



Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

***CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE  
AGUA DE EMPRESA FRIGORÍFICA***

Francisco Cardozo Basualdo

Trabajo final de Ingeniería Mecatrónica

Director: Ing. Catuogno Guillermo  
Co-director Técnico: Sr. Ramiro Sánchez

Villa Mercedes, San Luis  
Año 2025

## **DERECHO DE AUTOR**

© 2025, Francisco Cardozo Basualdo.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a mi familia, por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso, ellos han sido el pilar por el cual he podido transitar la carrera sin obstáculo alguno. A todos mis compañeros que me han brindado su asistencia, tanto fuera como dentro de la universidad.

A Dario, la pareja de mi madre, cuya presencia ha tenido un impacto muy positivo en mi vida personal, estudiantil y profesional.

Todos son parte de este logro.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis y a todo su personal les agradezco por brindarme tanto los recursos como los conocimientos necesarios para formarme como profesional.

A todos mis compañeros que me han brindado su asistencia, tanto fuera como dentro de la universidad.

## RESUMEN

El proyecto propuesto consiste en generar un sistema de monitoreo del agua que utiliza una empresa frigorífica para la producción de materia prima de origen bovino, y en base a ello generar acciones a través de distintos mecanismos, utilizando técnicas de automatización, para hacer un uso eficiente del líquido en cuestión.

En la actualidad, el personal a cargo de los distintos servicios de la planta efectúa el suministro de agua a través de operaciones manuales: arranque/paro de bombas, apertura/cierra de válvulas, visualización de varilla (nivel) de depósito de agua, entre otros.

Ejecutar el abastecimiento de la forma mencionada genera un desperdicio importante, tanto de recurso no renovable como de dinero; por ello, se realiza un análisis exhaustivo del proceso operativo/productivo en donde se identifican puntos críticos (mayor consumo de agua o lugar donde no puede quedarse sin agua), limitaciones y las consecuentes oportunidades de mejora.

Se propone una solución mediante la automatización de gran parte de los equipos/estructuras involucradas en el manejo del fluido, que abarca distintos elementos para que el operador que se encuentra en la sala de máquinas pueda visualizar desde un solo punto características claves del agua como presión, volumen, flujo volumétrico y temperatura en las distintas partes de la planta, como así también que el programa ejecute acciones en base a tales variables físicas para que los distintos equipos encargados de transportar el líquido trabajen de acuerdo a los requerimientos del sector productivo de la forma más eficiente posible.

Debido a la confidencialidad que posee la empresa frigorífica, tal identidad ha suministrado los datos suficientes para poder llevar a cabo la mejora de forma tal que se pueda realizar un estudio de tiempos y de análisis económico en conjunto con la experiencia que ha tenido el estudiante en dicho lugar, no pudiendo ejecutar un análisis cuantitativo de cuanto es el ahorro de agua y de cuanto es lo que la entidad ahorra si decide avanzar con la propuesta correspondiente.

**Palabra claves** - Agua – Automatización – Monitoreo – Puntos críticos

# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
CAPITULO 1: Propuesta .....	12
Introducción .....	13
Objetivos .....	13
Objetivo general .....	13
Objetivos específicos.....	13
Alcances y limitaciones .....	13
Justificación .....	15
Marco teórico .....	17
Proyecto .....	17
Análisis preliminar .....	17
Cliente .....	17
Layout.....	22
Características del agua según el sector .....	22
Agua a 2°C y 7°C.....	23
Agua a 45°C y mayor a 82°C.....	25
Clorinación del agua .....	29
Descripción de magnitud físicas y elementos para la automatización.....	31
Presión .....	32
Temperatura.....	33
Volumen y flujo volumétrico (caudal).....	33
Transductores y sensores.....	34
Controlador lógico programable.....	35

Pantalla HMI.....	37
Software TIA PORTAL.....	37
Conceptos básicos de TIA PORTAL .....	38
CAPITULO 2: Análisis y desarrollo .....	41
Planteamiento de la mejora .....	41
Limitantes .....	41
Simulación .....	42
Diagramas de proceso .....	42
Trayectoria del agua desde los pozos hasta el tanque elevado .....	42
Trayectoria del agua desde la cisterna al tanque elevado.....	43
Trayectoria del agua con baja temperatura.....	44
Trayectoria del agua con alta temperatura.....	45
Trayectoria del agua desde el tanque elevado hacia corrales/inspección de manga .....	46
Sensores y actuadores .....	47
Válvulas de control.....	47
Caudalímetros .....	48
Sensores de temperatura .....	49
Sensores de distancia (nivel).....	49
Configuración del escenario y código de programación .....	50
Primera imagen del HMI .....	51
Segunda imagen del HMI .....	57
Tercera imagen del HMI.....	62
Cuarta y quinta imagen del HMI .....	64
Sexta imagen del HMI.....	66
CAPITULO 3: Estudio de tiempos.....	68
CAPITULO 4: Análisis de costos .....	69
CAPITULO 5: Conclusiones.....	71

Recomendaciones .....	71
Trabajos futuros .....	72
Referencias Bibliográficas .....	74
ANEXOS .....	75
Anexo I: Proceso productivo del ciclo 1 .....	76
Anexo II: Proceso productivo del ciclo 2 .....	79
Anexo III: Perspectiva isométrica de conexión pozos-cisterna .....	81
Anexo IV: Perspectiva isométrica de conexión pozos-cisterna.....	82
Anexo V: Perspectiva isométrica de conexión cisterna-tanque elevado.....	83
Anexo VI: Perspectiva isométrica de conexión cisterna-tanque elevado .....	84
Anexo VII: Plano de planta.....	85
Anexo VI: Repositorio de código de programación .....	86

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trayectoria del agua de la planta frigorífica.....	14
Figura 2. Características del líquido de acuerdo a las necesidades de la producción .....	14
Figura 3. Pozo N°4.....	18
Figura 4. Pozo N°6.....	18
Figura 5. Pozo N°5.....	19
Figura 6. Electrobomba sumergible de pozo.....	20
Figura 7. Colector de agua de pozos .....	20
Figura 8. Acometida a cisterna .....	21
Figura 9. Sistema de bombeo hacia tanque elevado.....	22
Figura 10. Primera pileta.....	23
Figura 11. Segunda pileta.....	23
Figura 12. Equipo enfriador de agua .....	24
Figura 13. Vista interna de equipo enfriador .....	24
Figura 14. Manipulación del agua mediante válvulas y bombas .....	25
Figura 15. Calderas.....	26
Figura 16. Intercambiadores de cascos y tubos.....	27
Figura 17. Intercambiador intermedio.....	27
Figura 18. Bomba de limpieza .....	28
Figura 19. Esterilizador de cuchillos y lavamanos .....	29
Figura 20. Bombas de diafragma y depósitos de cloro.....	30
Figura 21. Sistema de bombeo de agua-cloro a corrales .....	30
Figura 22. Dosificación de cloro a cisterna .....	31
Figura 23. Clasificación de la presión.....	32
Figura 24. Manómetro de Bourdon.....	33
Figura 25. Termómetro de alcohol (izquierda) y mercurio (derecha) .....	33
Figura 26. Caudalímetro de desplazamiento positivo.....	34
Figura 27. PLC compacto .....	36
Figura 28. PLC modular.....	36
Figura 29. Pantalla HMI .....	37
Figura 30. Interfaz de TIA PORTAL.....	38
Figura 31. Familia de PLC clase S7 .....	38
Figura 32. Simbología de lenguaje ladder.....	39
Figura 33. Bloques en TIA PORTAL.....	40

Figura 34. Diagrama de proceso N°1 .....	43
Figura 35. Diagrama de proceso N°2 .....	44
Figura 36. Diagrama de proceso N°3 .....	45
Figura 37. Diagrama de proceso N°4 .....	45
Figura 38. Diagrama de proceso N°5 .....	46
Figura 39. Diagrama de proceso N°6 .....	47
Figura 40. Válvula accionamiento eléctrico on/off.....	48
Figura 41. Sensor de caudal.....	48
Figura 42. Sensor PT100 con cuerpo roscado.....	49
Figura 43. Sensor de nivel ultrasónico .....	50
Figura 44. Primera imagen del HMI.....	51
Figura 45. Primera parte de la función "ACTIVACION DE BOMBAS" .....	52
Figura 46. Segunda parte de la función "ACTIVACION DE BOMBAS".....	53
Figura 47. Primera parte de entradas y salidas del bloque de funciones.....	53
Figura 48. Segunda parte de entradas y salidas del bloque de funciones .....	54
Figura 49. Activación de primera bomba en modo automático.....	55
Figura 50. Activación de segunda bomba en modo automático .....	55
Figura 51. Activación de tercera bomba en modo automático.....	56
Figura 52. Activación de dos bombas en modo manual .....	56
Figura 53. Lectura de caudalímetros de bombas de pozo.....	57
Figura 54. Segunda imagen del HMI .....	58
Figura 55. Medición del nivel de agua.....	58
Figura 56. Condiciones de activación de las bombas del tanque elevado.....	59
Figura 57. Activación de las tres bombas del tanque elevado.....	60
Figura 58. Activación de dos bombas del tanque elevado .....	60
Figura 59. Activación de una sola bomba del tanque elevado .....	61
Figura 60. Desactivación de las tres bombas del tanque elevado .....	61
Figura 61. Tercera imagen del HMI.....	63
Figura 62. Botones de HMI y lectura de caudalímetros .....	63
Figura 63. Activación/desactivación de válvulas de control y lectura de temperaturas .....	64
Figura 64. Activación de una bomba y su válvula de control.....	64
Figura 65. Cuarta imagen del HMI.....	65
Figura 66. Quinta imagen del HMI.....	66
Figura 67. Sexta imagen del HMI .....	67
Figura 68. Activación de bombas y condición de apertura de válvulas .....	67

Figura 69. Sector lavadero de camiones .....72  
Figura 70. Bomba de agua utilizada para lavar los camiones .....73  
Figura 71. Sector de efluentes.....73

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diagrama de tiempos .....	68
Tabla 2. Cálculo económico de mejora .....	69

# CAPITULO 1: Propuesta

## ***Introducción***

La presente memoria desarrolla el diseño de una mejora en el sistema de agua de una planta frigorífica, como así también los costos asociados, que permitirán tener una propuesta muy real y certera en cuanto a recursos a emplear se refiere.

El desarrollo técnico tiene el fin de que el proceso productivo sea más eficiente, no solo en cuanto a la equivalencia en dinero repercute, sino también en la eliminación de tiempos muertos que involucra.

## ***Objetivos***

### ***Objetivo general***

El desarrollo técnico tiene el fin de que el proceso productivo sea más eficiente, no solo en cuanto a la equivalencia en dinero repercute, sino también en la eliminación de tiempos muertos que involucra.

En el proceso se lleva a cabo la integración de los conocimientos y habilidades adquiridas durante el cursado de la carrera para la consecuente obtención del título de Ingeniero Mecatrónico por parte del autor bajo la modalidad “equivalencia laboral” según ordenanza OCD N° 20/15.

### ***Objetivos específicos***

- Confección de los diagramas de planta, elevación y corte, flujo de proceso, diagrama de bloques cualitativo, entre otros, según sea necesario
- Selección de los componentes que medirán los parámetros del agua en los distintos puntos de la planta
- Definir el software y el hardware a utilizar para la lectura de las mediciones (sensores, interfaz gráfica, computadora digital, entre otros)
- Ejecutar un presupuesto teórico, pero muy aproximado a valores reales, que justifique la realización del proyecto

## ***Alcances y limitaciones***

Al estar tratando con una industria como se detalló al comienzo de la memoria, la

información que se obtiene de la misma es totalmente confidencial.

El alcance de la cantidad de puntos en el que el agua se va a medir y controlar se realizará en una escala de más crítico a menos crítico.

La (Figura 1) expresa que el recorrido del agua comienza en los pozos y termina en los consumos, pero tal ilustración solo se hace a los efectos de que es lo que se va a analizar. En realidad, después de las distintas ramificaciones provenientes del tanque elevado, toda el agua es dirigida hacia una planta de efluentes cuyo objetivo es realizarle al fluido un pretratamiento de forma tal que el mismo desemboque en los desagües de Obras Sanitarias de la municipalidad de Villa Mercedes con una medida de acidez (pH) de 7,4.

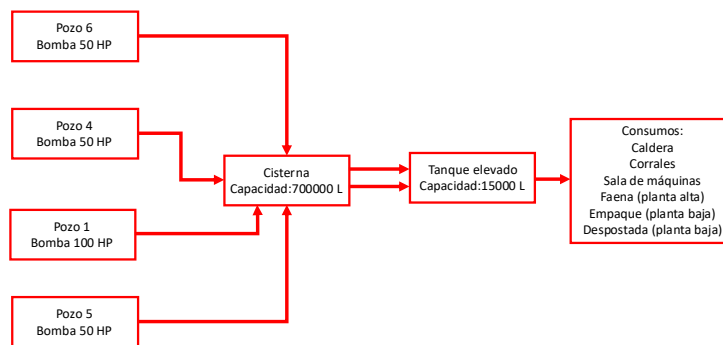


Figura 1. Trayectoria del agua de la planta frigorífica

A la salida de un sistema denominado flotación por aire disuelto (abreviado en inglés DAF) que es el último equipo por el cual el agua hace su recorrido, existe un caudalímetro digital que mide el flujo volumétrico; por lo tanto, no es necesario indagar los alrededores de este punto e implementar una medición. Se deja a opción si este dato puede ser anexado al sistema SCADA.

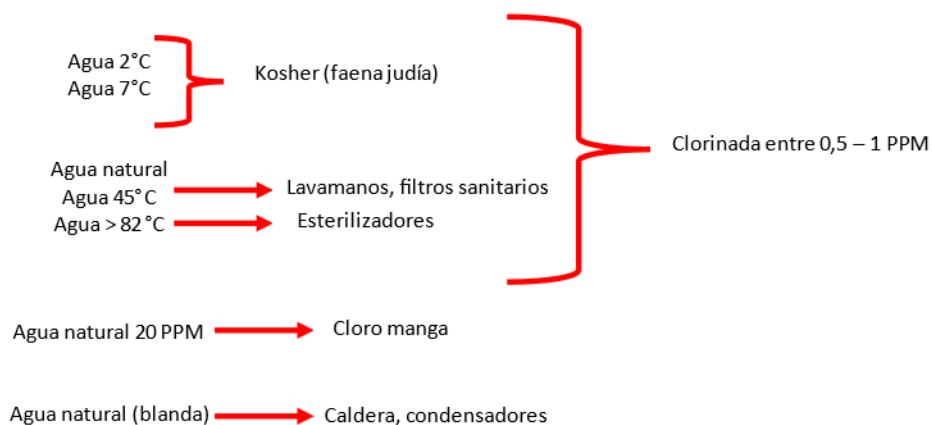


Figura 2. Características del líquido de acuerdo a las necesidades de la producción

A la salida de un sistema denominado flotación por aire disuelto (abreviado en inglés DAF) que es el último equipo por el cual el agua hace su recorrido, existe un caudalímetro digital que mide el flujo volumétrico; por lo tanto, no es necesario indagar los alrededores de este punto e implementar una medición. Se deja a opción si este dato puede ser anexado al sistema SCADA.

La (Figura 2) detalla en qué condiciones, o que tiene que tener, el agua para poder ser utilizada en los distintos ciclos productivos. En los casos en que el análisis de un subsistema sea repetitivo en distintos puntos del proceso, por ejemplo, el agua a 45°C que tiene que tener un esterilizador, se ejemplificará con un solo análisis y luego se generalizará.

## ***Justificación***

El agua es un recurso no renovable, y en prácticamente todos los procesos productivos de las diversas industrias requieren el uso de la misma para generar su producto final.

En particular, las industrias alimenticias son una de las principales compañías que explotan este recurso de manera diaria, y en altos volúmenes [1].

El frigorífico al que se le presenta la propuesta se dedica a la producción y venta de alimentos derivados de carne bovina y procesados en el país.

La fábrica se dedica únicamente a la producción de cortes innatura, promediando por día 780 cabezas. La producción consta de dos ciclos los cuales, si bien son extensos de detallar, brevemente se los puede describir de la siguiente manera:

- Ciclo 1: abarca el movimiento del animal desde los corrales hasta la media res rociada con agua y cloro que sigue su camino a la cámara de oreo
- Ciclo 2: comienza con el desplazamiento de la media res desplazada de la cámara de oreo hasta los cortes ya embolsados en cajas con destino a los túneles de congelación o a las cámaras de depósito de cortes enfriados

Tanto en estos ciclos como en otros subprocesos el consumo de agua es muy alto, y actualmente los parámetros principales (características del líquido) no están medidos en su totalidad a través de toda la planta; además de esto, aquellos parámetros mencionados que, si son posibles cuantificar, se los realiza mayormente con medidores analógicos.

Por lo tanto, este proyecto propone como objetivo principal implementar una mejora en el proceso de provisión de agua a los distintos ciclos productivos. Mediante un enfoque integral, se pretende investigar y posteriormente desarrollar una solución que aborde las distintas problemáticas que presenta y optimizar el consumo del líquido, considerando las características particulares del proceso en el punto en que la planta está al máximo de producción.

En resumen, este estudio de mejora tiene una justificación muy clara y sólida. El establecer esta mejora tendrá un impacto positivo en la planta al disminuir severamente (casi que hacerlos nulos) los tiempos operativos, minimizar el desperdicio de agua y entregarle a la producción el recurso en tiempo y forma.

## **Marco teórico**

### **Proyecto**

El trabajo de grado a presentar es un proyecto diseñado para mejorar la operatoria de la planta en cuanto a la utilización del recurso en cuestión. Esto se logrará a través del análisis técnico y el costo de su implementación.

En el presente proyecto se elabora el diseño de una mejora en el proceso de provisión/abastecimiento de agua.

### **Análisis preliminar**

Se comienza con un análisis del proceso productivo, que busca determinar las características de los sistemas y equipos que intervienen en el almacenamiento y manejo del agua.

Todo esto mediante una recolección y análisis de los datos de planta, en los cuales están involucrados tanto historiales técnicos (biblioteca) como así también el personal de la empresa, que son la fuente de la información de certeza y confiabilidad.

### **Cliente**

La mejora se planea realizar en una compañía del rubro alimenticio de la ciudad de Villa Mercedes, San Luis. La misma es una empresa que se dedica principalmente a la producción de cortes innatura, cuyo promedio de cabezas por día (animales faenados) es de 780 unidades, y su posterior desposte para ser vendidos como cortes al vacío.

La empresa, que de ahora en adelante se designa como “cliente”, también se dedica a la venta de rumen, cebo, hueso, entre otros, todo de origen bovino; sin embargo, la mejora no indaga ni relaciona el proceso productivo a analizar.

La (Figura 1) y (Figura 2) es sobre lo que se enfoca principalmente el estudio, es decir, que características debe presentar el líquido para poder ser utilizado en la producción.

Si se quiere saber más sobre los dos ciclos productivos, el anexo 1 y 2 refleja en detalle tales procesos.

El recorrido del agua comienza en cuatro pozos: pozo N°1, 4,5 y 6, de los cuales el N°1 en el momento en que se redacta tal mejora, se encuentra fuera de servicio (ver Figura 3, Figura 4 y Figura 5).



Figura 3. Pozo N°4



Figura 4. Pozo N°6



Figura 5. Pozo N°5

El pozo N°6 se une al pozo N°4 mediante un tramo de cañería y un codo a 90° (ver Anexo 3 y Anexo 4), en los cuales el agua es impulsada por medio de dos bombas (ver Figura 6) de 50 HP, 2820 RPM y caudal de 75 GPM a través de cañerías y accesorios de 6" de diámetro.

Este par de bombas, en conjunto con otra bomba de iguales características que proviene del pozo N°5, se unen en el primer equipo de abastecimiento denominado colector (ver Ilustración 7, Anexo 3 y Anexo 4).

Tras inundar el equipo que posee una sección circular de 300 mm de diámetro y 2400 mm de largo, todo este fluido es enviado a la cisterna, una zona en donde se almacenan 700000 litros del líquido en cuestión (ver Figura 8).



Figura 6. Electrobomba sumergible de pozo



Figura 7. Colector de agua de pozos



Figura 8. Acometida a cisterna

Finalmente, el agua de la cisterna es transportada (ver Figura 9) por un sistema de tres bombas (dos de servicio y una de backup) hacia un tanque elevado con una capacidad de 15000 litros; el mismo se encuentra encima de la planta productiva, que consta de dos pisos: ciclo 1 en la planta alta y ciclo 2 en la planta baja (ver Anexo 5 y Anexo 6).

A la salida de este tanque salen distintas cañerías para los diferentes consumos de la planta, que se representó a modo de ilustración mediante una sola cañería en el (Anexo 5 y Anexo 6).

Vale aclarar que lo detallado hasta este punto es el ideal del sistema de provisionamiento de agua, es decir, si todos los equipos no presentan alguna falla, el líquido recorre la planta tal cual lo descrito.

Debido al historial de fallas que ha tenido el sistema, el personal de ingeniería y de mantenimiento a través de los años han colocado distintas ramificaciones (bypass) en diferentes puntos, sobre todo en aquellos que son críticos (bombas de pozo, colector, bombas de cisterna, entre otros).

Estos componentes que han sido agregados después de instaurar el sistema concebido al principio serán analizados o no, de acuerdo al impacto que tienen en el ciclo productivo.



Figura 9. Sistema de bombeo hacia tanque elevado

## ***Layout***

La disposición de las instalaciones o layout, consiste en la ubicación de los distintos sectores o departamentos de en una fábrica o instalación de servicios, así como la de equipos que van dentro de ellos.

El objetivo es lograr una asignación óptima del layout de la planta a los elementos que componen el sistema de producción y sus servicios asociados. Para ello deben integrarse los recorridos de cada parte del proceso, desde el momento en que se reciben las materias primas hasta la expedición del producto terminado, con el propósito de lograr que tal circulación resulte eficiente y económica.

En el (Anexo 7) se encuentra el plano de planta, como así también en los sucesivos anexos los sistemas/equipos que afectan al recorrido del líquido en análisis (solo aquellos que están involucrados en el análisis).

## ***Características del agua según el sector***

La (Figura 2) expone las características del líquido de los cuales va a realizarse el análisis, y los siguientes apartados detallarán que equipos manipulan las propiedades del agua

de la planta.

## ***Agua a 2°C y 7°C***

En el proceso de salado de los cuartos bovinos (ver Anexo 2), los mismos deben estar situados en dos temperaturas de agua en dos recipientes distintos denominados “piletas” (ver Figura 10 y Figura 11): la primera piletta, en las cuales los cuartos reposan por un determinado tiempo, se debe encontrar a 7°C y la otra, denominada piletta de triple enjuague, debe tener el líquido a una temperatura de 2°C.



Figura 10. Primera piletta



Figura 11. Segunda piletta

Estas condiciones del agua se logran gracias a un equipo enfriador de líquido denominado Baudelot, que básicamente son equipos que logran disminuir la temperatura de un líquido o gas transfiriendo calor de la sustancia a un refrigerante que circula a través de una serie de placas (ver Figura 12 y Figura 13).



Figura 12. Equipo enfriador de agua



Figura 13. Vista interna de equipo enfriador

Para que el equipo a placas entregue el líquido en las condiciones descritas, es necesario suministrarle agua de red, cuyo origen se encuentra en el tanque elevado. El agua fría que decanta por las placas se combina con el agua del tanque elevado para lograr que el líquido se encuentre en las cercanías, o igual, a las temperaturas deseadas.

Como maniobra operativa, el personal debe manipular mediante la apertura/cierre de válvulas y arranque/paro de bombas tanto de abastecimiento como de recirculado (ver Figura 14).

A su vez, la medición de las temperaturas se hace con un termómetro analógico, que el operador debe controlar cada hora.

No lograr la temperatura deseada provoca un paro inmediato de la producción.



Figura 14. Manipulación del agua mediante válvulas y bombas

### ***Agua a 45°C y mayor a 82°C***

Al ser una industria alimenticia, la higienización tanto de las personas como de los sistemas involucrados en el proceso productivo es sumamente crítico [3]. Por ello, para lograr la mayor efectividad, la entidad denominada Servicio Nacional de Sanidad y Calidad

Agroalimentaria (SENASA) establece en su código de prácticas establece que, para la higiene del personal, tanto del cuerpo como de la vestimenta, se debe utilizar agua a 45°C.

Por otro lado, para eliminar las bacterias de aquellos elementos que están en contacto directo o que proceden de los bovinos, se requiere de una temperatura del líquido mayor a 82°C.

Para generar tales temperaturas se requiere de dos tipos de estados de la materia:

- Vapor de agua: generado por dos calderas (ver Figura 15), una de servicio y otra que actúa solamente durante la producción y posterior higienización de la misma.
- Agua en estado líquido: proveniente del tanque elevado, o que es devuelta con menor temperatura de la planta en un circuito cerrado tras no ocuparse durante la producción



Figura 15. Calderas

La combinación de ambas para generar la temperatura deseada es la siguiente: primero, agua del tanque elevado es suministrado a un tanque que recibe tal volumen y es enviado a la caldera de acuerdo a la demanda de la producción; en este punto, el líquido que se envía a la caldera es tratado con dos elementos químicos que son el secuestrante de sales y oxígeno, con el fin de evitar la corrosión en los distintos equipos ya que el agua de pozo viene con cierta cantidad de sales (700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Luego, el vapor generado por las calderas es enviado a intercambiadores de calor denominados “casto y tubos” (ver Figura 16), que básicamente lo que hacen es transferirle las propiedades térmicas de un fluido a otro.



Figura 16. Intercambiadores de cascos y tubos

En los intercambiadores de casco y tubos, se obtiene el agua a  $45^{\circ}\text{C}$  y aquella mayor a  $82^{\circ}\text{C}$  (no mayor a  $90^{\circ}\text{C}$  ya que existe el riesgo de quemadura y el deterioro rápido de los equipos) que es suministrado por bombas hacia el primer piso de la planta, en donde se encuentra un intercambiador intermedio (ver Figura 17), separado en dos partes, que regula el caudal y la presión que requiere la producción.

Si la temperatura deseada no es suficiente, tal intercambiador posee una conexión directa de la caldera para aumentar hasta llegar al valor deseado.



Figura 17. Intercambiador intermedio

El operador de la caldera llega a brindar el agua en estas dos temperaturas mediante la actuación/cierre de válvulas, encendido/apagado de bombas, lectura de presión y temperaturas con instrumentos de medición analógicos (tipo aguja) y tiempos muertos para poder moverse de

un lugar a otro.

La higienización de las distintas áreas de producción tras finalizar la misma, se hace mediante bombas de limpieza (ver Figura 18), que utilizan agua a 45°C.

Al igual que los casos anteriores, el consumo no es medido, y su activación depende de la operatoria manual de la misma (arranque/paro con pulsadores).

Por otro lado, los esterilizadores (ver Figura 19) en donde los operarios dejan sus cuchillos u herramientas de corte requieren de agua con una temperatura mayor a 82°C, y el lavamanos una temperatura igual o mayor a 45°C.

Ambas temperaturas son monitoreadas por el personal de calidad cada cierto intervalo de tiempo, y no cumplir con lo requerido, provoca el paro inmediato de la producción.



Figura 18. Bomba de limpieza



Figura 19. Esterilizador de cuchillos y lavamanos

## ***Clorinación del agua***

El apartado anterior detalla que, para poder eliminar las bacterias, se requiere agua a dos temperaturas distintas. Esto no basta para eliminarlas por completo, por ello, el cliente hace uso del cloro [4], con el fin de disminuir la carga bacteriana lo máximo posible.

Para el sector productivo, se requiere el aprovisionamiento del agua con cloro en dos valores de dosificación:

- Concentración a 20 PPM: requerido para la desinfección de los animales desde que llegan a los corrales hasta el comienzo del ciclo 1
- Concentración entre 0,5 y 1 PPM: este valor se encuentra en toda el agua de la planta que no sea mencionada en el apartado anterior

En el caso de disminuir la concentración de bacterias de los animales, se requiere de agua proveniente del colector (ver Anexo 3) que acomete a otro colector intermedio, el cual se llena por gravedad y se le suministra cloro mediante una bomba de diafragma (ver Figura 20).



Figura 20. Bombas de diafragma y depósitos de cloro

Luego, este conjunto de agua-cloro es bombeado a los puntos necesarios en donde haga falta desinfectar al animal mediante un sistema de tres bombas de 10 HP, 3000 RPM, 18 m<sup>3</sup>/h de caudal a través de un sistema de cañerías de 2" de diámetro (ver Ilustración 21).

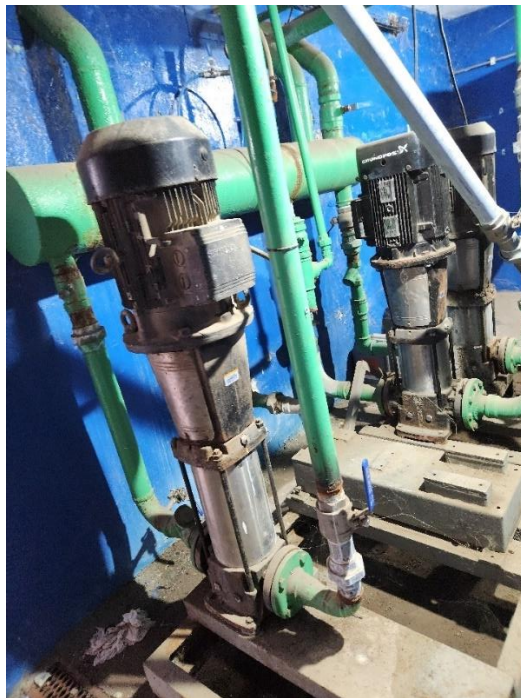


Figura 21. Sistema de bombeo de agua-cloro a corrales

Para los otros puntos de la planta, el agua con cloro proviene directamente de la cisterna.

La dosificación necesaria se obtiene mediante la combinación del agua que proviene del colector (ver Anexo 3), en conjunto con cloro que procede de una bomba a diafragma (ver Figura 22) y llena un tanque que levemente le suministra el componente químico a la cisterna. El agua del tanque elevado es el encargado de distribuir esta agua clorinada a los distintos puntos del sector productivo.

Los valores de presión del agua en los distintos puntos son medidos con instrumentos analógicos (a aguja), y la concentración de cloro en el líquido es muestreada cada hora por el personal de calidad con un kit de prueba colorimétrico.

Mayor o menor valores de dosificación depende de que el operario manipule manualmente las bombas a diafragma y de que el personal de calidad tome muestras nuevamente, pudiendo generar paros de producción hasta alcanzar los valores deseados.



Figura 22. Dosificación de cloro a cisterna

## ***Descripción de magnitud físicas y elementos para la automatización***

Para poder entender el desarrollo que se va a efectuar en el siguiente apartado, es necesario conocer definiciones básicas, que conducirán a la automatización del proceso a través de un software.

## Presión

La presión es magnitud física fundamental, de carácter escalar, que se utiliza para medir la fuerza ejercida sobre una superficie determinada. Matemáticamente, se define como el cociente entre la fuerza (F) ejercida sobre el área (A) sobre la que actúa (ver Ecuación 1). La unidad de presión en el SI (Sistema Internacional de Unidades) es el Pascal.

$$P[\text{Pa}] = \frac{F[\text{N}]}{A[\text{m}^2]} \text{ (Ecuación 1)}$$

Existe una clasificación de presiones (ver Ilustración 23), en las cuales se encuentra:

- Presión absoluta: es aquella que se mide tomando como referencia la presión del vacío perfecto, es decir, 0 Pa
- Presión relativa: es la que se mide tomando como referencia una presión conocida
- Presión manométrica: es una presión mayor que la del entorno
- Presión vacuométrica: es aquella presión que es menor a la del entorno
- Presión atmosférica: es la fuerza que ejerce la columna de aire de la atmósfera sobre la superficie terrestre

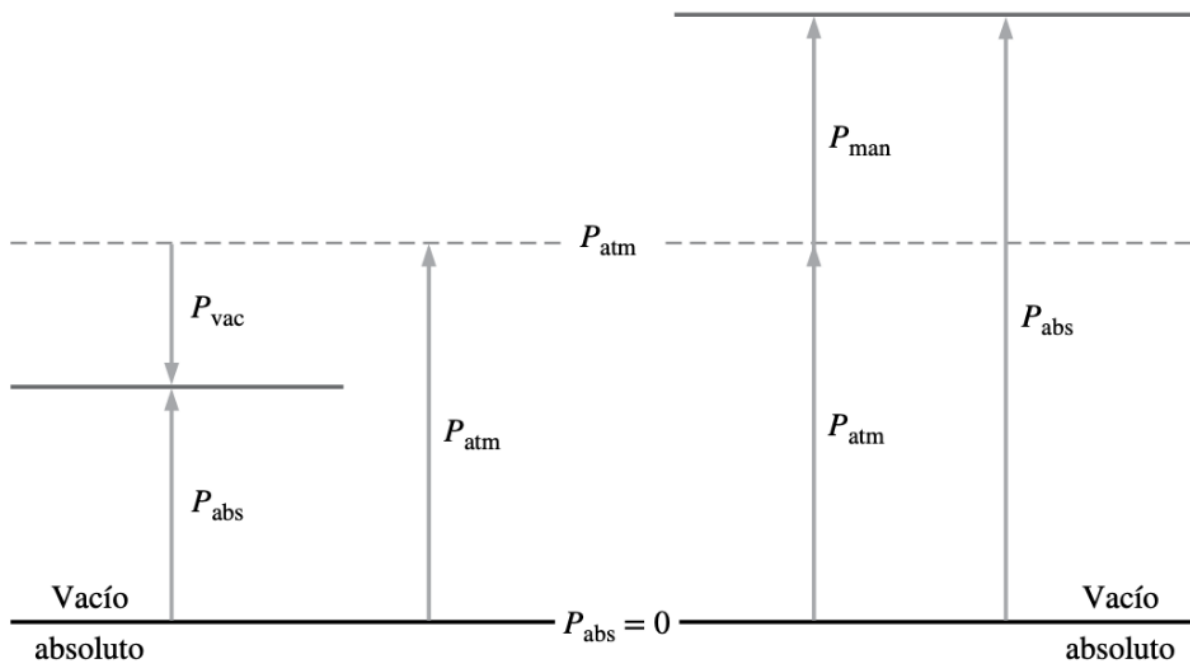


Figura 23. Clasificación de la presión

En el entorno industrial, la presión manométrica es la más utilizada, y en las unidades kg/cm<sup>2</sup> o psi (libras por pulgada cuadrada).

El instrumento más común en los procesos industriales para medir la presión

manométrica es el manómetro de Bourdon (ver Figura 24).



Figura 24. Manómetro de Bourdon

## ***Temperatura***

La temperatura, en términos físicos, es una magnitud escalar que mide el grado de agitación de las partículas de los materiales; por ende, a mayor agitación, mayor temperatura.

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad de temperatura es el kelvin (K). Sin embargo, una de las escalas de temperatura que más se utiliza es la escala Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a las unidades de medición de la temperatura; los más utilizados en la industria son aquellos que ante la exposición de una fuente de calor, la sustancia que poseen internamente se dilata y asciende por un tubo graduado, indicando de tal forma la variación de temperatura (como por ejemplo el de alcohol o mercurio, ver Figura 25).

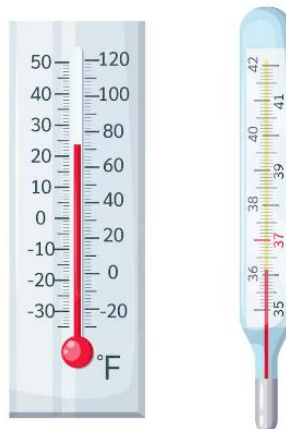


Figura 25. Termómetro de alcohol (izquierda) y mercurio (derecha)

## ***Volumen y flujo volumétrico (caudal)***

El volumen cuantifica la cantidad de espacio que un cuerpo ocupa en el largo, ancho y alto en un entorno tridimensional. En el SI, la unidad fundamental es el metro cúbico ( $\text{m}^3$ ),

aunque otras unidades más utilizadas son el litro (L) y el centímetro cúbico (cm<sup>3</sup>).

Para describir como varía el volumen con respecto al tiempo, se utiliza el flujo volumétrico (también denominado caudal). La unidad en el SI es el m<sup>3</sup>/s.

Otra forma de definir al caudal (Q) es el volumen que atraviesa una sección dada por unidad de tiempo (ver Ecuación 2).

$$Q \left[ \frac{m^3}{s} \right] = A[m^2] * V \left[ \frac{m}{s} \right] \text{ (Ecuación 2)}$$

El instrumento más común utilizado para medir el flujo volumétrico es el de desplazamiento positivo (ver Figura 26), que cuantifica el flujo pasando un volumen preciso de fluido con cada revolución; es decir, posee componentes móviles internos que se deslizan hidráulicamente en conjunto con el volumen de fluido que se mueve a través del medidor de flujo.



Figura 26. Caudalímetro de desplazamiento positivo

## ***Transductores y sensores***

La temperatura, en términos físicos, es una magnitud escalar que mide el grado de agitación de las partículas de los materiales; por ende, a mayor agitación, mayor temperatura.

En el entorno industrial, la forma “clásica” de medir las magnitudes mencionadas en los subapartados anteriores son con elementos analógicos. Para poder trabajar con software de computadora, es necesario recurrir a los transductores.

Los transductores son dispositivos que se utilizan para la conversión de energía de una forma a otra diferente pero equivalente. Aquellos que son más utilizados en la industria son los que convierten la magnitud física (presión, volumen, intensidad de luz, ente otros) en señales eléctricas.

Por otro lado, un sensor es un tipo específico de transductor que detecta y responde a un estímulo físico o químico del entorno y produce una señal eléctrica como resultado; estos dispositivos son clave en sistemas de control, monitoreo y automatización para los procesos de

una industria.

Las señales eléctricas que produce el sensor se clasifican en:

- Rango 0 – 10 V: la señal está representada entre 0 V y 10V
- Rango 4 – 20 mA: la señal está representada entre 4 mA y 20mA

Los sensores que dan una salida entre 0V y 10V son los más sencillos y baratos de transmisión analógica, pero presenta falencias como la caída de tensión en largas distancia (resulta en una señal inexacta, propenso a las interferencias electromagnéticas y al ruido, entre otras características).

Por todo lo nombrado, los dispositivos que dan una señal entre 4 mA y 20 mA son ampliamente elegidos en cuanto a automatización, ya que es menos propenso a los fallos de los sensores de 0V-10V, como así también fácil detección si la señal falla; es decir, 0 mA indica que no hay señal, mientras que 4 mA indica un valor cero (un valor de 0V puede significar tanto la ausencia de señal como un valor cero).

Vale aclarar que generalmente, los sensores que dan una señal de salida en corriente, requieren una fuente de alimentación (generalmente de 24VCC); esto es una gran ventaja, porque puede alimentarse mediante el mismo cable por el que transmite, por lo que se necesitarían dos cables solamente.

## ***Controlador lógico programable***

Para que sensores y actuadores puedan comunicarse, es necesario un dispositivo que actúe como intermediario de forma tal que, al tomar lectura de una magnitud física, se ejecute una acción. Un controlador lógico programable (abreviado PLC) es el responsable de esto, ya que recibe información de sensores o dispositivos de entrada conectados, procesa los datos y activa salidas según parámetros preprogramados [5].

En el entorno industrial, esto resulta muy práctico ya que reemplaza (al día de hoy) casi la mayoría de las actividades que realiza el ser humano en la industria o cualquier otro entorno mediante su uso en la rama de la automatización.

El PLC está compuesto por los siguientes elementos:

- CPU: ejecuta programa de control y coordina otros componentes.
- Módulos de entradas/salidas: facilitan la comunicación entre el PLC y los dispositivos externos (señales analógicas y digitales)
- Memoria: almacena las instrucciones del programa, los valores de datos y los parámetros del sistema
- Bus de comunicación: permite la comunicación entre los diferentes módulos y los

dispositivos externos

- Fuente de alimentación: es la encargada de suministrar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de todos los componentes del PLC

A su vez, existen dos clases de PLC, los cuales son:

- Compactos: todos los elementos que lo integran están en una unidad compacta



Figura 27. PLC compacto

Fuente: EATON, 2025

- Modulares: a diferencia de un PLC compacto, el modular se compone de elementos separados que pueden añadirse o cambiarse según las necesidades

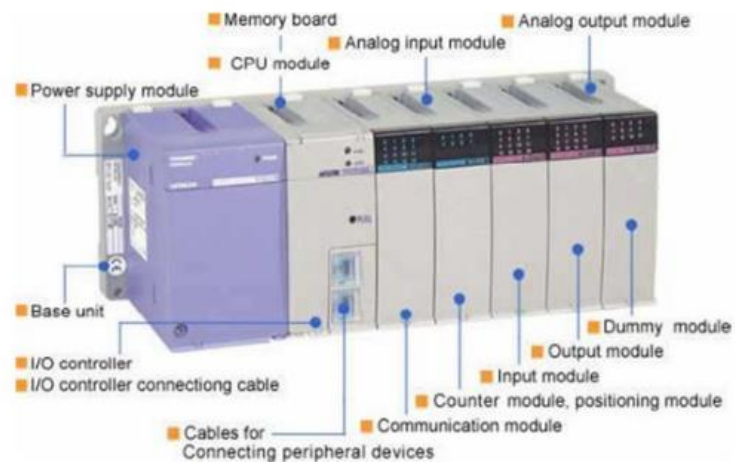


Figura 28. PLC modular

En la actualidad, en la mayoría de las aplicaciones industriales, los más utilizados en las industrias son los PLCs modulares, ya que permite escalar en cuanto a capacidad, lo cual es una buena solución para procesos que en un futuro estén pensados aumentar su complejidad;

sin embargo, dada su característica principal, en el mercado es el más caro, como así también representa una complejidad mayor a la hora de programarlo en cuanto a un PLC compacto.

## ***Pantalla HMI***

La forma en que el humano interactúa con el PLC, además de la computadora para cargar el programa de instrucciones, es con una pantalla HMI (ver Figura 29).

Tal elemento permite, por ejemplo, a unos operarios de una planta, supervisar y controlar la maquinaria; expresado de otra forma, con el dispositivo se puede tanto comandar equipos, como así también ver el estado de ellos en la parte frontal del mismo.



Figura 29. Pantalla HMI

Fuente: SIEMENS, 2025

## ***Software TIA PORTAL***

TIA PORTAL es una plataforma de software desarrollada por Siemens (ver Figura 30), tiene como objetivo controlar toda la automatización industrial con un único programa [6]. Posee una interfaz muy intuitiva, lo que deja las tareas complejas se simplifiquen de una forma más rápida y eficiente.

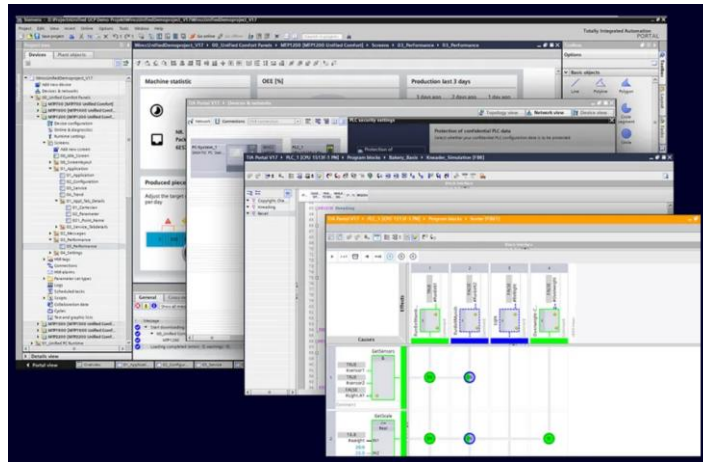


Figura 30. Interfaz de TIA PORTAL

Fuente: SIEMENS, 2025

Con el software, es posible comandar un PLC mediante un conjunto de instrucciones (código) de forma tal que se pueda ejecutar las automatizaciones requeridas.

Dada su característica básica pero fundamental, es la más elegida entre aquellos que recién comienzan en el mundo de la automatización ya sea industrial o no; por lo mismo, el desarrollo en el apartado siguiente hace referencia siempre a este software, ya que en la industria donde se plantea la mejora, los colaboradores poseen conocimiento tanto básico como amplio del mismo.

Se hace hincapié en que el programa solo puede ser utilizado con PLCs de la marca SIEMENS (ver Figura 31).



Figura 31. Familia de PLC clase S7

Fuente: SIEMENS, 2025

## **Conceptos básicos de TIA PORTAL**

Para poder entender el desarrollo de la mejora, es necesaria tener ciertas nociones en cuanto al entorno del software, tales como:

- Tipos de datos: los tipos de datos disponibles dependen de la CPU utilizada; por ejemplo, en el caso de un S7 1200 se puede utilizar bool, byte, int, word, dint, dword, real, date, time, string, any y variant
- Lenguaje ladder: para programar un PLC, es necesario utilizar un sistema de símbolos y reglas que permita definir las instrucciones necesarias para automatizar una máquina o un proceso; el más utilizado es el lenguaje ladder, que se asemeja a un diagrama eléctrico, con contactos y bobinas representados como líneas horizontales y verticales que se interconectan en una forma similar a una escalera (ver Figura 32)

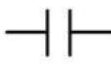
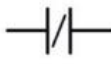
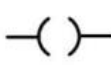
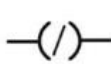
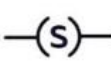
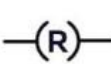
	CONTACTO NA
	CONTACTO NC
	BOBINA NA
	BOBINA NC
	BOBINA SET
	BOBINA RESET

Figura 32. Simbología de lenguaje ladder

- Bloques FC/FB/DB/OB: antes de definir lo que son los bloques, hay que tener en claro el concepto de subrutina, que hace referencia a conjunto de instrucciones que se ejecuta sólo cuando es invocada. Las subrutinas forman parte del OB (bloque de organización) y requieren de OB (bloques de datos) que son bloques dentro de los cuales no pueden programarse instrucciones.

Dentro de TIA PORTAL, existen dos subrutinas que son

- FC (función): contiene una secuencia específica
- FB (bloque de función): contiene una secuencia u operaciones

Es importante Es importante aclarar la diferencia entre estas últimas dos (ver Figura 33), ya que un FC pierde los datos después de terminar la ejecución del bloque, mientras que un FB guarda los datos aún después de terminar la ejecución del

bloque.

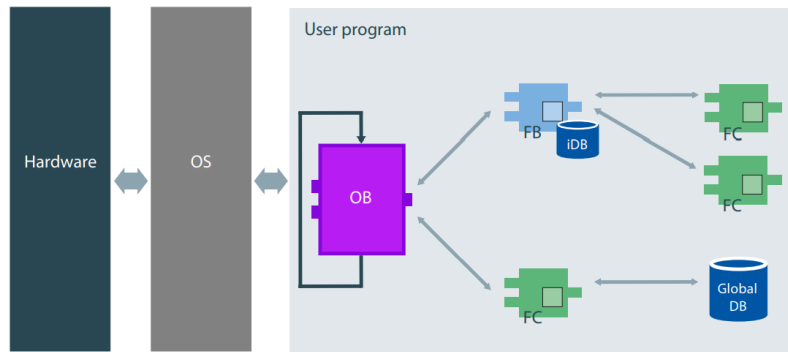


Figura 33. Bloques en TIA PORTAL

## **CAPITULO 2: Análisis y desarrollo**

En este capítulo se profundizará el análisis y desarrollo de la mejora del abastecimiento del agua. Después, se avanzará con la etapa de simulación para demostrar que las instrucciones cargadas en el PLC responden a la propuesta.

Ya que en la actualidad el cliente no posee instrumentos de medición con los cuales contrastar, no puede llevarse a cabo una comparativa de cuanto ahorro de agua puede alcanzarse. Al final, se termina con un análisis de tiempos y económico para determinar la inversión necesaria con la que se llevaría a cabo la mejora.

### ***Planteamiento de la mejora***

Debido a que en el capítulo uno se profundizó en el análisis del proceso y sus características, ahora se lo toma como base o punto de partida para plantear, describir y demostrar que involucra la mejora a plantear.

El objetivo de la mejora es simple: poder observar/medir las distintas características del agua por medio de la automatización y generar acciones en base a tales variables para que su uso mejore la eficiencia del proceso productivo. La mejora también contempla disminuir los tiempos muertos en los cuales el personal debe inspeccionar como mínimo cada hora, o incluso menos durante las horas productivas, los distintos equipos que afectan a la trayectoria del agua.

### ***Limitantes***

Como se detalló en el segmento anterior, la mejora a implementar abarca varios sectores de la planta, la cual presenta condicionantes a la hora de elegir los materiales para llevar a cabo la misma; los mismos son:

- Ruido de maquinaria: compresores de aire, compresores de amoníaco, calderas, herramientas neumáticas/hidráulicas de la producción, entre otros
- Distancia desde donde el operario va a interactuar con el PLC y la máquina en cuestión
- Higienización: en los sectores de producción, el lavado se ejecuta todos los días, a excepción del domingo por la mañana/tarde
- Software/hardware a elegir: como se describió en el capítulo uno, los colaboradores de la empresa están más capacitados en cuanto a los equipos SIEMENS
- Las posiciones de los sensores han sido acordadas entre distintos sectores, tales

como mantenimiento, calidad, producción, y medio ambiente; esto es con el fin de que no entorpezca los procesos de tales sectores, como así también tomar información en los puntos de mayor relevancia

## ***Simulación***

Para la mejora propuesta, se utiliza el software desarrollado por el fabricante SIEMENS, que proporciona todas las herramientas necesarias para poner en funcionamiento la simulación del proceso completo de la trayectoria del agua. La versión V16 del software TIA PORTAL es la seleccionada para utilizar en este proyecto.

## ***Diagramas de proceso***

A los procesos descritos en el capítulo 1, se adicionan elementos para poder eliminar la operatoria manual de los colaboradores de la empresa. Tales componentes se ven reflejados en los diagramas de proceso descritos a continuación.

Vale aclarar que, en primera instancia, se hará mención de los materiales de forma general, para luego dar detalle de cada uno y finalizar con su respectiva implementación dentro de la simulación.

Otros elementos que no se adicionan en los diagramas de proceso son elementos de potencia y maniobra como contactores, guardamotores, pulsadores, contactores auxiliares, entre otros, que en la simulación no son plasmados, pero que si deberán ser añadidos en la posible implementación física.

## ***Trayectoria del agua desde los pozos hasta el tanque elevado***

Comenzando por la primera parte que es la alimentación a la cisterna, se coloca tres caudalímetros a la salida de cada bomba, y un sensor de nivel en la cisterna (ver Figura 34).

Existen distintas técnicas en la cuales se plasman como tiene que ser la marcha y parada de motores, sin embargo, dada la forma en que trabajan y el volumen que debe ser llenado de la cisterna, se opta por la técnica “cuidado de bombas”, la cual consiste en arrancar de forma secuencial cada uno de los equipos por cierto intervalo de tiempo.

Una forma de darle claridad a este proceso es mediante el siguiente ejemplo: supóngase que se quiere trabajar con las tres bombas en un fin de semana (que es cuando el consumo aminora), entonces se programa que cada bomba marche una hora, se detenga, arranque la siguiente y así sucesivamente mientras el programa se encuentre en modo automático (es

decir, no requiera intervención de un operario).

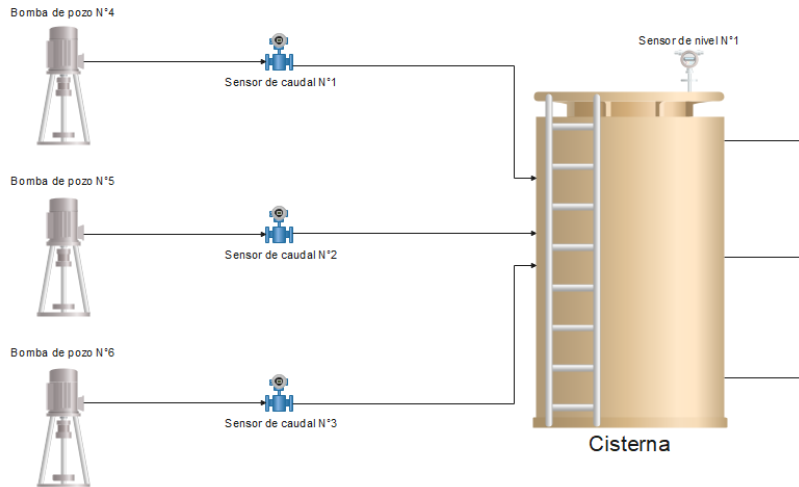


Figura 34. Diagrama de proceso N°1

El caso contrario es en un día de semana, cuando la producción está en su máxima capacidad. Por ello, el programa debe ejecutarse en modo manual y arrancar tantas bombas como nivel se desee a llenar en la cisterna, cuyo volumen se verá reflejado en el programa considerando la lectura del sensor de nivel.

### ***Trayectoria del agua desde la cisterna al tanque elevado***

De forma análoga al anterior proceso, se suman dos caudalímetros al sistema de tres bombas que impulsan el agua hacia el tanque elevado; se recuerda que una de las bombas solo está a modo de backup, por ello, no se adiciona un tercer caudalímetro dada la disposición de las cañerías (ver Figura 9).

Un elemento que se añade en el diagrama en cuestión (ver Figura 35) es la aspersion de cloro en el agua, que difiere su posición de lo que actualmente tiene el cliente; esto se plantea a modo de mejora, ya que, si se dosifica el químico directamente al tanque elevado, activando la bomba de cloro de forma remota, es menor el tiempo en el cual se produce la mezcla de agua/cloro con el valor de pH requerido.

En este punto se aclara que, si bien se habló con el personal de calidad y SENASA para implementar un sensor que mida el valor de pH, tales colaboradores objetaron fuertemente tal comentario, ya que expresan que los valores deben ser medidos en distintos puntos, y no en uno solo; por ello, se deja como oportunidad de mejora en el capítulo 5.

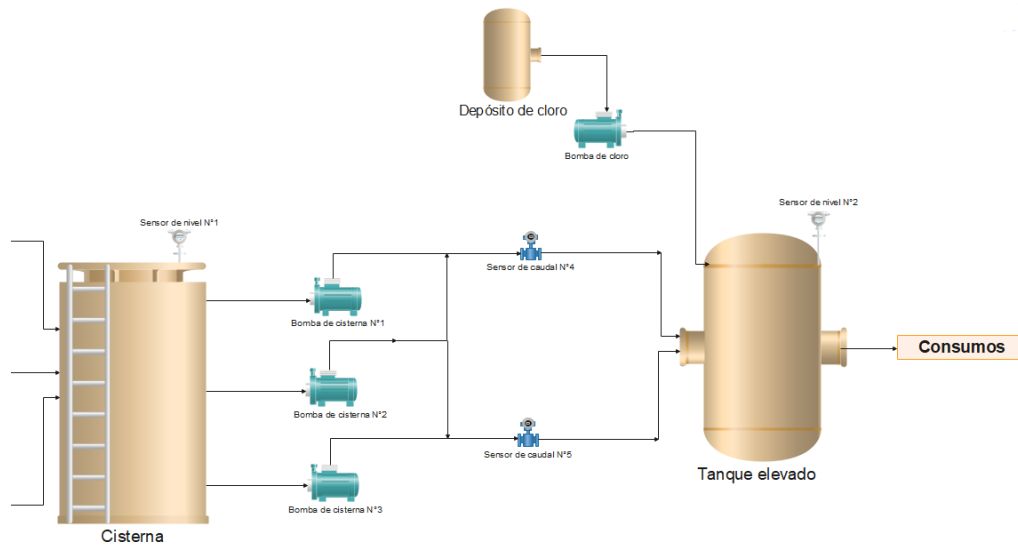


Figura 35. Diagrama de proceso N°2

A su vez, se incluye nuevamente un sensor de nivel que mida el volumen de agua ocupado en el tanque elevado, que también sirve como elemento de marcha/corte de las bombas.

### ***Trayectoria del agua con baja temperatura***

Partiendo del tanque elevado, a la salida de las dos bombas de abastecimiento se encuentran dos válvulas de control (on/off), ya que como se describió en el capítulo 1, el equipo Baudelot trabaja por inundación.

Fijado a la estructura del mismo, se encuentra un sensor de temperatura que indica a que temperatura se encuentra el agua que es impulsada por la tercera bomba hacia las dos piletas correspondientes, y dicha máquina posee una válvula de control también (ver Figura 36).

Se colocan solidario a las cañerías luego de la bifurcación dos caudalímetros, con el objetivo de medir cuanta agua consume cada piletta, a su vez que se colocan dos sensores de temperatura en dichos equipos, como así también dos válvulas de control que sirven para el desagote de las mismas.

A la piletta de 7°C, se le agrega una válvula de control en una de sus entradas para que fluya hacia ella agua del tanque elevado, ya que el líquido que entrega el equipo Baudelot tiene una temperatura cercana a los 2°C.

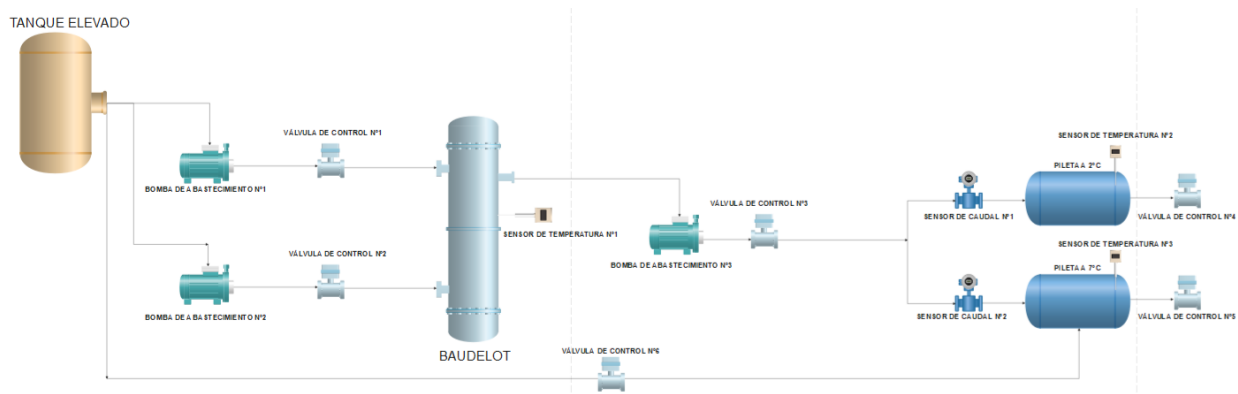


Figura 36. Diagrama de proceso N°3

### ***Trayectoria del agua con alta temperatura***

La Figura 37 denota los elementos que se adicionan a la trayectoria del agua desde el tanque elevado hasta la salida del intercambiador intermedio, descrito en el capítulo 1 (ver Figura 17).

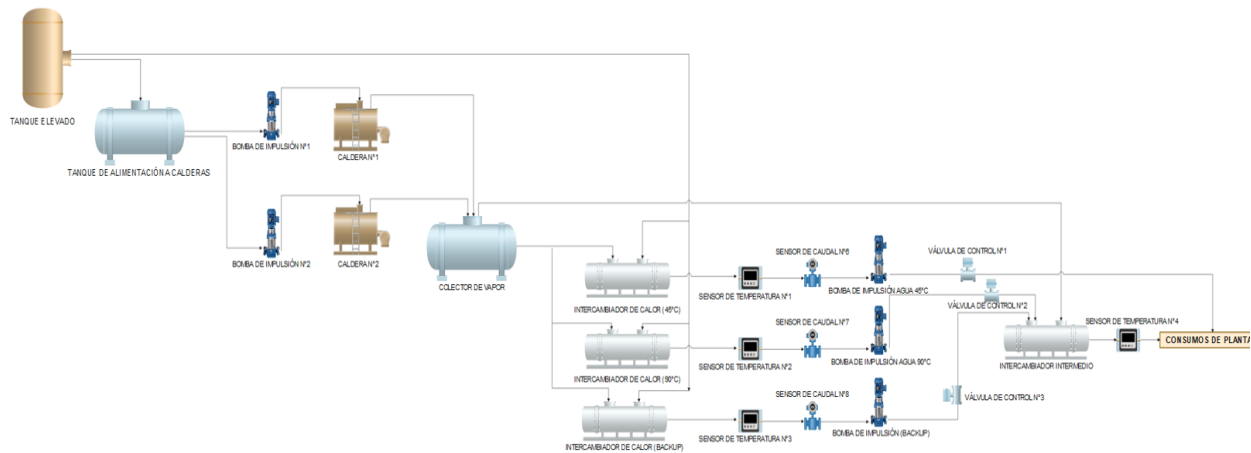


Figura 37. Diagrama de proceso N°4

En los tres intercambiadores de calor (ver Figura 16) se encuentra un sensor de temperatura, un sensor de caudal y tres válvulas de control que tienen como objetivo el cierre total de la cañería por el cual circula el agua con elevada temperatura.

Las válvulas de control tienen el objetivo de preservar el intercambiador intermedio, ya que el mismo se encuentra en un punto en el cual requiere reemplazo, y presiones superiores a 8 kg/cm<sup>2</sup> puede provocar golpes de ariete que dañen la estructura interna.

A la salida del último equipo, se encuentra un sensor de temperatura, y tanto este como los otros tres solo tienen la función de medir la magnitud, no dar origen a una acción en cadena.

Lo mencionado anteriormente es que, para poder operar con equipos sometidos a presión, el proyectista y los encargados de llevar a cabo la automatización deben tener un curso

(como mínimo) de operador de calderas, como así también tener presente la Ley Nacional 19587 [7] y otros reglamentos nacionales/provinciales.

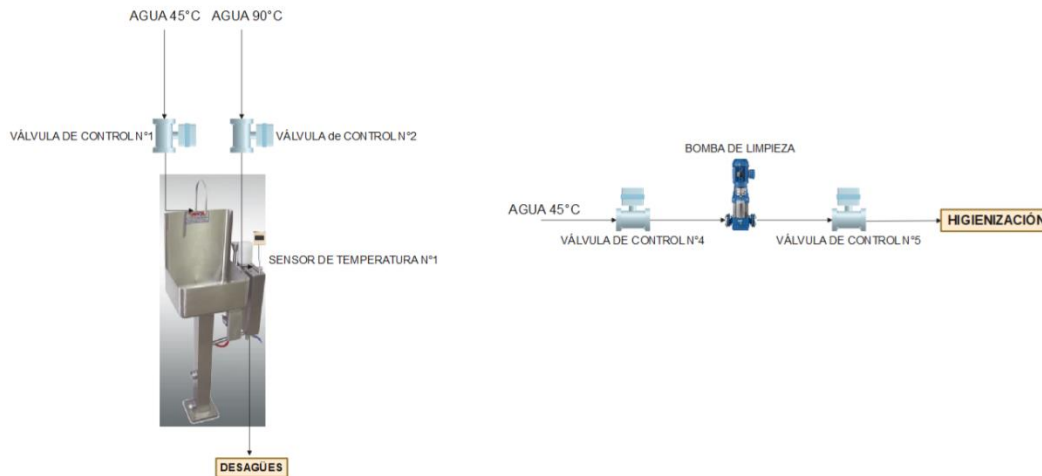


Figura 38. Diagrama de proceso N°5

Para el caso de los lavamanos y esterilizadores (ver Figura 38), basta con colocar dos válvulas de control que hagan que el agua fluya hacia los equipos mencionados, y un sensor de temperatura para medir el líquido en el esterilizador (ya que el personal de calidad es lo que controla).

De forma similar, para que el personal de sala de máquinas tenga control de las bombas de limpieza, se agrega una válvula de control a la entrada del equipo, y luego otra a la salida que será activada cuando el personal de higienización avise que va a utilizar tal bomba.

Estos procesos se replican para cada bomba y para cada lavamanos/esterilizador se encuentre dentro del sector productivo que sea de importancia relevar y mantener el control.

### ***Trayectoria del agua desde el tanque elevado hacia corrales/inspección de manga***

Similar al proceso N°3, se ejecuta la automatización para que la bomba de cloro actúe cuando el operador interactúe con el PLC, como así también la marcha/parada de las tres bombas a la salida del colector (ver Figura 39).

Cuando estén las condiciones dadas, es decir que arranca la producción y el tanque elevado pueda abastecer al colector, se activan las válvulas de control solidarias a cada cañería de consumo, como así también caudalímetros que miden este flujo.

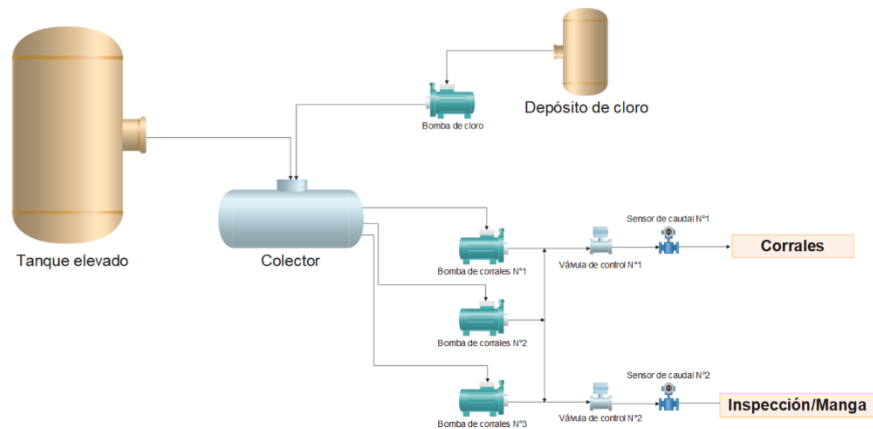


Figura 39. Diagrama de proceso N°6

## ***Sensores y actuadores***

Tanto los sensores como los actuadores se dimensionan de acuerdo a lo que el cliente posee en el lugar de trabajo, como así también se propone que los elementos a adquirir sean de fácil acceso en el mercado, bajo costo y sencilla implementación.

## ***Válvulas de control***

Tanto los sensores como los actuadores se dimensionan de acuerdo a lo que el cliente posee en el lugar de trabajo, como así también se propone que los elementos a adquirir sean de fácil acceso en el mercado, bajo costo y sencilla implementación.

Los elementos más comunes que permiten el flujo de agua son aquellos que son del tipo bola (ver Figura 40), que varía en rango de diámetro desde 1/4" hasta 6".

En contraste con el accionamiento clásico manual que es mediante palanca, la bola rota con un actuador que se desplaza de 0 a 90° mediante una señal de 24 VCC.

Para aguas de pozo que no poseen un alto nivel de conductividad (menor a 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , este tipo de válvulas pueden ser de material inoxidable (AISI 304 o 316) y son de fácil implementación, ya que, al ser del tipo roscados, se pueden colocar bridas a las salidas con tramos de cañería.

Vale aclarar que siempre que se instala elementos en cañerías de agua, debe hacerse un bypass; es decir, a partir la cañería principal, hacer una bifurcación ya que, si llega a fallar el elemento actuador o de medición, deja fuera de servicio el ramal en cuestión.



Figura 40. Válvula accionamiento eléctrico on/off

Fuente: VINCER, 2025

## **Caudalímetros**

Los dispositivos electromagnéticos que miden el flujo volumétrico y que se encuentran en la industria en general poseen bobinas, las cuales producen un campo electromagnético perpendicular al sentido del fluido (ver Figura 41). En serie con las bobinas, hay electrodos en ambas puntas del dispositivo que, cuando circula fluido por ellas, cierran el circuito y generan una tensión (o valor en corriente, como por ejemplo 4mA a 20mA) que es proporcional a la velocidad del líquido; entonces, teniendo el valor del área por donde circula, es posible conocer el caudal.



Figura 41. Sensor de caudal

Fuente: KROHNE, 2025

Se usan aquellos que posee los extremos bridados ya que, con dos juntas y la burlonería correspondiente, se puede anexar de forma fiable, rápida y segura a la cañería en

cuestión.

Al igual que el dispositivo anterior, posee un rango de diámetro entre 1/4" y 6" (incluso más), como así también están hechos de diversos materiales (fundición, inoxidable, entre otros).

## ***Sensores de temperatura***

Existen diversos métodos que utilizan los dispositivos para cuantificar la temperatura de un punto, sin embargo, el más clásico a nivel comercial y de la industria es el denominado PT100.

Su principio de funcionamiento consiste en utilizar un Detector de Temperatura por Resistencia (abreviado RTD) para medir la magnitud en cuestión; es decir, a medida que aumenta o disminuye la resistencia del material, que generalmente son fabricado en platino, tal valor es proporcional a la temperatura del punto de medición.

Tienen una resistencia de 100 ohmios a 0 °C, y generalmente 2, 3 o 4 hilos que corresponden a diferentes niveles de precisión, siempre teniendo en cuenta que da una salida entre 4mA y 20mA, cuya equivalente en temperatura es generalmente entre -100°C y 200°C.

Con el objetivo de ser adaptado fácilmente en recipientes o elementos de similares características, en el mercado se encuentran esta clase de sensores con roscas y un extremo de longitud considerable (ver Figura 42).



Figura 42. Sensor PT100 con cuerpo roscado

Fuente: GENE BRE, 2025

## ***Sensores de distancia (nivel)***

El ultrasonido es una técnica de medición que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia

(es decir, por encima de los 20 kHz) para obtener información sobre el interior elementos tales como objetos y materiales.

Por ello, es ampliamente usado para medir los niveles de agua dentro de un recipiente trabajando de la siguiente forma: se montado sobre la estructura en cuestión, emite un pulso de sonido de alta frecuencia, tal pulso rebota en la superficie del agua y el sensor lo que mide en realidad es el tiempo que tarda el eco en regresar; entonces, calcula la distancia y, por ende, el nivel del agua que posee el recipiente.



Figura 43. Sensor de nivel ultrasónico

Fuente: SIEMENS, 2025

Para su montaje, es necesario fabricar un soporte que permita la fijación del sensor. Poseen un rango de 4mA a 20mA, que equivale a generalmente una distancia de 0 a 12 metros.

### ***Configuración del escenario y código de programación***

En este apartado se plasma los procesos descritos con anterioridad en el entorno TIA PORTAL, con su correspondiente simulación para demostrar que el código tentativo funciona.

Vale aclarar que como varias instrucciones se repiten, se hace omisión de aquellas que ya fueron mencionadas, y otras aparecen en el Anexo 8.

A su vez, los distintos escenarios que se muestran a continuación no siguen un estándar de visualización de procesos, como en la actualidad describe el estándar IEEE que hace uso de solamente una escala de blanco, negro y gris; sin embargo, las diferentes pantallas fueron creadas en conjunto con el personal de sala de máquinas de la planta, ya que de esta forma no haría falta un manual de instrucciones o de operación para manejar el HMI.

## Primera imagen del HMI

Partiendo por el diagrama de procesos N°1, del lado izquierdo de la Figura 44 se observan tres figuras de bombas, las cuales poseen un círculo en el centro que indican si están actividades (verde activado, gris desactivado). A su vez, debajo de cada nombre asignado a la bomba, se encuentra un recuadro en el cual el operador puede colocar el tiempo que quiere que cada bomba actúe (a modo didáctico, se colocó en segundos).

En el medio, se encuentra un recipiente que muestra en su interior el nivel de agua que posee el mismo.

A la derecha, los tiempos actuales en los cuales cada bomba está trabajando, y por debajo las mediciones instantáneas de los caudalímetros.

En la parte más baja, dos botones que indican en qué estado está el programa trabajando, manual o automático, y a su derecha tres botones que habilita cada bomba.

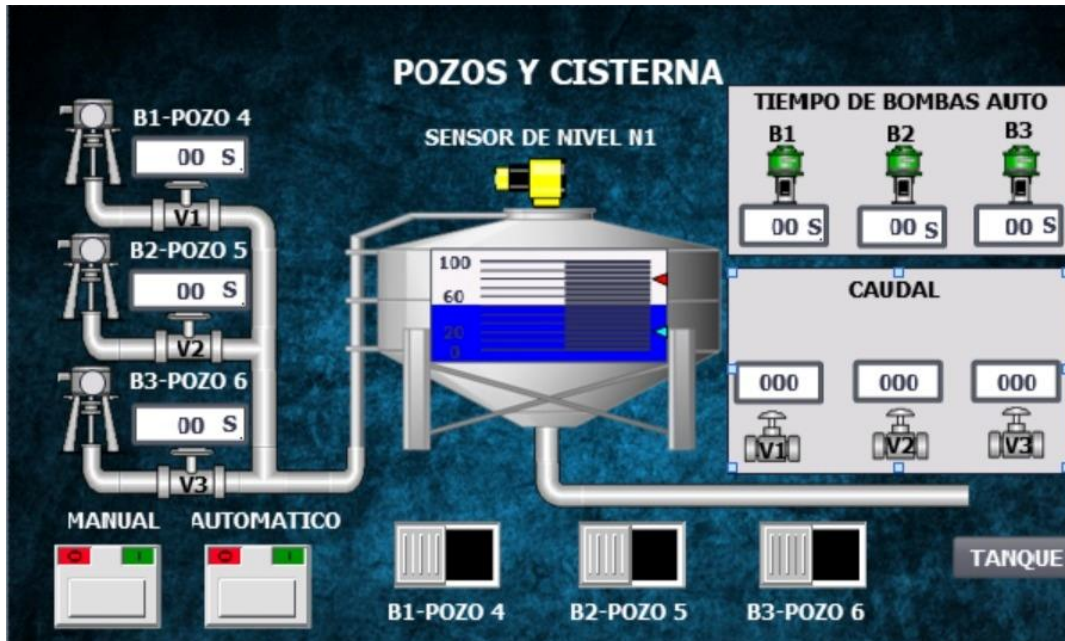


Figura 44. Primera imagen del HMI

A la derecha, los tiempos actuales en los cuales cada bomba está trabajando, y por debajo las mediciones instantáneas de los caudalímetros.

Para el manejo de cada bomba, se hace uso de un bloque de funciones denominado “ACTIVACION DE BOMBAS” (ver Figura 45 y Figura 46), que tiene como entrada una marca que corresponde a la interacción con el panel HMI, las marcas de manual/automático, y luego las condiciones de activación de la bomba, de desactivación, la condición de tiempo activo y el reset de la bomba en conjunto con la preactivación (retardo en activar las bombas).

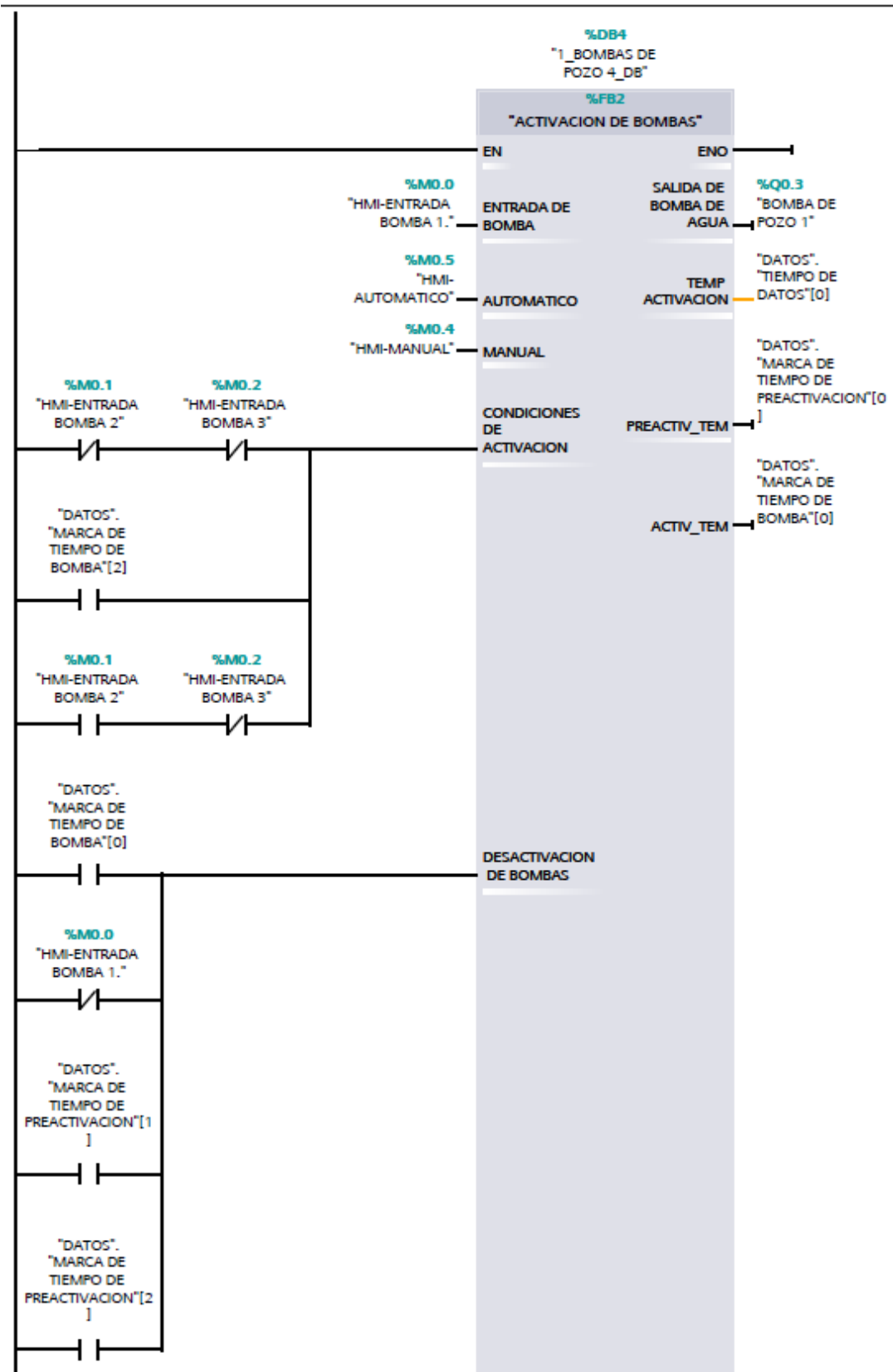


Figura 45. Primera parte de la función "ACTIVACION DE BOMBAS"

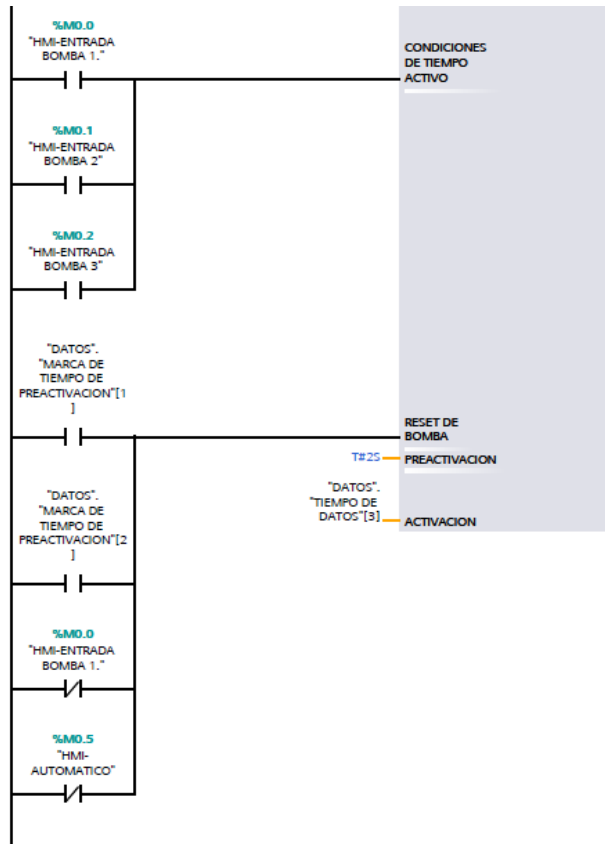
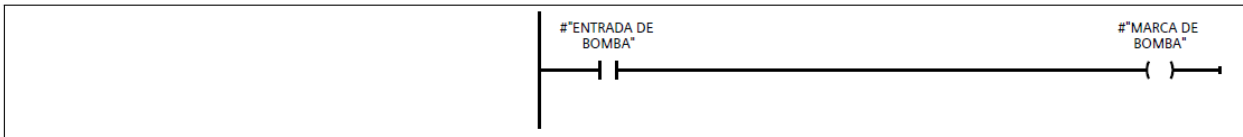


Figura 46. Segunda parte de la función "ACTIVACION DE BOMBAS"

Segmento 1:



Segmento 2:

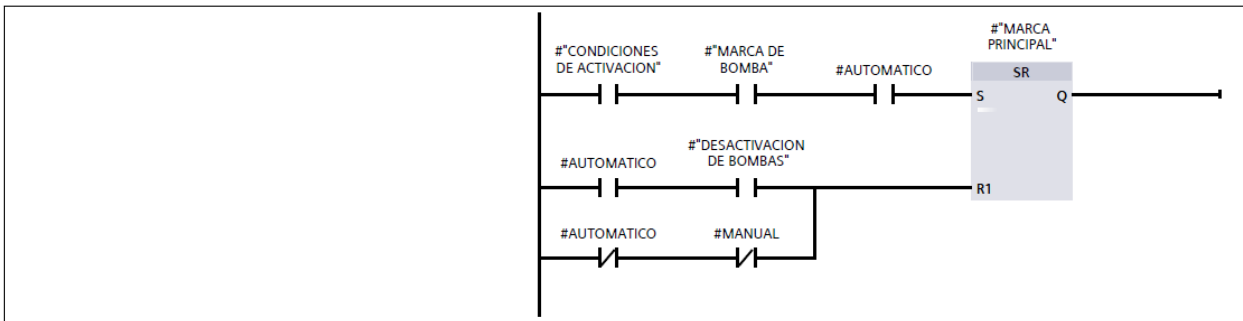
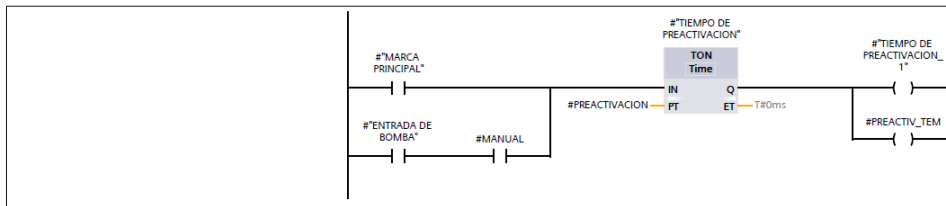
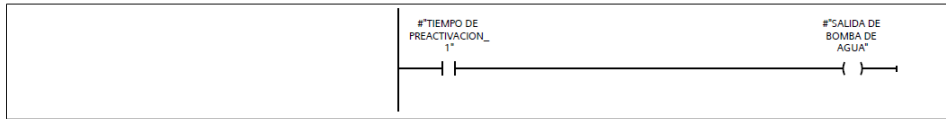


Figura 47. Primera parte de entradas y salidas del bloque de funciones

Segmento 3:



Segmento 4:



Segmento 5:

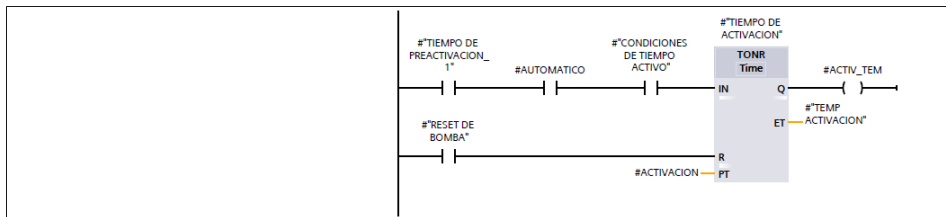


Figura 48. Segunda parte de entradas y salidas del bloque de funciones

Si bien se puede detallar cada elemento utilizado en el bloque de funciones, el objetivo es demostrar que lo empleado funciona; por ello, con la información brindada, se hace la simulación correspondiente.

La Figura 49 muestra que se ha colocado ciertos tiempos de activación a las bombas; con la activación del modo automático y de las tres bombas, empieza a correr el proceso.

Primero, se activa 10 segundos la bomba N°1; transcurrido ese tiempo, arranca la segunda bomba durante 5 segundos y corta (ver Figura 50). Para finalizar, la tercera bomba arranca 6 segundos, para y el ciclo vuelve a comenzar, siempre y cuando esté activado el modo automático (ver Figura 51).

Si uno de los equipos entra en falla, se pasa a modo manual y se trabaja con la otra (u otras) bombas restantes. Por ejemplo, si la tercera bomba queda fuera de servicio, se activan las otras dos (según la necesidad) y la tercera nunca va a arrancar.

A modo de visualización, las bombas trabajando en modo manual tienen el círculo en verde y un tiempo de cero segundos en la ventana de tiempos actuales (ver Figura 52).

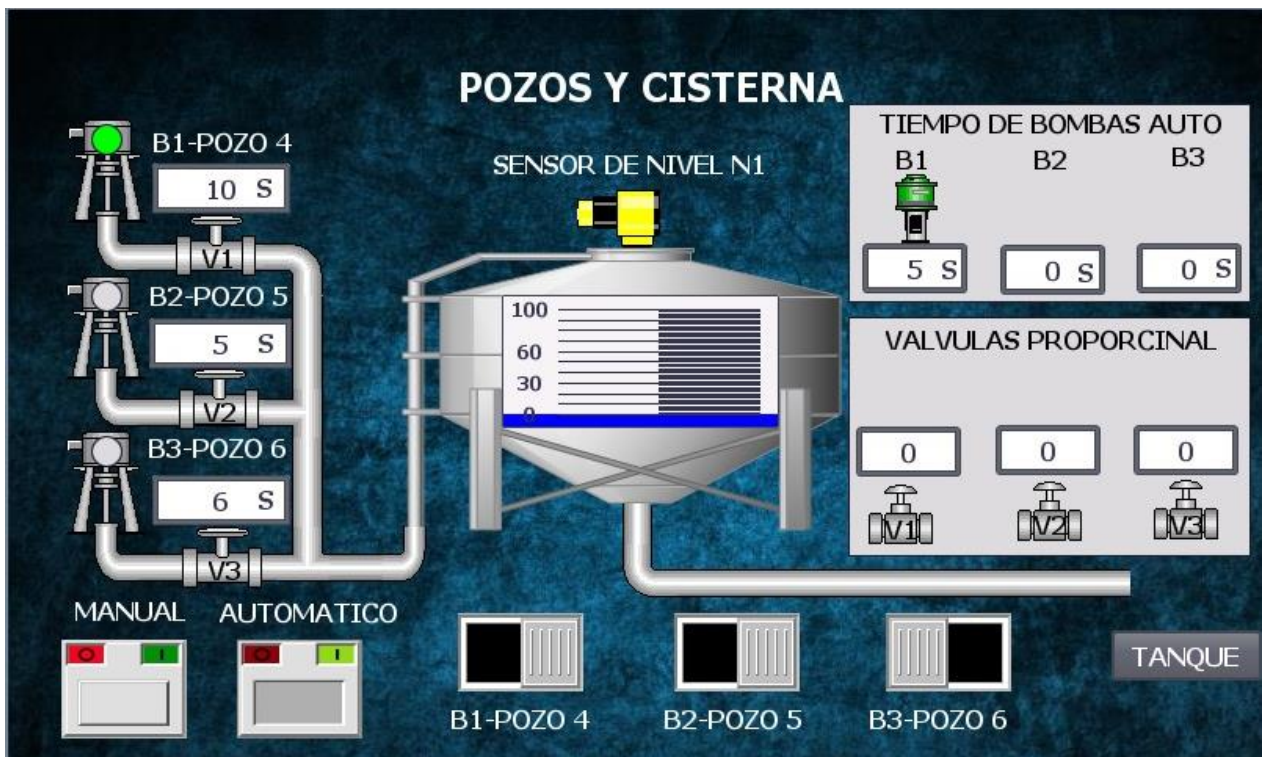


Figura 49. Activación de primera bomba en modo automático

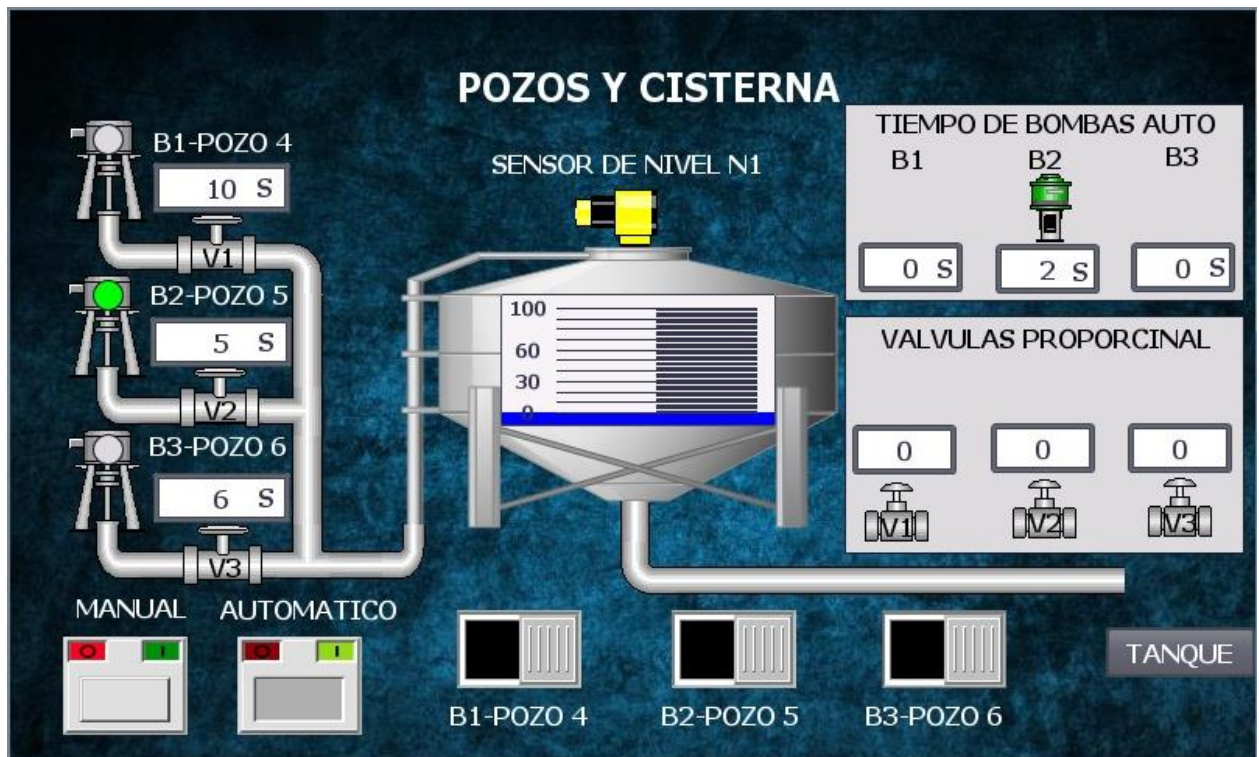


Figura 50. Activación de segunda bomba en modo automático

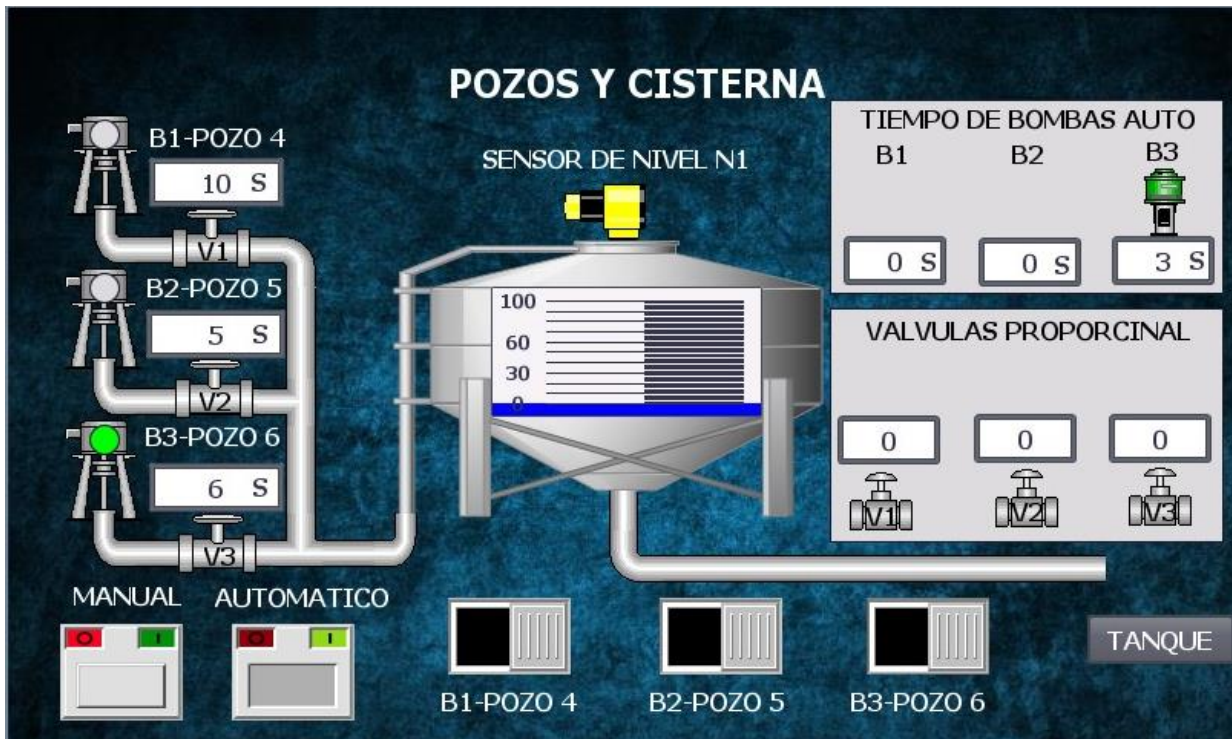


Figura 51. Activación de tercera bomba en modo automático

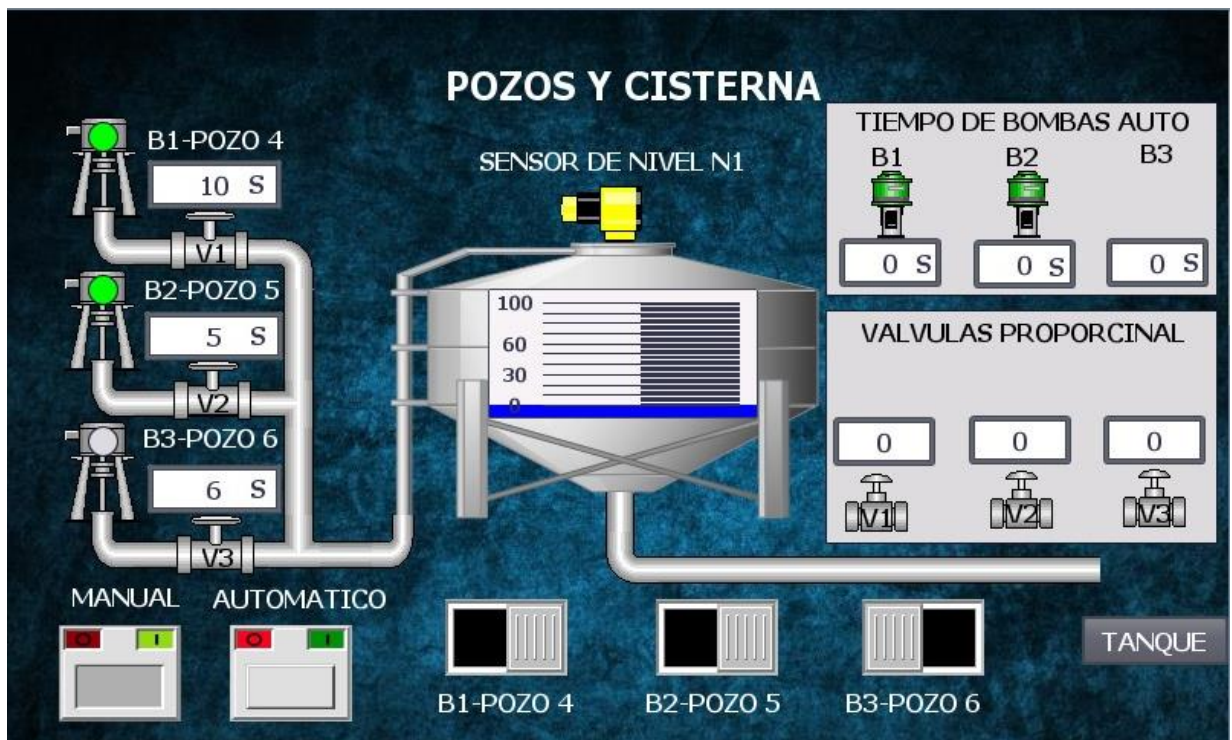


Figura 52. Activación de dos bombas en modo manual

Durante la simulación, los valores de nivel de agua y flujo no cambian ya que no se tiene físicamente conectado un sensor; sin embargo, es posible cambiar su estado (a modo didáctico) si se fuerza la variable dentro del programa.

Para su lectura, basta con utilizar dos funciones de normalizado y escalado (ver Figura 53), como así también pasar el valor de salida a la animación del elemento correspondiente.

Expresado lo anterior, se enuncia que el valor de nivel de agua no toma acción en la activación de las bombas, ya que el personal a cargo del sistema prefiere solamente visualizarlo y tomar acción en base a ello.

Segmento 14: CAUDALIMETROS TANQUE ELEVADO

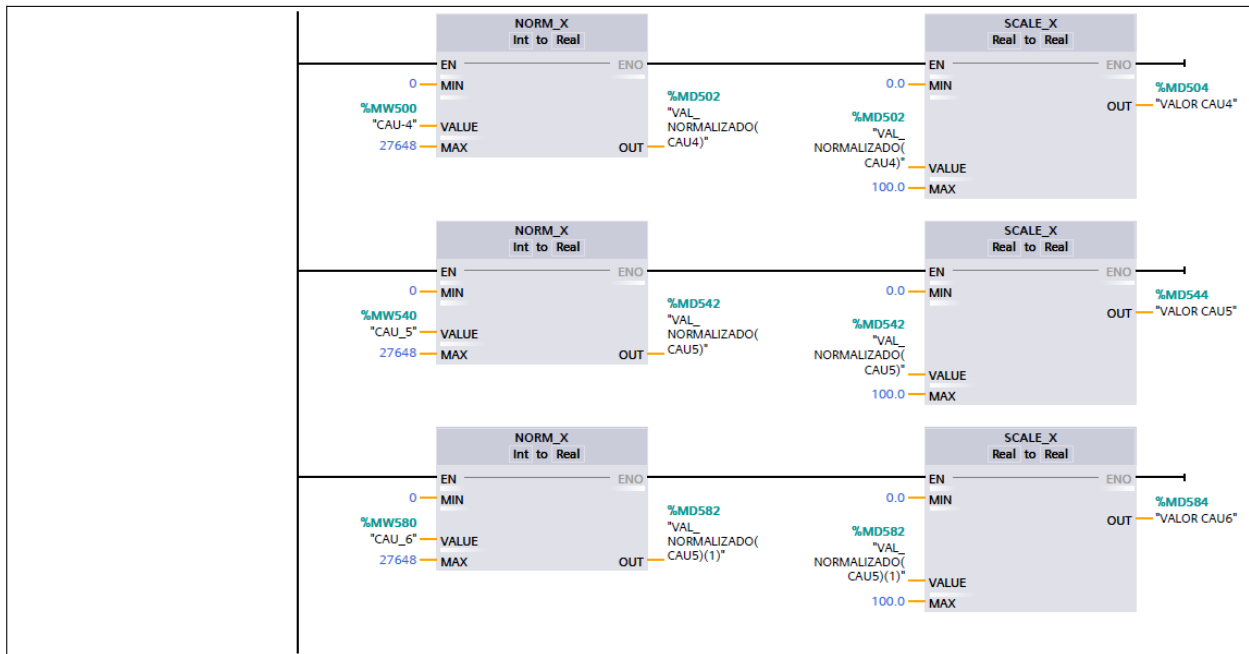


Figura 53. Lectura de caudalímetros de bombas de pozo

### Segunda imagen del HMI

Con respecto al manejo del tanque elevado, se omitió el modo manual, ya que sería de forma análoga al proceso de la primera imagen del HMI, y solo se programó para trabajarlo en modo automático (ver Figura 54).

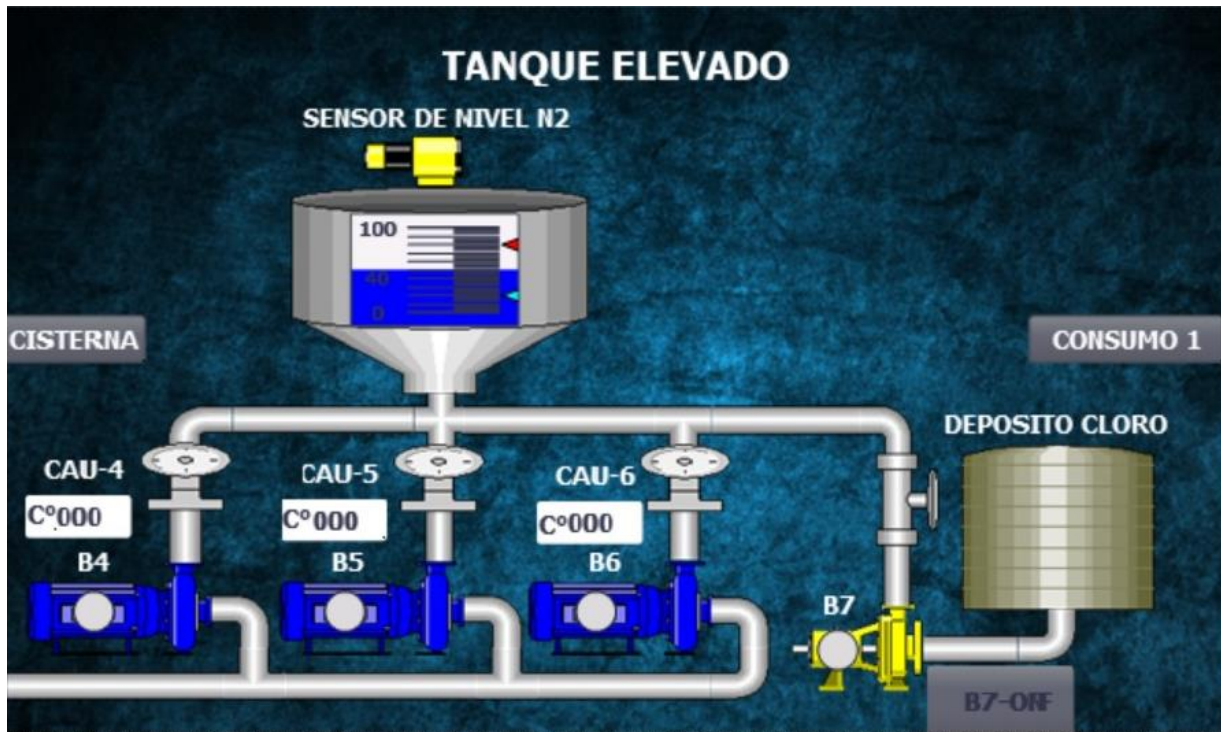


Figura 54. Segunda imagen del HMI

En este caso el nivel del agua toma importancia, ya que, según su valor, activa o desactiva una o varias bombas.

Para tomar la medición del sensor de nivel, se utiliza los bloques de normalizado y escalado, cuya salida entrega la medición en valores de metros (ver Figura 55).

Segmento 5: TANQUE ELEVADO

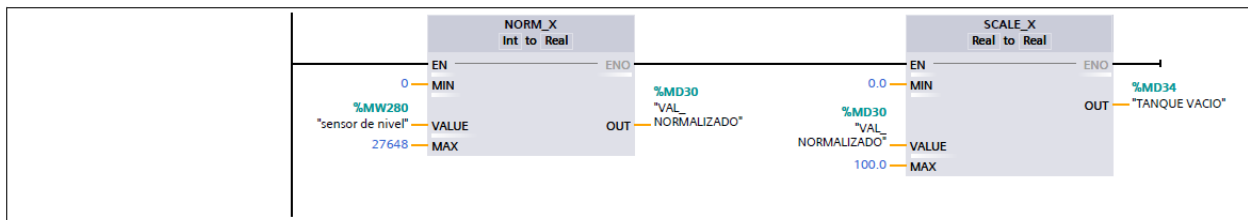
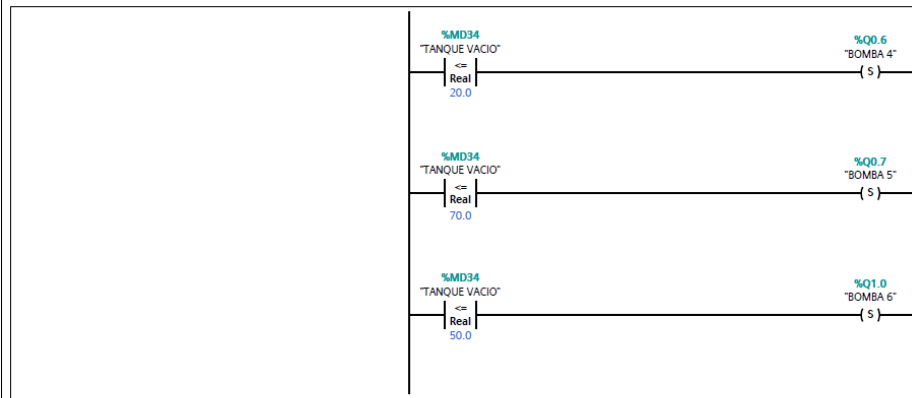


Figura 55. Medición del nivel de agua

Luego, se colocan ciertos porcentajes de referencia para la marcha y parada de las bombas en cuestión, cuyos valores fueron mencionados por el personal de planta (ver Figura 56).

Segmento 6: VALOR MENOR IGUAL TANQUE ELEVADO



Segmento 7: VALOR MAYOR TANQUE ELEVADO

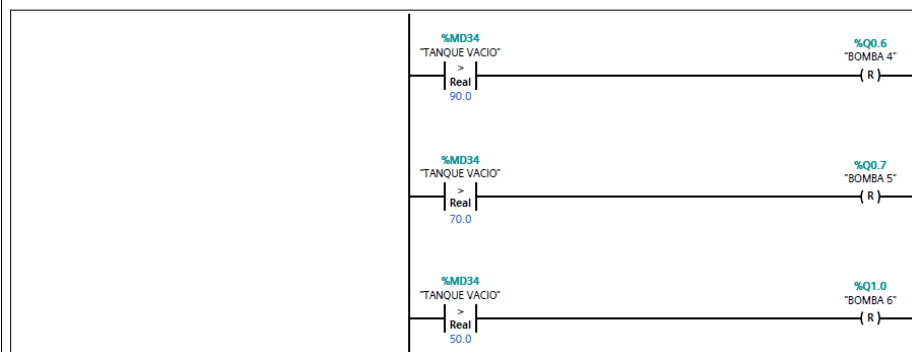


Figura 56. Condiciones de activación de las bombas del tanque elevado

Con toda esta información, se procede a la simulación: en primera instancia ya que el valor del nivel es cero, las tres bombas comienzan a trabajar para llenar el recipiente (ver Figura 57).

Si se introduce un valor de 15000, que normalizado y escalado entrega aproximadamente un 54%, se desactiva la tercera bomba denominada B6 y continúan trabajando las otras dos (ver Figura 58).

Un valor de 20000, 72% aproximadamente, provoca que la segunda bomba denominada B5 también pare y solo quede en marcha la bomba restante (ver Figura 59).

Para finalizar, un valor de 26000 que es equivalente a 94%, deja fuera de servicio las tres bombas (ver Figura 60).

Que las bombas paren luego del 90% no es un porcentaje expresado al azar, sino que un nivel superior a tal valor provocaría (como ha sucedido en varias ocasiones en la vida real) un rebalse del recipiente y afecte a la producción, ya que el tanque se ubica en la parte alta de la planta productiva.

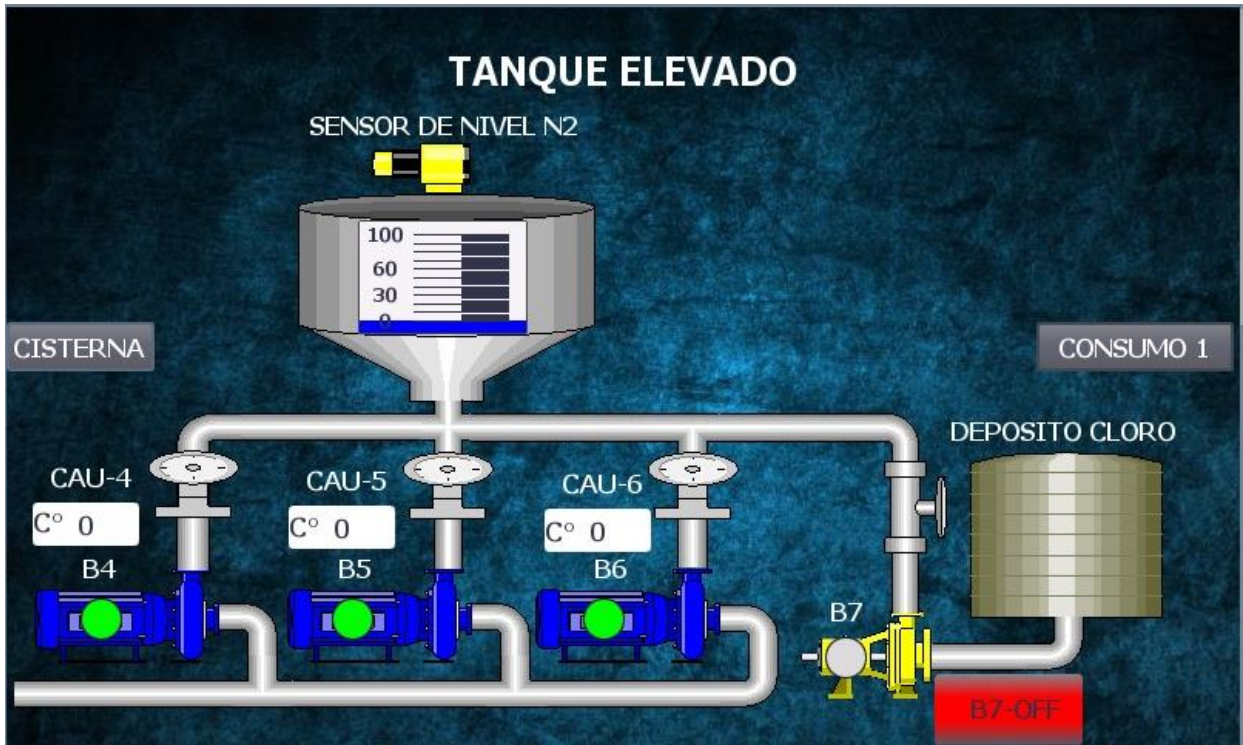


Figura 57. Activación de las tres bombas del tanque elevado

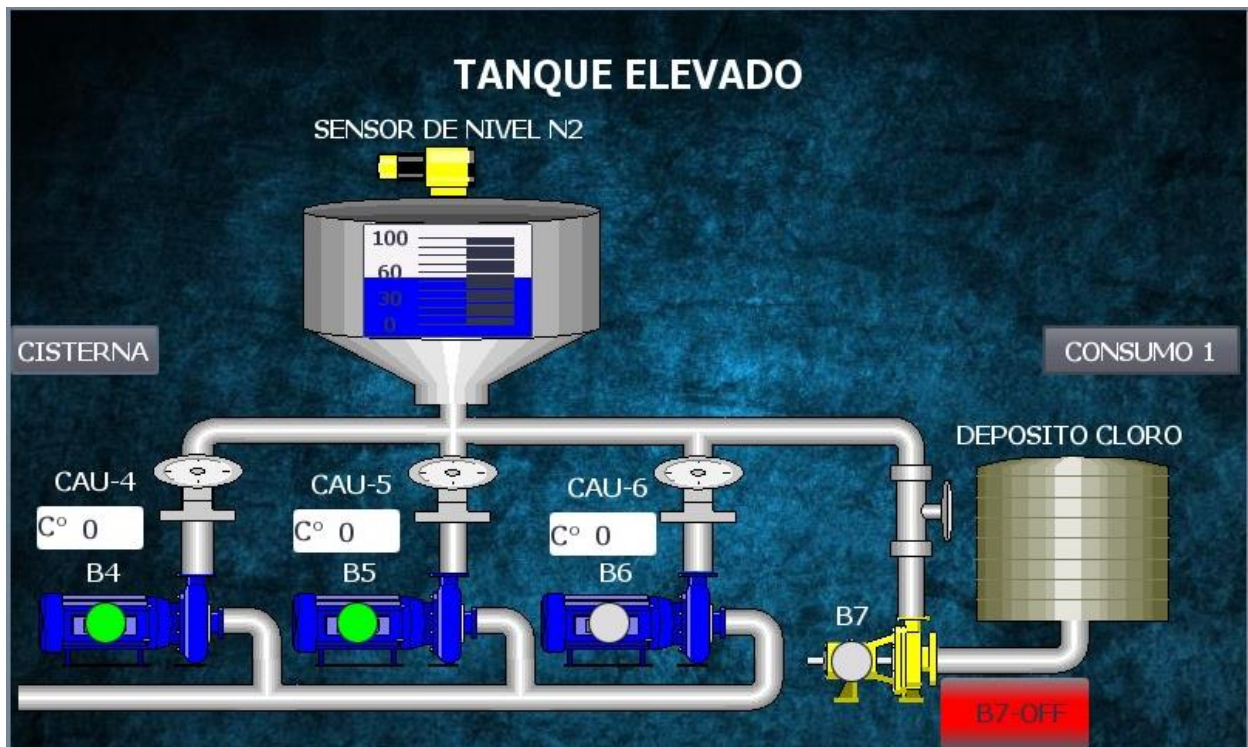


Figura 58. Activación de dos bombas del tanque elevado

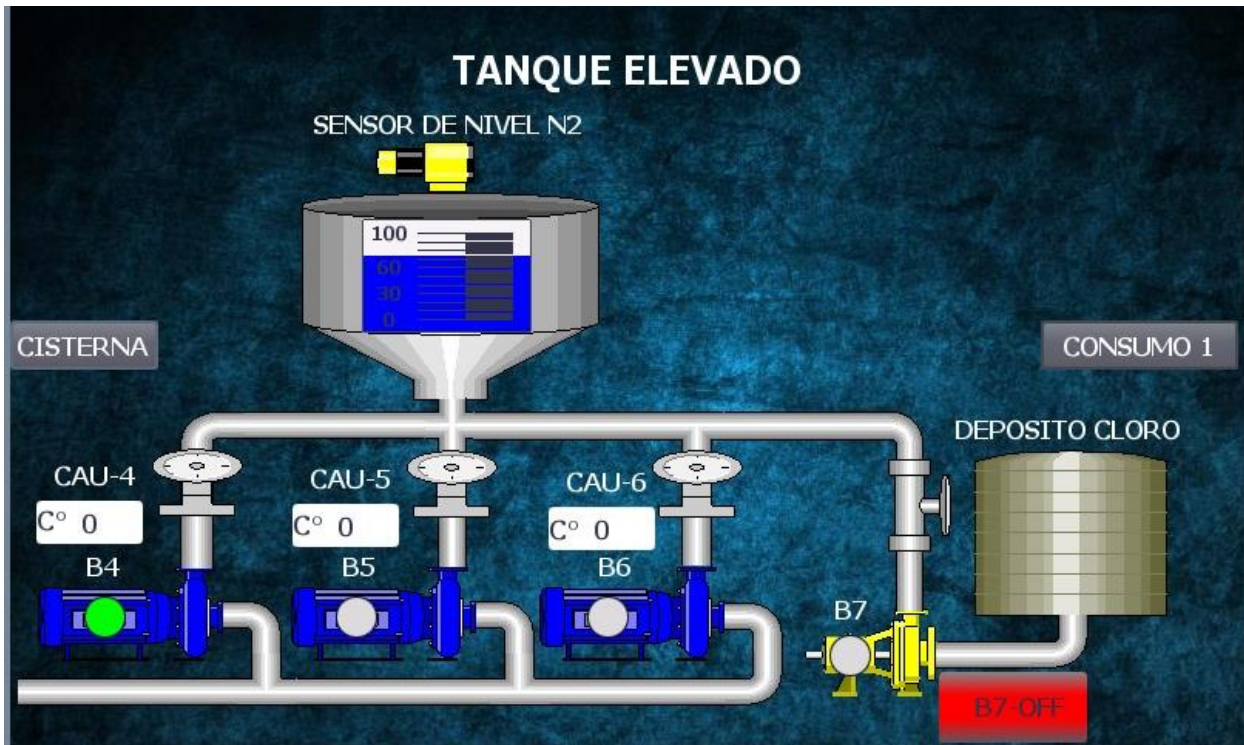


Figura 59. Activación de una sola bomba del tanque elevado

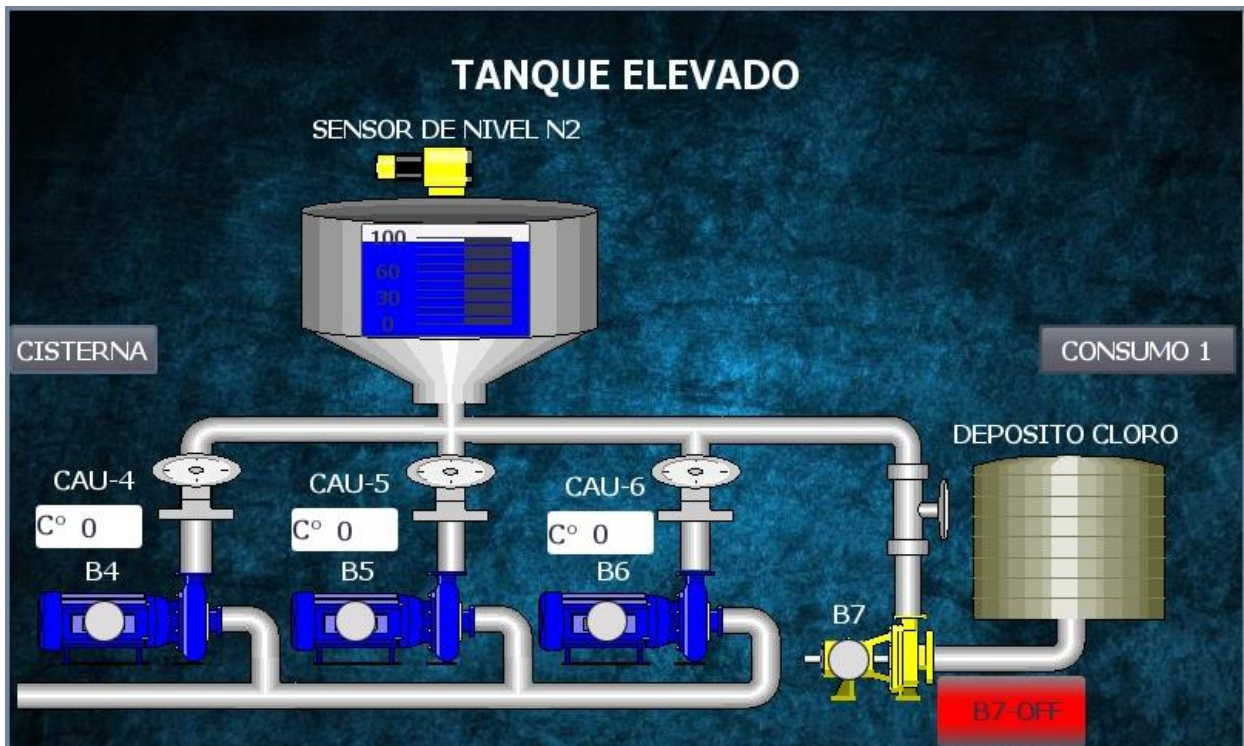


Figura 60. Desactivación de las tres bombas del tanque elevado

Como se expresó en uno de los apartados anteriores, no se puede medir el valor de pH del conjunto agua/cloro en un solo punto, por ello solamente se propone una activación on/off de la bomba de cloro.

### ***Tercera imagen del HMI***

Para automatizar el sistema del agua fría, se generó una imagen del HMI que corresponde a la Figura 61.

A modo de visualizar como podría afectar el valor de caudal el proceso, se relacionó la lectura de los caudalímetros con la apertura y cierre de las válvulas de control (ver Ilustración 62 e ilustración 63).

Al principio de la Figura 62 se encuentra la activación manual de las bombas de abastecimiento, como así también las válvulas de descarga de las piletas y el aporte de del tanque elevado.

Para que las válvulas de control 8, 9 y 10 actúen, que son las que se encuentran a la salida de cada bomba, debe darse la condición de que cada flujo volumétrico alcance (o supere) un determinado valor.

A modo de ejemplo se enuncia lo siguiente: en un primer estado, las tres bombas y las tres válvulas están desactivadas (ver Figura 61). Seguidamente, se prende la bomba de abastecimiento denominada B8 y para que fluya el agua hacia el equipo Baudelot, el caudalímetro tiene que medir un valor mayor al 20%.

Lo que figura en la Figura 62 es una válvula de control, denominada válvula 8, activada por el sensor de caudal (denominado caudalímetro 8) ya que supero el valor nominal, que en el caso para la simulación es del 36%.

De forma análoga, se repite el procedimiento para las otras tres válvulas que están solidarias a las cañerías de las bombas; en el caso de las otras válvulas de control, su activación/desactivación se hace por medio de la interacción con el HMI.

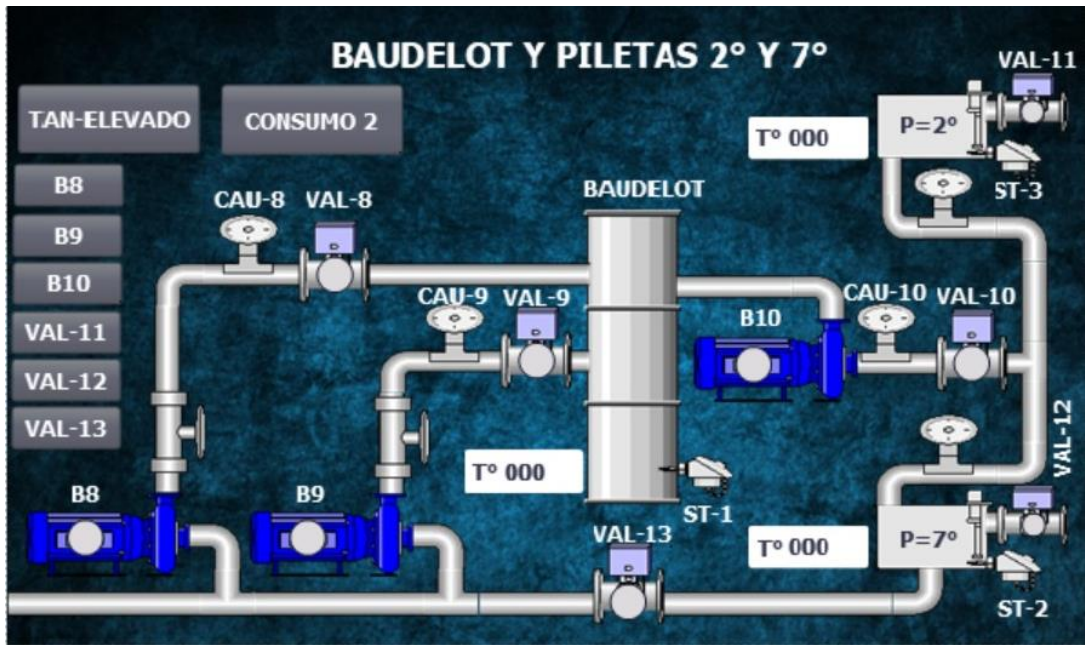


Figura 61. Tercera imagen del HMI

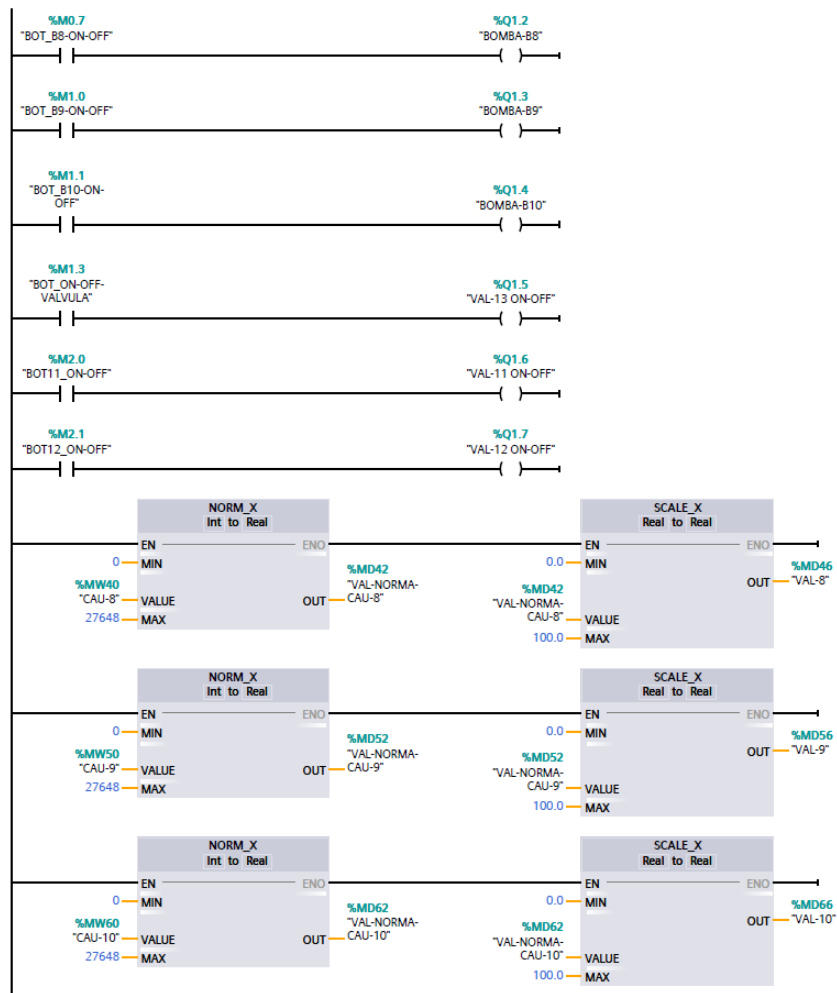


Figura 62. Botones de HMI y lectura de caudalímetros

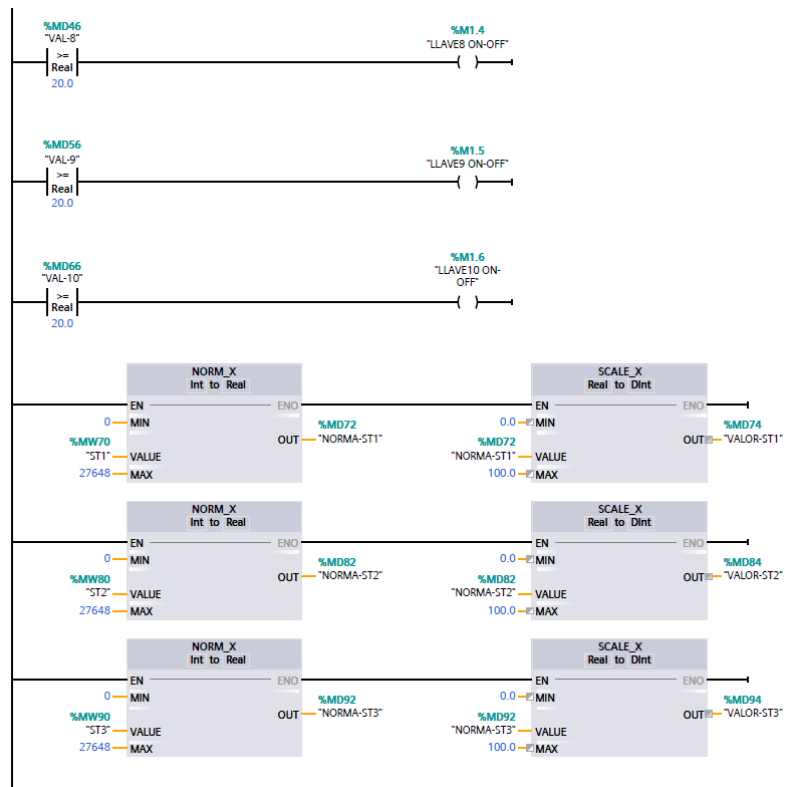


Figura 63. Activación/desactivación de válvulas de control y lectura de temperaturas

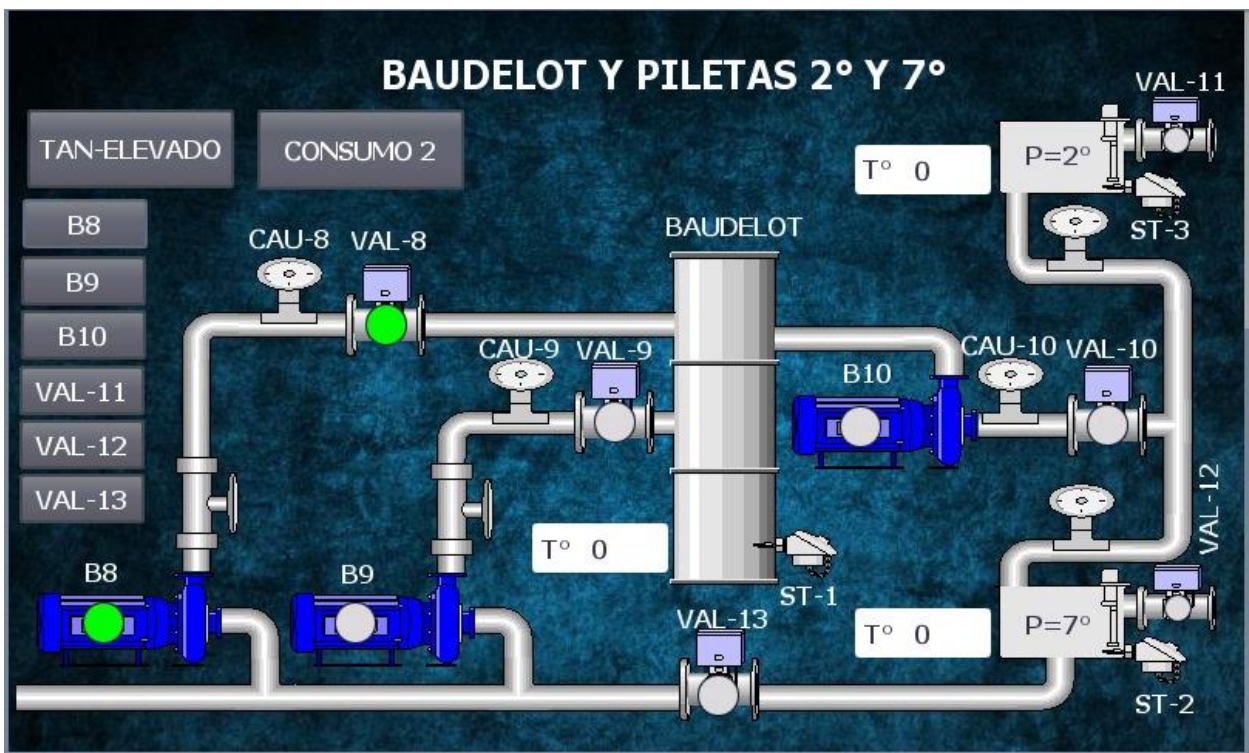


Figura 64. Activación de una bomba y su válvula de control

**Cuarta y quinta imagen del HMI**

De acuerdo a lo descrito en los diagramas de proceso N°5 y N°6, la operatoria sigue siendo de forma manual, ya que se está trabajando con aparatos sometidos a presión.

Lo único que se consigue con la adición de los elementos de medición (caudalímetros y sensores de temperatura) y actuación (válvulas de control) es la lectura de las magnitudes físicas, y la activación a distancia de las bombas mediante los actuadores.

Ya que la forma en que trabaja el sistema automatizado es similar a las anteriores imágenes del HMI, en este apartado solo se ilustran las mismas, ya que su proceso fue descrito en el capítulo 1 (ver Figura 65 y Figura 66).

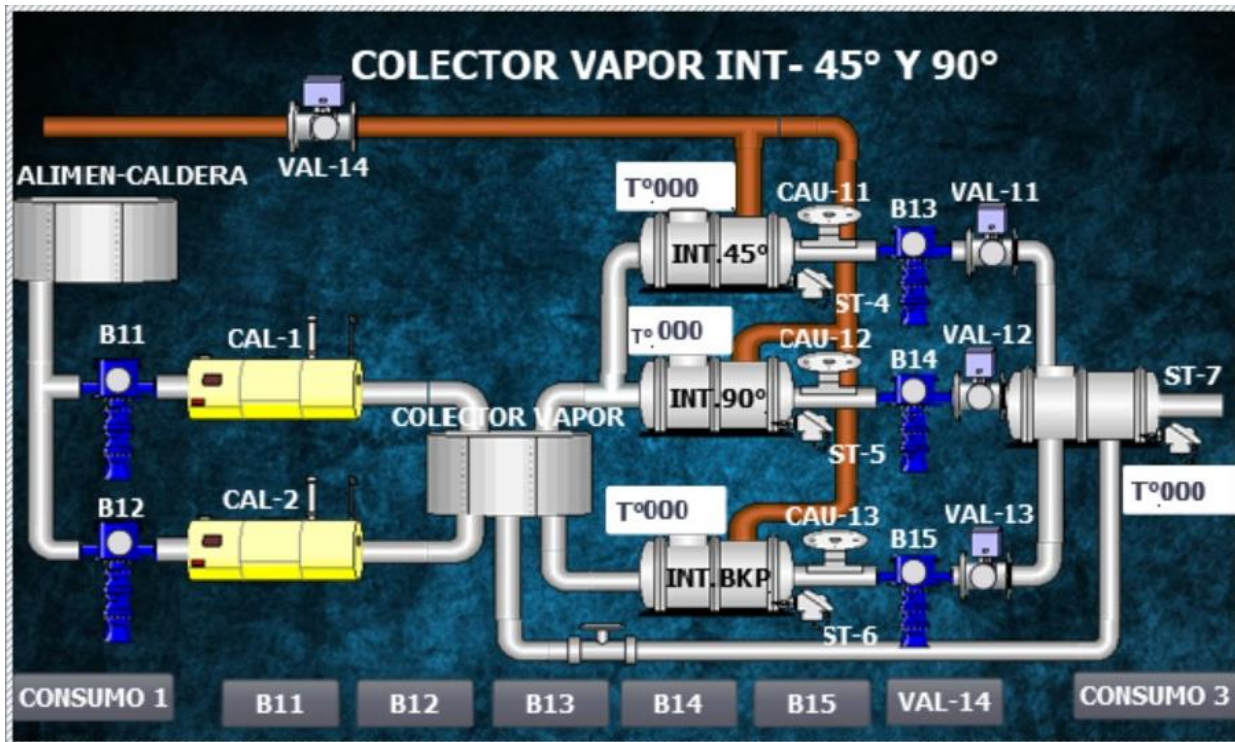


Figura 65. Cuarta imagen del HMI



Figura 66. Quinta imagen del HMI

### ***Sexta imagen del HMI***

Para el caso del sector de corrales y la manga de inspección (ver Figura 67), se tomó como ejemplo la tercera imagen del HMI.

Las válvulas de control son actuadas cuando el caudal sentido es superior al valor nominal, y las bombas arrancan o paran de acuerdo a la necesidad del operador.

Las instrucciones para este proceso se encuentran en la Figura 68.



Figura 67. Sexta imagen del HMI

Segmento 12: CORRALES

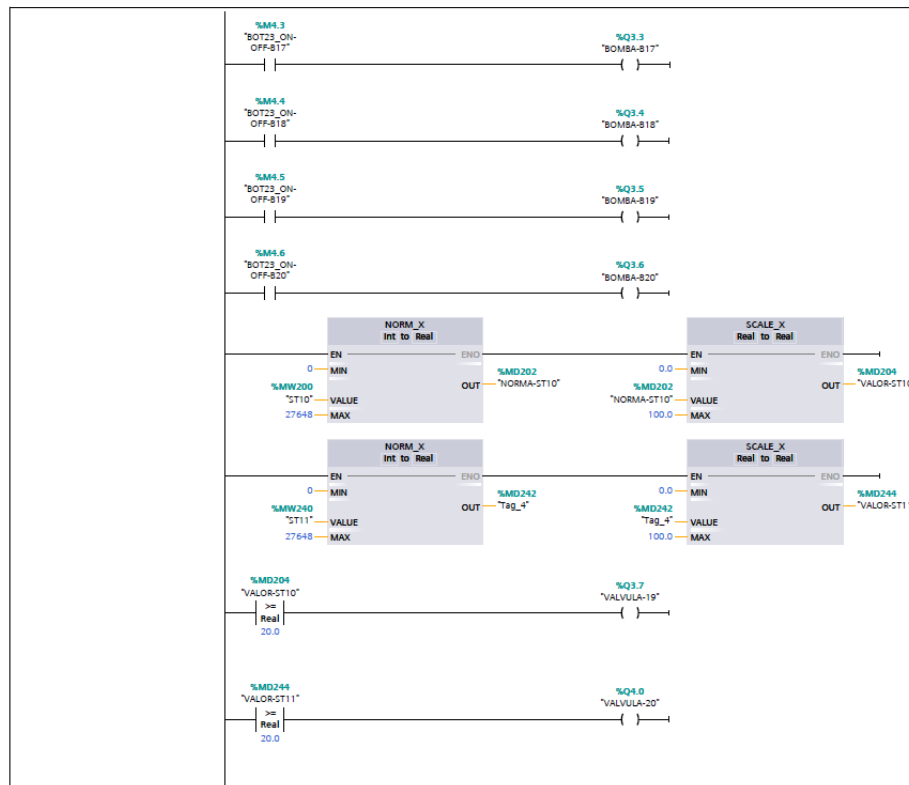


Figura 68. Activación de bombas y condición de apertura de válvulas

## CAPITULO 3: Estudio de tiempos

En lo que se refiere a entorno industrial, hablar de tiempos es crucial, ya que responde en parte a la habilidad que tiene el profesional para proyectar a futuro diseños cuya información en primera instancia se encuentra en lápiz y papel.

Para poder implementar la mejora en cuestión, se ejecutó un diagrama de tiempos (ver Tabla 1), es decir, cuanto se demoraría en tener funcionando al 100% la mejora planteada.

Tabla 1. Diagrama de tiempos

<b>Diagrama de tiempos</b>		
Adquisición de materiales	Cableado y posicionamiento de sensores/actuadores	Pruebas
Uno a dos meses	Dos a tres meses	Una semana por cada proceso

Si la gerencia de planta da el visto bueno para llevar a cabo la implementación, se parte por adquirir los materiales necesarios. En este punto, no solo se cuenta con los objetos “de mayor relevancia” como el PLC, HMI, sensores, entre otros, sino también las cañerías para adicionar a los ramales principales en caso de avería de los elementos de automatización, las válvulas de apertura/cierre manuales, contactos, cables y demás.

A continuación, se tiene que designar el lugar donde va a estar montado el PLC, que en planta es donde se ubican los operadores de sala de máquinas, y hacer el cableado correspondiente de cada sensor como así también su correcta ubicación. En esta parte, de forma paralela se construyen los diagramas eléctricos en conjunto con el personal de instrumentación, que es un grupo de dos personas que tienen experiencia laboral.

Se destaca este último punto, ya que no se requiere personal externo a la fábrica para desarrollar e implementar la automatización en cuestión; sin embargo, debido a que de lunes a viernes es prácticamente imposible avanzar con la mejora planteada dada la producción, solo se puede disponer de tiempo los fines de semana.

Por último, una vez finalizada las dos etapas anteriores, se prosigue con las pruebas.

Aquí, hay que tener suma delicadeza y el aporte de varias personas del personal de planta, ya que un fallo en la automatización puede provocar contratiempos en la producción.

Para que cada diagrama de proceso con su correspondiente automatización quede operando en perfectas condiciones, debe llevarse a cabo pruebas durante toda una semana por cada proceso descripto.

## CAPITULO 4: Análisis de costos

Llevar a cabo esta mejora implica una inversión importante, y una desventaja que posee es que no puede calcularse una amortización de tal automatización ya que el cliente no permite difundir cuanto es lo que actualmente está consumiendo de agua, como así también su equivalente en dinero.

Sin embargo, se plantea un listado (ver Tabla 2) en el cual figuran los elementos que mayor valor poseen, a modo de referencia para tener una noción casi exacta de cuanto valdría implementar la mejora en cuestión.

Tabla 2. Cálculo económico de mejora

<b>PRESUPUESTO DE MEJORA</b>			
RECURSO	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
CPU PLC S7 1500	6ES7515-2AN03-0AB0	16380	16380
FUENTE 24 VCC	6ES7505-0RA00-0AB0	1183	1183
MODULO DE 8 ENTRADAS ANALÓGICAS	6ES7531-7KF00-0AB0	670	2010
MODULO DE 16 SALIDAS DIGITALES	6ES7522-1BL10-0AA0	500	500
PANTALLA HMI	6AV2123-2GB03-0AX0	870	870
LICENCIA TIA PORTAL V16 PROFESSIONAL		2000	2000
SWITCH INDUSTRIAL	6GK5108-0BA00-2AC2	400	400
PERFIL DE MONTAJE	6ES7591-A1E80-0AA0	10 (POR METRO)	10
BOBINA DE CABLE SUBTERRANEO	3X1,5 MM2	234 (CADA BOBINA)	468
TABLERO GALVANIZADO 540X360X171	540X360X171 MM	267	267
CAUDALÍMETRO 6"	BOMBAS DE POZO	667	2001
SENSOR DE NIVEL	0 A 12 MTS	334	668
CAUDALÍMETRO 4"	BOMBAS DE TANQUE ELEVADO	534	1068
CAUDALÍMETRO 2"	PILETAS DE 2°C Y 7°C	267	534
SENSOR DE TEMPERATURA	PT100	200	1600
CAUDALÍMETRO 3"	INTERCAMBIADORES, CORRALES, MANGA DE INSPECCION	400	2000
VALVULA DE CONTROL 3"	INTERCAMBIADORES, CORRALES, MANGA DE INSPECCION, SALIDAS BOMBAS DE ALIMENTACION DE BAUDELLOT Y TANQUE ELEVADO	467	3736
VALVULA DE CONTROL 1 1/2"	LAVAMANOS, ESTERILIZADOR Y BOMBA DE LIMPIEZA	250	1000
VALVULA DE CONTROL 1"	DESAGOTE PILETAS	200	400

Un total de 37095 USD, con una conversión actual de 1500 ARS, es lo aproximadamente necesario para implementar la mejora en planta.

Para determinar cuánto vale cada material, se habló con diferentes proveedores (GENEBRE, SIEMENS, ABB, entre otros) para tener de referencia un valor exacto en el momento que se detalla la mejora en cuestión.

En este presupuesto, no está incluido las horas extras generadas por el personal de planta, ni tampoco elementos pequeños como protecciones, contactos, entre otros, ya que tales recursos se descuentan del presupuesto de mantenimiento (avalado por el jefe de mantenimiento).

Si se agregan tales horas extras al presupuesto, se estima un total de 350 USD, ya que se contemplan seis horas de sábado y domingo, en cuatro fines de semana.

Para finalizar con el cálculo, se propone agregar un 5% (es decir, 1855 USD) a modo de amortizar las fluctuaciones del dólar.

## **CAPITULO 5: Conclusiones**

Con todos el análisis del sistema de agua que posee el cliente actualmente, más el desarrollo de la mejora que a través de la simulación se demostró que las instrucciones responden a lo que el desarrollador y el personal de planta propuso como técnica de automatización, los dos puntos mencionados darían lugar a que se haga un consumo controlado y más eficiente que el que se está llevando al cabo en el día de hoy.

Si bien todo lo descrito en los anteriores capítulos es algo que solamente responde a la teoría de la mejora, el desarrollo plasma lo aprendido por el alumno, adoptando criterios tanto técnicos como personales, para que cuando se presente este proyecto a la alta dirección, no quede duda alguna de los elementos esenciales que condicen a la mejora en cuestión.

### ***Recomendaciones***

Poco se conoce de la industria frigorífica a nivel de automatización, por ello, todo lo mencionado en el desarrollo de la mejora fue pensado a través del día a día de la producción.

Como se detalló al principio del capítulo 2, existen ciertas partes del código que se repite, y que, para evitar reiteraciones de instrucciones, se hizo caso omiso a las mismas y se expresó que se tomó como referencia los otros diagramas de proceso.

Para tener el programa completamente detallado, es necesario escribir las líneas de código restantes y recién en ese punto comenzar con las distintas pruebas a nivel físico.

Los valores de referencia que se colocaron en los distintos bloques del software fueron tentativos, para tener aquellos certeros debe tenerse presente cada hoja de datos de cada material, y volcar sus características mecánicas/eléctricas tanto en la puesta en marcha del PLC como la física.

Las técnicas de automatización, como por ejemplo la marcha de una bomba de acuerdo al valor de un sensor, es un ejemplo por excelencia de como se lleva a cabo las operaciones de causa/consecuencia; sin embargo, se puede utilizar otras más avanzadas al involucrar dispositivos de mayor complejidad (como, por ejemplo, una válvula proporcional).

Si la empresa decidiera tomar estas recomendaciones en conjunto con la mejora planteada, le permitirá a la misma tener un impacto muy grande en cuanto al medio ambiente (ahorro de agua) como así también la disminución de tiempo muertos entre las distintas operaciones y el costo asociado a las mismas.

## ***Trabajos futuros***

Los sectores detallados en el capítulo 1, que son los más trascendentes en cuanto a consumo de agua, no son los únicos que involucran un gran movimiento del líquido en cuestión.

Un trabajo a futuro es hacer extensión de la automatización a los diferentes sectores que la alta dirección considere relevante, como, por ejemplo, el uso del agua en el lavadero de camiones, que hoy en día el personal externo utiliza el fluido de manera descontrolada (ver Figura 69 y Figura 70), y el sector de efluentes que requiere agua en ciertos tiempos y en ciertos volúmenes para que la materia sólida sea arrastrada a distintos puntos de la zona (ver Figura 71).



Figura 69. Sector lavadero de camiones



Figura 70. Bomba de agua utilizada para lavar los camiones

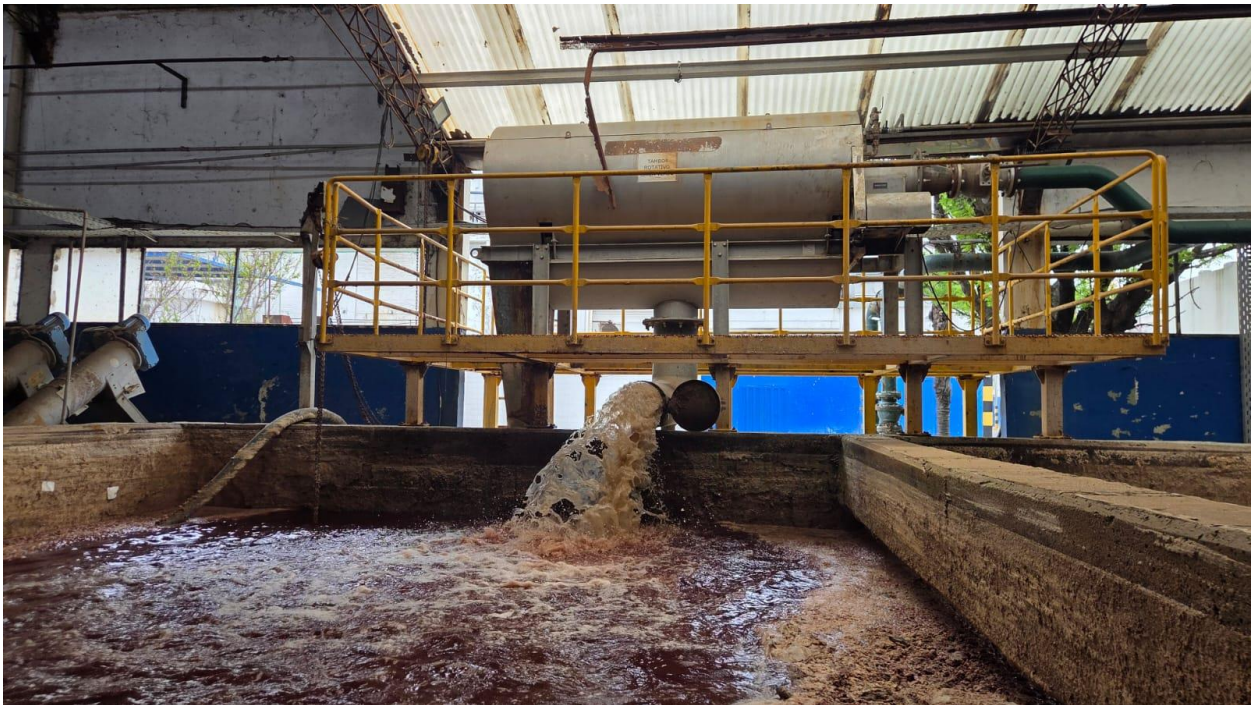


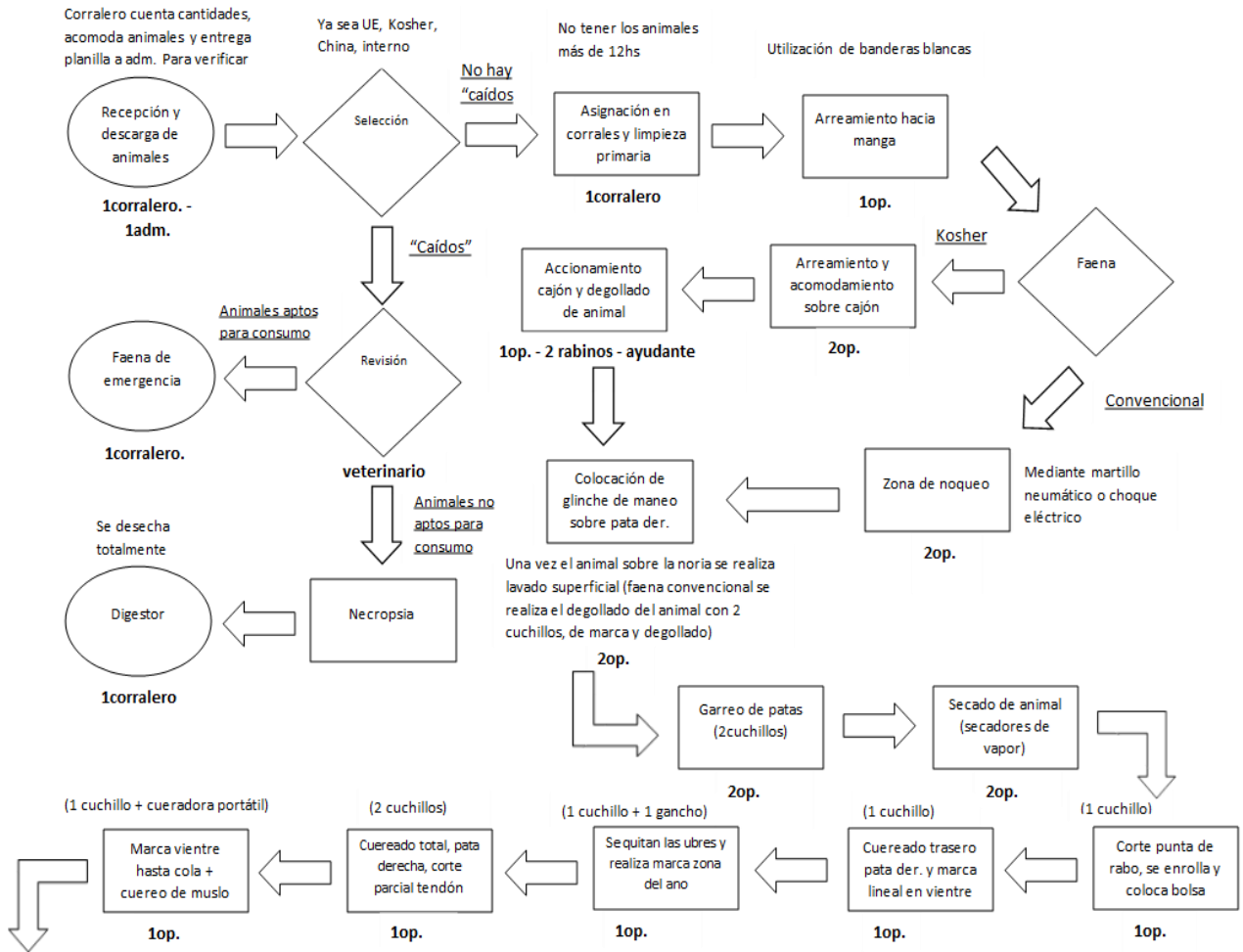
Figura 71. Sector de efluentes

## Referencias Bibliográficas

- [1] AGUASRESIDUALES.INFO, «La industria alimentaria absorbe el 70% del consumo mundial de agua», 3 de Junio de 2019. <https://acortar.link/KhMACz>
- [2] GENEMCO, «¡Explicación de los enfriadores de placas industriales!», 2 de Enero de 2024. <https://acortar.link/ysPWKc>
- [3] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, «Código de Prácticas de Higiene para Frigoríficos y Establecimientos Elaboradores de Carne», 2 de Junio de 2006. <https://acortar.link/mmJMQ5>
- [4] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, «Resúmenes de Salud Pública – Cloro (Chlorine)», 6 de Mayo de 2016. <https://acortar.link/Kjt6X8>
- [5] E. Mandado Pérez, J. Celso Fernández Silva y otros, «Sistemas de automatización y autómatas programables», 3a Edición México, Alfaomega, 2018.
- [6] L. Peciña Belmonte, «Programación de controladores avanzados SIMATIC S7 1500 con TIA PORTAL AWL y SCL», 2a Edición México, Alfaomega, 2019.
- [7] INTI, «Protocolo para la Certificación de Operadores de Calderas Industriales Nivel I», 18 de Junio de 2025, <https://surl.li/jcdoqw>

# ANEXOS

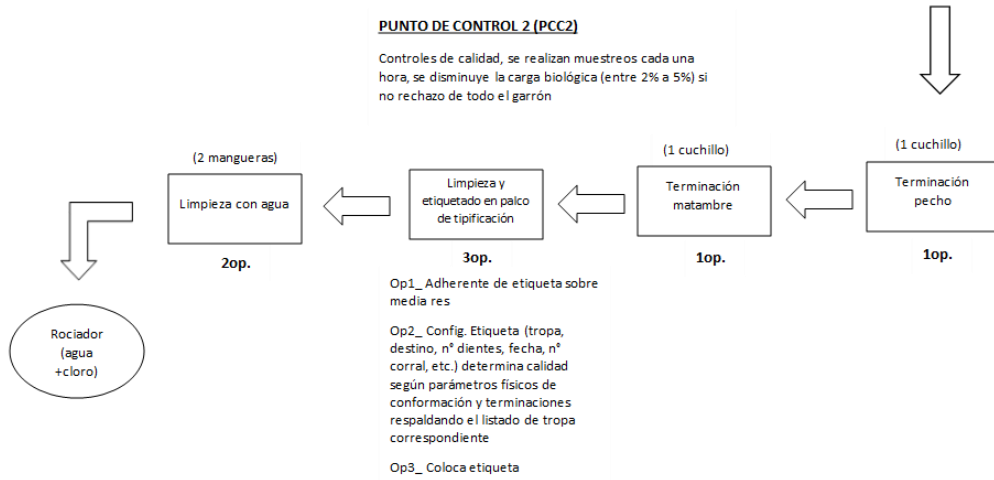
# Anexo I: Proceso productivo del ciclo 1





**PUNTO DE CONTROL 2 (PCC2)**

Controles de calidad, se realizan muestreos cada una hora, se disminuye la carga biológica (entre 2% a 5%) si no rechazo de todo el garrón



**REFERENCIAS:**

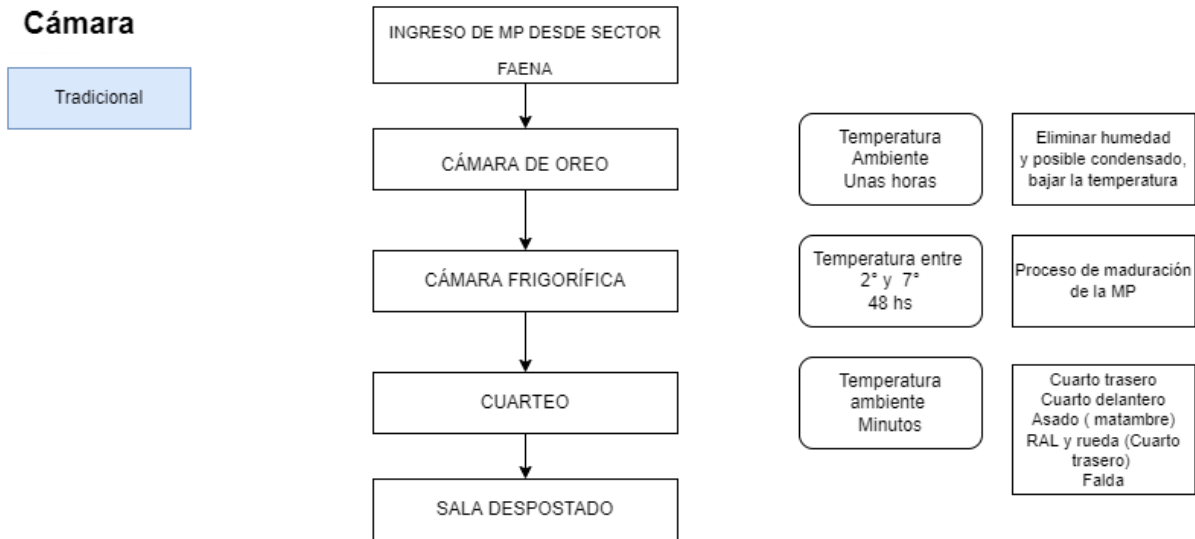
⊗ Nexo mediante tubo a rendering

⊕ Nexo mediante tubo a menudencias

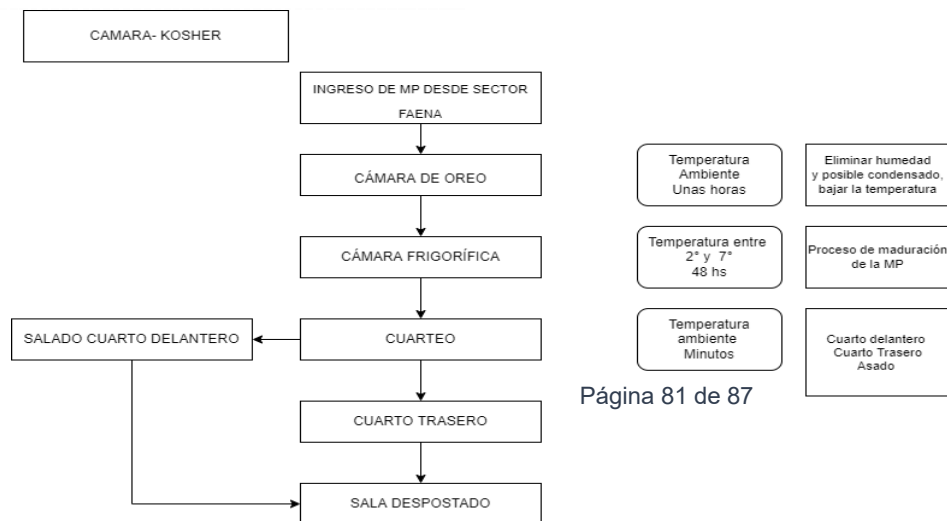
**Mano de obra indirecta**

- Limpieza (casco amarillo): 2 personas
- Control de calidad (casco naranja): 2 personas
- SENASA (casco verde): 1 persona
- Mantenimiento (casco azul): 3 personas
- Brigadistas (casco rojo): 2 personas

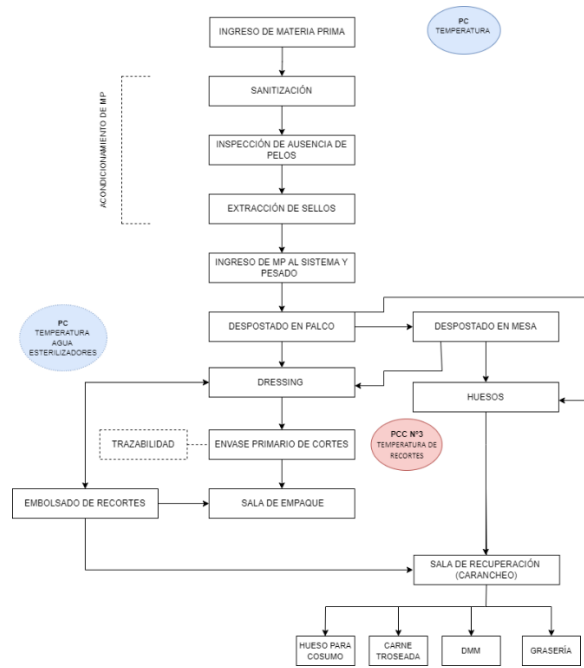
## Anexo II: Proceso productivo del ciclo 2



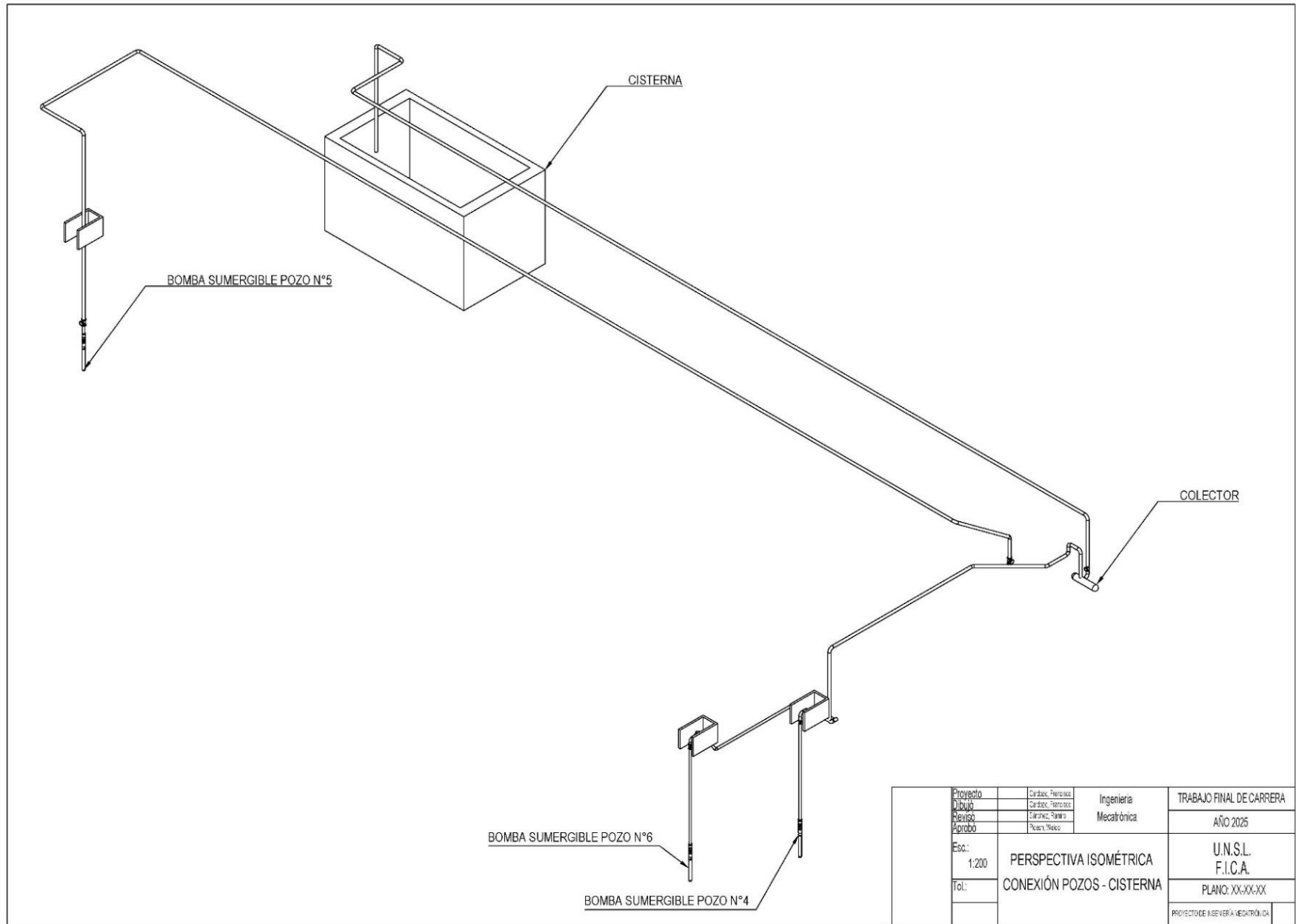
Los cuartos traseros y delanteros se despostan para exportación en su gran mayoría. El asado es uno de los cortes prohibidos si no va para consumo interno se deshuesa y se charquea, es decir, va como recorte. El cuarto trasero se puede dividir en RAL y rueda. El RAL esta compuesto por el bife angosto, cuadril y lomo, Mientras que la rueda es el resto del cuarto trasero. La rueda se utiliza para consumo interno y no pasa por la sala de despostada. El RAL si se desosa.



Página 81 de 87

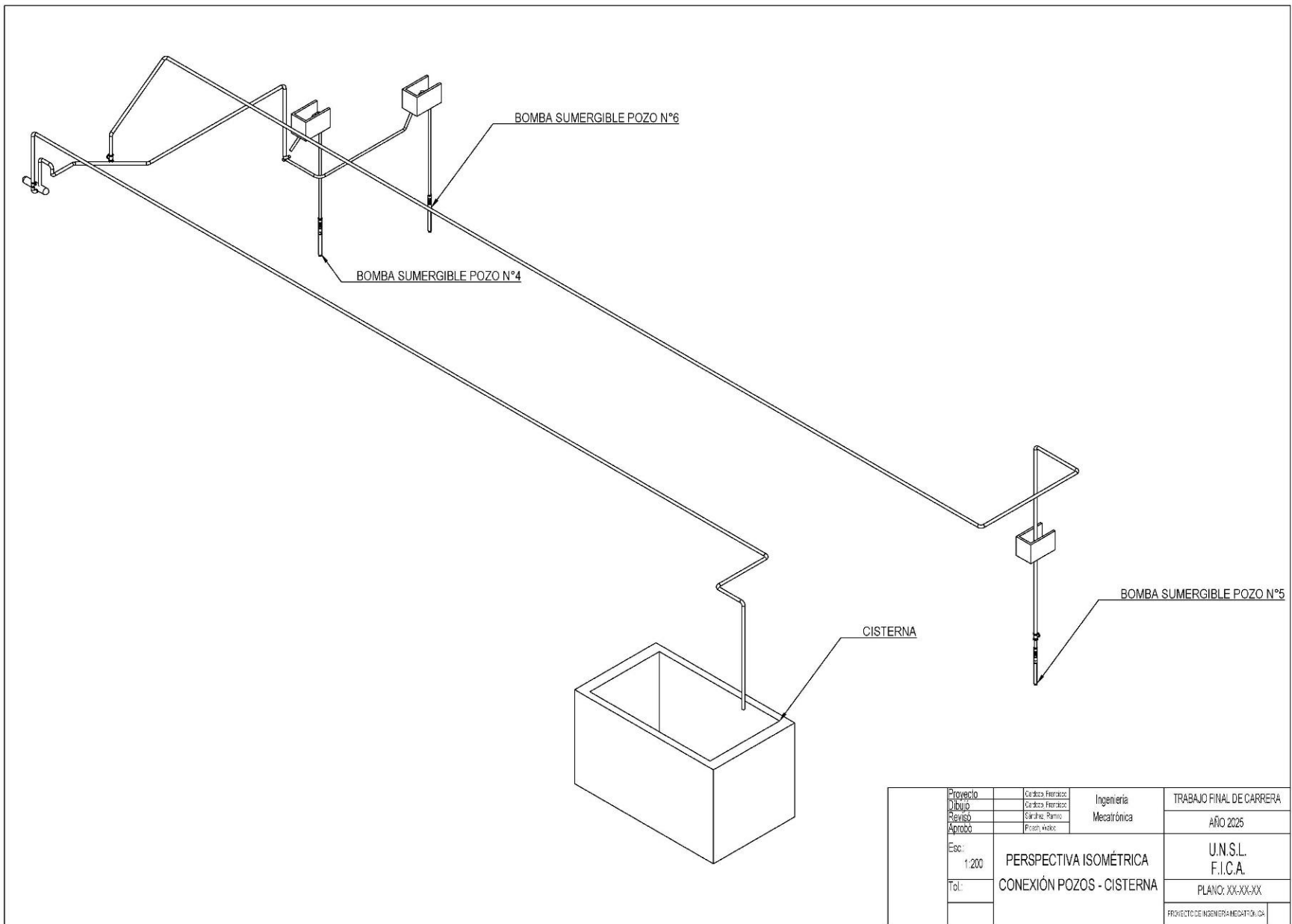


### Anexo III: Perspectiva isométrica de conexión pozos-cisterna



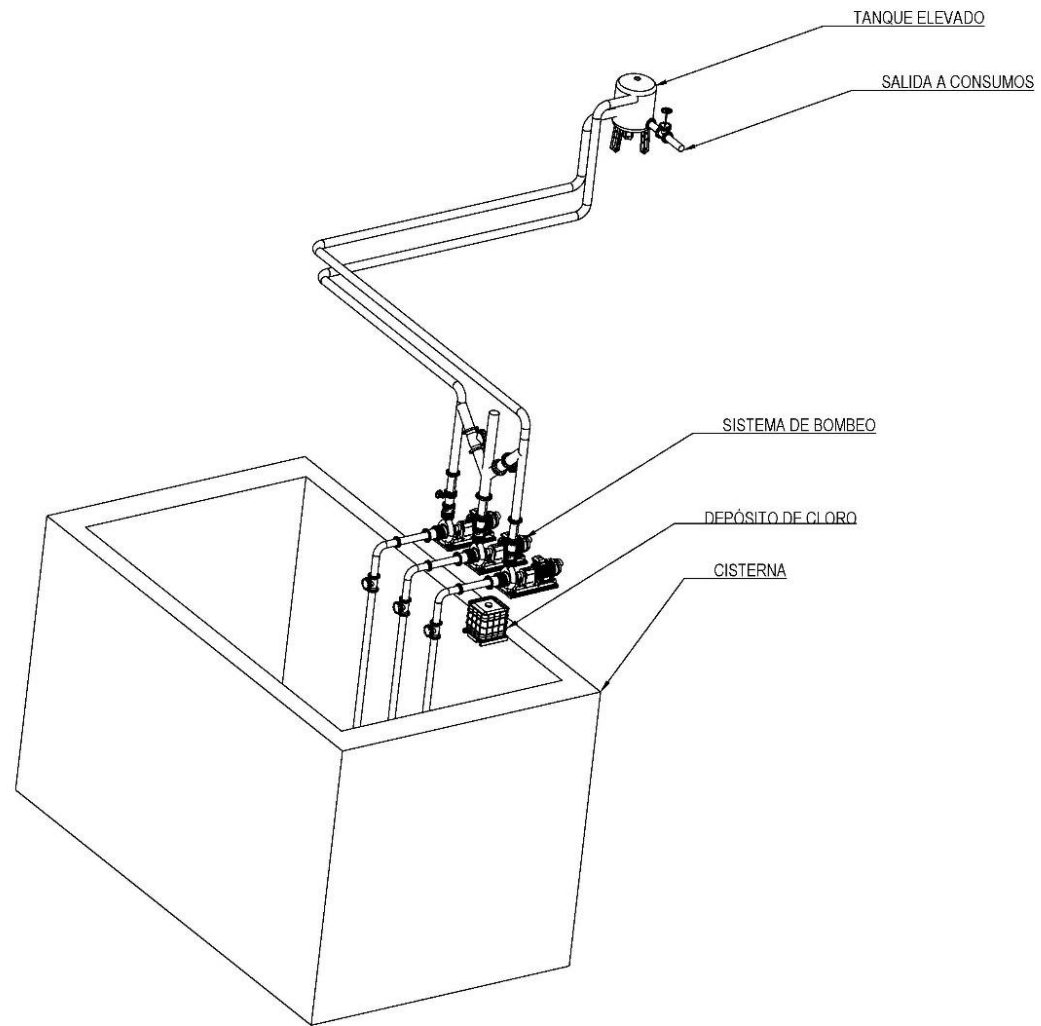
Proyecto	Cardoso, Fernando	Ingeniería	TRABAJO FINAL DE CARRERA
Diseño	Cardoso, Fernando	Mecatrónica	AÑO 2026
Revisó	Cardoso, Fernando		
Aprobó	Pedraza, Marco		
Escala:	1:200	PERSPECTIVA ISOMÉTRICA	U.N.S.L. F.I.C.A.
Título:		CONEXIÓN POZOS - CISTERNA	PLANO: XX-XX-XX
			PROFECTORES: INGENIERÍA MECATRÓNICA

# Anexo IV: Perspectiva isométrica de conexión pozos-cisterna



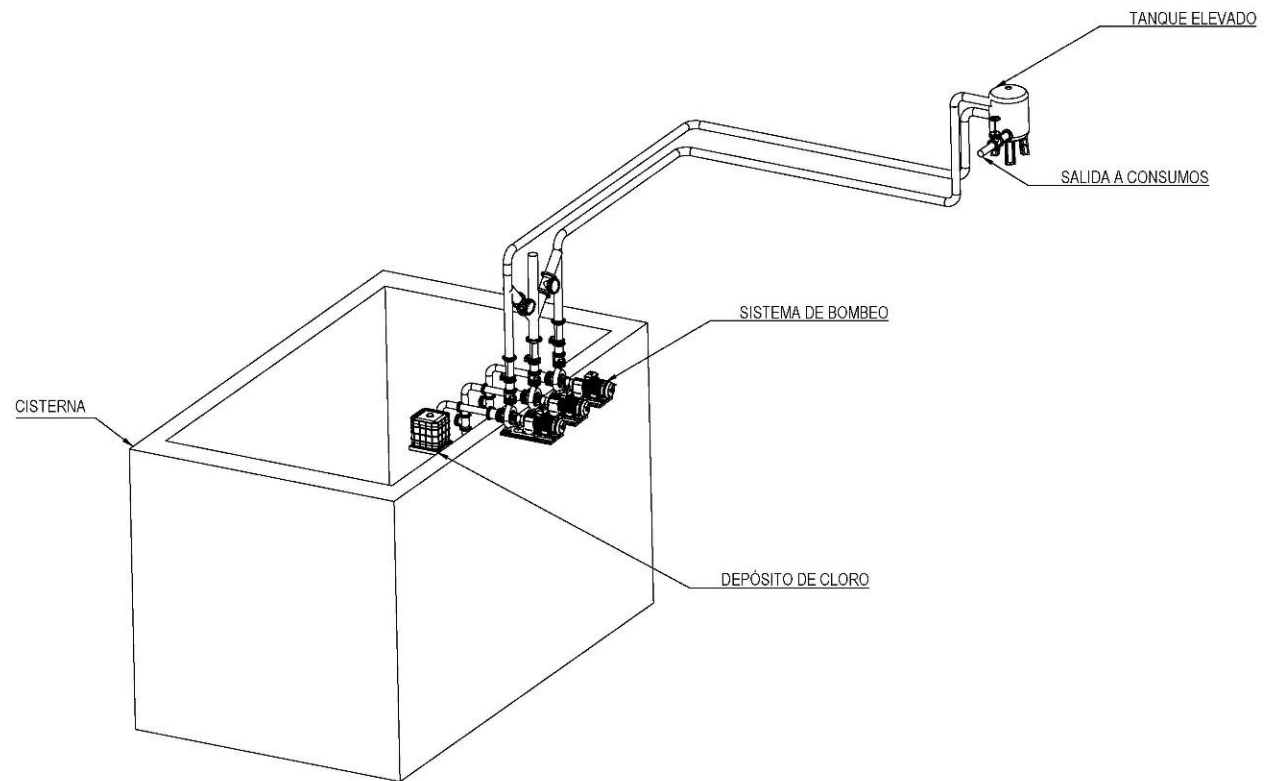
Proyecto	Código Proyecto	Ingeniería	TRABAJO FINAL DE CARRERA
Dibujo	Código Dibujo	Mecatrónica	AÑO 2025
Revisó	Símbolo, Ramo		
Aprobó	Poses, Votos		
Esc:	PERSPECTIVA ISOMÉTRICA		U.N.S.L.
1:200	CONEXIÓN POZOS - CISTERNA		F.I.C.A.
Tol:			PLANO: XX-XX-XX
			PROYECTO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

# Anexo V: Perspectiva isométrica de conexión cisterna-tanque elevado



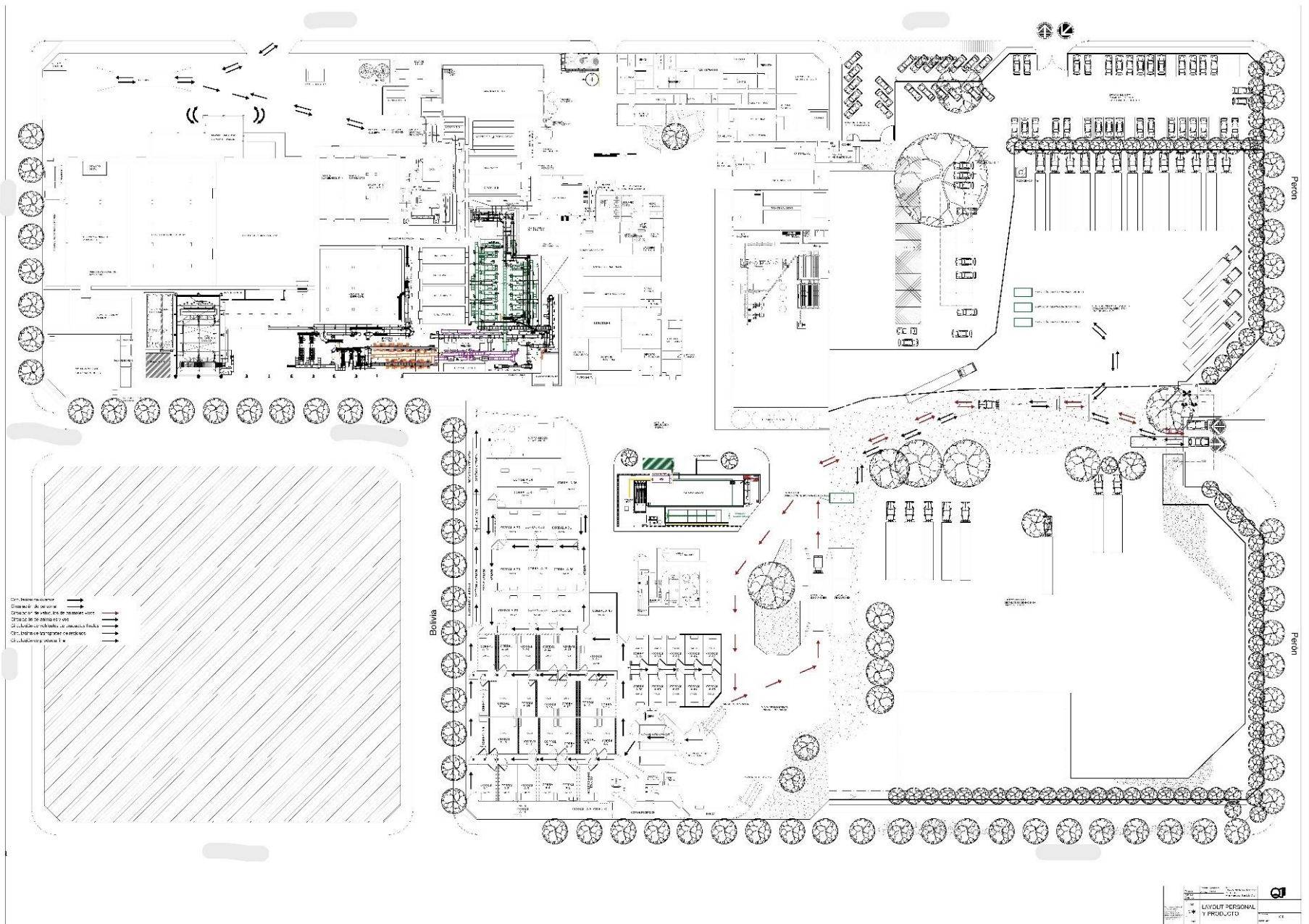
Proyecto	Cardo Ferraz	Ingeniería Mecatrónica	TRABAJO FINAL DE CARRERA
Dibujo	Cardo Ferraz		AÑO 2025
Revisó	Sánchez Ramos		U.N.S.L. F.I.C.A.
Aprobó	Flores Walker		PLANO: XX-XX-XX
Esc:	1:100	PERSPECTIVA ISOMÉTRICA CONEXIÓN CISTERNA - TANQUE ELEVADO	PROYECTO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
Tol:			

# Anexo VI: Perspectiva isométrica de conexión cisterna-tanque elevado



Proyecto	Caract. Proyecto	Ingeniería	TRABAJO FINAL DE CARRERA
Diseño	Caract. Proyecto	Mecatrónica	AÑO 2025
Revisión	Caract. Proyecto		
Aprobación	Caract. Proyecto		
Esc:	1:100	PERSPECTIVA ISOMÉTRICA	U.N.S.L.
Tol:		CONEXIÓN	F.I.C.A.
		CISTERNA - TANQUE ELEVADO	PLANO: XX-XX-XX
			PROFESOR DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

# Anexo VII: Plano de planta



## ***Anexo VI: Repositorio de código de programación***

En el siguiente link se encuentra el repositorio con el código base, su vigencia será de diez años a partir de la fecha de publicación del documento en cuestión.

[https://drive.google.com/file/d/1GGE3lr5l\\_2DhjKgggUDtJYe5bApBl\\_6x/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1GGE3lr5l_2DhjKgggUDtJYe5bApBl_6x/view?usp=drive_link)