

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Eléctrica

**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control del Reservorio de la
Planta de Agua en la Comunidad Rural Chaglabán en el Cantón Cañar de la
Provincia del Cañar**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Eléctrico


Autores:

Dicson Ricardo Aguirre Jaramillo

Luis Antonio Buñay Allaico

Director:

Martín Eduardo Ortega Ortega

ORCID:  0000-0003-2913-9391

Cuenca, Ecuador

2024-07-26

Resumen

En el presente trabajo se detallan las actividades llevadas a cabo para el desarrollo del proyecto técnico, relacionado al diseño de un sistema automatizado que permita controlar y supervisar el reservorio de la Planta de Agua en la Comunidad Rural Chaglabán ubicada en el Cantón Cañar de la provincia del Cañar. Se realiza una revisión y análisis de la literatura existente sobre sistemas automatizados en reservorios de plantas de agua para el consumo humano. Con las variables obtenidas de la medición de campo del reservorio de agua en la comunidad, se diseña un sistema de control automatizado que utiliza Controlador Lógico Programable (PLC por sus siglas en inglés), Interfaz Hombre Máquina (HMI por sus siglas en inglés), sensor y electroválvulas. Se define la lógica del sistema en el diseño de la automatización de la planta, dimensionando correctamente los dispositivos. Se incluyen esquemas detallados de control y fuerza para la automatización del reservorio, abarcando tanto el diagrama de bloques del PLC como el cableado completo del sistema. Se analiza el comportamiento de las variables de diseño del sistema de control mediante un registro histórico de datos, que permite evaluar la eficiencia del sistema implementado y realizar los ajustes necesarios para asegurar un rendimiento óptimo. El sistema diseñado y los equipos propuestos garantizan la durabilidad y la vida útil de los componentes necesarios, así como la continuidad en su operación y reduciendo fallas. Esta propuesta busca lograr un sistema fiable y sostenible, capaz de satisfacer las necesidades de la comunidad de manera efectiva y constante.

Palabras clave del autor: reservorio de agua, sistemas de control, automatización, controlador lógico programable, interfaz hombre máquina



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

In this document, the activities carried out for the development of the technical project related to the design of an automated system to control and supervise the reservoir of the Water Plant in the Rural Community of Chaglabán, located in the Cañar Canton of Cañar province, are detailed. A review and analysis of the existing literature on automated systems in water plant reservoirs for human consumption is conducted. With the variables obtained from field measurements of the water reservoir in the community, an automated control system is designed, utilizing a Programmable Logic Controller (PLC), Human-Machine Interface (HMI), sensor, and solenoid valves. The system logic is defined in the plant automation design, correctly sizing the devices. Detailed control and power schemes for the reservoir automation are included, covering both the PLC block diagram and the complete system wiring. The behavior of the design variables of the control system is analyzed through historical data recording, allowing for the evaluation of the efficiency of the implemented system and making necessary adjustments to ensure optimal performance. The designed system and proposed equipment guarantee the durability and lifespan of the necessary components, as well as the continuity in their operation, reducing failures. This proposal aims to achieve a reliable and sustainable system, capable of meeting the community's needs effectively and consistently.

Author Keywords: water reservoir, control systems, automation, programmable logic controller, human machine interface



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Resumen	2
Abstract.....	3
Índice de figuras.....	6
Índice de tablas	8
Índice de ecuaciones	9
Dedicatoria.....	10
Agradecimiento	12
Glosario.....	14
Capítulo 1	17
1. Introducción.....	17
1.1 Antecedentes	18
1.2 Justificación.....	20
1.3 Objetivos	21
1.4 Alcance.....	21
Capítulo 2	22
2. Revisión de la literatura.....	22
2.1 Reservoirio de un sistema de abastecimiento de agua	22
2.2 Sistemas de control de procesos	23
2.3 Métodos y técnicas estadísticas para el análisis de datos	26
2.4 Instrumentación.....	28
2.5 Sensores	33
2.6 Criterios de selección de sensores	35
2.7 Clasificación general de sensores	36
2.8 Actuadores	38
2.9 Controlador lógico programable (PLC)	39
2.10 Interfaz hombre máquina (HMI)	39
2.11 Funciones del HMI	40
2.12 Tareas de un software de supervisión y control	41
2.13 Protocolos de comunicación industrial.....	41
2.14 Programación en Ladder (LAD)	42
2.15 Programación en diagramas de bloques (FBD).....	42
2.16 PLC LOGO	43
2.17 LOGO Soft Comfort V8.3	44
2.18 Software ARDUINO IDE	45
Capítulo 3	46
3. Metodología	46
3.1 Características del reservorio de agua	46
3.2 Consumo de agua en la comunidad Chaglabán.....	56

3.3	Interpretación de los resultados de las encuestas	57
3.4	Interpretación de los resultados estadísticos sobre el consumo de agua	58
3.5	Consideraciones para el diseño del sistema de control y automatización	59
3.6	Lógica del sistema.....	60
3.7	Diagrama del sistema de control y automatización	60
3.8	Esquema eléctrico de cableado de fuerza y sensores	64
3.9	Selección de PLC.....	66
3.10	Selección de sensor de nivel	69
3.11	Selección de electroválvulas.....	71
3.12	Selección de conductores de control y fuerza	73
Capítulo 4	75
4.	Diseño del sistema de control y automatización.....	75
4.1	Algoritmo de control del reservorio de agua	75
4.2	Interfaz del panel HMI	77
4.3	Descripción de equipos requeridos en el diseño de automatización del reservorio de agua	79
4.4	Descripción de los equipos utilizados para el diseño de la maqueta	82
4.5	Proceso de diseño y construcción de una maqueta para representar la automatización del sistema	86
Resultados alcanzados	88
Capítulo 5	89
Conclusiones	89
Recomendaciones	90
Referencias	91
Anexos	94
Anexo A:	Entrevista sobre el reservorio de agua potable de la comunidad Chaglabán.	94
Anexo B:	Encuestas sobre consumo de agua de los usuarios en la comunidad Chaglabán.	96
Anexo C:	Tabulación y análisis de los resultados de las encuestas.	128
Anexo D:	Registro de datos de consumo de agua en la comunidad.....	131
Anexo E:	Tabulación de los datos de consumo de agua por vivienda en la comunidad y parámetros estadísticos para el análisis.	148
Anexo F:	Características de PLCs disponibles en el mercado.....	150
Anexo G:	Configuración y programación del HMI en WINCC.	153
Anexo H:	Desarrollo y construcción de la maqueta en el laboratorio de control y automatización de la Universidad de Cuenca.	163
Anexo I:	Código de programación desarrollado en el software Arduino IDE, para procesar la señal del sensor HC-SR04 usado en la maqueta y enviar como salida una señal analógica.	168
Anexo J:	Ejemplo de un registro histórico de datos extraído de la memoria del PLC luego de una prueba de funcionamiento del sistema.	170

Índice de figuras

Capítulo 1

Figura 1.1. Ubicación del reservorio de agua en el mapa de Ecuador.....	19
Figura 1.2. Ubicación exacta del reservorio de agua en la comunidad de Chaglabán..	19

Capítulo 2

Figura 2.1. Esquema de representación de la funcionalidad de un tanque de almacenamiento en un sistema de abastecimiento de agua.	22
Figura 2.2. Esquema de representación de tanques de almacenamiento superficiales.	22
Figura 2.3. Esquema de representación de tanques de almacenamiento de agua elevados.....	23
Figura 2.4. Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado..	25
Figura 2.5. Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto..	25
Figura 2.6. Ubicación de las letras en las etiquetas según las normas ISA.....	31
Figura 2.7. Representación de líneas y señales.....	31
Figura 2.8. Representación de instrumentos.....	32
Figura 2.9. Representación de válvulas de control.....	32
Figura 2.10. Representación de actuadores en normas ISA.....	33
Figura 2.11. Señal analógica en tiempo continuo.....	34
Figura 2.12. Señal digital..	35
Figura 2.13. Representación del funcionamiento de un sensor ultrasónico.....	38
Figura 2.14. Estructura de un sistema HMI..	40

Capítulo 3

Figura 3.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del reservorio de agua..	46
Figura 3.2. Diagrama de procesos del estado previo a la automatización del reservorio.....	47
Figura 3.3. Reservorio de agua de la comunidad Chaglabán..	48
Figura 3.4. Plano de planta que muestra las dimensiones del reservorio de agua.....	49
Figura 3.5. Elementos de la entrada de agua para el reservorio.....	51
Figura 3.6. Contador de volumen de agua en el reservorio.	52
Figura 3.7. Vista de diferentes perspectivas de la válvula de entrada RED WHITE - TOYO de 1" ¼, presente en el reservorio.	53
Figura 3.8. Tubería de salida del reservorio de agua, hacia los consumidores..	54
Figura 3.9. Boya de nivel dentro del tanque, para el accionamiento de una válvula de entrada..	55
Figura 3.10. Dimensiones de la boya de nivel para el accionamiento de la válvula.	56
Figura 3.11. Probabilidad de consumo de agua en la comunidad obtenida de acuerdo a los datos de registrados de la comunidad.....	59
Figura 3.12. Diagrama de bloques del sistema de control y automatización diseñado para el reservorio de agua..	62
Figura 3.13. Diagrama de procesos del sistema de control y automatización con elementos eléctricos diseñado para el control del reservorio.....	63
Figura 3.14. Plano de la planta del esquema eléctrico de cableado de fuerza y transmisión de señal analógica del sensor.....	64

Figura 3.15. Diagrama Unifilar eléctrico.....	65
---	----

Capítulo 4

Figura 4.1. Programación del PLC usando el software LOGO!Soft Comfort.	76
Figura 4.2. Diagrama de conexión y asignación de direcciones IP de los equipos.....	77
Figura 4.3. Esquema de la programación del panel HMI..	79
Figura 4.4. Vista frontal de la maqueta.	87

Índice de tablas

Capítulo 2

Tabla 2.1. Definiciones de letras empleadas en la identificación funcional de un instrumento en normas ISA. Fuente: (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).	30
Tabla 2.2. Clasificación de sensores. Fuente: (Medrano Cruz, 2012).	37

Capítulo 3

Tabla 3.1. Dimensiones del reservorio de agua, referente al esquema de la Figura 20. Fuente: Los autores.	50
Tabla 3.2. Especificaciones técnicas de tuberías de presión PVC roscable. Fuente: (PLASTIGAMA, s. f.).	51
Tabla 3.3. Especificaciones de roscas para tuberías de presión PVC roscable. Fuente: (PLASTIGAMA, s. f.).	52
Tabla 3.4. Ficha de datos del contador de volumen de agua tipo: 160972669, R100-H, CE [M16] 1383. Fuente: (CIA & BMETERS, s. f.).	53
Tabla 3.5. Datos técnicos de la válvula de compuerta RED WITHE - TOYO de 1" 1/4. Fuente: (TODOVALVULAS S.A.S, s. f.).	54
Tabla 3.6. Especificaciones técnicas de tubería de hierro Galvanizado. Fuente: (HIDROS, 2024). ..	55
Tabla 3.7. Especificaciones de la válvula de flotador industrial con cuerpo fabricado en fundición de latón. Fuente: (LEHENGOAK, s. f.).	56
Tabla 3.8. Interpretación de los resultados de las encuestas realizadas a los usuarios de la comunidad de Chaglabán. Fuente Los autores	57

Capítulo 4

Tabla 4.1. Elementos del registro de datos. Fuente Los autores	75
Tabla 4.2. Configuración de memoria variable para el mapeo de parámetros. Fuente Los autores ..	77
Tabla 4.3. Configuración de variables en el HMI. Fuente Los autores	78
Tabla 4.4. Descripción de los equipos requeridos en el diseño de automatización del reservorio de agua. Fuente Los autores	80
Tabla 4.5. Descripción de los equipos utilizados para el diseño de la maqueta. Fuente Los autores ..	82
Tabla 4.6. Descripción de los materiales adicionales para la construcción de la maqueta. Fuente Los autores	85

Índice de ecuaciones

Capítulo 2

Ecuación 1: Media muestral.....	27
Ecuación 2. Expresión simplificada de la media muestral.....	27
Ecuación 3: Desviación estándar muestral.....	27

Capítulo 3

Ecuación 4: Volumen de un cilindro.....	50
Ecuación 5: Diámetro de una circunferencia.	50

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres, Antonio Buñay y Rosario Allaico, por su incansable esfuerzo diario para sacarme adelante. Gracias por su inquebrantable confianza en mí, por su amor incondicional y por los sacrificios que han hecho para brindarme un futuro mejor.

A mi esposa Mary, por ser mi pilar y mi fortaleza, cuya paciencia y apoyo constante me han permitido seguir adelante en este camino. Su amor y comprensión han sido esenciales para alcanzar esta meta. Gracias por tu inagotable optimismo y por estar siempre a mi lado, brindándome ánimo y motivación en los momentos más difíciles.

Y a mi hijo David, mi mayor motivación y fuente de inspiración. Ser padre ha sido un desafío, pero todo mi esfuerzo ha sido con la intención de ser un ejemplo para ti y asegurar un futuro mejor.

A todos ustedes, con amor y gratitud, dedico este logro.

Luis.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a toda mi familia, especialmente a mis padres, Fausto Aguirre y Maricelva Jaramillo, y a mis hermanos, Jordy y Diego Aguirre Jaramillo. A ustedes, mis padres, les debo mucho más de lo que las palabras pueden expresar. Gracias por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por sus sabios consejos que han sido mi guía y por ser siempre mi ejemplo de perseverancia y dedicación.

A mis hermanos, Jordy y Diego, gracias por ser mis compañeros de vida, por compartir conmigo momentos de alegría y desafíos, y por su constante ánimo que me ha impulsado a seguir adelante. Han sido un pilar esencial en mi camino y su confianza en mí me ha motivado a no rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

Cada logro que alcanzo es reflejo del amor, la paciencia y la comprensión que he recibido de ustedes. Este trabajo refleja cómo su apoyo ha sido la base sobre la cual he construido mis sueños y metas. Les dedico este logro con mucho cariño, ya que sin ustedes no hubiera sido posible.

Dicson.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que han sido fundamentales en la culminación de este trabajo de titulación. En primer lugar, dedico este logro a Dios, quien me ha guiado a lo largo de este arduo periodo de estudio, iluminando mi camino y brindándome fortaleza en los momentos más desafiantes.

A mis padres, Antonio Buñay y Rosario Allaico, por su amor incondicional, sacrificio y constante apoyo. Gracias por inculcarme los valores de la perseverancia y el esfuerzo, que han sido clave para llegar hasta aquí.

A mis hermanos, Rosario, Efraín, Juana, Manuel y Segundo, por su constante apoyo y motivación. Su confianza en mí ha sido una fuente de inspiración en cada etapa de este proceso.

A mi esposa Mary, por ser mi pilar y mi mayor apoyo. Tu amor, comprensión y aliento han sido esenciales para seguir adelante, especialmente en los momentos más difíciles.

A mi hijo David, por ser mi mayor motivación. Cada logro en este camino ha sido impulsado por el deseo de ser un ejemplo para ti y asegurar un futuro mejor.

A mis cuñadas y mis suegros, gracias por su apoyo y cariño. Sus palabras de aliento y su ayuda han sido invaluable para alcanzar esta meta.

Al ingeniero Martín Ortega, por su invaluable guía y conocimiento compartido durante todo el desarrollo de esta tesis. Su apoyo y orientación han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

Agradezco también al ingeniero Luis Bravo por su colaboración en las revisiones y por compartir sus conocimientos. A la ingeniera Isabel Cabrera y al tecnólogo Francisco Sánchez, por permitir el uso del laboratorio de control, lo cual fue esencial para llevar a cabo este trabajo.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de clase, por estar a mi lado en los momentos más difíciles. Su compañía y apoyo han sido fundamental para superar los desafíos a lo largo de este camino.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Esta tesis es tanto de ustedes como mía, y sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

Luis.

Agradecimiento

Deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a toda mi familia. A mis padres, Fausto Aguirre y Maricelva Jaramillo, y a mis hermanos, Jordy y Diego Aguirre Jaramillo, gracias por su constante apoyo, sus consejos y por siempre motivarme a seguir adelante y alcanzar mis metas.

De igual manera, hago extensivo mi agradecimiento al Ing. Martín Ortega, director de mi Trabajo de Titulación, por su guía y conocimiento compartido. El apoyo y orientación que nos ha dado fueron muy importantes para la realización de este trabajo.

Agradecer además al Ing. Luis Bravo por su colaboración en las revisiones y por compartir su experiencia y conocimientos para el desarrollo de este proyecto. Igualmente, un especial reconocimiento a la Ing. Isabel Cabrera y al Tnlgo. Francisco Sánchez por permitirnos utilizar las instalaciones del laboratorio de Control Automático Industrial y por su disposición para ayudar con nuestras consultas e inquietudes.

Finalmente, a mis amigos y compañeros con quienes he compartido estos años en las aulas, su compañía y apoyo han sido esenciales para superar los desafíos a lo largo de este camino. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Dicson.

Glosario

AWG: American Wire Gauge, Calibre Americano de Alambre

Bar: Bares

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

Bypass: En ingeniería y tecnología, se refiere a una conexión o dispositivo que permite desviar o evitar el paso normal a través de un componente o sistema.

CPU: Central Processing Unit, Unidad Central de Procesamiento

Desviación estándar muestral (s): Medida de la dispersión de los valores en la muestra.

DRIVE' s: Variadores de velocidad de motores

DVP-EX2: Delta Variable Programmable - EXtended Version 2, Delta Variable Programmable-versión 2

EMI: Electromagnetic Interference, Interferencias Electromagnéticas

Estadísticos: Medidas numéricas que describen alguna característica de una muestra obtenida de la población

Ethernet: Estándar de redes de área local

FBD: Funtion Block Diagram, Diagrama de bloques de función

FR: Retardante a la llama o fuego

GHz: Gigahercio

gr: Gramos

h: Horas

HMI: Human Machine Interface, Interfaz Hombre Máquina

ID: Integrated Development Environment, entorno de Desarrollo Integrado

IoT: Internet of Things, Internet de las Cosas

IP: Internet Protocol, protocolo de internet

ISA: International Society of Automation, Sociedad Internacional de Automatización

kg: Kilogramos

L: Litros

LAD o LD: Ladder Diagram, diagrama de escaleras

LAN: Local Area Network, (Red de área local)

LCD: Liquid Crystal Display, Pantalla de Cristal Líquido

m: Metros

m² Metros Cuadrados

m³ Metros Cúbicos

mA: mili amperios

Media muestral (X): Valor promedio de todas las observaciones del conjunto de datos

Mediana muestral: Valor que se encuentra en el centro de la distribución de la muestra

min: minuto

mm: Milímetros

mm²: milímetros cuadrados

Muestra: Subconjunto seleccionado de una población mayor.

NA: Normalmente Abierto

NC: Normalmente Cerrado

NTC: Negative Temperature Coefficient, coeficiente de temperatura negativo

Parámetros: Medida numérica que describen algunas características de una población completa

pH: Potencial de Hidrógeno

PLC: Programmable Logic Controller, Controlador Lógico Programable

Población: Conjunto completo de todos los elementos que poseen ciertas características comunes y que son de interés para un estudio en particular.

PROFIBUS: Process Field Bus, bus de campo

PROFINET: Process Fiel Network

Proporción muestral (p): Porcentaje de la muestra que exhibe una característica específica

Psi: Libras por Pulgadas cuadradas

PTC: Positive Temperature Coefficient, coeficiente de temperatura positivo

PVC: Policloro de vinilo

RFI: Radio Frequency Interference, Interferencias de Radiofrecuencia

RoHS: Restriction of Hazardous Substances, Libre de sustancias peligrosas

RS-485: Recommended Standard 485, estándar de comunicación serial utilizado en sistemas de automatización industrial y redes de sensores

RTD: Resistance Temperature Detector, detectores de temperatura de resistencia

RTP: Real-time Transport Protocol, protocolo de transporte en tiempo real

RTU: Unidades Terminales Remotas

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, Control de Supervisión y Adquisición de datos

SR: rayos solares

TAG NUMBER: Número o código único asignado a un equipo, instrumento o componente en un sistema industrial para su identificación y gestión

THHN: Thermoplastic High Heat-resistant Nylon-coated, conductor de cobre, aislamiento de PVC

THWN: Thermoplastic Heat and Water-resistant Nylon-coated

TUCAYTA: Tukuy Cañaris Ayllukunapa Tantanakuy, Organización de todos los pueblos Cañaris

UDF: User Defined Function, Función definida por el usuario

us: Microsegundos

USB: Universal Serial Bus, Bus Universal en Serie

VAC: Voltage alternating current, Voltaje de corriente alterna

VDC: Voltage direct current, Voltaje de corriente directa

W: Vatios

WinCC: Windows Control Center, software de supervisión y control industrial

Capítulo 1

1. Introducción

De acuerdo a lo que establece la Secretaría del Agua, en los lineamientos para la gestión social en proyectos de agua potable y saneamiento en comunidades rurales, la modernización de los servicios de agua potable en el sector se presenta como una necesidad vigente para mejorar la eficiencia en el suministro del líquido vital (Basani, 2018). En la comunidad Chaglabán los usuarios cuentan con acceso al servicio, no obstante, mejorar el sistema es de gran importancia para garantizar su operación sostenible, asegurando que pueda mantenerse eficientemente a lo largo del tiempo, cumpliendo con las demandas actuales y futuras del recurso hídrico.

Contar con un sistema de control y automatización para el abastecimiento del agua en comunidades rurales es fundamental, ya que facilita la operación y supervisión de este recurso (Wyczółkowski et al., 2018). Para esos fines, se propone desarrollar un sistema de control del reservorio que permita la evaluación del suministro de agua, basado en aspectos como la medición del volumen de llenado mediante un sensor ultrasónico, registro continuo de datos para el análisis detallado de patrones de consumo, control de electroválvulas para mantener los niveles del líquido dentro de límites adecuados, asegurando así un funcionamiento óptimo del sistema de abastecimiento, detección y notificación de eventos anómalos, como niveles de agua demasiado altos o demasiado bajos, que pueden ser causados por fallas en cualquiera de los dispositivos involucrados. Programar el mantenimiento regular para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema a lo largo del tiempo.

Para desarrollar el tema propuesto se hace una revisión sistemática de la literatura relacionada al funcionamiento del reservorio, instrumentación para sistemas de control, automatización y fundamentos para la utilización de controladores lógicos programables. Por otro parte, mediante visitas de campo se identifican variables clave como las dimensiones de las tuberías, el volumen de almacenamiento del reservorio y las distancias entre los diferentes elementos, para el dimensionamiento adecuado del cableado de los dispositivos de control.

La intención del proyecto es fortalecer la capacidad de gestión de los actores sociales involucrados, tales como la Junta Administradora de Agua Potable de la Comunidad Rural Chaglabán, del cantón y provincia del Cañar. A su vez, preservar el carácter participativo y comunitario de la gestión del recurso, promoviendo una mayor autonomía y responsabilidad por parte de la comunidad beneficiaria (Pila, 2018). Este enfoque se alinea con las directrices

de la Secretaría del Agua y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que abogan por la participación social en proyectos de agua potable en comunidades rurales.

Además de mejorar la dotación de este líquido, el control y automatización del reservorio contribuye a planificar de mejor manera el suministro del líquido para las personas de la comunidad. Lo cual resulta especialmente relevante en áreas expuestas a condiciones climáticas severas o extremas, donde la mejora del recurso vital para consumo humano se convierte en un mecanismo fundamental para adaptarse a las condiciones cambiantes del clima, garantizando la disponibilidad y calidad del recurso (Ministerio de Ambiente y Agua MAAE, s. f.).

1.1 Antecedentes

La Comunidad de Chaglabán se encuentra ubicada en el Cantón Cañar de la provincia de Cañar, en la región sur de la sierra ecuatoriana a 2800 m.s.n.m. se abastece de agua potable mediante el reservorio perteneciente a la Junta de Agua Potable de la comunidad. El cual se encuentra ubicado aproximadamente a 120 metros de la vía a la comunidad, en las coordenadas geográficas 2°32'59" S; 78°56'34" O. Como se muestra en la Figura 1.1 y Figura 1.2.

De acuerdo a la información recopilada mediante entrevista con el personal de la Junta de Agua (referirse al Anexo A), desde el año 2000 hasta el 2004, la comunidad enfrentaba escasez de recursos hídricos, lo que los obligaba a desplazarse largas distancias para obtener agua de una vertiente cercana, con el fin de satisfacer sus necesidades diarias. Esto motivó la construcción de un reservorio de agua potable que cumple con los estándares de consumo humano actuales. En 2006, la comunidad se reúne y acuerda construir el reservorio utilizando una vertiente de agua ubicada a 350 metros del pueblo. La construcción fue llevada a cabo mediante trabajo comunitario (mingas), en un periodo aproximado de un mes, mientras que la instalación de la red de tuberías de distribución requirió aproximadamente un año.

Una vez completado el proyecto, se designa a una persona encargada del mantenimiento y purificación del agua. La comunidad implementa una cuota mensual de 1 dólar estadounidense por vivienda para financiar estas operaciones. El sistema funcionaba adecuadamente durante aproximadamente 20 años, pero en 2017, la vertiente que abastecía el reservorio experimentó escasez y contaminación debido al pastoreo de animales aguas arriba, comprometiendo la calidad del agua y haciéndola no apta para el consumo humano.

Desde el año 2018, el reservorio se abastece a través de una interconexión con la planta de agua potable de la organización indígena la TUCAYTA, localizada en la misma provincia.

Dado que la vertiente que antes provee el recurso hídrico, la cual está situada a una distancia de 350 metros junto al colegio “Unidad Educativa San José de Calasanz de Cañar”, ya no cuenta con la capacidad para satisfacer la demanda y los pobladores consideran que la calidad del agua no cumple con los estándares necesarios para el consumo humano. Por lo tanto, se desconecta de esa fuente y se establece una conexión con la planta de la TUCAYTA.

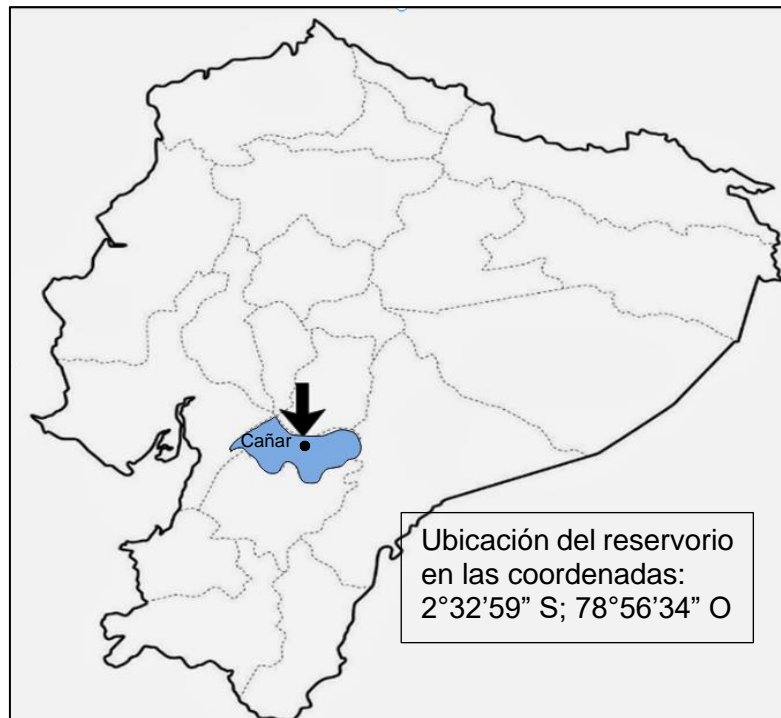


Figura 1.1. Ubicación del reservorio de agua en el mapa de Ecuador. Fuente: Los autores.



Figura 1.2. Ubicación exacta del reservorio de agua en la comunidad de Chaglabán. Fuente: Los autores.

El reservorio abastece de agua potable a 22 viviendas pertenecientes a la comunidad, garantizando así el suministro esencial para las necesidades diarias de sus habitantes. Este recurso es vital para mantener la salud y el bienestar de la población, además de apoyar en diversas actividades domésticas. De acuerdo a lo comentado por el personal técnico de la Junta de Agua de la comunidad, el sistema opera de forma manual y está regulado mediante válvulas para mantener el volumen de agua en el tanque. Además, cuenta con una boya de nivel que acciona el cierre de una válvula de entrada, para evitar que se desborde y desperdicie el agua del tanque.

1.2 Justificación

Automatizar el reservorio o tanque de distribución de agua potable es fundamental por varias razones, entre ellas mejorar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad del suministro de agua, conservar el recurso y elevar la calidad del servicio (Basani, 2018). Esta medida no solo puede llegar a tener beneficios a corto plazo en términos de ahorro de costos y recursos, sino que también promueve la sostenibilidad a largo plazo (Ministerio de Ambiente y Agua MAAE, s. f.).

La automatización facilita el monitoreo y control precisos del nivel de agua de manera continua. Esto permite optimizar el proceso de llenado y vaciado del tanque, reduciendo el desperdicio de agua. Además, puede programarse para adaptarse a patrones de demanda, asegurando un suministro constante y óptimo de agua sin requerir intervención humana constante.

El registro histórico de datos sobre el consumo permite planificar el suministro para los usuarios y prevenir situaciones de escasez, lo que evita afectaciones a la disponibilidad y calidad del servicio. Esto implica una gestión más eficiente de los recursos, optimizando su uso, reduciendo desperdicios y previniendo desbordamientos o pérdidas debido a un control inadecuado del nivel del tanque. De esta forma se protege la conservación del recurso vital y se promueve la sostenibilidad ambiental (Ministerio de Ambiente y Agua MAAE, s. f.).

También, de los beneficios mencionados, la automatización del reservorio de agua potable también contribuye a la mejora en la respuesta ante emergencias, facilitando la detección de problemas como fugas o variaciones abruptas en el consumo. Esto permite una acción rápida y eficaz para mitigar cualquier impacto negativo en el suministro del recurso y mantener la continuidad del servicio sin interrupciones prolongadas (Basani, 2018).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado de control del reservorio de la planta de agua de la Comunidad Rural Chaglabán en el Cantón Cañar de la provincia del Cañar.

1.3.2 Objetivos específicos

- Levantamiento de información de la literatura de sistemas automatizados en reservorios de plantas de agua para consumo humano.
- Diseñar un sistema automatizado de control que utilice equipos programables, componentes electromecánicos entre otros. Utilizando las variables obtenidas en la medición de campo, del reservorio de agua de la Comunidad Rural Chaglabán.
- Analizar el comportamiento de las variables de diseño del sistema de control para la automatización del reservorio de la planta de agua, mediante un registro histórico de datos.

1.4 Alcance

El alcance del proyecto se enfoca en identificar las necesidades específicas del entorno para diseñar un sistema de automatización eficiente. Esto incluye dimensionar y seleccionar los equipos o dispositivos más adecuados para satisfacer esas necesidades de manera efectiva. Sin embargo, no implica la instalación ni la puesta en funcionamiento del sistema automatizado, por lo que su enfoque es definir los elementos necesarios para su ejecución.

Se aborda la identificación de los componentes técnicos necesarios para la automatización del reservorio, incluyendo dispositivos de medición del nivel de volumen de agua, actuadores para el control de válvulas, sistemas de monitoreo mediante PLC y HMI para llevar un registro histórico de datos. Además, se realiza un análisis de la infraestructura existente y de las necesidades específicas de consumo de agua de la comunidad Chaglabán para asegurar la compatibilidad y eficacia del sistema propuesto.

El diseño del proyecto contempla la integración de tecnologías adecuadas para el entorno, considerando aspectos como la disponibilidad de energía eléctrica. Además, se aplican los protocolos de comunicación y control necesarios para garantizar una supervisión continua del reservorio, asegurando así un funcionamiento eficiente y confiable del sistema automatizado.

Capítulo 2

2. Revisión de la literatura

2.1 Reservorio de un sistema de abastecimiento de agua

Los reservorios para almacenamiento de agua desempeñan un papel muy importante en el proceso de abastecimiento y distribución del líquido, facilitando la regulación entre el suministro continuo y la demanda variable de la población (Jiménez, 2013), como se representa en la Figura 2.1. Estos depósitos, pueden dividirse en dos categorías principales: superficiales y elevados.

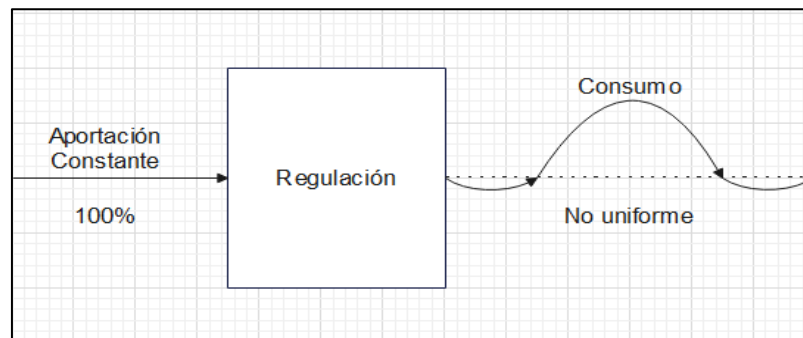


Figura 2.1. Esquema de representación de la funcionalidad de un tanque de almacenamiento en un sistema de abastecimiento de agua. Fuente: Los autores

Los tanques de almacenamiento superficiales, ya sean construidos enterrados, semienterrados o sobre la superficie del terreno (referirse a la Figura 2.2). Están diseñados para almacenar volúmenes considerables de agua, que pueden oscilar entre 5 y 50000 m³. Construidos típicamente con mampostería de piedra o concreto reforzado, se revisten con mortero impermeabilizante o se les añade un aditivo impermeabilizante integral al concreto para garantizar su estanqueidad. Están techados para prevenir la contaminación del agua por agentes externos (Jiménez, 2013).

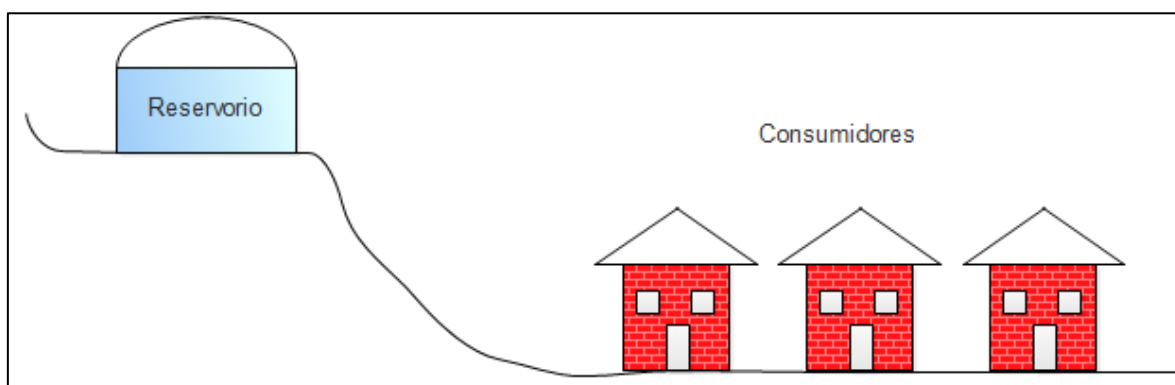


Figura 2.2. Esquema de representación de un reservorio de almacenamiento superficiales. Fuente: Los autores

Por otro lado, los tanques elevados son la solución cuando la topografía del terreno es plana y no proporciona una elevación natural (referirse a la Figura 2.3). Con alturas para su

ubicación, que varían entre 3 y 20 metros, pueden construirse con concreto o acero. Estratégicamente se ubican en una zona central dentro de las localidades, para minimizar las pérdidas por fricción en las tuberías de alimentación, asegurando una presión adecuada en la red de distribución (Jiménez, 2013).

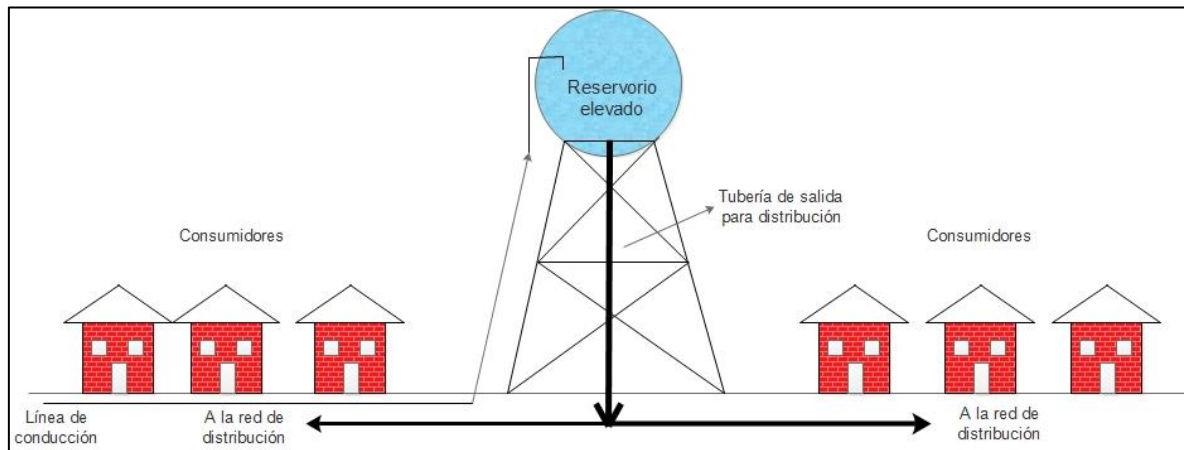


Figura 2.3. Esquema de representación un reservorio de almacenamiento de agua elevado. Fuente: Los autores

Independientemente de su tipo, cuentan con una serie de características y elementos comunes. Además de proporcionar presión a la red de distribución, están equipados con tubos de alimentación, desagüe, demasías y salida, junto con válvulas de flotador, retención y seccionamiento para regular el flujo de agua. Para mantener la calidad del líquido almacenado, se incorporan tubos de ventilación para prevenir la proliferación de bacterias, así como accesos en la losa-tapa para facilitar la inspección y limpieza. Es esencial que cuenten con un "by pass" para asegurar la continuidad del servicio durante las operaciones de mantenimiento (Jiménez, 2013).

2.2 Sistemas de control de procesos

Un sistema de regulación automática cuya salida es una variable como temperatura, presión, flujo, nivel de líquido o potencial de hidrógeno (pH), recibe la denominación de sistema de control de proceso (Almidón & Julian, 2019). Este tipo de control encuentra una amplia aplicación en diversas industrias, como la manufactura, la industria automotriz, la alimentaria, la farmacéutica y la petroquímica, entre otras. En estos sistemas, es común emplear controles programados, como el control del nivel en un tanque de almacenamiento de agua, donde el nivel se ajusta de acuerdo con un programa predefinido. Por ejemplo, dicho programa puede especificar el aumento del nivel de agua hasta alcanzar un valor determinado durante un intervalo de tiempo específico.

2.2.1. Sistemas de control realimentados

Los sistemas de control realimentados mantienen una relación específica entre la salida y la entrada de referencia al compararlas y emplear la diferencia como medio de control (Ogata, 2010). Este tipo de sistemas, comúnmente utilizados en diversas aplicaciones, son esenciales para regular y estabilizar procesos y sistemas en ingeniería y otras áreas. Al monitorear continuamente la diferencia entre la salida y la referencia, el sistema de control realimentado puede ajustar dinámicamente la entrada para mantener la salida dentro de los parámetros deseados. Este enfoque de control proporciona una forma efectiva de mantener la estabilidad y la precisión en sistemas complejos y dinámicos (Ogata, 2010).

2.2.2. Sistemas de control en lazo cerrado

Los sistemas de control realimentados son también conocidos como sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, ambos términos se utilizan indistintamente para describir sistemas donde la salida del sistema es comparada con la entrada de referencia para realizar ajustes y mantener el comportamiento deseado del sistema controlado. Esta capacidad de retroalimentación ayuda a mejorar la precisión, la estabilidad y la robustez del control, siendo fundamentales en aplicaciones que requieren alta precisión y respuesta rápida a cambios en las condiciones operativas.

En un sistema de control en lazo cerrado, el controlador recibe la señal de error de actuación, que representa la diferencia entre la señal de entrada y la señal de retroalimentación, esta última puede ser la señal de salida del sistema o una función de la misma (Referirse a la Figura 2.4). El objetivo es reducir este error y llevar la salida del sistema al valor deseado. Por lo tanto, el término "control en lazo cerrado" implica siempre el uso de una acción de control realimentado para minimizar el error del sistema y alcanzar los objetivos de control establecidos. Este enfoque proporciona una forma eficaz de ajustar y estabilizar sistemas dinámicos en una amplia gama de aplicaciones, desde procedimientos de control industrial hasta procesos biológicos y electrónicos (Ogata, 2010).

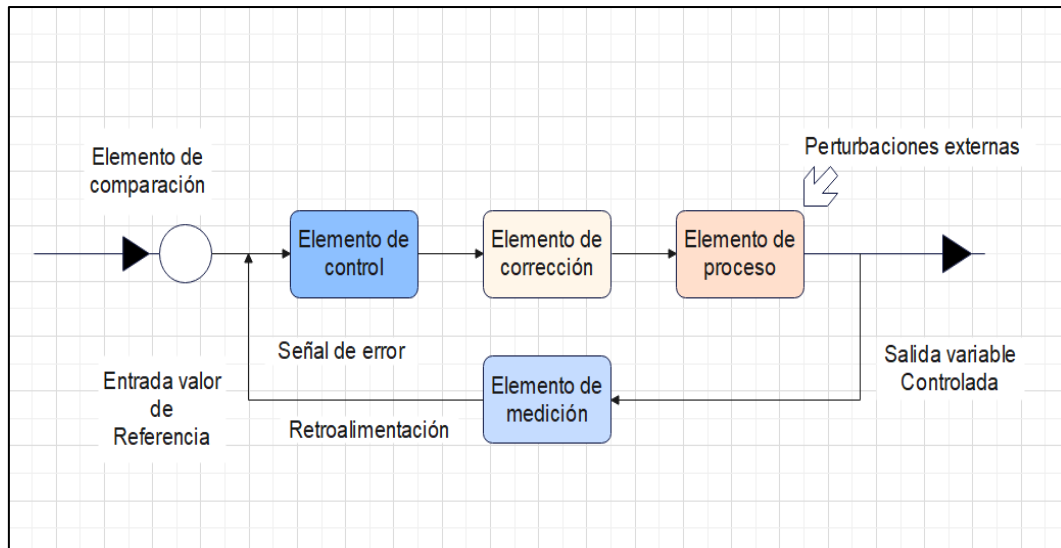


Figura 2.4. Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Fuente: Los autores.

2.2.3. Sistemas de control en lazo abierto

Los sistemas de control en lazo abierto se definen como aquellos en los cuales la salida no influye en la acción de control, como se representa en el diagrama de bloques de la Figura 2.5. En otras palabras, en los procesos de control de lazo abierto no se mide la salida ni se utiliza para compararla con la entrada (Ogata, 2010). Esto implica que la salida no se ajusta en función de las condiciones actualizadas del sistema.

En un sistema de control no retroalimentado, cada entrada de referencia está asociada a una condición de operación predeterminada. Como resultado, la precisión del sistema depende principalmente de la calibración inicial. Sin embargo, ante la presencia de perturbaciones, estos procesos pueden no lograr realizar la tarea deseada de manera eficiente (Ogata, 2010).

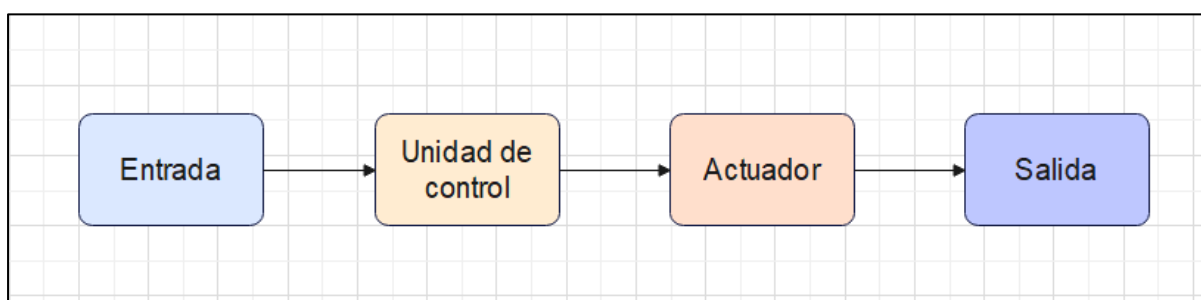


Figura 2.5. Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto. Fuente: Los autores.

En la práctica, el control no realimentado se puede emplear únicamente cuando se conoce con precisión la relación entre la entrada y la salida del sistema, y no hay perturbaciones internas ni externas que puedan afectar su rendimiento. Esto significa que el sistema debe operar en un entorno muy estable y predecible, donde las condiciones no cambian

inesperadamente. De lo contrario, la falta de retroalimentación hará que el sistema no pueda ajustarse a las variaciones, lo que podría llevar a un rendimiento ineficiente o incluso a fallos en la operación. (Ogata, 2010).

Es importante destacar que estos sistemas no constituyen formas de control realimentado. En cualquier sistema de control que opere únicamente en función de una programación temporal, sin utilizar la retroalimentación de la salida para ajustar su comportamiento, se considera un sistema en lazo abierto. Por definición, un sistema en lazo abierto no utiliza la información de la salida del sistema para realizar ajustes en la entrada, lo que significa que no puede corregir errores o adaptarse a cambios en las condiciones operativas. (Ogata, 2010). Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo, es evidentemente un control en lazo abierto (Medrano Cruz, 2012).

2.3 Métodos y técnicas estadísticas para el análisis de datos

En el análisis estadístico de datos, se inicia recopilando información de un grupo de población que posee características de interés para el estudio. Dado que analizar toda la población puede ser impráctico, se selecciona una muestra representativa de esta población para realizar observaciones y análisis detallados. A partir de esta muestra, se determinan parámetros clave como la media muestral, que representa el promedio de los valores observados, y la desviación estándar, que mide la dispersión de los datos alrededor de la media. Además, se calcula la proporción muestral, que indica el porcentaje de la muestra que exhibe una característica específica. Estos cálculos permiten realizar un análisis estadístico exhaustivo, facilitando la comprensión de los patrones y tendencias dentro de la población y proporcionando una base sólida para tomar decisiones informadas y validar hipótesis (Walpole & Myers, 2012).

Parámetros comunes:

- Media poblacional: Promedio de todos los valores en la población.
- Desviación estándar poblacional: Medida de la dispersión de los valores en la población.
- Proporción poblacional: Porcentaje de la población que exhibe una característica específica.
- Mediana poblacional: Valor que se encuentra en el centro de la distribución de la población.

La estadística comprende el conjunto de métodos para recolectar, analizar e interpretar datos con el propósito de tomar decisiones informadas. Dentro de sus herramientas se encuentra

el cálculo de la media muestral, que representa el promedio de un conjunto de datos específicos de una muestra seleccionada de una población más grande. Este valor se utiliza para estimar el promedio poblacional. Por otra parte, la desviación estándar muestral es una medida que indica cuánto se dispersan los datos alrededor de la media muestral, proporcionando información sobre la variabilidad de los datos dentro de la muestra seleccionada (SALAZAR & CASTILLO, 2018).

2.3.1. Cálculo de la Media muestral (\bar{X})

Para obtención de la media muestral de un conjunto de datos, se utiliza la fórmula que suma todos los valores observados en una muestra y luego divide el resultado por el tamaño de la muestra. Matemáticamente, se expresa como:

Ecuación 1: Media muestral.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Ecuación 2. Expresión simplificada de la media muestral.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} : Media muestral

x_i : Valores individuales de la muestra

n : Tamaño de la muestra

Este cálculo proporciona un valor promedio representativo de los datos observados, permitiendo inferir características de la población a partir de la muestra seleccionada. La media muestral es fundamental en estadística para estimar el promedio de una población más amplia basándose en datos limitados pero representativos (Montgomery & Runger, 2003).

2.3.2. Cálculo de la Desviación estándar muestral (s)

Para calcular la desviación estándar s de un conjunto de datos, se utiliza la fórmula que mide la dispersión de los valores respecto a la media muestral. Matemáticamente, se expresa como:

Ecuación 3: Desviación estándar muestral.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

s^2 : Desviación estándar muestral

x_i : Valores individuales de la muestra

\bar{x} : Media muestral calculada previamente

n: Tamaño de la muestra.

Esta medida estadística permite entender cuánto se desvían los datos individuales de la media muestral, proporcionando información sobre la variabilidad de los datos en la muestra. Esto es esencial para evaluar la dispersión de los datos y para realizar inferencias sobre la población basadas en la muestra seleccionada (Montgomery & Runger, 2003).

2.4 Instrumentación

El avance tecnológico en la ciencia contemporánea se ha visto impulsado significativamente por la instrumentación, que ha posibilitado la automatización de procesos industriales. Para el funcionamiento de sistemas automáticos, se requiere elementos capaces de medir y transmitir datos de un entorno o medio de aplicación, permitiendo así la ejecución de acciones de control predefinidas para alcanzar los objetivos deseados. Los instrumentos abarcan una amplia gama, desde dispositivos simples como transmisores y sensores, hasta sistemas más complejos como controladores y analizadores (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

La instrumentación comprende un conjunto de ciencias y tecnologías como: física, informática, ingeniería de control, electrónica, etc. Donde se emplean para medir cantidades físicas o químicas con el propósito de obtener información relevante para su posterior análisis, almacenamiento o aplicación en los sistemas de control automático (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017). Esto se refiere al conjunto de herramientas y métodos utilizados para la adquisición de datos que permiten entender y manipular el comportamiento de sistemas automatizados. Esta disciplina abarca desde la selección y calibración de los dispositivos de medición hasta la interpretación de los datos obtenidos, desempeñando un papel fundamental en diversas áreas como la industria, la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

2.4.1. Codificación de instrumentos

La codificación de instrumentos en procesos despliega un papel esencial en la optimización y organización de sistemas. Al asignar códigos específicos a cada instrumento, se facilita la identificación rápida y precisa, lo que agiliza el mantenimiento, la resolución de problemas y el seguimiento de los datos. Esta práctica promueve una mayor eficiencia operativa al reducir errores, minimizar tiempos de inactividad y mejorar la trazabilidad de los procesos. Además,

contribuye a la estandarización, facilitando la comunicación y el intercambio de información entre diferentes equipos y organizaciones.

2.4.2. Normas ISA

Las normas Instrument Society of America (ISA por sus siglas en inglés) son un conjunto de estándares desarrollados y continuamente actualizados por la Sociedad de Instrumentación de América, con sede en los Estados Unidos. Estas normas tienen como objetivo principal establecer directrices y criterios comunes para la instrumentación utilizada en diversos procesos industriales (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

Una de las funciones principales de las normas ISA es definir la nomenclatura estándar para identificar y nombrar los instrumentos utilizados en los procesos industriales, así como los símbolos utilizados para representarlos. Este sistema de nomenclatura se basa en un código de letras que proporciona información específica sobre cada instrumento y su función en el proceso (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017). Además, de establecer la nomenclatura estándar, las normas ISA también se centran en estandarizar la representación de los elementos del proceso, las variables medidas y las señales generadas por los dispositivos primarios, transductores y convertidores (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017). Esto ayuda a garantizar una comunicación clara y coherente entre los profesionales de la instrumentación y control, así como a facilitar la interoperabilidad entre diferentes sistemas y equipos en el entorno industrial.

2.4.3. Diagrama de proceso e instrumentación

El conocimiento acerca de la instrumentación de un proceso se plasma en un plano conocido como diagrama de proceso e instrumentación. Para su elaboración, se emplearán las normas ISA. En términos generales, al diseñar el diagrama, a cada instrumento se le asigna un icono representado por un círculo que contiene un código alfanumérico denominado "TAG NUMBER" (referirse a la Tabla 2.1 y Figura 2.6). El código debe cumplir con ciertas características específicas, las cuales se detallan a continuación.

Identificación funcional de un instrumento:

- Todas las letras son mayúsculas.
- No utilizar más de 4 letras.
- Identificación del instrumento + funcional.
- La categorización de los símbolos y elementos debe ser alfa numérica, los números representan la ubicación y establecen el lazo de identidad, y la codificación alfabética identifica al instrumento y a las acciones a realizar.

Tabla 2.1. Definiciones de letras empleadas en la identificación funcional de un instrumento en normas ISA.
Fuente: (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

PRIMERA LETRA			LETRAS SIGUIENTES		
VARIABLE MEDIDA O INICIO DE INFORMACIÓN	LETRA MODIFICANTE		FUNCIÓN DE LECTURA PASIVA	FUNCIÓN DE SALIDA	LETRA MODIFICANTE
A	Análisis		Alarma		
B	Flama o quemador		Libre	Libre	Libre
C	Conductividad (eléctrica)			Control	
D	Densidad o peso específico	Diferencial			
E	Voltaje		Elemento primario (sensor)		
F	Flujo	Razón, fracción			
G	Calibre (espesor)		Visor		
H	Manual				Alto
I	Corriente		Indicación		
J	Potencia	Exploración (scan)			
K	Tiempo			Estación de control	
L	Nivel		Luz piloto		Bajo
M	Humedad				Medio o intermedio
N	Libre		Libre	Libre	Libre
O	Libre		Orificio / restricción		
P	Presion o vacío		Punto de prueba		
Q	Cantidad	Integrar o totalizar			
R	Radiactividad		Registrar		
S	Velocidad o frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisor	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Viscosidad			Válvula	
W	Peso o fuerza		Termopozo (rtd, termocupla, etc)		
X	Sin clasificar		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y	Libre			(12 relé, conversor, computador)	
Z	Posición			Actuar, operar o elemento final de control	

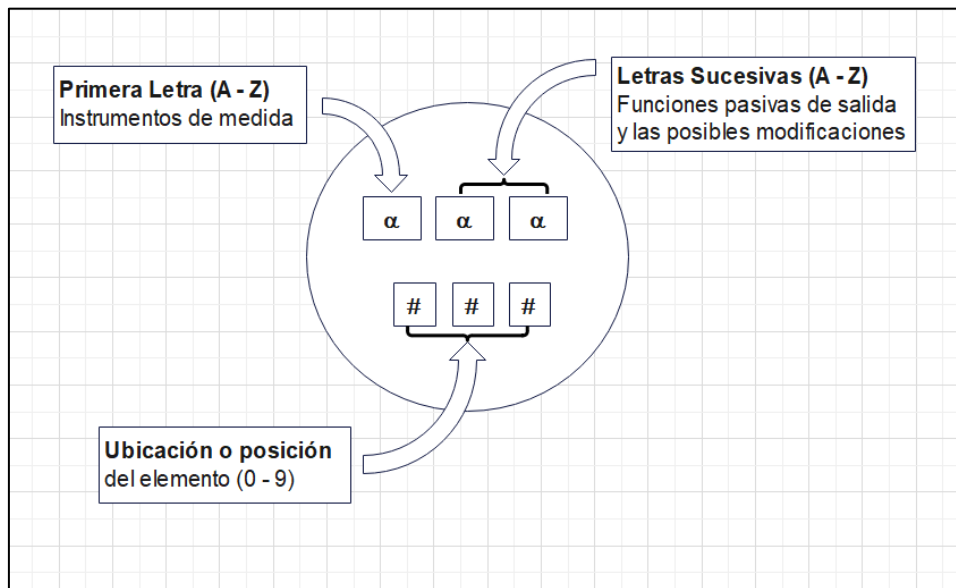


Figura 2.6. Ubicación de las letras en las etiquetas según las normas ISA. Fuente: Los autores.

Las normas ISA sugieren el empleo de determinadas categorías de líneas para representar tanto los flujos de proceso como las señales de instrumentos (referirse a la Figura 2.7). Estas líneas categorizadas facilitan la visualización y comprensión de cómo se interrelacionan los diferentes flujos y señales dentro de un sistema de control industrial.

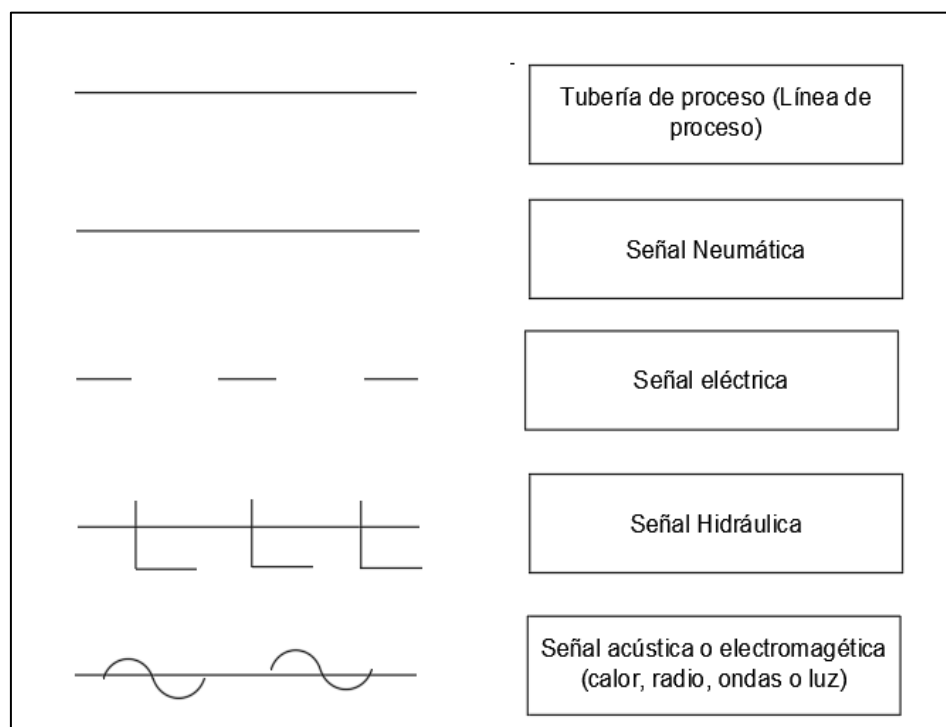


Figura 2.7. Representación de líneas y señales. Fuente: Los autores.

ISA establece símbolos específicos para instrumentos (referirse a la Figura 2.8), diseñados para representar visualmente diferentes tipos de dispositivos de medición y control utilizados en procesos industriales. Estos símbolos proporcionan una representación estandarizada y universalmente reconocida, lo que facilita la interpretación rápida y precisa de diagramas y esquemas técnicos por parte de ingenieros y técnicos.

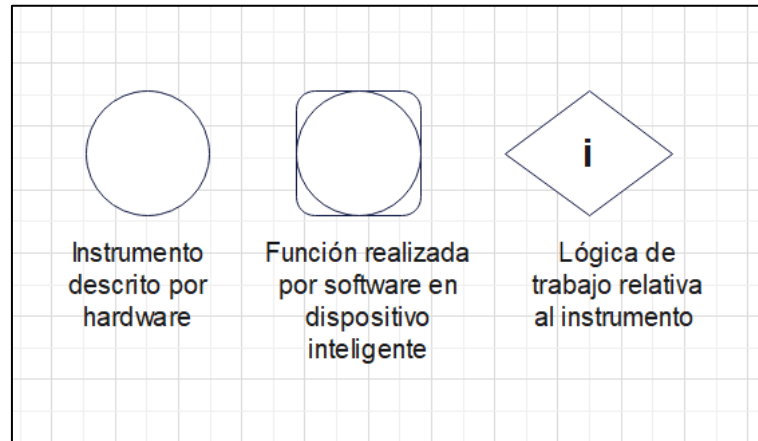


Figura 2.8. Representación de instrumentos. Fuente: Los autores.

Las normas mencionadas anteriormente también establecen símbolos específicos para válvulas (referirse a la Figura 2.9), diseñados para representar visualmente los diferentes tipos de válvulas utilizadas en sistemas industriales. Permitiendo identificar rápidamente el tipo de válvula presente en un proceso, como válvulas de globo, de compuerta, de bola, entre otras. Facilitando la correcta interpretación y comunicación en los diagramas y esquemas técnicos.

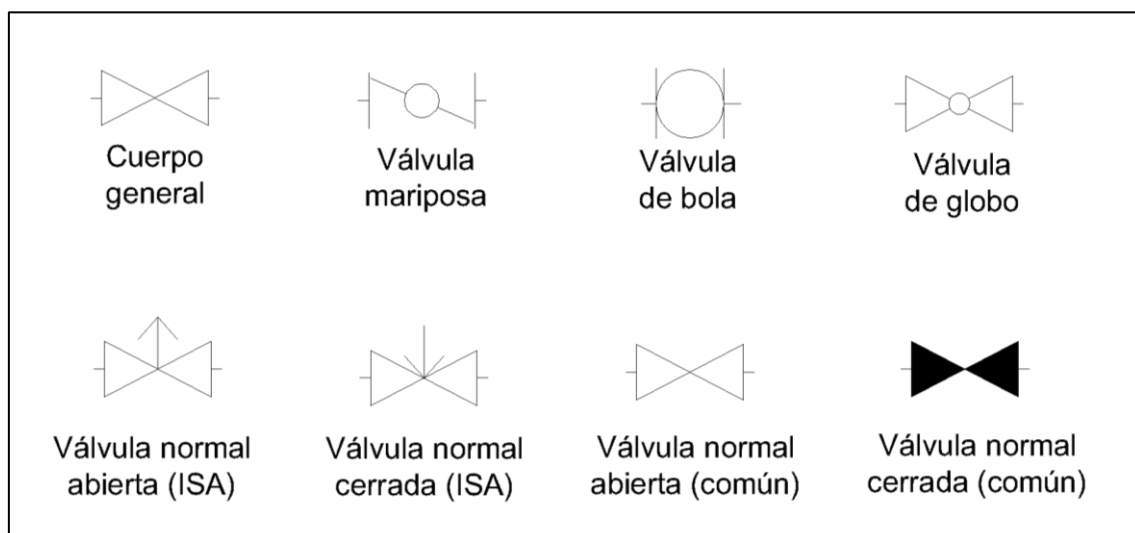


Figura 2.9. Representación de válvulas de control. Fuente: Los autores.

De igual manera ISA define símbolos para actuadores y otros dispositivos (ver Figura 2.10), los cuales representan los componentes utilizados para el control y la operación de válvulas

y otros equipos en un sistema. Estos símbolos permiten visualizar cómo los actuadores, como cilindros neumáticos o eléctricos, interactúan con las válvulas para regular el flujo de fluidos o gases en procesos industriales.

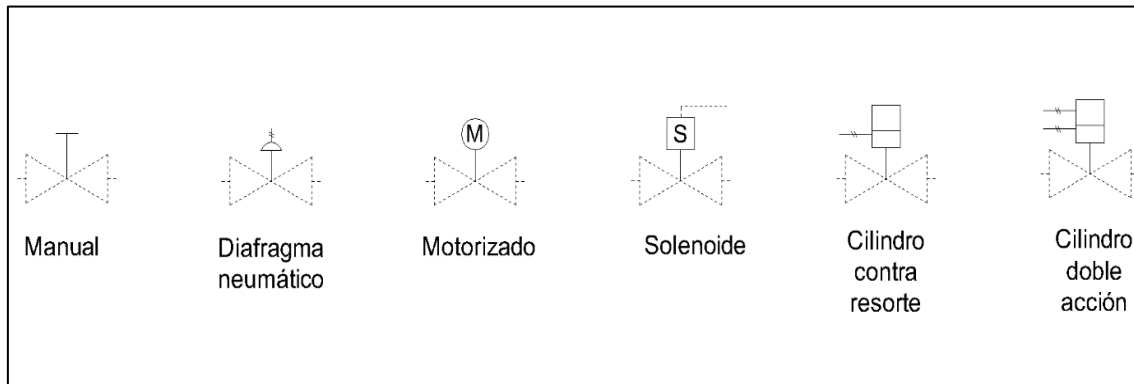


Figura 2.10. Representación de actuadores en normas ISA. Fuente: Los autores.

2.5 Sensores

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio en el que se mide, produce una señal de salida que puede ser convertida en otro tipo de señal, como eléctrica, y que varía o está en función de la magnitud que se pretende medir. Está diseñado para detectar y señalar cambios en condiciones específicas. Dichos cambios pueden referirse a la presencia o ausencia de un objeto o material, lo que se conoce como detección discreta. Además, los sensores son capaces de medir cantidades variables, como variaciones en distancia, tamaño o color, denominadas detecciones analógicas (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017). Permitiendo facilitar la interacción entre el entorno físico con sistemas de medición y control, ya sean de naturaleza eléctrica o electrónica. Su aplicación es amplia, tanto en entornos industriales como no industriales, y se utilizan para propósitos de monitorear, medir, controlar y procesar datos en una variedad de procesos (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

2.5.1. Sensor analógico

Es un dispositivo que produce una señal eléctrica continua en respuesta a un estímulo físico o químico. Esta señal puede ser una corriente o un voltaje que varía de manera proporcional a la magnitud de la variable que está siendo medida. Los sensores analógicos son utilizados en una amplia gama de aplicaciones para monitorear y medir variables como temperatura, presión, nivel, velocidad, entre otras. Su salida puede ser lineal, logarítmica o seguir una función no lineal, y su integración en circuitos permite su correcto funcionamiento en el sistema en el que están instalados (Medrano Cruz, 2012).

2.5.2. Señal analógica

Es una señal definida en un intervalo continuo de tiempo cuya amplitud puede adoptar un intervalo continuo de valores (Ogata, 1995). La Figura 2.11, muestra una señal analógica en tiempo continuo.

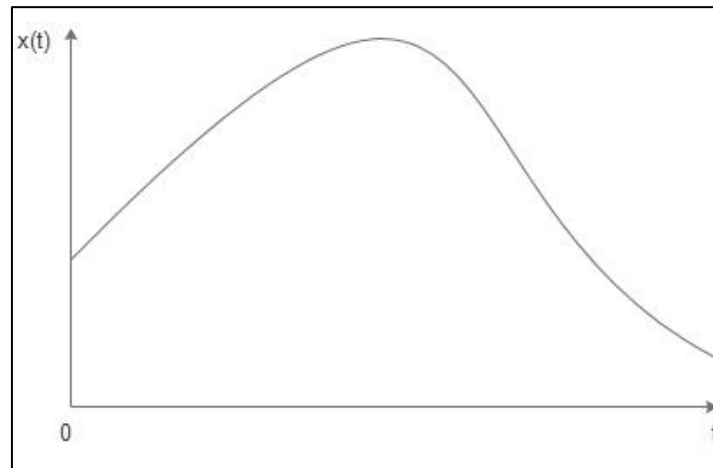


Figura 2.11. Señal analógica en tiempo continuo. Fuente: Los autores.

2.5.3. Sensor digital

Es un dispositivo que detecta y registra información en forma de señales discretas o digitales, representando estados binarios como encendido o apagado (1 o 0). Estas señales son generadas en respuesta a estímulos físicos o químicos y pueden ser procesadas y almacenadas electrónicamente. Estos elementos son ampliamente utilizados en sistemas de control y monitoreo, así como en dispositivos electrónicos de consumo, destacan por su precisión, confiabilidad y capacidad para integrarse con circuitos digitales y computadoras (Medrano Cruz, 2012).

2.5.4. Señal digital

Es una señal en tiempo discreto con amplitud cuantificada. Dicha señal se puede representar mediante una secuencia de números, por ejemplo, en la forma de números binarios. La Figura 2.12, muestra una señal discreta. Es claro que está cuantificada tanto en amplitud como en tiempo. El uso de un controlador digital requiere de la cuantificación de las señales tanto en amplitud como en tiempo (Ogata, 1995).

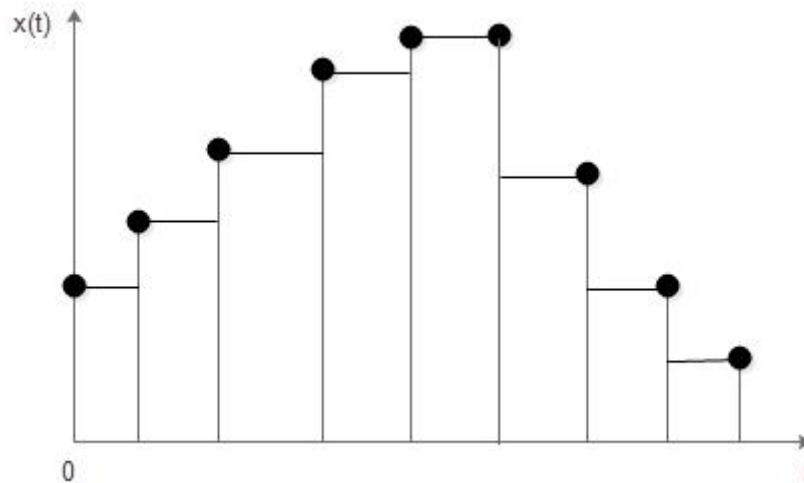


Figura 2.12. Señal digital. Fuente: Los autores.

2.6 Criterios de selección de sensores

La selección de un sensor puede ser tanto simple como desafiante, pero siempre se busca hacer una elección acertada. Esto se debe a que los sensores, especialmente en contextos científicos o de ingeniería, pueden ser determinantes para obtener mediciones precisas y confiables, lo que a su vez influye en la calidad y credibilidad de los resultados obtenidos. Al elegir un sensor es primordial garantizar mediciones exactas con una incertidumbre aceptable (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

Al momento de elegir un sensor, es imprescindible considerar diversos criterios que incluyen:

- Exactitud
- Precisión
- Rango de funcionamiento
- Velocidad de respuesta
- Calibración
- Fiabilidad

Exactitud

Se busca que la medición sea lo más cercana posible al valor verdadero de la variable, sin errores sistemáticos positivos o negativos. Se espera que, en varias mediciones, el promedio del error tienda a cero (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

Precisión

La precisión en un sensor se refiere a la capacidad del dispositivo para proporcionar mediciones consistentes y reproducibles, es decir, que los resultados obtenidos sean

cercanos entre sí cuando se realizan múltiples mediciones de la misma variable en las mismas condiciones. Por lo tanto, un sensor preciso es aquel que puede ofrecer mediciones con una dispersión mínima en los valores obtenidos, lo que indica que las mediciones son confiables y tienen una baja variabilidad aleatoria (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

Rango de funcionamiento

Debe tener un amplio rango de funcionamiento, lo que significa que debe ser capaz de detectar y medir una amplia gama de valores de la variable de interés. Además, debe mantener su exactitud y precisión en todo ese rango, es decir, que las mediciones realizadas por el sensor deben ser precisas y confiables en cualquier punto dentro del rango de funcionamiento del sensor (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

Velocidad de respuesta

El sensor debe ser capaz de detectar y responder rápidamente a los cambios en la variable medida. Lo ideal sería una respuesta instantánea. Por lo que este criterio se relaciona al tiempo que tarda el sensor en proporcionar una salida o respuesta adecuada cuando la variable de interés experimenta una variación (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

Calibración

El sensor debe ser fácil de calibrar, con procedimientos y tiempos mínimos para llevar a cabo dicho proceso. Además, es importante que el sensor no requiera una recalibración frecuente. La "desviación" es un término comúnmente utilizado para señalar la pérdida gradual de precisión del sensor, debido al uso a lo largo de su vida útil, lo que eventualmente puede requerir recalibración (Medrano Cruz, 2012).

Fiabilidad

Es fundamental que el sensor sea altamente confiable y no sujeto a fallos frecuentes durante su funcionamiento continuo (Medrano Cruz, 2012).

2.7 Clasificación general de sensores

Los sensores abarcan una amplia gama de clasificaciones que dependen en gran medida de su aplicación específica. Esta variedad se manifiesta en la Tabla 2.2, donde se presenta una clasificación de los sensores según su principio de funcionamiento.

Tabla 2.2. Clasificación de sensores. Fuente: (Medrano Cruz, 2012).

SENSORES	TIPO
Sensor de temperatura	Termocuplas, Termistores: NTC, PTC, RTD.
Sensor de deformación	Galgas extensiométricas.
Sensores de presión	Capacitivos, Inductivos.
Sensores de flujo-caudal	Presión diferencial, Mecánico, Termal.
Sensor de torque	Inductivos a desplazamiento de fase.
Sensor de nivel	Presión. Pesado. Flotadores.
Sensores de desplazamiento lineal y angular	Reluctivos o LVDT, Codificadores Lineales (Encoders Incrementales)
Sensores de velocidad, aceleración, vibraciones	Electromagnéticos, Ópticos. Acelerómetros, Servo asistidos
Sensores de sonido	Hidrófonos, Ultrasónicos, Infrasonicos
Sensores de luz	Fototransistores (LDR), Piroeléctricos.
Sensores de proximidad	Luz visible o Infrarroja, Microondas.
Sensores de humedad	Higrométricos, Psicrométricos.
Sensores magnéticos	Hall, Magnetoresistivos
Sensores químicos	Catarómetros, Catalíticos, A Fibra óptica

2.7.1. Sensores ultrasónicos

Es un dispositivo que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para detectar la presencia o la distancia de objetos en su entorno. Este tipo de sensor emite pulsos de ultrasonido, que son ondas sonoras con frecuencias por encima del límite audible para los humanos, generalmente en el rango de los 20 kHz a los 200 kHz (Medrano Cruz, 2012). Como se representa en la Figura 2.13.

Su estructura básica suele incluir un emisor y un receptor de ultrasonidos integrados en un único dispositivo, o bien, en algunos casos, estos componentes pueden estar separados. El emisor genera pulsos de ondas ultrasónicas que se propagan en el medio circundante, como el aire, y al encontrar un objeto, se reflejan en él. Estas ondas reflejadas son detectadas por el receptor del sensor ultrasónico.

El tiempo que transcurre desde que el emisor envía un pulso ultrasónico hasta que el receptor detecta el eco reflejado se utiliza para calcular la distancia entre el sensor y el objeto. Esta medición se realiza empleando la velocidad conocida del sonido en el medio de propagación (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

El alcance de medida de distancia de los sensores ultrasónicos puede variar dependiendo del diseño específico del sensor y la aplicación para la que se utilice. Sin embargo, en general, los sensores ultrasónicos pueden tener un rango de detección que va desde unos pocos centímetros hasta los 8 metros (Medrano Cruz, 2012).

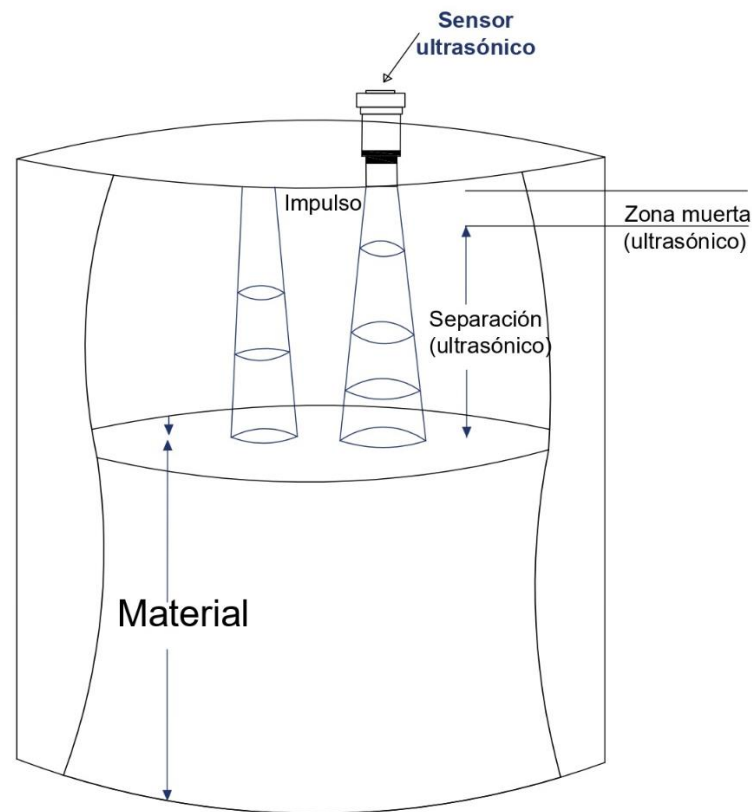


Figura 2.13. Representación del funcionamiento de un sensor ultrasónico. Fuente: Los autores.

Es importante destacar que el sensor ultrasónico es capaz de detectar objetos sin necesidad de contacto físico directo, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para diversas aplicaciones donde la detección remota y la medición precisa son fundamentales. Además, su capacidad para operar independientemente de factores como el color, la textura o el material del objeto lo hace extremadamente versátil en una variedad de entornos y escenarios (Gwirc, 1998).

2.8 Actuadores

Los actuadores son dispositivos esenciales en el control automatizado de los procesos industriales, encargados de convertir energía hidráulica, neumática o eléctrica en acciones concretas para influir en un proceso específico. Estos componentes reciben instrucciones de un regulador o controlador y responden generando la señal necesaria para activar elementos finales de control, como válvulas (Gutiérrez Hinstroza & Iturralde Kure, 2017).

En cada proceso, se requiere al menos un actuador final para regular el suministro de energía o materiales y modificar las señales de medición correspondientes. Aunque las válvulas son los actuadores más comunes, también se utilizan correas, reguladores de velocidad de motores, posicionadores y otros dispositivos. La selección del tipo de actuador adecuado para un proceso particular implica comprender la acción requerida y la velocidad de ejecución deseada, asegurando así un control preciso y eficiente del sistema. (Gutiérrez Hinestroza & Iturralde Kure, 2017).

2.8.1. Electroválvulas

Una electroválvula, o válvula solenoide, es un dispositivo eléctrico que regula el flujo de un fluido al controlar su paso a través de él. Su funcionamiento se basa en el principio de la Ley de Ampere, que establece que la circulación de corriente eléctrica a través de un solenoide (una bobina de alambre) genera un campo magnético alrededor del mismo. Este campo magnético atrae la armadura de la electroválvula, lo que permite que el fluido pase a través de la válvula. Una vez que se interrumpe la corriente eléctrica, la armadura vuelve a su posición inicial, cerrando la válvula y deteniendo el flujo de fluido. Las electroválvulas más comunes son las de dos vías, las cuales pueden estar completamente abiertas o completamente cerradas, y son ampliamente utilizadas en la industria de la automatización y en sistemas de riego para controlar el suministro de agua de manera precisa (Serrano Morales, 2021).

2.9 Controlador lógico programable (PLC)

Es un dispositivo electrónico que emplea memoria programable para almacenar directrices relacionadas con la ejecución de varias funciones específicas. Estas funciones pueden incluir operaciones lógicas, secuencias de acciones, requerimientos temporales, contadores y cálculos necesarios para supervisar y controlar diferentes tipos de máquinas y procesos mediante módulos de entradas y salidas tanto analógicos como digitales (Daneri, 2008).

2.10 Interfaz hombre máquina (HMI)

Es un dispositivo o sistema que permite la interacción entre un operador humano y una máquina o sistema automatizado. El HMI proporciona una interfaz gráfica o de texto que permite al operador controlar y monitorear el funcionamiento de la máquina o proceso (Medrano Cruz, 2012).

La comunicación que se encuentra entre las señales y dispositivo en un ordenador por medio de tarjetas de entradas y salidas son (referirse a la Figura 2.14):

- PLC's

- RTU
- DRIVE's

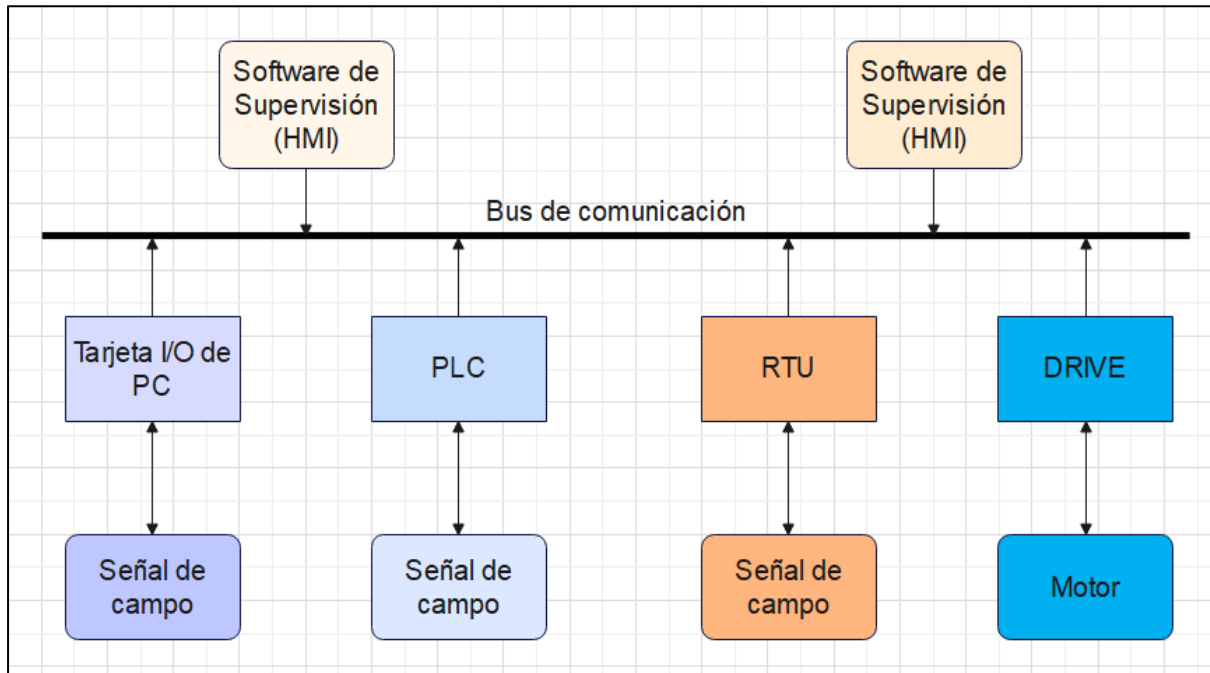


Figura 2.14. Estructura de un sistema HMI. Fuente: Los autores.

2.11 Funciones del HMI

Monitoreo. - es el proceso de supervisar, observar y evaluar continuamente un sistema, proceso o actividad para recopilar datos relevantes sobre su rendimiento, funcionamiento o estado.

Supervisión. - Se refiere al control y monitoreo continuo de los sistemas automatizados para garantizar que funcionen correctamente y cumplan con los objetivos establecidos. Esto implica el seguimiento de diversos parámetros, datos y resultados para detectar cualquier desviación o problema en el proceso automatizado.

Control de un sistema. - Se fundamenta en la utilización de funciones o algoritmos para ajustar los valores de los procesos y mantenerlos dentro de rangos predeterminados. Supera el control de supervisión, eliminando la necesidad de intervención humana. El control de un sistema se refiere al proceso de influir o regular el comportamiento, la operación o la salida de dicho sistema para que se ajuste a ciertos criterios, objetivos o estándares deseados.

Alarmas. - Son señales que se activan cuando se detecta una condición o situación anormal, peligrosa o fuera de los límites preestablecidos. Estas alarmas se utilizan para alertar a los usuarios u operadores sobre problemas potenciales o emergencias que requieren atención inmediata.

Históricos. - Es la habilidad de presentar información recabada que puede ser almacenada en documentos los datos de un procedimiento a una frecuencia específica, esta información es muy beneficiosa cuando se busca mejorar la eficiencia y corregir procedimientos.

2.12 Tareas de un software de supervisión y control

El proceso de control y supervisión de un sistema involucra varias etapas clave. Es necesario establecer una comunicación efectiva con diferentes dispositivos de campo para recopilar datos relevantes. Una vez obtenidos estos datos, es fundamental actualizar las bases de variables del proceso para mantener la información actualizada. Posteriormente, se procede a visualizar estas variables a través de pantallas animadas del proceso, lo que permite una mejor comprensión y monitoreo de la situación. Además, se debe permitir al usuario enviar señales al proceso mediante diferentes dispositivos, como botones o teclados, para realizar ajustes o intervenciones según sea necesario. Otra tarea importante es controlar los niveles de alarmas y tomar medidas inmediatas en caso de que alguna variable falle o se desvíe de los parámetros establecidos. Además, es esencial almacenar datos para generar historiales que puedan ser utilizados posteriormente en análisis estadísticos y para mejorar el control del proceso. Por último, se realiza una supervisión continua y limitada de ciertas variables del proceso para asegurar un funcionamiento óptimo y prevenir posibles problemas (Chacon, 2001).

2.13 Protocolos de comunicación industrial

Son conjuntos de reglas y estándares que establecen cómo deben intercambiarse datos entre dispositivos y sistemas en entornos industriales. Estas normativas definen la estructura, el formato y otros aspectos de la comunicación digital para garantizar una interoperabilidad entre diferentes equipos y tecnologías utilizadas en la industria.

2.13.1. Protocolo de comunicación Profibus

PROcess Field BUS (PROFIBUS por sus siglas en inglés) es un estándar de comunicación utilizado en sistemas de automatización industrial para interconectar dispositivos y controladores en una red de campo. Desarrollado por la Asociación de Tecnología de Automatización (Automation Technology Association) y se ha convertido en uno de los protocolos de comunicación más ampliamente utilizados en la industria (Pardo & Toro, 2015). Por lo que, se utiliza para la comunicación entre dispositivos de campo, como sensores, actuadores, instrumentos de medición y unidades de control, y el sistema de control central, que puede ser un PLC u otro dispositivo de control.

2.13.2. Protocolo de comunicación Profinet

Profinet es un protocolo de comunicación Ethernet industrial utilizado para la comunicación en tiempo real entre dispositivos en entornos de automatización industrial. Proporciona velocidades de comunicación más rápidas y una mayor capacidad de datos en comparación con otros protocolos de comunicación de campo, como Profibus (Pardo & Toro, 2015).

2.13.3. Protocolo de comunicación Ethernet

Es un conjunto de estándares de comunicación de redes de área local (LAN) que define cómo los dispositivos en una red pueden comunicarse entre sí mediante el envío y recepción de paquetes de datos. Los protocolos de comunicación Ethernet establecen las reglas y procedimientos que gobiernan la transmisión y recepción de datos en una red Ethernet (Rodríguez et al., 2005).

2.13.4. Programación en WINCC FLEXIBLE

Es una plataforma de software utilizada en la automatización industrial para supervisar y controlar procesos por medio de una pantalla HMI. Es una herramienta versátil que permite a los operadores monitorear el rendimiento de las máquinas, emitir avisos generados dentro del control de una automatización y los procesos de producción en tiempo real (Arenas & Londoño, 2017).

2.14 Programación en Ladder (LAD)

Es conocida como Lenguaje de Diagrama de Escalera (LD), es un lenguaje de programación utilizado comúnmente en la programación de PLC en la automatización industrial. El término "Ladder" (escalera en inglés) proviene de la apariencia visual que tiene el código cuando se representa gráficamente: las líneas horizontales representan las líneas de alimentación y las líneas verticales representan los contactos, bobinas y otros elementos de control. La programación en Ladder se basa en la lógica de relés eléctricos, que históricamente es la tecnología que precedió en los equipos programables. Se utiliza para diseñar y controlar secuencias de operaciones en máquinas o procesos industriales (Páez et al., 2015).

2.15 Programación en diagramas de bloques (FBD)

Es una herramienta gráfica empleada en la automatización industrial y en los PLC, comúnmente utilizada en los módulos LOGO de Siemens. Además, su facilidad de uso y visualización lo convierte en una opción popular para diseñar y mantener sistemas de control complejos (SIEMENS, 2024).

Representación Gráfica:

- FBD utiliza bloques gráficos que representan funciones, operaciones o componentes del sistema de control.
- Los bloques se conectan mediante líneas que representan el flujo de señales o datos entre ellos.

Bloques de Función:

- Bloques Lógicos: AND, OR, NOT, etc.
- Bloques Aritméticos: Suma, resta, multiplicación, división.
- Temporizadores: ON delay, OFF delay, retentivos.
- Contadores: Incrementales, decrementales.
- Comparadores: Igual, mayor que, menor que.

Entradas y Salidas:

- Cada bloque de función tiene entradas y salidas.
- Las entradas son puntos donde se introducen datos o señales.
- Las salidas son puntos donde se envían los resultados de la operación del bloque.

Conexiones:

- Las conexiones se realizan mediante líneas que unen las entradas y salidas de los bloques.
- Estas líneas muestran cómo fluye la información de un bloque a otro.

2.16 PLC LOGO

Es un controlador lógico programable compacto y modular diseñado por Siemens, que se utiliza principalmente para automatizar y controlar procesos industriales y aplicaciones domésticas. Su versatilidad y facilidad de uso lo hacen ideal para tareas de automatización simples y medianamente complejas. El LOGO integra funciones de conmutación y control en un solo dispositivo, permitiendo la programación y configuración mediante un software intuitivo. Es conocido por su fiabilidad, flexibilidad y capacidad de expansión, lo que lo convierte en una solución eficiente para la automatización de sistemas en diversos sectores (SIEMENS, s. f.).

Características integradas del PLC LOGO:

- Visualización y unidad de operación.
- Fuente de alimentación.

- Control.
- Interfaz para módulo de ampliación.
- Temporizador.
- Marcas binarias.
- Interfaz para módulos de programación y cable de PC.
- Determinadas entradas y salidas E/S.

Mediante el LOGO se resuelven diferentes tareas como en la instalación y el ámbito doméstico (alumbrado de escaleras, luz exterior, persianas, etc.), así como en la construcción de máquinas y de aparatos (p.ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua, etc.).

2.17 LOGO Soft Comfort V8.3

Es un software de programación utilizado para crear, simular y probar programas de control para los módulos lógicos LOGO de Siemens (SIEMENS, 2024). La versión 8.3 incluye varias características y mejoras entre las cuales se tiene:

Interfaz Amigable:

- Programación mediante arrastrar y soltar para crear programas de control fácilmente.
- Entorno de programación gráfico.

Simulación y Pruebas:

- Modo de simulación para probar programas sin necesidad de hardware físico.
- Monitoreo y modificación de valores de proceso durante la simulación.

Funciones de Programación:

- Soporte para varios lenguajes de programación (LAD, FBD, UDF).
- Conjunto completo de funciones para crear programas de control complejos.

Redes y Comunicación:

- Capacidad de integrar módulos LOGO en redes de comunicación.
- Compatibilidad con distintos protocolos de comunicación para intercambio de datos.

Documentación y Gestión de Proyectos:

- Herramientas para documentar y gestionar proyectos de manera eficiente.
- Generación de informes detallados sobre los programas de control.

2.18 Software ARDUINO IDE

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE por sus siglas en inglés), utilizado para escribir, compilar y cargar programas en las placas Arduino. Este software libre y de código abierto es una herramienta fundamental para trabajar con las plataformas Arduino, además, facilita el desarrollo de proyectos de electrónica y programación de una manera accesible (ARDUINO IDE, 2024).

La interfaz de usuario incluye un editor de código con resaltado de sintaxis para el lenguaje de programación basado en C/C++. El IDE también integra un compilador que convierte el código escrito en lenguaje de alto nivel a instrucciones de máquina comprensibles por una placa Arduino seleccionada. Además, proporciona acceso a una serie de librerías estándar que simplifican tareas comunes, como la manipulación de pines, la gestión del tiempo y la comunicación serie (ARDUINO IDE, 2024).

Para facilitar el desarrollo, el IDE permite seleccionar y configurar la placa Arduino específica que se utilice, así como gestionar las bibliotecas adicionales necesarias para el proyecto. Una vez escrito y compilado el código, el programa facilita la carga del código resultante en la placa Arduino a través de un cable USB u otros métodos de conexión según el modelo. Para la depuración, incluye herramientas como el monitor serie, que permite enviar y recibir datos entre la placa Arduino y la computadora para la verificación y corrección de errores (ARDUINO IDE, 2024).

Capítulo 3

3. Metodología

3.1 Características del reservorio de agua

En el diagrama de bloques de la Figura 3.1 y el esquema de la Figura 3.2 se muestra el proceso de funcionamiento del reservorio de agua de la comunidad Chaglabán. El cual funciona como un sistema en lazo cerrado y está constituido de una válvula de regulación, para el control de ingreso de agua en el reservorio, cuyo volumen se registra e indica mediante un contador de 1 ¼ pulgadas de diámetro (referirse a la Figura 3.5). El nivel máximo de llenado del tanque de almacenamiento se controla mediante una boya de nivel que acciona el mecanismo de cierre de una válvula normalmente abierta que a su vez regula el flujo de agua de acuerdo al nivel del mismo.

En la salida se encuentran tres tuberías de distribución, de las cuales sólo una se encuentra operativa. Debido a que los usuarios de las otras dos tuberías de distribución ya no pertenecen al sistema de abastecimiento de agua. A la tubería en funcionamiento se encuentra acoplada una válvula de compuerta (referirse a Figura 3.8), para controlar el suministro de agua a la comunidad.

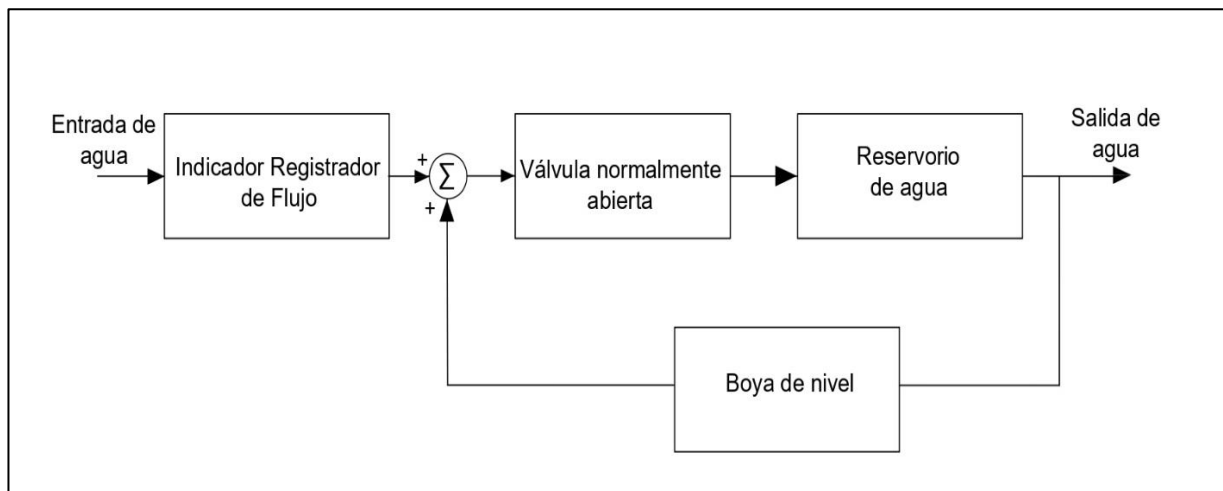


Figura 3.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del reservorio de agua. Fuente: Los autores.

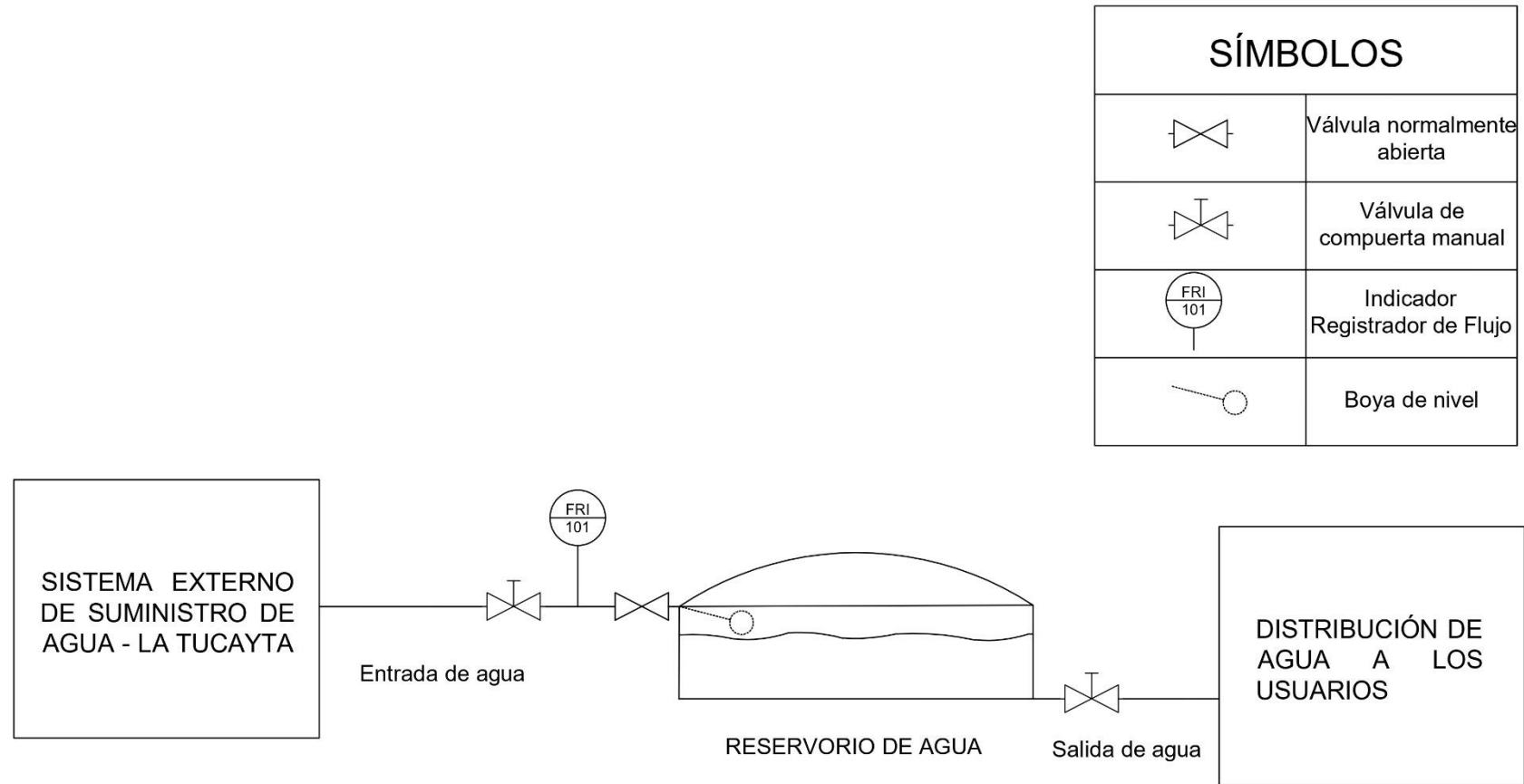


Figura 3.2. Diagrama de procesos del estado previo a la automatización del reservorio. Fuente: Los autores.

El tanque de almacenamiento es superficial semienterrado, tiene una forma cilíndrica de cuerpo y una cubierta tipo casco esférico, cuyo diámetro es de 4,20 metros y una profundidad de 2,20 metros, desde la tapa de la cubierta hasta el fondo del tanque. La altura de la sección del cuerpo cilíndrico es de 1,54 metros. Como se puede observar en la Figura 3.3.



Figura 3.3. Reservorio de agua de la comunidad Chaglabán. Fuente: Los autores.

En la Figura 3.4, se presenta el diagrama de medidas del reservorio, junto con sus elementos. En primer plano, destaca el área del tanque de almacenamiento. Además, se distingue una caseta de herramientas adyacente. Donde se encuentran herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo tareas de inspección y mantenimiento. En una esquina, se sitúa una caja que contiene el medidor de agua con su respectiva válvula y en la parte inferior una válvula para regular la salida del flujo de agua. Finalmente, se observa un poste donde se conecta la línea de baja tensión ubicado cerca del tanque. Este poste garantiza el suministro de energía necesario para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y electrónicos que se instalan en el área.

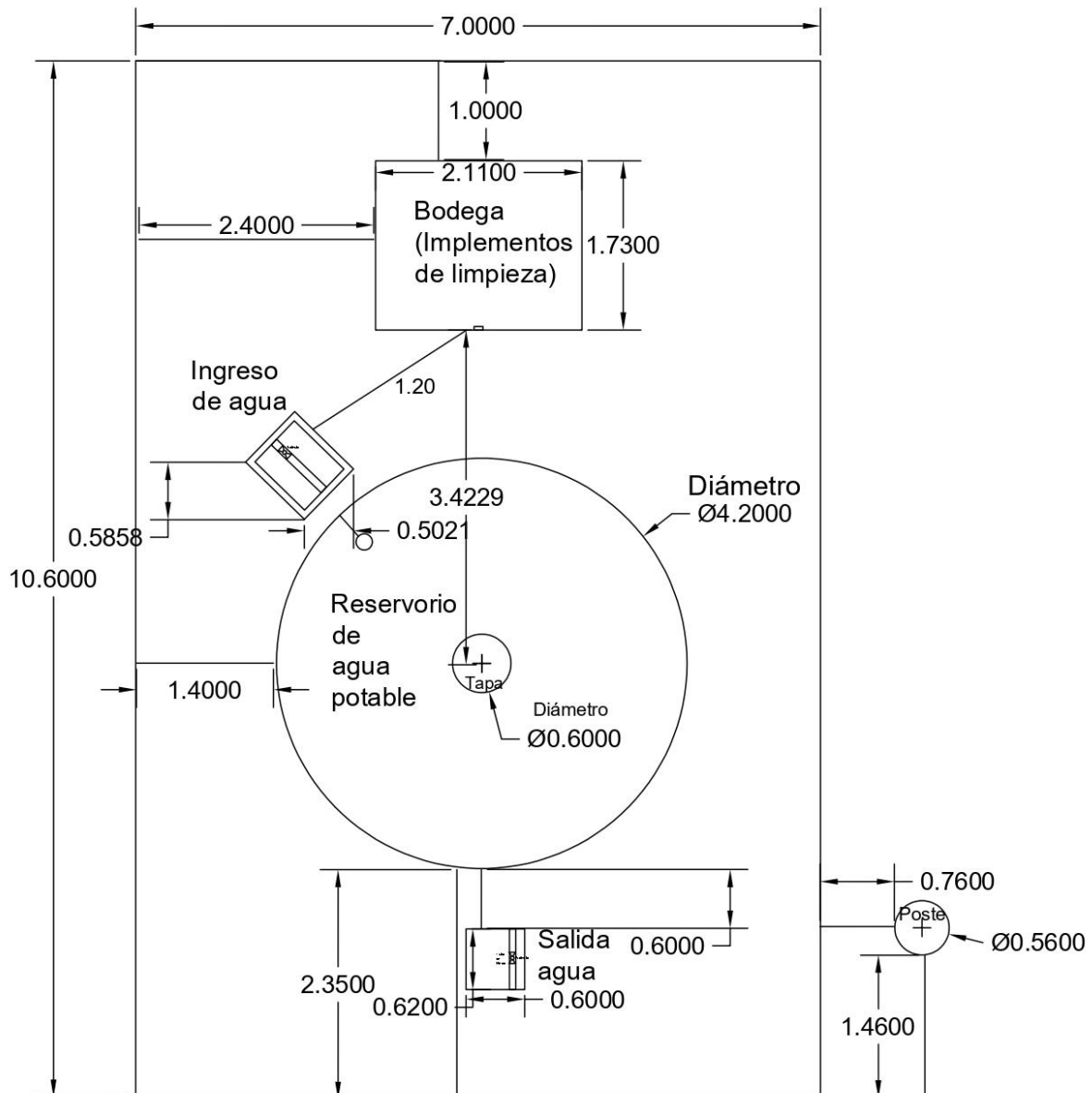


Figura 3.4. Plano de planta que muestra las dimensiones del reservorio de agua. Fuente: Los autores.

En la Tabla 3.1, se ordenan las dimensiones de cada uno de los elementos con sus respectivas unidades de medida.

Tabla 3.1. Dimensiones del reservorio de agua, referente al esquema de la Figura 3.4. Fuente: Los autores.

#	ELEMENTOS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
1	Diámetro del tanque	D_T	4,20	m
2	Radio del tanque	R	2,10	m
3	Altura del tanque	H	1,54	m
4	Largo del terreno	L_T	10,6	m
5	Ancho del terreno	H_T	7	m
6	Diámetro de la tapa de ingreso al tanque	D_t	0,60	m
7	Largo de la casa de herramientas	L_c	2,11	m
8	Ancho de la casa de herramientas	A_c	1,73	m
9	Diámetro del poste de hormigón	D_p	0,56	m

Utilizando las dimensiones proporcionadas anteriormente, se procede al cálculo del volumen del tanque de agua mediante la Ecuación 4.

Ecuación 4: Volumen de un cilindro.

$$V = \pi * R^2 * H$$

Ecuación 5: Diámetro de una circunferencia.

$$D = 2 * R$$

Donde:

V: Volumen del tanque en metros cúbicos

D: Diámetro del tanque en metros

R: Radio del tanque en metros

H: Altura del tanque en metros

$$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * H$$

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * H$$

$$V = \pi * \frac{4.20^2}{4} * 1,54$$

$$V = 21,3358 \text{ m}^3$$

$$1\text{m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$V = 21335,8 \text{ litros}$$

La entrada de agua consta de una tubería de presión PVC roscable de una pulgada y media (1 ½ plg), en la cual se encuentra acoplado un contador de volumen de agua. De igual

manera, se encuentra una válvula de compuerta de una pulgada y cuarto (1 ¼ plg), para la apertura y cierre del flujo en el tanque, como se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Elementos de la entrada de agua para el reservorio. Fuente: Los autores.

Las especificaciones técnicas de las tuberías de presión se detallan de manera comprensible en la Tabla 3.2, donde se proporciona información sobre el diámetro, código y presión correspondientes a diferentes tamaños de tuberías en pulgadas.

Tabla 3.2. Especificaciones técnicas de tuberías de presión PVC roscable.
Fuente: (PLASTIGAMA, s. f.).

DIÁMETRO (PLG)	CÓDIGO.	DIÁMETRO EXTERIOR	ESPESOR	DIÁMETRO INTERIOR	PRESIÓN DE TRABAJO		
plg	-	mm	mm	mm	psi	Mpa	kg/cm ₂
1/2	926092	21.34	3.73	13.88	420	2.90	29.5
3/4	926094	26.67	3.91	18.85	340	2.34	23.9
1	926091	33.40	4.55	24.30	320	2.21	22.5
1 1/4	926090	42.16	4.85	32.46	260	1.79	18.3
1 1/2	926089	48.26	5.08	38.10	240	1.65	16.9
2	926093	60.32	5.54	49.24	200	1.38	14.

En la Tabla 3.3, se presentan las especificaciones técnicas de las roscas de las tuberías de presión, incluyendo detalles sobre el diámetro, longitud de la rosca y número de hilos por pulgadas.

Tabla 3.3. Especificaciones de roscas para tuberías de presión PVC roscable.
Fuente: (PLASTIGAMA, s. f.).

DIÁMETRO DEL TUBO	LONGITUD BÁSICA DE ROSCA EXTERIOR ÚTIL	NÚMERO
plg	mm	Hilos/plg
1/2	13,56	14
3/4	13,86	14
1	17,34	11,5
1 1/4	17,95	11,5
1 1/2	18,38	11,5
2	19,22	11,5

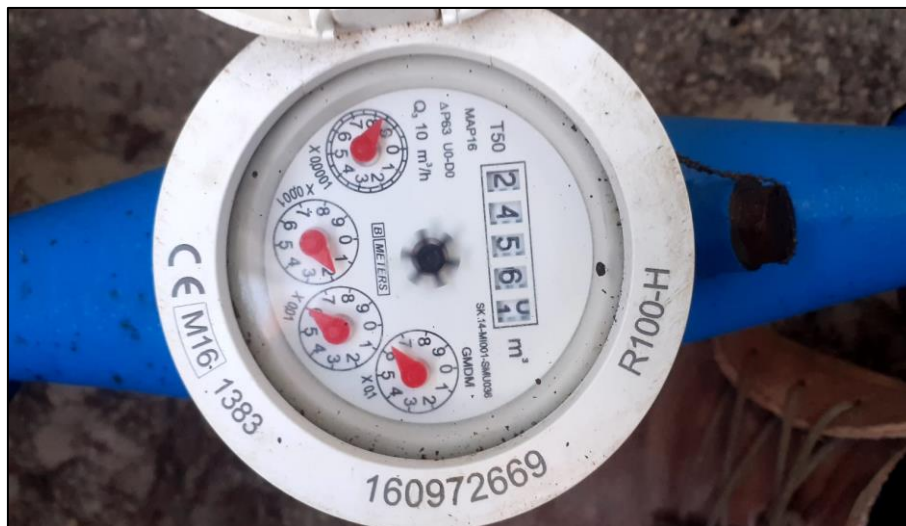


Figura 3.6. Contador de volumen de agua en el reservorio. Fuente: Los autores.

La Tabla 3.4, proporciona una detallada descripción de las especificaciones técnicas y características del contador. Incluye información como la capacidad del caudal, precisión de medición, lectura mínima, máxima y la presión de trabajo. Esta ficha de datos es fundamental para comprender las capacidades y limitaciones del contador de volumen, facilitando la selección adecuada y el uso eficiente en diversas aplicaciones.

Tabla 3.4. Ficha de datos del contador de volumen de agua tipo: 160972669, R100-H, CE [M16] 1383. Fuente: (CIA & BMETERS, s. f.).

DESCRIPCIÓN	DATOS Y DIMENSIONES HIDRÁULICAS	UNIDAD
Medida nominal	DN32 (1 ¼ plg)	Mm (plg)
Caudal de sobrecargas (Qs)	12,5	m³/h
Caudal permanente (Qp)	10	m³/h
Caudal de transición (Qt)	160	L/h
Caudal mínimo (Qmin)	100	L/h
Sensibilidad	10	L/h
Lectura min	0,05	L
Lectura máxima	99 999.9999	L
Presión máxima de trabajo	1,6	MPa

En la Figura 3.7 se muestra la válvula de compuerta instalada en la entrada del reservorio de agua de la comunidad. En la Tabla 3.5, se detallan las características técnicas de la válvula, incluyendo el diámetro, la presión de trabajo recomendada para mantener la integridad del sistema, el tipo de material resistente, el color distintivo para una identificación visual clara, y el número de piezas que componen el conjunto.

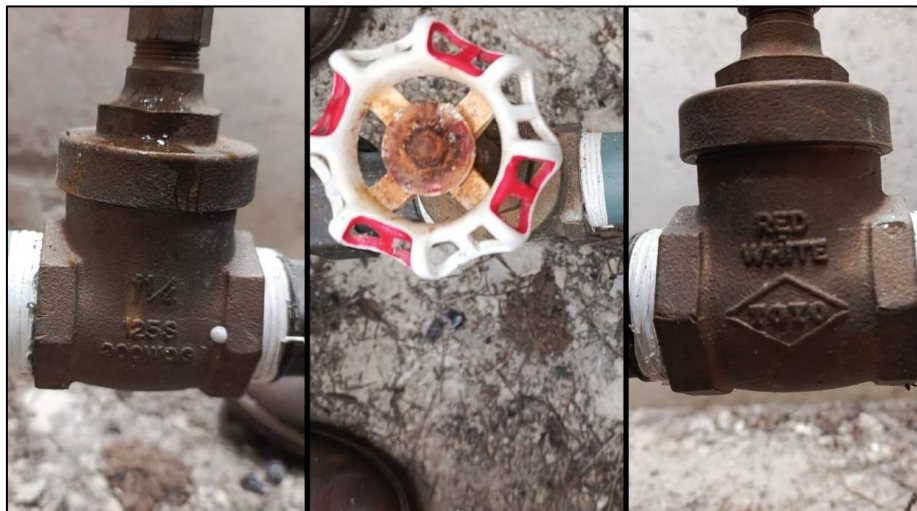


Figura 3.7. Vista de diferentes perspectivas de la válvula de entrada RED WHITE - TOYO de 1 ¼ plg, presente en el reservorio.

Tabla 3.5. Datos técnicos de la válvula de compuerta RED WITHE - TOYO de 1 ¼ plg. Fuente: (TODOVALVULAS S.A.S, s. f.).

ESPECIFICACIONES	VALORES
Diámetro	1 ¼ plg
Presión de trabajo	200 psi
Material	Bronce
País de origen	Japón
Color	Bronce
Número de Piezas	1
Tipo de Válvula	Agua

Las tuberías de salida constan de tres ramales como se observa en la Figura 3.8, de los cuales uno está operativo mientras que los otros dos restantes están fuera de servicio. Estas tuberías, fabricadas en acero inoxidable de 2 ¼ pulgadas, permiten el flujo de agua hacia las 22 viviendas de la comunidad, en la Tabla 3.6 se detallan las especificaciones técnicas.



Figura 3.8. Tubería de salida del reservorio de gua, hacia los consumidores. Fuente Los: autores.

Tabla 3.6. Especificaciones técnicas de tubería de hierro Galvanizado. Fuente: (HIDROS, 2024).

Longitud: 6 metros							
DIMENSIONES					PROPIEDADES		
DIÁMETRO D		ESPESOR [E]	PESO [P]	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TUBO, CM2 [A]	MOMENTOS DE INERCIA DE LA SECCIÓN, CM4 [I]	MÓDULO RESISTENTE DE LA SECCIÓN, CM3 [W]	RADIO DE GIRO DE LA SECCIÓN CM [I]
Nominal	Exterior						
plg	mm	mm	kg/6m	cm	Cm4	Cm3	cm
½	21,35	2,00	0,99	1,22	0,57	0,59	0,98
¾	26,90	2,30	1,45	1,78	1,34	1,09	0,87
1	33,70	2,50	1,96	2,45	2,98	1,91	1,10
1 ¼	42,40	2,50	2,55	3,13	6,24	3,13	1,41
1 ½	48,30	2,65	3,02	3,87	10,05	4,41	1,61
2	60,30	2,65	3,79	4,89	20,26	7,04	2,04
2 ½	73,00	3,20	5,65	7,02	42,73	12,24	2,47
3	88,90	3,20	6,81	8,62	79,09	18,46	3,03
4	114,30	3,60	9,92	12,52	191,78	34,65	3,91

Dentro del reservorio de agua se encuentra una boya de nivel, ubicada en el extremo de la parte superior del cuerpo cilíndrico, a la altura de 1,54 metros con respecto a la base inferior del tanque. La cual acciona el mecanismo de apertura y cierre de una válvula que controla la entrada de agua, como se observa en la Figura 3.9.

**Figura 3.9.** Boya de nivel dentro del tanque, para el accionamiento de una válvula de entrada. Fuente Los autores.

En la Figura 3.10, se observan las dimensiones de la boya de nivel utilizada para accionar la válvula, controlando así la apertura y el cierre del flujo de agua.

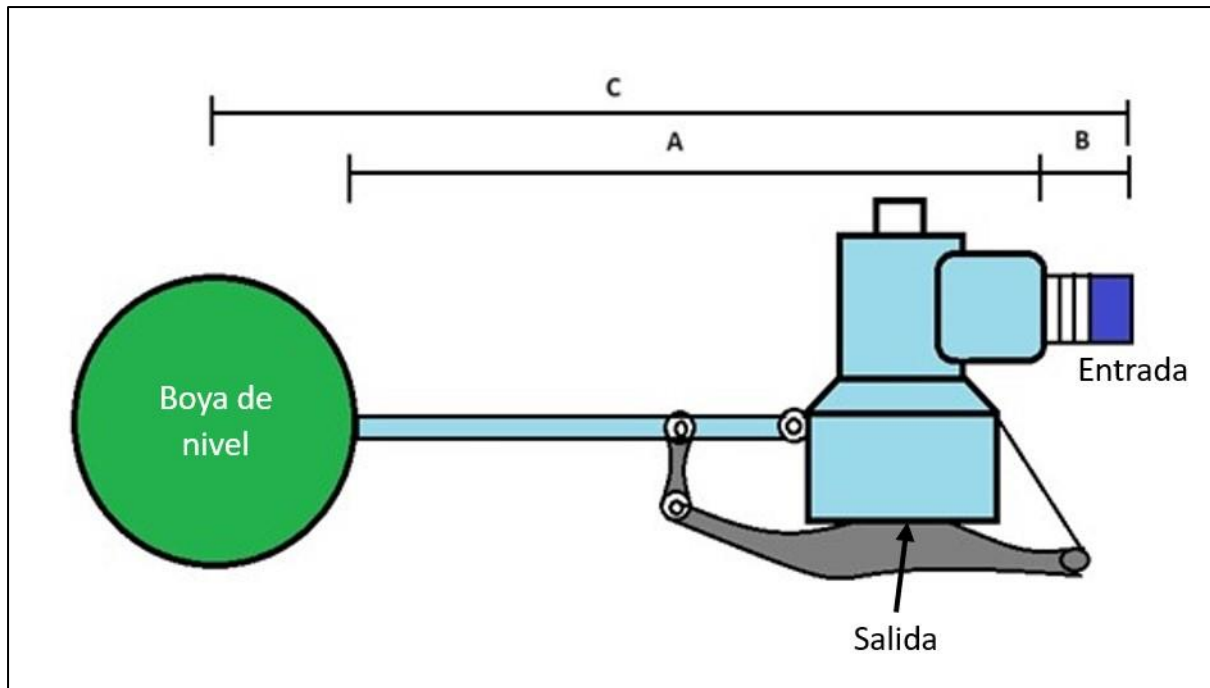


Figura 3.10. Dimensiones de la boya de nivel para el accionamiento de la válvula. Fuente Los autores.

En la Tabla 3.7 se detallan las dimensiones y especificaciones técnicas de la boya de nivel para diferentes pulgadas de tuberías, que permite controlar la apertura y cierre del flujo de líquido hacia el reservorio.

Tabla 3.7. Especificaciones de la válvula de flotador industrial con cuerpo fabricado en fundición de latón.
Fuente: (LEHENGOAK, s. f.).

DIMENSIONES	DIMENSIONES (mm)			
ENTRADA plg	A	B	C	PESO (gr.)
1/2	470	32	490	670
3/4	490	38	520	1080
1	525	42	560	1760
1 ¼	565	45	625	2140
1 ½	612	45	687	2330
2	635	52	725	3300
2 ½	690	60	790	5130
3	770	80	880	11830
4	1460	53	1620	25100

3.2 Consumo de agua en la comunidad Chaglabán

Los usuarios del sistema de suministro de agua en la comunidad rural de Chaglabán, está conformada por 22 viviendas, de las cuales 6 viviendas no están habitadas, algunas debido a que los propietarios migraron a otro país y no residen actualmente en la comunidad. Por lo

que para la encuesta sobre el uso que se da al agua potable, se consideraron las 16 viviendas restantes. De acuerdo a los reportajes realizados (referirse al Anexo B), los usuarios se caracterizan por utilizar el agua suministrada en su mayor parte para actividades domésticas. Las familias de esta comunidad dependen diariamente del sistema para cubrir sus necesidades básicas de agua potable, empleándola para cocinar, beber, lavar utensilios, ropa y mantener la higiene personal.

Entre las 22 viviendas, cuatro de las que no están habitadas, disponen únicamente de una manguera para el suministro de agua y no cuentan con un medidor. Aunque tienen acceso al servicio de agua a través de esta manguera, controlan el flujo doblándola para detener el suministro. Los usuarios utilizan el agua para la ganadería y el riego de plantas. Actualmente, se está tramitando la instalación de un nuevo medidor. De igual forma, hay dos viviendas adicionales de las cuales no se pueden tomar los datos de consumo de agua, ya que están deshabitadas. Estas viviendas han sido aseguradas con un candado, impidiendo el acceso y la visualización de los valores de consumo. Sin embargo, existe un costo base o mínimo que los propietarios deben pagar independientemente de si utilizan el agua o no.

3.3 Interpretación de los resultados de las encuestas

En el Anexo C, se encuentra detallado el proceso de análisis de cada una de las respuestas obtenidas en las encuestas sobre el consumo de agua en la comunidad, cuyos resultados presentan resumidos en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Interpretación de los resultados de las encuestas realizadas a los usuarios de la comunidad de Chaglabán. Fuente Los autores.

#	PREGUNTAS REALIZADAS	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
1	Número de personas en el hogar	La mayoría de los hogares están compuestos por tres (25%), cuatro (25%) o cinco personas (31%), con algunas viviendas que tienen seis, nueve, o diez personas (6% cada una).
2	Uso de agua potable para bañarse	El 63% de los encuestados utiliza agua potable varias veces a la semana para bañarse, mientras que el 38% lo hace diariamente.
3	Uso de agua potable para lavar la ropa	La mayoría de las familias (63%) utiliza agua potable varias veces a la semana para lavar la ropa, mientras que el 31% lo hace diariamente.
4	Uso de agua potable para cocinar	El uso de agua potable para cocinar es muy frecuente, con un 94% de los hogares usándola varias veces al día y un 6% varias veces a la semana.
5	Uso de agua potable para regar las plantas	La gran mayoría de los encuestados (94%) utiliza agua potable para regar las plantas una vez a la semana, con solo un 6% haciéndolo varias veces a la semana.

6	Uso de agua potable para lavar los platos	Todos los encuestados (100%) utilizan agua potable diariamente para lavar los platos.
7	Uso de agua potable para lavar el automóvil	El lavado de automóviles con agua potable es raro, ya que el 88% de los encuestados nunca lo hace y el 13% lo hace raramente.
8	Uso de agua potable para limpiar la casa	El 44% de los encuestados limpia su casa varias veces a la semana utilizando agua potable, mientras que el 31% lo hace una vez a la semana y el 25% menos de una vez a la semana.
9	Otros usos del agua potable	El 44% de los encuestados utiliza agua potable para actividades relacionadas con la ganadería, mientras que el 56% no tiene otros usos adicionales para el agua potable.
10	Conciencia sobre el consumo de agua	El 81% de los encuestados está consciente del consumo de agua en su hogar, mientras que el 19% no lo está.
11	Acciones para reducir el consumo de agua	Solo el 31% de los encuestados realiza acciones para reducir el consumo de agua en sus hogares, mientras que el 69% no lo hace.
12	Posibilidad de reducir aún más el consumo de agua	El 38% de los encuestados cree que podrían reducir aún más su consumo de agua, el 13% no lo cree posible, y el 50% no está seguro.
13	Otras actividades	Por otro lado, para las actividades agrícolas, los residentes recurren a fuentes alternativas, como el agua de canales de riego directamente obtenidos del río Cañar, para el regadío de sus cultivos.

3.4 Interpretación de los resultados estadísticos sobre el consumo de agua

En el Anexo D y Anexo E se encuentra la información recopilada sobre la demanda de agua en la comunidad. El registro de información realizado es de gran importancia para verificar el grado de utilización del reservorio de agua. De acuerdo a los datos obtenidos, se pudo establecer que el consumo promedio de cada vivienda está en $0,3836 \text{ m}^3$ de agua diarios. La mediana del consumo diario es de $0,2630 \text{ m}^3$, lo que indica que la mitad de las viviendas consume menos de esta cantidad y la otra mitad más. La moda del consumo es de $0,000 \text{ m}^3$, reflejando que varios días se reportaron consumos nulos en algunas viviendas lo cual se debe a que algunas no se encuentran habitadas. La variabilidad en los consumos está representada por una varianza de $0,2029 (\text{m}^3)^2$ y una desviación estándar de $0,4504 \text{ m}^3$, sugiriendo una variabilidad moderada en el consumo de agua.

El gráfico de la Figura 3.11, muestra la probabilidad de consumo de agua en la comunidad, con intervalos acumulativos de $0,04 \text{ m}^3$ en el eje horizontal y la probabilidad en porcentaje en el eje vertical. La mayor parte del consumo de agua se concentra en los volúmenes bajos, específicamente en el primer intervalo ($0-0,04 \text{ m}^3$), donde la probabilidad acumulada de consumo es del 18%. A medida que aumentan los intervalos de volumen, la probabilidad de consumo disminuye drásticamente, con varios intervalos mostrando una probabilidad de

consumo de menos del 3% y otros intervalos con una probabilidad del 0%. El gráfico y la estadística sugieren que la mayoría del consumo de agua, se concentra en valores bajos, con una media y mediana relativamente cercanas, pero con una distribución sesgada hacia valores más bajos.

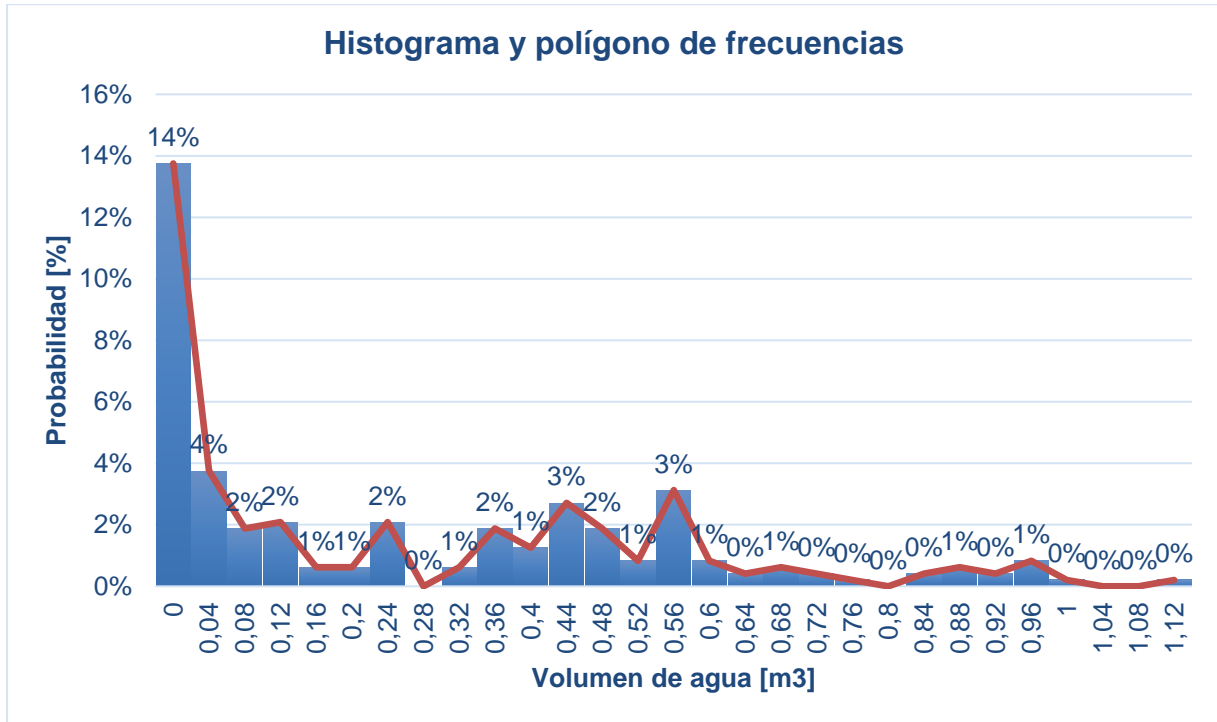


Figura 3.11. Probabilidad de consumo de agua en la comunidad obtenida de acuerdo a los datos de registrados de la comunidad. Fuente: Los autores.

3.5 Consideraciones para el diseño del sistema de control y automatización

De acuerdo a las necesidades identificadas para el sistema, se propone incorporar un PLC, que tome como variable de entrada la señal de un sensor de nivel, la cual permita monitorear el estado de llenado del reservorio de agua. A partir de la indicación del sensor, programar el controlador para procesar la señal y enviar una orden de activación de la electroválvula de entrada para la apertura o cierre del ingreso del fluido.

Una segunda electroválvula se ubica en la tubería de salida del reservorio, la cual funciona normalmente abierta y sirve para realizar cortes del suministro de agua en casos en los que los operadores crean conveniente. Como por ejemplo cuando se necesita realizar labores de limpieza y mantenimiento en el reservorio o en épocas de sequía y se requiera programar racionamientos.

Con la medición del nivel en el tanque, es posible usar el parámetro para calcular el volumen y a su vez almacenar esa información en una variable del programa, para crear un registro histórico del consumo de agua de los usuarios. Lo cual proporciona a los operadores del

sistema la posibilidad de monitorear y planificar de mejor manera el suministro del líquido para los pobladores.

Para monitorear las variables de medición y ejecutar acciones de control en el sistema, se requiere integrar un panel HMI en el cual se programa la visualización del estado de llenado del reservorio, alarmas, notificaciones y disposición de botones para accionar el sistema.

3.6 Lógica del sistema

Acorde a las necesidades descritas para el diseño del sistema de control, se propone una lógica que permita considerar los siguientes aspectos, con el fin de garantizar un monitoreo del suministro de agua confiable y eficiente:

- 1) Medición del nivel de agua: Se utiliza un sensor de nivel ultrasónico, para monitorear continuamente el nivel de agua dentro del reservorio. Esto permite conocer en tiempo real cuánta agua hay almacenada y detectar cualquier variación inesperada.
- 2) Registro de datos: Se configura el sistema para que registre datos sobre el nivel de agua a intervalos regulares. Esto ayuda a analizar patrones de consumo de agua y a identificar tendencias a lo largo del tiempo.
- 3) Control de electroválvulas: Dado que el tanque se llena mediante el suministro de agua desde una fuente externa, el sistema de control abre y cierra una electroválvula de entrada, de manera adecuada para mantener el nivel de agua dentro de los límites deseados.
- 4) Reacción a eventos anómalos: Se configura el sistema para que envíe alertas o notificaciones en caso de que se detecten condiciones no deseadas, como niveles de agua demasiado altos, bajos, o problemas de averías con las electroválvulas.
- 5) Mantenimiento regular: Se programa inspecciones y mantenimiento regular del reservorio y del sistema de automatización para garantizar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo. Se utiliza el sistema de automatización para configurar recordatorios automáticos que indiquen cuándo se deben realizarse las tareas de mantenimiento programadas. Los recordatorios pueden enviarse a través de notificaciones en el panel HMI.

3.7 Diagrama del sistema de control y automatización

En el diagrama de bloques de la Figura 3.12 y el diagrama de procesos que se muestra en la Figura 3.13, se representa el sistema diseñado en lazo cerrado, el cual inicia con el ingreso de agua desde una fuente externa, que fluye hacia la electroválvula de entrada que está controlada por un PLC, cuya programación gestiona las operaciones de admisión y salida de

agua basándose en la información recibida del sensor de nivel. A continuación, el flujo de agua es monitoreado por un contador de volumen de agua.

El reservorio almacena el agua para su posterior distribución, mientras el sensor de nivel proporciona datos sobre el nivel del líquido, por otro lado, la boya de nivel actúa como un mecanismo adicional de detección. Esta información es decisiva para que se ajuste las operaciones de entrada y salida del flujo en el PLC, según sea necesario para suministrar un volumen de agua adecuado. Para la distribución del agua hacia los usuarios finales, el sistema cuenta con otra electroválvula controlada por el PLC, que acciona la salida del líquido del reservorio.

Todas las operaciones pueden ser supervisada y controladas a través del Panel HMI que ofrece una interfaz intuitiva para los operadores. Este dispositivo, conectado al equipo, permite monitorear en tiempo real todos los parámetros de interés del sistema y realizar ajustes manuales si es necesario.

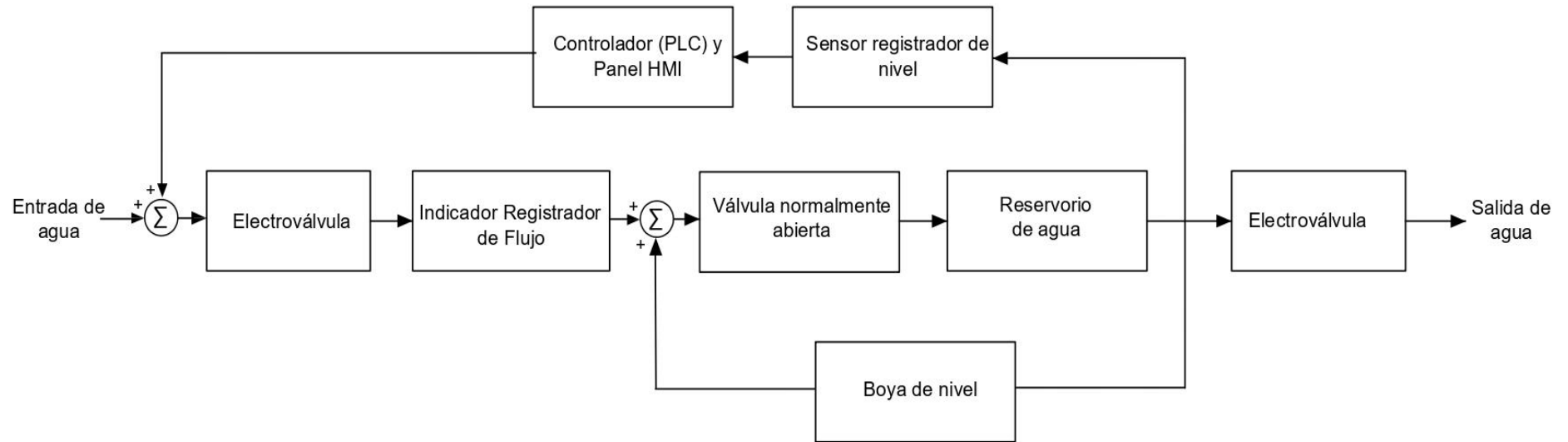


Figura 3.12. Diagrama de bloques del sistema de control y automatización diseñado para el reservorio de agua. Fuente: Los autores.

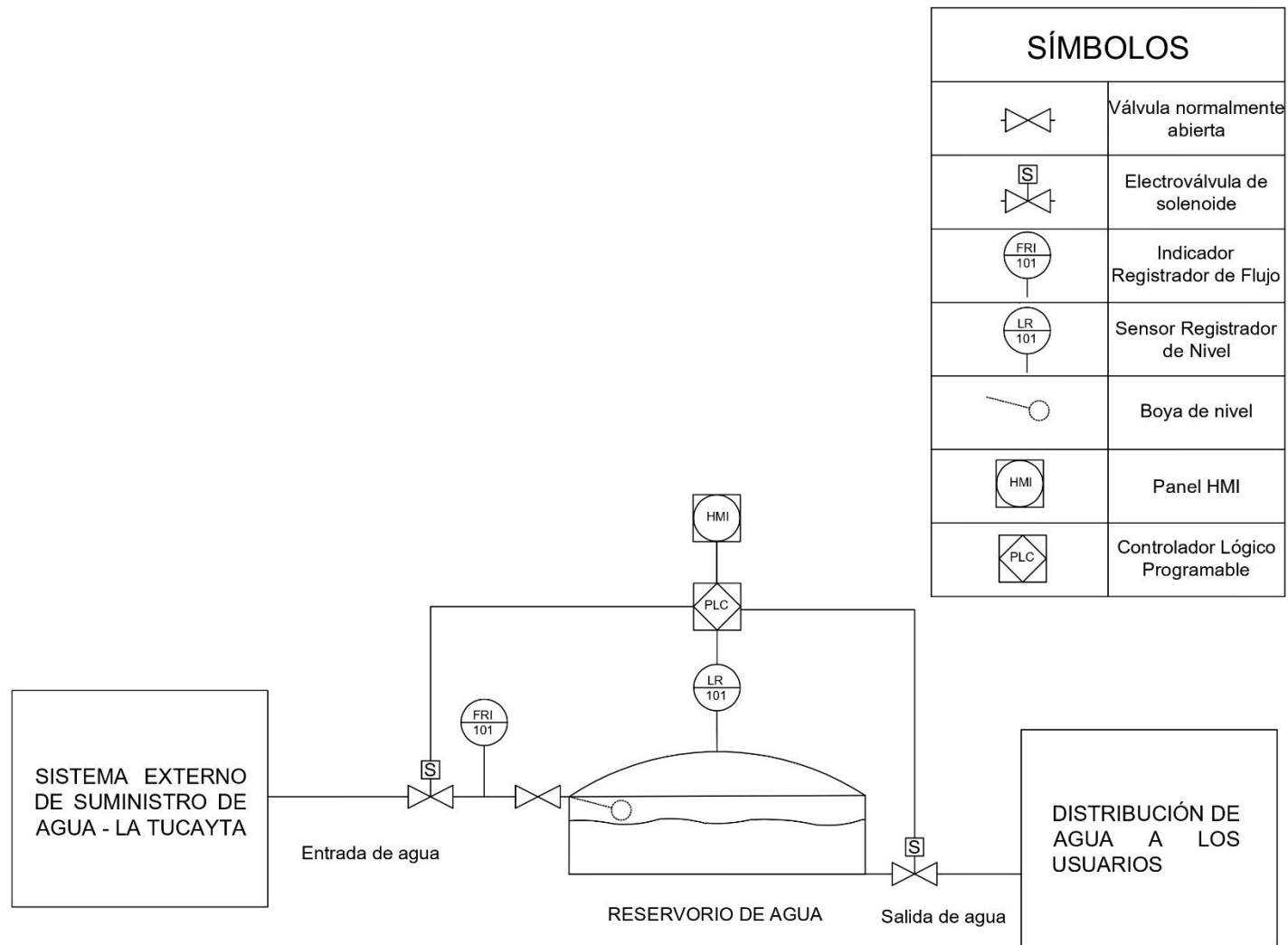


Figura 3.13. Diagrama de procesos del sistema de control y automatización con elementos eléctricos diseñado para el control del reservorio. Fuente Los autores.

3.8 Esquema eléctrico de cableado de fuerza y sensores

En el plano descrito de la planta que se muestra en la Figura 3.14, se observa la relación entre espacios y características físicas del entorno del reservorio con sus respectivas dimensiones. Lo cual facilita el dimensionamiento de manera apropiada del cableado de los conductores, para energizar los dispositivos de control del tanque de almacenamiento de agua como son las electroválvulas para la entrada y salida de las tuberías. Como también un sensor ultrasónico que además necesita de un conductor de retorno para transmitir la señal analógica hacia el PLC.

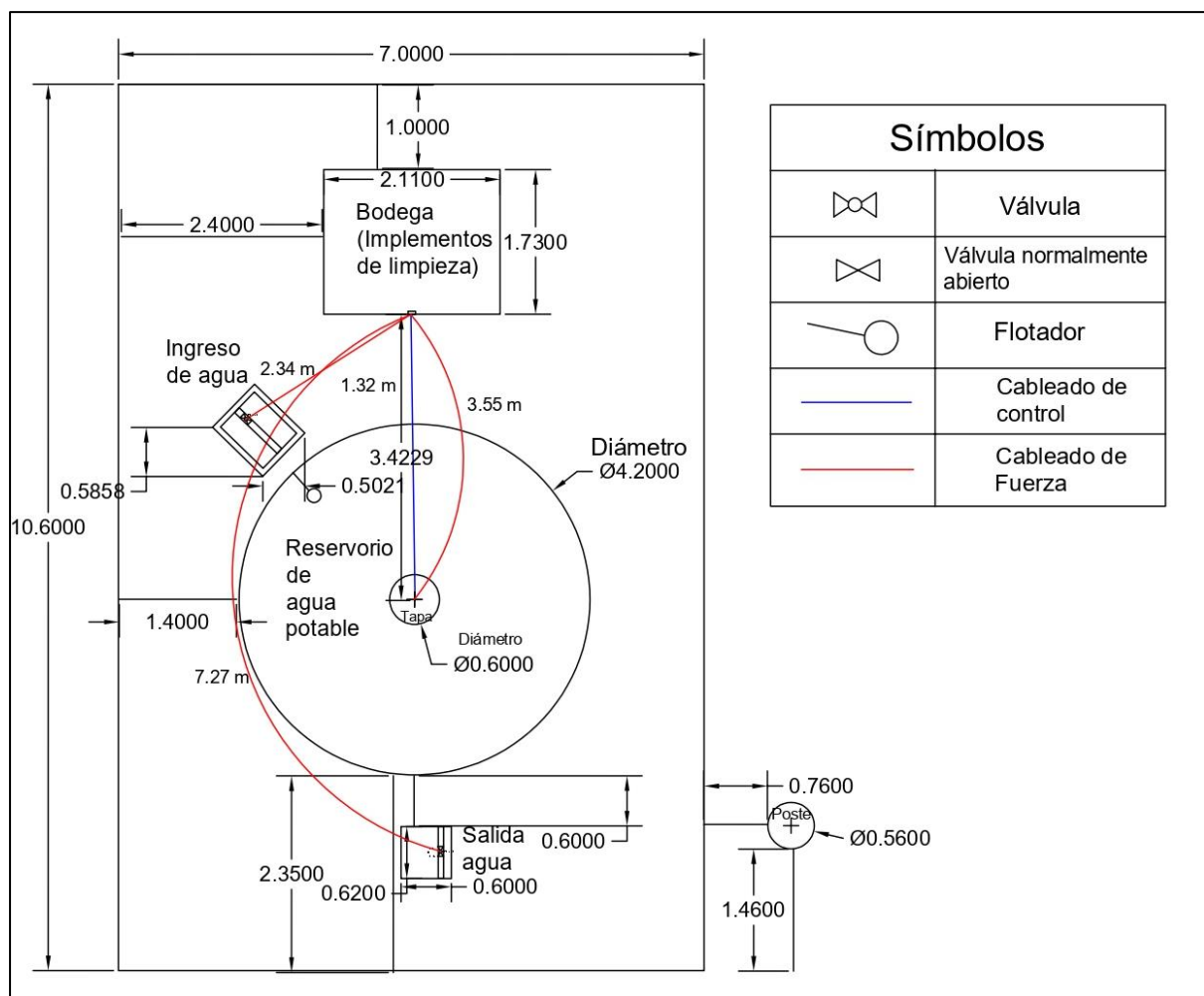


Figura 3.14. Plano de la planta del esquema eléctrico de cableado de fuerza y transmisión de señal analógica del sensor. Fuente Los autores.

El diagrama unifilar del circuito que se muestra en el plano de la Figura 3.15, permite familiarizarse con el diseño y la disposición del sistema de distribución eléctrica de las instalaciones. El cual, es la hoja de ruta para las actividades de pruebas, servicio y mantenimiento programado o no programado para el sistema de control.

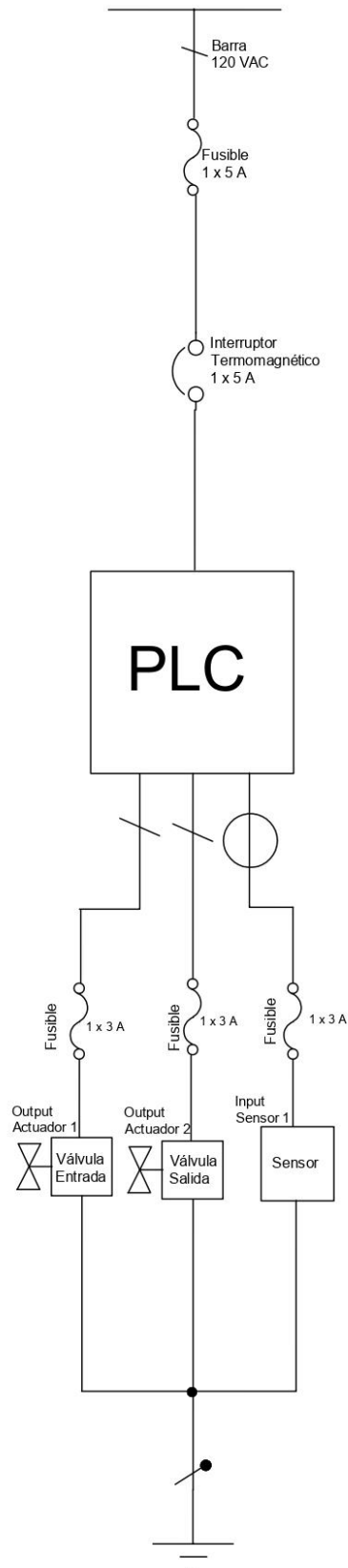


Figura 3.15. Diagrama Unifilar eléctrico. Fuente Los autores

3.9 Selección de PLC

En la Tabla F.1 que se encuentra en el Anexo F, se presenta la comparación de las especificaciones y funcionalidades de diversos controladores lógicos programables de diferentes marcas disponibles en el mercado. Se detallan aspectos como la velocidad de procesamiento, capacidad de entrada/salida, dimensiones físicas y los lenguajes de programación que admiten. La comparación y revisión de características de los equipos sirve para decidir de manera informada la elección de un PLC adecuado para el proyecto.

A continuación, se realiza una revisión de estos dispositivos que se adaptan a las necesidades del diseño de sistema de control propuesto, de acuerdo a sus características técnicas.

SIEMENS LOGO

Este dispositivo es una solución de automatización compacta diseñada para aplicaciones pequeñas y medianas. Este equipo combina un controlador lógico, una interfaz de operador y funciones de conmutación en un solo dispositivo. Está especialmente indicado para tareas de automatización en edificios, instalaciones industriales y aplicaciones de control simple (SIEMENS, 2024).

Características técnicas:

- Entradas/Salidas: Dispone de 8 entradas y salidas, expandible hasta 24 DI/DO (dependiendo del modelo)
- Memoria del programa: 400 bloques de funciones
- Voltaje de alimentación: 12/24 V DC, 115/230 V AC
- Interfaz de comunicación: Ethernet, opcionalmente RS485
- Pantalla: Integrada (en algunos modelos)
- Temperatura de funcionamiento: -20 °C a +55 °C
- Dimensiones: 72 x 90 x 55 mm (ancho x alto x profundidad)

SCHNEIDER ZELIO LOGIC 2

Los PLCs diseñados por Schneider Electric son dispositivos que están pensados para aplicaciones de automatización pequeñas y medianas, ofreciendo una solución eficiente y flexible para el control de procesos, sistemas de automatización de edificios, plantas de agua, y otras aplicaciones similares (SCHNEIDER, 2005).

Características técnicas:

- Entradas/Salidas: 1 base Zelio Logic modular de 26 E/S, 16 entradas de las cuales, 6 analógicas y 10 salidas de relé
- Memoria del programa: 256 bloques de funciones
- Voltaje de alimentación: 12/24 V DC, 24 V AC, 100-240 V AC
- Interfaz de comunicación: USB, Modbus (opcional)
- Pantalla: LCD integrada para visualización y programación
- Temperatura de funcionamiento: -20 °C a +55 °C
- Dimensiones: 70 x 90 x 58 mm (ancho x alto x profundidad)

OMRON ZEN V2

Es un PLC compacto diseñado para aplicaciones de automatización simples y medianas. Esta serie de dispositivos es conocida por su facilidad de uso, flexibilidad y capacidad de expansión, lo que la convierte en una opción popular para diversas aplicaciones de control y automatización (OMRON, 2009).

Características técnicas:

- Entradas/Salidas: 10 a 44 I/O (según el modelo y expansión)
- Memoria del programa: 96 bloques de funciones
- Voltaje de alimentación: 12-24 V DC, 100-240 V AC
- Interfaz de comunicación: RS-485 (opcional)
- Pantalla: LCD integrada para programación y monitoreo
- Temperatura de funcionamiento: 0 °C a +55 °C
- Dimensiones: 70 x 90 x 56 mm (ancho x alto x profundidad)

DELTA DVP-ES2/EX2

Estos dispositivos PLCs diseñados por Delta Electronics, especialmente orientados a aplicaciones industriales que requieren alta velocidad y eficiencia en el control y automatización de procesos. Estos equipos son conocidos por su rendimiento confiable, facilidad de uso y capacidad de expansión, lo que los hace adecuados para una amplia gama de aplicaciones industriales (DELTA, 2018).

Características técnicas:

- PLC estándar con comunicación integrada y capacidad de procesamiento altamente eficiente para sus sistemas de control
- CPU de 32 bits para procesamiento de alta velocidad

- PLC estándar Serie DVP-ES2: 16/20/24/32/40/60/80 I/O puntos para una variedad de aplicaciones
- PLC de E/S analógicas DVP-EX2: 4 entradas analógicas/2 salidas analógicas integradas de 12 bits; y módulo de extensión de E/S analógicas de 14 bits.
- Función de sintonización automática PID incorporada para una solución de control analógico completa.
- 1 puerto RS-232 y 2 RS-485 integrados
- Capacidad del programa: 16k pasos
- Registro de datos: 10k palabras
- Máxima velocidad de ejecución de instrucciones básicas: 0,35 μ s
- Función RTC y registro de archivos (5k palabras) (versión de hardware 2.0 y superior)

mitsubishi alpha 2

Estos equipos PLCs son compactos diseñados para aplicaciones de automatización pequeñas y medianas. Este dispositivo es conocido por su facilidad de uso, versatilidad y capacidad de integrar diversas funciones de control en un único dispositivo compacto. Es una opción popular para aplicaciones de automatización de edificios, control de maquinaria y otras aplicaciones industriales simples (mitsubishi, 2008).

Características técnicas:

- Entradas/Salidas: 4 a 15 I/O (con módulos adicionales)
- Memoria del programa: 2000 pasos de programa
- Voltaje de alimentación: 12/24 VDC, 100/240 VAC
- Interfaz de comunicación: RS-232, RS-485 (con módulo)
- Pantalla: LCD integrada
- Temperatura de funcionamiento: 0 °C a +55 °C
- Dimensiones: 90 x 90 x 56.5 mm (ancho x alto x profundidad)

rockwell automation micro 820 (2080-LC20-20QWER)

Es parte de la serie Micro800 de controladores lógicos programables de Rockwell Automation, diseñados para aplicaciones de automatización pequeñas y medianas. Este modelo en particular es conocido por su flexibilidad, facilidad de uso y capacidad de integración en diversas aplicaciones industriales y de automatización de edificios (rockwell, 2015).

Características técnicas:

- Entradas/Salidas: Una salida analógica de 0 a 10 V, 4 entradas digitales de 24 VCC pueden configurarse como entradas analógicas de 0 a 10 V y mediante módulos enchufables. 35 salidas digitales
- Memoria del programa: 20 KB para usuario
- Voltaje de alimentación: 12/24 V DC
- Interfaz de comunicación: Ethernet, RS-232/RS-485
- Pantalla: No integrada (requiere HMI externo)
- Temperatura de funcionamiento: -20 °C a +65 °C
- Dimensiones: 90 x 85 x 56 mm (ancho x alto x profundidad)

De acuerdo a la revisión realizada, se puede establecer que existen varios controladores ventajosos para el sistema. Sin embargo, se ha optado por utilizar el PLC LOGO, debido a que sus características cumplen con las necesidades técnicas del proyecto. Otro factor determinante ha sido su costo, que es viable en comparación con otros PLCs.

El uso de estos dispositivos se presenta como una buena elección debido a que ofrece una solución compacta y flexible que se adapta perfectamente a la aplicación para la automatización del reservorio. Además, su facilidad de programación y configuración permite a los usuarios, incluso con poca experiencia, desarrollar y probar rápidamente el sistema de control.

3.10 Selección de sensor de nivel

De acuerdo a las características y dimensiones del reservorio mostradas en la Figura , se recomienda usar un sensor ultrasónico de distancia, el cual se puede colocar en el borde de la compuerta de entrada, que posee en la parte superior el tanque. Debido a que estará ubicado a una altura de 2,20 metros respecto a la base y el nivel que es necesario medir es de 1,54 metros de altura, el sensor debe tener un alcance de mínimo 3 metros. Otro parámetro a considerar es con respecto a la temperatura mínima y máxima en la localidad donde se encuentra ubicado el reservorio, la cual varía entre 2 °C y 15 °C a lo largo del año. En cuanto a las características eléctricas, se requiere un voltaje de alimentación entre 10 a 30 V de corriente continua (DC), mientras que la señal de salida analógica, una corriente de 4 a 20 mA. Construido con materiales resistentes a la corrosión.

Sensor ultrasónico (SUPMEA)

Es un dispositivo que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para medir la distancia entre el sensor y un objeto. Los sensores ultrasónicos para medir distancias son comúnmente utilizados en aplicaciones de automatización de reservorios, robótica, etc (SUPMEA, 2018).

Características técnicas:

- Funcionan mediante la emisión de ondas ultrasónicas y la medición del tiempo que tarda en reflejarse desde la superficie del agua.
- Voltaje de operación: 18 a 28 VDC
- Rango de medida: 0 a 5 metros
- Salida analógica: (4-20 mA o 0-10V)
- Salida digital: (RS485, Modbus)
- Rango de temperatura: -40 °C a 60 °C
- Presión: +0,7 a +4 bar

Interruptor de nivel VEGASWING 61

Es un interruptor vibratorio diseñado para aplicaciones universales con todo tipo de líquidos. Ofrece una detección precisa y confiable del nivel en un punto, sin verse afectado por la posición de montaje. Este sensor puede utilizarse como alarma de vaciado o llenado, para protección contra sobrellenado, marcha en seco o protección de bombas en tanques y tuberías. Gracias a su diseño robusto y su alta fiabilidad, el VEGASWING 61 es ideal para una amplia gama de aplicaciones (VEGA, 2004).

Características técnicas:

- Alimentación Eléctrica: 24 VDC o 230 VAC
- Material del Sensor: Acero inoxidable
- Rango de medida: 0 a 6 metros
- Rango de temperatura: -50 °C a 250 °C
- Presión: -1 a +64 bar
- Salida analógica: (4-20 mA o 0-10V)
- Son simples y económicos, pero pueden desgastarse con el tiempo

Sensores de radar VEGAPULS 64

Son dispositivos especializados que utilizan ondas electromagnéticas de alta frecuencia para medir el flujo de agua en ríos, canales, tuberías y otras aplicaciones hidráulicas. Estos sensores son importantes para la monitorización precisa y continua del caudal de agua en diversas condiciones ambientales y de flujo (VEGA, 2024).

Características técnicas:

- Frecuencia de emisión: 80 GHz

- Rango de medición: 0 a 30 m
- Precisión: +/- 1 mm
- Rango de temperatura: -40 °C a 200 °C
- Presión: -1 a +20 bar
- Voltaje de operación: 12-24V DC
- Señal de salida: analógica (4-20 mA)

Una vez revisados los distintos tipos de sensores, se puede decir que el sensor ultrasónico es la opción más conveniente para medir el nivel en el tanque de agua potable debido a su costo y facilidad de implementación. Este tipo de sensor ofrece una solución eficiente y precisa para la medición de niveles sin requerir contacto directo con el agua, lo que es ideal para mantener el nivel del agua dentro de sus límites. Además, su capacidad para operar en diversas condiciones ambientales y su robustez lo hacen especialmente adecuado para esta aplicación. La facilidad de instalación y mantenimiento del sensor ultrasónico contribuye a minimizar los costos operativos, proporcionando una solución rentable y práctica para el monitoreo del nivel del agua en el tanque.

3.11 Selección de electroválvulas

De acuerdo a las características detalladas en secciones anteriores. Para la entrada de agua es necesario seleccionar una electroválvula normalmente cerrada de 1 ¼ pulgadas de diámetro y una presión de trabajo de 200 a 260 psi. En tanto que para la salida es necesario una electroválvula normalmente abierta de 2 ¼ pulgadas y una presión de trabajo de 200 a 260 psi. En tanto que la característica de energización de los solenoides debe ser de 120 V en corriente alterna 60 Hz. Por otro lado, deben ser de materiales resistentes a la corrosión y estarán sometidas a temperaturas ambiente de operación en la localidad entre 2°C y 15°C (Weather Spark, s. f.).

Electroválvulas ASCO

Son dispositivos electromecánicos utilizados para controlar el flujo de líquidos o gases en sistemas automatizados. Estas válvulas son ampliamente reconocidas por su alta fiabilidad y precisión en la operación (ASCO™, s. f.).

Características técnicas:

- Presión diferencial: 2 a 10 bar
- Caudal: $3 \times 10^{-10} m^3/s$
- Tipos de válvulas: Válvulas de solenoide de dos vías, tres vías y cuatro vías
- Materiales: Acero inoxidable, latón, aluminio y plásticos

- Presión de trabajo: Desde vacío hasta 1500 psi (103 bar)
- Tamaños: Desde 1/8 plg hasta 3 plg
- Tensión estándar: 12 a 24 V
- Temperatura de operación: -40°C a 200°C
- Compatibilidad de fluidos: Aire, gas, agua, aceite, vapor y otros fluidos industriales

Electroválvulas PARKER

Son dispositivos electromecánicos utilizados para controlar el flujo de líquidos o gases en sistemas automatizados. Parker Hannifin es una empresa reconocida por la fabricación de una amplia gama de productos, incluidas las electroválvulas, que se destacan por su alta calidad, fiabilidad y precisión en el control de fluidos (PARKER, s. f.).

Características técnicas:

- Tipos de válvulas: Válvulas de solenoide de dos vías, tres vías y cuatro vías
- Materiales: Latón, acero inoxidable, aluminio
- Presión de trabajo: Hasta 290 psi (20 bar)
- Tamaños: Desde 1/8 plg hasta 3 plg
- Temperatura de operación: -20°C a 140°C
- Tensión estándar: 12 a 24 V DC, 110 a 230 AC
- Consumo de potencia: 9 W

Electroválvulas FESTO

Son dispositivos electromecánicos utilizados para controlar el flujo de líquidos o gases en sistemas automatizados. Festo es una empresa reconocida a nivel mundial por sus soluciones innovadoras en automatización neumática y eléctrica, incluyendo una amplia gama de electroválvulas que ofrecen alta fiabilidad y precisión en la operación. (FESTO, 2024).

Características técnicas:

- Tipos de válvulas: Válvulas de solenoide de dos vías, tres vías y cuatro vías
- Presión de trabajo: 10 a 20 bares
- Temperatura de operación: -10°C a 90°C
- Tensión estándar: 24 V DC, 110, 230 V AC
- Caudal: 1400 a 31000 l/min
- Tamaños: Desde ¼ plg hasta 2 plg
- Materiales: Latón, acero inoxidable, aluminio

Luego de revisar los distintos tipos de electroválvulas, la opción más conveniente es utilizar una electroválvula que cumpla con las características necesarias de control del caudal, alimentación eléctrica, entradas y salidas de flujo, etc. Esta elección se debe a su costo y facilidad de implementación. Además de proporcionar un control preciso y confiable del flujo de agua, las electroválvulas son robustas y duraderas, lo que asegura una operación eficiente y de bajo mantenimiento. Su diseño compacto y facilidad de instalación contribuyen a minimizar los costos operativos y de infraestructura, haciendo de esta solución una opción práctica y rentable para el control del nivel de agua en el tanque.

3.12 Selección de conductores de control y fuerza

Para la automatización del reservorio mediante el PLC LOGO, sensor ultrasónico y electroválvulas seleccionados, es importante seleccionar los cables adecuados para garantizar un funcionamiento eficiente y evitar interferencias electromagnéticas (EMI por su sigla en inglés).

Cable de para señal analógica

Los conductores apantallados mitigan las interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia (EMI/RFI), garantizando una transmisión de señales nítida y libre de ruido. Además, ofrecen una protección adicional contra posibles fuentes de interferencia externas, asegurando así un rendimiento más fiable y estable en entornos industriales complejos (CENTELSA, 2022).

Características técnicas:

- Temperatura de operación: 90°C
- Tensión de operación: 600 V
- Pantalla en cinta aluminizada y conductor de drenaje
- Libre de sustancias RoHS
- Resistente a los SR
- Cubierta externa por una chaqueta en PVC y FR
- Resistente a la abrasión, calor y humedad
- Dispone de 4 a 8 hilos, para conexiones de sensores y señales de control
- Diámetro: 0,22 mm² a 0,5 mm²
- Calibre: 18 AWG apantallado

Cable de fuerza (alimentación de PLC y electroválvulas)

Es un tipo de conductor eléctrico diseñado específicamente para transmitir energía eléctrica desde una fuente de alimentación a diversos equipos y dispositivos eléctricos. Estos cables

están contruirdos para manejar corrientes elevadas y son esenciales en aplicaciones industriales, comerciales y residenciales (CENTELSA, 2010).

Características técnicas:

- Cable THHN/THWN-2 14 AWG: Para la alimentación de electroválvulas
- Voltaje Nominal: 127 voltios
- Aislamiento: Termoplástico de alta resistencia
- Temperatura: 10°C a 90°C
- Longitud del Conductor: 100 metros
- Calibre: 12 AWG
- Corriente Máxima: 30 amperios
- Temperatura Máxima: 90°C
- Voltaje Máximo: 600 V
- Recubrimiento: PVC y Nylon

Capítulo 4

4. Diseño del sistema de control y automatización

4.1 Algoritmo de control del reservorio de agua

El sistema que se muestra en la Figura 4.1, permite control manual desde el panel HMI a través de los bloques de marca M1 y M2, los cuales gestionan el inicio y la detención de operaciones. Mediante la entrada analógica AI1 ingresa la señal del sensor hacia el PLC, para medir el nivel de agua, volumen y el porcentaje de llenado del reservorio. Los bloques B001 y B002 son conmutadores analógicos de valor umbral, que se configuran con los valores correspondientes al nivel del tanque: B001 determina el umbral para la descarga del reservorio, activando la salida Q1 que controla la electroválvula de salida de agua; mientras que B002 establece el umbral para el nivel máximo de llenado, activando la salida Q2 que gestiona la electroválvula de entrada de agua.

Para el registro de datos, el temporizador semanal del bloque B003 controla la activación del generador de impulsos en B004, que a su vez activa el bloque de registro L1, el cual almacena en memoria la información de parámetros como: entrada analógica AI1, el nivel de llenado del reservorio, volumen, porcentaje de llenado, el estado de los botones del panel HMI y el accionamiento de las salidas Q. Para eso es necesario insertar los parámetros a registrar como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Elementos del registro de datos. Fuente Los autores.

Bloque	Parámetro a registrar
AI1 [Entrada analógica]	-
B011 [Instrucción aritmética]	AQ amplificada
B014 [Instrucción aritmética]	AQ amplificada
B016 [Instrucción aritmética]	AQ amplificada
M1-M8	-
Q1-Q8	-

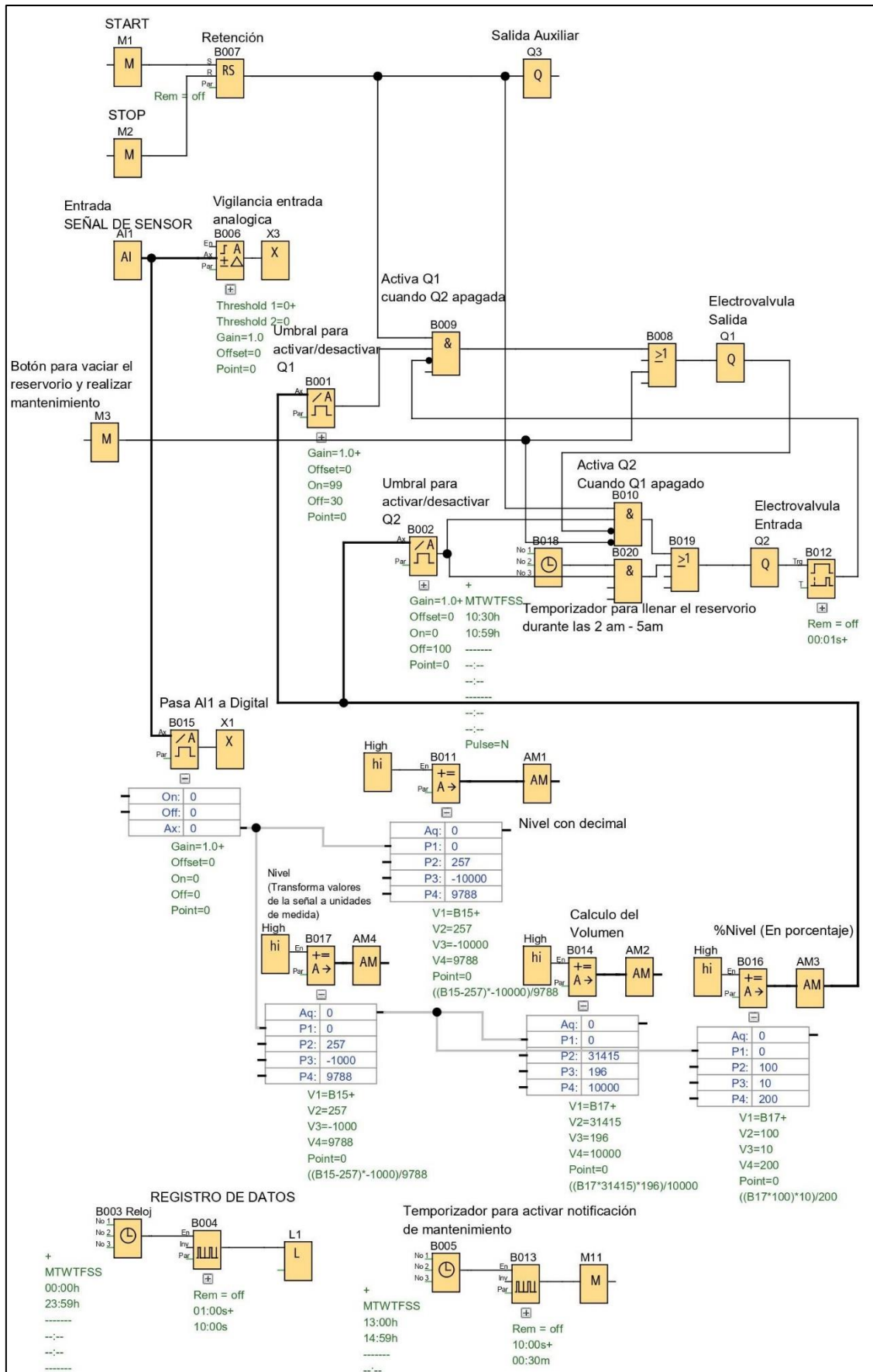


Figura 4.1. Programación del PLC usando el software LOGO!Soft Comfort.

Es necesario realizar un mapeo de parámetros de las variables, a través de la configuración de memoria variable del PLC. Lo cual permitirá intercambiar los datos procesados de la señal analógica hacia el panel HMI. Para eso se configura el mapeo de parámetros como se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Configuración de memoria variable para el mapeo de parámetros. Fuente: Los autores.

ID	Bloque	Parámetro	Tipo de parámetro	Range	Dirección
1	B006 [Vigilancia del valor analógico]	Ax, amplificado	Word	V	0
2	B011 [Instrucción aritmética]	Ax, amplificado	Word	V	2
3	B014 [Instrucción aritmética]	Ax, amplificado	Word	V	4
4	B016 [Instrucción aritmética]	Ax, amplificado	Word	V	6

4.2 Interfaz del panel HMI

Un panel HMI es necesario para la visualización de las variables existentes tales como el estado de llenado, nivel de agua, el volumen y la señal analógica de entrada correspondiente al sensor. En el panel será posible ingresar los usuarios que manipulen el sistema para tener un registro del personal que hace uso de este, ya que es de importancia saber quiénes operan el sistema y lógicamente los datos registrados.

Para la configuración del panel se crea la conexión del panel HMI con el PLC a través de un protocolo de comunicación Profinet, para lo cual es necesario asignar una dirección IP a cada equipo como se muestra en la Figura 4.2.

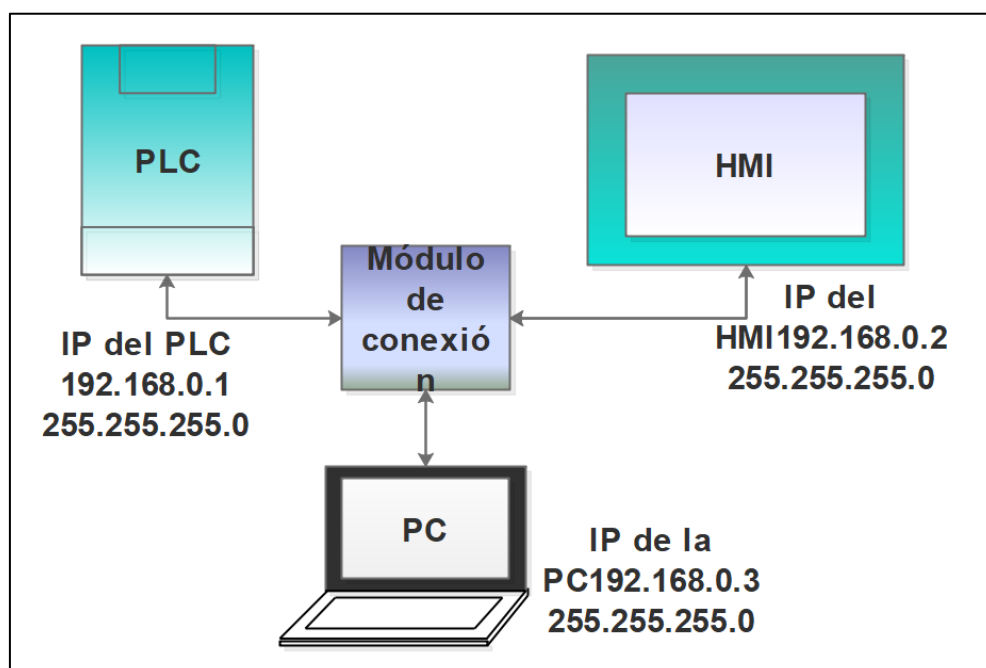


Figura 4.2. Diagrama de conexión y asignación de direcciones IP de los equipos. Fuente Los autores.

Las variables que se utilizan para mostrar los parámetros en el panel HMI, se configuran de acuerdo a la conexión y direcciones que se asigna a las variables en la Tabla 4.2, como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Configuración de variables en el HMI. Fuente: Los autores.

Nombre de la variable	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Especificación
Nivel	Tabla de variables estándar	Word	VW 2	Valor del nivel en unidades de distancia.
Nivel %	Tabla de variables estándar	Word	VW 6	Valor del nivel en porcentaje.
SenalSensor	Tabla de variables estándar	Word	VW 0	Corresponde a valores de resolución del sensor de nivel.
START	Tabla de variables estándar	Bool	M 0.0	Pulsante en el HMI para iniciar el sistema.
STOP	Tabla de variables estándar	Bool	M 0.1	Pulsante en el HMI para detener el funcionamiento del sistema.
MANTENIMIENTO	Tabla de variables estándar	Bool	M 0.2	Interruptor para vaciar el reservorio y realizar labore de mantenimiento.
ValvulaEntrada	Tabla de variables estándar	Bool	Q 0.1	Corresponde a la salida que controla la electroválvula de entrada.
VavulaSalida	Tabla de variables estándar	Bool	Q 0.0	Corresponde a la salida que controla la electroválvula de salida.
Volumen	Tabla de variables estándar	Word	VW 4	Valor del volumen de agua en el reservorio.

Se programa la interfaz HMI (referirse al Anexo G), de acuerdo a las características que se muestran en la Figura 4.3, en la cual se coloca un pulsante y una luz piloto color verde junto a la electroválvula de entrada, que funcionará de acuerdo a la variable “START”. Un pulsante color rojo y una luz piloto color verde junto a la electroválvula de salida, enlazados a la variable “STOP”. Para mostrar los valores de las variables de nivel, volumen y la señal del sensor se utilizan recuadros de campo para salidas en cada una. Finalmente, para mostrar el porcentaje de llenado del reservorio se utiliza una barra indicadora con un rango de 0 a 100.

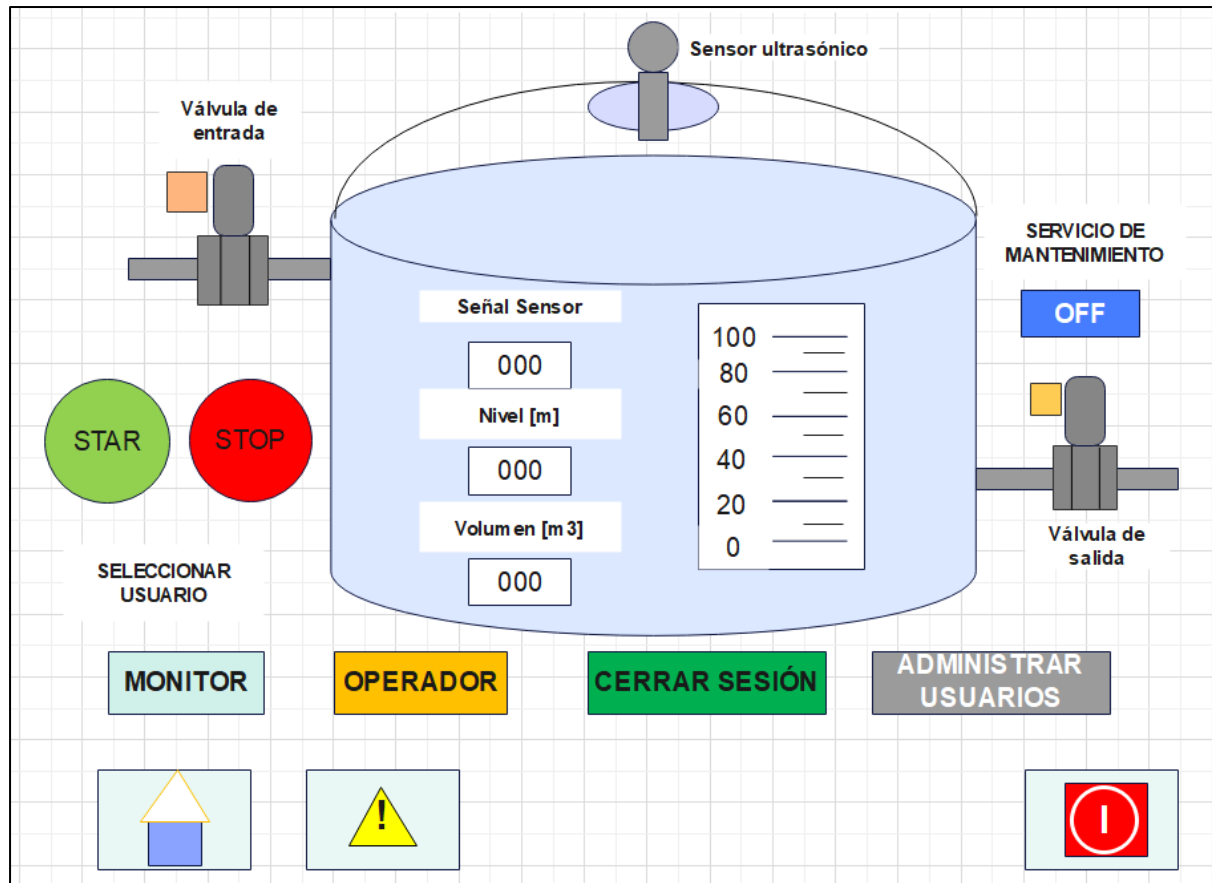





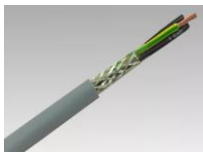
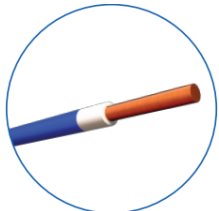

Figura 4.3. Esquema de la programación del panel HMI. Fuente: Los autores.


4.3 Descripción de equipos requeridos en el diseño de automatización del reservorio de agua

Para la futura implementación del sistema de automatización en el reservorio ubicado en la comunidad de Chaglabán del Cantón Cañar de la Provincia del Cañar, se requieren los siguientes equipos. A continuación, se detallan los equipos necesarios, sus características, modelos y el costo de cada uno, así como el costo total estimado del proyecto (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Descripción de los equipos requeridos en el diseño de automatización del reservorio de agua.
Fuente: Los autores.

#	ELEMENTOS	MODELO	CARACTERISTICAS	COSTO REFERENCIAL	FOTOGRAFÍA
1	PLC Logo V8.3	12/24rc 6ed1052-1md08-0ba1 DC-DC-relé	Módulo lógico con pantalla, Alimentación: 12/24 V DC/Relé, 8 Entradas digitales (4 convertibles en analógicas), 4 salidas digitales, Memoria: 400 bloques, Expansión por módulos, Ethernet, Servidor WEB, Interfaz a la nube, Páginas web configurables por el usuario, Registro de datos, Tarjeta Micros SD estándar	\$ 225,00	
2	Panel HMI	SIMATIC HMI, KTP400 Basic, dispositivos estándar de 2.ª generación, Panel básico, 6AV2123-2DB03-0AX0, 6AV21232DB030AX0, nuevo y genuino	Panel básico, operación Key/Touch, pantalla TFT de 4 plg, 65536 colores, interfaz PROFINET, configurable desde WinCC Basic V13/STEP 7 Basic V13.	\$ 320,00	
3	Electroválvula SHAKO	PU225A-14N-S9	Dimensión: 1 1/2 plg, Rango de presión de operación: (0,5 a 10 Bar o de 0,5 MPa a 0,981 MPa), Material: Latón forjado SS14, Rango de Temperatura: -15 a 80°C, Instalación: Horizontal, Voltaje estándar 220 VAC, Potencia: 16VA	\$ 73,38	
4	Electroválvula	PU225A-14A-DC-AC	Dimensión: 2 ", Rango de presión de operación: (0,5 a 10 Bar o de 0,5 MPa a 0,981 MPa), Material: Latón forjado SS14, Rango de Temperatura: -15 a 80°C, Instalación: Horizontal, Voltaje 12-24 DC, 110-220 AC.	\$ 64,35	
5	Sensor de distancia cilíndrico	DMU430B-6000/4TC-M12	Tecnología por ultrasonidos, Salida: analógico, digital, Conexión eléctrica, conector M12, Tipo de protección: IP67, IP68, Distancia: Mín.: 0,600 m - Máx.: 6 m, Frecuencia ultrasonido: 75 kHz, Tensión de	\$ 56,00	

			alimentación UB - 15 a 48 V, DC.		
6	Divisor Ethernet	THXCDBID	1 a 3 Divisor LAN de alta velocidad 1000Mbps Gigabit RJ45 Ethernet Switch Divisor de red con cable de alimentación USB C para cable Cat5/5e/6/7/8	\$ 29,32	
7	Interruptor Termomagnético Schneider	EASY9 2x32A	Capacidad de interrupción (Icn): FN 1P (127 V CA, 6000 A), (230 V CA, 4500 A), F/F: 2-3 P (230 V CA, 6000 A), (400 V CA, 4500 A)	\$ 20,00	
8	Interrupción diferencial Schneider	EASY9 2P, 25A, TIPO AC 30mA	Tensión de impulso: 4KV, Capacidad de ruptura: 500 A,	\$ 30,00	
9	Cable apantallado trenzado (3,5 m)	CABLE-T-A-LH	Tensión de servicio: 250 V, Tensión de prueba: 1500 V, Temperatura de servicio: -15 a 70°C, Resistencia máxima: 39 Ohm/km.	\$ 9,23	
10	Cables de conducción o alimentación (10 m)	THHN #12 AWG SÓLIDO	Longitud del Conductor: 100 metros, Calibre: 12 AWG, Corriente Máxima: 30 amperios, Temperatura Máxima: 90°C, Voltaje Máximo: 600 V, Recubrimiento: PVC y Nylon, Sello de Calidad INEN: NTE INEN 2345	\$ 71,30	
11	Cable Ethernet (3,5 m)	Cable De Datos Eje Cat.5e UTP 24 AWG	Cable De Datos Eje Cat.5e Utp 24 AWG AWM, RJ45, PVC 75°C EIA/TIA 568B	\$ 26,25	


12	Manguera para cables eléctricos.	Polietileno, negra	1 ½ plg, 10 metros	\$ 13,2	
TOTAL				\$ 938,03	




4.4 Descripción de los equipos utilizados para el diseño de la maqueta

Para el diseño de una maqueta demostrativa, se han utilizado los equipos disponibles en el laboratorio de Control Automático Industrial de la Universidad de Cuenca. El laboratorio cuenta con una variedad de equipos especializados que han facilitado el desarrollo de esta maqueta. Además, se han empleado electroválvulas de 12 VDC adquiridas en locales electrónicos, adecuadas para los requerimientos del proyecto.

Los detalles completos de todos los equipos electrónicos y eléctricos utilizados, incluyendo el nombre del equipo, su modelo y sus características se presentan en la Tabla 4.5. Esta maqueta ilustra el proceso de automatización de un reservorio o planta de agua, similar al existente en la comunidad de Chaglabán, y sirve como una herramienta para una mejor comprensión del sistema. Permite llevar a cabo el control y monitoreo del nivel de agua en el tanque, gestionar las entradas y salidas de agua, y mantener un registro histórico del consumo de agua para facilitar la planificación correspondiente.

Tabla 4.5. Descripción de los equipos utilizados para el diseño de la maqueta. Fuente: Los autores.

#	ELEMENTOS	MODELO	CARACTERISTICAS	FOTOGRAFÍA
1	PLC Logo V8.3	12/24rc 6ed1052-1md08-0ba1 Dc-dc-relé	Módulo lógico con pantalla, Alimentación: 12/24 V DC/Relé, 8 Entradas digitales (4 convertibles en analógicas), 4 salidas digitales, Memoria: 400 bloques, Expansión por módulos, Ethernet, Servidor WEB, Interfaz a la nube, Páginas web configurables por el usuario, Registro de datos, Tarjeta Micros SD estándar	

2	Módulo de Comunicación	Módulo de Comunicación CM 1241, RS232	MÓDULO DE COMUNICACIÓN, Marca: SIEMENS, Modelo: S7-1200, Protocolo de comunicación: Freeport/Modbus RTU, Tipo de bus: RS232, RS422/485.	
3	Panel HMI	KTP600 Basic color PN, 6AV6 647-0AD11-3AX0	Pantalla de 5,7" TFT, 320x240 pixeles, Colores 256; Manejo táctil o con teclado, 6 teclas de función; 1 x PROFINET; Referencia adicional: 6AV6647-0AD11-3AX1	
4	2 electroválvulas	DC 12V N/C	Tensión: DC 12 V, Corriente: 0.6A, Potencia: 8 W, Modo de operación: normalmente cerrado, Tipo de válvula: diafragma (operado por servo), Material: metal y plástico, Entrada y salida, Manguera para 1/2 "(diámetro exterior) manguera, Uso: fluidos de agua y baja viscosidad, Presión: 0.02 a 0.8 mPa, Temperatura máxima del fluido: 100 °C	
5	Sensor Ultrasónico	HCSR04 Ultrasonic Sensor	Fuente de alimentación: +5V DC, Corriente en reposo: <2mA, Corriente de trabajo: 15mA, Ángulo efectivo: <15°, Distancia de alcance: 2-400 cm, Resolución: 0,3 cm, Ángulo de medición: 30°, Ancho de pulso de entrada de activación: 10uS, Dimensiones: 45mm x 20mm x 15mm, Peso: aprox. 10 g	
6	Arduino	DUE	Microcontrolador AT91SAM3X8E, Voltaje de funcionamiento: 3.3V, Voltaje de entrada (recomendado): 7-12V, Voltaje de entrada (límites): 6-20V, Pines de I/O digitales: 54 (de los cuales 12 proporcionan salida PWM), Pines de entrada analógica: 12, Pines de salida analógica: 2 (DAC), Corriente de salida total en todas las líneas de I/O: 130 mA, Corriente DC para el pin de 3.3V: 800 mA, Corriente DC para el pin de 5V: 800 mA, Memoria Flash: 512 KB disponibles para las aplicaciones del usuario, SRAM: 96 KB (dos bancos: 64KB y 32KB), Velocidad del reloj: 84 MHz	



7	Cable conductor	AWG	Calibre: 16 AWG, Número de hilos: 19, Área de conductor: 33.6 mm ² , Diámetro de Conductor: 7.42 mm, Espesor del Aislamiento: 1.52 mm, Diámetro Exterior: 10.3 mm, Peso por Metro: 0.372 kg.	
8	3 cables Ethernet	Cable De Datos Eje Cat.5e UTP 24 AWG	Cable De Datos Eje Cat.5e Utp 24 AWG AWM, RJ45, PVC 75°C EIA/TIA 568B	
9	Fuente de alimentación Regulable	MODELO: UM - 715	Entrada: 100 V-240 V 50/60 Hz, Salida: 3-24 VDC - 3 A	
10	Multímetro	MODELO: DT - 9208A	Voltaje DC: 200m - 2000m - 20 - 200 - 1000V, Voltaje AC: 200 - 750V, Corriente DC: 200u - 2000u - 20m - 200m - 10A, Resistencia: 200 - 2000 - 20K - 200K - 2000K Ohm, Diodo Test: 3V / 0.8mA, Continuidad Buzzer	
11	Mini bomba de agua	bomba de diafragma en miniatura de 365 CC	Voltaje de funcionamiento: 5 – 12 V, Flujo máximo: 2-3 litros/minuto, Presión de salida: 1-2,5 kg, La elevación más alta: 1 – 2,5 metros, Máxima succión: 2 metros, Diámetro de entrada y salida: diámetro exterior 8mm, Peso: 111g	

Materiales adicionales para la construcción de la maqueta

Para la elaboración de la maqueta del diseño mencionado anteriormente, se han utilizado diversos materiales adicionales. En la Tabla 4.6, se detallan estos elementos adicionales empleados en la construcción de la maqueta, proporcionando información específica sobre cada material, incluyendo su descripción, cantidad, y características del material. Esta tabla ofrece una visión completa de todos los componentes necesarios para la creación y funcionalidad de la maqueta.

Tabla 4.6. Descripción de los materiales adicionales para la construcción de la maqueta. Fuente: Los autores.

#	CANTIDAD	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
1	3	Recipientes cilíndricos Transparentes	Volumen: 15 Litros, Diámetro: 28 cm, altura: 27 cm, tapa.	
2	2	Estructuras para soporte del recipiente	Material: Metal	
3	1	Cinta Masking	Adhesivo de caucho natural con respaldo de papel de alta resistencia	
4	1	pistola de silicona caliente	Voltaje, Frecuencia: 220-240 VCA50 / 60Hz, Potencia de entrada: 20 W (100 W), Capacidad de encolado: 13-18g / min., Diámetro de la barra de pegamento: 11,2 mm	
5	2	Barras de silicona	Diámetro: 7.4mm, Largo: 30cm, Barra transparente termofusible de silicona ideal para manualidades y reparaciones.	
6	3	Uniones	Polimex, 1/2 pulgada	
7	3	Conectores para tanques	Polimex, 1/2 pulgada	
8	1	Cinta Teflón	Material: Politetrafluoruro de etileno	

9	1	Manguera de uso Médico	Resinas de PVC de alta pureza, utilizadas para conducción de oxígeno, agua	
10	1	Adaptador Hembra	Adaptador hembra flex 1/2 plg	

4.5 Proceso de diseño y construcción de una maqueta para representar la automatización del sistema

Para comenzar la construcción de la maqueta, se procede a la adquisición de los materiales necesarios mencionados anteriormente en la Tabla 4.5 y Tabla 4.6 y a la instalación del software LOGO Soft Comfort. Se crea un nuevo proyecto para la programación y se configuran las direcciones IP entre el PLC, HMI y la computadora para permitir la comunicación mediante el cable Ethernet. Luego, se diseña el programa mostrado en la Figura 4.1.

Para configurar el sensor ultrasónico HC-SR04, se programa en el software ARDUINO IDE un código para procesar la señal que sirve para medir el nivel de agua en el tanque (referirse al Anexo I). La señal digital que se obtiene del sensor, se la convierte en una señal analógica que se envía a través del pin DAC1 del Arduino DUE para ingresarla en la entrada I7 del PLC.

Una vez verificada la programación, se procede a la construcción física de la maqueta, donde se realiza el soporte o estructura para los recipientes, permitiendo obtener diferentes alturas para los diferentes niveles. También se perforan los agujeros necesarios para la colocación de las tuberías y válvulas en las entradas y salidas de los recipientes. El sensor ultrasónico se coloca en la parte inferior de la tapa, mientras que el Arduino Due se coloca en la parte superior de la cubierta. Además, se instala una bomba de agua para transferir el líquido desde el tanque inferior hacia el tanque superior. Con todos los elementos necesarios colocados e instalados, se procede al cableado y la interconexión entre todos los dispositivos, obteniendo así la maqueta final como se observa en la Figura 4.4. Comprendido el funcionamiento del sistema, se realiza una calibración de las mediciones. Este paso es importante para asegurar que los resultados obtenidos sobre el nivel del agua, tanto en la simulación como en el tanque real, sean precisos y consistentes. Finalmente, se procede a tomar los datos realizando un registro histórico de datos para su respectivo análisis.



Figura 4.4. Vista frontal de la maqueta. Fuente: Los autores.

Resultados alcanzados

El presente trabajo se centra en el diseño de un sistema automatizado para el control y supervisión del reservorio de agua en la comunidad Chaglabán. Este proyecto se realiza con el fin de mejorar la eficiencia operativa y la gestión del recurso hídrico mediante la implementación de tecnología moderna. Como punto de partida, se lleva a cabo un análisis del consumo diario de agua tanto a nivel individual por vivienda como en términos generales para toda la comunidad. Utilizando datos del reservorio y mediciones actuales, se calcula la demanda promedio y las variaciones del consumo, lo cual es fundamental para dimensionar debidamente el sistema.

Se realiza una cuidadosa selección de equipos y dispositivos adecuados para aplicaciones industriales, que permitan asegurar su funcionamiento a largo plazo. Se opta por un PLC robusto y versátil que permite la automatización de los procesos de control y monitoreo. Además, se integran dos electroválvulas para el control del flujo de agua, un sensor ultrasónico para la medición continua del nivel en el reservorio y conductores de calidad industrial para garantizar la integridad de los circuitos eléctricos.

Por otra parte, se desarrollan algoritmos y lógicas de control específicas para controlar el volumen del reservorio según la demanda real de agua, lo cual contribuye significativamente a la gestión eficiente del recurso. La precisión en la regulación del nivel de agua permite minimizar pérdidas por fugas y sobrante, además de optimizar el consumo energético asociado al funcionamiento de los equipos. Esto se traduce en una mayor disponibilidad y fiabilidad del servicio de agua para los habitantes de la comunidad. El diseño de este sistema automatizado representa un avance significativo en la gestión sostenible del agua en la comunidad Chaglabán, destacando por su eficiencia operativa, fiabilidad y capacidad para adaptarse a futuras necesidades y avances tecnológicos.

Además, se ha elaborado una maqueta que representa el sistema de control y supervisión para el reservorio. Este prototipo no solo sirve como herramienta didáctica durante la fase de diseño, sino que también facilita la comprensión visual de los componentes y procesos involucrados. Las pruebas operativas del sistema de control se llevan a cabo utilizando equipos disponibles en el laboratorio de Control Automático Industrial. Estas pruebas permiten una evaluación del comportamiento de las variables del sistema, tales como la medición del nivel y volumen de agua, así como también la adquisición de información del funcionamiento del sistema mediante un registro históricos de datos (referirse al Anexo J). Los resultados obtenidos demuestran la eficacia del PLC seleccionado y la robustez de las configuraciones de control implementadas.

Capítulo 5

Conclusiones

- La revisión de la literatura permite identificar y analizar diversas tecnologías y metodologías empleadas en la automatización de reservorios de agua. La recopilación de información relevante sobre los componentes y estrategias de control utilizados en estos sistemas, proporciona una base sólida de conocimientos que ha sido fundamental para el desarrollo del proyecto. Este proceso no solo ha enriquecido la comprensión teórica, sino que también ha ofrecido valiosas prácticas para la implementación de soluciones automatizadas en el manejo de sistemas de almacenamiento de líquidos.
- El diseño del sistema de automatización es importante para determinar y dimensionar los equipos necesarios para una futura implementación en el reservorio. Lo que, permite un control de la entrada y salida del agua, así como el registro diario, mensual y anual del consumo de agua, facilitando una planificación adecuada del suministro de agua a la comunidad.
- El diseño de este sistema proporciona la flexibilidad necesaria para futuras expansiones conforme la población aumente con el tiempo. Ofrece la posibilidad de realizar una proyección anticipada del consumo de agua, lo que es esencial para garantizar un suministro continuo y eficiente en la comunidad. Este diseño puede replicarse en otras comunidades rurales de características y comportamientos similares en el consumo de agua, que aún dependen de métodos manuales para la administración y supervisión de reservorios, proporcionando una solución automatizada que mejora la eficiencia y reduce la dependencia del trabajo manual.
- Este trabajo permite replicar la metodología utilizada para una evaluación detallada de los diferentes tipos de componentes necesarios, para una posible implementación, donde se selecciona cuidadosamente los equipos adecuados para garantizar eficiencia y durabilidad.
- La realización de este trabajo permite aplicar los conceptos básicos aprendidos durante la carrera universitaria. También, la construcción de la maqueta utiliza los conocimientos fundamentales adquiridos en diversas asignaturas, como control y automatización. Además, integra principios de electrónica, programación y diseño de sistemas, demostrando la capacidad de combinar teoría y práctica para desarrollar soluciones completas y funcionales.

Recomendaciones

- Es fundamental realizar un dimensionamiento adecuado de todos los equipos involucrados, como sensores, electroválvulas, PLC, conductores eléctricos, etc. Un dimensionamiento incorrecto podría llevar a ineficiencias en el sistema, fallas operativas y sobrecostos innecesarios.
- La programación del sistema de control debe ser precisa para asegurar un funcionamiento continuo y sin fallos. De igual forma se recomienda seguir buenas prácticas de programación y realizar pruebas en condiciones simuladas antes de la implementación. Además, es fundamental documentar el código de programación y la lógica de control para facilitar el mantenimiento y las futuras actualizaciones del sistema.
- Para continuar mejorando el sistema, se sugiere explorar la integración de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) para una supervisión remota más avanzada y la implementación de sistemas de inteligencia artificial para la predicción de demanda y la optimización continua de los procesos.
- Para la realización de la maqueta, es fundamental contar con todas las herramientas y materiales necesarios. Además, se debe disponer de un Arduino con salidas analógicas, ya que el PLC tiene entradas para este tipo de señales. También es importante calibrar adecuadamente las medidas que se introducen en los diagramas de bloques durante la programación del sistema. Finalmente, asegurarse de que todos los componentes estén correctamente integrados y que la programación del PLC permita identificar adecuadamente las variables utilizadas, garantizando así el correcto funcionamiento.

Referencias

- Almidón, A., & Julian, E. (2019). *Sistemas de Control Automático I: Teoría y problemas aplicativos* (2a ed.).
- ARDUINO IDE. (2024). *Software*. <https://www.arduino.cc/en/software>
- Arenas, F., & Londoño, W. (2017). *Diseño de un Sistema Automatizado para una Planta de Tratamiento de Agua Potable*. INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO.
- ASCO™. (s. f.). *ELECTROVÁLVULAS ASCO™ de seguridad intrínseca, II 1G Ex ia IIC T6 Ga, II 2D Ex ib IIIC T85°C Db IP67 ISO 15218 (CNOMO, tamaño 30) interfaz, funcionamiento directo, cuerpo de plano de acoplamiento*. Emerson.
- Basani, M. (2018). Lineamientos para la gestión social en proyectos de agua potable y saneamiento en comunidades rurales. *IDB Publications*. <https://doi.org/10.18235/0001128>
- CENTELSA. (2010). *Cables para Instrumentación y Control*.
- CENTELSA. (2022). *Cables de Control THHN/THWN-2 TC SR ROHS 600 v 90 °C*.
- Chacon, D. (2001, febrero). *SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PROCESOS*.
- CIA, Z., & BMETERS. (s. f.). *Diverzu | Grupo Zurita, todo en ferretería y materiales de construcción para Ecuador—En Manabí estamos en Manta, Portoviejo, Pedernales y Cojimíes*. Diverzu.
- Daneri, P. (2008). *PLC Automatización y Control Industrial* (1a ed, Vol. 1).
- DELTA, D. (2018). *DVP-ES2/EX2/SS2/SA2/SX2/SE&TP Operation Manual—Programming*. https://www.deltronics.ru/images/manual/DVP-ES2-EX2-SS2-SA2-SX2-SE-TP_PM_EN_20181030.pdf
- FESTO. (2024, junio 17). *Electroválvulas VZWM-L*.
- Gutiérrez Hinestroza, M. del V., & Iturralde Kure, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*. La Libertad: Universidad Estatal Peninsula de Santa elena, 2017.
- Gwirc, S. (1998). *Sensores ultrasónicos: Respuesta a distintas formas de ondas de emisión*. INTI.
- Jiménez, J. M. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil.
- LEHENGOK, S. A. (s. f.). *Válvula de flotador/Float Valves*.
- Medrano Cruz, D. P. (2012). *Análisis y estudio para la captación y distribución de agua para la Comunidad de Quilapungo mediante el diseño y la implementación de una maqueta para el control automatizado* [bachelorThesis].
- Minería. (s. f.). *Unidad 2: Controladores Lógicos Programables, Funcionamiento del PLC* (Vol. 1). Universidad Nacional Autónoma de México.

- Ministerio de Ambiente y Agua MAAE. (s. f.). *El Proyecto Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en Recursos Hídricos en los Andes – Proyecto AICCA Ecuador*.
- MITSUBISHI. (2008). *MITSUBISHI CONTROLADOR ALPHA XL (AL2)*.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2003). *Probabilidad y estadística aplicado a la ingeniería (SEGUNDA EDICIÓN)*. EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V.
- Ogata, K. (1995). *Sistemas de control en tiempo discreto* (Segunda edición). Prentice Hall.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (5ta ed.). Prentice Hall, PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Páez, L., Heyder, D., & Zamora, M. (2015). *Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL) en MATLAB*. 24(39), 12.
- Pardo, G., & Toro, H. (2015). *PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL*.
- PARKER, H. (s. f.). *Parker series 7321B y 7322B. Válvulas para agua. Válvulas solenoide de alto rendimiento de dos vías, para agua, aceites ligeros y vapor*.
- Pila, P. (2018). Gestión del agua en Azuay: Base de la organización rural y la trascendencia hacia la incidencia nacional. *Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 71-88. <https://doi.org/10.17141/eutopia.13.2018.3288>
- PLASTIGAMA. (s. f.). *Sistemas a presión para conducción de agua potable. Presión PVC roscable*.
- ROCKWELL, A. (2015). *Controladores programables Mircos820*.
- Rodríguez, O., García, J., & Daza, A. (2005). *Comunicaciones Industriales. Ethernet*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA.
- SALAZAR, C., & CASTILLO, S. (2018). *Fundamentos Básicos de Estadística* (Primera Edición, Vol. 1).
- SCHNEIDER, E. (2005, enero 11). *Zelio Logic 2 Smart Relay User's Manual*. Manual Zelio Logic PLC.
- Serrano Morales, F. D. (2021). *Instrumentación y automatización de una sección de un canal de riego abierto en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de los Andes*.
- SIEMENS, S. (s. f.). *Search—Siemens SiePortal*. SIEMENS.
- SIEMENS, S. (2024, junio 19). *LOGO Manual*. PORTAL SIEMENS.
- SUPMEA. (2018). *User's Manual Supmea Ultrasonic Level Transmitter*.
- TODVALVULAS S.A.S. (s. f.). *Válvula de Compuerta Bronce Red White*. Todovalvulas.
- VEGA. (2004). *Medición de nivel y de presión para la industria de suministro de agua potable*.
- VEGA. (2024). *El sensor radar para líquidos VEGAPULS 64*. MEDITECNA.
- Walpole, R. E., & Myers, R. H. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Novena edición ISBN: 978-607-32-1417-9, Vol. 1). PEARSON EDUCACIÓN.
- Weather Spark. (s. f.). *El clima en Cañar, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador)*.

Wyczółkowski, R., Piechowski, M., Gładysiak, V., & Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2018). The Concept of Intelligent Chlorine Dosing System in Water Supply Distribution Networks. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 350.

Anexos

Anexo A: Entrevista sobre el reservorio de agua potable de la comunidad Chaglabán.

ENTREVISTA PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA DE LA COMUNIDAD CHAGLABÁN

Chaglabán, 25 de enero del 2024.

Entrevista

Historia de la construcción del reservorio de agua en la comunidad de Chaglabán.

Hasta hace 20 años, la comunidad enfrentaba dificultades debido a la falta de recursos hídricos adecuados. Se veían obligados a buscar agua en vertientes del sector, lo cual resultaba complicado y poco práctico debido a la distancia donde se encontraban, porque los pobladores se dirigían a la vertiente para abastecerse de agua mediante baldes que llenaban y luego trasladaban a sus viviendas. Además, la calidad del agua disponible no cumplía con los estándares necesarios para el consumo humano. Esta situación motivó la construcción del reservorio de agua potable para abastecer a la comunidad de una manera más accesible y garantizar la disponibilidad de agua de calidad para todos los habitantes.

Ante estas circunstancias, la comunidad se reunió para buscar una solución, aproximadamente en el año 2006 y mediante una asamblea entre todos los miembros de la comunidad llegaron a un acuerdo ante esta situación, lo cual derivó en la construcción de un reservorio de agua potable. Decidieron aprovechar una vertiente ubicada a unos 350 metros de la comunidad como fuente de abastecimiento, ya que todos acudían a ese lugar para obtener agua. Mediante una minga, todos se comprometieron a construir el reservorio, un esfuerzo colectivo que duró aproximadamente un mes. Luego, se emprendió un proceso mediante mingas, que tomó un año para la construcción de la red de tuberías de distribución, que permiten llevar el agua hasta cada una de las viviendas.

Una vez completado el proyecto, la comunidad designó en una asamblea a una persona responsable de su mantenimiento y purificación. Esta persona se encargaba de agregar cloro y otros elementos necesarios para garantizar la calidad del agua, además de informar a la comunidad sobre los procedimientos de mantenimiento del reservorio. Para financiar estas operaciones, se estableció una cuota de 1 dólar al mes por vivienda.

Una vez en funcionamiento, el tanque de almacenamiento de agua potable ha cumplido su propósito durante aproximadamente 20 años. Sin embargo, lamentablemente en el año 2017 la vertiente enfrentó una escasez de líquido y la calidad del agua se vio comprometida debido a la contaminación por parte de los animales que pastaban en los potreros ubicados aguas arriba. La presencia de orina y estiércol en el suelo afectaba directamente la vertiente, haciendo que el agua no fuera apta para el consumo humano.

Ante esas complicaciones, la comunidad tomó la decisión de unirse a la red de agua potable gestionada por la asociación TUCAYTA, que ofrecía una fuente de agua adecuada para el consumo humano. Este cambio se realizó en el año 2018, con el objetivo de garantizar un suministro de agua seguro y de calidad para todos los habitantes de la comunidad.

Preguntas puntuales:

¿A cuántas viviendas abastece el reservorio de agua potable?

En sus inicios, el reservorio abastecía a 32 viviendas por lo cual se derivaban 3 ramales de tuberías de distribución para distintos sectores de la comunidad hasta el año 2017. Actualmente abastece a un total de 22 viviendas dentro de la comunidad, debido a que las otras 10 viviendas

se integraron a otra red de suministro de agua. Debido a eso se deshabilitaron 2 ramales de tuberías de distribución.

¿Cuánto es el costo de consumo de agua por vivienda y se hace el registro de consumo?

No se consta con un registro regular del consumo de cada vivienda, por lo cual se ha fijado una tarifa o aporte de cada usuario, de 3 dólares mensuales que puede estar sujeto a penalización. De los cuales 2 dólares se cancelan a la asociación TUCAYTA y 1 dólar queda para la Junta de Agua de la comunidad.

¿Cuánta es la cantidad máxima de agua que puede consumir cada vivienda para no ser penalizada?

El consumo máximo permitido es de 10 000 litros al mes por vivienda. Si se excede este límite, se aplicará un cargo adicional de 0.25 centavos de dólar por cada litro de exceso consumido.

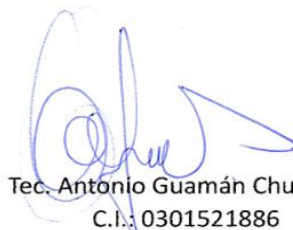
¿Cada que tiempo dan mantenimiento al reservorio?

El mantenimiento se da cada 6 meses al año.

¿Como regulan la cantidad de agua que ingresa y sale del reservorio?

Anteriormente, como se mencionó, una persona se encargaba de supervisar el flujo de entrada y salida de agua. En situaciones donde no se requería un consumo elevado y el agua podía desbordarse, o cuando era necesario un mayor suministro de líquido, esta persona intervenía. Hoy en día, se ha implementado una boya de nivel que controla tanto el ingreso como la salida de agua. Cuando se necesita un mayor suministro de líquido, la boya desciende, y si no se requiere tanto, permanece a la altura del nivel del agua.

Atentamente,



Tec. Antonio Guamán Chumaina
C.I.: 0301521886

PRESIDENTE DE LA JUNTA DE AGUA DE LA COMUNIDAD CHAGLABÁN

Anexo B: Encuestas sobre consumo de agua de los usuarios en la comunidad Chaglabán.

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°:¹

Tipo de encuesta:

☒ Con Datos

☐ Anónima

Segundo Juan Mainato Pichisaca
030069380-1

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

☒ 5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

☒ Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

☒ Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

☒ Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

☒ Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

☒ Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

☒ Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

☒ Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

☒ Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

☒ Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

☒ No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

☒ No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 2

Tipo de encuesta:

Con Datos Vicente Cambi Tenezaca
Anónima 030438504-3

Número de personas en su hogar:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

- Diariamente
- Varias veces a la semana
- Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

- Diariamente
- Varias veces a la semana
- Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

- Varias veces al día
- Una vez al día
- Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

- Diariamente
- Varias veces a la semana
- Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

- Varias veces al día
- Una vez al día
- Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°:3

Tipo de encuesta:

Con Datos ✓

Anónima

María Inés Caizán Mainato

030 217 619 - 3

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más ✓

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana ✓

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana ✓

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día ✓

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana ✓

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día ✓

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca ✓

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana ✓

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra ✓

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí ✓

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí ✓

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir de agua:

El agua de lo que lavamos la ropa. mandar pa plantas.

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí ✓

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 4.

Tipo de encuesta:

Con Datos 030055 288-2; María Allaico

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°:5

Tipo de encuesta:

Con Datos

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3 X

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana X

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana X

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día X

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana X

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día X

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca ☒

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana ☒

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería ☒

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí ☒

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí ☒

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir de agua: *Cerrar la llave de agua potable.*

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí ☒

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 6

Tipo de encuesta:

Con Datos

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir de agua: lavar en el río, uso agua vertiente

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 7

Tipo de encuesta:

Con Datos

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para red de agua: uso de agua vertiente.

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°:

Tipo de encuesta:

Con Datos

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua: Utilización de agua vertiente.

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: ...9.

Tipo de encuesta:

Con Datos

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°:10

Tipo de encuesta:

Con Datos

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN:

Vivienda encuestada N°: 11

Tipo de encuesta:

Con Datos 030 265 4 116 Manuela Dancón Morocho

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 12

Tipo de encuesta:

Con Datos 03 007 03 000 . Bernardo Dutan TacuriAnónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 13

Tipo de encuesta:

Con Datos cc: 0302911011

Anónima Inti José chuma Buñay

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 14

Tipo de encuesta:

Con Datos Martha Mainato Guaman

Anónima 030215271-5

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 15

Tipo de encuesta:

Con Datos Rosa Elvira Mainato

Anónima

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

ENCUESTA SOBRE EL USO DEL AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE CHAGLABÁN

Vivienda encuestada N°: 16

Tipo de encuesta:

Con Datos

Anónima

María Fernanda Mainato Chumaina
0302019088

Número de personas en su hogar:

1

2

3

4

5 o más

Uso del Agua Potable

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?

Varias veces al día

Una vez al día

Varias veces a la semana

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?

Semanalmente

Mensualmente

Raramente

Nunca

¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?

Diariamente

Varias veces a la semana

Una vez a la semana

Menos de una vez a la semana

Otros usos del agua potable:

Actividades relacionadas a agricultura

Ganadería

Ninguna otra

Comportamiento y Conciencia

¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?

Sí

No

¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?

Sí

No

Si su respuesta es sí, por favor mencione algunas acciones que realiza para reducir el consumo de agua:

¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?

Sí

No

No estoy seguro(a)

Anexo C: Tabulación y análisis de los resultados de las encuestas.

PREGUNTA 1	Número de personas en el hogar		
	Respuesta	frecuencia	%
1	Uno	0	0%
2	Dos	0	0%
3	Tres	4	25%
4	Cuatro	4	25%
5	Cinco	5	31%
6	Seis	1	6%
7	Siete	0	0%
8	Ocho	0	0%
9	Nueve	1	6%
10	Diez	1	6%
TOTAL	16	100%	

PREGUNTA 2	¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para bañarse?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Diariamente	6	38%
2	Varias veces a la semana	10	63%
3	Una vez a la semana	0	0%
TOTAL	16	100%	

PREGUNTA 3	¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar la ropa?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Diariamente	5	31%
2	Varias veces a la semana	10	63%
3	Una vez a la semana	1	6%
TOTAL	16	100%	

PREGUNTA 4	¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para cocinar?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Varias veces al día	15	94%
2	Una vez al día	0	0%
3	Varias veces a la semana	1	6%
TOTAL	16	100%	

PREGUNTA 5	¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para regar las plantas?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Diariamente	0	0%
2	Varias veces a la semana	1	6%
3	Una vez a la semana	15	94%
TOTAL	16	100%	

PREGUNTA 6	¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar los platos?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Diariamente	16	100%
2	Varias veces a la semana	0	0%
3	Una vez a la semana	0	0%
	TOTAL	16	100%

PREGUNTA 7	¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para lavar el automóvil?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Semanalmente	0	0%
2	Mensualmente	0	0%
3	Raramente	2	13%
4	Nunca	14	88%
	TOTAL	16	100%

PREGUNTA 8	¿Con qué frecuencia utiliza agua potable para limpiar la casa?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Diariamente	0	0%
2	Varias veces a la semana	7	44%
3	Una vez a la semana	5	31%
4	Menos una vez a la semana	4	25%
	TOTAL	16	100%

PREGUNTA 9	Otros usos del agua potable		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Actividades relacionadas a agricultura	0	0%
2	Ganadería	7	44%
3	Ninguno otra	9	56%
	TOTAL	16	100%

PREGUNTA 10	¿Está consciente del consumo de agua en su hogar?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Si	13	81%
2	No	3	19%
	TOTAL	16	100%

PREGUNTA 11	¿Realiza alguna acción para reducir el consumo de agua en su hogar?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Si	5	31%
2	No	11	69%
	TOTAL	16	100%

PREGUNTA 12	¿Cree que podría reducir aún más su consumo de agua?		
	Respuesta	Frecuencia	%
1	Si	6	38%
2	No	2	13%
3	No estoy seguro	8	50%
	TOTAL	16	100%

Anexo D: Registro de datos de consumo de agua en la comunidad.**Recopilación de Datos del medidor de consumo de volumen de agua del reservorio****Tabla D.1.** Registro de datos del medidor en la entrada del reservorio.

ENTRADA				
#	Fecha	Código del medidor	Registro de medidor [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	03/03/2024	160972669	24766	-
2	04/03/2024	160972669	24776	10
3	05/03/2024	160972669	24788	12
4	06/03/2024	160972669	24802	14
5	07/03/2024	160972669	24812	10
6	08/03/2024	160972669	24823	11
7	09/03/2024	160972669	24831	8
8	10/03/2024	160972669	24842	11
9	11/03/2024	160972669	24853	11
10	12/03/2024	160972669	24864	11
11	13/03/2024	160972669	24874	10
12	14/03/2024	160972669	24885	11
13	15/03/2024	160972669	24895	10
14	16/03/2024	160972669	24908	13
15	17/03/2024	160972669	24921	13
16	12/06/2024	160972669	25783	13
17	13/06/2024	160972669	25796	13
18	14/06/2024	160972669	25806	10
19	15/06/2024	160972669	25817	11
20	16/06/2024	160972669	25829	12
21	17/06/2024	160972669	25839	10
22	18/06/2024	160972669	25849	10
23	19/06/2024	160972669	25858	9
24	20/06/2024	160972669	25873	15
25	21/06/2024	160972669	25885	12
27	22/06/2024	160972669	25898	13
28	23/06/2024	160972670	25908	11
29	24/06/2024	160972671	25919	12
30	25/06/2024	160972672	25931	10
31	26/06/2024	160972673	25941	10

Tabla D.2. Factores estadísticos del análisis de datos de consumo del reservorio.

Media	11,20	m ³
Mediana	11,00	m ³
MODA	10,00	m ³
Varianza	2,441	(m ³) ²
Desviación estándar	1,562	m ³

Registro de Datos de consumo de agua de los usuarios

Tabla D.3. Registro de datos del medidor en la vivienda 1.

CASA 1				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	03/03/2024	181273375A	1201,46	-
2	04/03/2024	181273375A	1201,92	0,46
3	05/03/2024	181273375A	1202,39	0,47
4	06/03/2024	181273375A	1203,02	0,63
5	07/03/2024	181273375A	1203,584	0,564
6	08/03/2024	181273375A	1204,202	0,618
7	09/03/2024	181273375A	1204,774	0,572
8	10/03/2024	181273375A	1205,409	0,635
9	11/03/2024	181273375A	1206,686	1,277
10	12/03/2024	181273375A	1208,458	1,772
11	13/03/2024	181273375A	1209,814	1,356
12	14/03/2024	181273375A	1210,344	0,53
13	15/03/2024	181273375A	1210,431	0,087
14	16/03/2024	181273375A	1211,897	1,466
15	17/03/2024	181273375A	1212,644	0,747
16	11/06/2024	181273375A	1239,251	0,687
17	12/06/2024	181273375A	1240,451	0,699
18	13/06/2024	181273375A	1240,94	0,489
19	14/06/2024	181273375A	1241,266	0,326
20	15/06/2024	181273375A	1241,798	0,532
21	16/06/2024	181273375A	1242,53	0,732
22	17/06/2024	181273375A	1243,426	0,896
23	18/06/2024	181273375A	1244,012	0,586
24	19/06/2024	181273375A	1244,71	0,698
25	20/06/2024	181273375A	1245,197	0,487
26	21/06/2024	181273375A	1245,526	0,329
27	22/06/2024	181273375A	1246,059	0,533

28	23/06/2024	181273375A	1246,385	0,532
29	24/06/2024	181273375A	1246,917	0,732
30	25/06/2024	181273375A	1247,649	0,896
31	26/06/2024	181273375A	1248,545	0,586

Tabla D.4. Registro de datos del medidor en la vivienda 2.

CASA 2				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	03/03/2024	181273385A	2043,41	-
2	04/03/2024	181273385A	2043,53	0,12
3	05/03/2024	181273385A	2043,623	0,093
4	06/03/2024	181273385A	2044,184	0,561
5	07/03/2024	181273385A	2044,64	0,451
6	08/03/2024	181273385A	2045,25	0,616
7	09/03/2024	181273385A	2045,30	0,049
8	10/03/2024	181273385A	2045,35	0,045
9	11/03/2024	181273385A	2046,27	0,927
10	12/03/2024	181273385A	2046,36	0,083
11	13/03/2024	181273385A	2046,88	0,523
12	14/03/2024	181273385A	2046,98	0,103
13	15/03/2024	181273385A	2047,03	0,051
14	16/03/2024	181273385A	2047,55	0,52
15	17/03/2024	181273385A	2048,24	0,686
16	12/06/2024	181273385A	2110,038	0,699
17	13/06/2024	181273385A	2110,174	0,136
18	14/06/2024	181273385A	2110,41	0,236
19	15/06/2024	181273385A	2110,873	0,463
20	16/06/2024	181273385A	2111,736	0,863
21	17/06/2024	181273385A	2112,105	0,369
22	18/06/2024	181273385A	2112,666	0,561
23	19/06/2024	181273385A	2113,117	0,451
24	20/06/2024	181273385A	2113,733	0,616
25	21/06/2024	181273385A	2113,782	0,049
26	22/06/2024	181273385A	2113,827	0,045
27	23/06/2024	181273385A	2114,754	0,927
28	23/06/2024	181273385A	2114,754	0,463
29	24/06/2024	181273385A	2115,217	0,863
30	25/06/2024	181273385A	2116,08	0,369
31	26/06/2024	181273385A	2116,449	0,561

Tabla D.5. Registro de datos del medidor en la vivienda 3.

CASA 3				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	03/03/2024	181273000A	1155,638	-
2	04/03/2024	181273000A	1156,217	0,579
3	05/03/2024	181273000A	1156,466	0,249
4	06/03/2024	181273000A	1156,664	0,198
5	07/03/2024	181273000A	1156,91	0,246
6	08/03/2024	181273000A	1156,91	0
7	09/03/2024	181273000A	1156,91	0
8	10/03/2024	181273000A	1156,998	0,088
9	11/03/2024	181273000A	1156,998	0
10	12/03/2024	181273000A	1157,243	0,245
11	13/03/2024	181273000A	1157,284	0,041
12	14/03/2024	181273000A	1157,356	0,072
13	15/03/2024	181273000A	1157,433	0,077
14	16/03/2024	181273000A	1157,434	0,001
15	17/03/2024	181273000A	1157,451	0,017
16	12/06/2024	181273000A	1164,306	0,099
17	13/06/2024	181273000A	1164,869	0,563
18	14/06/2024	181273000A	1164,958	0,089
19	15/06/2024	181273000A	1165,59	0,632
20	16/06/2024	181273000A	1165,722	0,132
21	17/06/2024	181273000A	1165,818	0,096
22	18/06/2024	181273000A	1165,881	0,063
23	19/06/2024	181273000A	1166,46	0,579
24	20/06/2024	181273000A	1166,709	0,249
25	21/06/2024	181273000A	1166,907	0,198
26	22/06/2024	181273000A	1167,153	0,246
27	23/06/2024	181273000A	1167,581	0,428
28	23/06/2024	181273000A	1167,581	0,632
29	24/06/2024	181273000A	1168,213	0,132
30	25/06/2024	181273000A	1168,345	0,096
31	26/06/2024	181273000A	1168,441	0,063

Tabla D.6. Registro de datos del medidor en la vivienda 4.

CASA 4				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	03/03/2024	181273386A	1833,826	-
2	04/03/2024	181273386A	1834,415	0,589
3	05/03/2024	181273386A	1835,114	0,699
4	06/03/2024	181273386A	1835,793	0,679
5	07/03/2024	181273386A	1836,362	0,569
6	08/03/2024	181273386A	1838,208	1,846
7	09/03/2024	181273386A	1839,792	1,584
8	10/03/2024	181273386A	1841,656	1,864
9	11/03/2024	181273386A	1842,632	0,976
10	12/03/2024	181273386A	1844,045	1,413
11	13/03/2024	181273386A	1845,446	1,401
12	14/03/2024	181273386A	1846,946	1,5
13	15/03/2024	181273386A	1848,576	1,63
14	16/03/2024	181273386A	1849,982	1,406
15	17/03/2024	181273386A	1851,392	1,41
16	12/06/2024	181273386A	1933,354	0,896
17	13/06/2024	181273386A	1934,341	0,987
18	14/06/2024	181273386A	1935,464	1,123
19	15/06/2024	181273386A	1936,249	0,785
20	16/06/2024	181273386A	1937,105	0,856
21	17/06/2024	181273386A	1938,341	1,236
22	18/06/2024	181273386A	1939,309	0,968
23	19/06/2024	181273386A	1939,898	0,589
24	20/06/2024	181273386A	1940,597	0,699
25	21/06/2024	181273386A	1941,276	0,679
26	22/06/2024	181273386A	1941,845	0,569
27	23/06/2024	181273386A	1943,691	1,846
28	23/06/2024	181273386A	1943,691	0,896
29	24/06/2024	181273386A	1944,587	0,987
30	25/06/2024	181273386A	1945,574	1,123
31	26/06/2024	181273386A	1946,697	0,785

Tabla D.7. Registro de datos del medidor en la vivienda 5.

CASA 5				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273371A	1386,785	-
2	06/05/2024	181273371A	1387,526	0,741
3	07/05/2024	181273371A	1389,073	1,547
4	08/05/2024	181273371A	1390,239	1,166
5	09/05/2024	181273371A	1391,133	0,894
6	10/05/2024	181273371A	1392,111	0,978
7	11/05/2024	181273371A	1393,793	1,682
8	12/05/2024	181273371A	1394,834	1,041
9	13/05/2024	181273371A	1395,34	0,506
10	14/05/2024	181273371A	1395,733	0,393
11	15/05/2024	181273371A	1395,742	0,009
12	16/05/2024	181273371A	1396,155	0,413
13	17/05/2024	181273371A	1397,861	1,706
14	18/05/2024	181273371A	1398,423	0,562
15	19/05/2024	181273371A	1399,17	0,747
16	20/05/2024	181273371A	1399,831	0,661
17	21/05/2024	181273371A	1400,956	1,125
18	22/05/2024	181273371A	1402,192	1,236
19	23/05/2024	181273371A	1403,428	1,236
20	24/05/2024	181273371A	1404,417	0,989
21	25/05/2024	181273371A	1406,345	1,928
22	26/05/2024	181273371A	1408,567	2,222
23	27/05/2024	181273371A	1410,345	1,778
24	28/05/2024	181273371A	1413,386	3,041
25	29/05/2024	181273371A	1415,142	1,756
26	30/05/2024	181273371A	1417,735	2,593
27	31/05/2024	181273371A	1419,097	1,362
28	01/06/2024	181273371A	1420,083	0,986
29	02/06/2024	181273371A	1420,976	0,893
30	03/06/2024	181273371A	1421,962	0,986
31	04/06/2024	181273371A	1422,961	0,999

Tabla D.8. Registro de datos del medidor en la vivienda 6.

CASA 6				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273377A	64,789	-
2	06/05/2024	181273377A	64,811	0,022
3	07/05/2024	181273377A	64,834	0,023
4	08/05/2024	181273377A	64,898	0,064
5	09/05/2024	181273377A	64,912	0,014
6	10/05/2024	181273377A	64,94	0,028
7	11/05/2024	181273377A	64,996	0,056
8	12/05/2024	181273377A	65,015	0,019
9	13/05/2024	181273377A	65,035	0,02
10	14/05/2024	181273377A	65,078	0,043
11	15/05/2024	181273377A	65,101	0,023
12	16/05/2024	181273377A	65,101	0
13	17/05/2024	181273377A	65,111	0,01
14	18/05/2024	181273377A	65,124	0,013
15	19/05/2024	181273377A	65,234	0,11
16	20/05/2024	181273371A	65,431	0,197
17	21/05/2024	181273377A	65,698	0,267
18	22/05/2024	181273377A	65,901	0,203
19	23/05/2024	181273377A	65,98	0,079
20	24/05/2024	181273377A	66,079	0,099
21	25/05/2024	181273371A	66,168	0,089
22	26/05/2024	181273377A	66,177	0,009
23	27/05/2024	181273377A	66,197	0,02
24	28/05/2024	181273377A	66,217	0,02
25	29/05/2024	181273377A	66,247	0,03
26	30/05/2024	181273371A	66,248	0,001
27	31/05/2024	181273377A	66,248	0
28	01/06/2024	181273377A	67,208	0,96
29	02/06/2024	181273377A	67,309	0,101
30	03/06/2024	181273377A	67,432	0,123
31	04/06/2024	181273377A	67,635	0,203

Tabla D.9. Registro de datos del medidor en la vivienda 7.

CASA 7				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181272964A	144	-
2	06/05/2024	181272964A	144,49	0,456
3	07/05/2024	181272964A	145,076	0,586
4	08/05/2024	181272964A	145,224	0,148
5	09/05/2024	181272964A	146,013	0,789
6	10/05/2024	181272964A	146,559	0,546
7	11/05/2024	181272964A	147,149	0,590
8	12/05/2024	181272964A	147,293	0,144
9	13/05/2024	181272964A	147,538	0,245
10	14/05/2024	181272964A	147,702	0,164
11	15/05/2024	181272964A	147,894	0,192
12	16/05/2024	181272964A	147,898	0,004
13	17/05/2024	181272964A	148,687	0,789
14	18/05/2024	181272964A	149,446	0,759
15	19/05/2024	181272964A	150,235	0,789
16	20/05/2024	181272964A	150,833	0,598
17	21/05/2024	181272964A	150,956	0,123
18	22/05/2024	181272964A	151,079	0,123
19	23/05/2024	181272964A	151,578	0,499
20	24/05/2024	181272964A	152,034	0,456
21	25/05/2024	181272964A	152,497	0,463
22	26/05/2024	181272964A	152,96	0,463
23	27/05/2024	181272964A	153,416	0,456
24	28/05/2024	181272964A	153,605	0,189
25	29/05/2024	181272964A	153,861	0,256
26	30/05/2024	181272964A	156,471	2,610
27	31/05/2024	181272964A	156,483	0,012
28	01/06/2024	181272964A	156,495	0,012
29	02/06/2024	181272964A	156,499	0,004
30	03/06/2024	181272964A	156,501	0,002
31	04/06/2024	181272964A	156,513	0,012

Tabla D.10.Registro de datos del medidor en la vivienda 8.

CASA 8				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273378A	9,397	-
2	06/05/2024	181273378A	9,413	0,016
3	07/05/2024	181273378A	9,431	0,018
4	08/05/2024	181273378A	9,443	0,012
5	09/05/2024	181273378A	9,46	0,017
6	10/05/2024	181273378A	9,47	0,01
7	11/05/2024	181273378A	9,52	0,05
8	12/05/2024	181273378A	9,536	0,016
9	13/05/2024	181273378A	9,552	0,016
10	14/05/2024	181273378A	9,582	0,03
11	15/05/2024	181273378A	9,607	0,025
12	16/05/2024	181273378A	9,617	0,01
13	17/05/2024	181273378A	9,64	0,023
14	18/05/2024	181273378A	9,655	0,015
15	19/05/2024	181273378A	9,675	0,02
16	20/05/2024	181273378A	9,675	0
17	21/05/2024	181273378A	9,675	0
18	22/05/2024	181273378A	9,675	0
19	23/05/2024	181273378A	9,675	0
20	24/05/2024	181273378A	9,675	0
21	25/05/2024	181273378A	9,675	0
22	26/05/2024	181273378A	9,676	0,001
23	27/05/2024	181273378A	9,676	0
24	28/05/2024	181273378A	9,676	0
25	29/05/2024	181273378A	9,676	0
26	30/05/2024	181273378A	9,676	0
27	31/05/2024	181273378A	9,676	0
28	01/06/2024	181273378A	9,676	0
29	02/06/2024	181273378A	9,677	0,001
30	03/06/2024	181273378A	9,677	0
31	04/06/2024	181273378A	9,677	0

Tabla D.11. Registro de datos del medidor en la vivienda 9.

CASA 9				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273383A	1064,546	-
2	06/05/2024	181273383A	1065,109	0,563
3	07/05/2024	181273383A	1065,485	0,376
4	08/05/2024	181273383A	1065,781	0,296
5	09/05/2024	181273383A	1066,294	0,513
6	10/05/2024	181273383A	1066,563	0,269
7	11/05/2024	181273383A	1066,924	0,361
8	12/05/2024	181273383A	1067,436	0,512
9	13/05/2024	181273383A	1068,032	0,596
10	14/05/2024	181273383A	1068,495	0,463
11	15/05/2024	181273383A	1068,741	0,246
12	16/05/2024	181273383A	1069,087	0,346
13	17/05/2024	181273383A	1069,452	0,365
14	18/05/2024	181273383A	1070,038	0,586
15	19/05/2024	181273383A	1070,474	0,436
16	20/05/2024	181273383A	1070,93	0,456
17	21/05/2024	181273383A	1071,079	0,149
18	22/05/2024	181273383A	1071,357	0,278
19	23/05/2024	181273383A	1071,84	0,483
20	24/05/2024	181273383A	1072,299	0,459
21	25/05/2024	181273383A	1072,755	0,456
22	26/05/2024	181273383A	1073,211	0,456
23	27/05/2024	181273383A	1073,469	0,258
24	28/05/2024	181273383A	1074,047	0,578
25	29/05/2024	181273383A	1074,736	0,689
26	30/05/2024	181273383A	1075,335	0,599
27	31/05/2024	181273383A	1075,993	0,658
28	01/06/2024	181273383A	1076,149	0,156
29	02/06/2024	181273383A	1076,267	0,118
30	03/06/2024	181273383A	1076,596	0,329
31	04/06/2024	181273383A	1077,596	1

Tabla D.12. Registro de datos del medidor en la vivienda 10.

CASA 10				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273376A	1182,989	-
2	06/05/2024	181273376A	1183,188	0,199
3	07/05/2024	181273376A	1183,657	0,469
4	08/05/2024	181273376A	1183,953	0,296
5	09/05/2024	181273376A	1184,08	0,127
6	10/05/2024	181273376A	1184,543	0,463
7	11/05/2024	181273376A	1185,039	0,496
8	12/05/2024	181273376A	1185,615	0,576
9	13/05/2024	181273376A	1185,884	0,269
10	14/05/2024	181273376A	1186,38	0,496
11	15/05/2024	181273376A	1186,749	0,369
12	16/05/2024	181273376A	1187,225	0,476
13	17/05/2024	181273376A	1187,461	0,236
14	18/05/2024	181273376A	1188,095	0,634
15	19/05/2024	181273376A	1188,451	0,356
16	20/05/2024	181273376A	1188,823	0,372
17	21/05/2024	181273376A	1189,509	0,686
18	22/05/2024	181273376A	1190,098	0,589
19	23/05/2024	181273376A	1190,991	0,893
20	24/05/2024	181273376A	1191,58	0,589
21	25/05/2024	181273376A	1192,019	0,439
22	26/05/2024	181273376A	1192,388	0,369
23	27/05/2024	181273376A	1192,844	0,456
24	28/05/2024	181273376A	1193,276	0,432
25	29/05/2024	181273376A	1193,539	0,263
26	30/05/2024	181273376A	1193,964	0,425
27	31/05/2024	181273376A	1194,587	0,623
28	01/06/2024	181273376A	1195,043	0,456
29	02/06/2024	181273376A	1195,549	0,506
30	03/06/2024	181273376A	1195,967	0,418
31	04/06/2024	181273376A	1196,462	0,495

Tabla D.13. Registro de datos del medidor en la vivienda 11.

CASA 11				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273370A	36,721	-
2	06/05/2024	181273370A	36,744	0,023
3	07/05/2024	181273370A	36,795	0,051
4	08/05/2024	181273370A	36,808	0,013
5	09/05/2024	181273370A	36,851	0,043
6	10/05/2024	181273370A	36,896	0,045
7	11/05/2024	181273370A	36,916	0,02
8	12/05/2024	181273370A	36,972	0,056
9	13/05/2024	181273370A	37,023	0,051
10	14/05/2024	181273370A	37,028	0,005
11	15/05/2024	181273370A	37,042	0,014
12	16/05/2024	181273370A	37,059	0,017
13	17/05/2024	181273370A	37,074	0,015
14	18/05/2024	181273370A	37,089	0,015
15	19/05/2024	181273370A	37,115	0,026
16	20/05/2024	181273370A	37,115	0
17	21/05/2024	181273370A	37,115	0
18	22/05/2024	181273370A	37,115	0
19	23/05/2024	181273370A	37,115	0
20	24/05/2024	181273370A	37,116	0,001
21	25/05/2024	181273370A	37,116	0
22	26/05/2024	181273370A	37,117	0,001
23	27/05/2024	181273370A	37,119	0,002
24	28/05/2024	181273370A	37,121	0,002
25	29/05/2024	181273370A	37,125	0,004
26	30/05/2024	181273370A	37,13	0,005
27	31/05/2024	181273370A	37,135	0,005
28	01/06/2024	181273370A	37,139	0,004
29	02/06/2024	181273370A	37,144	0,005
30	03/06/2024	181273370A	37,151	0,007
31	04/06/2024	181273370A	37,156	0,005

Tabla D.14. Registro de datos del medidor en la vivienda 12.

CASA 12				
#	Fecha	Código del Caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273369A	2,477	-
2	06/05/2024	181273369A	2,486	0,009
3	07/05/2024	181273369A	2,494	0,008
4	08/05/2024	181273369A	2,507	0,013
5	09/05/2024	181273369A	2,523	0,016
6	10/05/2024	181273369A	2,546	0,023
7	11/05/2024	181273369A	2,559	0,013
8	12/05/2024	181273369A	2,584	0,025
9	13/05/2024	181273369A	2,598	0,014
10	14/05/2024	181273369A	2,621	0,023
11	15/05/2024	181273369A	2,626	0,005
12	16/05/2024	181273369A	2,639	0,013
13	17/05/2024	181273369A	2,659	0,02
14	18/05/2024	181273369A	2,737	0,078
15	19/05/2024	181273369A	2,752	0,015
16	20/05/2024	181273369A	2,773	0,021
17	21/05/2024	181273369A	2,791	0,018
18	22/05/2024	181273369A	2,809	0,018
19	23/05/2024	181273369A	2,835	0,026
20	24/05/2024	181273369A	2,847	0,012
21	25/05/2024	181273369A	2,859	0,012
22	26/05/2024	181273369A	2,862	0,003
23	27/05/2024	181273369A	2,876	0,014
24	28/05/2024	181273369A	2,879	0,003
25	29/05/2024	181273369A	2,883	0,004
26	30/05/2024	181273369A	2,888	0,005
27	31/05/2024	181273369A	2,893	0,005
28	01/06/2024	181273369A	2,895	0,002
29	02/06/2024	181273369A	2,897	0,002
30	03/06/2024	181273369A	2,899	0,002
31	04/06/2024	181273369A	2,913	0,014

Tabla D.15. Registro de datos del medidor en la vivienda 13.

CASA 13				
#	Fecha	Código del caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273373A	38,68	-
2	06/05/2024	181273373A	38,68	0,000
3	07/05/2024	181273373A	38,68	0,000
4	08/05/2024	181273373A	38,68	0,000
5	09/05/2024	181273373A	38,68	0,000
6	10/05/2024	181273373A	38,69	0,010
7	11/05/2024	181273373A	38,69	0,000
8	12/05/2024	181273373A	38,69	0,000
9	13/05/2024	181273373A	38,69	0,000
10	14/05/2024	181273373A	38,69	0,000
11	15/05/2024	181273373A	38,69	0,000
12	16/05/2024	181273373A	38,69	0,000
13	17/05/2024	181273373A	38,69	0,000
14	18/05/2024	181273373A	38,69	0,000
15	19/05/2024	181273373A	38,69	0,000
16	20/05/2024	181273373A	38,69	0,000
17	21/05/2024	181273373A	38,7	0,010
18	22/05/2024	181273373A	38,7	0,000
19	23/05/2024	181273373A	38,7	0,000
20	24/05/2024	181273373A	38,7	0,000
21	25/05/2024	181273373A	38,7	0,000
22	26/05/2024	181273373A	38,7	0,000
23	27/05/2024	181273373A	38,71	0,010
24	28/05/2024	181273373A	38,71	0,000
25	29/05/2024	181273373A	38,71	0,000
26	30/05/2024	181273373A	38,71	0,000
27	31/05/2024	181273373A	38,71	0,000
28	01/06/2024	181273373A	38,71	0,000
29	02/06/2024	181273373A	38,71	0,000
30	03/06/2024	181273373A	38,72	0,010
31	04/06/2024	181273373A	38,72	0,000

Tabla D.16. Registro de datos del medidor en la vivienda 14.

CASA 14				
#	Fecha	Código del caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181273368A	209,512	-
2	06/05/2024	181273368A	209,87	0,358
3	07/05/2024	181273368A	210,106	0,236
4	08/05/2024	181273368A	210,162	0,056
5	09/05/2024	181273368A	210,522	0,360
6	10/05/2024	181273368A	210,954	0,432
7	11/05/2024	181273368A	211,287	0,333
8	12/05/2024	181273368A	211,551	0,264
9	13/05/2024	181273368A	211,608	0,057
10	14/05/2024	181273368A	211,693	0,085
11	15/05/2024	181273368A	212,331	0,638
12	16/05/2024	181273368A	212,693	0,362
13	17/05/2024	181273368A	213,261	0,568
14	18/05/2024	181273368A	213,9	0,639
15	19/05/2024	181273368A	214,163	0,263
16	20/05/2024	181273368A	214,262	0,099
17	21/05/2024	181273368A	214,363	0,101
18	22/05/2024	181273368A	214,499	0,136
19	23/05/2024	181273368A	214,868	0,369
20	24/05/2024	181273368A	215,364	0,496
21	25/05/2024	181273368A	215,49	0,126
22	26/05/2024	181273368A	216,053	0,563
23	27/05/2024	181273368A	216,479	0,426
24	28/05/2024	181273368A	216,535	0,056
25	29/05/2024	181273368A	216,895	0,360
26	30/05/2024	181273368A	217,484	0,589
27	31/05/2024	181273368A	217,616	0,132
28	01/06/2024	181273368A	218,179	0,563
29	02/06/2024	181273368A	218,276	0,097
30	03/06/2024	181273368A	218,508	0,232
31	04/06/2024	181273368A	218,964	0,456

Tabla D.17. Registro de datos del medidor en la vivienda 15.

CASA 15				
#	Fecha	Código del caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	24/05/2024	181272992A	650,31	-
2	06/05/2024	181272992A	650,666	0,356
3	07/05/2024	181272992A	650,789	0,123
4	08/05/2024	181272992A	651,321	0,532
5	09/05/2024	181272992A	652,184	0,863
6	10/05/2024	181272992A	652,546	0,362
7	11/05/2024	181272992A	653,014	0,468
8	12/05/2024	181272992A	653,376	0,362
9	13/05/2024	181272992A	653,839	0,463
10	14/05/2024	181272992A	654,102	0,263
11	15/05/2024	181272992A	654,361	0,259
12	16/05/2024	181272992A	654,483	0,122
13	17/05/2024	181272992A	654,635	0,152
14	18/05/2024	181272992A	654,997	0,362
15	19/05/2024	181272992A	655,46	0,463
16	20/05/2024	181272992A	655,986	0,526
17	21/05/2024	181272992A	656,109	0,123
18	22/05/2024	181272992A	656,605	0,496
19	23/05/2024	181272992A	657,004	0,399
20	24/05/2024	181272992A	657,51	0,506
21	25/05/2024	181272992A	657,635	0,125
22	26/05/2024	181272992A	658,061	0,426
23	27/05/2024	181272992A	658,513	0,452
24	28/05/2024	181272992A	658,869	0,356
25	29/05/2024	181272992A	659,451	0,582
26	30/05/2024	181272992A	659,947	0,496
27	31/05/2024	181272992A	660,203	0,256
28	01/06/2024	181272992A	660,559	0,356
29	02/06/2024	181272992A	660,682	0,123
30	03/06/2024	181272992A	661,214	0,532
31	04/06/2024	181272992A	662,077	0,863

Tabla D.18. Registro de datos del medidor en la vivienda 19.

CASA 19				
#	Fecha	Código del caudalímetro	Registro de medida [m3]	Volumen consumido en un día [m3]
1	05/05/2024	181274373A	105,211	-
2	06/05/2024	181274373A	105,369	0,158
3	07/05/2024	181274373A	105,467	0,098
4	08/05/2024	181274373A	105,99	0,523
5	09/05/2024	181274373A	106,826	0,836
6	10/05/2024	181274373A	107,289	0,463
7	11/05/2024	181274373A	107,535	0,246
8	12/05/2024	181274373A	107,998	0,463
9	13/05/2024	181274373A	108,961	0,963
10	14/05/2024	181274373A	109,623	0,662
11	15/05/2024	181274373A	109,663	0,040
12	16/05/2024	181274373A	110,032	0,369
13	17/05/2024	181274373A	110,664	0,632
14	18/05/2024	181274373A	111,242	0,578
15	19/05/2024	181274373A	111,604	0,362
16	20/05/2024	181274373A	111,973	0,369
17	21/05/2024	181274373A	112,187	0,214
18	22/05/2024	181274373A	112,29	0,103
19	23/05/2024	181274373A	112,388	0,098
20	24/05/2024	181274373A	112,75	0,362
21	25/05/2024	181274373A	113,112	0,362
22	26/05/2024	181274373A	113,744	0,632
23	27/05/2024	181274373A	114,106	0,362
24	28/05/2024	181274373A	114,669	0,563
25	29/05/2024	181274373A	115,031	0,362
26	30/05/2024	181274373A	115,129	0,098
27	31/05/2024	181274373A	115,45	0,321
28	01/06/2024	181274373A	115,713	0,263
29	02/06/2024	181274373A	116,075	0,362
30	03/06/2024	181274373A	116,311	0,236
31	04/06/2024	181274373A	117,167	0,856

Anexo E: Tabulación de los datos de consumo de agua por vivienda en la comunidad y parámetros estadísticos para el análisis.

Tabla E.1. Datos del consumo de agua diario de las viviendas.

Fecha	Consumo de la Casa 1 [m3]	Consumo de la Casa 2 [m3]	Consumo de la Casa 3 [m3]	Consumo de la Casa 4 [m3]	Consumo de la Casa 5 [m3]	Consumo de la Casa 6 [m3]	Consumo de la Casa 7 [m3]	Consumo de la Casa 8 [m3]	Consumo de la Casa 9 [m3]	Consumo de la Casa 10 [m3]	Consumo de la Casa 11 [m3]	Consumo de la Casa 12 [m3]	Consumo de la Casa 13 [m3]	Consumo de la Casa 14 [m3]	Consumo de la Casa 15 [m3]	Consumo de la Casa 19 [m3]	Consumo de la Casa 17 [m3]	Consumo de la Casa 18 [m3]	Consumo de la Casa 16 [m3]	Consumo de la Casa 20 [m3]	Consumo de la Casa 21 [m3]	Consumo de la Casa 22 [m3]
05/05/2024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06/05/2024	0,460	0,120	0,579	0,589	0,741	0,022	0,456	0,016	0,563	0,199	0,023	0,009	0,0000	0,3580	0,3560	0,1580	-	-	-	-	-	-
07/05/2024	0,470	0,093	0,249	0,699	1,547	0,023	0,586	0,018	0,376	0,469	0,051	0,008	0,0000	0,2360	0,1230	0,0980	-	-	-	-	-	-
08/05/2024	0,630	0,561	0,198	0,679	1,166	0,064	0,148	0,012	0,296	0,296	0,013	0,013	0,0000	0,0560	0,5320	0,5230	-	-	-	-	-	-
09/05/2024	0,564	0,451	0,246	0,569	0,894	0,014	0,789	0,017	0,513	0,127	0,043	0,016	0,0000	0,3600	0,8630	0,8360	-	-	-	-	-	-
10/05/2024	0,618	0,616	0,000	1,846	0,978	0,028	0,546	0,010	0,269	0,463	0,045	0,023	0,0100	0,4320	0,3620	0,4630	-	-	-	-	-	-
11/05/2024	0,572	0,049	0,000	1,584	1,682	0,056	0,590	0,050	0,361	0,496	0,020	0,013	0,0000	0,3330	0,4680	0,2460	-	-	-	-	-	-
12/05/2024	0,635	0,045	0,088	1,864	1,041	0,019	0,144	0,016	0,512	0,576	0,056	0,025	0,0000	0,2640	0,3620	0,4630	-	-	-	-	-	-
13/05/2024	1,277	0,927	0,000	0,976	0,506	0,020	0,245	0,016	0,596	0,269	0,051	0,014	0,0000	0,0570	0,4630	0,9630	-	-	-	-	-	-
14/05/2024	1,772	0,083	0,245	1,413	0,393	0,043	0,164	0,030	0,463	0,496	0,005	0,023	0,0000	0,0850	0,2630	0,6620	-	-	-	-	-	-
15/05/2024	1,356	0,523	0,041	1,401	0,009	0,023	0,192	0,025	0,246	0,369	0,014	0,005	0,0000	0,6380	0,2590	0,0400	-	-	-	-	-	-
16/05/2024	0,530	0,103	0,072	1,500	0,413	0,000	0,004	0,010	0,346	0,476	0,017	0,013	0,0000	0,3620	0,1220	0,3690	-	-	-	-	-	-
17/05/2024	0,087	0,051	0,077	1,630	1,706	0,010	0,789	0,023	0,365	0,236	0,015	0,020	0,0000	0,5680	0,1520	0,6320	-	-	-	-	-	-
18/05/2024	1,466	0,520	0,001	1,406	0,562	0,013	0,759	0,015	0,586	0,634	0,015	0,078	0,0000	0,6390	0,3620	0,5780	-	-	-	-	-	-
19/05/2024	0,747	0,686	0,017	1,410	0,747	0,110	0,789	0,020	0,436	0,356	0,026	0,015	0,0000	0,2630	0,4630	0,3620	-	-	-	-	-	-
20/05/2024	0,699	0,699	0,099	0,896	0,661	0,197	0,598	0,000	0,456	0,372	0,000	0,021	0,0000	0,0990	0,5260	0,3690	-	-	-	-	-	-
21/05/2024	0,489	0,136	0,563	0,987	1,125	0,267	0,123	0,000	0,149	0,686	0,000	0,018	0,0100	0,1010	0,1230	0,2140	-	-	-	-	-	-
22/05/2024	0,326	0,236	0,089	1,123	1,236	0,203	0,123	0,000	0,278	0,589	0,000	0,018	0,0000	0,1360	0,4960	0,1030	-	-	-	-	-	-
23/05/2024	0,532	0,463	0,632	0,785	1,236	0,079	0,499	0,000	0,483	0,893	0,000	0,026	0,0000	0,3690	0,3990	0,0980	-	-	-	-	-	-
24/05/2024	0,732	0,863	0,132	0,856	0,989	0,099	0,456	0,000	0,459	0,589	0,001	0,012	0,0000	0,4960	0,5060	0,3620	-	-	-	-	-	-
25/05/2024	0,896	0,369	0,096	1,236	1,928	0,089	0,463	0,000	0,456	0,439	0,000	0,012	0,0000	0,1260	0,1250	0,3620	-	-	-	-	-	-
26/05/2024	0,586	0,561	0,063	0,968	2,222	0,009	0,463	0,001	0,456	0,369	0,001	0,003	0,0000	0,5630	0,4260	0,6320	-	-	-	-	-	-
27/05/2024	0,698	0,451	0,579	0,589	1,778	0,020	0,456	0,000	0,258	0,456	0,002	0,014	0,0100	0,4260	0,4520	0,3620	-	-	-	-	-	-
28/05/2024	0,487	0,616	0,249	0,699	3,041	0,020	0,189	0,000	0,578	0,432	0,002	0,003	0,0000	0,0560	0,3560	0,5630	-	-	-	-	-	-
29/05/2024	0,329	0,049	0,198	0,679	1,756	0,030	0,256	0,000	0,689	0,263	0,004	0,004	0,0000	0,3600	0,5820	0,3620	-	-	-	-	-	-
30/05/2024	0,533	0,045	0,246	0,569	2,593	0,001	2,610	0,000	0,599	0,425	0,005	0,005	0,0000	0,5890	0,4960	0,0980	-	-	-	-	-	-
31/05/2024	0,326	0,927	0,428	1,846	1,362	0,000	0,012	0,000	0,658	0,623	0,005	0,005	0,0000	0,1320	0,2560	0,3210	-	-	-	-	-	-
01/06/2024	0,532	0,463	0,632	0,896	0,986	0,960	0,012	0,000	0,156	0,456	0,004	0,002	0,0000	0,5630	0,3560	0,2630	-	-	-	-	-	-
02/06/2024	0,732	0,863	0,132	0,987	0,893	0,101	0,004	0,001	0,118	0,506	0,005	0,002	0,0000	0,0970	0,1230	0,3620	-	-	-	-	-	-
03/06/2024	0,896	0,369	0,096	1,123	0,986	0,123	0,002	0,000	0,329	0,418	0,007	0,002	0,0100	0,2320	0,5320	0,2360	-	-	-	-	-	-
04/06/2024	0,586	0,561	0,063	0,785	0,999	0,203	0,012	0,000	1,000	0,495	0,005	0,014	0,0000	0,4560	0,8630	0,8560	-	-	-	-	-	-

No consta con medidor y está deshabitada

La vivienda se encuentra deshabitada, no hay acceso al medidor debido a que se encuentra con candado.

La vivienda se encuentra deshabitada, no hay acceso al medidor debido a que se encuentra con candado.

No consta con medidor y está deshabitada

No consta con medidor y está deshabitada

No consta con medidor y está deshabitada

Tabla E.2. Factores estadísticos del análisis de datos de consumo de agua en las viviendas.

Media muestral (16 viviendas)	0,3836	m ³
Mediana	0,2630	m ³
MODA	0,000	m ³
MODA VARIOS	0000	m ³
	0,000	m ³
	0,0000	m ³
Varianza	0,2029	(m ³) ²
Desviación estándar muestral	0.4504	m ³

Anexo F: Características de PLCs disponibles en el mercado.

Tabla F.1. Comparación de características de PLCs. Fuente: (Minería, s. f.).

Características Marcas y Modelos		Velocidad	Capacidad de señal de entrada	Capacidad de señal de salida	Dimensiones	Lenguaje de programación
ROCKWELL AUTOMATION	MICRO 810 (2080-LC10-12DWD)				(altura) (ancho) (profundidad)	
SIEMENS	LOGO !					
	LOGO !8		24 VCC 8	RELÉ 4	90 x 71.5 x 60 mm	FBD Ladder Logic
MITSUBISHI	ALPHA 2		24 VCC 4	6	124.6 x 90 x 52 mm	
SCHNEIDER	ZELIO LOGIC 2		100/240 VCA 16	RELÉ 10	125 x 90 x 59.5 mm	FBD Ladder Logic
OMRON	ZEN V2	550 μ s de escaneo	12/24 VCC 6	RELÉ 4	70 x 90 x 56 mm	Ladder Logic
ROCKWELL AUTOMATION	MICRO 820 (2080-LC20- 20QWBR)	0.30 μ s Por instrucción básica	24 VCC 12	RELÉ 7	90 x 104 x 75 mm (3.54 x 4.09 x 2.95 pulg.)	IEC 61131-3 - Diagrama de lógica de escalera. - Diagrama de bloques de funciones. - Texto estructurado
SIEMENS	S7-1200 CPU (1211)C	0.1 μ s Por instrucción básica	24 VCC/VCA 6	RELÉ 4	90 x 100 x 75 MM (3.54 x 3.94 x 2.95 pulg.)	AWL, FUP o KOP
	LOGO WITH ETHERNET					
	LOGO !8		24 VCC 8	RELÉ 4	90 x 71.5 x 60 mm	FBD Ladder Logic
MITSUBISHI	FX-1N	0.55 – 0.7 μ s de escaneo	12/24 VCC 36	RELÉ 24	90 x 175 x 75 mm	Ladder Logic
	FX-1S	0.55 – 0.7 μ s de escaneo	100/240 VCA 8	RELÉ 6	90 x 60 x 75 mm	Ladder Logic
SCHNEIDER	TWINDO	1 μ s de escaneo	24 VCC 14	RELÉ 10	90 x 95 x 70 mm	Ladder Logic
OMRON						
OTROS	AD DL05		12/24 VCC 8	RELÉ 8		
ROCKWELL AUTOMATION	MICRO 830 (2080-LC30-16AWB)	0.30 μ s Por instrucción básica	120 VCA 10	RELÉ 6	90 x 100 x 80 mm (3.54 x 3.94 x 3.15 pulg.)	IEC 61131-3 - Diagrama de lógica de escalera. - Diagrama de bloques de funciones. - Texto estructurado
SIEMENS	S7-200	0.22 μ s de escaneo	120/230 VCA 24	RELÉ 16	80 x 196 x 62 mm	AWL, FUP, Ladder Logic

	S7-1200 CPU (1211)C	0.1 μ s Por instrucción básica	24 VCC/VCA 6	RELÉ 4	90 x 100 x 75 mm (3.54 x 3.94 x 2.95 pulg.)	AWL, FUP o KOP
MITSUBISHI	FX-3G	0.21 μ s, 0.42 μ s de escaneo	12/24 VCC 8	RELÉ 6	90 x 90 x 86 mm	Ladder Logic
SCHNEIDER	MACHINE STRUXURE TM 218		100/240 VCA 4 rápidas 10 regulares	RELÉ 10		
	MACHINE STRUXURE TM 238 TM238LDD24DT	7.25 μ s por instrucción básica	24 VCC 8 rápidas 6 regulares	4 rápidas 6 regulares	157 x 118 x 86 mm	Ladder Logic
OMRON	CP1E	0.4 ms	85/264 VCA 12	RELÉ 8	86 x 110 x 85 mm	Ladder Logic
	CP1L	0.55 μ s Instrucción básica 4.1 μ s Instrucción especial	85/264 VCA 18	RELÉ 12	130 x 110 x 85 mm	Ladder Logic
OTROS	AD DL06					
	PANASONIC FPX (AFPX-C)	0.32 μ s de escaneo	100/240 VCA 8	RELÉ 8	60 x 90 x 79 mm	C, Ladder Logic, SFC, ST
ROCKWELL AUTOMATION	MICRO 850 (2080-LC50-24QWB)	0.30 μ s Por instrucción básica	24 VCC/VCA	RELÉ 10	90 x 158 x 80 mm (3.54 x 6.22 x 3.15 pulg.)	IEC 61131-3 - Diagrama de lógica de escalera. - Diagrama de bloques de funciones. - Texto estructurado
SIEMENS	S7-200	0.22 μ s de escaneo	120/230 VCA 24	RELÉ 16	80 x 196 x 62 mm	AWL, FUP, Ladder Logic
	S7-1200 CPU (1211)C	0.1 μ s Por instrucción básica	24 VCC/VCA 6	RELÉ 4	90 x 100 x 75 MM (3.54 x 3.94 x 2.95 pulg.)	AWL, FUP o KOP
MITSUBISHI	FX-3G	0.21 μ s, 0.42 μ s de escaneo	12/24 VCC 8	RELÉ 6	90 x 90 x 86 mm	Ladder Logic
	FX-3GE	0.21 μ s, 0.42 μ s de escaneo	100/240 VCA 14	RELÉ 10	175 x 86 x 90 mm	Lista de instrucción Step Ladder
	FX-3U	0.065 μ s por instrucción básica	24 VCC 8	RELÉ 8	130 x 90 x 86 mm	
SCHNEIDER	MACHINE STRUXURE TM 218 TM218LDA24DRHN		100/240 VCA 4 rápidas 10 regulares	RELÉ 10		
	MACHINE STRUXURE TM 238 TM238LDD24DT	7.25 μ s por instrucción básica	24 VCC 8 rápidas 6 regulares	4 rápidas 6 regulares	157 x 118 x 86 mm	Ladder Logic
	MODICOM M221 TM221C16R	0.2 μ s por instrucción básica	100/240 VCA 4 rápidas 5 normal	RELÉ 7	70 x 160 x 70 mm	CoDeSys
	MODICOM M241	50 μ s por instrucción básica	100/240 VCA 14	RELÉ 6	90 x 150 x 95 mm	

OMRON	CP1E	0.4 ms	85/264 VCA 12	RELÉ 8	86 x 110 x 85 mm	Ladder Logic
	CP1L	0.55 µs Instrucción básica 4.1 µs Instrucción especial	85/264 VCA 18	RELÉ 12	130 x 110 x 85 mm	Ladder Logic
	CP1H	0.10 µs Instrucción básica 0.15 µs Instrucción especial 0.7 ms Procesamiento	24 VCC 24	Transistor 16	150 x 110 x 85 mm	Ladder Logic
OTROS	AD DLO6					
	PANASONIC FPX (AFPX-C)	0.32 µs de escaneo	100/240 VCA 8	RELÉ 8	60 x 90 x 79 mm	C, Ladder Logic, SFC, ST
	LS XGB					

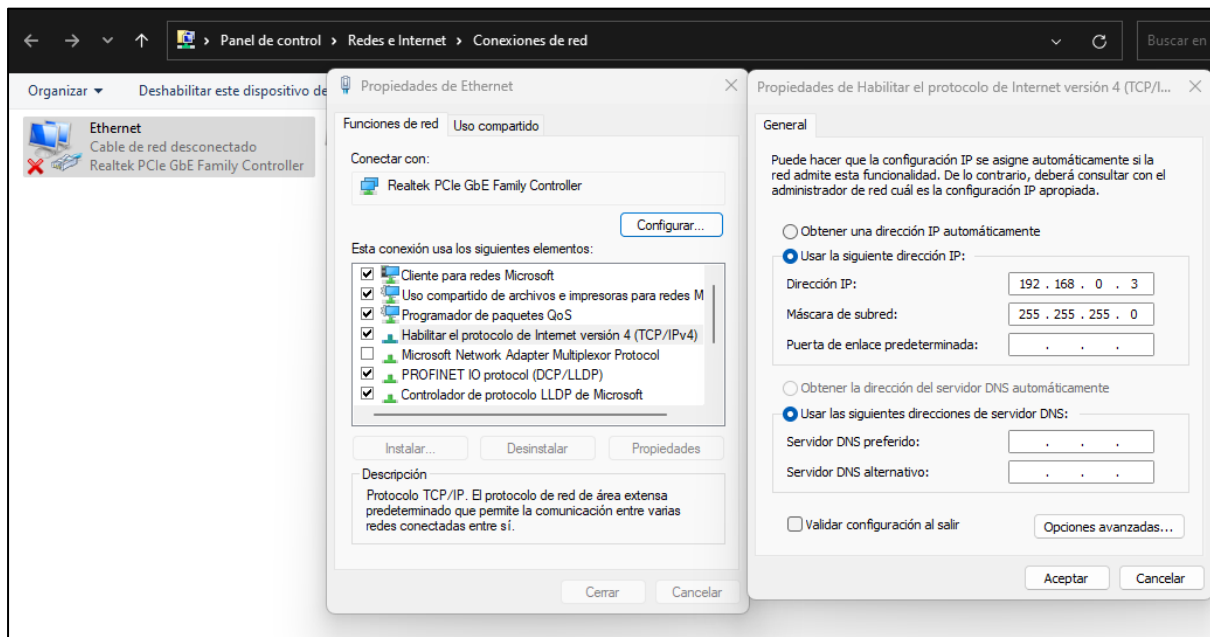
Anexo G: Configuración y programación del HMI en WINCC.

Figura G.1. Asignación de la dirección IP de la PC para la conexión mediante cable Ethernet.



Figura G.2. Asignación de la dirección IP del PLC LOGO!.

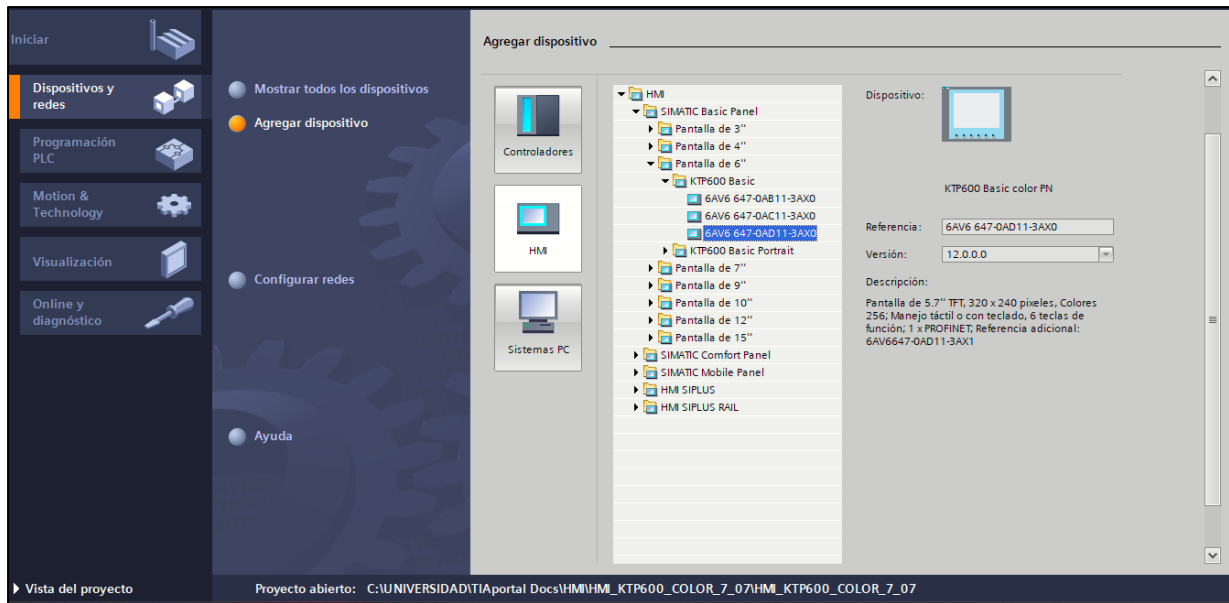


Figura G.3. Agregar el dispositivo HMI KTP600 Basic color PN.

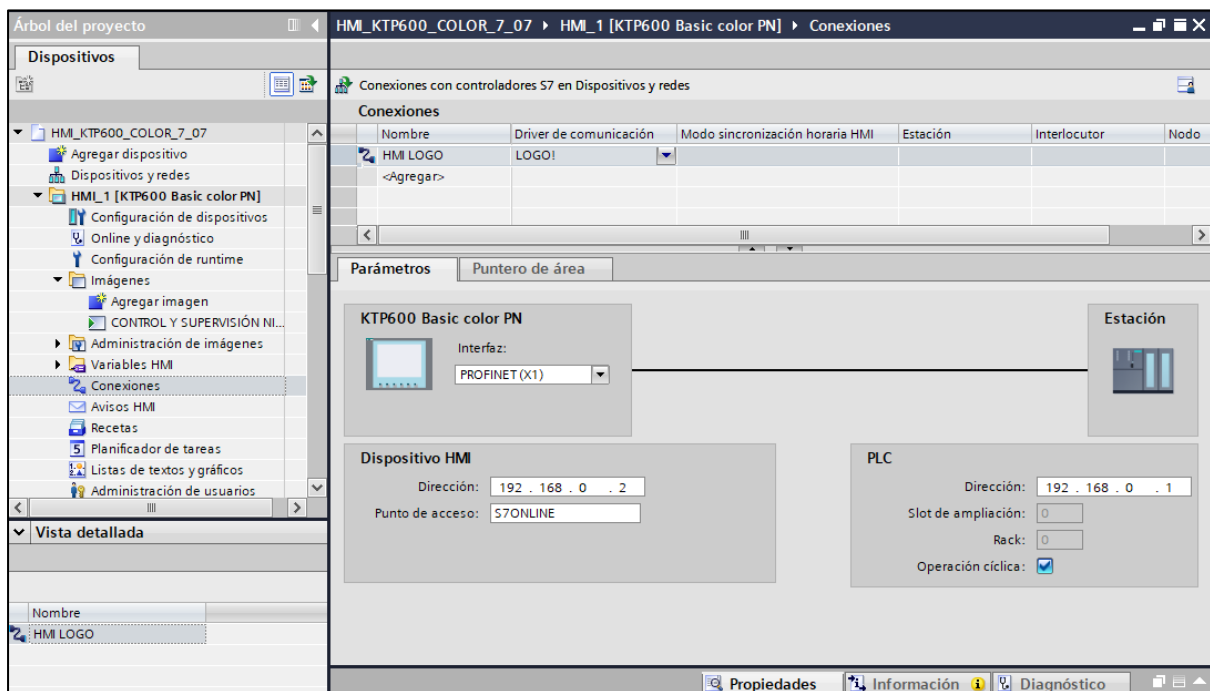


Figura G.4. Configuración de la conexión HMI con el PLC LOGO y asignación de direcciones IP para el PLC y la HMI.

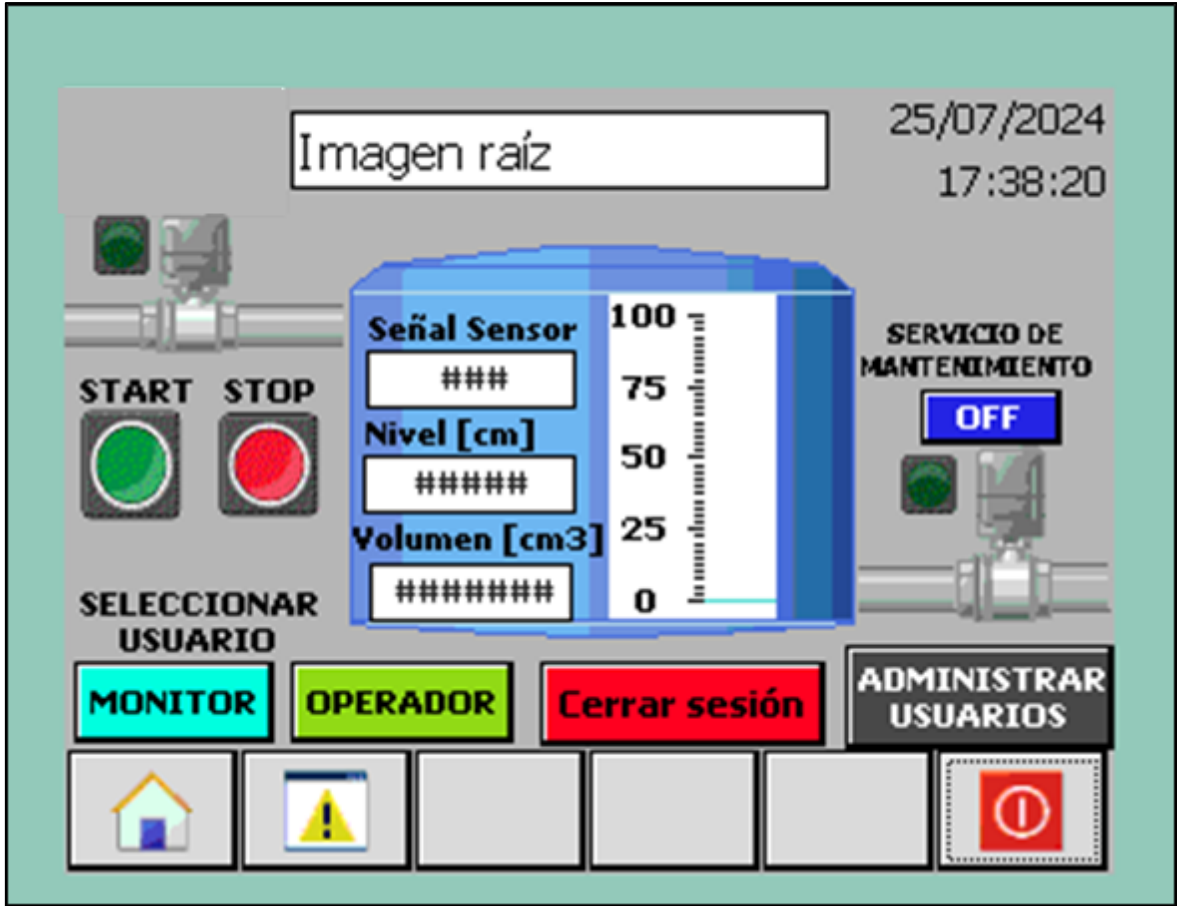


Figura G.5. Programación de la interfaz con los elementos en el HMI.

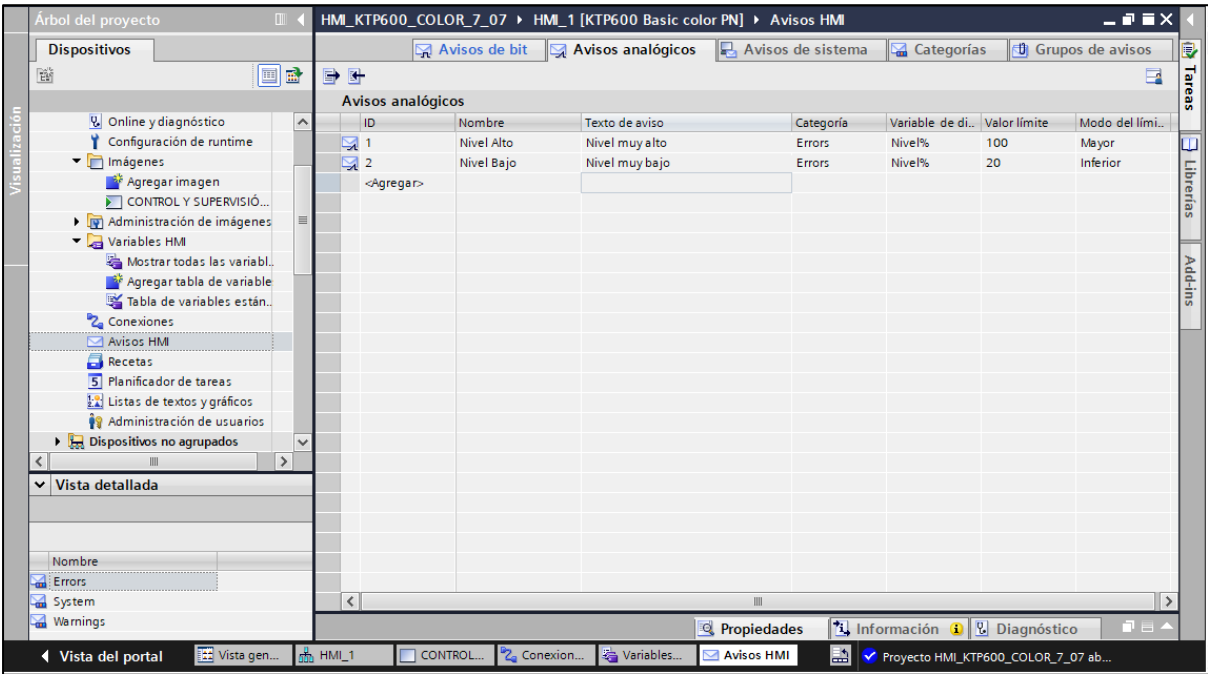


Figura G.6. Programación avisos de nivel de volumen del reservorio muy alto y muy bajo.

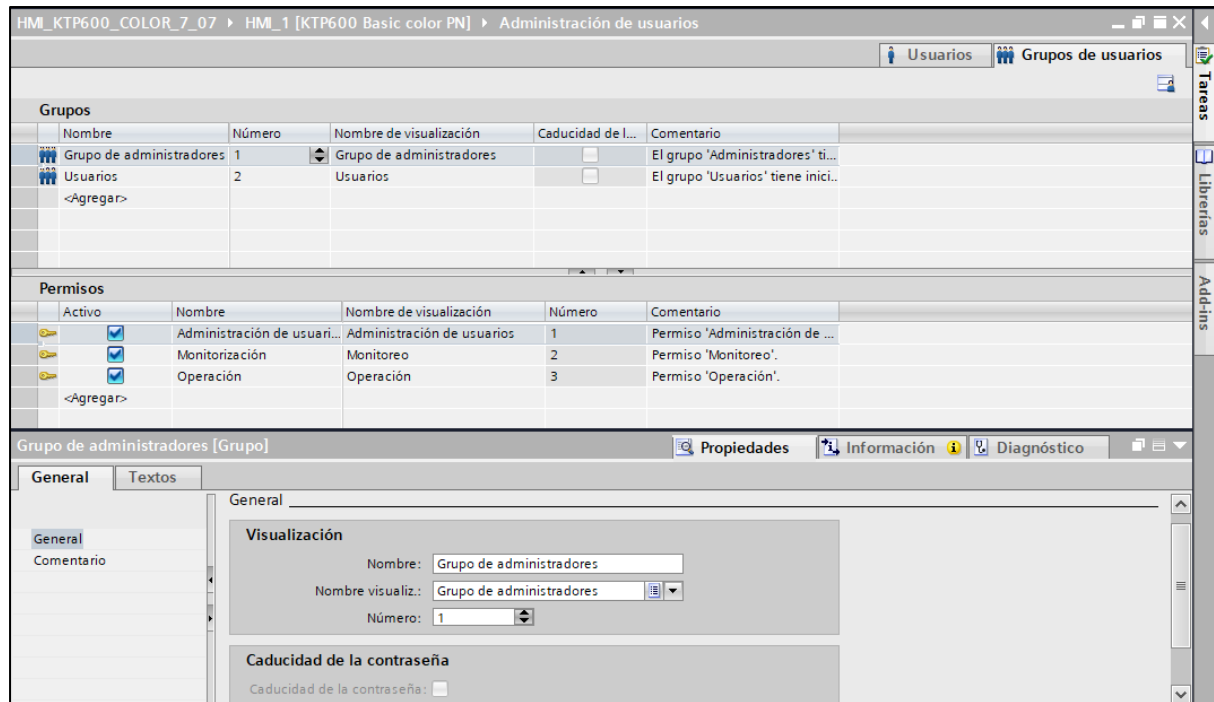


Figura G.7. Configuración de usuarios con acceso al HMI.

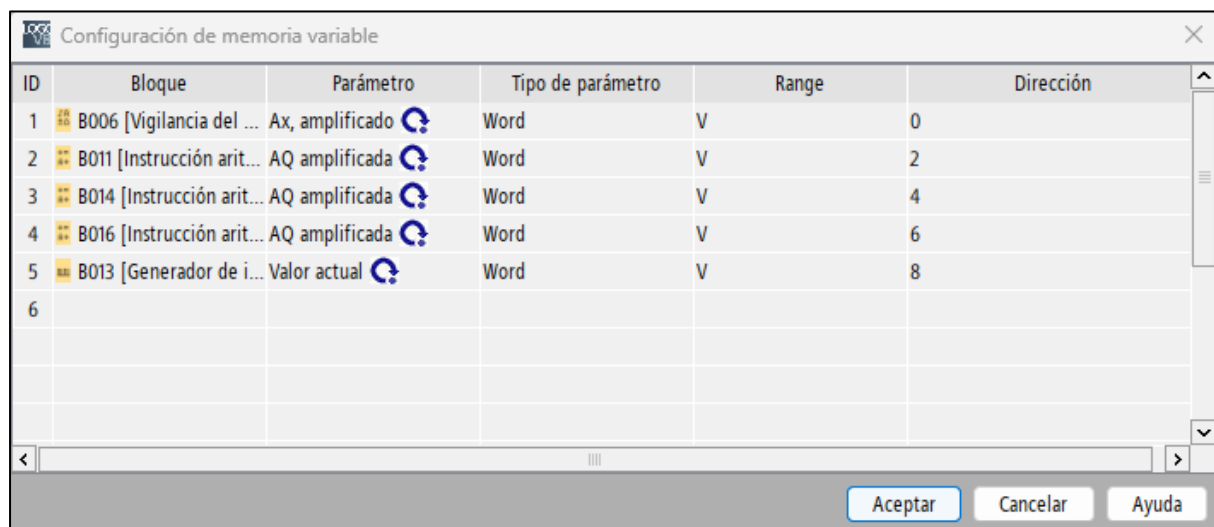


Figura G.8. Mapeo de los parámetros del sistema programado en el software LOGO!Soft Comfort, cuyas direcciones se usan para configurar en el panel HMI.

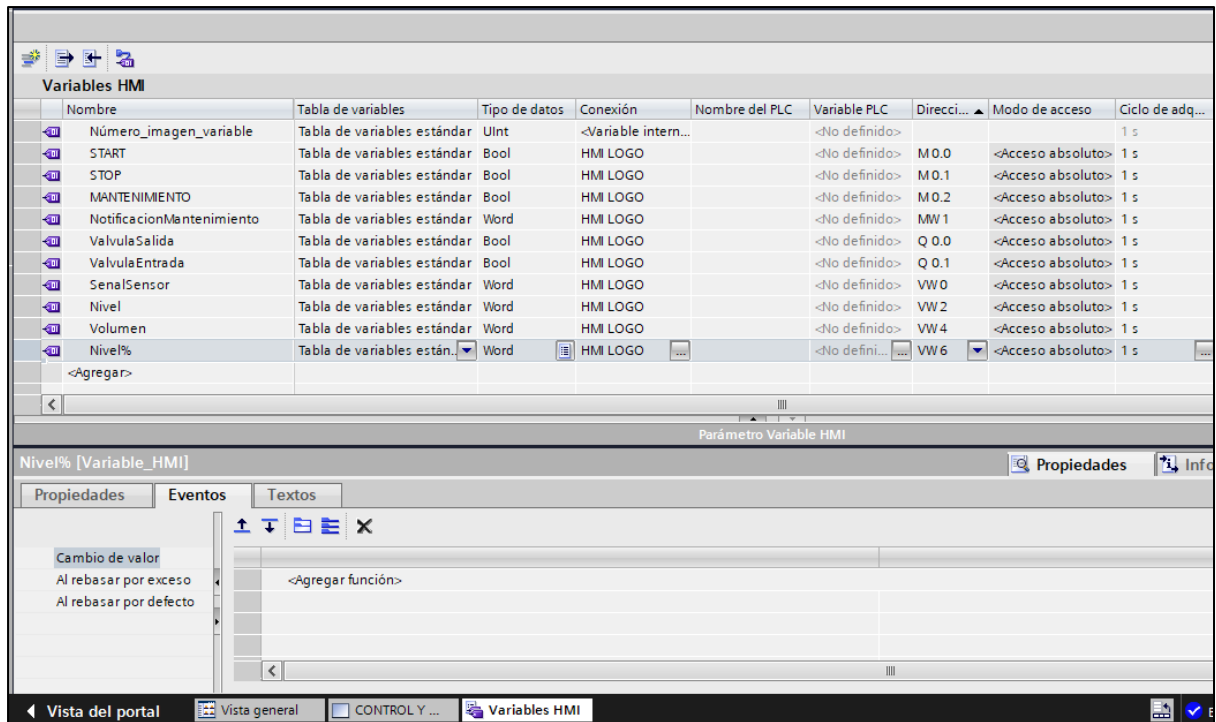


Figura G.9. Configuración de las variables en el HMI de acuerdo al mapeo de parámetros del PLC mostrado en la Figura G7.

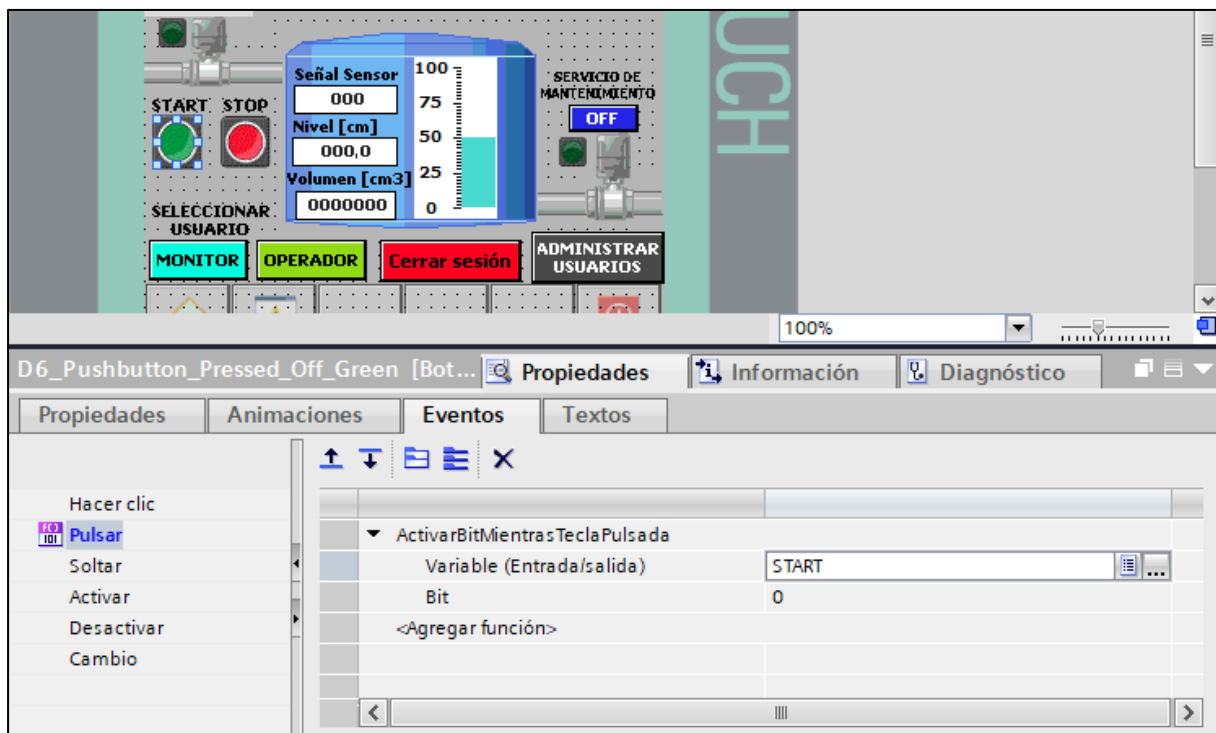


Figura G.10. Configuración del botón START.

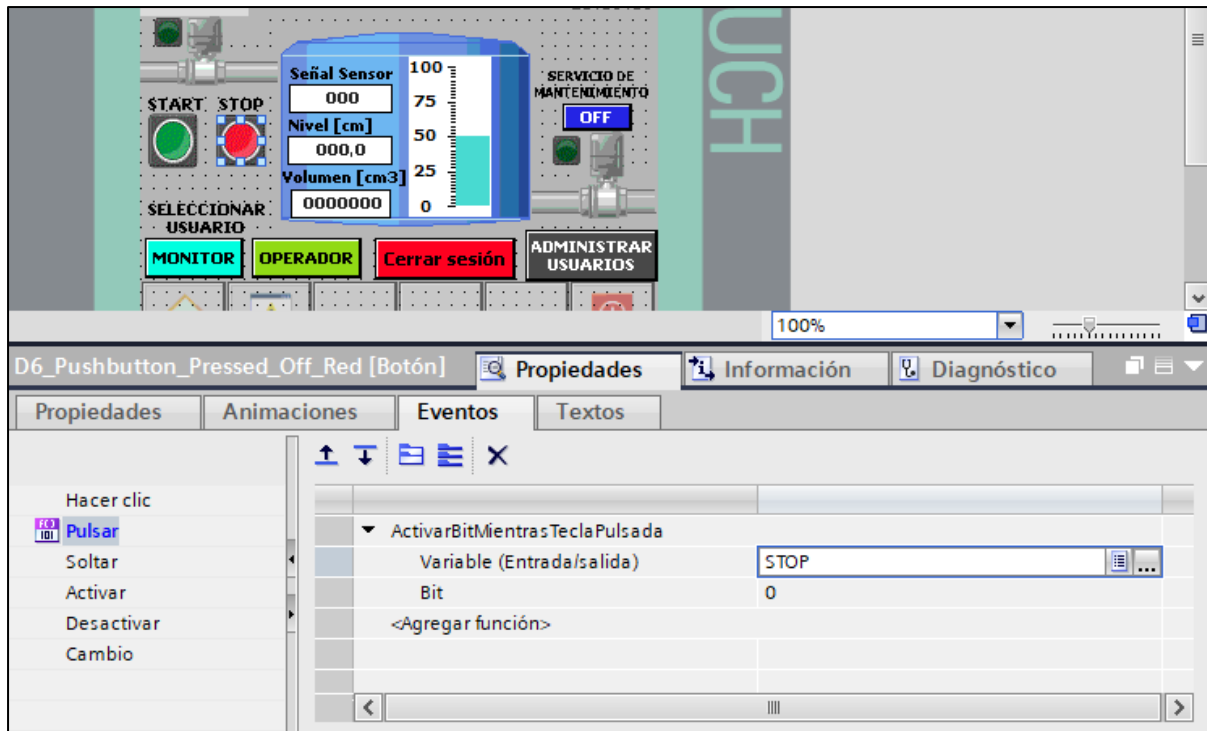


Figura G.11. Configuración del botón STOP.

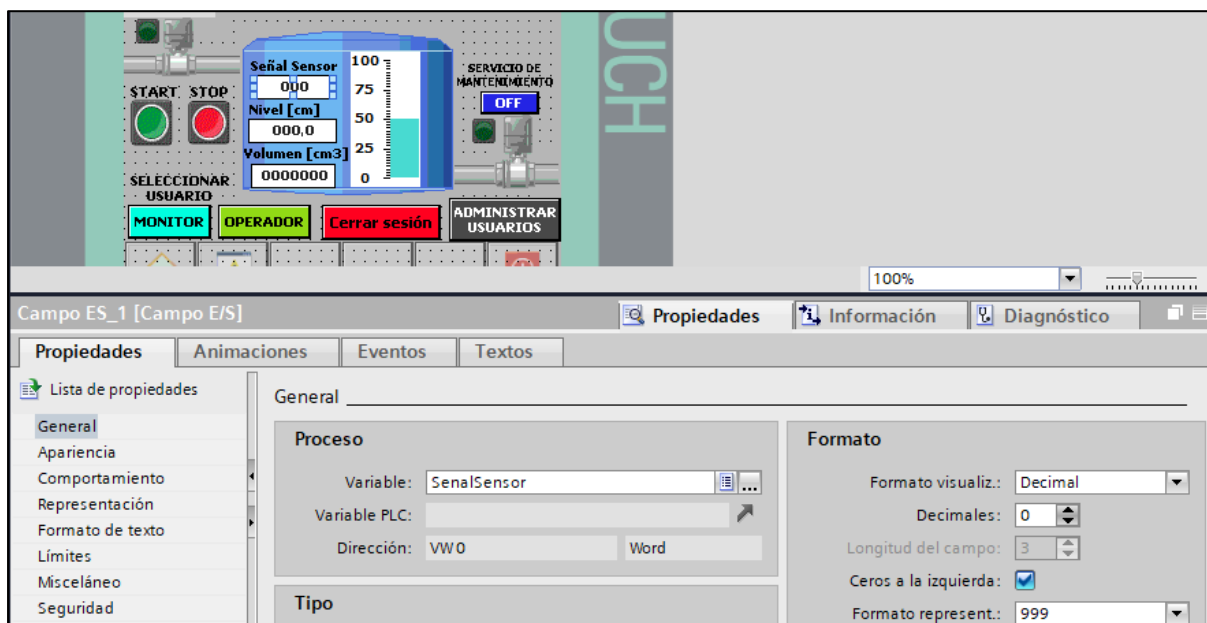


Figura G.12. Configuración del Campo E/S para mostrar los datos de funcionamiento del sensor.

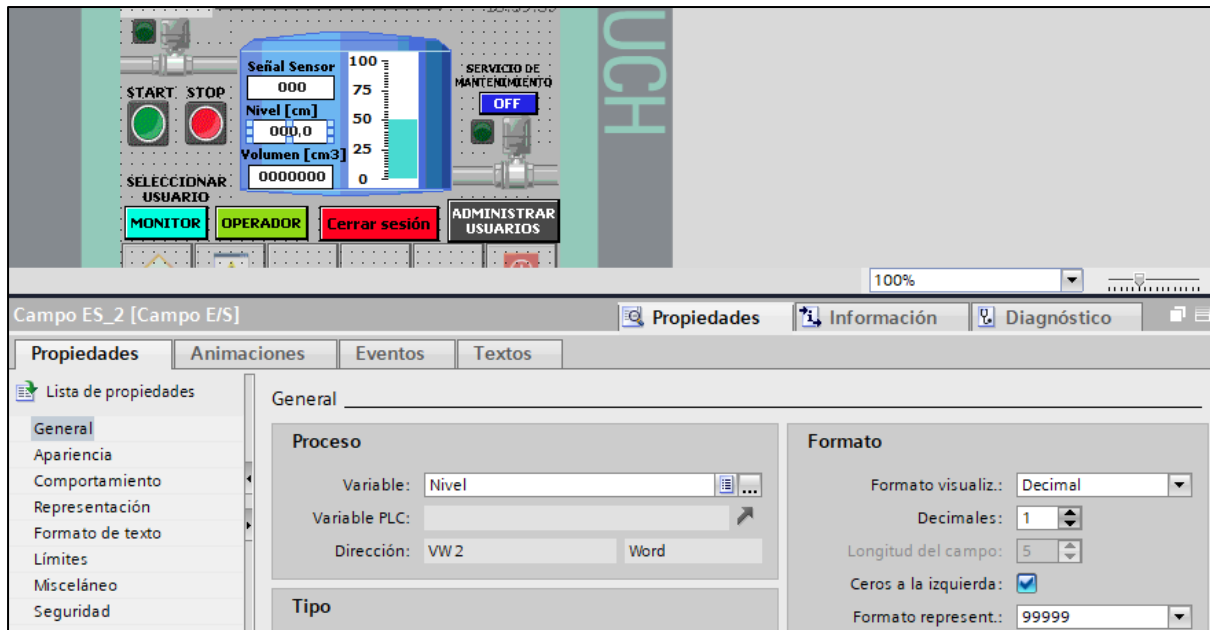


Figura G.13. Configuración del Campo E/S para mostrar la medida del nivel del tanque.

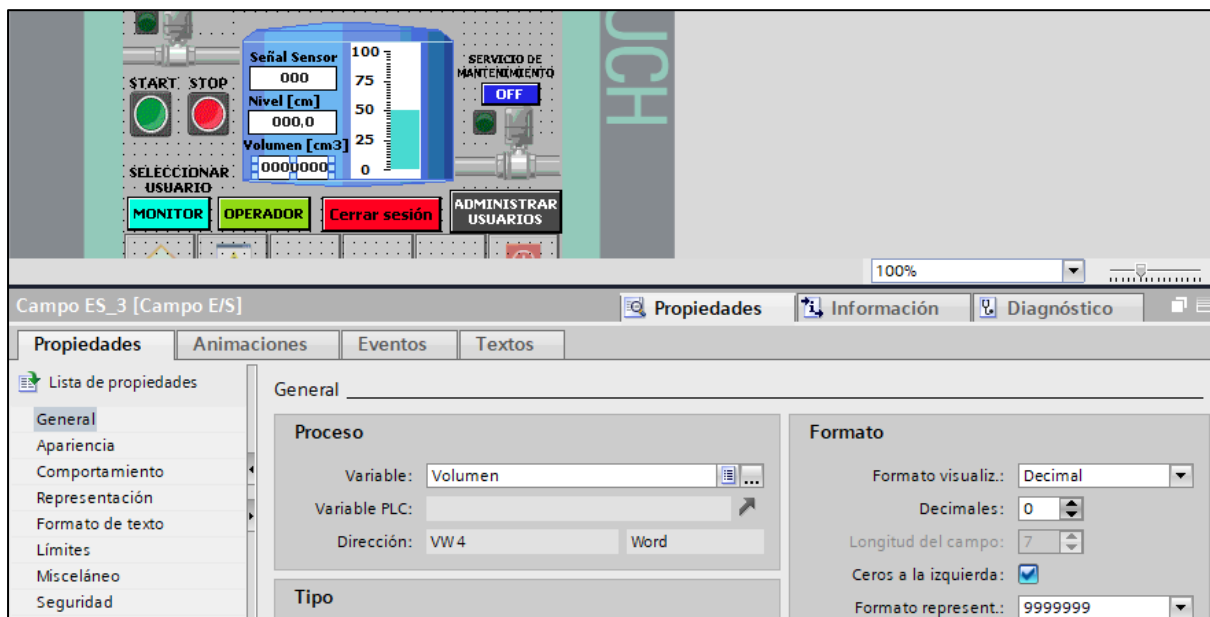


Figura G.14. Configuración del Campo E/S para mostrar la medida del volumen de agua disponible.

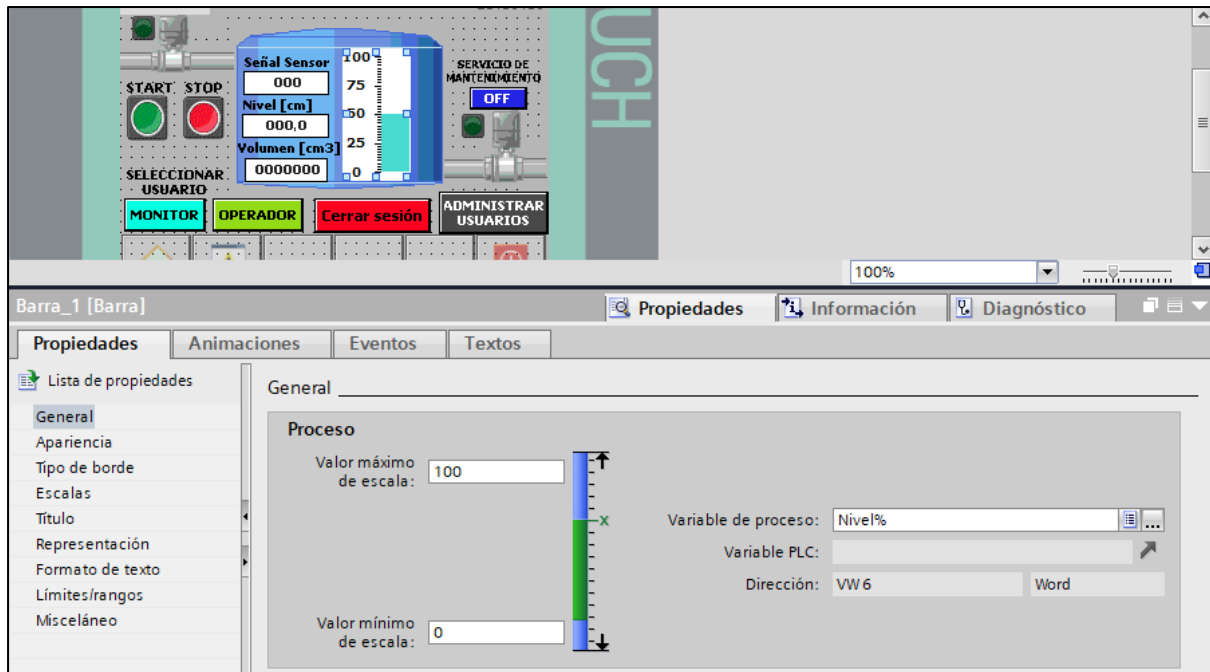


Figura G.15. Configuración del elemento Barra para mostrar el nivel en el rango de 0 a 100%.

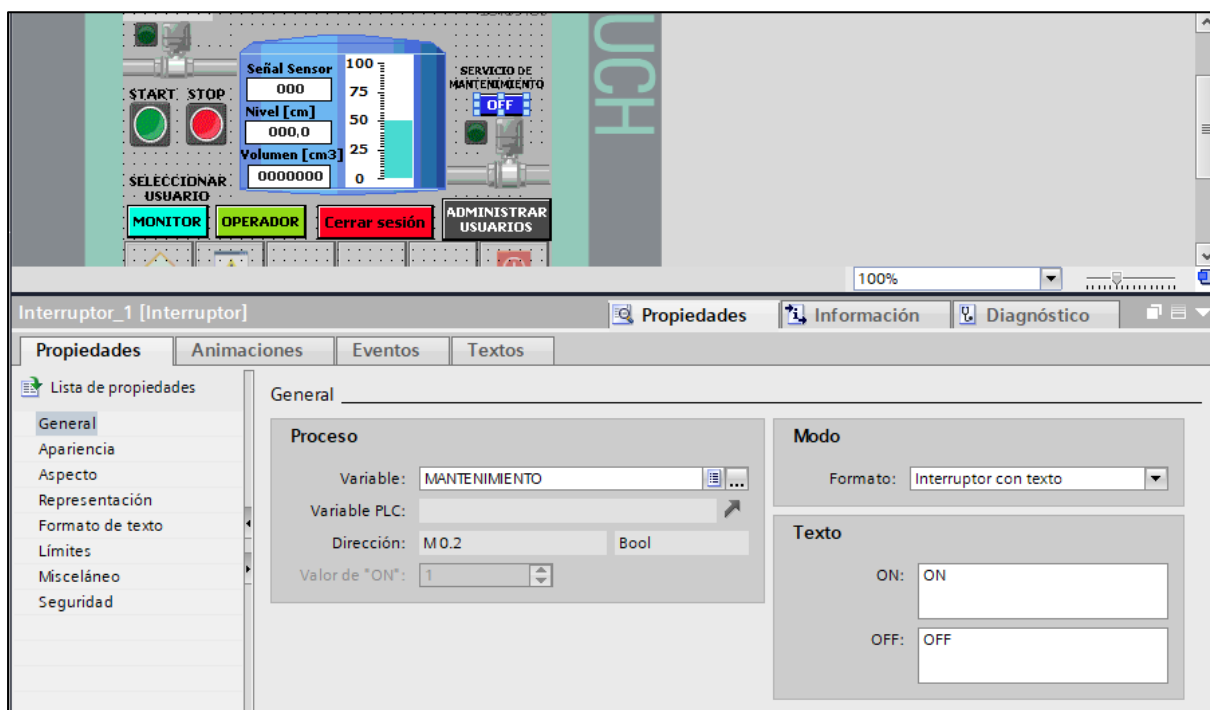


Figura G.16. Configuración del interruptor para vaciar el reservorio y realizar mantenimiento.

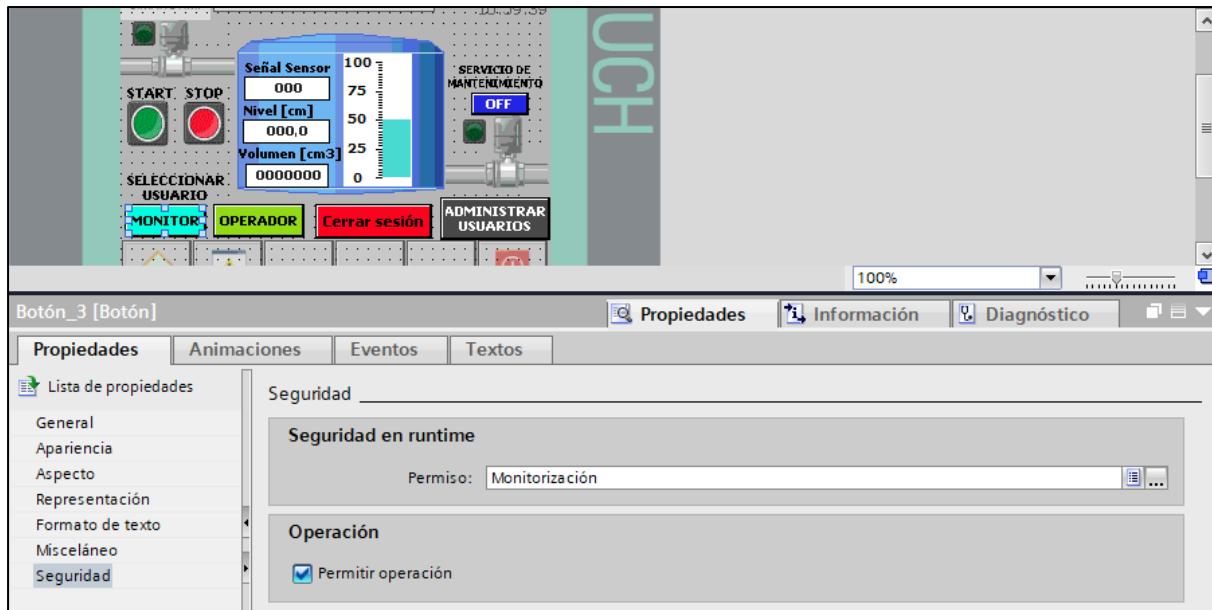


Figura G.17. Configuración del botón para activar funciones de usuario para monitoreo del sistema.

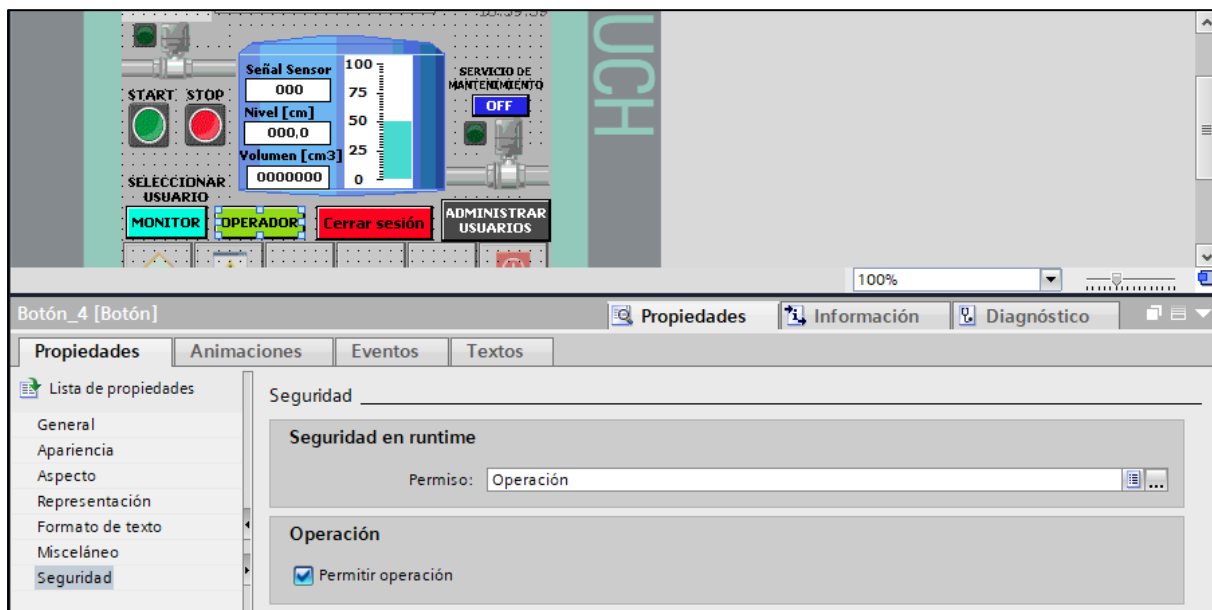


Figura G.18. Configuración del botón para activar funciones de usuario para operación del sistema.

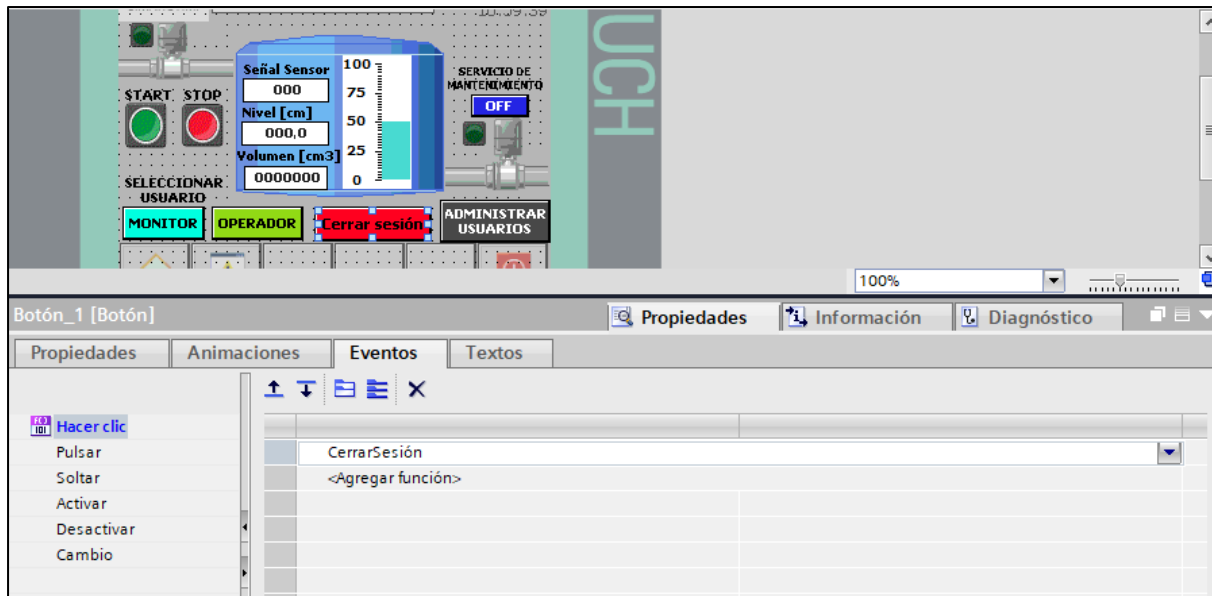


Figura G.19. Configuración del botón para cerrar la sesión del usuario.

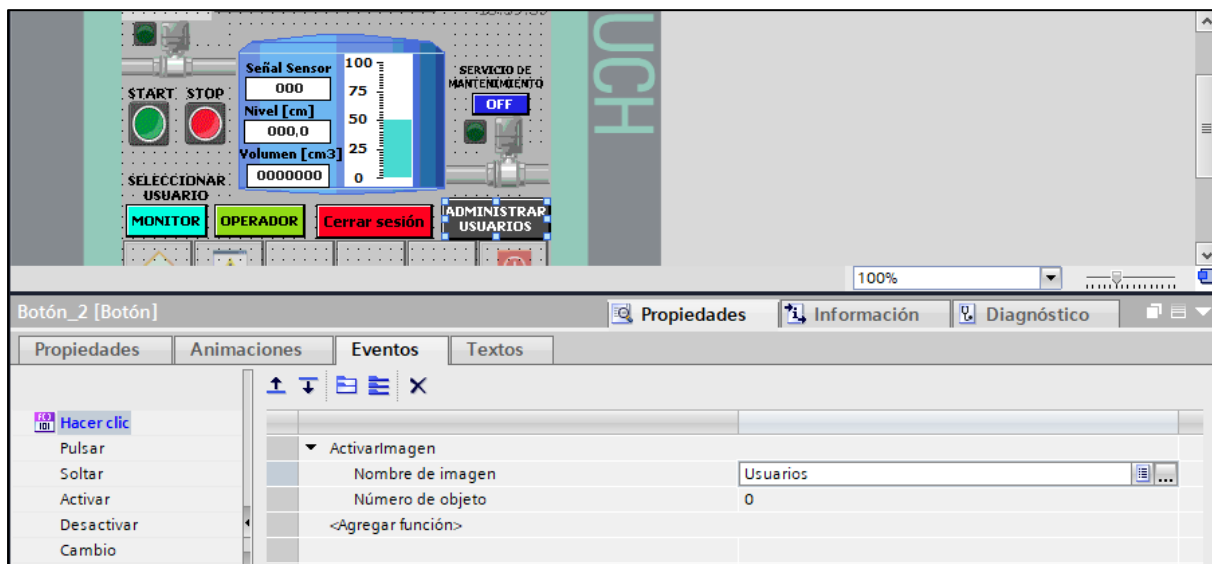


Figura G.20. Configuración del botón para abrir la ventana de administración de usuarios.

Anexo H: Desarrollo y construcción de la maqueta en el laboratorio de control y automatización de la Universidad de Cuenca.



Figura H.1. Materiales necesarios para la construcción de la maqueta. Fuente: Los autores.

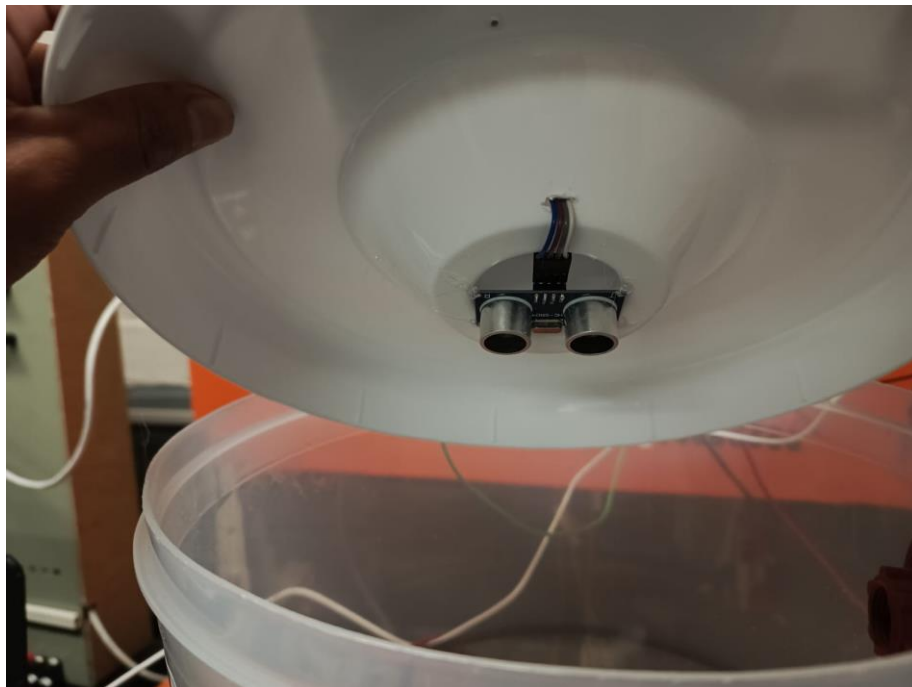


Figura H.2. Colocación del sensor ultrasónico HC-SR04 en la parte inferior de la tapa. Fuente: Los autores.



Figura H.3. Colocación e instalación del Arduino DUE en la parte superior de la tapa. Fuente: Los autores.

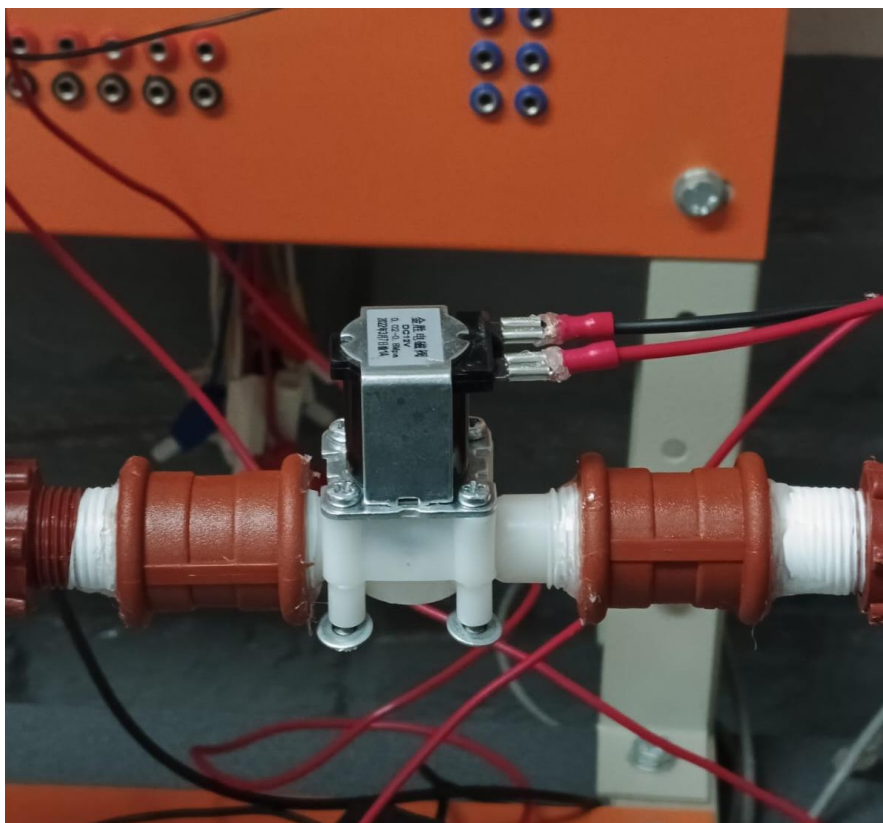


Figura H.4. Colocación de electroválvulas en la entrada y salida del recipiente. Fuente: Los autores.

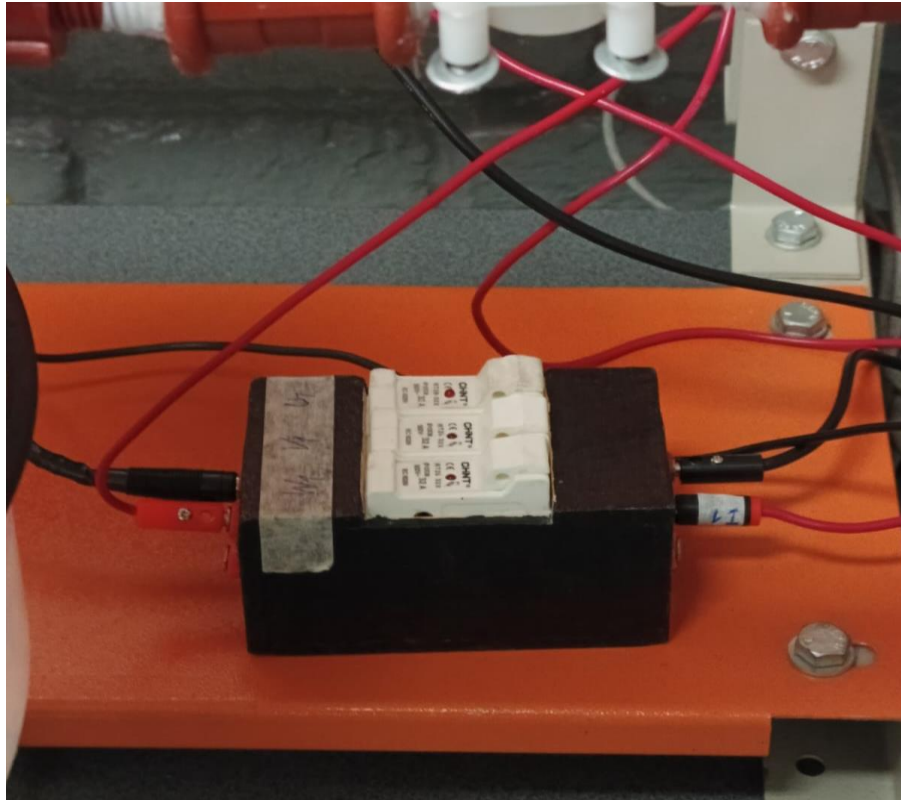


Figura H.5. Colocación de portafusibles para las protecciones. Fuente: Los autores.

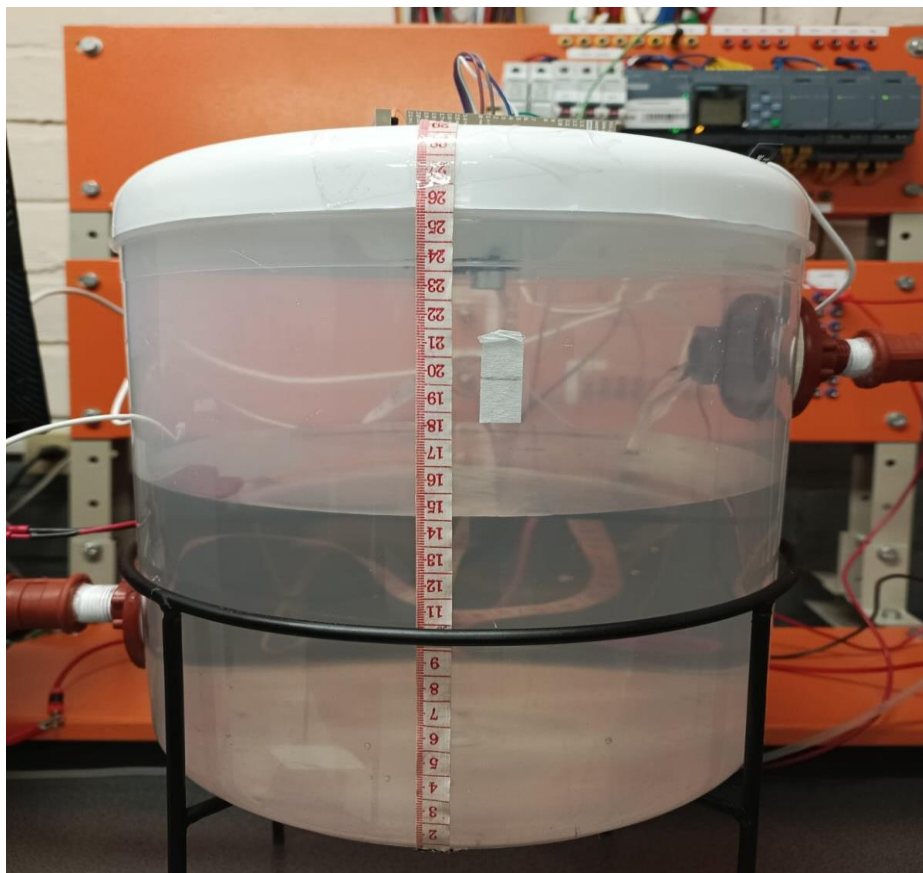


Figura H.6. Visualización del recipiente a controlar el nivel de flujo. Fuente: Los autores.

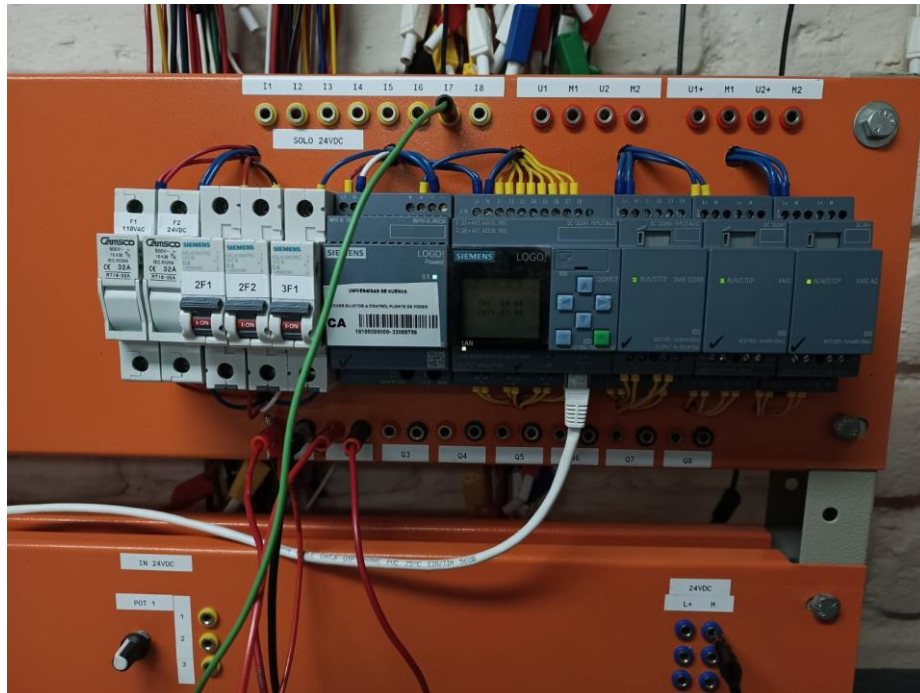


Figura H.7. Cableado de entradas y salidas del PLC LOGO. Fuente: Los autores.

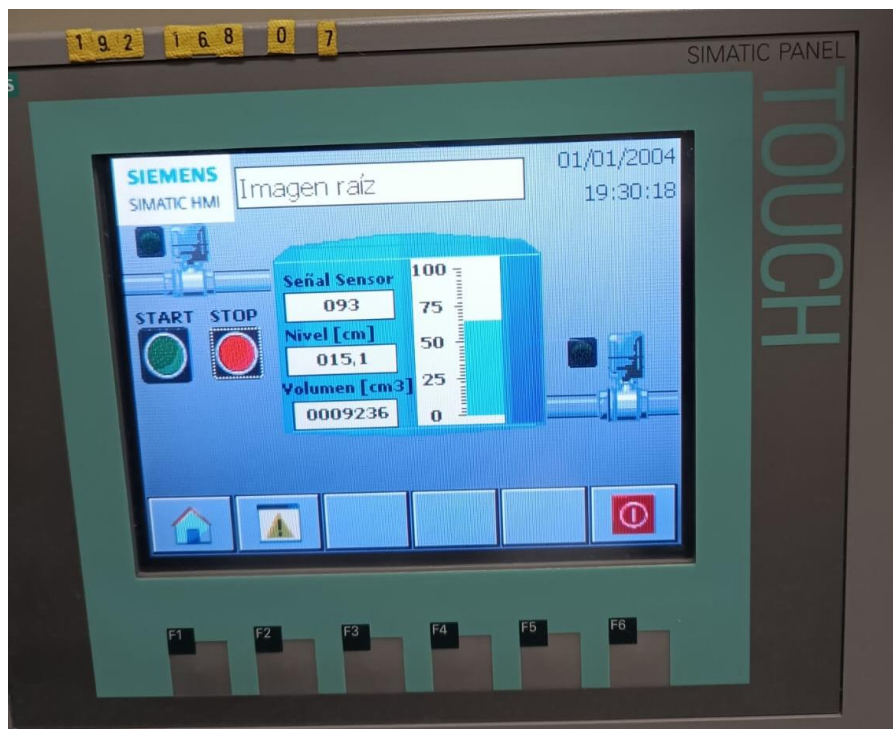


Figura H.8. Visualización del sistema en la pantalla HMI. Fuente: Los autores.



Figura H.9. Configuración y verificación de los resultados obtenidos de la maqueta. Fuente: Los autores.



Figura H.10. Maqueta final parte frontal. Fuente: Los autores.

Anexo I: Código de programación desarrollado en el software Arduino IDE, para procesar la señal del sensor HC-SR04 usado en la maqueta y enviar como salida una señal analógica.

```
const int echo = A1;
const int trigger = A0;
long tiempo;
int distancia;
float nivel;
float volumen;

void setup()
{
    pinMode(echo, INPUT);
    pinMode(trigger, OUTPUT);
    analogWriteResolution(8); // Configura la resolución del DAC para ese número
    de bits

    Serial.begin(9600);
    delay(100);
}

void loop()
{
    medir();

    Serial.print("Distancia: ");
    Serial.print(distancia); // Enviamos serialmente el valor de la distancia
    Serial.print(" cm");
    Serial.println();

    Serial.print("Nivel: ");
    Serial.print(nivel); // Enviamos serialmente el valor del nivel
    Serial.print(" cm");
    Serial.println();

    Serial.print("Volumen: ");
    Serial.print(volumen); // Enviamos serialmente el valor del volumen
    Serial.print(" cm^3 o mL"); // 1 cm3 = 1 mL
    Serial.println();

    analogWrite(DAC1, (distancia*9)); // Usa DAC0 para la salida del DAC

    delay(500);
}

void medir()
{
```

```
digitalWrite(trigger, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigger, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigger, LOW);

tiempo = pulseIn(echo, HIGH); // us = microsegundos
distancia = float(tiempo * 0.0343) / 2; // [cm]
nivel = 22 - distancia; // [cm]
volumen = 3.141593 * 196 * nivel; // V = pi * R^2 * h [cm3], R=14cm R^2=196
delay(1000);
}
```

Anexo J: Ejemplo de un registro histórico de datos extraído de la memoria del PLC luego de una prueba de funcionamiento del sistema.

Tabla J1. Registro histórico de datos de una prueba de funcionamiento del sistema en la maqueta.

Fecha	Hora	Señal Sensor	Nivel [mm]	Volumen [cm3]	Nivel [%]	Entradas			Salidas		
		AI1	B011.AQ	B014.AQ	B016.AQ	M1	M2	M3	Q1	Q2	Q3
5-jul-24	8:13:03	202	56	3694	30	0	0	0	0	0	0
5-jul-24	8:13:14	202	56	3694	30	0	0	0	0	0	0
5-jul-24	8:13:25	202	56	3694	30	0	0	0	0	0	0
5-jul-24	8:13:36	202	56	3694	30	0	0	0	0	0	0
5-jul-24	8:13:47	225	33	1847	30	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:13:58	194	64	3694	30	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:14:09	187	72	4310	35	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:14:20	164	95	6157	50	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:14:31	156	103	6157	50	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:14:42	148	111	6773	55	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:14:53	140	120	7389	60	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:15:04	134	127	8005	65	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:15:15	133	126	8005	65	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:15:26	124	136	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:15:37	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:15:48	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:15:59	117	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:16:10	109	151	9236	75	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:16:21	103	157	9852	80	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:16:32	93	168	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:16:43	93	168	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:16:54	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:17:05	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:17:16	80	181	11083	90	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:17:27	79	182	11083	90	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:17:38	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:17:49	71	190	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:18:00	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:18:11	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:18:22	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:18:33	72	189	11699	95	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:18:44	72	189	11699	95	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:18:55	79	182	11083	90	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:19:06	87	174	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:19:17	87	174	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:19:28	93	168	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:19:39	102	158	9852	80	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:19:50	103	157	9852	80	0	0	0	1	0	1

5-jul-24	8:20:01	109	151	9236	75	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:20:12	109	151	9236	75	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:20:23	118	142	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:20:34	124	136	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:20:45	133	127	8005	65	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:20:56	133	127	8005	65	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:21:07	133	127	8005	65	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:21:18	140	120	7389	60	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:21:29	140	120	7389	60	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:21:40	148	111	6773	55	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:21:51	156	103	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:22:02	156	103	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:22:13	164	95	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:22:24	171	88	5542	45	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:22:35	171	88	5542	45	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:22:46	179	80	4926	40	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:22:57	187	72	4310	35	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:23:08	187	72	4310	35	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:23:19	194	64	3694	30	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:23:30	179	80	4926	40	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:23:41	171	88	5542	45	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:23:52	162	97	6157	50	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:24:03	163	96	6157	50	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:24:14	149	110	6773	55	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:24:25	140	120	7389	60	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:24:36	133	127	8005	65	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:24:47	133	127	8005	65	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:24:58	124	136	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:25:09	124	136	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:25:20	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:25:31	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:25:42	109	151	9236	75	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:25:53	109	151	9236	75	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:26:04	109	151	9236	75	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:26:15	103	157	9852	80	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:26:26	103	157	9852	80	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:26:37	93	168	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:26:48	93	168	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:26:59	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:27:10	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:27:21	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:27:32	78	183	11083	90	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:27:43	78	183	11083	90	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:27:54	79	182	11083	90	0	0	0	0	1	1

5-jul-24	8:28:05	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:28:16	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:28:27	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:28:38	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:28:49	72	189	11699	95	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:29:00	79	182	11083	90	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:29:11	79	182	11083	90	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:29:22	87	174	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:29:33	88	173	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:29:44	93	168	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:29:55	103	157	9852	80	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:30:06	108	152	9236	75	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:30:17	110	150	9236	75	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:30:28	118	142	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:30:39	118	142	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:30:50	124	136	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:31:01	124	136	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:31:12	133	127	8005	65	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:31:23	140	120	7389	60	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:31:34	140	120	7389	60	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:31:45	149	110	6773	55	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:31:56	156	103	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:32:07	156	103	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:32:18	164	95	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:32:29	163	96	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:32:40	171	88	5542	45	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:32:51	179	80	4926	40	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:33:02	187	72	4310	35	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:33:13	187	72	4310	35	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:33:24	194	64	3694	30	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:33:35	187	72	4310	35	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:33:47	171	88	5542	45	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:33:57	171	88	5542	45	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:34:08	164	95	6157	50	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:34:19	156	103	6157	50	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:34:30	148	111	6773	55	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:34:41	140	120	7389	60	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:34:52	140	120	7389	60	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:35:03	140	120	7389	60	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:35:14	124	136	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:35:25	124	136	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:35:36	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:35:47	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:35:58	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1

5-jul-24	8:36:09	118	142	8620	70	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:36:20	109	151	9236	75	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:36:31	102	158	9852	80	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:36:42	103	157	9852	80	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:36:53	93	168	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:37:04	93	168	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:37:15	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:37:26	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:37:38	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:37:49	87	174	10467	85	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:37:59	79	182	11083	90	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:38:10	79	182	11083	90	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:38:21	79	182	11083	90	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:38:32	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:38:43	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:38:54	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:39:05	72	189	11699	95	0	0	0	0	1	1
5-jul-24	8:39:16	62	199	12315	100	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:39:27	72	189	11699	95	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:39:38	77	184	11083	90	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:39:49	79	182	11083	90	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:40:00	87	174	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:40:11	93	168	10467	85	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:40:22	103	157	9852	80	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:40:33	103	157	9852	80	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:40:44	109	151	9236	75	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:40:55	109	151	9236	75	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:41:06	118	142	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:41:17	124	136	8620	70	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:41:28	133	127	8005	65	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:41:40	133	127	8005	65	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:41:51	133	127	8005	65	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:42:02	140	120	7389	60	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:42:12	140	120	7389	60	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:42:23	156	103	6157	50	0	0	0	1	0	1
5-jul-24	8:42:34	164	95	6157	50	0	0	0	1	0	1