de presión Baccara:** El interruptor de presión diferencial Baccara. (figura 3) lee y reacciona al diferencial de presión entre dos puntos de lectura. Proporciona señal al PLC y requiere una alimentación de 6 – 24VCC o 12 – 24 VCA. Además, se conecta mediante una rosca macho 1/8» BSP. Esto significa que puede detectar cambios en la presión de agua en un sistema de riego.



Figura 3: Interruptor de presión diferencial Baccara

Fuente: (copersa 2024)

- **Solenoid:** Este tipo de solenoide (figura 4) se caracteriza por consumir energía solo durante el breve instante en que se le aplica un pulso eléctrico para cambiar de posición (abierto o cerrado). Una vez que se logra la posición deseada, el solenoide se mantiene en ese estado sin requerir el suministro continuo de corriente eléctrica, lo que conlleva un ahorro energético considerable.



Figura 4: Solenoide

Fuente: (Riego ecuador 2024)

Válvula de retrolavado: Una válvula de retrolavado (figura 5) es uno de los componentes más esenciales en el sistema de filtración, (su función invertir el sentido del flujo de agua) permitiendo así la limpieza

Filtración normal: El agua fluye en una dirección específica a través del filtro, y las impurezas quedan atrapadas en el medio filtrante. La válvula de retrolavado está situada de tal manera que permite este flujo direccional.

- **Inicio del retrolavado:** Un sensor de presión diferencial o manualmente. Se activa un sistema de control que direcciona la presión del agua hacia una de las cámaras de la válvula del retrolavado.
- **Cambio de posición de válvula:** La presión del agua en la Cámara activa el diafragma, lo que a su vez mueve el pistón o un mecanismo interno que cambia la posición de la válvula. Este cambio redirige el flujo del agua en dirección opuesta a través del filtro.
- **Retrolavado:** El agua fluye ahora en sentido inverso a través del filtro, arrastrando las impurezas acumuladas y expulsándolas a través de una línea de drenaje.
- **Fin del retrolavado:** Una vez completado el ciclo de retrolavado. (Generalmente un tiempo predeterminado,) el sistema de control libera la presión de la Cámara de la válvula. Un resorte u otro mecanismo devuelve la válvula a su posición original. Restableciendo el flujo normal de filtración.



Figura 5: válvula de retrolavado

Fuente: (Aquaplas 2024)

2.5 Sistema de riego

2.5.1 DREAM

El controlador. (Figura 6) almacena toda la información de campo para monitorear.

Actividades del sistema de riego. Tales como líneas de riego, números de turno, números de válvula, capacidad de riego, información meteorológica, distribución del campo. El recorrido de las tuberías y los equipos instalados en el cabezal de riego. Los controladores pueden ser. Alimentado por corriente alterna o corriente continua.



Figura 6: controlador de riego

Fuente: (Olivos riego 2018)

2.5.2 Sistema de automatización en campo

El sistema de automatización (Figura 7) tiene como componentes principales en el campo:

las unidades remotas (RTU), que tiene una antena llamada slave y esta a su vez envía y recibe información del controlador de riego a través de la interfaz de RF y la antena máster.

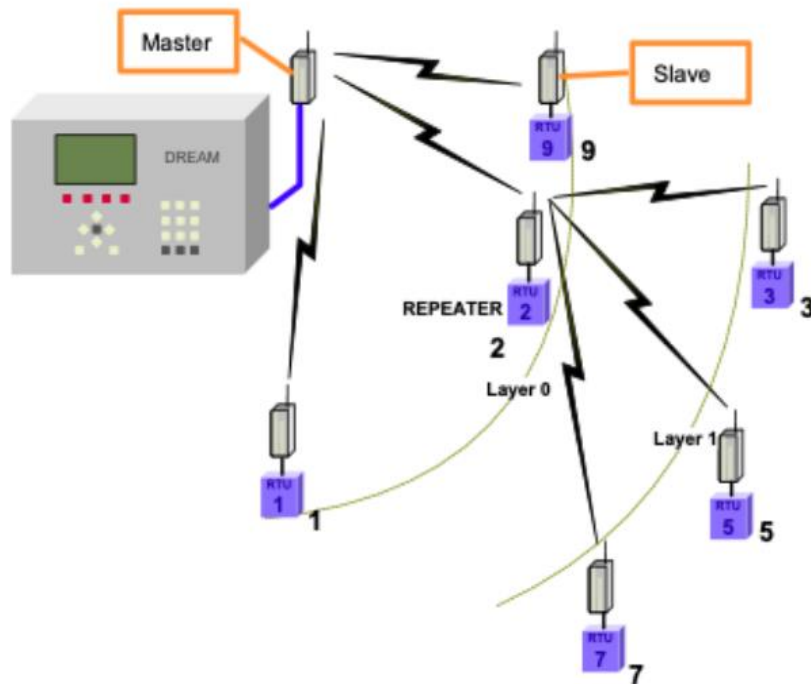


Figura 7: controlador de riego

Fuente: (Talgil)

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Desarrollo

Este capítulo aborda el diseño específico de un sistema automatizado de retrolavado para filtro. Concebido como sustituto del sistema manual actualmente en uso, se presentan los componentes seleccionados, así como los diagramas de flujo y los esquemas eléctricos necesarios para la automatización del proceso. La integración de este sistema tiene como objetivo aumentar la eficiencia operativa y optimizar la calidad del proceso de filtrado.

3.1.1. Ubicación geográfica

El proyecto se llevará a cabo en un área rural, específicamente en el Ingenio Azucarero San Juan, ubicado en el cantón General Villamil Playas (Guayas), a los alrededores de la comuna San Antonio, kilómetro 3.5 vía San Juan.

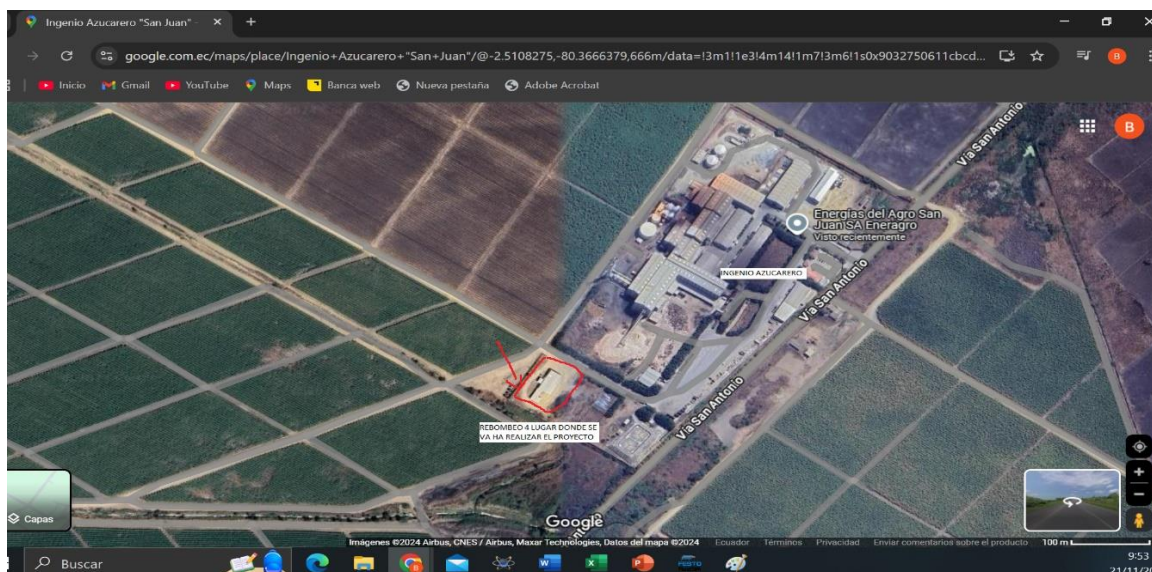


Figura 8: ubicación geográfica

Fuente: (Google Maps 2025)

3.2. Situación inicial

En la actualidad, el proceso de retrolavado se lleva a cabo de manera manual, lo que implica que el operador debe realizar esta operación aproximadamente cada hora. Durante este procedimiento, el operador activa la válvula solenoide en modo manual, permitiendo el flujo de agua hacia el sistema, este flujo activa el actuador hidráulico que inicia el retrolavado del primer filtro a continuación se sigue una secuencia en la que se activa el solenoide de cada filtro subsiguiente.

3.2.1 Equipos existentes

Disponemos de un bloque de solenoides que se opera manualmente. Cada solenoide está diseñado para activar un actuador hidráulico específico.



Figura 9: Bloque de Solenoides

Fuente: Autores

Disponemos de cuatro diferenciales de presión que, en este momento no están en funcionamiento, ya que el sistema opera exclusivamente en modo manual. Nuestra Intención, es utilizar esta señal para conectarla al PLC lo que permitirá la activación automática del solenoide correspondiente.



Figura 10: Interruptor de presión diferencial Baccara

Fuente: (Autores)

Contamos con cuatro baterías de filtrado, cada una equipada con seis actuadores hidráulicos y seis filtros. En total, disponemos de 24 actuadores y 24 filtros,



Figura 11: Baterías de filtrado

Fuente: Autores

3.2.2. Planta de rebompeo 4

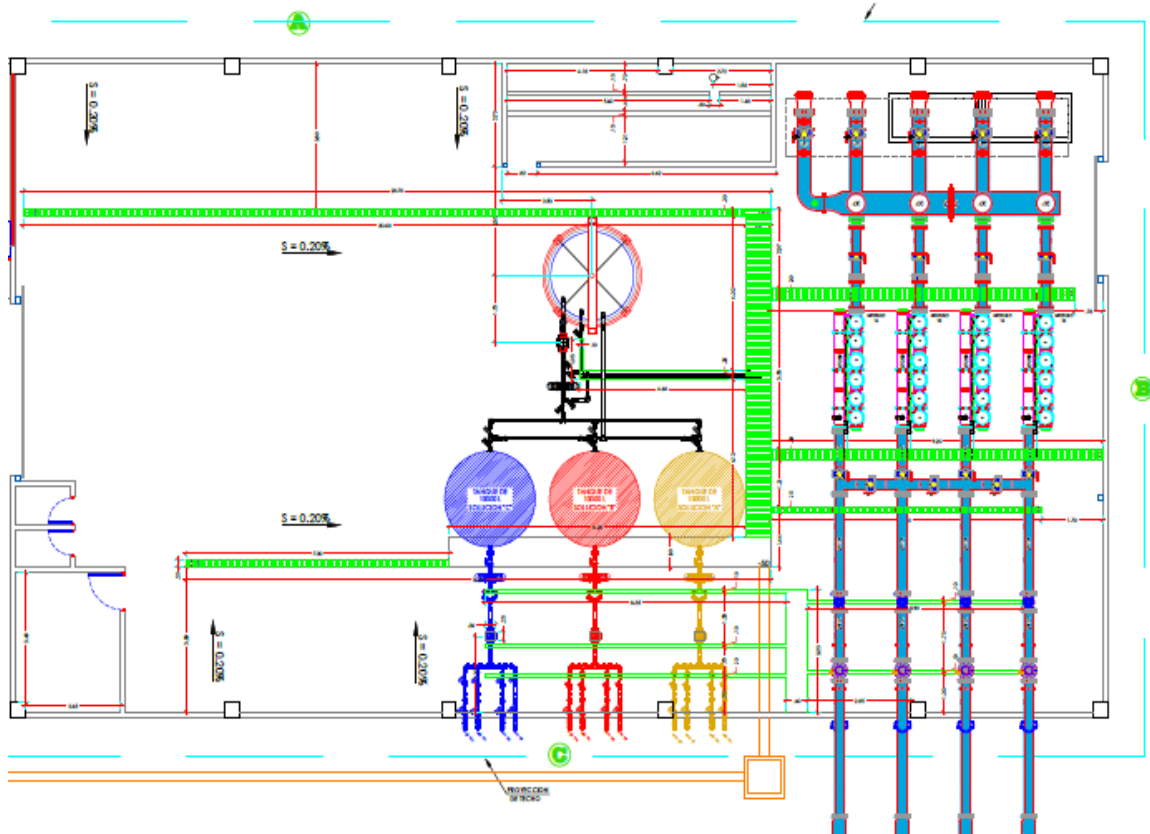


Figura 12: Plano de rebompeo 4

Fuente: autores (AutoCAD 2021)

3.3 Diseño

La automatización de nuestro sistema de retrolavado, que incluye cuatro bombas y cuatro líneas de riego. Este sistema cubre un total de 332 hectáreas distribuidas en cuatro módulos: 13-14-15-16. (modulo es el área de riego) Cada uno de estos módulos tiene cuatro turnos de riego. Las hectáreas asignadas a cada módulo son las siguientes.

Tabla 1. Hectareaaje del rebombeo 4

MODULOS	HECTAREAS
13	86
14	82
15	81
16	83
TOTAL	332

Nota: este es el hectareaaje de las 4 líneas de retrolavado a automatizar

3.3.1. Descripción del Proceso

El sistema cuenta con un Selector de Módulo (13, 14, 15,16), el cual permite operar en dos modos:

Modo Temporal: El operador inicia el proceso de retrolavado de manera individual sin necesidad de supervisión de variables en tiempo real.

Modo Automático: Se activa cuando la diferencia de presión supera un umbral predefinido (≥ 0.5 mca), garantizando que el retrolavado ocurra solo cuando es necesario.

3.3.2. Diagrama de flujo

La lógica de control implementada en este sistema está diseñada para gestionar el proceso de retro lavado en cuatro baterías de filtrado o módulos de riego de forma secuencial. Este enfoque garantiza que cada filtro sea limpiado. A intervalos regulares o cuando se detecte una subida en la presión diferencial, lo cual indica la necesidad de un retro lavado.

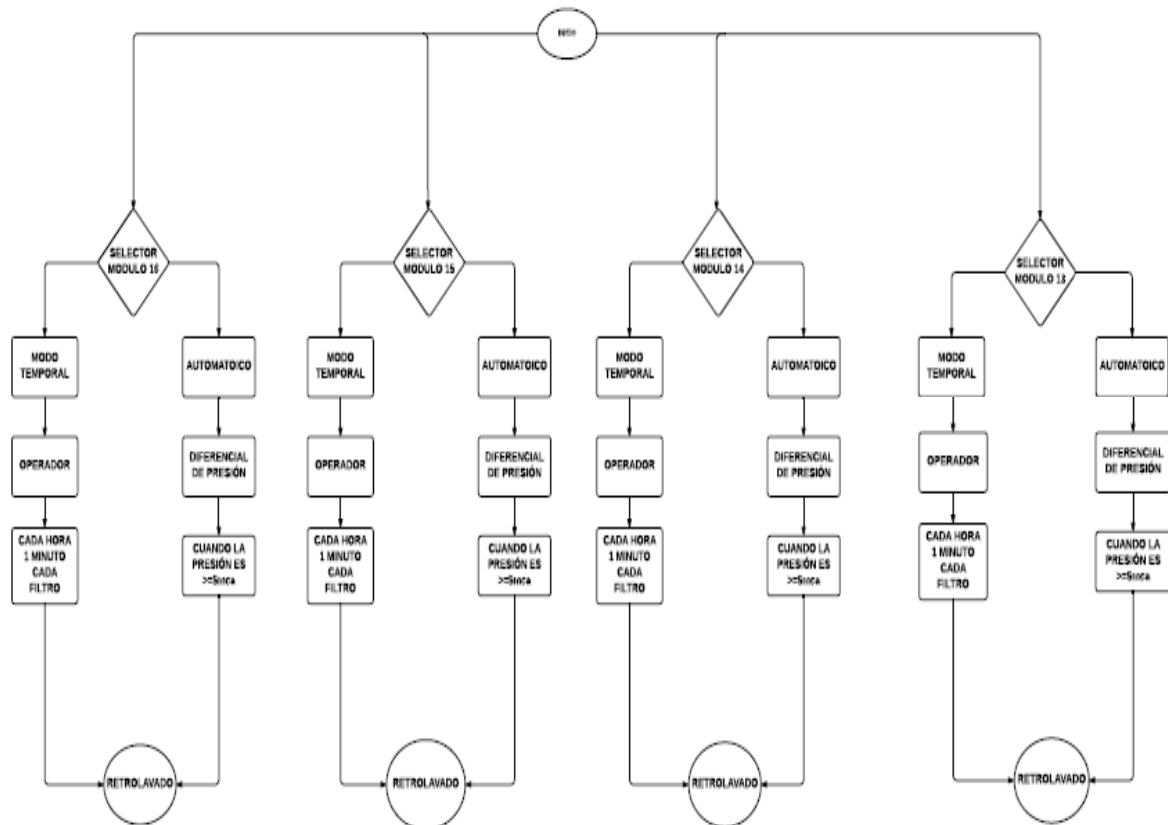


Figura 13: Diagrama de flujo

Fuente: (lucidchart. 2025)

3.4 Selección y descripción de elementos para el prototipo

PLC Siemens Logo V8:

Este dispositivo recibe la señal del diferencial de presión, que se activa cuando la presión alcanza un umbral de 0.5 M de columna de agua. Una vez que se detecta esta condición, el PLC procede a activar la salida correspondiente para accionar la válvula solenoide, permitiendo así el inicio del ciclo de retrolavado.



Figura 14: PLC (Controlador Lógico Programable)

Fuente: (Siemens 2024)

Tabla 2: Características del PLC Logo V8.

Descripción técnica del equipo	
Alimentación	115 a 240 VAC
Entradas	8 digitales
Salidas	4 relés de 10 A

Módulo de expansión Logo V8:

En el caso del sistema de retro lavado utilizaremos dos expansiones, se requiere un control que contemple al menos 24 salidas digitales, cada una de las cuales está destinada a accionar válvulas solenoides individuales.



Figura 15: Módulos de Expansión LOGO! 8 de Siemens

Fuente: Siemens

Tabla 3: Módulo de expansión Logo V8

Descripción técnica del equipo	
Alimentación	115 a 240 VAC
Entradas	8 digitales
Salidas	8 relés de 10 A

Fuente de alimentación de 24 VDC:

La fuente de alimentación de 24 VDC se encargará de suministrar energía a las bobinas de los relés de control, así como a las luces piloto del sistema.



Figura 16: Fuente de alimentación de 24 VDC
Fuente: Siemens

Tabla 4: Fuente de alimentación de 24 VDC:

Descripción técnica del equipo	
Entrada	110 a 240 VAC
Salida	24 VAC
Corriente	5 A

Transformador 115 V a 24V 175VA:

El transformador de 115 V a 24 VAC, con una capacidad de 175 VA, se utilizará para alimentar las válvulas solenoides en el sistema de retrolavado.



Figura 17: Transformador 115 V a 24V 175VA
Fuente: (mazcr 2025)

Tabla 5: Transformador 115 V a 24V 175VA

Descripción técnica del equipo	
Voltaje Primario	(PRI): 115V AC.
Voltaje Secundario	(SEC): 24V AC.
Potencia Nominal	175VA.
Frecuencia	50Hz / 60Hz.
Corriente de Salida	7.29A en el secundario a plena carga

Módulo de relé de 1 canal 24VCC:

Cuando la diferencia de presión supera un umbral establecido, el módulo energiza la bobina del relé

La activación del relé cierra su contacto, permitiendo que la señal se transfiera a las entradas del PLC. Esto permite que el PLC procese la información y tome decisiones en función del estado del diferencial de presión.



Figura 18: Módulo de relé de 1 canal 24VCC
Fuente: (ubuy 2025)

Tabla 6: Módulo de relé de 1 canal 24VCC

Descripción técnica del equipo	
Modo de operación	Automático
Resistencia de la bobina	10 ohmios
Voltaje de bobina	12 voltios
Corriente de conmutación máxima	10 amperios

Selector de 3 posiciones:

- **Posición 0:** Esta posición apaga completamente el sistema al que está conectado el selector, lo que es fundamental para garantizar la seguridad durante las operaciones de mantenimiento y evitar cualquier funcionamiento no deseado.
- **Posición Auto:** En esta configuración, el sistema opera automáticamente según su programación predeterminada.

- **Posición Manual (por Tiempo):** Esta opción permite al operador activar el proceso de retrolavado sin depender del diferencial de presión.



Figura 19: Selector de 3 posiciones

Fuente: (marriott 2025)

Luces pilotos:

El prototipo está equipado con un sistema de luces piloto que proporciona indicaciones visuales sobre el estado operativo del sistema de retro lavado. Este sistema incluye un total de 5 luces. Distribuidas de la siguiente manera.



Figura 20: Luces pilotos

Fuente: (electricoindustrial 2025)

- **Luz Piloto Roja:** Indica que el tablero está energizado.
- **Luces Piloto Verdes (4 unidades):** Indican el estado operativo de cada línea de retrolavado. Cada una de las cuatro luces verdes se enciende durante el proceso de retrolavado de la línea correspondiente.

3.4.1 Diagrama eléctrico

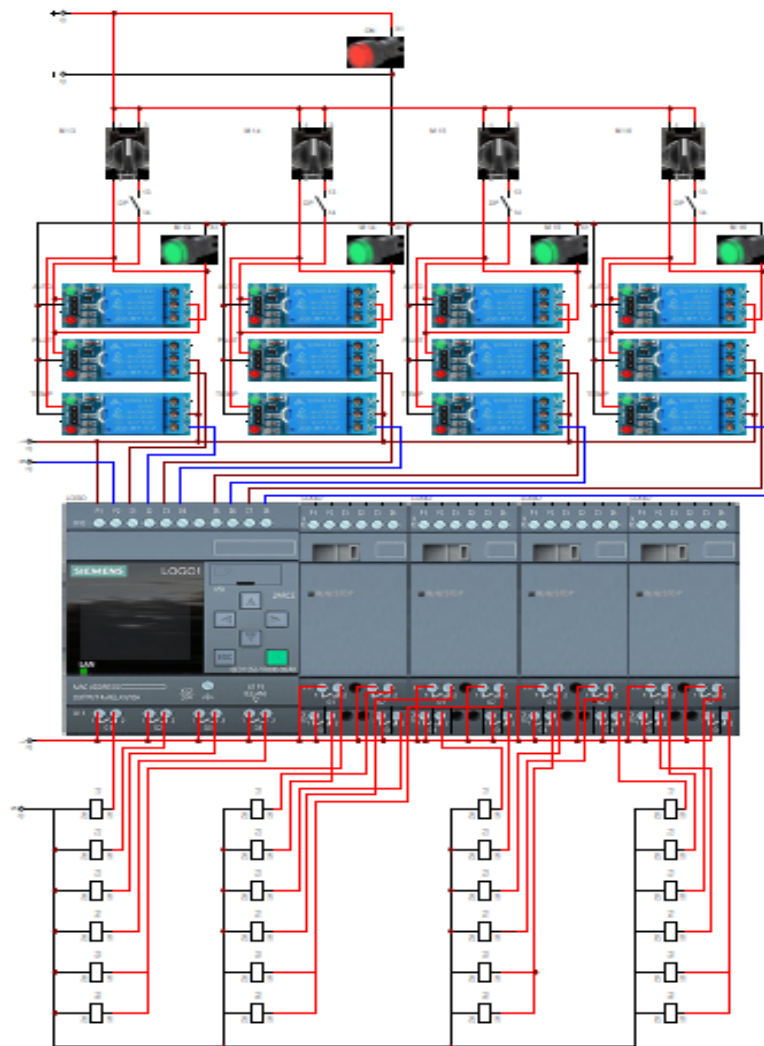


Figura 21: Diagrama eléctrico

Fuente: (autores)

La tabla 7 describe en detalle cada uno de estos elementos, explicando su función y la forma en que se conectan. Esta información permite comprender mejor la asignación de entradas y salidas, facilitando así la integración del sistema.

3.4.2. Descripción de entradas y salidas.

TABLA 7: Descripción de entradas y salidas

ENTRADA	DESCRIPCIÓN	SALIDAS	DESCRIPCIÓN
In 1	Ciclo automático batería de filtrado modulo 16	Out 1	Solenoide 1 Filtro 1 - modulo 16
In 2	Modo temporal batería de filtrado modulo 16	Out 2	Solenoide 2 Filtro 2 - modulo 16
In 3	Ciclo automático batería de filtrado modulo 15	Out 3	Solenoide 3 Filtro 3 - modulo 16
In 4	Modo temporal batería de filtrado modulo 15	Out 4	Solenoide 4 Filtro 4 - modulo 16
In 5	Ciclo automático batería de filtrado modulo 14	Out 5	Solenoide 5-6 Filtro 5 y 6 modulo 15
In 6	Modo temporal batería de filtrado modulo 14	Out 6	Solenoide 1 Filtro 1 - modulo 15
In 7	Ciclo automático batería de filtrado modulo 13	Out 7	Solenoide 2 Filtro 2 - modulo 15
In 8	Modo temporal batería de filtrado modulo 13	Out 8	Solenoide 3 Filtro 3 - modulo 15
		Out 9	Solenoide 4 Filtro 4 - modulo 15
		Out 10	Solenoide 5-6 Filtro 5 y 6 modulo 15
		Out 11	Solenoide 1 Filtro 1 - modulo 14
		Out 12	Solenoide 2 Filtro 2 - modulo 14
		Out 13	Solenoide 3 Filtro 3 - modulo 14
		Out 14	Solenoide 4 Filtro 4 - modulo 14
		Out 15	Solenoide 5-6 Filtro 5 y 6 modulo 14
		Out 16	Solenoide 1 Filtro 1 - modulo 13
		Out 17	Solenoide 2 Filtro 2 - modulo 13
		Out 18	Solenoide 3 Filtro 3 - modulo 13
		Out 19	Solenoide 4 Filtro 4 - modulo 13
		Out 20	Solenoide 5-6 Filtro 5 y 6 modulo 13

3.4.3. Módulo:

El "Módulo 13" hace referencia a la distribución de hectáreas y los sistemas de riego asignados a cada línea y motor dentro de nuestro sistema. En total, el sistema cuenta con 20 módulos, organizados en grupos de 4 por cada rebombeo. Por ejemplo, el rebombeo 1 comprende los módulos del 1 al 4.

En esta ocasión, nos enfocaremos en la automatización de las baterías de filtrado correspondientes a los módulos 13, 14, 15 y 16, que forman parte del rebombeo 4.

3.4.4. Estado automático

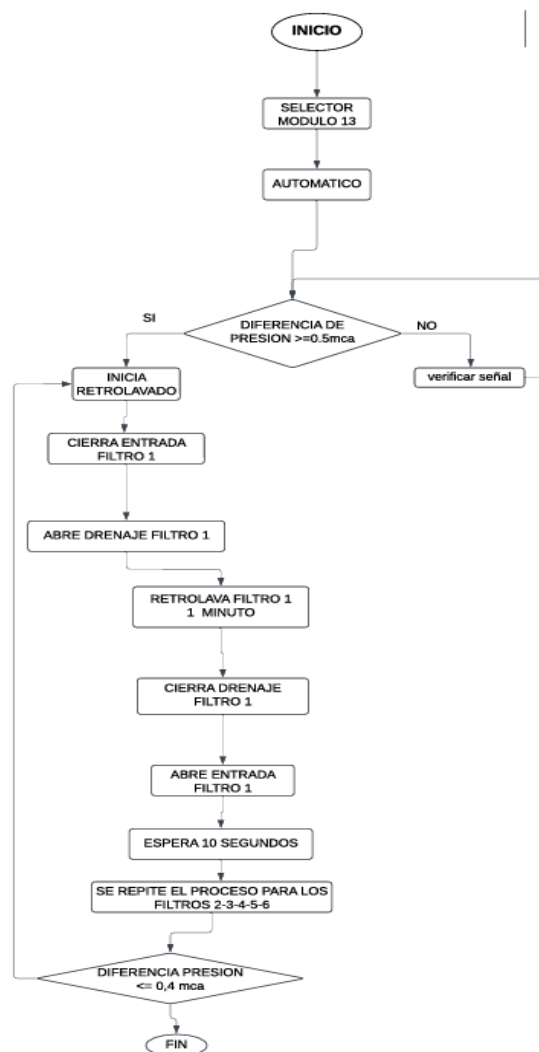


Figura 22: lógica de control automático

Fuente: (lucidchart 2025)

3.5 Procedimiento en Modo Automático

- Se verifica la diferencia de presión en el sistema:
- Si la diferencia de presión es mayor o igual a 0.5 mca, se inicia el retrolavado.
- Si la diferencia de presión es mayor o igual a 0.5 mca y no se ejecuta el retrolavado, se debe verificar la señal.
- Se cierra la entrada del filtro 1.
- Se abre el drenaje del filtro 1.
- Se ejecuta el retrolavado durante 1 minuto.
- Se cierra el drenaje del filtro 1.
- Se abre la entrada del filtro 1.
- Se espera 10 segundos para estabilizar el sistema.
- Se repite el proceso para los filtros 2, 3, 4, 5 y 6.
- Al concluir el proceso, se mide nuevamente la diferencia de presión.
- Si la presión es igual o menor a 0.4 mca, el proceso se da por finalizado.
- Si la presión sigue siendo alta, se vuelve a iniciar el procedimiento.

- Programación del PLC.

El código de programación del PLC que se emplea para el control automatizado del proceso mencionado está disponible en el (Anexo 5.) Este programa fue creado utilizando el lenguaje Ladder, que también se conoce como diagrama de contactos o diagrama en escalera.

3.4.5. Estado por tiempo



Figura 23: lógica de control automático

Fuente: (lucidchart 2025)

3.5. Procedimiento en Modo Temporal

- Se comienza el proceso de retrolavado.
- Se cierra la entrada del filtro 1.
- Se abre el drenaje del filtro 1.
- Se realiza el retrolavado del filtro durante un minuto.

- Se cierra el drenaje del filtro 1.
- Se vuelve a abrir la entrada del filtro 1.
- Se espera 10 segundos para permitir que el sistema se estabilice.
- Este mismo proceso se repite para los filtros 2, 3, 4, 5 y 6.
- Finalmente, se concluye el procedimiento.

3.6. Implementación

Se construyó una base para el prototipo (tablero) con unas dimensiones de 1.5 metros de altura y 0.5 metros de ancho, empleando acero inoxidable. Este material es perfecto porque ofrece una excelente resistencia a la corrosión y una durabilidad notable, lo que lo convierte en una opción ideal para entornos donde se necesita facilidad de uso..



Figura 24: Base del tablero

Fuente: (Autores)

3.6.1 construcción

La construcción del tablero se inició con la instalación de canaletas ranuradas, que están diseñadas para ocultar los cables y evitar que queden visibles o sueltos. Después, se colocaron los componentes seleccionados en los lugares correspondientes.



Figura 25: construcción del tablero

Fuente: (Autores)

3.6.2 Armado del tablero

Después de realizar el montaje de los diferentes componentes que forman el tablero de control. Asegurando que todo encaje perfectamente en el tablero



Figura 26: armado del tablero

Fuente: (Autores)

3.6.3 Cableado

Una vez montado y anclado todos los componentes del tablero se procedió con el cableado utilizando cable de control 15 AWG



Figura 27: Cableado del tablero

Fuente: (Autores)

3.6.4 Conexión de selectores y luces pilotos

Se procedió con el respectivo cableado y conexión de las luces pilotos y los selectores

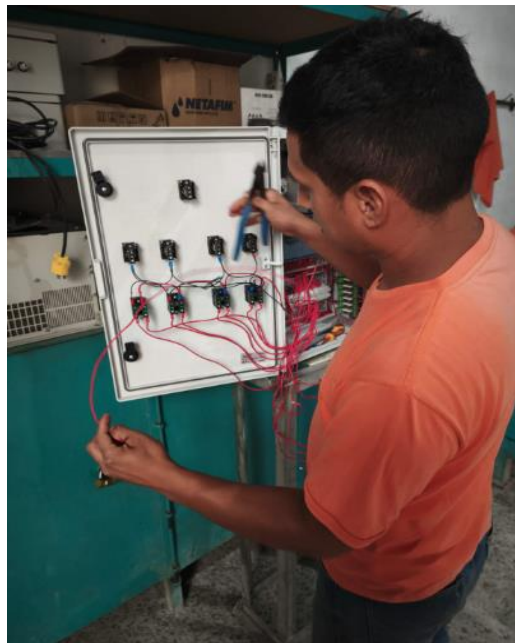


Figura 28: conexiones de luces y selectores del tablero

Fuente: (Autores)

3.6.5 montaje de cajas de conexiones de solenoides

Se llevó a cabo el montaje de cajas de conexiones para solenoides en cada módulo. En total, se instalaron 4 cajas de conexiones, cada una diseñada para integrar 6 solenoides por módulo. Esto resultó en un total de 24 solenoides conectados a lo largo del sistema.



Figura 29: montaje de cajas de conexiones de solenoides

Fuente: (Autores)

3.6.6 Montaje del tablero

Se trasladó el tablero al área designada para el montaje del sistema de rebombeo 4. Se llevaron a cabo las perforaciones adecuadas en la superficie de instalación y se colocaron tirafondos de sujeción para anclar firmemente el tablero en su lugar. Una vez que el tablero estuvo debidamente fijado, se realizó la conexión de alimentación eléctrica.

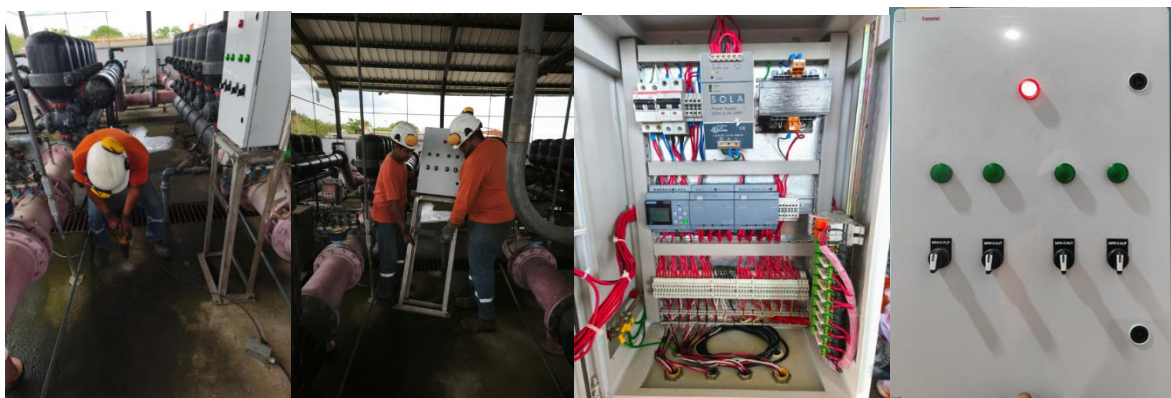


Figura 30: conexión y montaje del tablero

Fuente: (Autores)

3.7. Lista de equipos que se usó para la construcción del tablero

TABLA 8: Equipos utilizados en el tablero

ITEM	ELEMENTOS	CANTIDAD
1	Termomagnético de 2 polo de 20A	1
2	Termomagnético de 2 polo de 4A	1
3	PLC Logo V8 – 115 VAC / 240 VAC	1
4	Transformador 110 VAC / 24 VAC	1
5	Fuente de alimentación de 24 VDC / 5A	1
6	Módulo de relé de 1 canal 24VCC	12
7	Módulos de Expansión LOGO 8 de Siemens 115 VAC /240VAC	2
8	Selector de 3 posiciones	4
9	Luces pilotos 24VDC	5
10	Borneras cable # 16	50

CAPITULO IV

PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Construcción del panel de control

- El panel de control tiene una placa de montaje donde se fijaron 3 rieles tipo din para el fácil montaje de los componentes.
- Se creó un esquema detallado de las conexiones eléctricas entre los componentes, incluyendo el cableado, la ubicación de terminales y la identificación de cada elemento.
- Se tomó en consideración la disposición de los componentes dentro del panel, optimizando el espacio, la accesibilidad para el cableado y el mantenimiento, y la estética.
- Se eligió un gabinete de plástico en base al entorno de trabajo (humedad).
- Se utilizó cables de diferentes colores y etiquetas para identificar cada conexión según el diagrama eléctrico.
- Se organizó el cableado con canaletas para facilitar el seguimiento y el mantenimiento.
- Se realizó conexiones eléctricas limpias y seguras, utilizando terminales adecuados y apretando los tornillos correctamente.

4.1.1. Conexiones

- **Alimentación del PLC:** El PLC se alimenta con 120 VAC
- **Conexión de entradas:** Los diferenciales de presión se conectan a las entradas digitales del PLC (I1, I3, I5, I7).
- **Conexión de salidas:** Las salidas digitales del PLC (Desde Q1 hasta la Q20) se conectan a los solenoides.
- **Conexión de relés:** Los contactos de los relés se utilizan para controlar las señales de entrada al PLC.
- **Conexión de fuente de alimentación 24 VDC:** La fuente alimenta las bobinas de los relés de un canal.
- **Conexión de luces pilotos y selectores:** Las luces piloto y los selectores son alimentados por la fuente de 24 VAC.

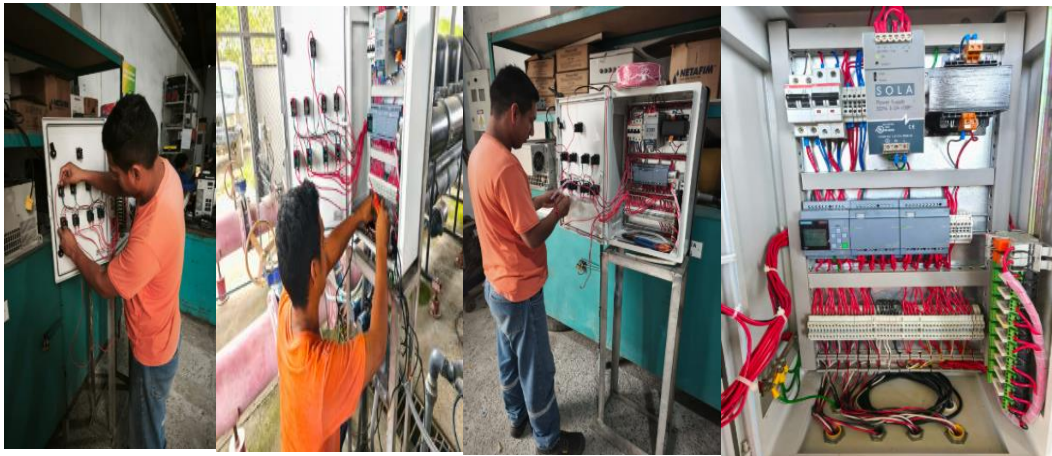


Figura 31: conexiones y cableado

Fuente: (Autores)

4.2 Medición de voltaje de entrada y salidas

Se ha instalado una acometida de 110 VAC desde el cuarto de control de motores más cercano para la alimentación del panel. El sistema utiliza un transformador que reduce el voltaje de la corriente alterna de 110 VCA a 24 VCA, que es el voltaje requerido para alimentar los solenoides del sistema de retrolavado.

A continuación, se presentan las mediciones realizadas en el sistema en la (Tabla 9), junto con las imágenes correspondientes en las (Figuras 33)

TABLA 9: Mediciones de voltaje y presión del diferencial

Punto de medición	Unidad	Valor esperado/rango	Herramienta de medición	Condición/fase de prueba	Valor medido	Notas
Voltaje de entrada del PLC	C.A.	115 V	Multímetro FLUKE 114	PLC encendido, todas las entradas activas	120 V	Se tomaron lecturas para garantizar que los niveles de voltaje cumplan o superen el voltaje de la placa de identificación del PLC.
Voltaje de entrada del relé	corriente continua	24 VCC	Multímetro FLUKE 114	Relé activado	24 VCC	Se tomaron lecturas para garantizar que los niveles de voltaje cumplan o superen el voltaje de la placa de identificación del relé.
Voltaje de salida del transformador	C.A.	24 voltios	Multímetro FLUKE 114	Transformador activado	27 voltios	El voltaje de salida del transformador excedió la placa de identificación, pero se encontraba dentro de los rangos aceptables
Voltaje de activación del solenoide	C.A.	24 voltios	Multímetro FLUKE 114	Solenoides activado para retrolavado	27 voltios	El voltaje de activación del solenoide excedió el valor de la placa de identificación, pero se encontraba dentro de los rangos aceptables
Presión diferencial (inicio)	BARES	0,06	Transductor de presión	Sistema funcionando con carga de riego normal antes del retrolavado	0,1	Señal del transductor de presión dentro de la desviación esperada debido al funcionamiento del sistema a alta presión
Presión diferencial (final)	BARES	0,04	Transductor de presión	Inmediatamente después de finalizar el ciclo de retrolavado	0,03	Señal del transductor de presión dentro de la desviación esperada debido al funcionamiento del sistema a alta presión

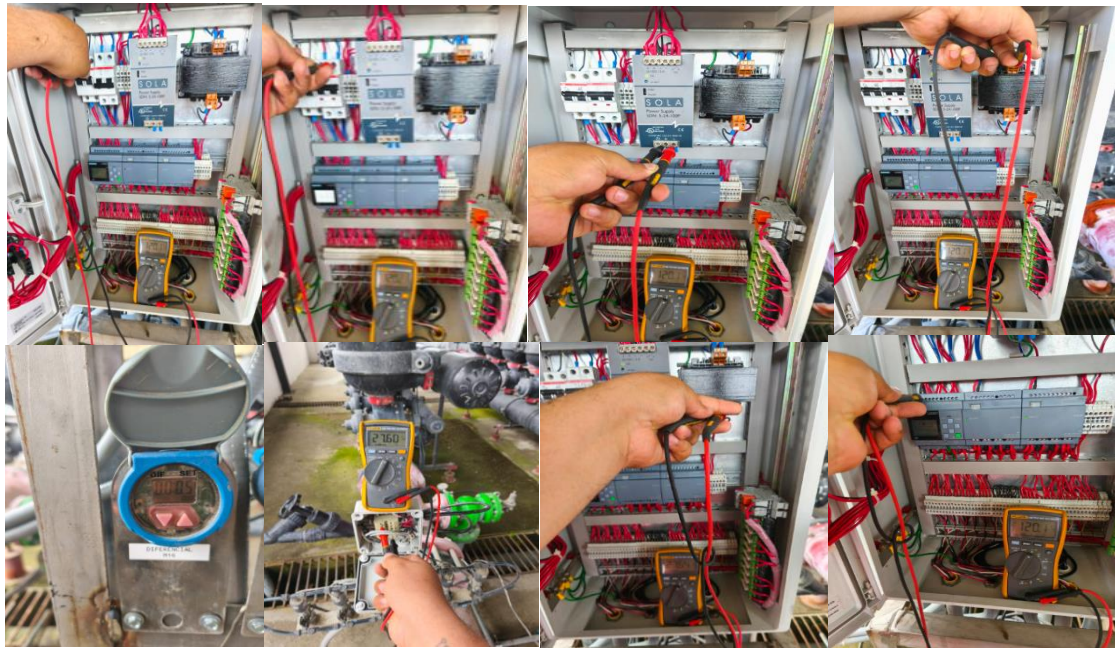


Figura 32: Medición de voltaje

Fuente: (Autores)

4.2.1 Medición de temperatura

Se monitoreó la temperatura en el panel de control del sistema de retrolavado automatizado con un termómetro Fluke 62 MAX+ IR. Las mediciones se realizaron en el aire ambiente, la superficie del PLC y la fuente de alimentación durante horarios específicos, bajo carga típica durante 12 horas. Los valores registrados se pueden verificar en la (Tabla 10) y la (figura 34), y se compararon con los límites máximos para asegurar un funcionamiento seguro.

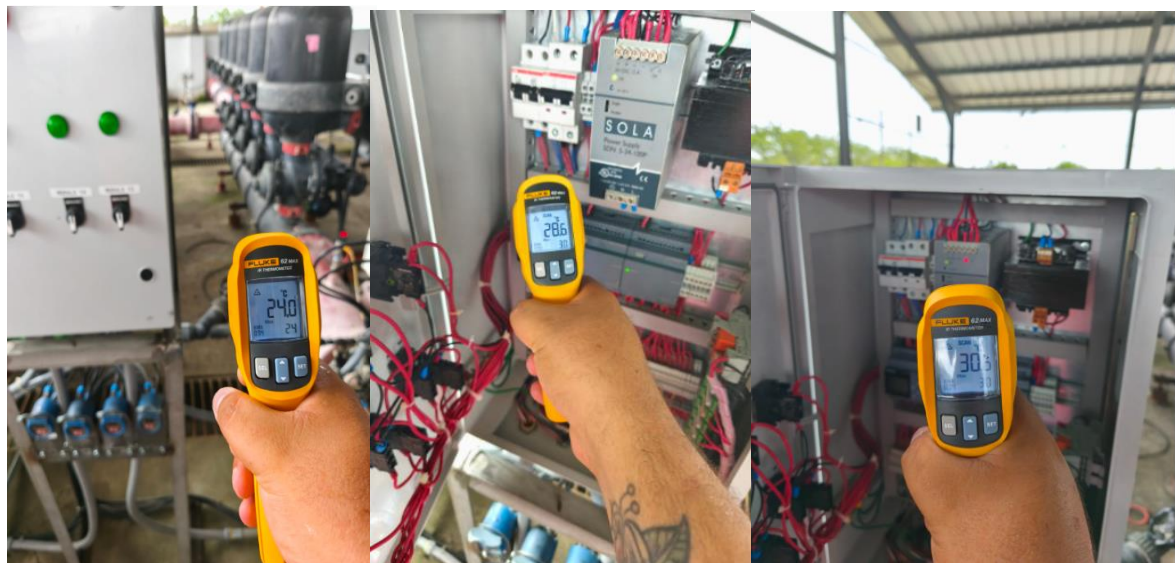


Figura 33: medición de temperatura

Fuente: (Autores)

TABLA 10: Mediciones de temperaturas realizadas en el tablero de control

Punto de medición	Unidad	Descripción de la ubicación	Herramienta de medición	Hora del día	Condición de funcionamiento	Rango de temperatura esperado	Temperatura medida	Rango máximo Datasheet
PANEL DE CONTROL								
Temperatura del aire ambiente	°C	Estación de Rebombeo 4	Termómetro IR Fluke 62 MAX+	En la mañana de 08:00 a 11:00	Sistema funcionando bajo carga de riego normal durante 12 horas	De 23 °C a 28 °C	24 °C	
Temperatura del aire ambiente	°C	Estación de Rebombeo 4	Termómetro IR Fluke 62 MAX+	En la tarde de 12:00 a 17:00	Sistema funcionando bajo carga de riego normal durante 12 horas	De 30 °C a 35 °C	28 °C	
Temperatura de superficie del PLC	°C	Superficie superior del PLC	Termómetro IR Fluke 62 MAX+	En la mañana de 08:00 a 11:00	Sistema funcionando bajo carga de riego normal durante 12 horas	De 33 °C a 35 °C	28 °C	0 a 70 °C
Temperatura de superficie del PLC	°C	Superficie superior del PLC	Termómetro IR Fluke 62 MAX+	En la tarde de 12:00 a 17:00	Sistema funcionando bajo carga de riego normal durante 12 horas	De 36 °C a 40 °C	35 °C	0 a 70 °C:
SFUENTE DE ALIMENTACIÓN								
Temperatura de la fuente de alimentación	°C	Superficie de la fuente de alimentación	Termómetro IR Fluke 62 MAX+	En la mañana de 08:00 a 11:00	Sistema funcionando bajo carga de riego normal durante 12 horas	De 30 °C a 35 °C	30 °C	0 a 70 °C:
Temperatura de la fuente de alimentación	°C	Superficie de la fuente de alimentación	Termómetro IR Fluke 62 MAX+	En la tarde de 12:00 a 17:00	Sistema funcionando bajo carga de riego normal durante 12 horas	De 35 °C a 38 °C	35 °C	0 a 70 °C:

Mediciones realizadas con el Termómetro IR Fluke 62 MAX+

La temperatura representa un factor crítico en el funcionamiento del sistema de retrolavado automatizado, dado que influye directamente en la eficiencia, seguridad y durabilidad de los componentes electrónicos, tales como el PLC (Controlador Lógico Programable) y la fuente de alimentación. El monitoreo constante de la temperatura, llevado a cabo mediante un termómetro infrarrojo Fluke 62 MAX+, permitió verificar que los valores se mantuvieran dentro de los límites máximos recomendados durante un período de 12 horas de operación bajo carga típica. Esta vigilancia asegura que el sistema opere de manera segura y confiable, evitando sobrecalentamientos que podrían comprometer la integridad de los equipos o provocar fallas en el proceso.

4.3. Resultados de la implementación del sistema

4.3.1. Frecuencia de retrolavado

La (tabla 11) muestra que, durante el período de prueba, el sistema manual requirió retrolavados con mucha más frecuencia que el sistema automatizado. Esta diferencia clave resalta cómo la automatización, mediante el uso de un PLC LOGO y sensores, puede optimizar el proceso de limpieza de los filtros, reducir la necesidad de intervención humana constante y, lo más importante, disminuir el desperdicio de agua y energía al evitar retrolavados innecesarios.

TABLA 11: Frecuencia de retrolavado y promedio anual y en las 24 horas

Frecuencia de Retrolavado por Tipo de Sistema										
Dia	Modulo 13		Modulo 14		Modulo 15		Modulo 16		Promedio retrolavado Manual	Promedio retrolavado automático
	retrolavado Manual	retrolavado automático	retrolavado Manual	retrolavado automático	retrolavado Manual	retrolavado automático	retrolavado Manual	retrolavado automático		
1	8	2	10	5	10	5	11	4	9,75	4,00
2	10	4	8	2	9	4	9	3	9,00	3,25
3	9	3	10	4	10	3	10	5	9,75	3,75
4	8	2	7	2	9	4	8	2	8,00	2,50
5	9	4	8	4	9	3	9	4	8,75	3,75
6	11	5	9	4	8	2	9	3	9,25	3,50
7	9	3	11	5	9	4	8	2	9,25	3,50
8	10	4	9	3	11	5	9	4	9,75	4,00
9	9	3	10	4	9	3	10	3	9,50	3,25
10	10	5	9	3	10	3	9	3	9,50	3,50

Promedio de Frecuencia de Retrolavado por Tipo de Sistema		Promedio sistema manual 24 horas	18.85
		Promedio sistema automático 24 horas	7.25
		Promedio sistema manual anual	9.425
		Promedio sistema automático 24 anual	3.625

Las pruebas se efectuaron durante 10 días en periodos de 12 horas por día, y se realizó el promedio en las 24 horas y anualmente.

4.3.2. Consumo de agua en m³

En la (tabla 12) El consumo total de agua durante los 10 días para el sistema manual fue de 437.1 m³, con un costo total estimado de \$4.37. En contraste, el sistema automatizado consumió un total de 164.5 m³, con un costo total estimado de \$1.65. Estos datos resaltan la considerable reducción en el consumo de agua que se puede lograr al implementar un sistema automatizado de retrolavado, lo que conlleva ahorros económicos y beneficios ambientales.

TABLA 12: Consumo de Agua en m3

Consumo de Agua en m3 por Retrolavados												
	Modulo 13		Modulo 14		Modulo 15		Modulo 16		Promedio Sistema Manual	Promedio Sistema automático	Sumatoria Sistema Manual	
Dia	Sistema Manual	Sistema automático	Sistema Manual	Sistema automático	Sistema Manual	Sistema automático	Sistema Manual	Sistema automático				
1	37,6	9,4	47	23,5	47	23,5	51,7	18,8	45,83	18,80	183,30	75,20
2	47	18,8	37,6	9,4	42,3	18,8	42,3	14,1	42,30	15,28	169,20	61,10
3	42,3	14,1	47	18,8	47	14,1	47	23,5	45,83	17,63	183,30	70,50
4	37,6	9,4	32,9	9,4	42,3	18,8	37,6	9,4	37,60	11,75	150,40	47,00
5	42,3	18,8	37,6	18,8	42,3	14,1	42,3	18,8	41,13	17,63	164,50	70,50
6	51,7	23,5	42,3	18,8	37,6	9,4	42,3	14,1	43,48	16,45	173,90	65,80
7	42,3	14,1	51,7	23,5	42,3	18,8	37,6	9,4	43,48	16,45	173,90	65,80
8	47	18,8	42,3	14,1	51,7	23,5	42,3	18,8	45,83	18,80	183,30	75,20
9	42,3	14,1	47	18,8	42,3	14,1	47	14,1	44,65	15,28	178,60	61,10
10	47	23,5	42,3	14,1	47	14,1	42,3	14,1	44,65	16,45	178,60	65,80
Total, m3	437,1	164,5	427,7	169,2	441,8	169,2	432,4	155,1	434,75	164,5	1739,00	658,00
Total \$	\$ 4,37	\$ 1,65	\$ 4,28	\$ 1,69	\$ 4,42	\$ 1,69	\$ 4,32	\$ 1,55	\$ 4,35	\$ 1,65	\$ 17,39	\$ 6,58



Sistema	Promedio Anual de Consumo de Agua (m³)	Valor Anual (USD)
Manual	63365.5	633.65
Automático	24027	240.27

Según la ficha técnica de los filtros se consumen 4,7m3 de agua por cada retrolavado. El costo de m3 de agua es de \$0.01 centavo de dólares, las pruebas se efectuaron durante 10 días en periodos de 12 horas por día, y se realizó el promedio anualmente.

4.3.3. Análisis de Costos.

En el presente análisis se mostrarán los equipos que se usaron en la construcción del tablero de control más los valores estimados de cada uno de ellos.

TABLA 13: Análisis de costo

ITEM	CANTIDAD	ELEMENTOS	Costo unidad	Costo total
1	1	Gabinete plástico 60 x 50 x 30	\$ 90.00	\$ 90.00
1	1	Termomagnético de 2 polo de 20A	\$ 22	\$ 22
2	1	Termomagnético de 2 polo de 4A	\$ 13	\$ 13
3	1	PLC Logo V8 – 115 VAC / 240 VAC	\$ 200	& 200
4	1	Transformador 110 VAC / 24 VAC	\$ 15	\$ 15
5	1	Fuente de alimentación de 24 VDC / 5A	\$ 15	\$ 15
6	12	Módulo de relé de 1 canal 24VCC	\$ 6	\$ 72
7	2	Módulos de Expansión LOGO 8 de Siemens 115 VAC /240VAC	\$ 195	\$ 195
8	4	Selector de 3 posiciones	\$ 10	\$ 40
9	5	Luces pilotos 24VDC	\$ 3.50	17,50
10	50	Borneras	54.77	54.77
11	1	cable # 16	\$ 25	\$ 25
Valor total de inversión				759.27

Los valores presentados en esta tabla son aproximados a los reales.

Tras un análisis de los datos presentados en la tabla 13, se observa que el costo de inversión asciende a \$759.27. Aunque este monto puede parecer elevado a primera vista, es fundamental considerar que en el mercado existen diversos sistemas con costos significativamente superiores. Al realizar una comparación del valor invertido con los equipos disponibles en el mercado, se concluye que esta inversión es relativamente baja.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- **Análisis del retrolavado manual:** Se identificaron varios problemas en el proceso de limpieza de los filtros, consumo de recursos hídricos, no uniformidad en el riego.
- **Desarrollo de la automatización:** Se utilizó un PLC logo permitiendo un control preciso de retrolavado, adaptándose a dos modos de funcionamiento
- **Selección de componentes:** Se seleccionaron los componentes, lo que contribuyó a reducir el consumo de agua y extender los intervalos de mantenimiento.
- **Instalación del sistema de control:** Mejoro la precisión la uniformidad del riego el mantenimiento lo que incremento el rendimiento.
- **Verificación del funcionamiento del sistema:** Las pruebas realizadas confirmaron que el sistema opera de acuerdo a lo propuesto, permitiendo realizar ajustes para garantizar un rendimiento óptimo.

5.2. Recomendaciones

➤ **Integrar el sistema de retrolavado al sistema SCADA Ignition**

Integrar el sistema de retrolavado al SCADA que ya tenemos implementado en el sistema de riego, la incorporación de este sistema va permitir realizar el monitoreo en tiempo real del retrolavado la misma que incluirán niveles de presión, también podremos visualizar el estado de las válvulas y tiempo de duración de cada ciclo.

Además la incorporación brindara la capacidad de realizar ajustes de parámetros y cargar nueva configuración a través de una conexión remota. De tal manera se optimizara el uso de agua y un mejor rendimiento del sistema general

➤ **Colocar un caudalimetro para registro de consumo de agua real.**

La medición con precisión permite registrar la cantidad de agua que se utiliza por cada ciclo de retrolavado.

Los datos que recolectemos del medidor de flujo serán muy valiosos, ya que podremos registrarlos y analizarlos para detectar tendencias, mejorar los ciclos de retrolavado y ofrecer una evaluación más exacta sobre los ahorros de agua que logramos gracias a la automatización.

6. BIBLIOGRAFIA

González, M. &. (2022). "Nuevas Tecnologías en Riego: La Importancia del Retro Lavado". González, M., & Pérez, L. .

Martínez, J. &. (2021). "Estrategias para Optimizar el Riego por Goteo en Cultivos de Caña de Azúcar". Martínez, J., & Rodríguez, A.

Vélazquez D, R. H. (2015). El Mantenimiento de los Cabezales de Riego. Intagri. Gto, México., <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/el-mantenimiento-de-los-cabezales-de-riego>.

Vargas-Rodríguez, P., Dorta-Armaignac, A., Fernández-Hung, K., & Méndez-Jocik, A. (2021). Consideraciones para el diseño racional de sistemas de riego por goteo. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 30(4).

Quispe-Rodriguez, J., Paytan-Montañez, T. C., Aliaga Barrera, I. N., & Saravia-Navarro, D. (2024). Ajuste osmótico y rendimiento de dos variedades de palta (*Persea americana*), Hass y Fuerte, con sistema de riego por goteo, en zona andina del Perú. Scientia Agropecuaria, 15(2), 225-234.

BRYAN, M. P. K. (2023). PROGRAMACIÓN EFICIENTE DEL RIEGO EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN LA FINCA VIRGEN DEL CISNE, CANTÓN LA TRONCAL (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).

Uribe, J. G., Pujol, T., Ros, M. D., Zuluaga, D. H., Pujolràs, G. A., González, S. C., ... & Bargués, J. P. (2023). Caracterización de filtros granulares en retrolavado con arena de sílice y microesferas de vidrio. In XII Congreso ibérico de agroingeniería.: Libro de actas (pp. 691-698). Escuela Técnica Superior en Ingeniería Agronómica.

Quiroz Zamora, L. (2023). Sistema de riego tecnificado utilizando energía solar fotovoltaica en el fundo franklin, distrito de olmos, provincia y departamento de Lambayeque.

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1.



ACTA DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

General Villamil Playas, 25 de octubre del 2024.

ENTIDAD BENEFICIARIA: Energías Del Agro San Juan

PROYECTO: Desarrollo e implementación de un sistema automatizado de control de retro lavado para baterías de filtrado en riego por goteo en cultivos de caña de azúcar en Energías Del Agro San Juan, Cantón General Villamil Playas.

En General Villamil Playas, a los 25 días del mes de octubre del 2024, se procede a la firma del presente documento con el propósito de dejar constancia de la aceptación oficial de la elaboración del proyecto que será desarrollado por los señores estudiantes del Instituto Universitario Rumiñahui: **Eddy Bertony Cedeño Barre C.I 0929299584 Jhonn Kevin Mendoza Morales C.I 0927115063**

Por medio del presente, Energías Del Agro San Juan manifiesta su aceptación formal para que los estudiantes mencionados lleven a cabo el proyecto de titulación bajo los lineamientos establecidos.

En conformidad con lo expuesto, firman las partes involucradas:

Por los estudiantes

Firma: _____

Sr. Eddy Bertony Cedeño Barre
Instituto Universitario Rumiñahui
Cédula: 0929299584

Firma: _____

Sr. Jhonn Kevin Mendoza Morales
Instituto Universitario Rumiñahui
Cédula: 0927115063

Por la Entidad Receptora

Firma: _____

Ing. Santiago Geovanny Narváez Contreras
Jeje del Departamento de Instrumentación
Energías Del Agro San Juan.
Cédula: 0102858438

Energías del Agro San Juan S.A.

ENERAGRO

7.2 Anexo 2.



ACTA DE ENTREGA/RECEPCIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

General Villamil Playas, 19 de febrero del 2025.

ENTIDAD BENEFICIARIA: Energías Del Agro San Juan

PROYECTO: Desarrollo e implementación de un sistema automatizado de control de retro lavado para baterías de filtrado en riego por goteo en cultivos de caña de azúcar en Energías Del Agro San Juan, Cantón General Villamil Playas.

En General Villamil Playas, a los 19 días del mes de febrero del 2025, se procede a la firma del presente documento con el propósito de dejar constancia de la entrega / recepción oficial de la elaboración del proyecto que se desarrolló por los señores estudiantes del Instituto Universitario Rumiñahui: **Eddy Bertony Cedeño Barre C.I 0929299584 Jhonn Kevin Mendoza Morales C.I 0927115063**

Por medio del presente, Energías Del Agro San Juan manifiesta la culminación formal del proyecto que se llevó a cabo bajo los lineamientos establecidos por los estudiantes antes mencionados.

En conformidad con lo expuesto, firman las partes involucradas:

Por los estudiantes

Firma: _____

Sr. Eddy Bertony Cedeño Barre
Instituto Universitario Rumiñahui
Cédula: 0929299584

Firma: _____

Sr. Jhonn Kevin Mendoza Morales
Instituto Universitario Rumiñahui
Cédula: 0927115063

Por la Entidad Receptora

Firma: _____

Ing. Santiago Geovanny Narváez Contreras
Jeje del Departamento de Instrumentación
Energías Del Agro San Juan.
Cédula: 0102858438

Energías del Agro San Juan S.A.
ENERAGRO

7.3 Anexo 3.

Enlace del video, situación inicial:

https://1drv.ms/v/c/06b1f0f7e429cac5/EYGsrTnH0pNLsBAW0HzK1VQB_9PsS8znfWMaJJs0GRsdyg?e=2yZIny

Enlace del video, entrega del proyecto:

https://1drv.ms/v/c/06b1f0f7e429cac5/EZnjmya-fC5CuxzHmxBkDrcBeWF-vhFKyUKRCSIhEKOu_A?e=GKXFJj

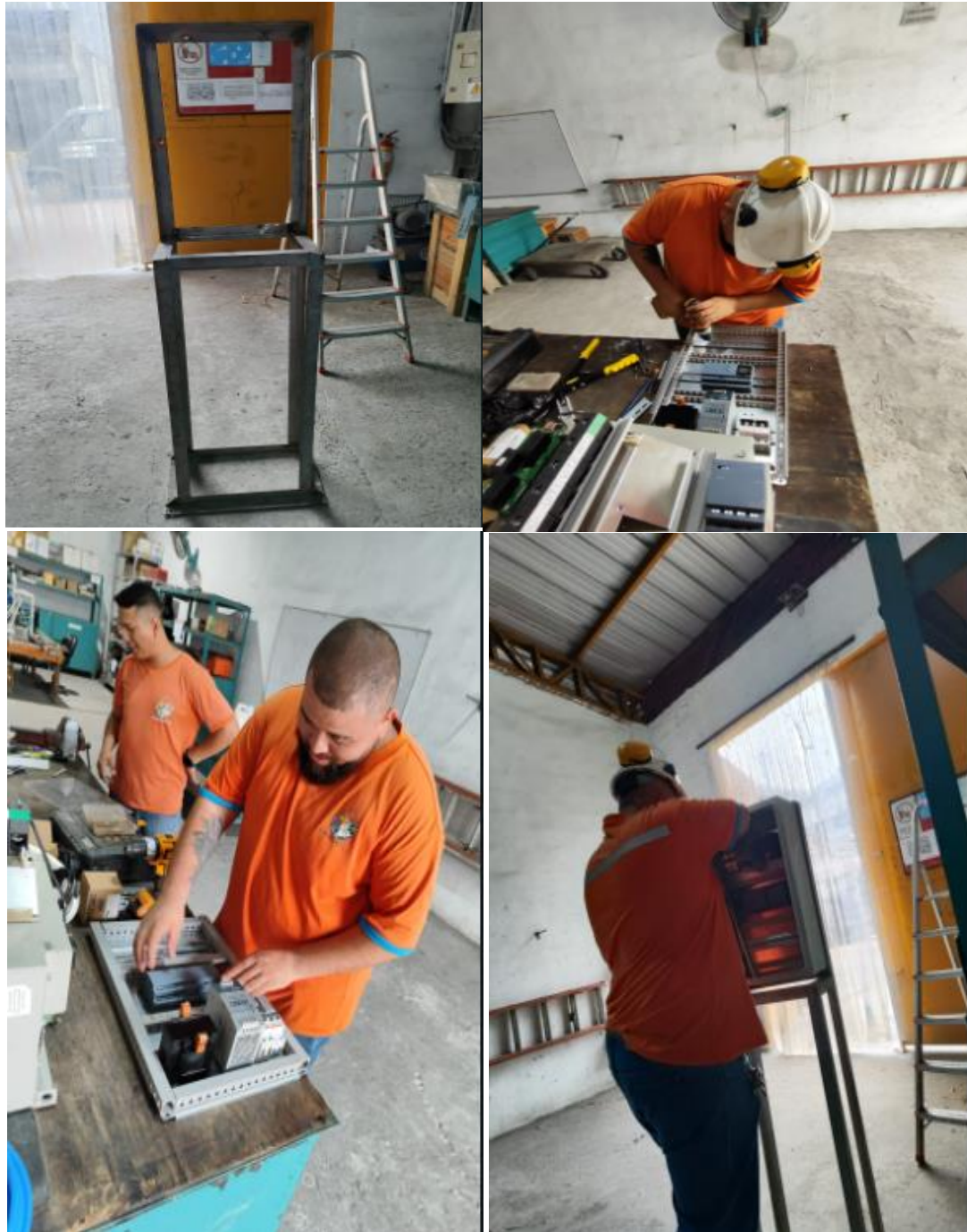
- Firma de actas por el jefe del área de instrumentación



7.4 Anexo 4.

➤ **Registro fotográfico con la respectiva descripción por foto**

Se procedió con el armado del tablero, colocando canaletas y presentando los elementos para su respectivo anclaje. Se coloca el riel din y se realizó su respectiva base, donde irá ubicado el tablero de control del retrolavado.



- Se procedió con el cableado y conexiones de los elementos del tablero de control de retrolavado



Montaje de tablero en el sitio donde va a ir ubicado



Montaje de caja de conexiones de solenoides en cada línea o modulo



Montaje de los diferenciales de presión



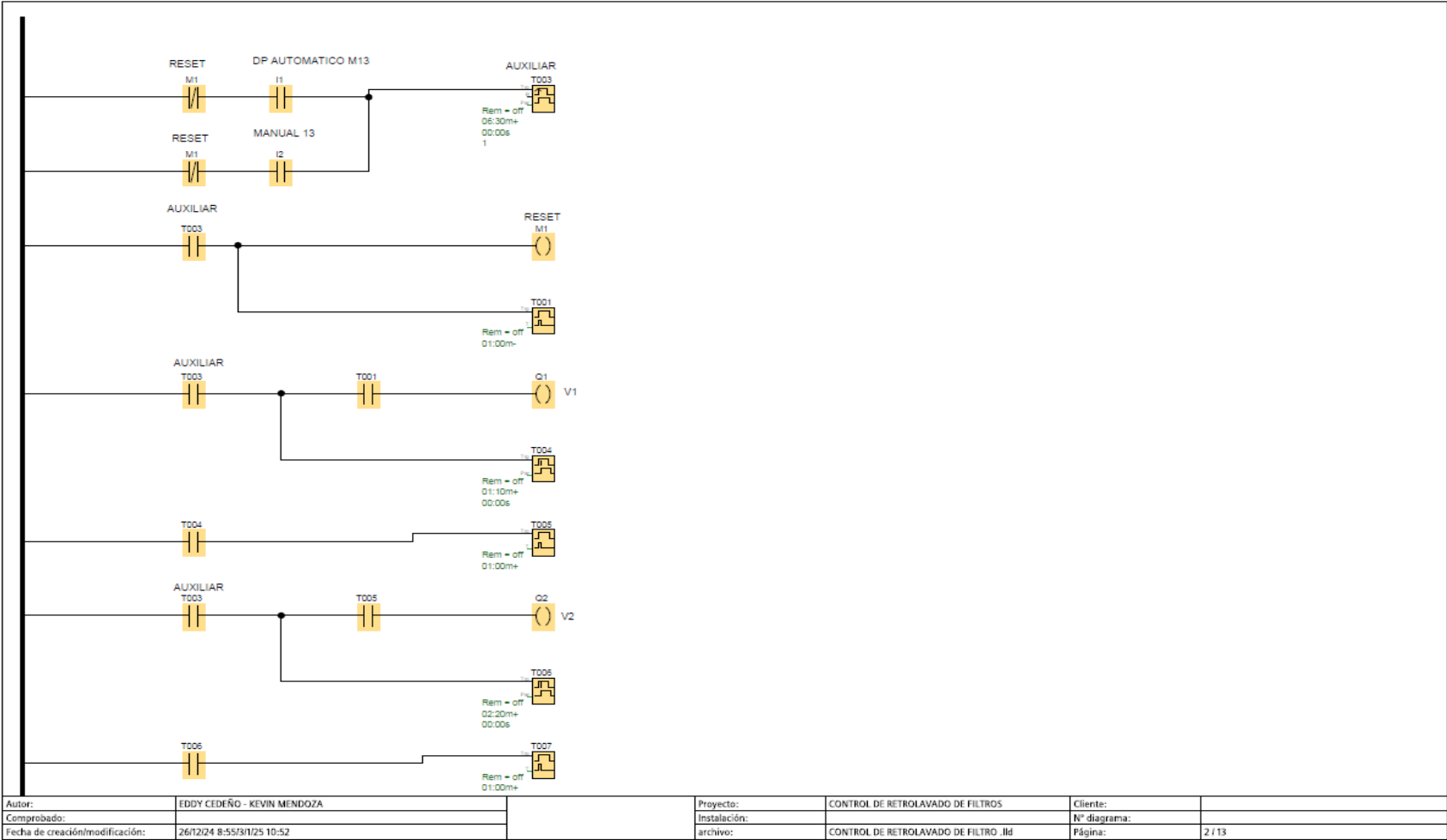
TABLERO DE CONTROL BATERÍAS DE FILTRADO

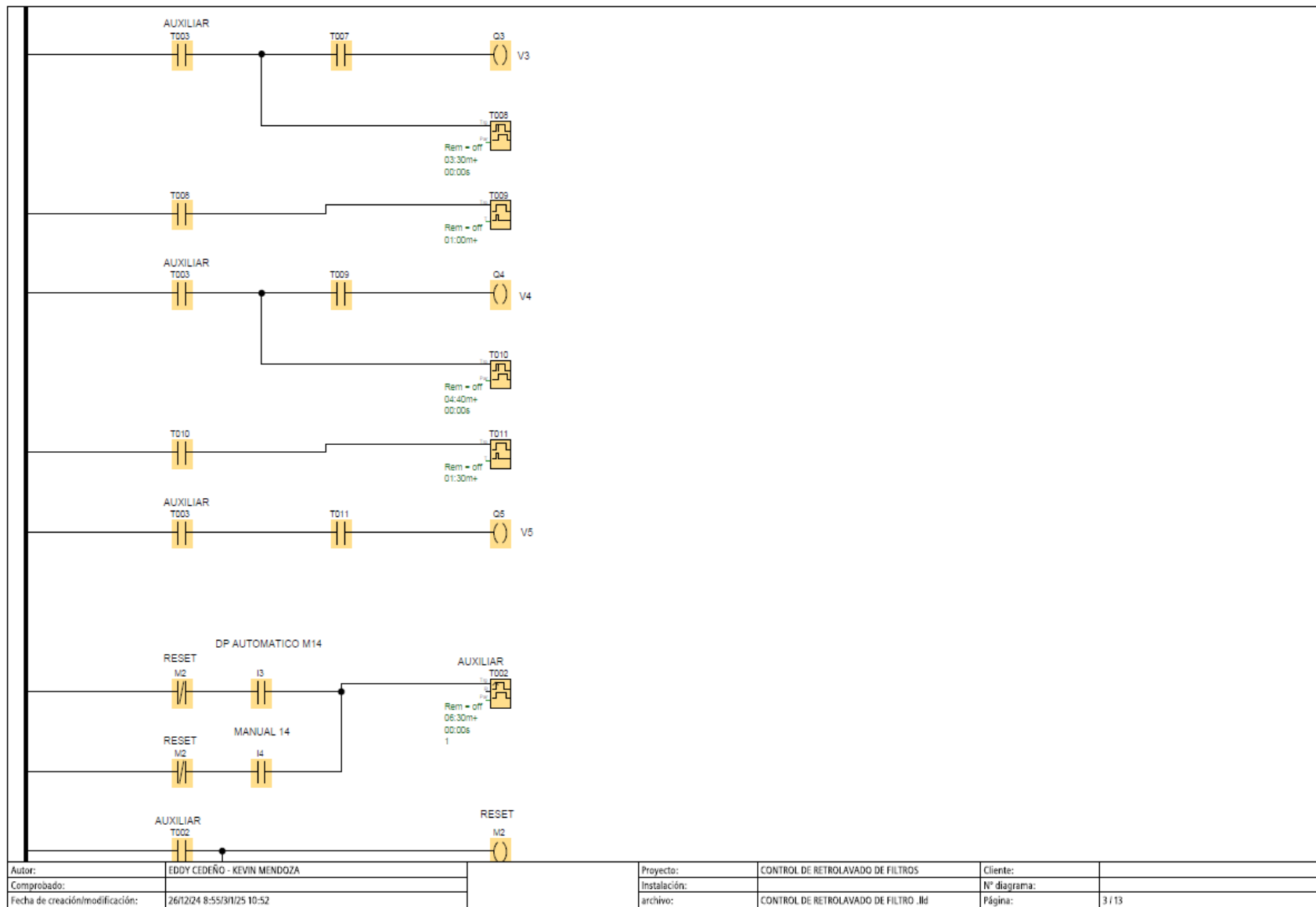


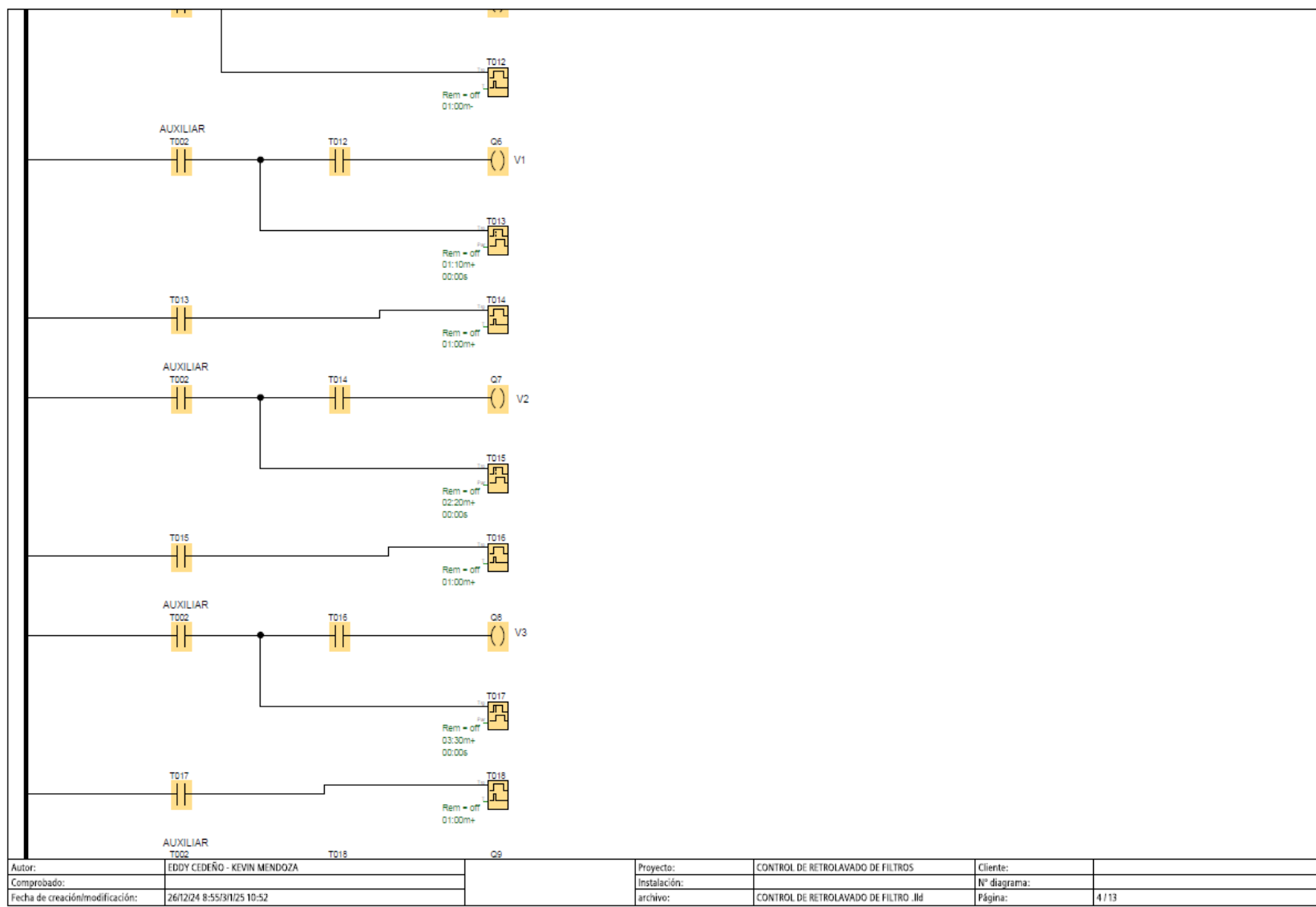
7.5 Anexo 5

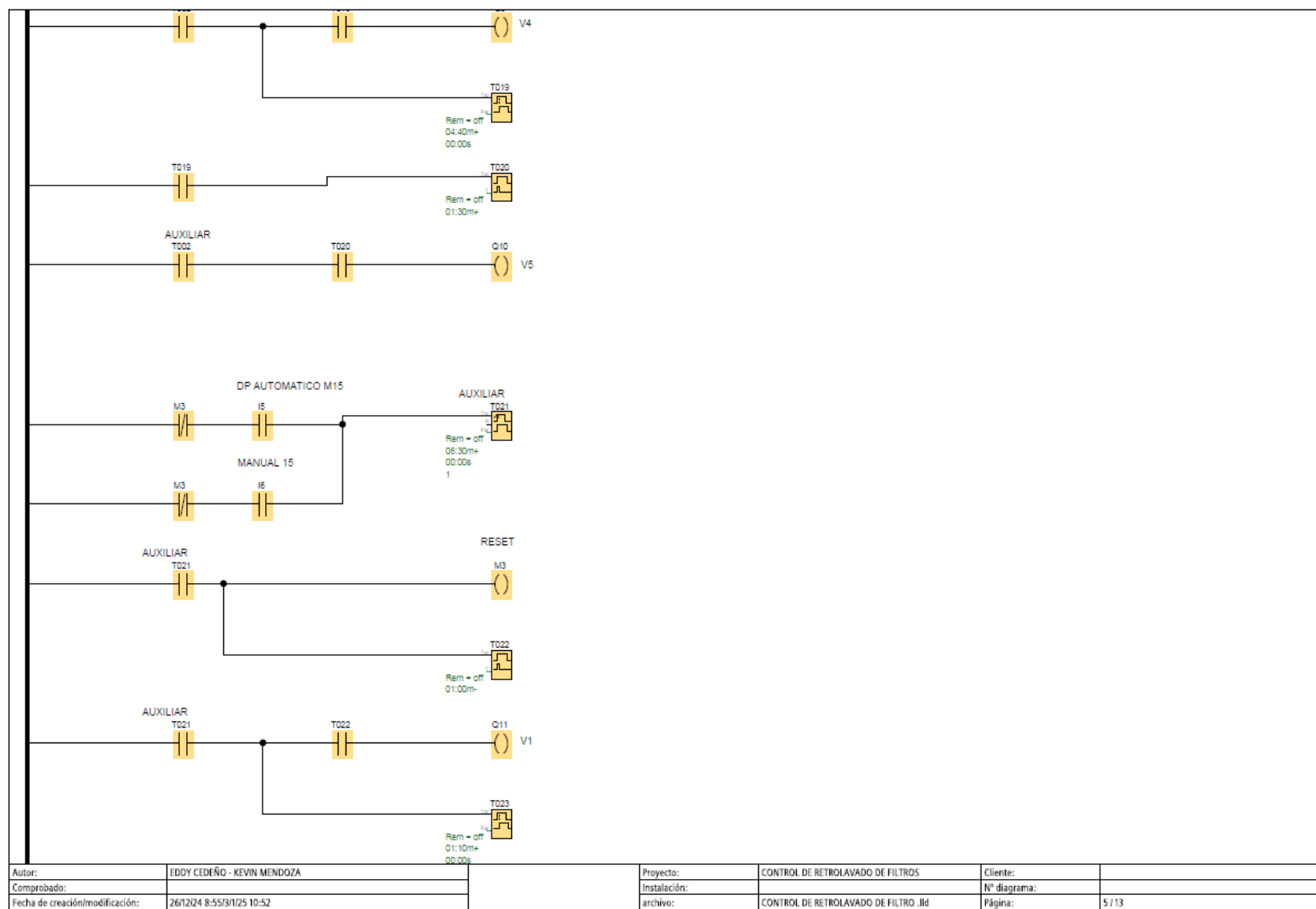
Enlace de la programación logo soft: <https://drive.google.com/file/d/1Pt7VSrASXaiIJhnyxFLhuDE4XED9u90V/view?usp=sharing>

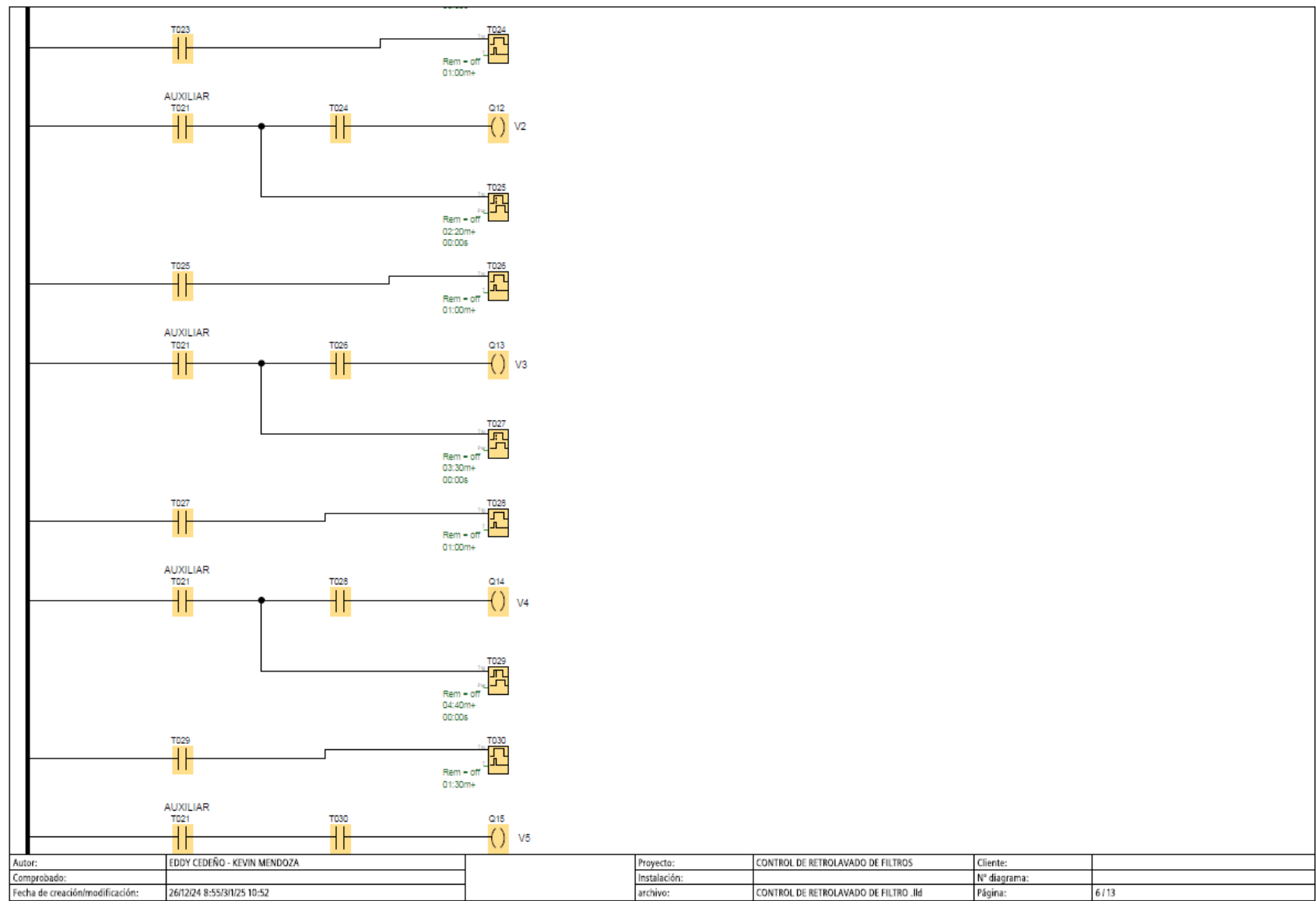
➤ Programación de PLC

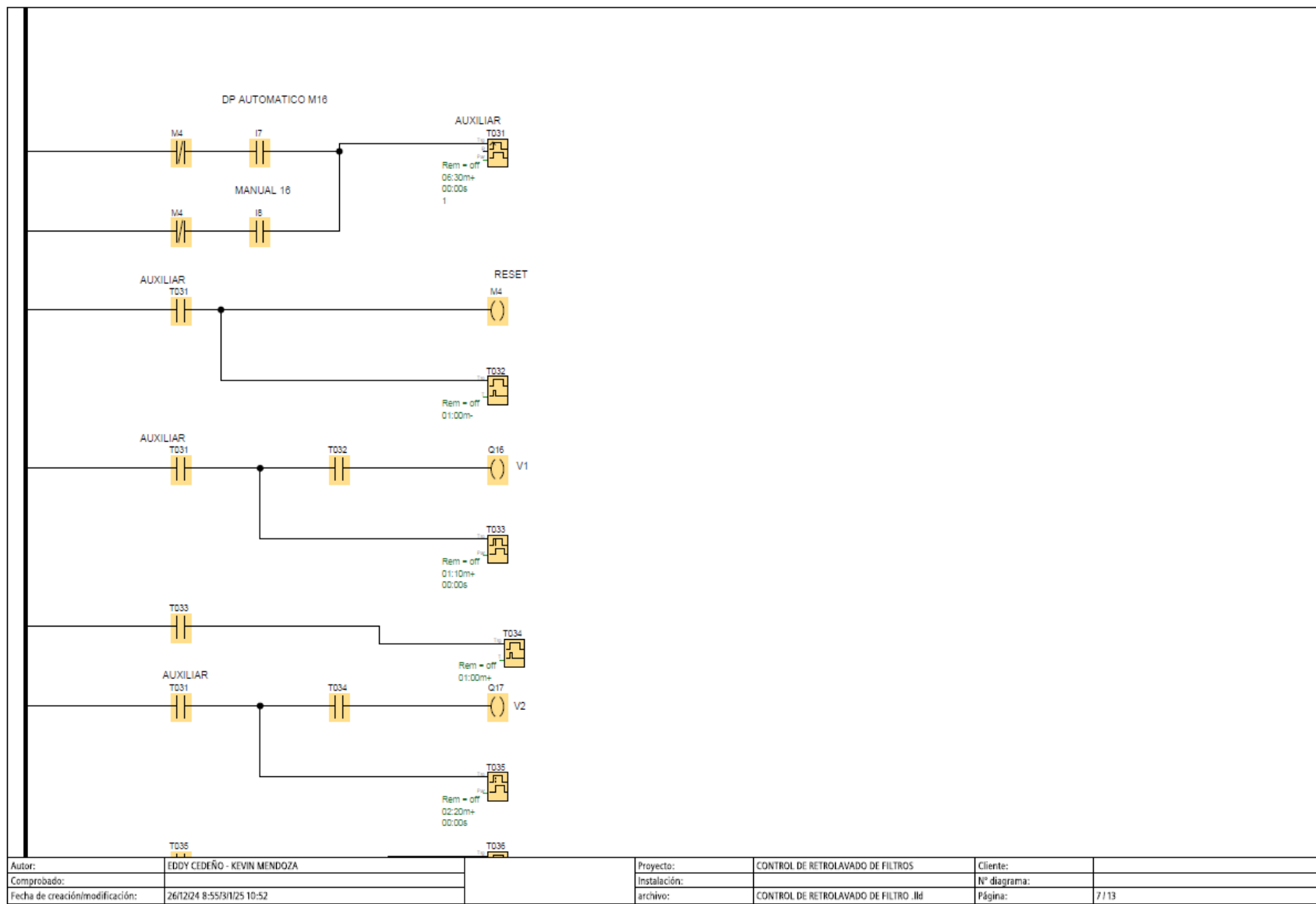


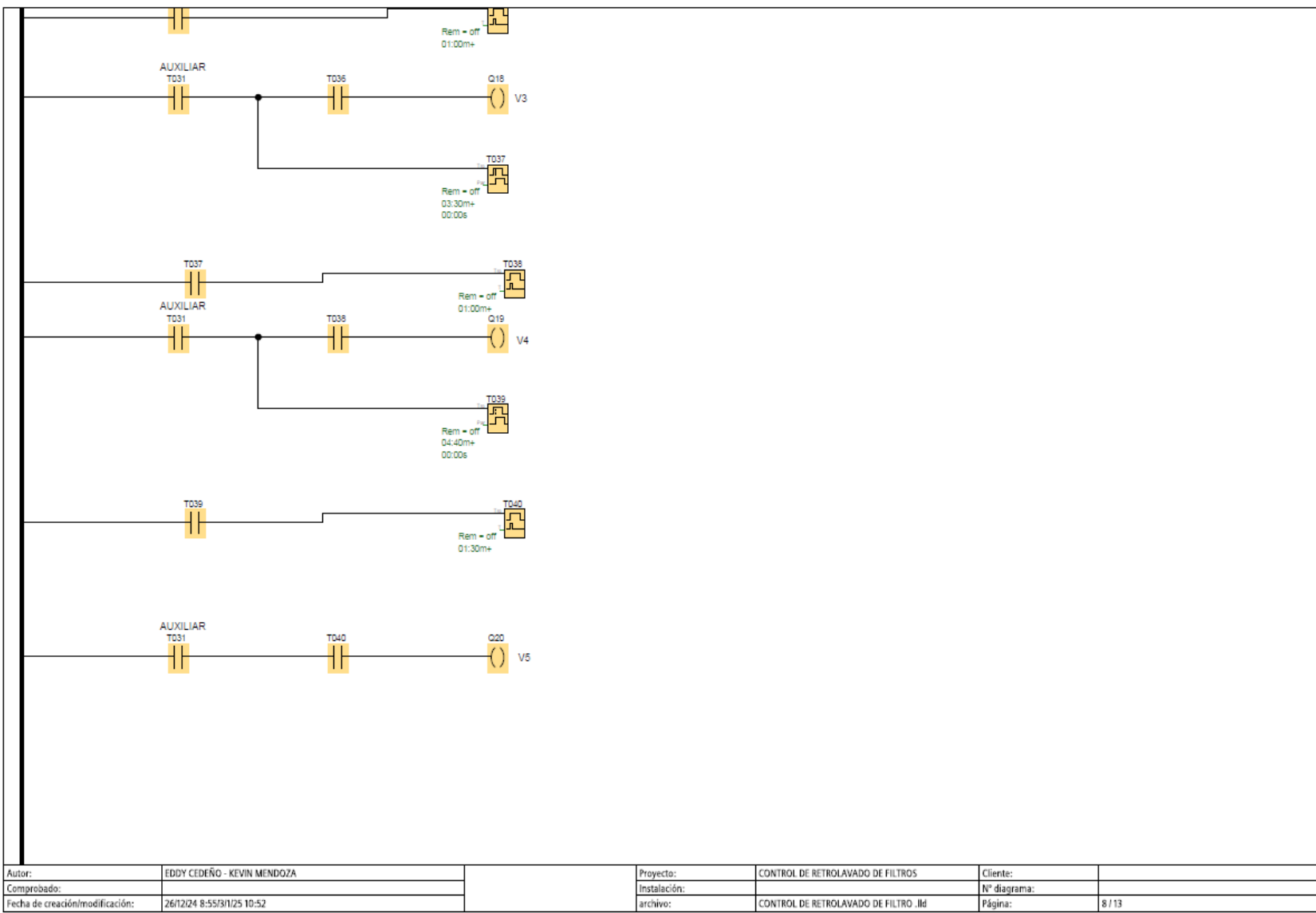












7.6 Anexo 6

➤ Características de los filtros



OFICINAS: C/ Francisco Pradilla nº 26 bajos
Teléfono: 683 285 857
Email: info@turiego.es
50830 VILLANUEVA DE GALLEGO (Zaragoza)
C.I.F.: B99333262

» Características técnicas por filtro

Diámetro del filtro	4"
Caudal máximo (m³/h)	100
Caudal de controlado (m³/h) (variable según presión)	50 (4 Kg/cm²)
Área de filtrado (cm²)	4.400
Volumen de filtrado (cm³)	6.000
Consumo de agua por controlado (l) (según tiempo y presión)	277
Presión máxima (Kg/cm²)	10
Presión mínima de filtrado (Kg/cm²)	0,8
Presión mínima de controlado (Kg/cm²)	2,6
Presión máxima diferencial controlado (Kg/cm²)	10
Conexiones	4" v/c
Longitud del filtro (mm)	620
Anchura del filtro (mm)	436
Distancia entre conexiones (mm)	267
Peso (kg)	30
Temperatura máxima del agua (°C)	70



*El caudal máximo depende del grado de filtración y de la calidad del agua. Aquí se indica el caudal máximo en las mejores condiciones.

» Características técnicas

	3 elementos	4 elementos	5 elementos	6 elementos
Presión máxima	10 bar	10 bar	10 bar	10 bar
Presión mínima retrolavado	2,8 bar	2,8 bar	2,8 bar	2,8 bar
Caudal máximo:				
• Mesh 40-140 (400-100 micras)	300 m³/h	400 m³/h	500 m³/h	600 m³/h
• 55 micras	170 m³/h	225 m³/h	280 m³/h	335 m³/h
• 20 micras	-	-	140 m³/h	170 m³/h
Superficie de filtrado	13.200 cm²	17.600 cm²	22.000 cm²	26.400 cm²
Volumen de filtrado	19.800 cm³	26.400 cm³	33.000 cm³	39.600 cm³
Longitud de la batería	1,45 m	1,95 m	2,45 m	2,95 m
Altura de la batería	1,48 m	1,52 m	1,52 m	1,56 m
Ancho de la batería	0,83 m	0,90 m	0,90 m	0,97 m
Peso (con válvula de plástico)	290 kg	370 kg	485 kg	610 kg
Tubo distribuidor estándar	8"	8"	10"	10"

Tubos de mando hidráulico-revestimiento de poliéster, acero inoxidable o galvanizado.

» Tamaño

Baterías filtrado Spin Klín de 4". Diámetro de entrada/salida: de 8" a 12".

» Capacidad

Caudal elevado (200-800 m³/h y superiores).

» Funciones

Equipo de filtrado por anillas en baterías, completamente automático.

» Aplicaciones

- En agricultura:
Ampliamente utilizado en el riego de:
• Campos de cultivo.
• Hortalizas.
• Arboledas de gran extensión.
• Filtración de aguas residuales.
• Campos de golf.
- En industria:
• Protección de boquillas pulverizadoras.
• Aguas residuales.
• Torres de refrigeración.
• Protección de sistemas MF y UF.
• Aguas salinas.



www.turiego.es

TURIEGO S.L. - VILLANUEVA DE GALLEGO (ZARAGOZA) - ESPAÑA - TELÉFONO: 683 285 857 - FAX: 683 285 858

OFICINAS: C/ Francisco Pradilla nº 26 bajos
Teléfono: 976 87 85 52
Email: tecmar@turiego.es
50830 VILLANUEVA DE GALLEGO (Zaragoza)
C.I.F.: B99333262