

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DOSIFICACIÓN DE
LÍQUIDOS PARA LA ELABORACIÓN DE BALANCEADO**

ING-2932

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniería en Mecatrónica.

Presentado por:

José Vicente Díez Bohórquez

James Bryan Malavé Tomalá

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a mi familia, la cual estuvo presente en los altos y bajos durante mi vida universitaria, también va dedicado a todas las personas que formaron parte de un equipo de trabajo a lo largo de toda la carrera, también tengo presente al primer consejero desde que entre a la institución, supo aportar su conocimiento y experiencia en todo este trayecto de manera responsable y profesional.

José Díez

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico a Dios, porque a pesar de las dificultades me dio la fortaleza para cumplir mis metas.

A la memoria de mi padre Ing. Jaime Eduardo Malavé Carrera, mi modelo a seguir, quien enseñó el valor de la perseverancia, y tenacidad, alentándome a seguir mis objetivos.

A mi madre Maribell Aidee Tomalá Neira, que a pesar de las adversidades con esfuerzo y dedicación ha sido el soporte para culminar mis estudios.

James Malavé

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la resistencia necesaria para llegar al final de la carrera, a mi padre, el cual supo darme ejemplo de resiliencia en momentos difíciles, a mi madre por apoyarme incondicionalmente, también un sincero agradecimiento a cada uno de los docentes que dieron lo mejor de sí en cada clase.

José Díez

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por brindarme una familia, que, con amor y cariño, me han dado las oportunidades para desarrollarme como profesional, motivándome con su apoyo incondicional.

James Malavé

Declaración Expresa

Nosotros José Vicente Díez Bohórquez y James Bryan Malavé Tomalá acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de derechos de autor del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 5 de junio del 2025.



José Vicente Díez

Bohórquez



James Bryan Malavé

Tomalá6

Evaluadores

Jorge Luis Hurel Ezeta, Ph.D

Profesor de Materia

Carlos Augusto Zúñiga Reyes, Msc

Tutor de proyecto

Resumen

El proyecto se centra en la dosificación de aditivos líquidos para la fabricación de balanceado animal, los objetivos de este proyecto son el diseño de un tanque de almacenamiento para las mezclas, así como la selección de un sensor para el monitoreo y control del sistema, dicho sistema requiere de un HMI bajo licencia libre y por último se debe entregar una planilla a detalle del proyecto. El producto final permite medir de manera indirecta la masa contenida dentro del tanque. El desarrollo de este proyecto empleó SolidWorks para realizar ensayos de cargas hidrostáticas sobre el tanque, se utilizó TIA Portal para generar un proceso de dosificación preciso, el sensor empleado fue un transmisor de presión hidrostático, el accionamiento del sistema se lo realizó en NodeRed mediante un Dashboard interactivo y la trazabilidad del sistema fue posible mediante NodeRed y MySQL Workbench. Se logró un sistema de dosificación de líquidos preciso mediante un tanque seguro, junto con una parametrización de llenado y programación flexible capaz de interactuar con el Dashboard y generar la trazabilidad en una base de datos en MySQL Workbench.

Palabras Clave: AISI 316, Programación Flexible, Trazabilidad, Base de Datos.

Abstract

The project focuses on the dosing of liquid additives for the manufacture of animal feed. The objectives of this project are the design of a storage tank for the mixtures, as well as the selection of a sensor for the monitoring and control of the system. Said system requires an HMI under a free license and finally, a detailed worksheet of the project must be delivered. The final product allows indirect measurement of the mass contained within the tank. The development of this project used SolidWorks to perform hydrostatic load tests on the tank. TIA Portal was used to generate a precise dosing process. The sensor used was a hydrostatic pressure transmitter. The system was activated in NodeRed through an interactive Dashboard, and system traceability was possible through NodeRed and MySQL Workbench. A precise liquid dosing system was achieved through a secure tank, along with flexible filling and programming parameters capable of interacting with the Dashboard and generating traceability in a database in MySQL workbench.

Keywords: AISI 316, Flexible Programming, Traceability, Database

Índice general

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general	III
Abreviaturas	V
Simbología	VI
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	XI
ÍNDICE DE PLANOS	XII
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Justificación del Problema	5
1.4 Objetivos	5
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	5
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	5
1.5 Marco teórico	6
<i>1.5.1 Producción de balanceado animal</i>	6
<i>1.5.2 Dimensionamiento de tanque de almacenamiento</i>	6
<i>1.5.3 ASME</i>	7
<i>1.5.4 Controlador Lógico Programable</i>	7
<i>1.5.5 HMI 7</i>	
<i>1.5.6 Sensores</i>	8
Capítulo 2	9
2. Metodología.	10
2.1 Selección de alternativa de solución	10

	4
2.2 Proceso de diseño	11
2.3 Requerimientos de diseño	12
2.4 Diseño Conceptual del sistema dosificador	13
2.5 Parámetros de diseño mecánico	14
<i>2.5.1 Selección de Bombas</i>	19
2.6 Parámetros de monitoreo y control	22
<i>2.6.1 Selección de Sensores</i>	22
<i>2.6.2 Controlador lógico programable PLC</i>	24
<i>2.6.3 Arquitectura de Control</i>	24
2.7 Parametrización de Control	25
2.8 Parámetros de software de monitoreo y control	29
<i>2.6.3 Selección de base de Datos</i>	29
2.9 Parámetros de diseño eléctrico	30
Capítulo 3	34
3. Resultados y análisis	35
3.1 Diseño Mecánico	35
3.2. Diseño Control	54
3.3. Diseño de Programación	58
3.4. Diseño Eléctrico	66
3.4. Análisis de Costos	76
Capítulo 4	81
4.1 Conclusiones y recomendaciones	82
<i>4.1.1 Conclusiones</i>	82
<i>4.1.2 Recomendaciones</i>	83
Referencias	85
Apéndices	87

Abreviaturas

ASME	American Society Mechanical Engineers
CSV	Valores separados por coma
CAD	Computer-Aided Design
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FDS	Factor de seguridad
HTML	HyperText Markup Language
HMI	Human Machine Interface
IP	Internet Protocol Address
LED	Light-emitting diode
LAD	Ladder
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Pesca
PLC	Programador Lógico Controlable
PC	Personal Computer
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
TIA PORTAL	Totally Integrated Automation Portal
TCP	Transmission Control Protocol
VDC	Voltaje de Corriente Directa
VAC	Voltaje de Corriente Alterna
WIFI	Wireless Fidelity

Simbología

Bar	Presión
C°	Grados Celsius
cm	Centímetro
σ_a	componente de la amplitud
d_e	diámetro equivalente
E	Eficiencia de junta
σ_m	Esfuerzo medio
HP	Horse Power
k_a	Factor de superficie
k_b	Factor de tamaño
k_c	Factor de carga
k_d	Factor de temperatura
k_e	Factor de confiabilidad
Kg	Kilogramo
KPa	Kilo Pascales
m	Metro
n	Factor De Seguridad
N	Newton
p	Presión de diseño
Pa	Pascales
S	Esfuerzo Admisible del material
S_e	Límite de resistencia a la fatiga

$S_{e'}$	Esfuerzo a la fatiga corregida
S_{ut}	Esfuerzo a la tracción
S_y	Esfuerzo límite de fluencia
t	Espesor de tanque

Índice de figuras

Figura1. <i>Tanque dosificador referenciada por el cliente</i>	4
Figura2 <i>Diagrama de bloques de las fases de diseños</i>	11
Figura3 <i>Diseño Conceptual del Sistema</i>	13
Figura4. <i>Máquina dosificadora volumétrica</i>	14
Figura5 <i>Formula de Marin</i>	16
Figura6 <i>Tabla de factores</i>	17
Figura7 <i>Factor de tamaño</i>	17
Figura8 <i>Desglose del factor</i>	17
Figura9 <i>Tabla de parámetros, factor</i>	18
Figura10 <i>Tabla del factor</i>	18
Figura11 <i>Formula de Goodman modificado</i>	19
Figura12 <i>Diagrama del sistema</i>	20
Figura13 <i>Arquitectura de Control</i>	25
Figura14 <i>Tanque Propuesto</i>	26
Figura15 <i>Relación Trigonométrica</i>	27
Figura16 <i>Sistema de Alimentación</i>	31
Figura17 <i>Perfil seleccionado para inspección</i>	40
Figura18 <i>Diámetro equivalente empleado</i>	41
Figura19 <i>Desplazamientos del tanque bajo la carga de 1369.44 Pa</i>	41
Figura20 <i>Esfuerzo de von Mises, pieza 1 en condición 1</i>	42
Figura21 <i>1° Esfuerzo principal, pieza 1 en condición 1</i>	43
Figura22 <i>3° Esfuerzo principal, pieza 1 en condición 1</i>	43
Figura23 <i>Esfuerzo de von Mises, pieza 1 en condición 2</i>	44
Figura24 <i>1° esfuerzo principal, pieza 1 en condición 2</i>	45
Figura25 <i>3° esfuerzo principal, pieza 1 en condición 2</i>	45
Figura26 <i>Von Mises, pieza 2 en condición 1</i>	46
Figura27 <i>1° esfuerzo principal, pieza 2 en condición 1</i>	46
Figura28 <i>3° esfuerzo principal, pieza 2 en condición 1</i>	47
Figura29 <i>Esfuerzo de Von Mises pieza 2 en condición 2</i>	47
Figura30 <i>1° esfuerzo principal pieza 2 en condición 2</i>	48
Figura31 <i>3° esfuerzo principal, pieza 2 en condición 2</i>	48
Figura32 <i>Clasificación de factores de seguridad</i>	50

Figura33 <i>Control de numero de Batches</i>	54
Figura34 <i>Bloque de Cálculo de Altura Masa</i>	55
Figura35 <i>Codificación del bloque de alturas de masas</i>	55
Figura36 <i>Validación de remanente</i>	56
Figura37 <i>Bloque de Etapas</i>	56
Figura38 <i>Bloque Control de Salidas</i>	57
Figura39 <i>Bloque de Activación de Salidas</i>	58
Figura40 <i>Node Red HMI</i>	59
Figura41 <i>Conexión Node Red - MYSQL</i>	59
Figura42 <i>Almacenamiento de datos a MYSQL</i>	60
Figura43 <i>Archivo CSV</i>	60
Figura44 <i>HMI modo Manual Etapa 1</i>	61
Figura45 <i>HMI modo manual Etapa 2</i>	61
Figura 46 <i>HMI modo manual Etapa 3</i>	63
Figura47 <i>HMI Modo Automático Etapa 1</i>	63
Figura48 <i>HMI Modo Automático Etapa 2</i>	64
Figura49 <i>HMI Modo Automático Etapa 3</i>	64
Figura50 <i>HMI Modo Automático Conteo de Batch</i>	65
Figura51 <i>HMI descarga CSV</i>	65
Figura52 <i>HMI Remanente</i>	66
Figura53 <i>Breaker Principal de la Red Eléctrica</i>	66
Figura54 <i>Derivación de la Red de Fuerza</i>	67
Figura55 <i>Conexión de Arranque de Bombas</i>	69
Figura56 <i>Circuito de Control</i>	69
Figura57 <i>Conexiones de Salidas</i>	70
Figura58 <i>Circuito de activación de electroválvulas</i>	71
Figura59 <i>Señal de Activación B1 & E1</i>	71
Figura60 <i>Circuito de Control accionamiento B1 & E1</i>	71
Figura61 <i>Activación B1</i>	73
Figura62 <i>Accionamiento de B2 & E2</i>	73
Figura63 <i>Circuito de Control B2 & E2</i>	74
Figura64 <i>Señal de Activación B3 & E3</i>	74
Figura65 <i>Circuito de Control activación de B3 & E3</i>	75
Figura66 <i>Activación B3</i>	75

	10
Figura 67 <i>Corte en plano alzado del tanque de 12 mm y 6 patas</i>	88
Figura 68 <i>Configuración de carga hidrostático del agua, tanque 12 mm y 6 patas</i>	89
Figura 69 <i>Configuración de Carga Hidrostática, Agua</i>	89
Figura 70 <i>Parámetros de la presión hidrostática del agua, tanque 6 mm y 4 patas</i>	90
Figura 71 <i>Configuración de Carga Hidrostática del agua</i>	91
Figura 72 <i>Parámetros de la presión hidrostática de la miel</i>	91
Figura 73 <i>Configuración de Carga Hidrostática de la miel</i>	92
Figura 74 <i>Configuración de la presión hidrostática, Mercurio</i>	92
Figura 75 <i>Configuración de Carga Hidrostática del mercurio</i>	93
Figura 76 <i>Configuración de la temperatura de trabajo</i>	94
Figura 77 <i>Parámetro de la configuración de la temperatura de trabajo</i>	95
Figura78 <i>Variables Main</i>	96
Figura79 <i>Network 1-2</i>	96
Figura80 <i>Network 3</i>	97
Figura81 <i>Network 4</i>	97
Figura82 <i>Network 5</i>	98
Figura83 <i>Network 6</i>	98
Figura84 <i>Network 7</i>	99
Figura85 <i>Network 8</i>	99
Figura86 <i>Network 9</i>	100
Figura87 <i>Variables Bloque Cálculo de Altura de Presión</i>	100
Figura88 <i>Network 1-3</i>	101
Figura89 <i>Variables Cálculo de Altura Teórica de las masas ingresadas</i>	102
Figura90 <i>Código del Bloque de Cálculo de Altura teórica</i>	103
Figura91 <i>Variables de Escalamiento de Entrada Analógica</i>	104
Figura92 <i>Network 1-2</i>	104
Figura93 <i>Tags del Sistema</i>	105

Índice de tablas

Tabla1 <i>Alternativas propuestas</i>	10
Tabla2 <i>Criterios de selección para alternativas</i>	11
Tabla3 <i>Requerimientos de diseño</i>	12
Tabla4 <i>Requerimientos Eléctricos</i>	19
Tabla5 <i>Especificaciones adicionales</i>	20
Tabla6 <i>Consideraciones adicionales</i>	20
Tabla7 <i>Especificaciones Bomba AL-REDm 620-A</i>	22
Tabla8 <i>Clasificación de sensores para medición indirecta de masa</i>	22
Tabla 9 <i>Especificaciones del Sensor de Presión</i>	23
Tabla10 <i>Especificaciones del PLC</i>	24
Tabla11 <i>Criterio de Selección para Base de Datos</i>	29
Tabla 12. <i>Resultados de las Base de datos consideradas según criterios de selección</i>	29
Tabla 13 <i>Requerimientos del diseño Eléctrico</i>	30
Tabla 14 <i>Componentes Eléctricos</i>	31
Tabla15 <i>Experimentos Modelo de Tanque 12 mm y 6 patas</i>	35
Tabla16 <i>Experimentos Modelo de Tanque 6 mm y 4 patas</i>	37
Tabla17 <i>Comparación de Resultados Teoría de von Mises</i>	39
Tabla18 <i>Condiciones para carga variable</i>	42
Tabla19 <i>Adquisición de datos Pieza 1 modelo de tanque 6 mm</i>	45
Tabla20 <i>Adquisición de datos Pieza 2 modelo de tanque 6 mm</i>	49
Tabla21 <i>Parámetros necesarios para el cálculo del factor de seguridad de Goodman modificado</i>	49
Tabla22 <i>Esfuerzos de von Mises Maximo y Minimo de cada pieza</i>	49
Tabla23 <i>Esfuerzo medio y componente de amplitud de cada pieza</i>	49
Tabla24 <i>Factor de Seguridad bajo criterio de Goodman Modificado para las piezas 1 y 2</i>	50
Tabla25 <i>Resultados observados, simulación con variante de temperatura a 45°C</i>	51
Tabla26 <i>Resultados observados, simulación con variante de temperatura a 50°C</i>	52
Tabla27 <i>Resultados observados, simulación con Presión hidrostática del mercurio a 50°C</i>	53
Tabla28 <i>Listado de Dispositivos Eléctricos</i>	76
Tabla29 <i>Listado Componente Mecánico</i>	78
Tabla30 <i>Listado Componente Eléctrico</i>	78
Tabla31 <i>Listado Componentes de Control</i>	79

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Zapatatas de Soporte
PLANO 2	Soporte Tanque
PLANO 3	Pieza de sujeción
PLANO 4	Cuerpo tanque
PLANO 5	Tapa Tanque
PLANO 6	Ensamblaje
PLANO 7	Circuito de Control
PLANO 8	Circuito de Fuerza
PLANO 9	P&ID 3 Bombas
PLANO 10	P&ID 2 Bombas

Capítulo 1

1.1 Introducción

En el proceso de elaboración de balanceado animal cuenta con cinco etapas, la primera corresponde a la dosificación de cada materia prima, la molienda, el proceso de mezclado, extrusión y paletización. Cada una de estas etapas son importantes para asegurar una producción uniforme respecto al valor nutricional del balanceado animal, no obstante, una de las etapas que requiere incorporar aditamentos líquidos de forma precisa es la etapa de mezclado dado que se requiere cumplir con los requerimientos del zootécnico, el cual se encarga de proveer la formulación del balanceado y que en consecuencia garantiza la calidad nutricional mediante la formulación al costo mínimo. El término "formulación al costo menor" hace referencia a la combinación de ingredientes en cantidades necesarias para alcanzar los nutrientes requeridos por el animal en cuestión [1]. Esto permite mantener costos de producción mínimo sin afectar la calidad del producto final, no obstante, hay ciertas situaciones que pueden comprometer la calidad del producto, empezando por la baja capacitación de los operadores para interactuar con el sistema automatizado, también se puede tener un bajo nivel de automatización o instrumentación industrial para obtener medidas más precisas.

Este último punto está presente en la infraestructura actual perteneciente a un cliente de una fábrica dedicada a la elaboración de balanceado de animales de general en Guayas, Ecuador. En base a evidencia fotográfica del sistema actual junto con las especificaciones del proyecto, se procede a determinar los pasos para el diseño de una dosificación más precisa de fluidos líquidos en la etapa de mezclado. El análisis ingenieril se centra en el almacenamiento seguro de fluidos necesarios en esta etapa, cabe aclarar que el cliente nos mencionó que, para este proceso se necesitan dos líquidos con la densidad parecida al agua, así como la determinación del método de pesaje en bruto del tanque durante todo el proceso de contención, esta sección engloba la elección de sensores que permiten una medida directa o indirecta sobre el sistema junto con los requerimientos de la ubicación de sensores. El segundo aspecto remarcado por el cliente se debe considera un sistema a prueba de fallas, así como la existencia de una interfaz de operación para

PC de licencia abierta, registro de producción en una base datos viable y por último la existencia de una interfaz para visualizar y exportar la producción en archivos PDF o CSV. De la mano de los requerimientos adicionales como el uso del PLC, y el ingreso de señales analógicas de 0 a 10 voltios. Con estos aspectos y consideraciones se da inicio al desarrollo del diseño de un sistema de dosificación de líquidos para la elaboración de balanceado

1.2 Descripción del Problema

La industria agroalimentaria está en aguja, buscando tecnificaciones, permitiendo minimizar las pérdidas de materias prima, y maximizando la producción teniendo una injerencia en la cadena de suministro de alimentos de consumo masivo.

La producción de balanceado ha alcanzado un volumen de 5,5 millones de toneladas en el año 2023. El 54% de la producción abastece la avicultura y porcicultura, el 41% corresponde al alimento para camarones, el 3% es destinado al ganado, mientras que el 2% para el alimento para mascotas [2]. En consecuencia, según las estadísticas del Manual de la Hoja de Balance de alimentos del 2023, se priorizó la producción de pollo, pescado, huevos, cerdo y camarón. [3]

Basado en el crecimiento de producción a partir del 2023, es importante la implementación de sistemas automatizados para generar un producto final con los estándares de calidad exigidos por el sector agroindustrial.

El proyecto se centra en el subproceso de mezclado donde requiere dosificar aditivos líquidos calculados por un zootécnico o un veterinario con el fin de optimizar la materia prima durante el proceso de fabricación de balanceado.

Esto vuelve evidente que, los procesos de fabricación de balanceados para animales requieren una dosificación de líquidos precisa de esta forma se garantiza un producto de calidad.

Figura1.

Tanque dosificador referenciada por el cliente



Sin embargo, las celdas de carga han sido colocadas incorrectamente, lo que genera imprecisiones al momento de tomar las respectivas mediciones.

La mezcla líquida está compuesta por dos líquidos corrosivos, pero no explosivos ni volátiles, cuya densidad es similar a la del agua. Estos líquidos, son suministrados de forma individual al tanque y suelen ser impulsados por distintas configuraciones de bombeo.

La configuración de sistema suele ser la siguiente, primer caso, cada fluido es impulsado por bombas independiente, mientras que, en el segundo caso, solo un fluido es bombeado, mientras que, el otro fluido se traslada mediante válvula de control.

El drenaje de la mezcla dentro del tanque se realiza mediante una válvula, y una bomba de evacuación, esto permite el vaciado total del contenido. Asimismo, se ha considera una segunda configuración del sistema, los cuales están compuestos por dos tanques verticales interconectados.

En el segundo caso, el tanque es un sistema de almacenamiento mientras que el consecuente actúa como buffer.

El cliente ha especificado una necesidad de trabajar con una interfaz de licencia abierta, permitiendo una interacción sencilla con el sistema. Se requiere que cada lote de producción sea registrado en una base de datos, además que el sistema cuente con un módulo de reportería local, y exportar a formatos PDF o CSV, garantizando la trazabilidad del proceso y la toma de decisión en función de los datos.

1.3 Justificación del Problema

Este proyecto propone el diseño de un sistema flexible de dosificación de líquidos para la fabricación de balanceado mediante el diseño seguro del tanque de almacenamiento, la instrumentación de control es el transductor de presión, que permiten realizar una relación de forma indirecta con la masa, altura y la presión medida del tanque de almacenamiento para que el PLC pueda adquirir y procesar los datos. Respecto al diseño del tanque se utilizará la norma ASME para asegurar un desempeño seguro para el tanque durante todo el proceso, la estructura corresponde a una bancada de 4 puntos de apoyo, esto permite situar de manera correcta el sensor de control, la sección de control integra un PLC disponible en el mercado local, también se acondicionará las señales correspondientes de sensor de presión hidrostática para que el PLC pueda adquirir y procesar los datos, por otra parte el accionamiento del sistema está construido por un conjunto de bombas hidráulicas y electroválvulas que permite el paso de cada fluido.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema automático flexible de dosificación de líquidos en el proceso de fabricación de balanceado animal en general, mediante el dimensionamiento del tanque de almacenamiento y el control de peso bruto del tanque para mejorar la uniformidad de los lotes producidos.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Diseñar la estructura mecánica del sistema de dosificación, incluyendo planos de fabricación, y simulaciones para validar la factibilidad del montaje
2. Seleccionar sensores adecuados para el monitoreo de variables críticas en el proceso de dosificación.
3. Diseñar el sistema de control automatizado del proceso de dosificación, integrando el desarrollo de la programación, diagramas de conexión de los subsistemas.
4. Desarrollar una interfaz HMI funcional e intuitiva para la operación, configuración y monitoreo del sistema de dosificación.
5. Elaborar el presupuesto del proyecto, detallando costos de materiales, sensores, dispositivos electrónicos.

1.5 Marco teórico

En esta sección se abarca los temas que engloban la propuesta del proyecto, empezando por la automatización en general, luego se determinará la etapa de interés respecto a la elaboración del balanceado animal, en consiguiente se explicará el método de pesaje escogido, pasando por los criterios de diseño para un tanque de contención y por último la trazabilidad de la producción.

1.5.1 Producción de balanceado animal

Acorde a un proceso de estandarización de dosificación de líquidos para la producción de balanceado de aves, se detalla que las grasas empleadas en el balanceado son la oleína, grasas amarillas, aceite palma rojo y aceite de soja crudo entre otros [4]. En este proceso se tienen maquinas mezcladoras, las cuales se cargan de materia prima en forma granular, esto comprende granos de maíz y soja, posteriormente se procede a dosificar los aditamentos líquidos durante 6 minutos [4]. Un error o una incorrecta dosificación de alimentos líquidos puede afectar la dieta esperada para el animal de crianza. Los líquidos adicionados para elaborar los alimentos balanceados para aves están ligado a los nutrientes de las materias primas, en otras palabras, son empleados como complementos de una dieta balanceada [4].

1.5.2 Dimensionamiento de tanque de almacenamiento

En la subetapa de dosificación de los aditamentos líquidos, los cuales inyectados a un tanque vertical de tapa superior plana circular y de tapa inferior cónica no son explosivos ni volátiles, no obstante, tienen carácter corrosivo, además cada líquido es homogéneo y tienen una densidad muy cercana al agua, otro punto a remarcar es el peso final de la mezcla, el cual es de 80kg. El peso de la mezcla es fijo, lo único que varía es el porcentaje de cada líquido para formar la mezcla, el cual está completamente cerrado, por lo que se empleó la norma ASME sección VIII, división 1.

1.5.3 ASME

El código ASME Sección VIII, División 1 es una norma desarrollada por la American Society of Mechanical Engineers en el cual se detalla las especificaciones y requerimientos a considerar en función de materiales, formas, y fuerzas aplicadas.

Esta norma nos permite sobredimensionar el tanque de almacenamiento para un funcionamiento seguro bajo las condiciones necesarias de la geometría final del tanque y presiones.

1.5.4 Controlador Lógico Programable

Un Controlador Lógico Programable (PLC), es una computadora industrial, que tienen como objetivo “automatizar procesos con la ayuda de sensores y actuadores. La mayoría de los PLC’s permite al usuario diseñar controlador PID.[5]

En la industria los PLC (Programmable Logic Controller) permite controlar el funcionamiento de sistemas industriales complejos, pues su principal función es recopilar y transformar la información en tiempo real, esto permite al usuario una mejor toma de decisiones.

En [6] indica que es un modelo para sistemas de automatización que requieren funciones complejas desde la lógica, HMI, redes. La CPU vigila entradas y genera el cambio de estado de las salidas según la lógica de programación, esta incorpora un puerto PROFINET integrado, puede comunicarse con paneles HMI.

1.5.5 HMI

El HMI (Human Machine Interface) se define como [6] “un dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina se están masificando cada vez más a nivel industrial. Esta tendencia se debe principalmente a la necesidad de tener un control más preciso y

agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real.”

Es decir, se detalla el proceso mediante el software, el cual es capaz de interpretar la lógica programada, mientras que el hardware son los dispositivos que permiten la ejecución del proceso previamente programado.

1.5.6 Sensores

Entre los sensores viables para este proyecto se tienen a los sensores de presión hidrostática, flujómetros, celdas de cargas, presostatos

1.5.6.1 Sensor de presión hidrostática. Este tipo de sensores, detectan la presión hidrostática en el fondo del líquido y transmite una señal de corriente proporcional a la columna de agua, mediante un cable especial con ventilación, el cual permite igualar los cambios de presión del líquido medido.

1.5.6.2 Flujómetros. Un medidor de caudal es un dispositivo colocado en las líneas por donde se mueve el fluido, con la finalidad de obtener la velocidad o el caudal. Dadas las condiciones de funcionamiento del sistema, el cual usa entradas relacionadas a la masa necesaria para cumplir con la mezcla de los aditamentos líquidos se plantea usar las celdas de carga para determinar de manera directa el pesaje en bruto del tanque de almacenamiento.

1.5.6.3 Celdas de Cargas. Una celda de carga se define como [7] “un transductor utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica, esta conversión empieza desde un dispositivo mecánico, eso quiere decir, que la fuerza que se desea medir, deforma la galga extensiométrica, y por medio de los medidores de deformación (galgas) obtendremos una señal eléctrica con la cual podremos obtener el valor de la fuerza”. Este tipo de sensores funcionan bajo el cambio de resistencia del circuito Wheatstone cuando se ejerce una perturbación física tales como los esfuerzos de tensión, compresión, flexión y cizalladura. Para que las celdas de fuerza funcionen de manera correcta se tiene que considerar ciertos aspectos como la superficie de instalación, la cual requiere que sea casi indeformable y alineada de acuerdo al tipo de esfuerzo por aplicar, también se tiene que cumplir con cotas de apoyo junto con la orientación de la carga mecánica.

1.5.6.4. Presostatos. Un presóstato también es conocido como interruptor de presión. El principio de funcionamiento se reduce a que el fluido ejerce presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos, al momento de disminuir la presión, el resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Capítulo 2

2. Metodología.

En este capítulo se evaluaron las alternativas acordes a los requerimientos y especificaciones del cliente, así como las variantes de diseño. Se detalla cada etapa de los procesos, comenzando por la selección de una alternativa viable y funcional, esto permite resolver la problemática planteada; en lo consecuente se procede a la selección de los diferentes componentes a emplear, y un control adecuado para garantizar la precisión.

2.1 Selección de alternativa de solución

Las alternativas de solución se plantearon a partir del método de medición del el cual podrá ser directa o indirecta.

Tabla1

Alternativas propuestas

Alternativa	Descripción
s	
1	Diseño de un dosificador de balanceado mediante la medición directa y sistema de control empleando PLC, y monitoreo en software libre.
2	Diseño de un dosificador de balanceado mediante medición indirecta y un sistema de control empleando PLC y monitoreo en software libre

Para la selección de la mejor alternativa, se realiza una evaluación de los siguientes criterios, donde se visualizan el rango de importancia.

Flexibilidad del diseño: Capacidad de adaptarse a diferentes condiciones operativas, productos, sin requerir rediseños o tiempos muertos.

Mantenimiento: Facilidad y frecuencia del mecanismo para mantenerse en el lapso del tiempo.

Costo: Viabilidad para la implementación, desde la disponibilidad de materiales y sensores en el mercado.

Instrumentación: Implementación del sistema de control de forma eficaz y precisa, capaz de automatizar el proceso.

Tabla2

Criterios de selección para alternativas

Peso	Criterio	Rango de Importancia (1-5)	%De Decisión
5	Flexibilidad de diseño	5	33%
3	Mantenimiento	3	20%
3	Costo	3	20%
4	Instrumentación	4	27%
Total			100%

Tabla3

Resultados de las alternativas según los criterios de selección

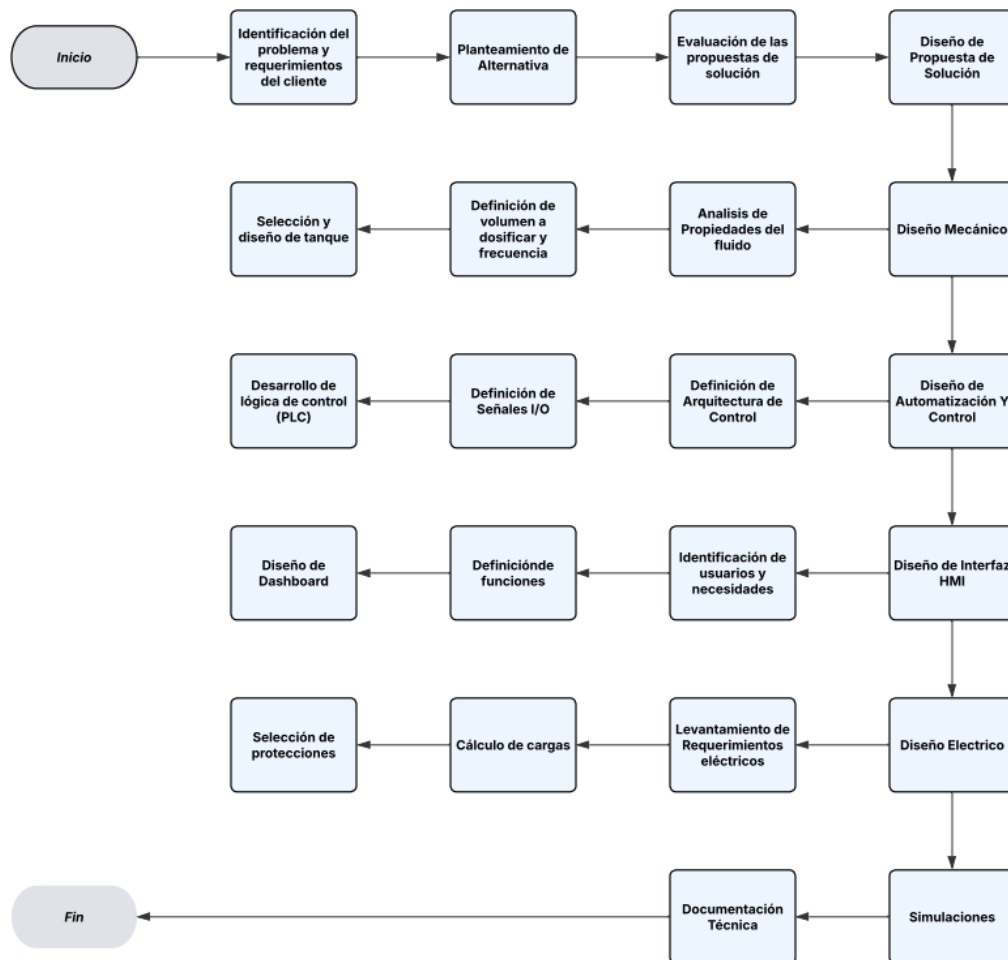
Peso	Criterios de selección					Resultados	
	5	4	3	3	Punta je sin peso	Punta je con peso	Priori dad
Opciones	Flexibili dad de diseño	Manteni miento	Costo	Instru ment ación			
Alternativa 1	4	2	2	4	12	46	2
Alternativa 2	5	4	4	4	17	65	1

2.2 Proceso de diseño

Con la finalidad de conseguir los objetivos planteados y lograr la satisfacción del cliente, se desarrolló un diagrama de flujo, el cual ilustra las etapas a completar.

Figura2

Diagrama de bloques de las fases de diseños



2.3 Requerimientos de diseño

El diseño del sistema de dosificador de alimento de balanceado debe cumplir con requerimientos del cliente.

Tabla3

Requerimientos de diseño

Criterio	Requerimiento
Material	Líquidos homogéneos libre de elementos flotantes, corrosivos, pero no volátiles con densidades semejantes al agua. Tanque que pueda almacenar la masa final de 80 kg. Para la construcción del tanque se dispone del acero inoxidable AISI 316 o 304.

Espacio	Fácil implementación y frecuencia de mantenimiento en un espacio de 1.5 metros cuadrados.
Costo	Inversión rentable en beneficio del tiempo de operación y materiales.
Instrumentación	PLC S7-1200 (1212C) AC/DC/RLY, la señal del sensor debe tener un rango de 0 a 10V Se requiere de una interfaz de operación de licencia abierta para PC

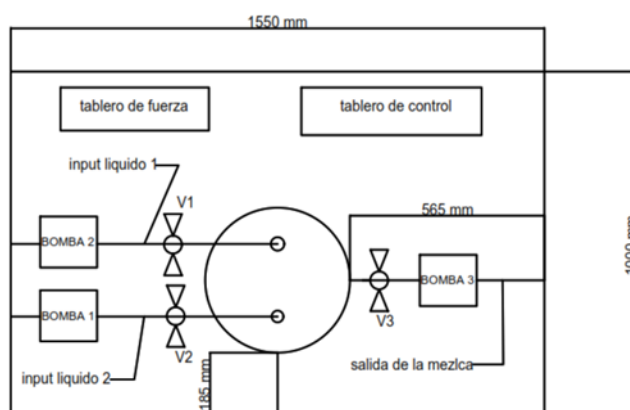
Nota. Requerimientos solicitados por el cliente.

2.4 Diseño Conceptual del sistema dosificador

En base a investigaciones previas se analizaron varios sistemas de dosificación, entre las maquinas implementadas en la industria alimenticia, se tienen maquinas que dosifican líquidos de forma volumétrica que cuentan con un depósito en forma cónica y un pistón que permite el paso del líquido, otro método de dosificación para líquidos es la implementación de bombas dosificadoras, no obstante, estas bombas cuentan con un elevado costo en el mercado.

Figura3

Diseño Conceptual del Sistema



Se tomó de referencia el modelo de dosificación de tipo volumétrica con las respectivas variantes que se acoplan a los requerimientos del cliente. Se propuso un tanque vertical capaz de almacenar la masa final de mezcla con las siguientes medidas, el radio corresponde a 0.21 m para la sección cónica y cilíndrica, la altura total, desde la sección cónica hasta la sección cilíndrica es de 1 m.

Figura4.

Máquina dosificadora volumétrica



Nota. Imagen obtenida de proveedor [8]

2.5 Parámetros de diseño mecánico

El diseño del tanque se apoya en 3 aspectos importantes, el primer aspecto toma en cuenta las características de la mezcla para definir el volumen del tanque. Dado que se tiene una masa final para la mezcla de 80 kg, mediante la fórmula de densidad se determinó el volumen requerido para la contención de la mezcla.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

(2.1)

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{80 [kg]}{1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]}$$

$$V = 0.08 m^3 = 80 L$$

El segundo aspecto son las cargas de prueba hidrostáticas, para este trabajo se tomó en cuenta la presión hidrostática del agua, de la miel, y del mercurio. A continuación, el cálculo respectivo para cada una de las sustancias.

En base a la ficha técnica, se tiene un rango de $1.402 - 1.424 \frac{g}{cm^3} \frac{g}{cm^3}$ [9]

$$1.424 \frac{g}{cm^3} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} \cdot \left(\frac{100 cm}{1 m} \right)^3$$

$$\rho = 1424 \frac{kg}{m^3}$$

Para el caso de una presión hidrostática donde la altura máxima corresponde a la altura del tanque de 6 mm y 4 patas de soporte se tienen lo siguiente

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P = 1424 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot h [m]$$

$$P = 1424 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 1 m$$

$$P = 13969.44 Pa$$

Para la implementación del mercurio, se requirió cambiar la densidad de esta sustancia, $13.534 \frac{g}{ml}$ [10]

$$13.534 \frac{g}{ml} \cdot \frac{1000 mL}{1L} \cdot \frac{1000 L}{1 m^3} \cdot \frac{1 kg}{1000 g}$$

$$\rho = 13534 \frac{kg}{m^3}$$

$$P = 13534 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot h [m]$$

$$P = 13534 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 1 = 132768.54 Pa$$

El tercer aspecto para el diseño del tanque es el espesor, dado que el tanque almacenará líquidos corrosivos no volátiles se implementó la norma ASME VIII división 1 donde ofrece la siguiente fórmula para el cálculo del espeso [11].

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6 \cdot P} \quad (2.2)$$

Donde:

t: Espesor del tanque (mm)

P: presión de diseño (Pa), en el peor de los casos, se asume que el tanque llenó completamente.

$$P = 9810 Pa$$

Esta presión del agua es a 1 m de altura.

S: Máximo esfuerzo admisible del material, tomando valores de la ASME II PARTE D de la tabla A1 para el AISI 316 identificado como S31600, se tiene que $S = 205 \text{ Mpa}$ y $S_{ut} = 515 \text{ Mpa}$ [12].

E: eficiencia de soldadura (adimensional), definido como 0.75 dado que en este proyecto no se dispone de exámenes de soldadura.

$$t = \frac{9810 \text{ Pa} \cdot (0.21)}{205 \text{ MPa} \cdot 0.75 - 0.6 \cdot 9810}$$

$$t = 0.000013 \text{ m} = 0.013 \text{ mm}$$

Con este resultado teórico se determinó que es viable aplicar un espesor razonable para el tanque acorde las medidas de las planchas comerciales del material AISI 316. Para este estudio, se planteó un espesor inicial de 12 mm para la contención segura de la concentración de los fluidos con carácter corrosivo dentro del tanque.

Adicionalmente se debe considerar que el tanque está sometido a una carga variable en el tiempo, por ende, es necesario el criterio de falla de Goodman, el cual requiere calcular el límite de resistencia a la fatiga acorde a la ecuación de Marin.

Figura5

Formula de Marin

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [13]

El S_e , requirió del cálculo de los siguientes factores.

El factor de superficie está definido como $k_a = a \cdot (S_{ut})^b$ $k_a = a \cdot (S_{ut})^b$ [13]. Respecto al acabado del material se optó por un acabado superficial maquinado.

Figura6
Tabla de factores

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [13]

$$k_a = 4.51 * (515 \text{ MPa})^{-0.265}$$

$$k_a = 0.022158$$

$$k_a = 0.022$$

El factor k_b , requiere de las concentraciones de esfuerzos para poder seleccionar el perfil adecuado, se consideró la información de la Figura.7

Figura7
Factor de tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [13]

Para el cálculo del factor k_c se empleó la siguiente información de la Figura 8, este factor depende de los resultados de las cargas impuestas en las simulaciones.:

Figura8
Desglose del factor

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [13]

El siguiente factor corresponde al factor de temperatura, k_d , para esto se utilizó la siguiente Figura 9 donde se seleccionó un escenario desfavorable para el material. Se propuso una temperatura de 100°C para obtener dicho factor de k_d .

Figura9

Tabla de parámetros, factor

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [13]

A todo esto, k_d tiene un valor de 1.020.

Para el factor de confiabilidad, k_e , se optó por seleccionar el valor de 90%, por ende, el valor de $k_e = 0.897$.

Figura10

Tabla del factor

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_o	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [13]

Por último, se requiere calcular el límite de resistencia a la fatiga corregido, la cual requiere multiplicar el esfuerzo último a la tensión del material por un factor de 0.5 cuando el esfuerzo último de tensión es menor a 1 400 MPa [13]

En base los factores obtenidos, se procedió a realizar el cálculo del esfuerzo limite a la fatiga para determinar mediante el criterio de falla de Goodman modificado si las dos piezas que presentaron mayor esfuerzo de von Mises fallan acorde a la carga variante dado por el proceso de carga y descarga.

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot S_{e'}$$

$$S_{e'} = 0.5 \cdot 515 \text{ MPa}$$

$$S_{e'} = 257.5 \text{ MPa}$$

$$S_e = 5.183 k_b k_c [\text{MPa}]$$

Para emplear el criterio de falla de Goodman modificado, se requirió del esfuerzo máximo y mínimo de cada pieza para poder calcular el esfuerzo medio σ_m así como de la componente de amplitud σ_a .

Figura11

Formula de Goodman modificado

$$\text{Goodman mod} \quad \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley [13]

El cálculo del esfuerzo medio y la amplitud de esfuerzo requieren los esfuerzos de von Mises máximos y mínimos.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \right|$$

2.5.1 Selección de Bombas

Para esta sección se tomaron en cuenta los siguientes aspectos dados por el cliente:

Tabla4*Requerimientos Eléctricos*

Parámetros eléctricos	Especificación
Voltaje de alimentación	220VAC bifásico
Amperaje	10A
Potencia	0.5 HP

Tabla5*Especificaciones adicionales*

Parámetros mecánicos	Especificación
Manipulación de líquidos	Corrosivos
Densidad de fluidos	1000 kg/m^3
Distancia horizontal de succión	Libre
Distancia vertical de transporte	Altura del tanque menor a 2 metros

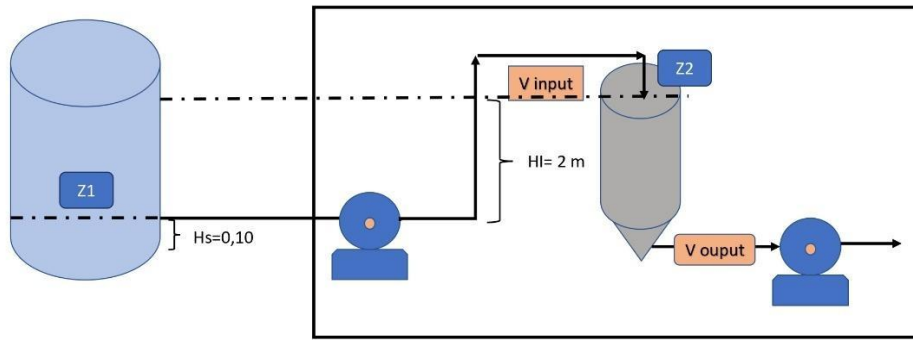
También se tiene como parámetros adicionales, la posibilidad de que un líquido sea suministrado al tanque por gravedad.

Tabla6*Consideraciones adicionales*

Contexto de aplicación	Especificaciones
Fabricación de alimentos	Animales
Sector de producción	Agrícola
Proyección de Instalación	Bajo techo
Material interno de bomba	Acero AISI 316 o AISI 314
Material de tubería	Acero AISI 316 o AISI 314
Diámetro de tubería	0.0127 m (0.5 pulgadas)

A continuación, un detalle los datos para calcula la altura útil de la bomba.

Figura12*Diagrama del sistema*



Para calcular la altura útil de la bomba se definieron los parámetros como el caudal de llenado para el tanque de dosificación, que, para este caso, se optó por tener un tiempo de llenado de 5 minutos para los 80 litros de la mezcla, otro de los parámetros importantes es la diferencia entre las cotas z_1 y z_2 , la cual se propuso un rango de 1.3 a 2 m. Por otra parte, se asume que el tanque de almacenamiento de la materia prima supera al tanque de dosificación respecto a sus dimensiones y en consecuencia su volumen. A continuación, se plantea la ecuación de la altura útil de la bomba.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 + H = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 + \sum h_p$$

Donde la presión P_1 y P_2 son cero, dado que los tanques no tienen presurización, lo que respecta a la velocidad del líquido almacenado en el tanque exterior se aproxima a cero dado que se asume que dicho tanque tiene mayor capacidad volumétrica que el tanque de dosificación, por último, se optó por tratar al término de la suma total de pérdidas como un margen para aproximar la selección de las bombas.

Con esto se tiene que:

$$Z_1 + H = \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 + \sum h_p$$

$$H = \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 - Z_1 + \sum h_p$$

Donde:

$$Q = \frac{0.08 \text{ m}^3}{5 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.000266 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$A = \pi * \left(\frac{0.0127}{2}\right)^2$$

$$v_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.000266 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.000126 \text{ m}^2} = 2.10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con estos datos se tiene que:

$$H = \frac{(2.10 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 2 + \sum h_p$$

$$H = 2.23 \text{ m} + \sum h_p$$

Este parámetro nos permitió seleccionar una bomba centrífuga a partir de la altura útil ajustando el parámetro de caudal acorde al volumen que se desea llenar junto con los parámetros dados por el cliente.

Tabla 7

Especificaciones Bomba AL-REDm 620-A

Bomba: AL-REDm 620-4	Parámetros
	Voltaje: 220VAC Monofásica
	Amperaje: 6.5 A
	Caudal: 100 $\frac{\text{l}}{\text{min}}$

Nota. Datos tomados de la ficha técnica [14]

2.6 Parámetros de monitoreo y control

El sistema de dosificador de alimentos de balanceado busca monitorear la masa de ingreso, siendo un proceso iterativo en función del número de batches, permitiendo el accionamiento de bombas, válvulas.

2.6.1 Selección de Sensores

Para el sistema, se requiere monitorear la masa de ingreso, esto se realiza por medición indirecta, en base a la alternativa seleccionada. Entre los sensores empleados en la industria se disponen de los siguientes.

Tabla8

Clasificación de sensores para medición indirecta de masa

Sensores	Criterio				
	Naturaleza del Medio		Medición		Costo
	Líquido	Compatibilida d química	Influencia de la Geometrí a	Corte de Batch	Mantenimient o
Transductor de Presión hidrostática	X	X	X	X	
Flujómetro	X	X			X

Tabla 9

Especificaciones del Sensor de Presión

MODELO	WIKA A-10
Imagen	
Rango de medición	≤ 0.1 bar
Humedad	0...90% De humedad Relativa
Error máximo de medición según IEC 61298-2	$\leq \pm 1.8\%$ del span

Nota. Datos tomados de la ficha técnica [15]

2.6.2 Controlador lógico programable PLC

El requerimiento del cliente es ejecutar el diseño empleando el siguiente modelo del controlador.

Tabla10

Especificaciones del PLC

Modelo	SIMATIC S7-1200
Imagen	
CPU	1212C
Alimentación	220/110V
Entradas analógicas	2 (0-10V)
Entradas digitales	8 (24V)
Salidas digitales	6 tipo Relé
Memoria	75KB

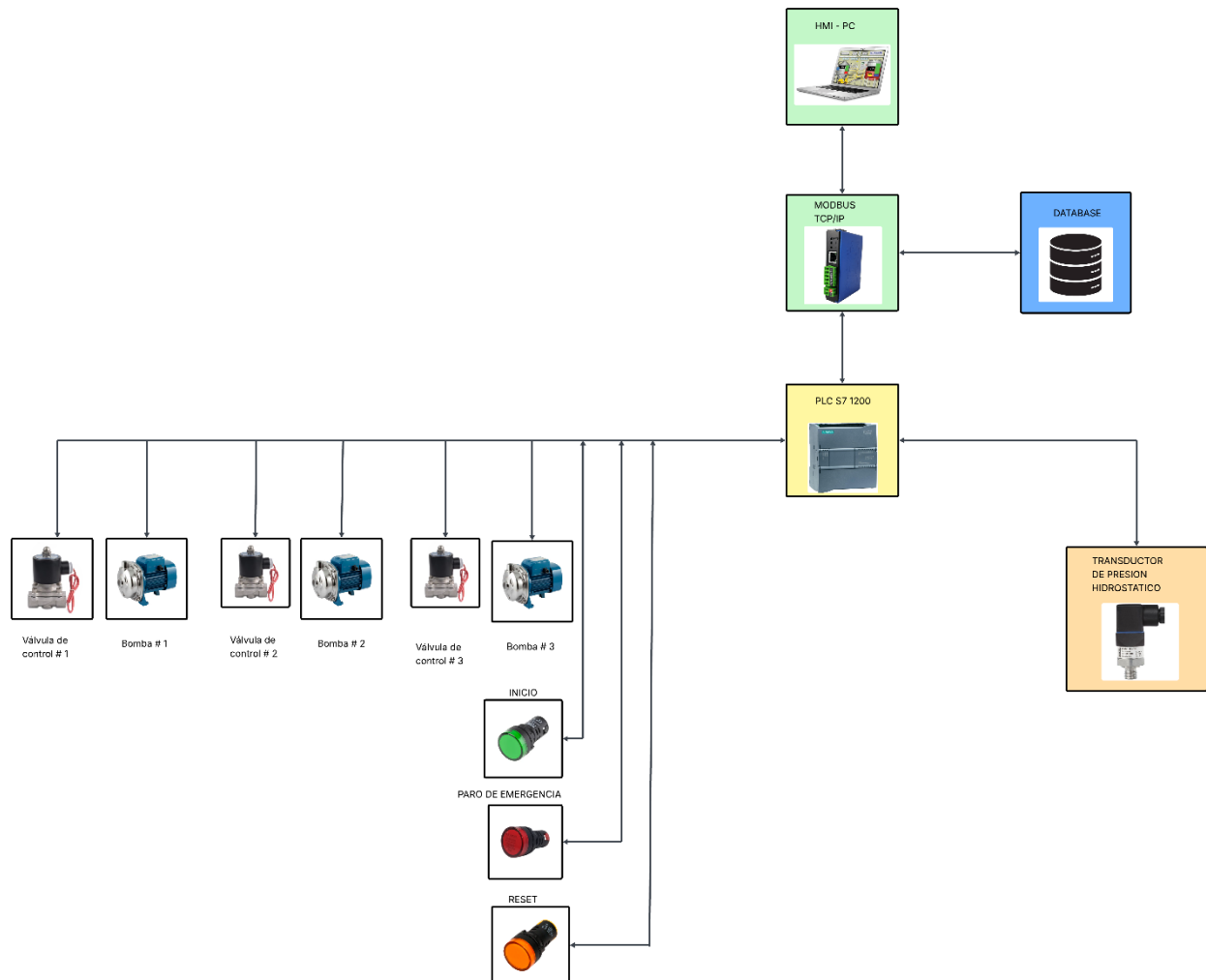
Nota. Datos tomados de la ficha técnica [16]

2.6.3 Arquitectura de Control

El protocolo de comunicación debe ser abierto y ampliamente soportado, integrándose de forma adecuada con Node-RED, por ello se usa MODBUS.

Figura13

Arquitectura de Control

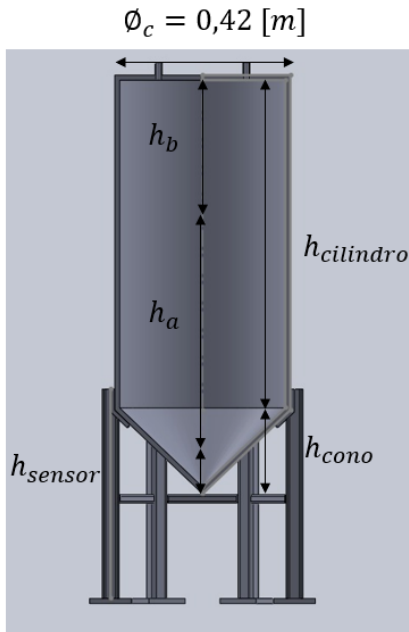


2.7 Parametrización de Control

Para lograr el obtener la lógica detrás del bloque de control de altura, que recibe como parámetro masa en Kg y retorna una altura en metros. Se debe considerar la cantidad de almacenamiento del cono.

Figura14

Tanque Propuesto



Condiciones Iniciales:

$$h_{cilindro} = 0.8 [m] ; h_{cono} = 0.2 [m] ; \rho = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Se determina el volumen total del cono

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi r_{cono}^2 h_{cono}$$
$$V_{cono} = 9.25 * 10^{-3} [m^3]$$

Previamente, se ha obtenido la altura a la cual se ubicará el sensor de presión hidrostática, por lo tanto, se puede determinar la altura del sensor.

$$V_{cono_sensor} = \frac{1}{3} \pi r_{cono_sensor}^2 h_{cono_sensor}$$
$$V_{cono_sensor} = 2.5 * 10^{-4} [m^3]$$

Además, se conoce que la densidad de un fluido es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Se procede a despejar la masa

$$m = \rho V$$

Por lo tanto, reemplazando los datos del Volumen obtenido previamente, se puede determinar la cantidad de masa en Kg, que se almacena

$$m_{cono} = 9.25 [Kg]$$

$$m_{cono_sensor} = 0.25 [Kg]$$

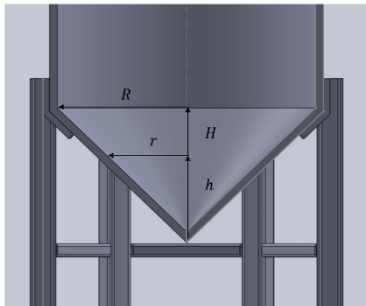
$$m_{cono_neto} = 9 [Kg]$$

Una vez se determina los valores teóricos de almacenamiento en el cono, se procede a realizar un análisis en el siguiente escenario.

El operador procede a ingresar una masa menor de 9 Kg, entonces se debe analizar, la forma adecuada para obtener la altura teórica, debido a que estará en la sección cónica, y empezará a variar la masa en función de la altura y esta a su vez del volumen que almacene con el líquido.

Figura15

Relación Trigonométrica



Para realizar una relación entre la altura total y la altura deseada, se procede a con el siguiente análisis trigonométrico.

$$\frac{R}{r} = \frac{H}{h}$$

$$r = \frac{R \cdot h}{H}$$

Partiendo de esta función, y conociendo que el volumen se puede expresar en función de la masa

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Mientras que el volumen del cono es

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

Se procede a sustituir el valor del radio

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{R^* h}{H} \right)^2 h$$

$$\frac{m}{\rho} = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{R^* h}{H} \right)^2 h$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{3 * m * H^2}{\pi * \rho * R^2}}$$

Con esta base, se debe realizar una realizar una consideración adicional, si la masa ingresada es menor de 9kg y la altura teórica obtenida, sea menor de 20 cm, el fluido seguirá en la sección cónica.

Se conoce la masa de ingreso del primer fluido en este caso masa A, mientras que el segundo ingreso se denominará masa B, por lo tanto, se procederá de la siguiente manera.

$$m_{B_cono} = 9 - m_A$$

De esta manera se podrá, conocer la cantidad de masa B que estará en el cono, sin necesidad de realizar un cálculo de mayor complejidad computacional.

Posteriormente, se procederá a obtener la altura y solo requerimos la sección cilíndrica, la cual se determinará de la siguiente manera

$$V_{cilindro} = \pi * h_{cilindro} * R^2$$

$$\frac{m}{\rho} = \pi * h_{cilindro} * R^2$$

Tener en consideración que la masa que debe reemplazar en la igualdad no será la misma que la que el operador ingresa al sistema.

$$m_{cilindro} = m_{input} - m_{cono}$$

Por lo tanto, la función de la altura será tomado de la siguiente forma

$$h_{cilindro} = \frac{m_{cilindro}}{\rho * \pi * R^2}$$

En el caso, de que el valor ingresado sea mayor de 9 Kg, solo se debe analizar la sección cilíndrica debido a que la parte cónica estará completa, por lo tanto las ecuaciones previas serán válidas, pero considerando la masa.

2.8 Parámetros de software de monitoreo y control

Se implementó un HMI desarrollado en software libre, el cual permite visualizar en tiempo real información del proceso como, por ejemplo, la cantidad de cada líquido en la receta, las bombas y válvulas activadas para cumplir el ciclo de fabricación, números de lotes por fabricar y estatus de la presión del tanque.

2.6.3 Selección de base de Datos

Para garantizar un desempeño eficiente de transmisión de datos del sistema de dosificación, requiere una evaluación técnica estableciendo los siguientes criterios.

Tabla11

Criterio de Selección para Base de Datos

Peso	Criterio	Rango de Importancia (1-5)	%De Decisión
5	Compatibilidad con Node-Red	5	25%
4	Costo /Licencia	4	20%
3	Escalabilidad y rendimiento	3	15%
3	Facilidad de integración y uso	3	15%
2	Seguridad y acceso remoto	2	10%
2	Soporte de reportería	2	10%
1	Comunidad y documentación	1	5%
Total			100%

Tabla 12.

Resultados de las Base de datos consideradas según criterios de selección

	Criterios								Resultados				
Peso	5	4	3	3	2	2	1	Puntaje sin peso	Puntaje con peso	Prioridad			
Opciones	Compatibilidad con Node-Red	Costo /Licencia	Escalabilidad y rendimiento	Facilidad de integración y uso	Seguridad y acceso remoto	Soporte de reportería	Comunidad y documentación						
MySQL	5	5	4	4	4	2	5				29	90	1
SQL Server	3	2	5	3	5	5	3				26	70	3
SQLite	4	5	2	5	2	3	4				25	75	2
Oracle SQL	2	1	5	2	5	5	2	22	57	4			

2.9 Parámetros de diseño eléctrico

Acorde a los parámetros eléctricos para las secciones de control y fuerza mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 13

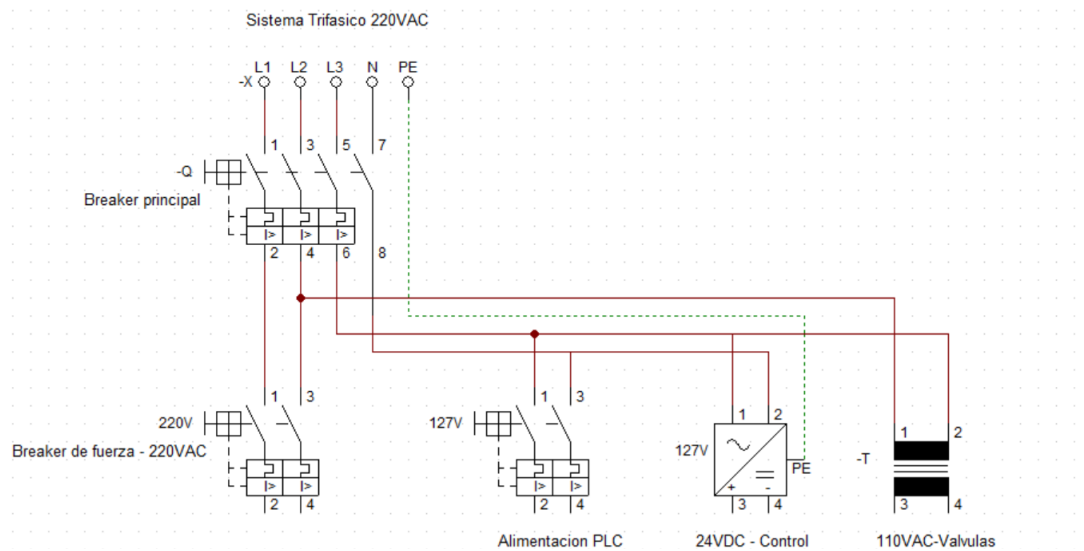
Requerimientos del diseño Eléctrico

Criterio	Requerimiento
Alimentación circuito de control	24VDC.
Alimentación circuito de fuerza	220VAC Bifásico.
Características eléctricas de las bombas	220VAC y 10A.
Características eléctricas de válvulas	110VAC

Se propuso un arreglo eléctrico donde se derivaron dos líneas vivas para el accionamiento de las componentes.

Figura16

Sistema de Alimentación



En base este esquema de derivaciones se plantearon los parámetros necesarios para seleccionar los dispositivos del sistema eléctrico. Partiendo de la red principal, se realizó la red de fuerza mediante el siguiente calculo:

$$V_{ll} \text{ trifasico} = 220VAC$$
$$V_l \text{ trifasico} = \frac{220VAC}{\sqrt{3}} = 127.01 VAC$$

Con esto, se tiene el voltaje de las dos líneas vivas para la red bifásica correspondiente a la alimentación bifásica de las bombas a emplear. Como componente de activación y seguridad se tomó un interruptor termomagnético para esta sección.

Para la alimentación del PLC se cuenta con un rango de 85 a 264 VAC, por este motivo se optó por manejar una línea viva de la red principal junto con el neutro, de la misma manera, se acompaña al controlador de campo con un interruptor termomagnético como protección.

La selección de la fuente regulable se debe ajustar al voltaje de una línea viva y el neutro de la red principal, mientras que el transformador debe manejar el voltaje de dos líneas vivas para suministrar la energía a las electroválvulas.

Tabla 14

Componentes Eléctricos

Equipo	Parámetro eléctrico	Modelo Físico	Aplicación
Alimentación para circuito de control	24VDC de entrada		Voltaje de entrada: 115 – 230 VAC (rango viable en la red monofasica) Voltaje de salida: 24VDC Corriente de salida: 7.5 A
Alimentación circuito de fuerza	220VAC Derivación mediante dos líneas vivas.		Interruptor termomagnético 230V y 16 A. Derivación de la red principal con margen de seguridad.
Contactores para las bombas.	Voltaje máximo entre líneas 220VAC, amperaje de 10 A		Voltaje máximo 440 V, 12 a 25 A.
Relés de control	Adaptado a la red de control.		Relé enchufable, 24VDC - 10 ^a
Contactores auxiliares adicionales	Control manual seguro.		Restringe de manera definitiva la activación accidental de dos o más botones.

Transformador para las válvulas	Voltaje de red derivada 220V línea-línea		Alimentación para la activación de las válvulas respectivas.
--	--	---	--

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

En esta sección se describe el diseño mecánico en 3D de la estructura del tanque. Se mostrará el análisis de elementos finitos. En el sistema eléctrico y de control, se muestra la programación en TIA PORTAL, NODE RED Y MYSQL.

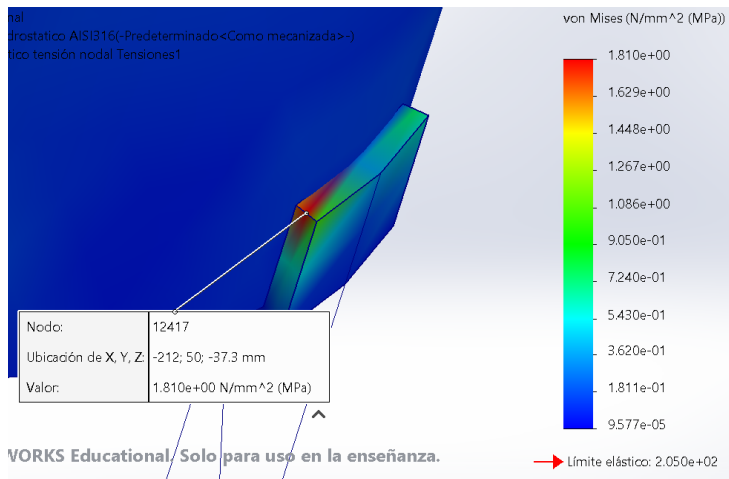
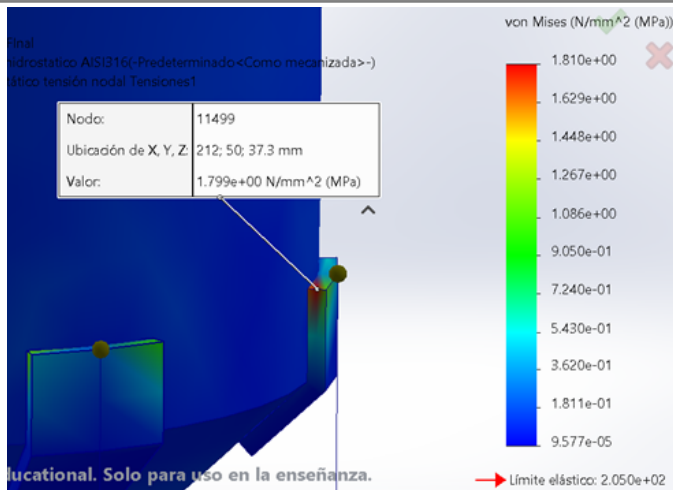
3.1 Diseño Mecánico

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para le modelo de tanque inicial, el cual tiene 12 mm de espesor y 6 patas de soporte.

Tabla15

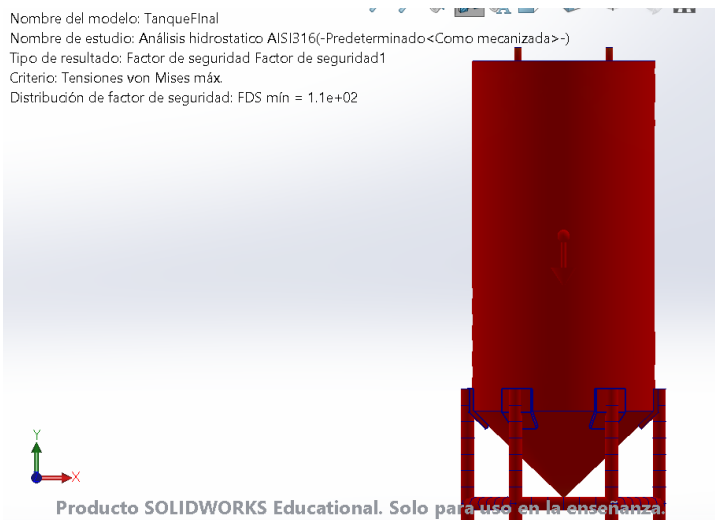
Experimentos Modelo de Tanque 12 mm y 6 patas

Modelo	Parámetro	Especificación
	Dimensiones	12 mm de espesor, 6 patas de soporte
	Concentración de esfuerzo, pieza 1	Esfuerzo de von Mises, 1.799 MPa, bajo la carga de prueba del agua, 9810 Pa



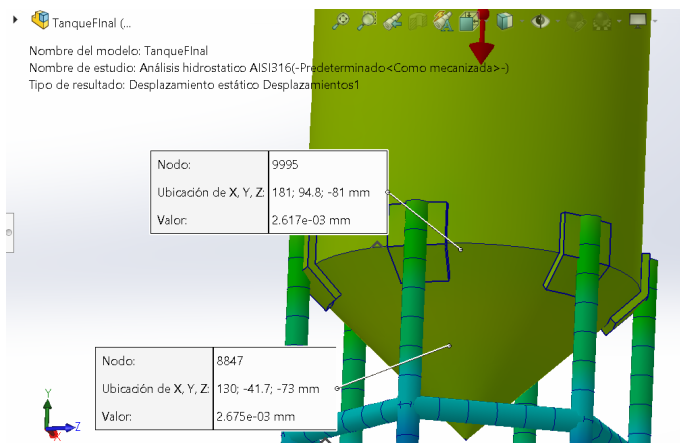
Concentración
de esfuerzo,
pieza 2

Esfuerzo de
von Mises,
1.810 MPa,
bajo la carga de
prueba del
agua, 9810 Pa



Factor de
seguridad
elevado

FDS a 110



Inspección de desplazamientos en secciones

Desplazamiento de orden milimétrico con un factor del 10^{-3} , parámetro despreciable

Dado que el factor de seguridad fue de 110, después de imponer la carga hidrostática del agua de 9810 Pa, para el tanque de 12 mm y 6 patas fue demasiado elevado, esto indicó un sobredimensionamiento de la estructura, por este motivo se redujeron los parámetros de las patas de soporte y el espesor.

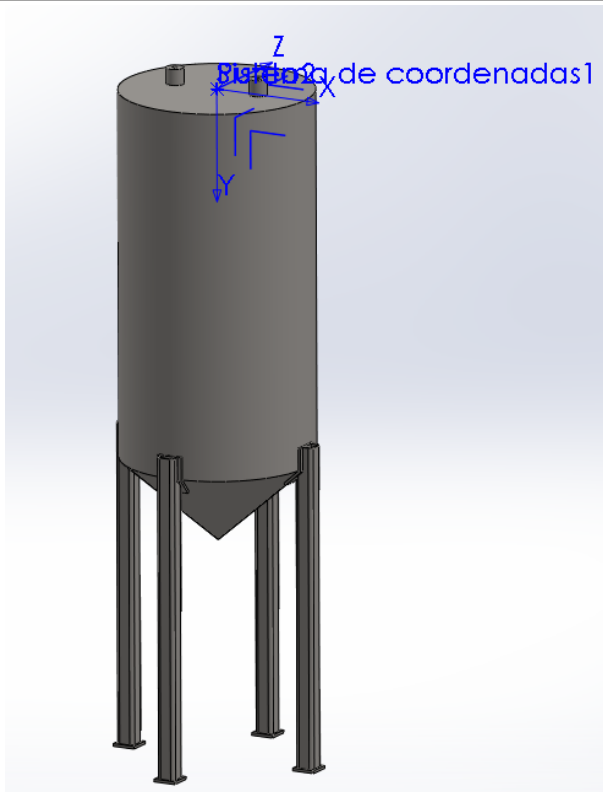
El número de patas se redujeron a 4 patas, mientras que el espesor quedó sujeto a la norma ASME, sección UG-25, donde se menciona que, los recipientes o secciones de los recipientes que sufran adelgazamiento por corrosión, se debe asegurar la vida útil del recipiente mediante el incremento del espesor por encima de las fórmulas de diseño o por otro método de protección [11]

Con esto, se propuso un tanque de 6mm, donde los 4 mm de espesor fueron destinados a la estructura del tanque, mientras que los 2 mm adicionales, se los utilizaron como corrosión admisible. Como se redujo el espesor, se propuso una carga hidrostática más exigente con un valor de 13969.44 Pa. Se empleó la miel a una altura total de 1 m, correspondiente a la altura total del tanque.

Tabla16

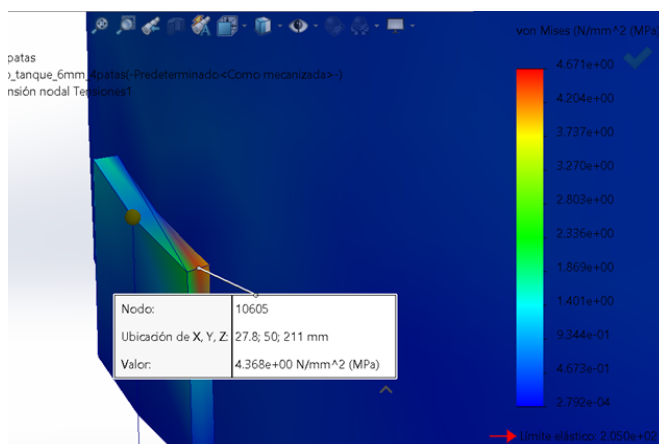
Experimentos Modelo de Tanque 6 mm y 4 patas

Modelo	Parámetro	Especificación
--------	-----------	----------------



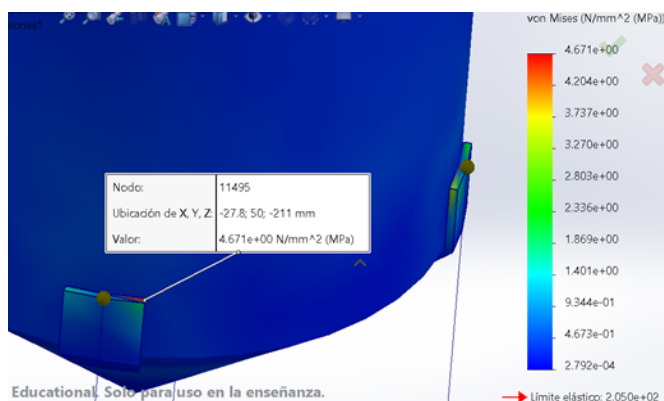
Modelo de
tanque, 6 mm y
4 patas de
soporte

Reducción de los
parámetros de
construcción, con el
fin de evadir
sobredimensionamiento.
o.



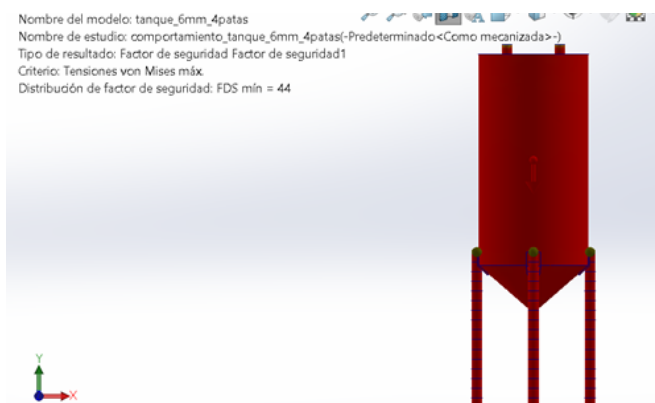
Mayor
concentración
de esfuerzo,
pieza 1

Esfuerzo de von
Mises, 4.368 MPa,
bajo la carga
hidrostática de
13969.44 Pa



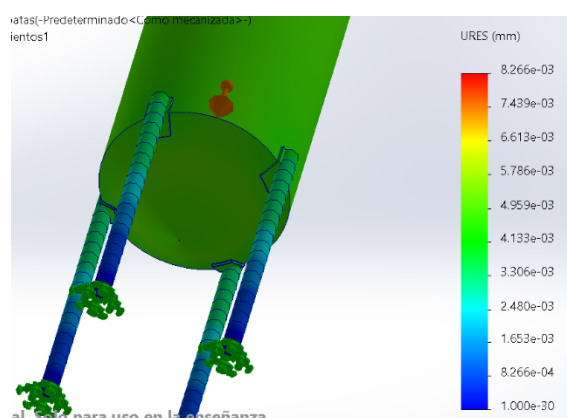
Mayor
concentración
de esfuerzo,
pieza 2

Esfuerzo de von
Mises, 4.671 MPa,
bajo la carga
hidrostática de
13969.44 Pa



Factor de
seguridad

44



Desplazamient
os generales

Desplazamiento de
orden milimétrico con
un factor del 10^{-3} ,
parámetro despreciable

Las piezas del segundo modelo de tanque, que presentaron mayor concentración de esfuerzos no superan el límite de fluencia del material AISI 316. Bajo la teoría de distorsión máxima de Von Mises, se genera una cedencia del material siempre que estos esfuerzos sean mayores al límite de fluencia del material, véase en la Tabla 17 que los esfuerzos obtenidos no superan el S_y , por lo tanto, no existe falla por cedencia.

Tabla17

Comparación de Resultados Teoría de von Mises

Punto de Prueba	Von Mises [MPa]	Comparación	Límite de Fluencia AISI 316	Valor
Punto de prueba Nodo: 10605	4.368	<	205 MPa	Verdadero

Punto de prueba	4.67	<	205 MPa	Verdadero
Nodo: 11495				

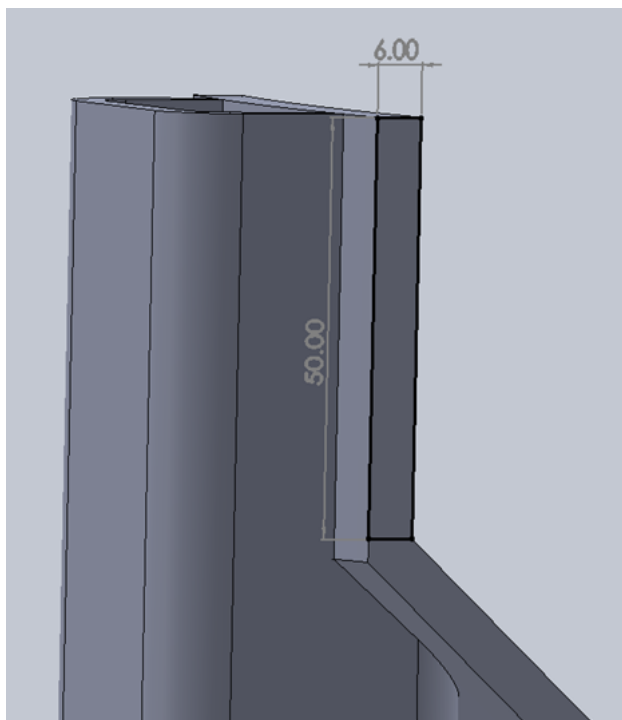
Recordando que el tanque tiene dos estados para el proceso de dosificación, se procedió a simular este proceso considerando un estado inicial de vacioun llenado completo del tanque, para verificar si las piezas con mayor concentración de esfuerzos presentan falla por fatiga.

A partir de este punto, se retoma la ecuación de Marín, para el cálculo del factor de tamaño k_b y k_c para definir el valor del esfuerzo limite a la fatiga.

Para el cálculo del factor k_b , el factor de tamaño, se utilizó la sección lateral de las dos piezas que unen al tanque a los soportes dado que presentaron concentraciones de esfuerzos mucho mayor al resto de las piezas de soporte.

Figura17

Perfil seleccionado para inspección

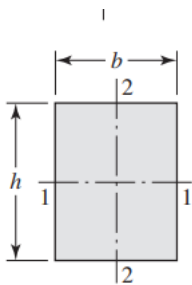


La sección que se empleó para el cálculo del límite a la fatiga corresponde a la imagen superior, acorde al perfil y las especificaciones para el cálculo del factor k_b , se empleó la información de la Figura 7.

No obstante, como la selección del perfil no corresponde a una sección circular, se empleó el diámetro equivalente d_e para el caso de un perfil rectangular como lo detalla la siguiente imagen.

Figura 18

Diámetro equivalente empleado



$$A_{0.95\sigma} = 0.05hb$$

$$d_e = 0.808\sqrt{hb}$$

En base a esta especificación, y las medidas en milímetro detalladas en la imagen de la pieza, se realizó el cálculo d_e con $H = 50 \text{ mm}$ y $B = 6 \text{ mm}$.

$$d_e = 0.808 \cdot \sqrt{H \cdot B}$$

$$d_e = 0.808 \cdot \sqrt{50 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm}}$$

$$d_e = 13.99 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

El valor de d_e se debe reemplazar en la tabla de k_b , en la tercera fila para obtener lo siguiente:

$$k_b = 1.24 \cdot (14 \text{ mm})^{-0.107}$$

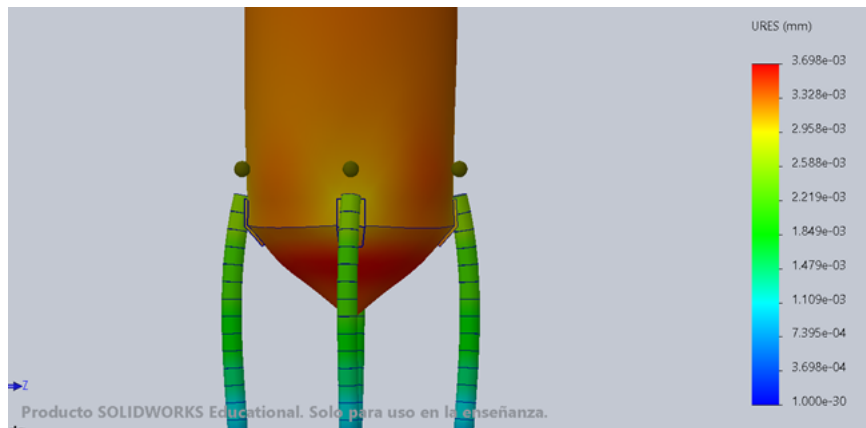
$$k_b = 0.9349$$

$$k_b = 0.935$$

Para el cálculo del factor k_c se empleó la información de la Figura 8, y junto con el resultado de la simulación de la Figura 19, se determinó que la pieza está a flexión.

Figura19

Desplazamientos del tanque bajo la carga de 1369.44 Pa



Bajo los resultados de aplicar la carga en el tanque de 6 mm, se obtuvo el término

$$k_c = 1.$$

Con esto valores reemplazados en la ecuación de Marin, se obtiene que:

$$S_e = (0.022)(0.935)(1)(1.020)(0.897)(257.5 \text{ MPa})$$

$$S_e = 4.85 \text{ MPa}$$

Con el valor definido para S_e , se procedió a simular la condición 1, la cual simula un tanque vacío, ósea, sin liquido dentro, mientras que la condición 2 simula una presión de llenado al máximo, la sustancia de prueba fue la miel, donde su presión hidrostática fue de 13969.44 Pa.

Las condiciones del experimento para la carga fluctuante fueron las siguiente:

Tabla18

Condiciones para carga variable

Condición	Vació	Completo
Presión [Pa]	0.001	13969.44

Con estas variaciones de carga, se obtuvieron los siguientes resultados para las piezas 1 y

2

Para la pieza 1 bajo las condiciones 1 y 2 se obtuvo lo siguiente:

Figura20

Esfuerzo de von Mises, pieza 1 en condición 1

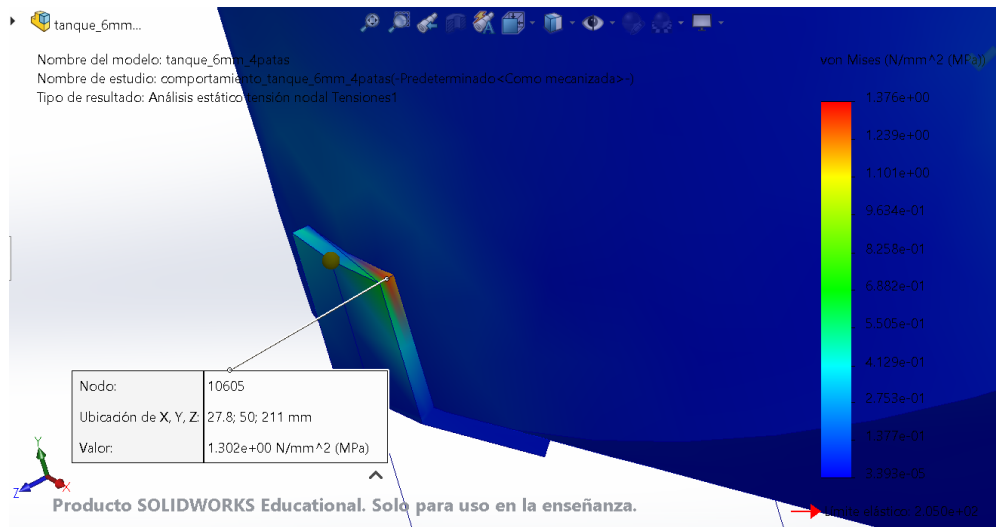


Figura21

1° Esfuerzo principal, pieza 1 en condición 1

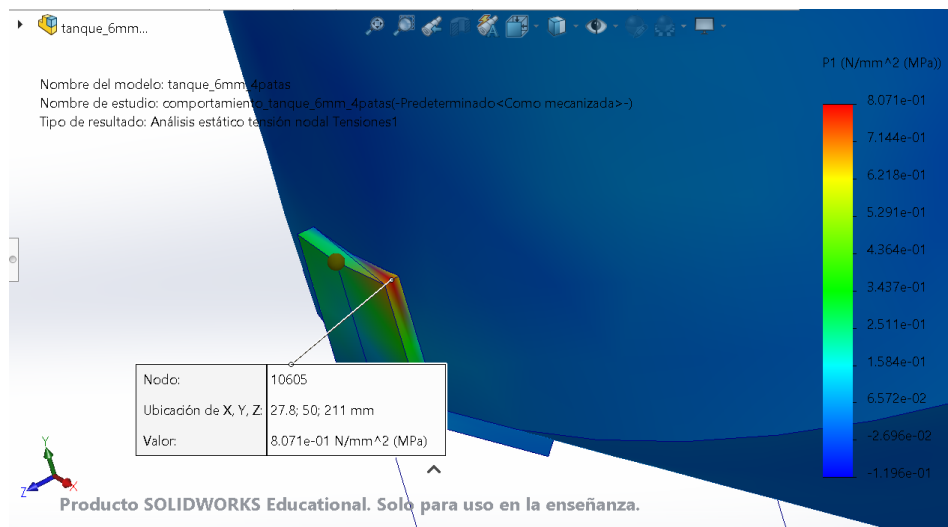


Figura22

3° Esfuerzo principal, pieza 1 en condición 1

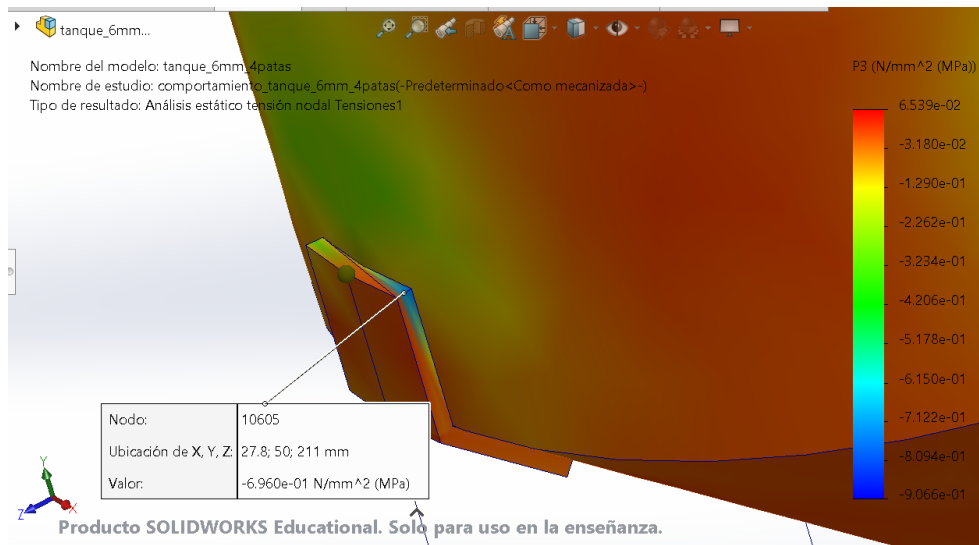


Figura23

Esfuerzo de von Mises, pieza 1 en condición 2

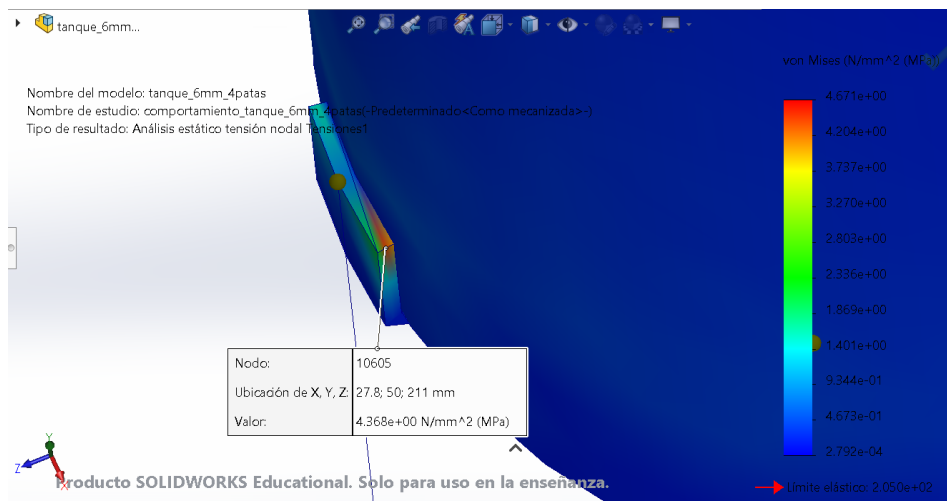


Figura24

1° esfuerzo principal, pieza 1 en condición 2

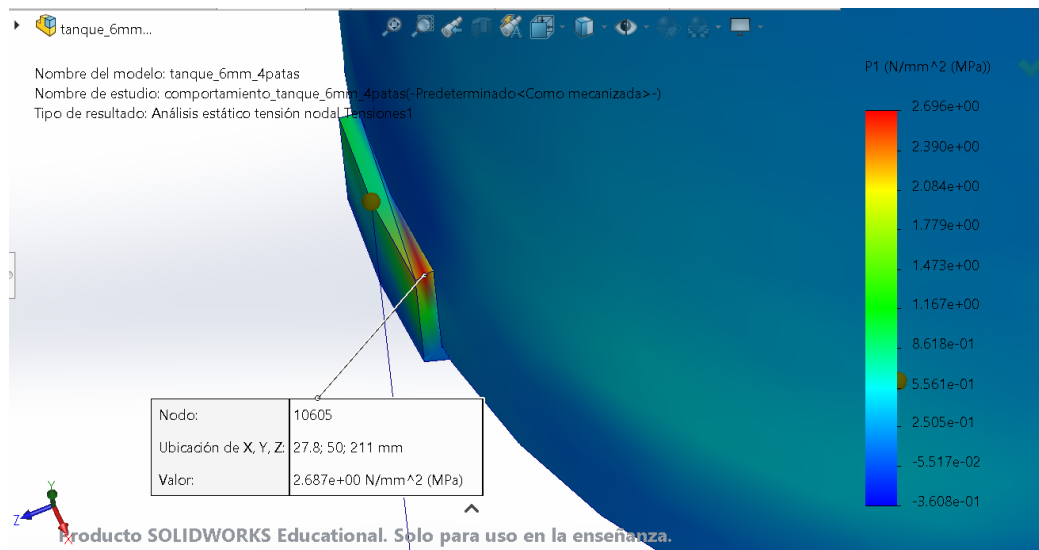


Figura25

3° esfuerzo principal, pieza 1 en condición 2

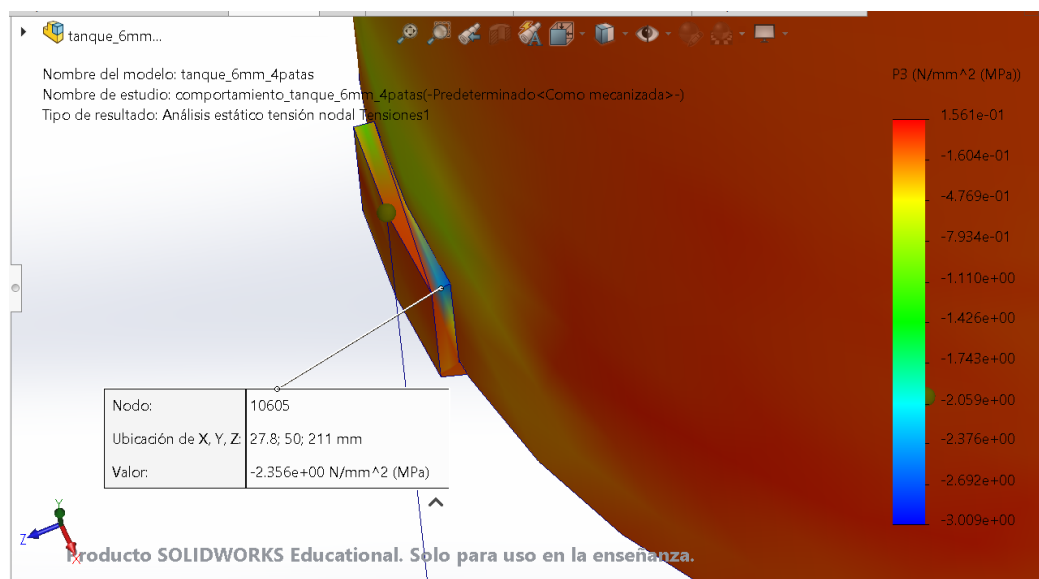


Tabla19

Adquisición de datos Pieza 1 modelo de tanque 6 mm

Parámetros	Esfuerzo Condición	Esfuerzo Condición
	1 [MPa]	2 [MPa]
σ'	1.302	4.368
σ_1	0.807	2.687

σ_3	-0.6960	-2.356
------------	---------	--------

Para la pieza 2 bajo las condiciones 1 y 2 se obtuvo lo siguiente:

Figura26

Von Mises, pieza 2 en condición 1

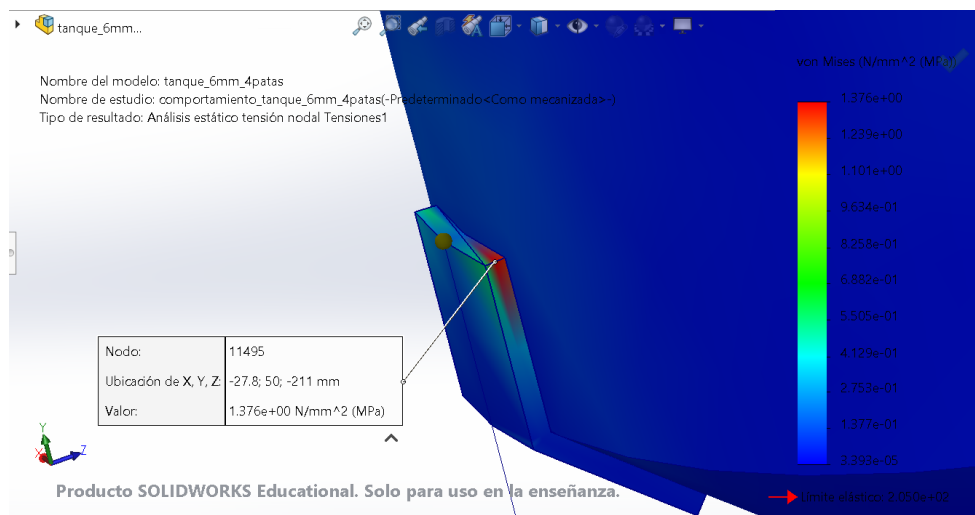


Figura27

1° esfuerzo principal, pieza 2 en condición 1

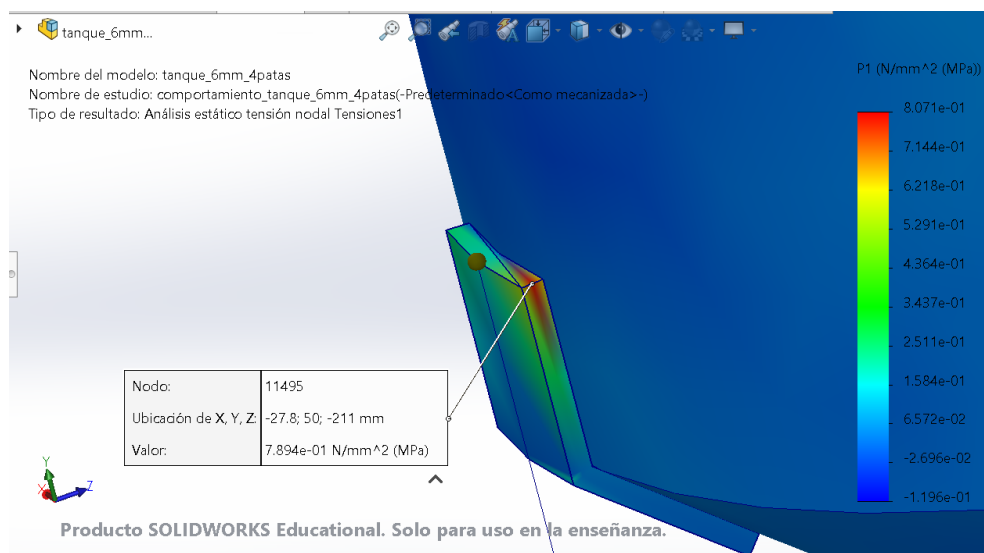


Figura28

3° esfuerzo principal, pieza 2 en condición 1

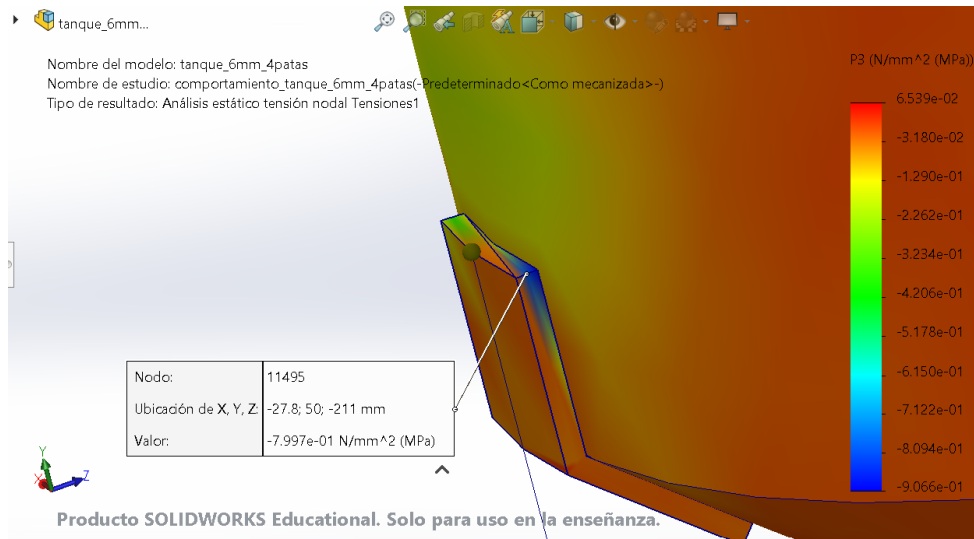


Figura29

Esfuerzo de Von Mises pieza 2 en condición 2

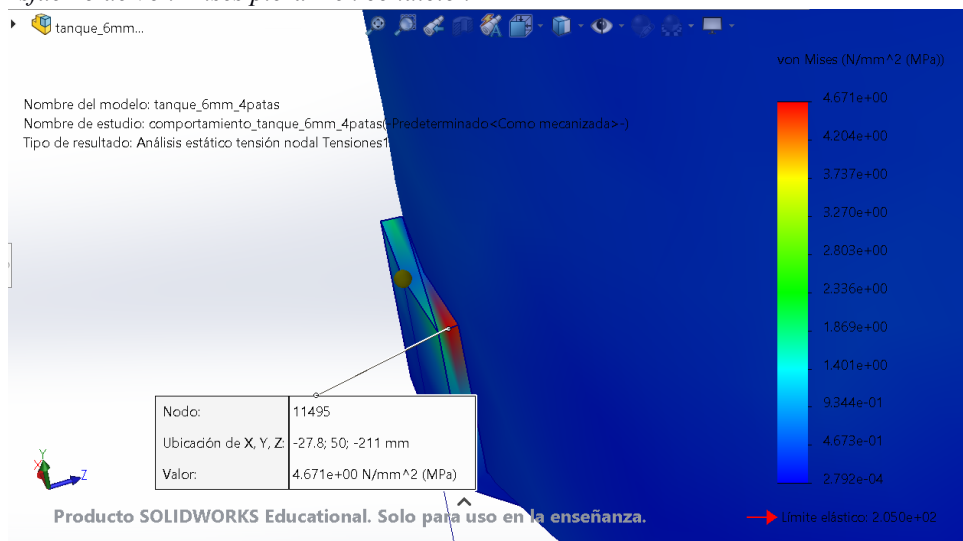


Figura30

1° esfuerzo principal pieza 2 en condición 2

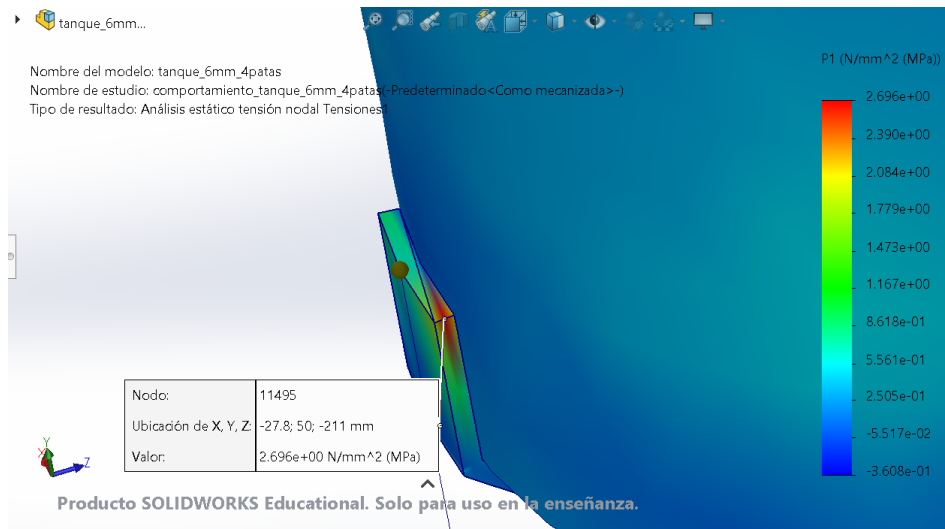


Figura31

3° esfuerzo principal, pieza 2 en condición 2

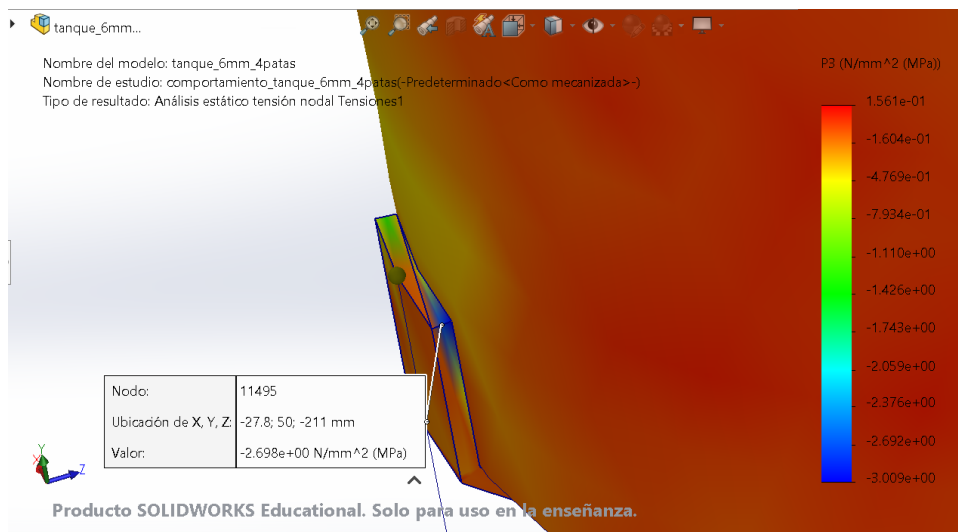


Tabla20*Adquisición de datos Pieza 2 modelo de tanque 6 mm*

Parámetros	Esfuerzo Condición	Esfuerzo Condición
	1 [MPa]	2 [MPa]
σ'	1.376	4.671
σ_1	0.789	2.696
σ_3	-0.799	-2.698

Para el cálculo del factor de seguridad mediante el criterio de Goodman modificado se tiene los siguientes valores.

Tabla21*Parámetros necesarios para el cálculo del factor de seguridad de Goodman modificado*

Parámetro	Valor
S_e	4.85 MPa
S_{ut}	515 MPa

Tabla22*Esfuerzos de von Mises Maximo y Minimo de cada pieza*

Von Mises [MPa]	Pieza 1	Pieza 2
σ'_{max}	4.368	4.671
σ'_{min}	1.302	1.376

Tabla23*Esfuerzo medio y componente de amplitud de cada pieza*

Esfuerzo [MPa]	Pieza 1	Pieza 2
σ_m	2.835	3.02
σ_a	1.53	1.647

Luego de reemplazar los valores correspondientes para la pieza 1 y 2 en la ecuación del factor de seguridad de Goodman modificado se tiene que:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

Se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla24

Factor de Seguridad bajo criterio de Goodman Modificado para las piezas 1 y 2

Factor de Seguridad	Pieza 1	Pieza 2
n	3.1	2.89

Acorde a los puntos 3 y 4 de la Figura 3.5, se determina que el tanque tiene un diseño seguro para los casos de llenado completo y carga variable.

Figura32

Clasificación de factores de seguridad

Materiales dúctiles

1. $N = 1.25$ a 2.0 . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. $N = 2.0$ a 2.5 . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3. $N = 2.5$ a 4.0 . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. $N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Nota. Formula obtenida del Libro de Diseño de elementos de Máquinas [17]

Como último experimento final se simuló el comportamiento del tanque bajo dos temperaturas altas de trabajo, 45 y 50°C conservando la carga hidrostática de 13969.44 Pa.

Tabla25

Resultados observados, simulación con variante de temperatura a 45°C

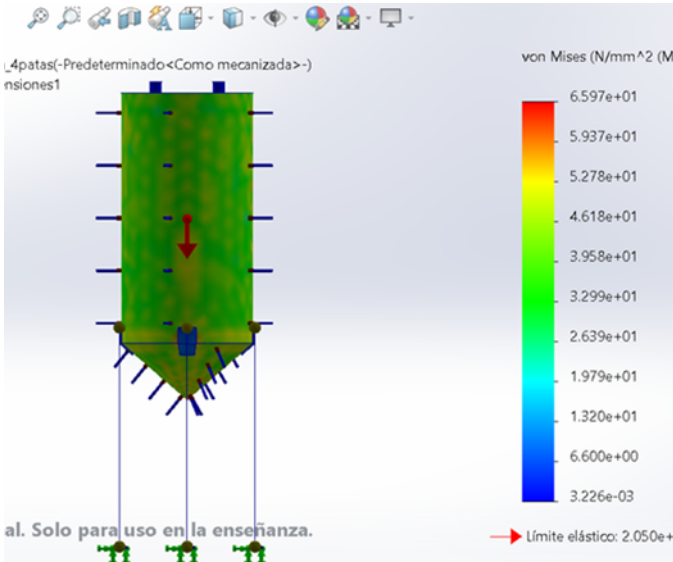
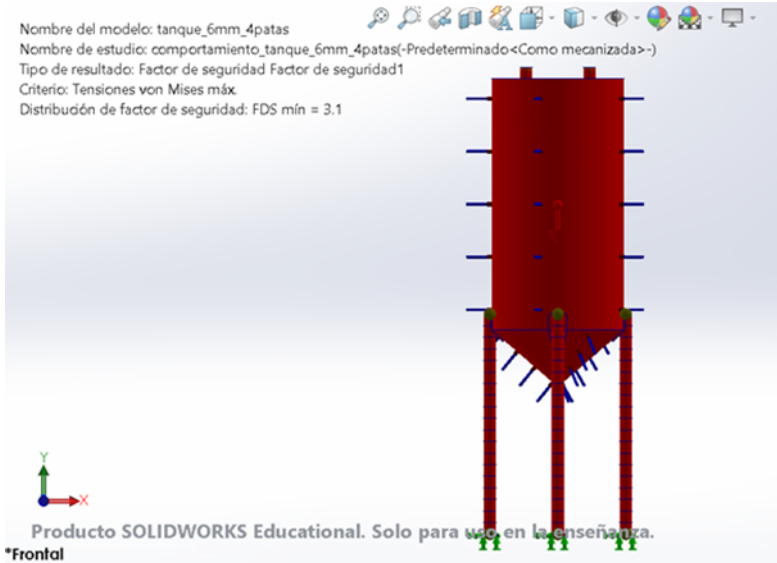
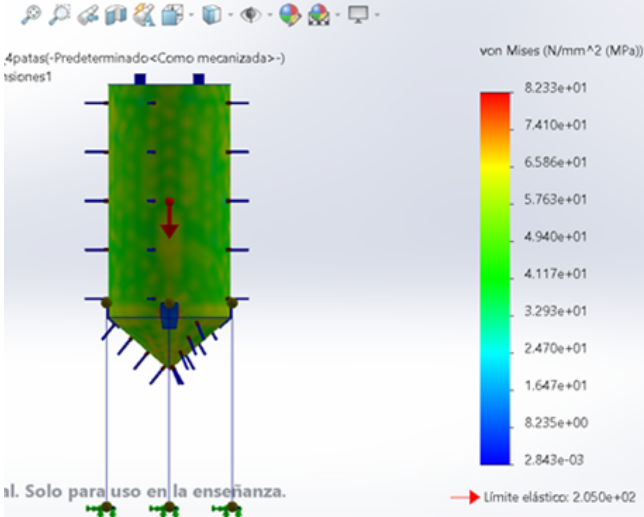
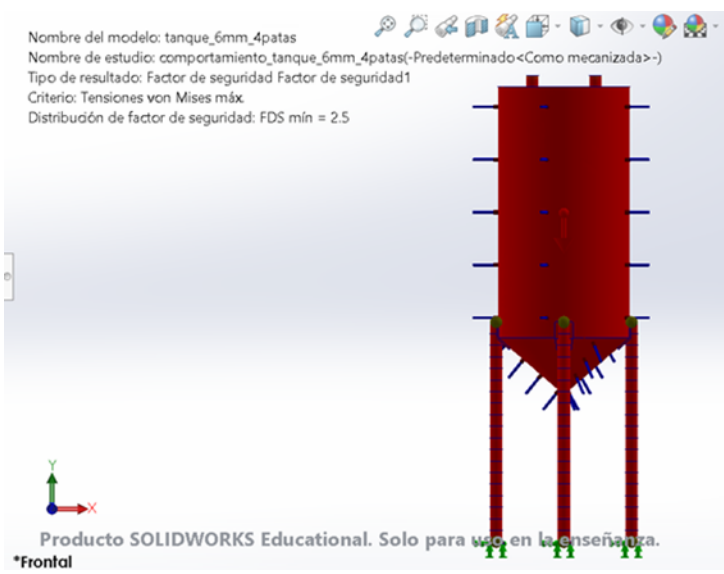
Simulación a 45°C	Observación
	Esfuerzo máximo en la estructura de 65.97 MPa
	Factor de seguridad de 3.1

Tabla26

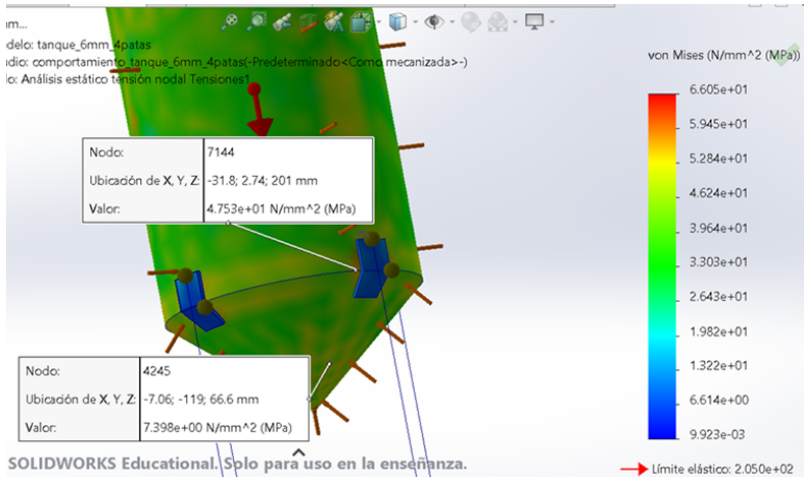
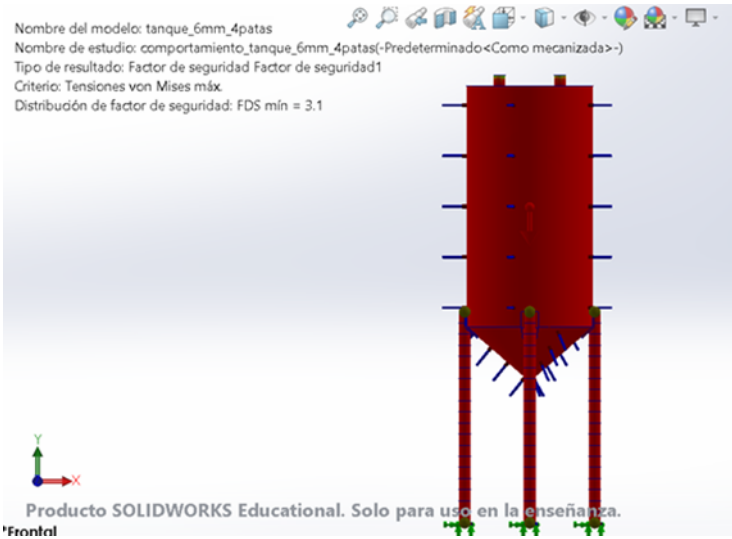
Resultados observados, simulación con variante de temperatura a 50°C

Simulación a 50°C	Observación
	Esfuerzo máximo en la estructura de 82.33 MPa
	Factor de seguridad de 2.5

Como último ensayo de prueba se tomó la carga hidrostática correspondiente al mercurio a una temperatura de 45°C

Tabla27

Resultados observados, simulación con Presión hidrostática del mercurio a 50°C

Simulación 45°C [Mercurio]	Observación
	Los puntos de prueba mostraron 47.53 y 7.398 MPa, estos valores siguen estando por debajo del límite de fluencia del AISI 316.
	Factor de seguridad a 3.1

Con los resultados de las ultimas experimentaciones, se determinó que el facto de seguridad de 44 para el modelo de tanque de 6 mm y 4 patas de soporte puede manejar las cargas hidrostáticas de trabajo normal y cargas más exigentes, así como el manejo de temperaturas de trabajo que rondan entre los 45 hasta los 50°C sin generar una cedencia en sus piezas.

3.2. Diseño Control

Para el sistema diseñado, se tiene en consideración el controlador empleado, y su entorno de diseño.

Es fundamental tener en consideración el control de cada batch, por eso se utiliza el siguiente esquema.

Figura33

Control de numero de Batches



Para determinar una comparación entre el valor medido y el valor seteado, se tiene la consideración que el sensor de presión, nos da una relación directa con la altura, pero este a su vez tiene una relación indirecta con la masa, por ende, es indispensable que se comparen una medida en que relacione las variables, en este caso, se procede a realizar una comparación de alturas.

Esto desembarca, en la programación de un cuadro, cálculo de altura, que toma como punto de partida, la zona crítica del tanque, base cónica, de esta forma se obtiene un valor teórico en función de la masa.

Figura34

Bloque de Cálculo de Altura Masa

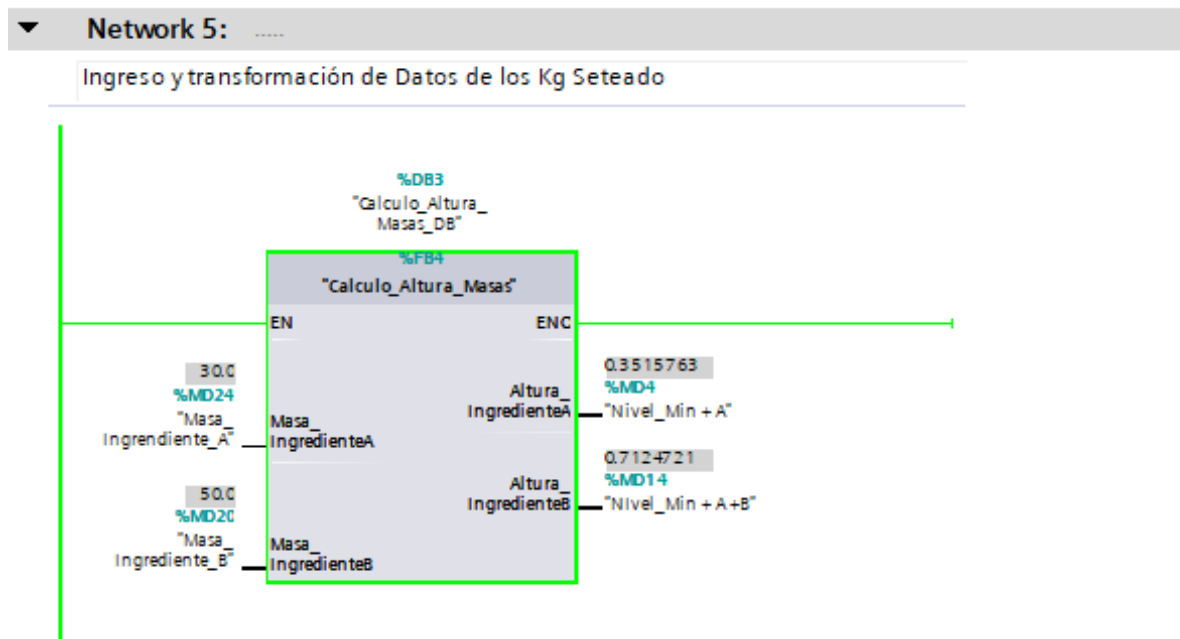
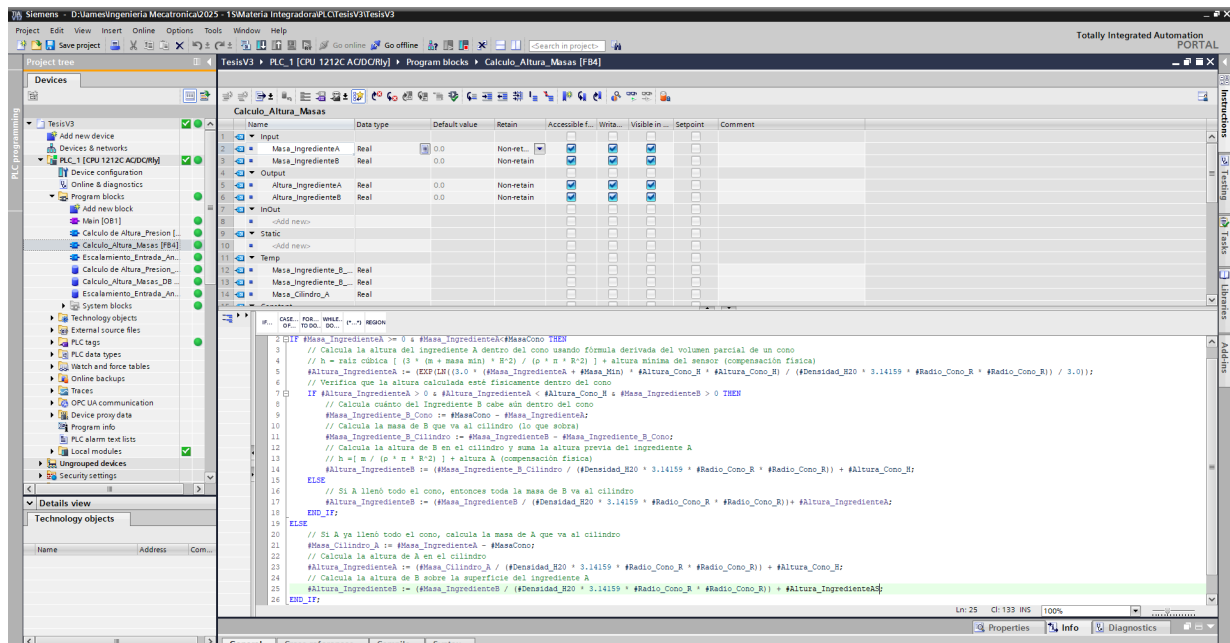


Figura35

Codificación del bloque de alturas de masas



Como protección contra residuos de producción previa, o algún escenario similar, se considera activar la bomba número tres, solo si, no ha iniciado el proceso de dosificación y

tenemos nivel del tanque leído por el sensor, cabe recalcar que la bomba tres, también se enciende cuando esta la etapa de desfogue de materia prima.

Figura36

Validación de remanente

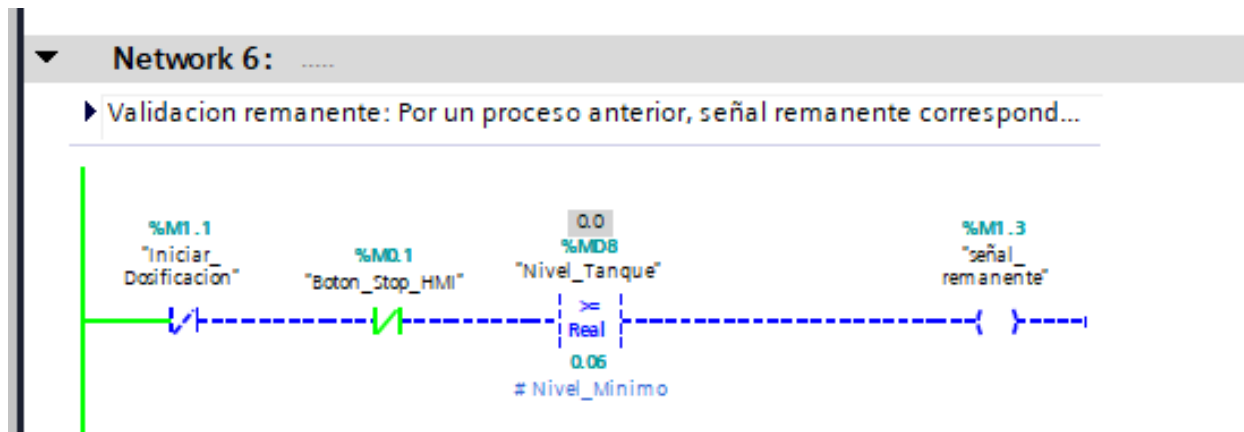


Figura37

Bloque de Etapas

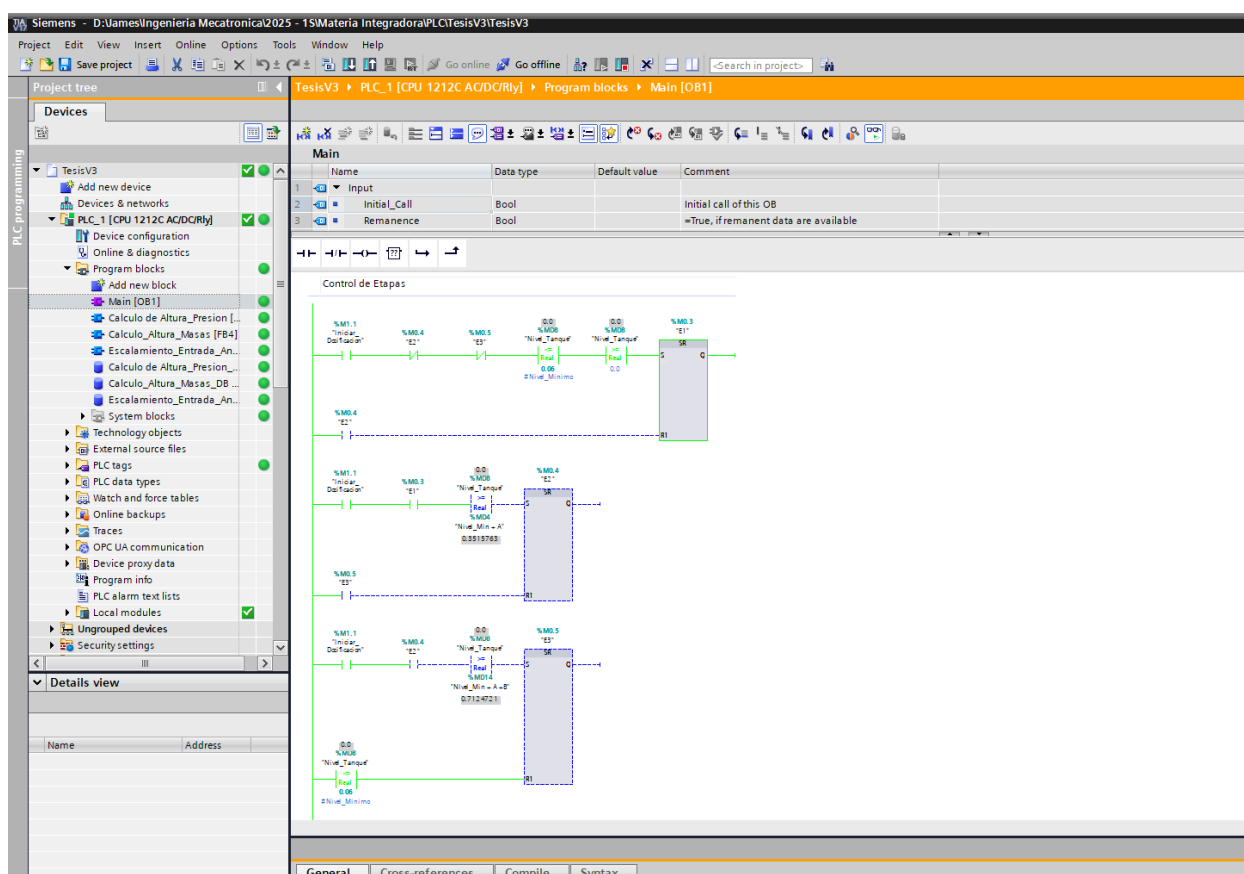
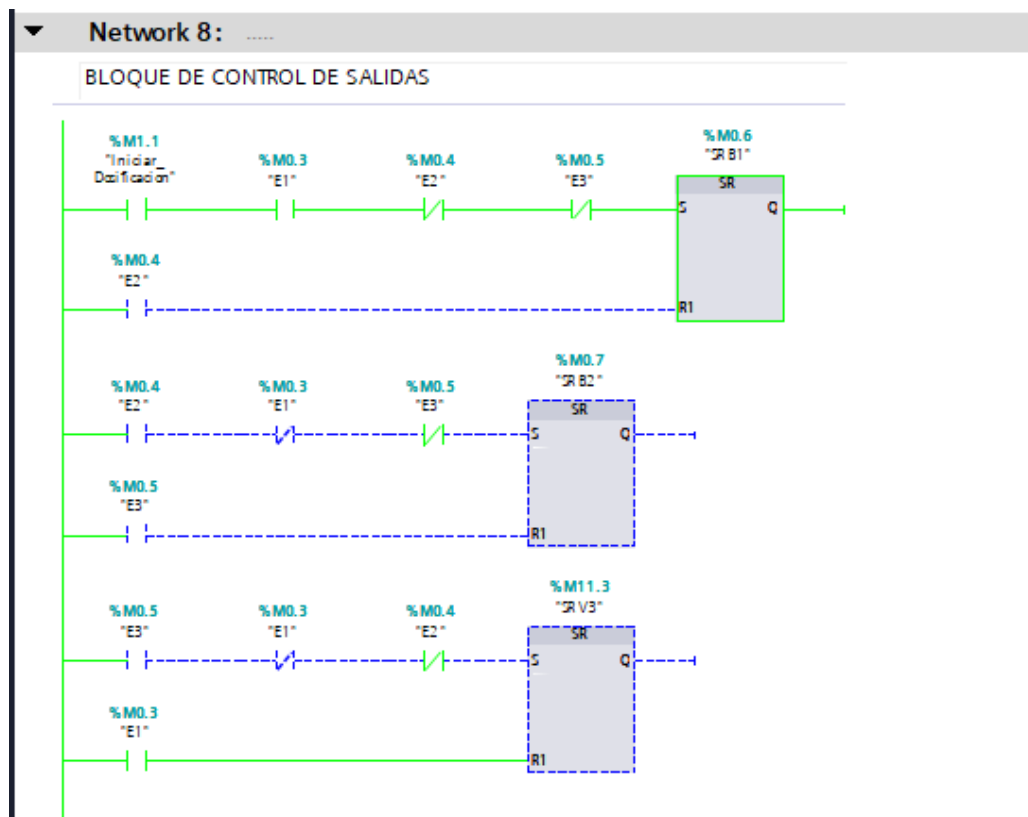


Figura38

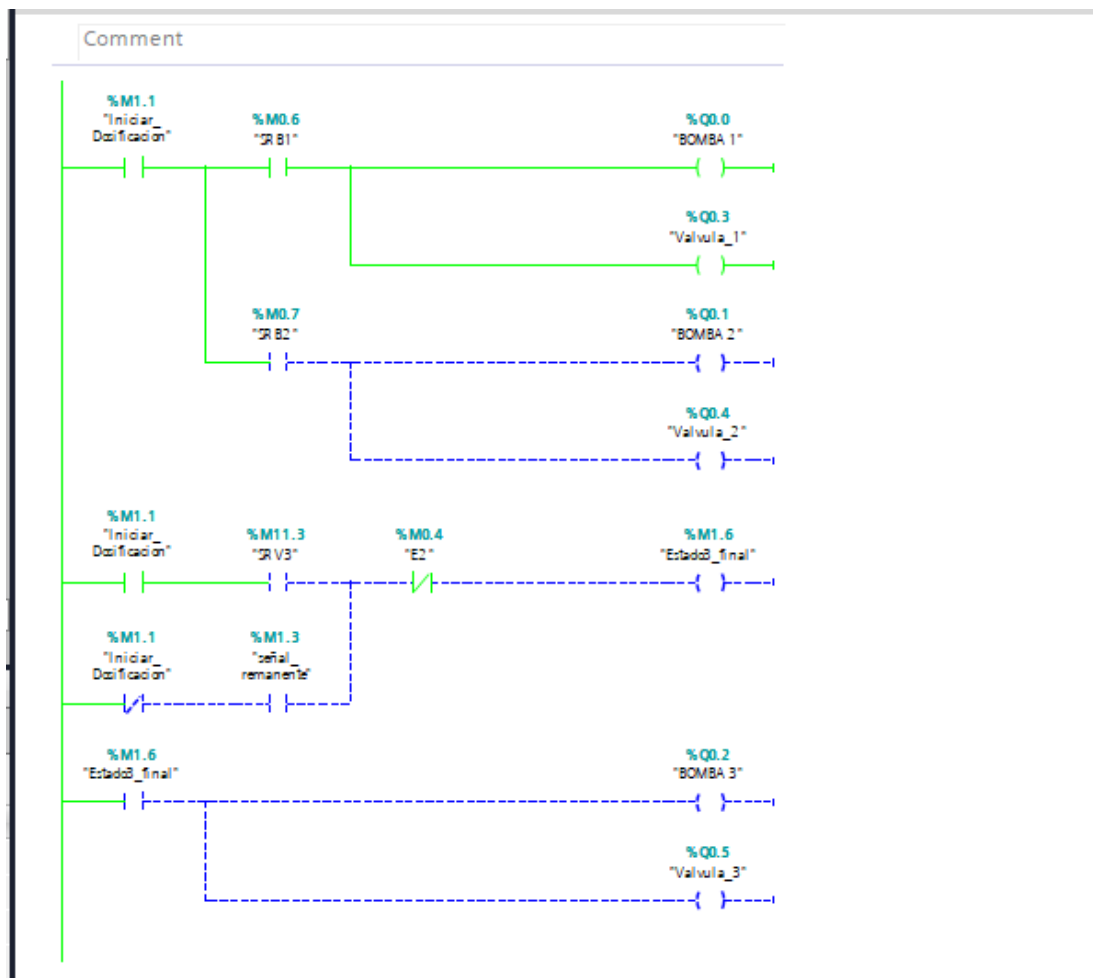
Bloque Control de Salidas



Para una correcta activación de las señales de salidas, estas deben pasar por una serie de validaciones, identificando las etapas del proceso y realizando acciones de forma secuencial.

Figura39

Bloque de Activación de Salidas



3.3. Diseño de Programación

Una correcta interacción con el usuario, significa una interfaz intuitiva, por ello, el HMI presentado, tiene la recepción de datos, y envió de datos al PLC, los cuales se registran en una database, empleando MYSQL, por su robustez, para posterior que el usuario pueda visualizar el reporte en un archivo CSV.

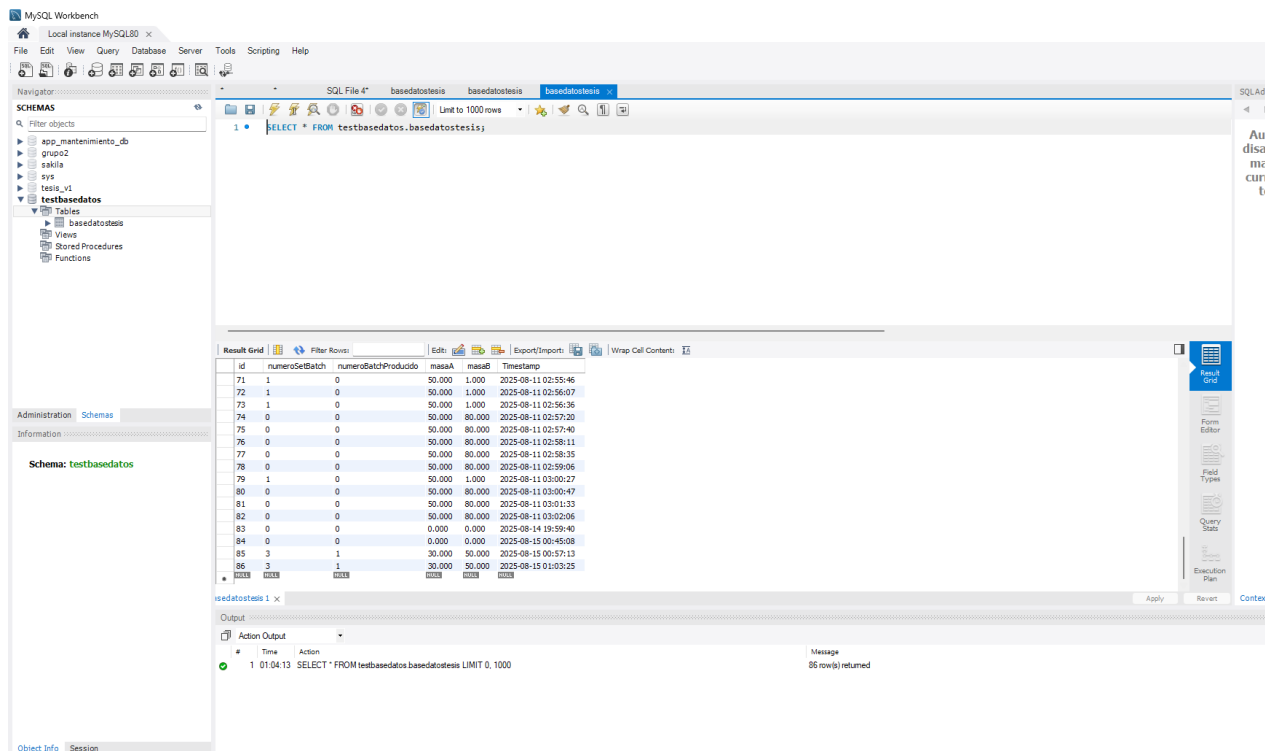
Node Red HMI



60

Figura42

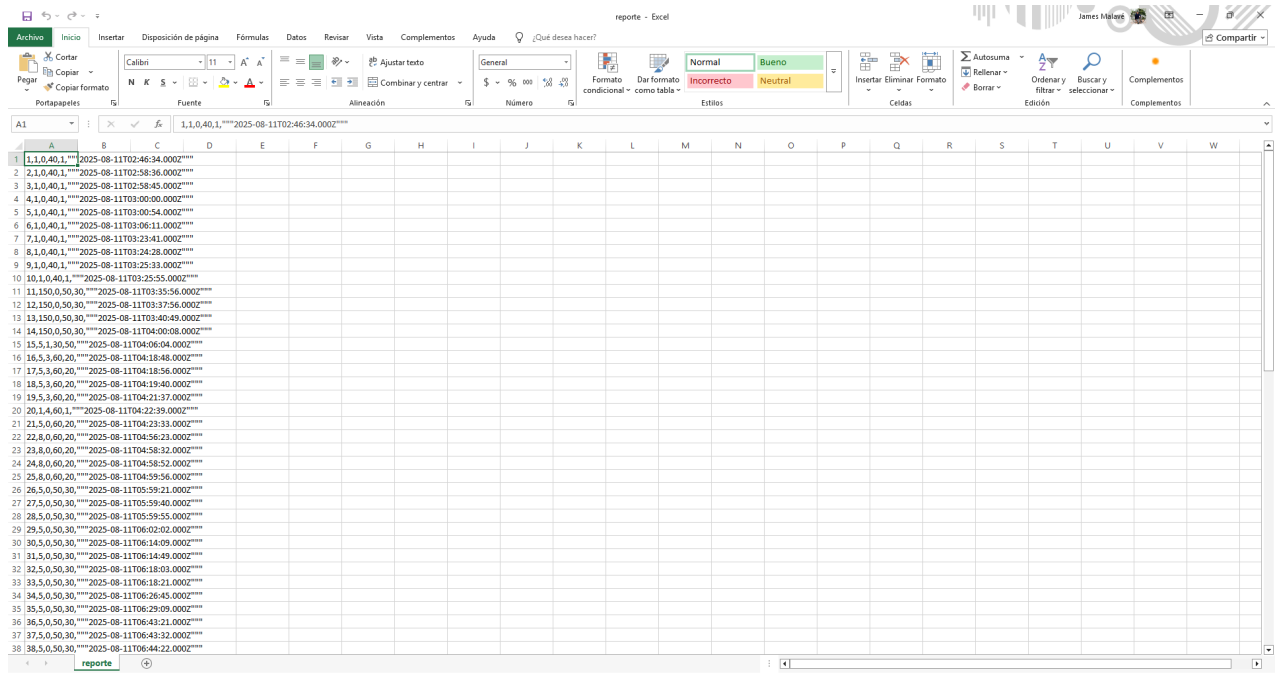
Almacenamiento de datos a MYSQL



Esta información se disponible en un csv de forma directa del database, sin embargo, también por funcionalidad del dashboard, se añade un enlace para la creación del archivo solicitado.

Figura43

Archivo CSV



Las pruebas empiezan con los diferentes modos de operación, de esta manera, se visualiza de forma gráfica e intuitiva señales, e incluso anomalías en la producción dándole la facilidad al operador, dando la tranquilidad de estar en un sistema a pruebas de fallas.

Figura44

HMI modo Manual Etapa 1

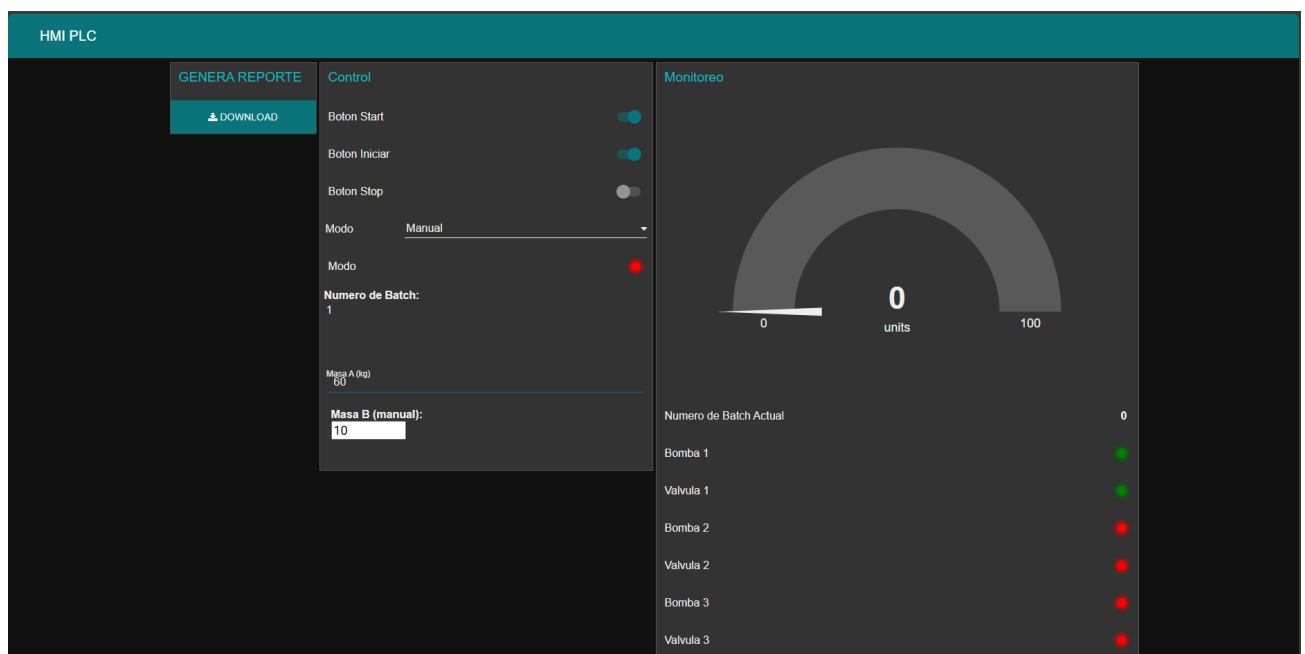


Figura45

HMI modo manual Etapa 2

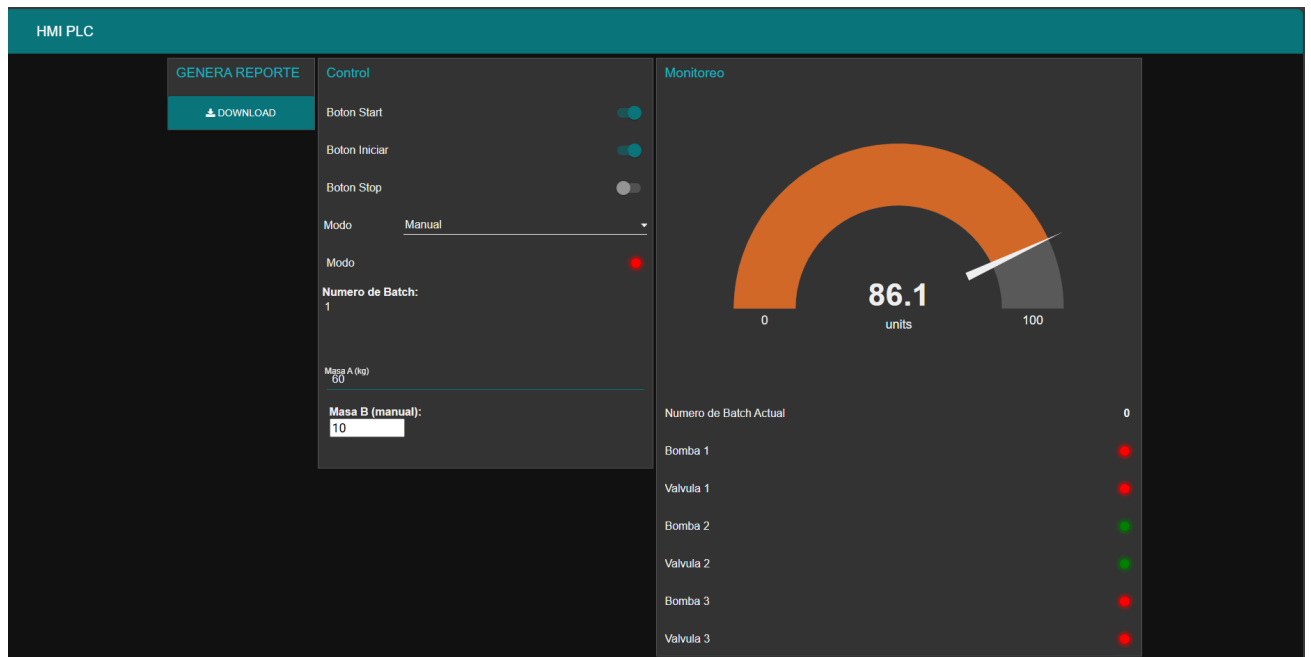


Figura 46

HMI modo manual Etapa 3

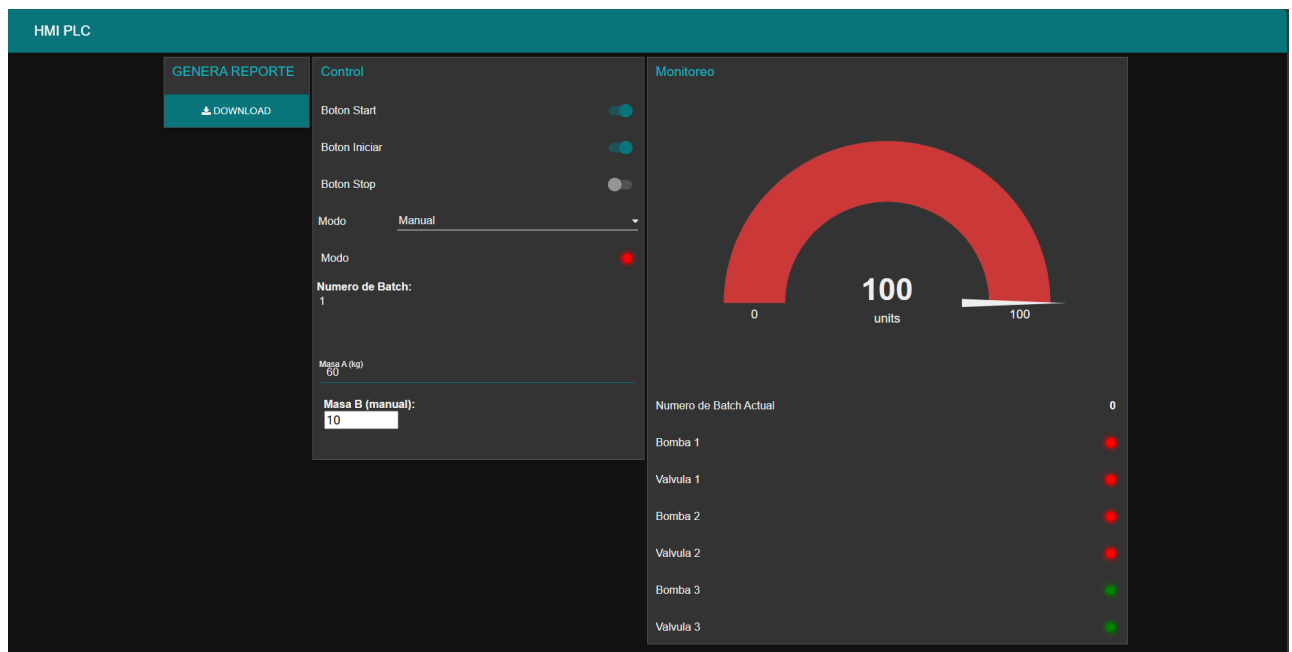


Figura47

HMI Modo Automático Etapa 1

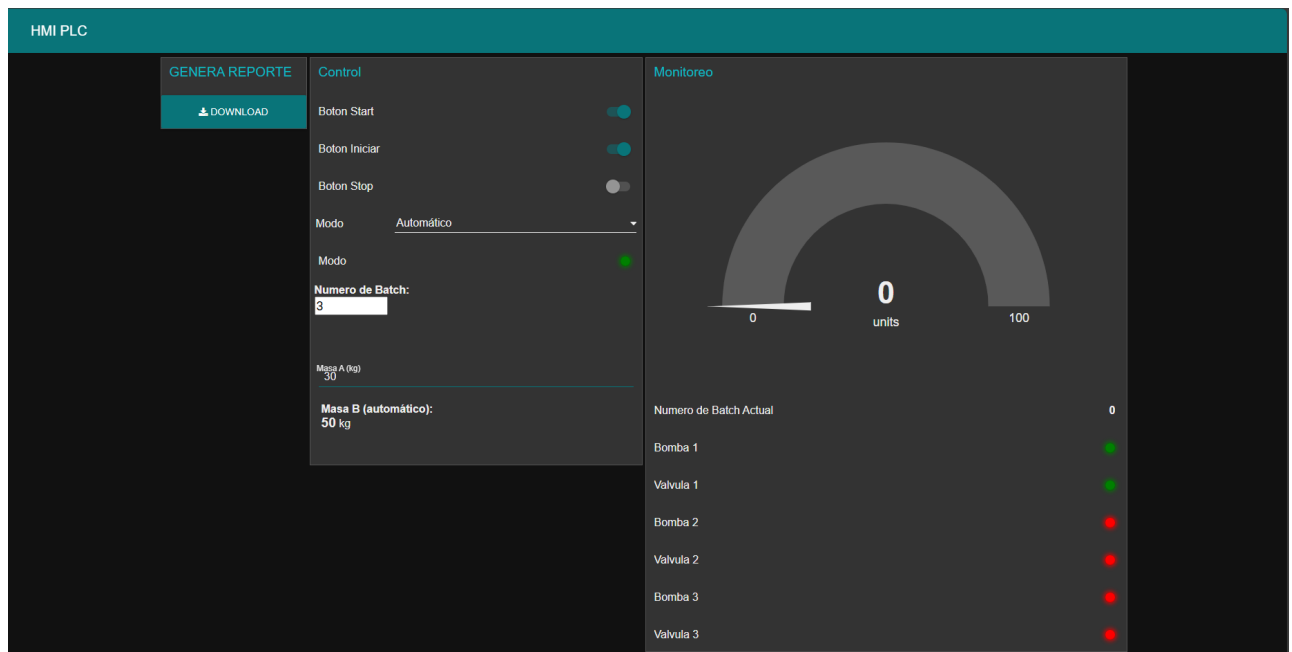


Figura48

HMI Modo Automático Etapa 2

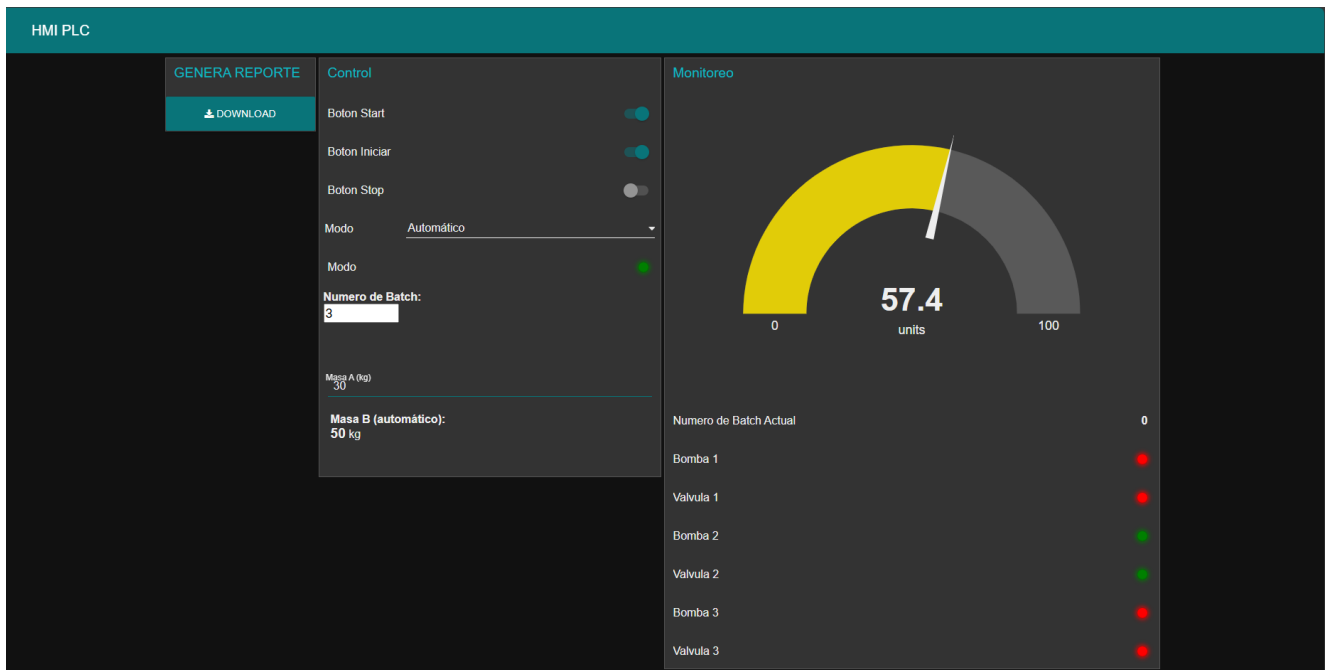


Figura49

HMI Modo Automático Etapa 3

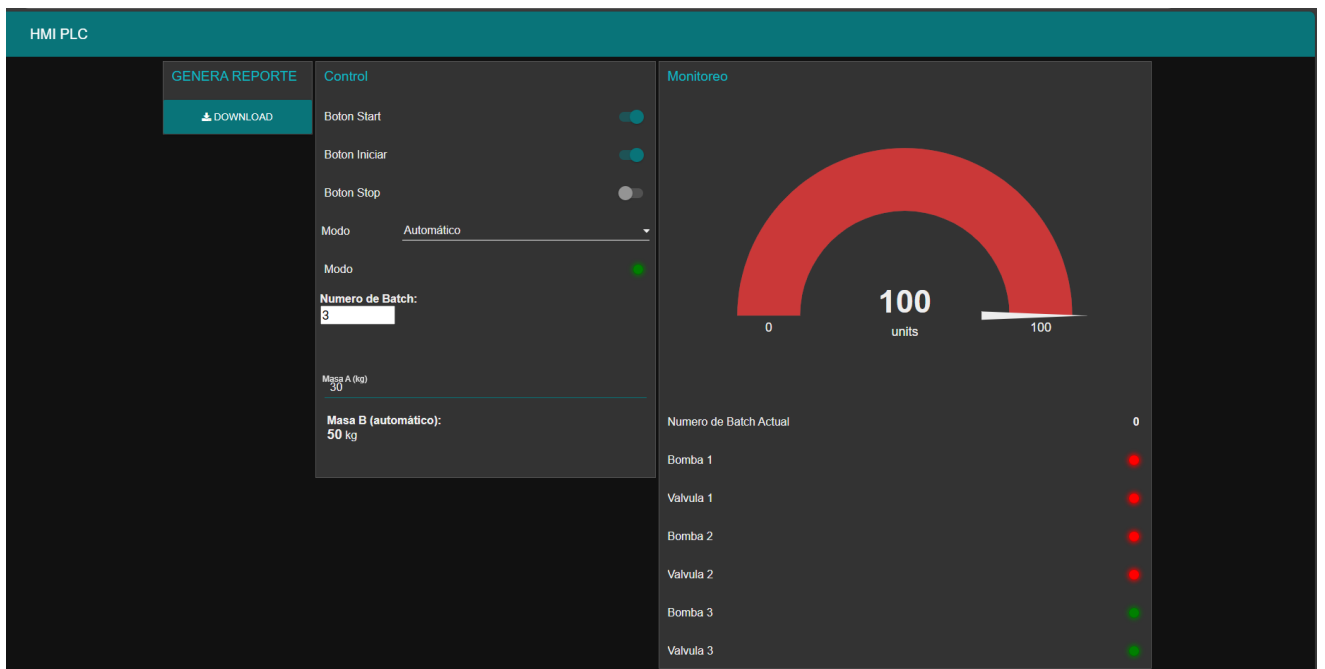


Figura50

HMI Modo Automático Conteo de Batch

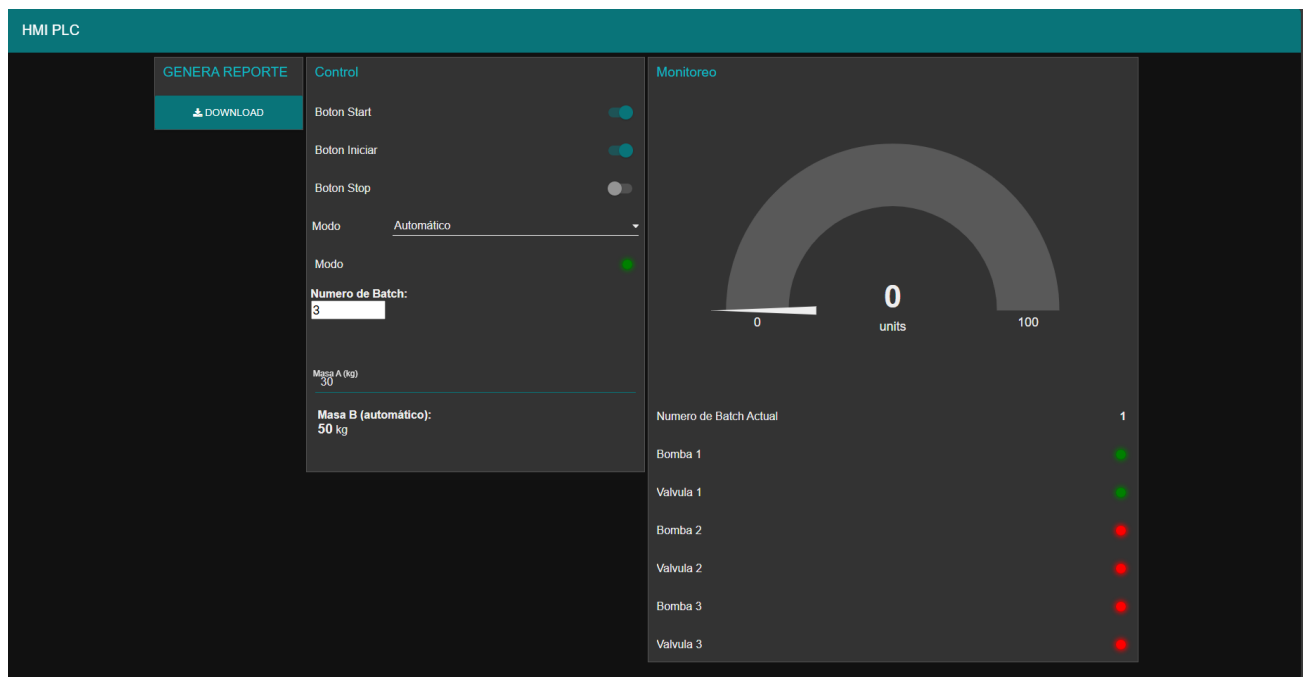


Figura51

HMI descarga CSV

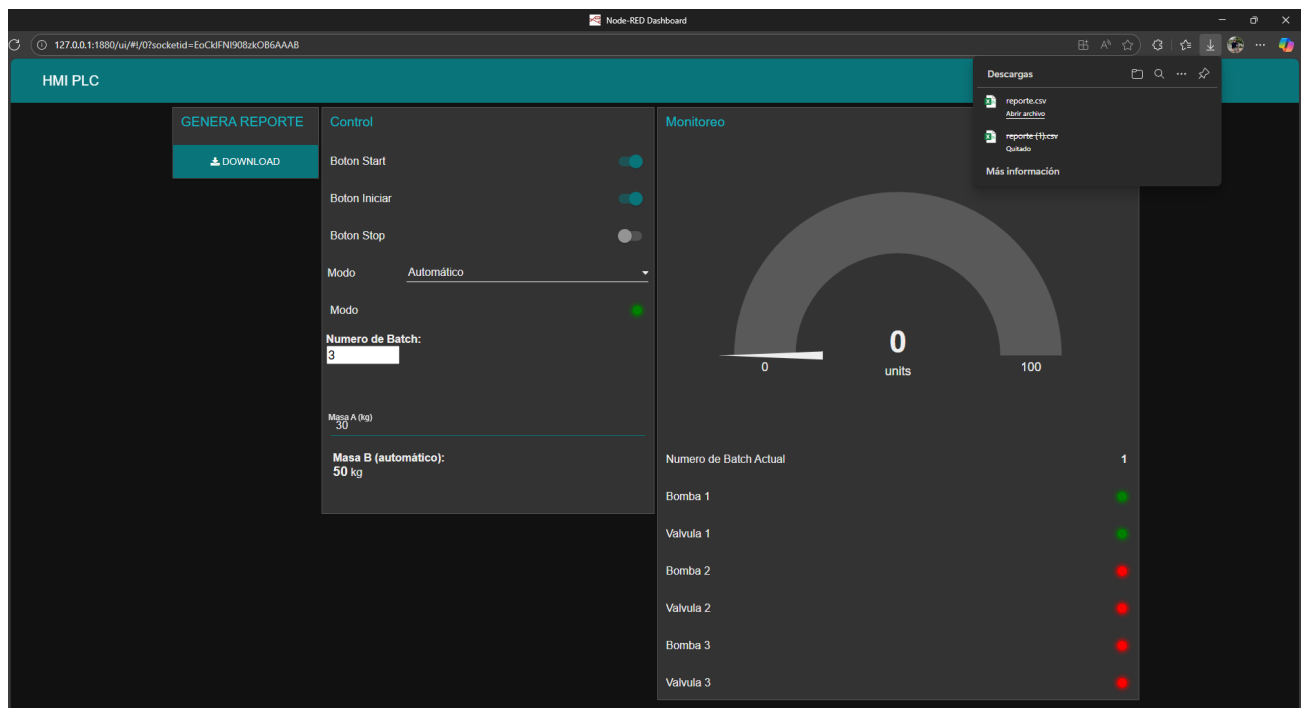
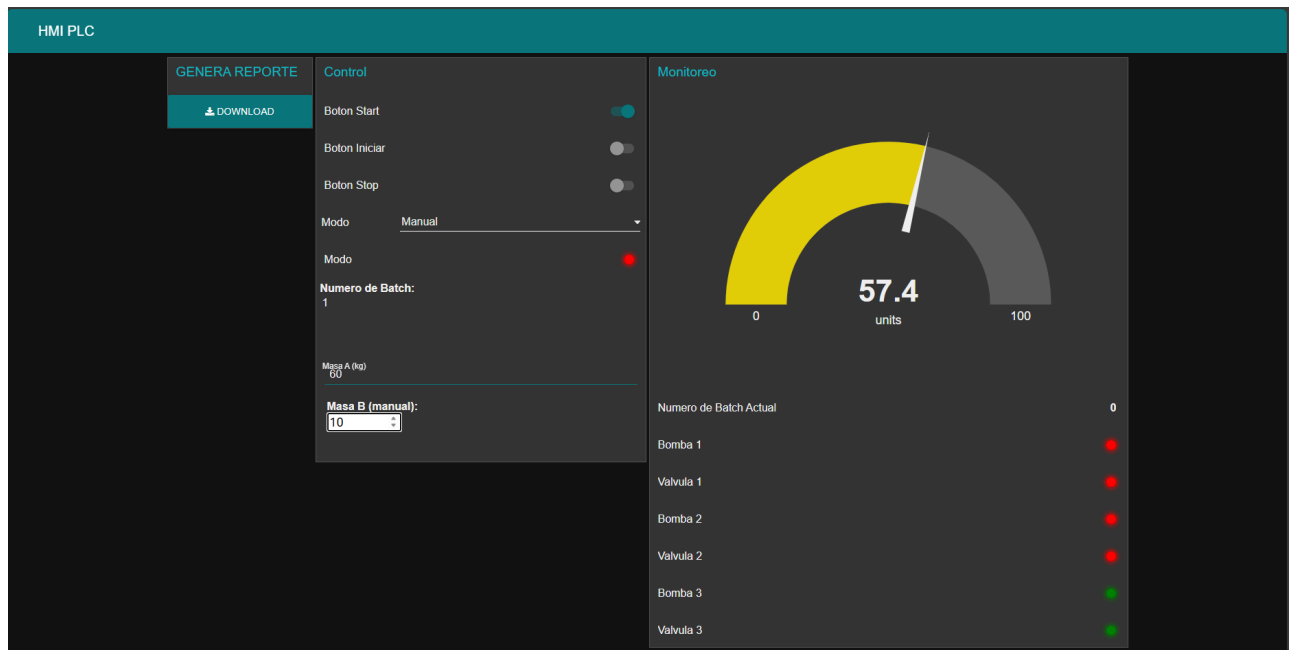


Figura52

HMI Remanente

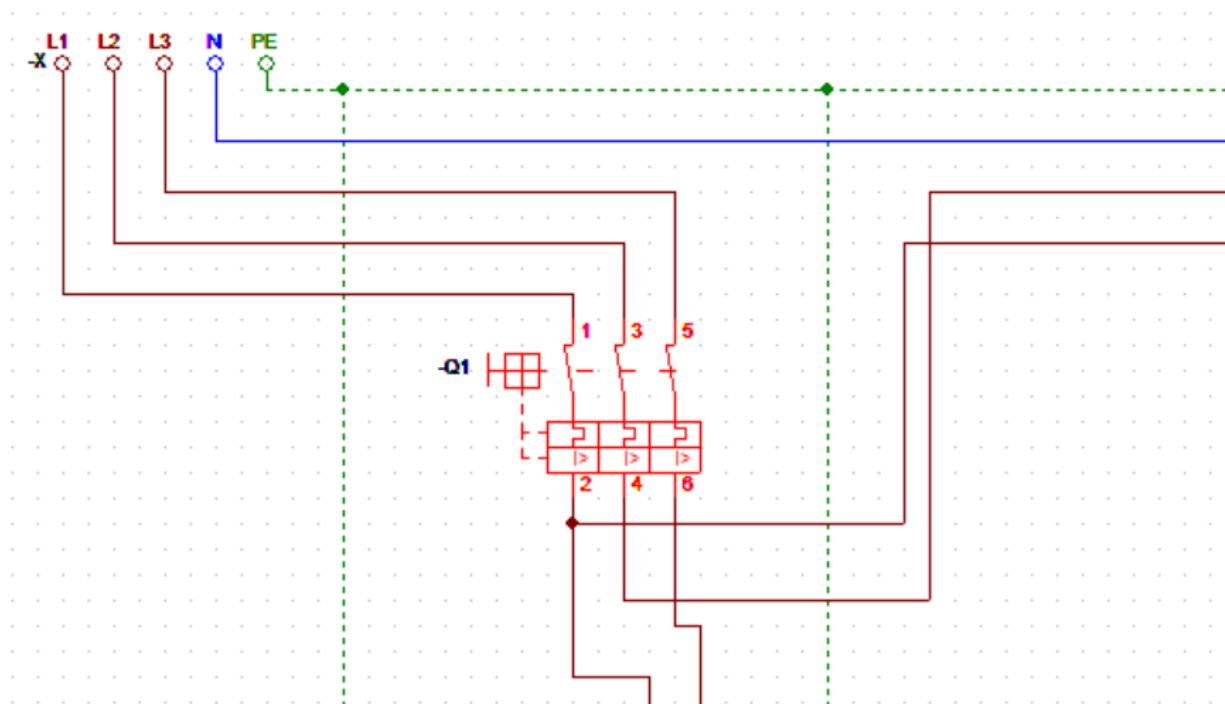


3.4. Diseño Eléctrico

El funcionamiento del sistema automatizado de dosificación de líquidos se lo realizó en el software Cade Simu.

Figura53

Breaker Principal de la Red Eléctrica

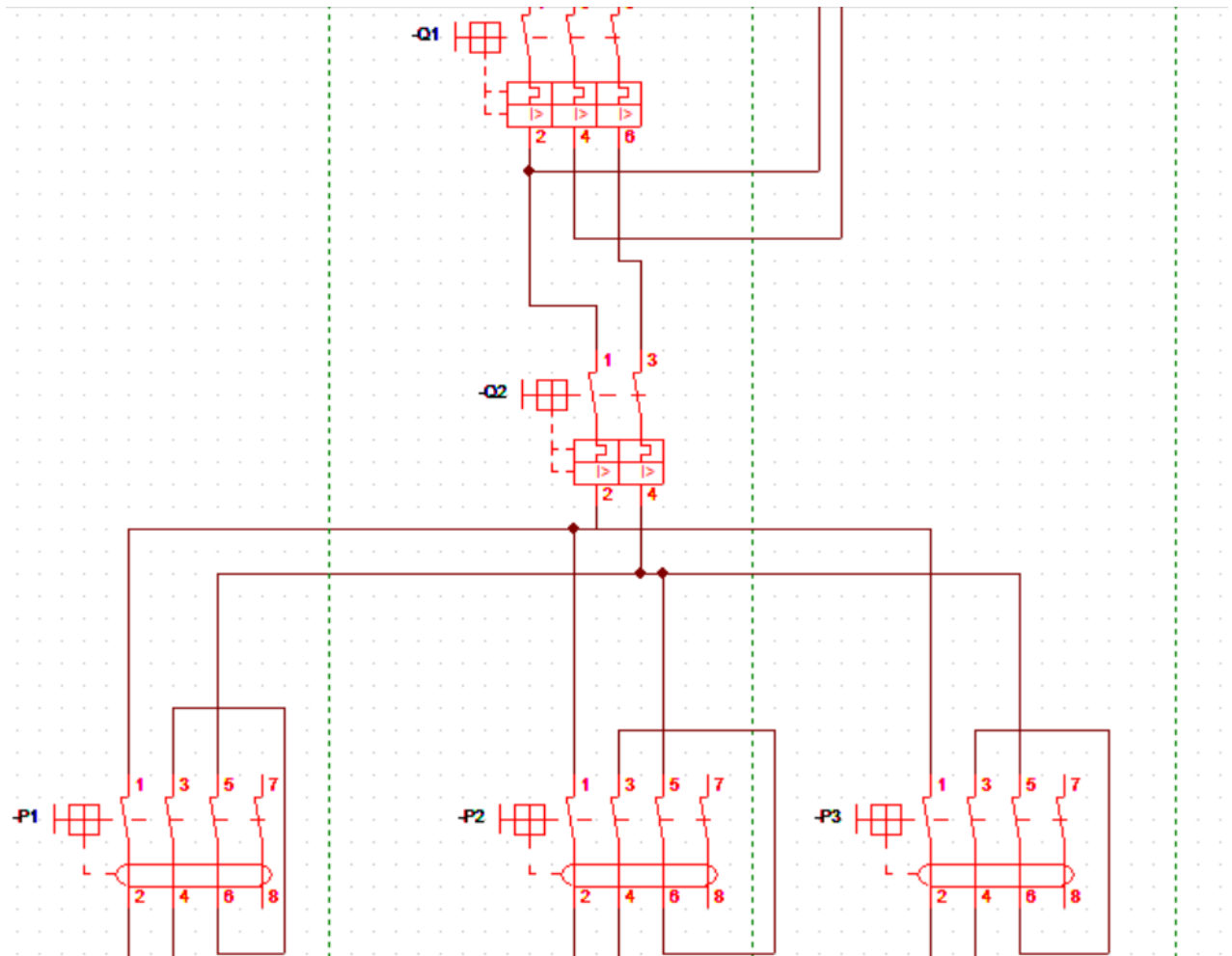


El breaker principal es el encargado de energizar el circuito de control y de fuerza, véase en la Figura 3.26.

Lo que respecta a la red de fuerza, se tomó dos líneas con una tensión de 220VAC para energizar las bombas centrífugas. Esta red eléctrica contiene un breaker con protección termomagnética para proteger la red relacionadas a los picos de corriente de cada bomba.

Figura54

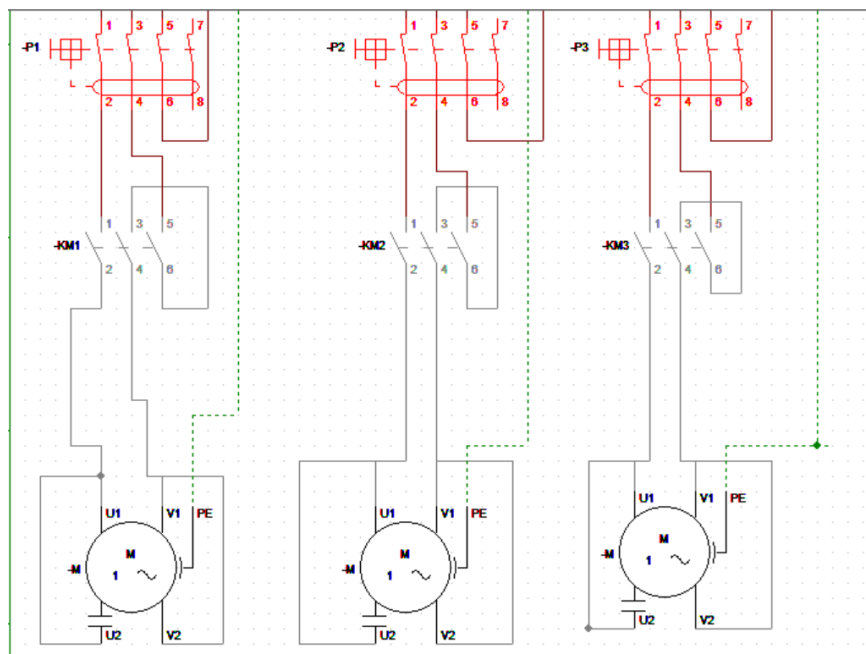
Derivación de la Red de Fuerza



Los dispositivos empleados en cada una de las redes de fuerza para accionar las bombas constan de un guardamotor el cual debe estar configurado para admitir 6 a 10 veces la corriente nominal de las bombas, también se cuenta con contactores de fuerza respectivamente para activar las bombas. Observe que este arreglo se repite en las líneas correspondientes.

Figura55

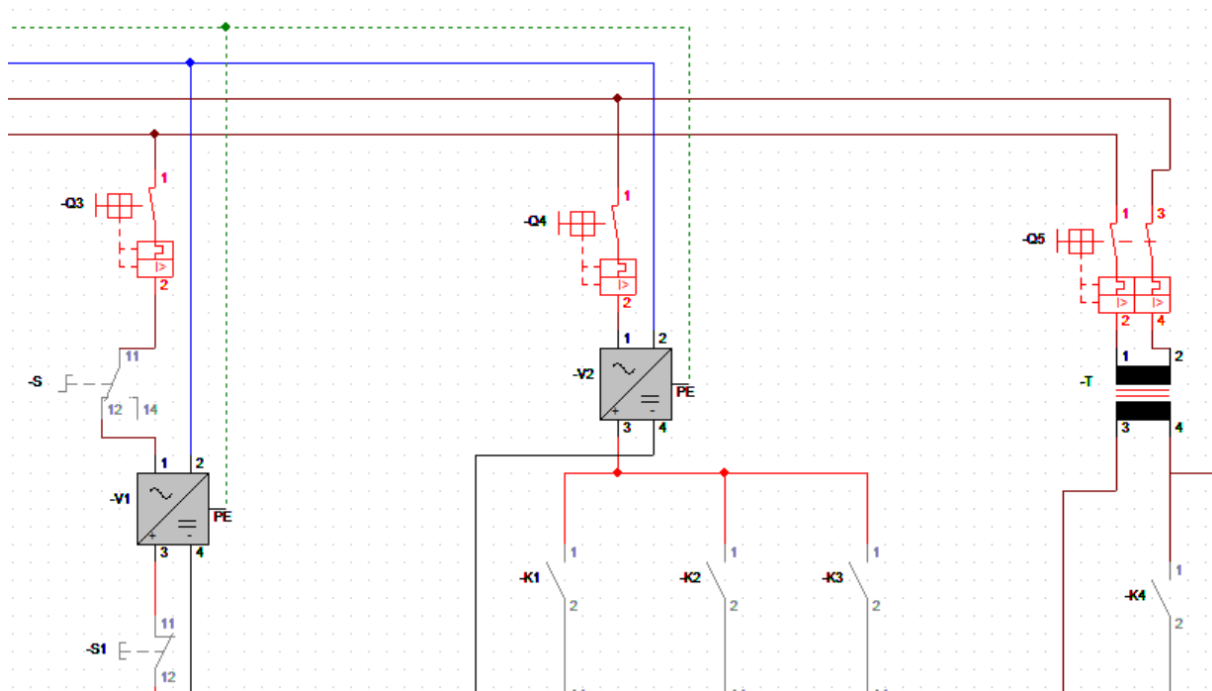
Conexión de Arranque de Bombas



Por otra parte, se propuso un circuito de control que contiene 2 breaker de 1 polo, esto permiten alimentar a 127 VAC de forma segura a las dos fuentes de voltaje que entregan 24 VDC. También se propuso un breaker de dos polos, el cual permite el accionamiento de las tres válvulas solenoides.

Figura56

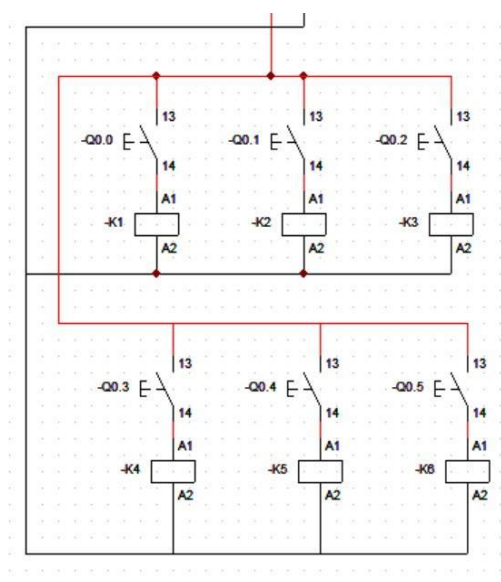
Circuito de Control



Las salidas del PLC numeradas como Q0.0, Q0.1, Q0.2 activan las bombas 1,2 y 3 respectivamente. Los contactos de los relés destinados al control de las 3 bombas están conectados en serie con la bobina de los contactores de fuerza para activar las bombas.

Figura57

Conexiones de Salidas



Para el control de las válvulas solenoides, se ocuparon las salidas Q0.3, Q0.4, Q0.5, y una bobina de relé de control etiquetadas como K 4, 5 y 6 alimentadas a 24VDC.

Figura58

Circuito de activación de electroválvulas

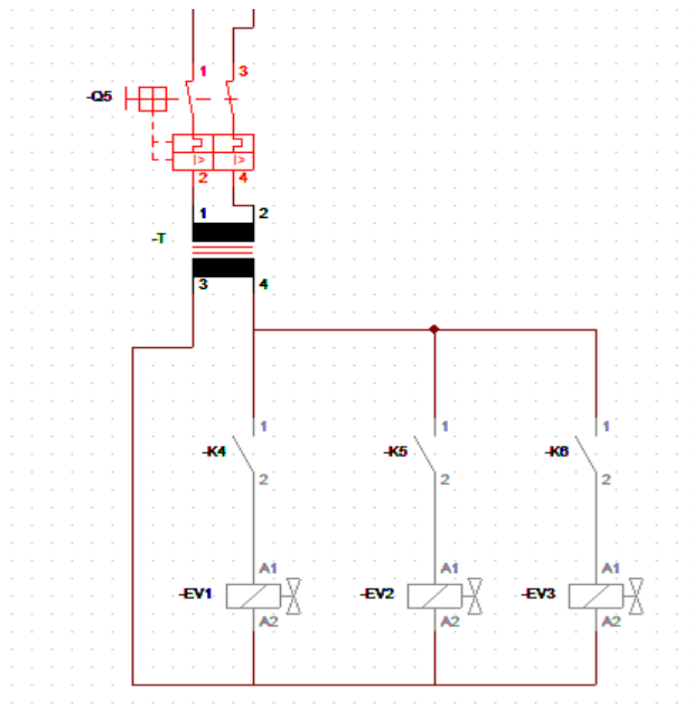


Figura59

Señal de Activación B1 & E1

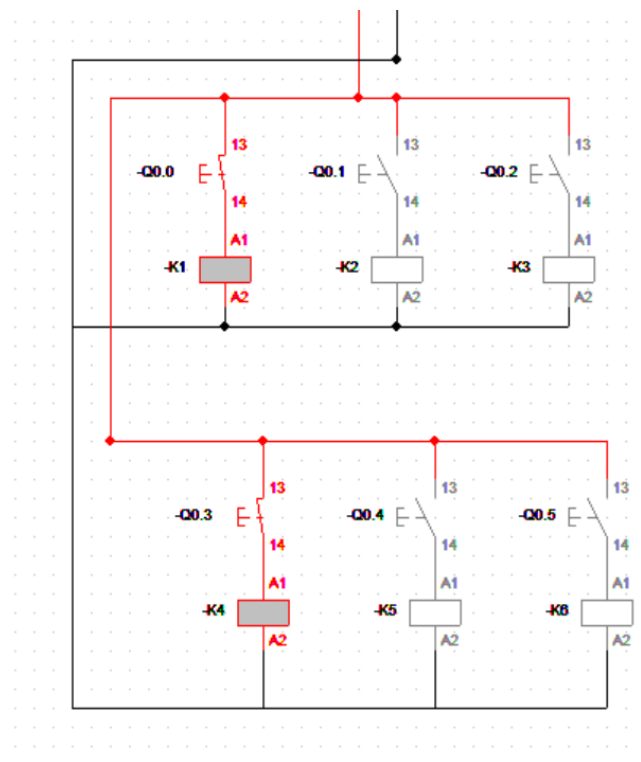


Figura60

Circuito de Control accionamiento B1 & E1

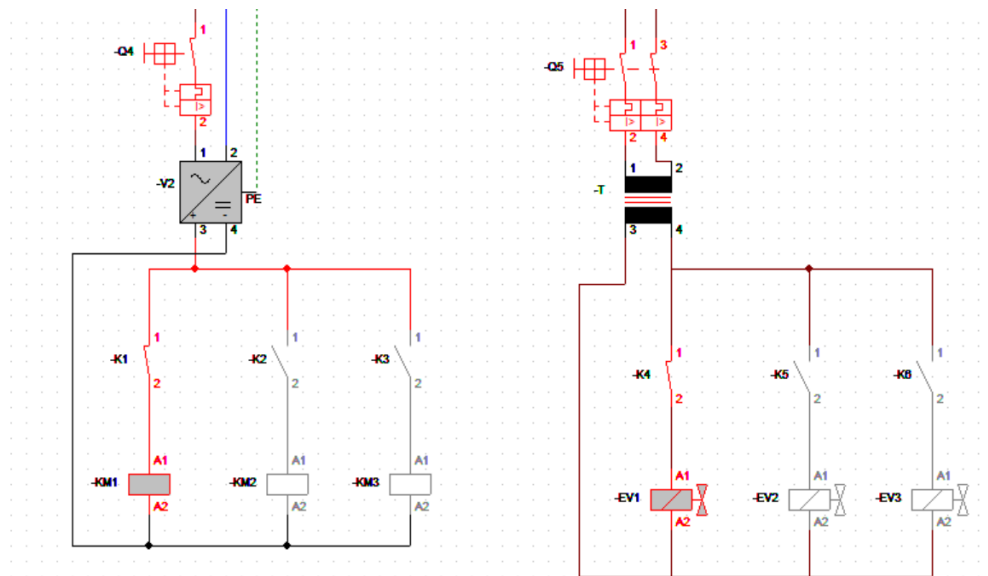


Figura61

Activación B1

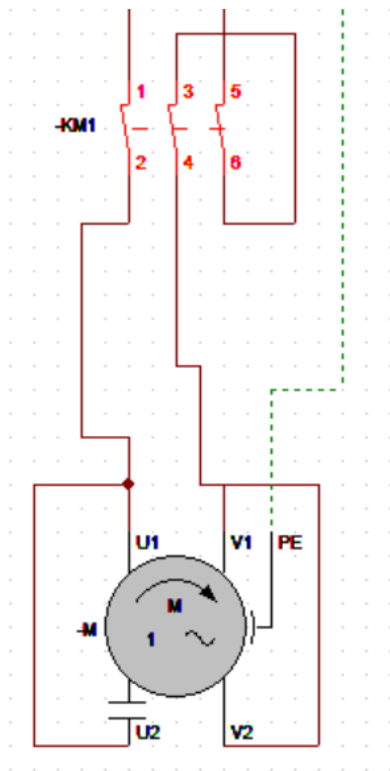


Figura62

Accionamiento de B2 & E2

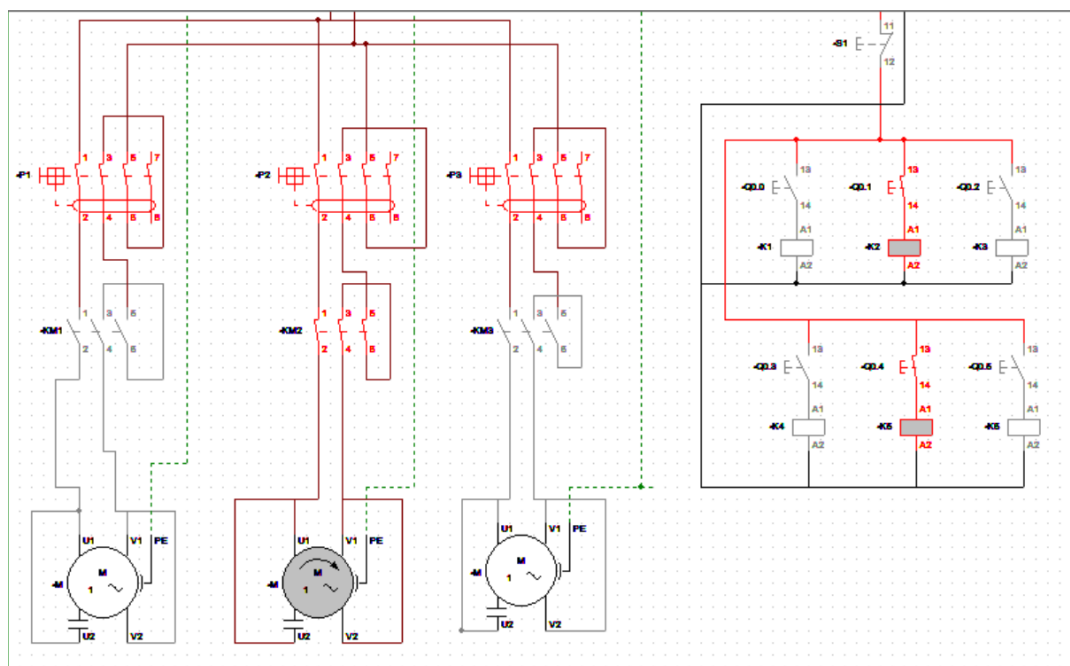


Figura63

Circuito de Control B2 & E2

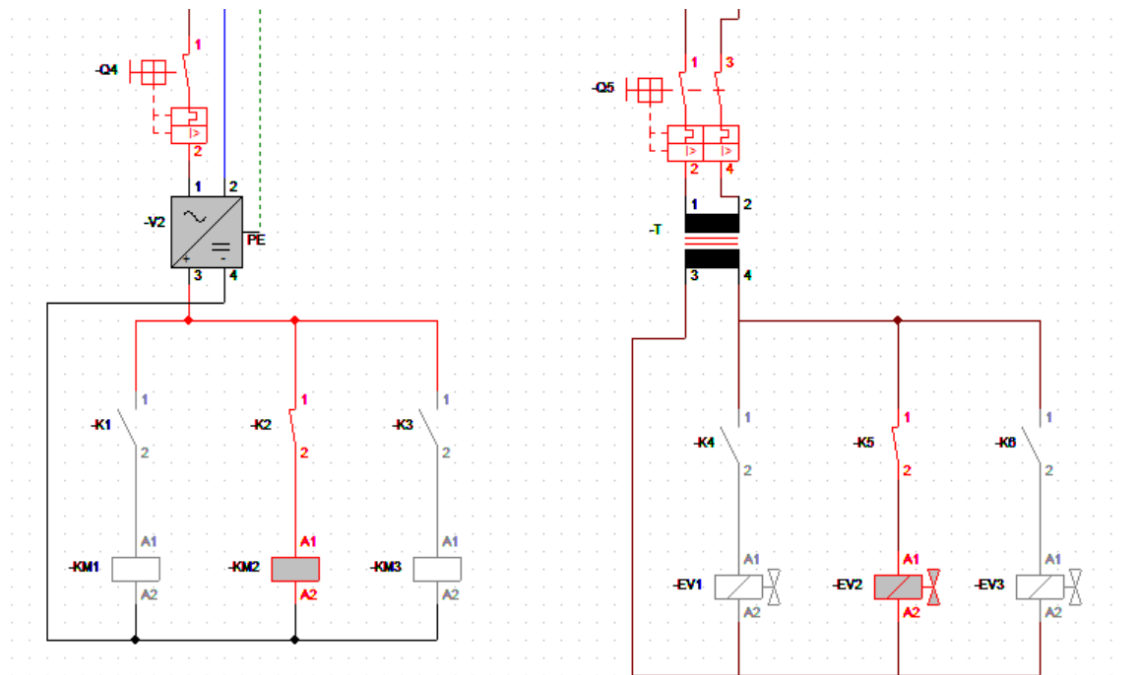


Figura64

Señal de Activación B3 & E3

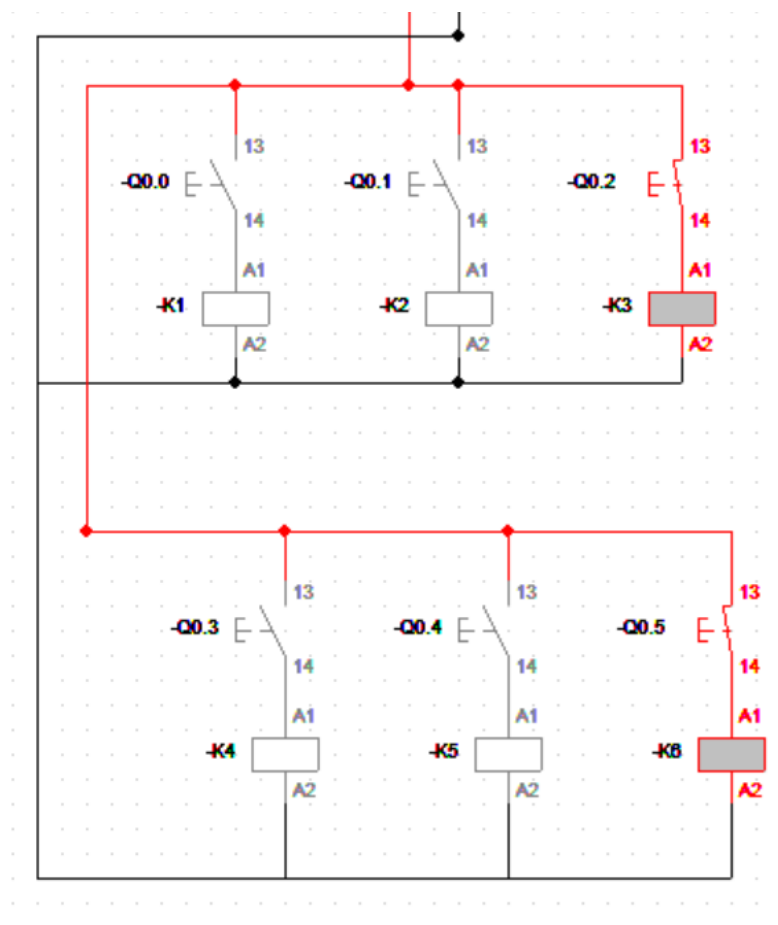


Figura65

Circuito de Control activación de B3 & E3

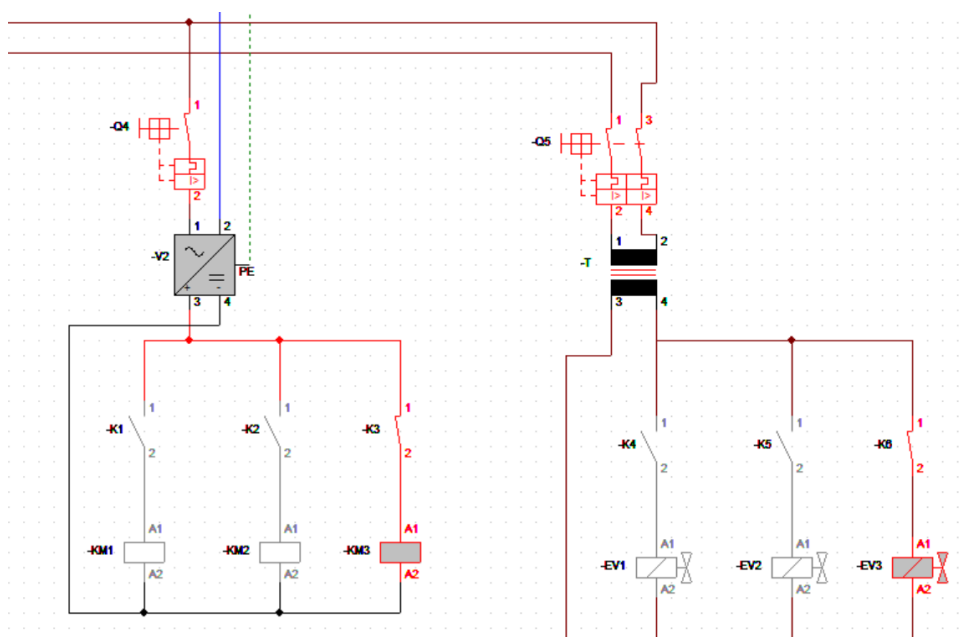
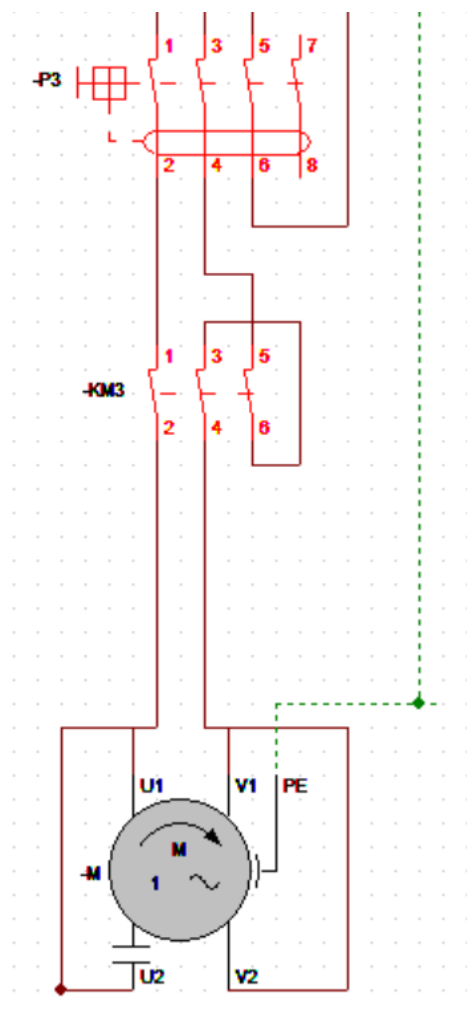


Figura66

Activación B3



3.4. Análisis de Costos

Los resultados obtenidos en diseño y simulaciones correspondientes al componente mecánico, instrumentación, automatización y telecomunicaciones, se planteó la adquisición de los siguientes componentes para el desarrollo del proyecto.

Tabla28

Listado de Dispositivos Eléctricos

Cantida d	Producto	Modelo	Inversión-Unitar io
1	PLC	S7 – 1200- 1212	\$ 630,00
		AC/DC/RELAY: 6ES7212-1BE40-0XB	
		0	

1	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN HIDROSTATICO WIKA	A-10	\$ 230.00
1	SELECTORA DE TRES POSICIONES	XB2-BD33 POSI 22MM -MARCA VOLTO	\$ 11.59
3	LUCES PILOTO COLOR VEDER – 24VDC, 22 mm	V-LAY5-BV73	\$3.53
3	LUCES PILOTO COLOR VEDER – 110VAC	V-AD22-22E-V	\$2.61
3	CONTACTORES DE POTENCIA TRIFASICO	Contactor Tesys D - 3P(3 NA) - AC-3 – hasta 440 V 12 A - 24 V CC bobina	\$571.00
3	RELES DE PASO PARA LAS BOMBAS	V-70.3-3 RELAY 11 PINES 24VDC 3NO+3NC VOLTO	\$5.38
3	RELÉS DE PASO PARA ELECTROVALVULAS	OMRON MY2N-GS-R DC24	\$13.00
3	ELECTROVALVULAS	Solenoide 110VAC, ½” inoxidable, NC	\$94.50
1	BREAKER TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS, 40 A	V-DV-DZ47-63 VOLTO	\$12.01
1	BREAKER TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS, 32 A	V-DZ47-63 VOLTO	\$7.63
3	GUARDAMOTOR 6- 10 A	V-GVME14	31.00
1	Breaker termomagnético, 2 polos – 3A	V-DZ47-63 VOLTO	\$7.63
1	Breaker termomagnético, 1 polo 6 A	DZ47-63 VOLTO	3.811

1	Transformador 220VAC a 110VAC	TC – 300	\$25.71
		AC - CONVERTER	
2	FUENTES DE ALIMENTACION, SALIDA 24 VDC	43382 FUENTE DE PODER 150w IN 100/200VAC EBC	300

Nota. Los precios no incluyen tarifa de importación ni mano de obra.

Tabla29

Listado Componente Mecánico

Componente Mecánico	
Ítem	Precio Final
Plancha de acero inoxidable AISI 316	1403.86
Bombas centrifugas 220VAC, 1 Hp	\$1,556.10
Metro de tubería acero inoxidable AISI 304	\$342.40
CODOS ROSCADOS	\$2
Total	3304.36

Tabla30

Listado Componente Eléctrico

Componente eléctrico	
Ítem	Precio final
BREAKER TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS, 40 A	\$12.01
BREAKER TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS, 32 A	\$7.63
GUARDAMOTOR 6- 10 A	\$93.00

Breaker termomagnético, 2 polos – 3A	\$7.63
Breaker termomagnético, 1 polo 6 A	3.81
Transformador 220VAC a 110VAC	\$25.71
FUENTES DE ALIMENTACION, SALIDA 24 VDC	\$300
Total	\$449.79

Tabla31

Listado Componentes de Control

Componentes de control	
Ítem	Precio final
PLC	\$ 630,00
TRANSDUCTOR DE PRESIÓN HIDROSTATICO WIKA	\$230.00
SELECTORA DE TRES POSICIONES	\$11.59
LUCES PILOTO COLOR VEDER – 24VDC, 22 mm	\$10.59
LUCES PILOTO COLOR VEDER – 110VAC	\$7.83
CONTACTORES DE POTENCIA TRIFASICO	\$1,713.00
RELES DE PASO PARA LAS BOMBAS	\$16.14
RELÉS DE PASO PARA ELECTROVALVULAS	\$39.00
ELECTROVALVULAS	\$298.44
Total	\$2,326.59

Como inversión total se obtuvo un valor de \$6,080.74 para poder realizar el proyecto.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se logró un diseño óptimo de tanque el cual cuenta con un sobredimensionamiento necesario dado que estará en contacto con fluidos corrosivos. El diseño del tanque permite una operación segura en caso de que se manejen sustancias más pesadas que el agua. En base a los factores de seguridad bajo carga estática, el tanque no presenta cedencia en caso de que se presente un llenado completo por fallo de los actuadores, mientras que el factor de seguridad de Goodman permite asegurar que el tanque puede soportar las cargas variables en el tiempo sin fallar por fatiga.
- Respecto a la selección del material se determinó que el acero inoxidable AISI 316 fue una selección acertada, este material, respondió de manera adecuada bajo las diferentes cargas hidrostáticas de prueba, así como variaciones de temperatura.
- El aspecto clave del rediseño para el componente mecánico fue el factor de seguridad, que, si bien fue elevado al inicio, fue un indicador de sobredimensionamiento. La reducción de este parámetro permitió alterar el espesor del tanque y el número de soportes sin afectar rendimiento del tanque, desde el punto de vista económico, se redujo el valor inicial de la materia prima.
- Se seleccionó de forma meticulosa los sensores, en este caso el sensor de presión hidrostática que permiten obtener una relación entre masa y altura del tanque, reduciendo el margen de error, y aumentando la precisión del sistema, considerando la resolución mínima del elemento de medición y su ubicación adecuada, para una correcta medición, llegando a determinar una altura mayor de 5cm.
- Se desarrolló el control empleando PLC SIEMENS S7-1200, recibiendo como parámetros la masa seteada A y B, en conjunto del número de batches, y definiendo cada

etapa para un control más preciso, por ello se desarrolló una relación entre masa-altura, para determinar una relación que permita monitorear en tiempo real el sistema, considerando varios escenarios, al tener un remanente implícito por el tanque, y dos secciones de diferente geometría, se debe considerar cuando la sección cónica no se llene por completo, elaborando mediante relación trigonométrica, un control retroalimentado.

- Se desarrolló una interfaz de monitoreo intuitiva para el operador, además de contar con dos modos para la programación, manual y automático, en función del modo, el usuario podrá acceder a un ingreso determinado de datos; mientras que el almacenamiento de datos se logró una adecuada en MySQL, de esta manera retorna una tabla a la interfaz con los datos, y el usuario podrá acceder al archivo CSV, logrando medir las variables fundamentales para determinar la rentabilidad del proceso.
- Se elaboro un presupuesto que detalla costos de materiales para la fabricación del tanque, actuadores y sensor para una retroalimentación adecuada, obteniendo una relación calidad-precio tomando en consideración un factor importante, al ser un producto alimenticio debe cumplir con los estándares higiénicos.

4.1.2 Recomendaciones

- En esta sección se escriben las recomendaciones o trabajos que se recomiendan realizar en el futuro. Puede incluir aspectos que no fueron abordados por usted debido a elementos de factibilidad, pero que sabe que siguen presentes en su fenómeno de estudio y otros investigadores deberían abordarlos.
- Se recomienda emplear un tratamiento de líquidos para elevar la temperatura de estos con el fin de asegurar la homogeneidad de los líquidos dentro del tanque, adicione un agitador en caso de ser necesario.
- Se recomienda verificar que al momento de implementar se considere el tiempo de envío de datos del sensor al PLC para una mejor presión.

- Se recomienda utilizar un cable Belden apantallado calibre 3 x18, esto cable permite asegurar la estabilidad de la señal de control hacia el PLC.
- Se recomienda que al implementar el sistema dosificador se consideren las variables almacenadas en el dashboard con la trazabilidad desea por el cliente, logrando generar métricas que le permite a ser redituable su medio de negocio.
- Se recomienda que al momento de implementar el proyecto se considere mano de obra especializada para estar acorde los parámetros del diseño.

Referencias

- [1] Biovet S.A, “Formulación y variabilidad de las materias primas en piensos.” Accessed: Aug. 29, 2025. [Online]. Available: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/formulacion-y-variabilidad-de-las-materias-primas-en-pien-sos/>
- [2] “Ecuador: Industria de alimentos balanceados tuvo crecimiento del 10% en 2023 - aviNews, la revista global de avicultura.” Accessed: Aug. 21, 2025. [Online]. Available: <https://avinews.com/ecuador-industria-de-alimentos-balanceados-tuvo-crecimiento-del-10-en-2023/>
- [3] Ministerio de Agricultura y ganadería, “Manual de la Hoja de Balance de alimentos,” 2023.
- [4] M. J. Velásquez Marcano, “Estandarización de los procedimientos para la dosificación de líquidos para la formulación de alimentos balanceados para aves,” *Revista Ingeniería*, vol. 2, no. 2, pp. 51–62, Jan. 2018, doi: 10.33996/revistaingenieria.v2i2.14.
- [5] A. D. Aucatoma Madruñero and I. J. Moreira Romero, “Diseño e implementación de un prototipo para realizar la intercomunicación entre variadores multimarca utilizando PLC Siemens s7-1200 simulando un proceso de pilado de arroz para la capacitación de los estudiantes,” 2023.
- [6] J. A. Castro Yáñez and D. D. Garcia Nuñez, “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS INDUSTRIALES DIDÁCTICO MEDIANTE UN PLC S7-1200, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2011,” 2011.
- [7] J. A. Estrada Roque, “Celda de Carga.” [Online]. Available: <http://www.logicbus.com.mx/futek.php>
- [8] “Dosificador Doble de Pistón para Líquidos de Alta Viscosidad.” Accessed: Aug. 30, 2025. [Online]. Available: <https://tecnoembalaje.com/producto/dosificador-doble-de-piston-para-liquidos-de-alta-viscosidad-mode-lo-e-fp-1000d2/>
- [9] Olivos del Sur, “FICHA TÉCNICA Código: SIG-FOR-72.”
- [10] “HOJA DE SEGURIDAD XXI MERCURIO Y SALES DE MERCURIO.”
- [11] ASME, *SECTION VIII Rules for Construction of Pressure Vessels 2023 ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code*. 2023. [Online]. Available: www.asme.org/cer
- [12] ASME, *SECTION II ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code*. 2021. [Online]. Available: www.asme.org/cer
- [13] R. G. Budynas and J. Keith Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición*. 2012.

- [14] AL-RED, “Electrobombas centrífugas en acero inoxidable.”
- [15] WIKA, “Manual de instrucciones, transmisor de presión A-10.” [Online]. Available: www.wika.com
- [16] SIEMENS, “Hoja de datos 6ES7212-1BE40-0XB0.”
- [17] R. Mott, *Diseno de elementos de maquinas* . 2006. Accessed: Sep. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.udocz.com/apuntes/1137327/mott-diseno-de-elementos-de-maquinas-pdf>
- [18] SIEMENS, “SCL para SIMATIC S7-300/400 Programación de bloques,” 1998.
- [19] Siemens AG, “SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200,” 2021. [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/es/>

Apéndices

Apéndice A

Configuraciones de Simulación

En esta sección se presenta las configuraciones para obtener las simulaciones presentadas en este trabajo.

Para el tanque de 12 mm & 6 patas se requirió de un corte en el plano alzado para seleccionar las caras internas del tanque que están en contacto con el líquido. Este paso se lo realizó para cada uno los ensayos de presión hidrostático.

Figura 67

Corte en plano alzado del tanque de 12 mm y 6 patas

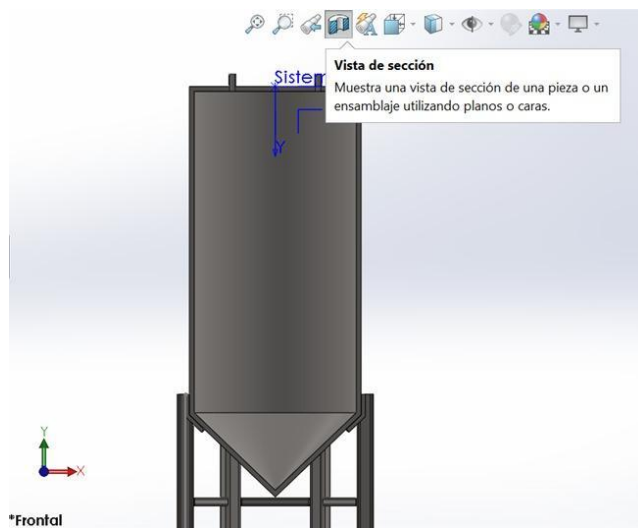


Figura 68

Configuración de carga hidrostática del agua, tanque 12 mm y 6 patas

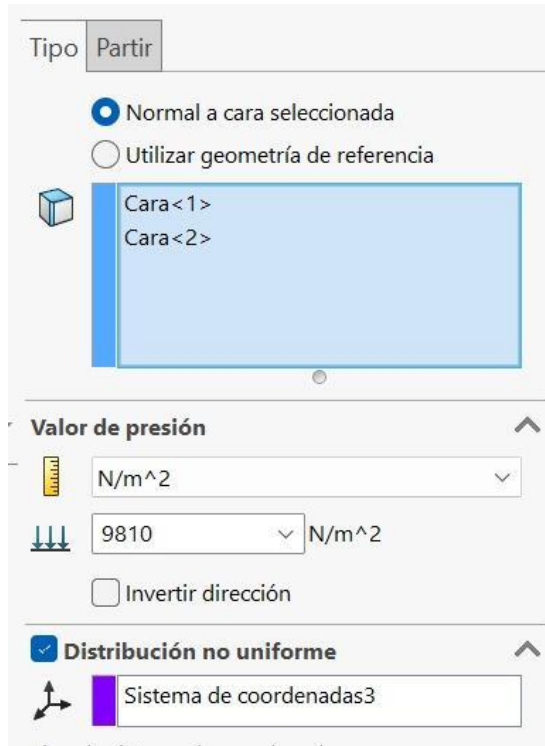
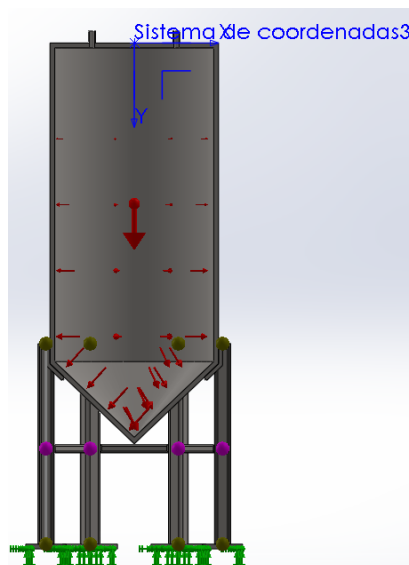


Figura 69

Configuración de Carga Hidrostática, Agua



Sustancia de prueba, agua.

Presión hidrostática $P_{H2O} = 9810 \text{ Pa}$

Para el Tanque 6 mm & 4 patas se realizaron 3 configuraciones, 2 correspondientes a las cargas hidrostáticas y la configuración de las temperaturas, este último proceso fue el mismo para las temperaturas de trabajo expuestas en el capítulo 3.

Figura 70

Parámetros de la presión hidrostática del agua, tanque 6 mm y 4 patas

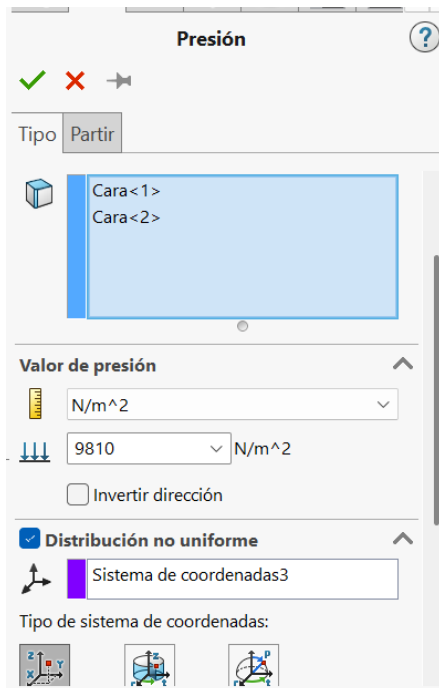


Figura 71

Configuración de Carga Hidrostática del agua

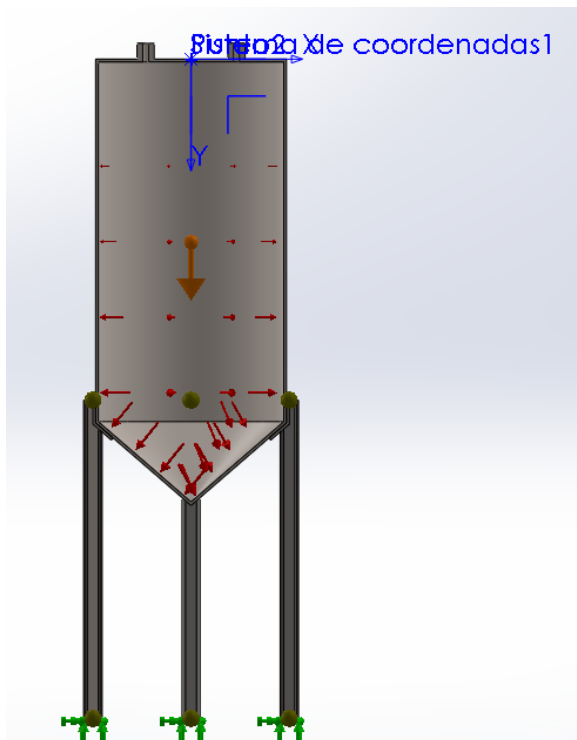


Figura 72

Parámetros de la presión hidrostática de la miel

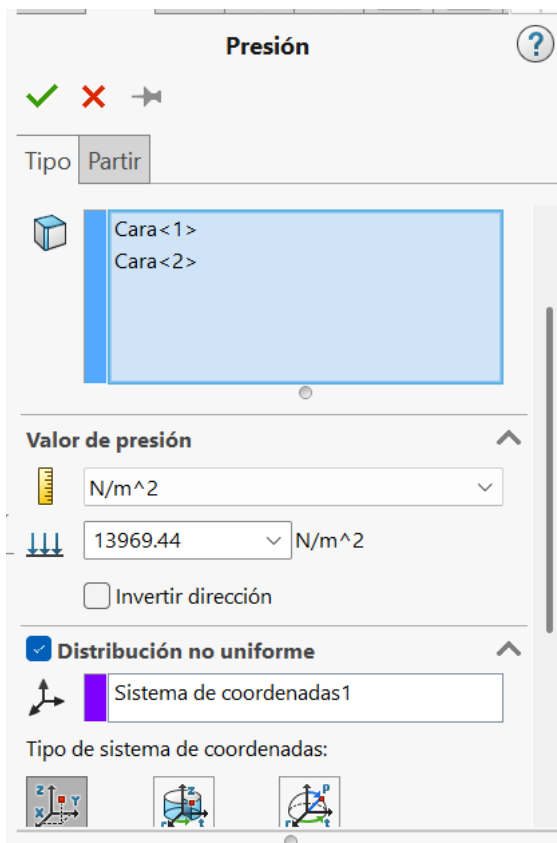


Figura 73

Configuración de Carga Hidrostática de la miel

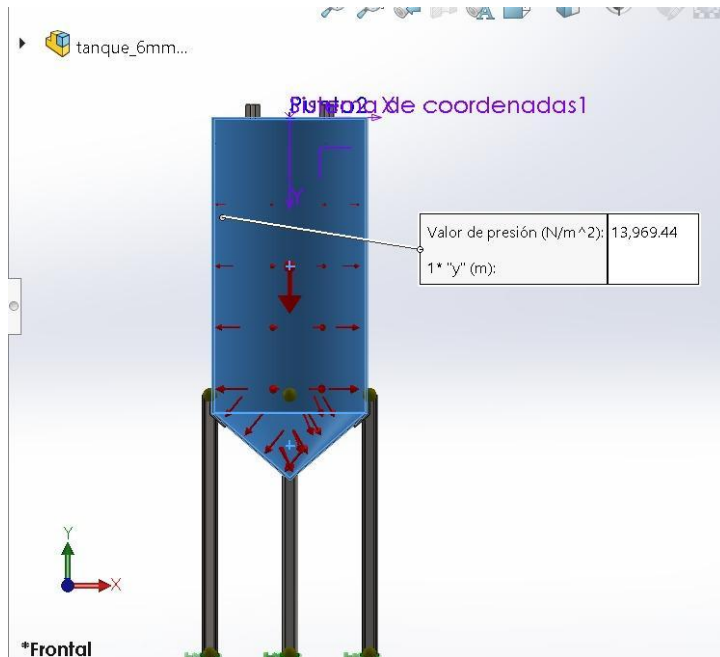


Figura 74

Configuración de la presión hidrostática, Mercurio

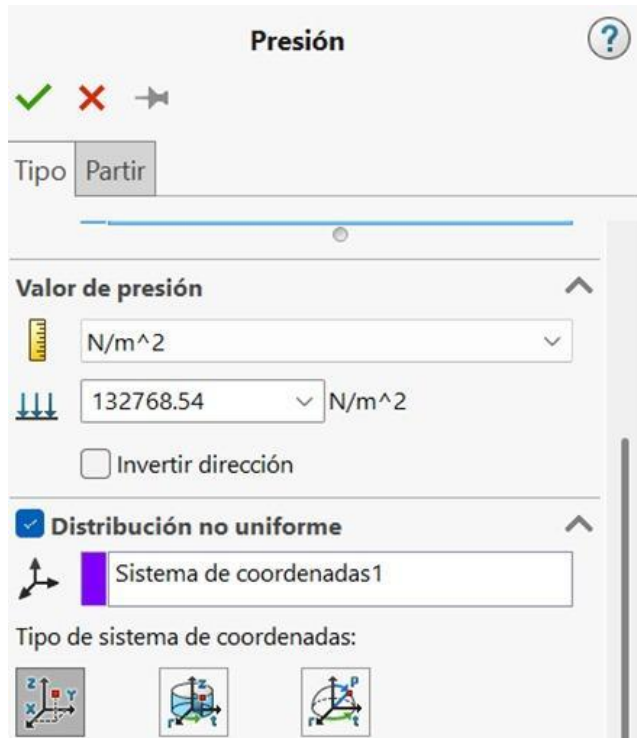
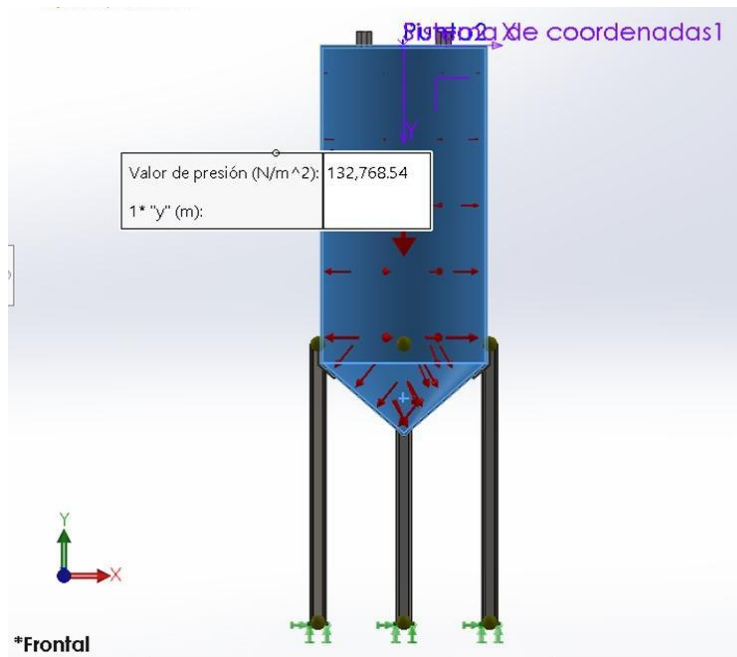


Figura 75

Configuración de Carga Hidrostática del mercurio



Por último, se tiene la configuración general de la temperatura de trabajo para los tanques.

Este parámetro toma las caras externas del tanque, luego se coloca la temperatura a la que se requiere trabajar

Figura 76

Configuración de la temperatura de trabajo

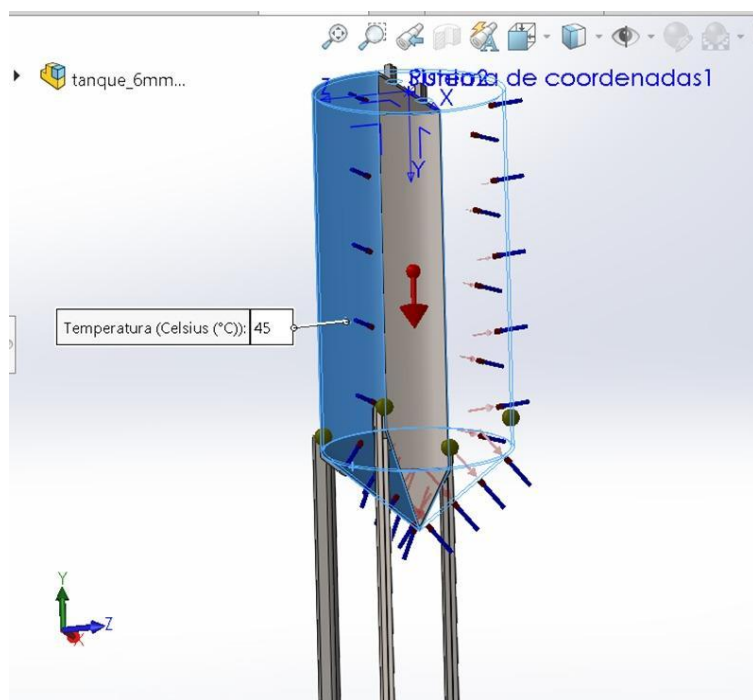


Figura 77

Parámetro de la configuración de la temperatura de trabajo

Temperatura ?

✓ ✗ 📌

Tipo Partir

Sondeo entero:

Tipo ^

☐ Temperatura inicial

☒ Temperatura

Cara<1>

Cara<2>

Todas las caras expuestas

Temperatura ^

45 Celsius (°C)

Configuración de símbolo v

Apéndice B

Programación TIA PORTAL V17

En esta sección se procede a mostrar a detalle la sección de TIA PORTAL V17, en el cual se ha desarrollado el proyecto

Figura78

Variables Main

Main [OB1]

Main Properties					
General					
Name	Main	Number	1	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

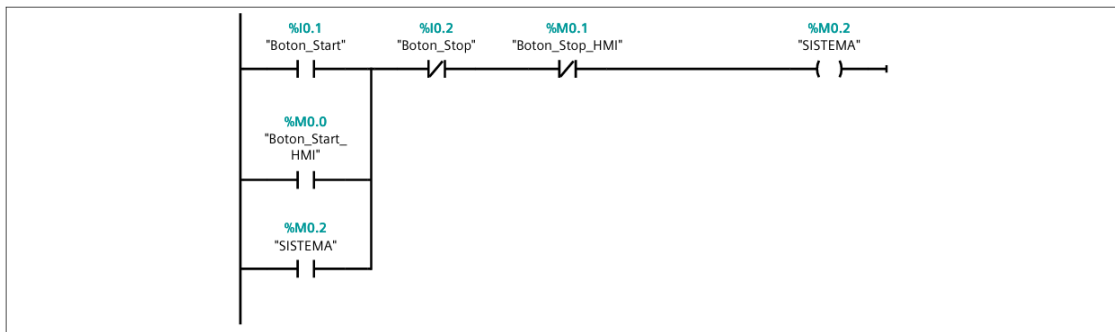
Name	Data type	Default value
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
▼ Constant		
Nivel_Minimo	Real	0.06

Figura79

Network 1-2

Network 1:

ENCENDIDO DEL SISTEMA



Network 2:

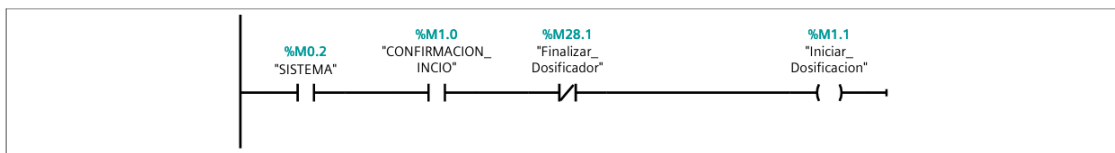


Figura80

Network 3

Network 3:

Numero de Batches

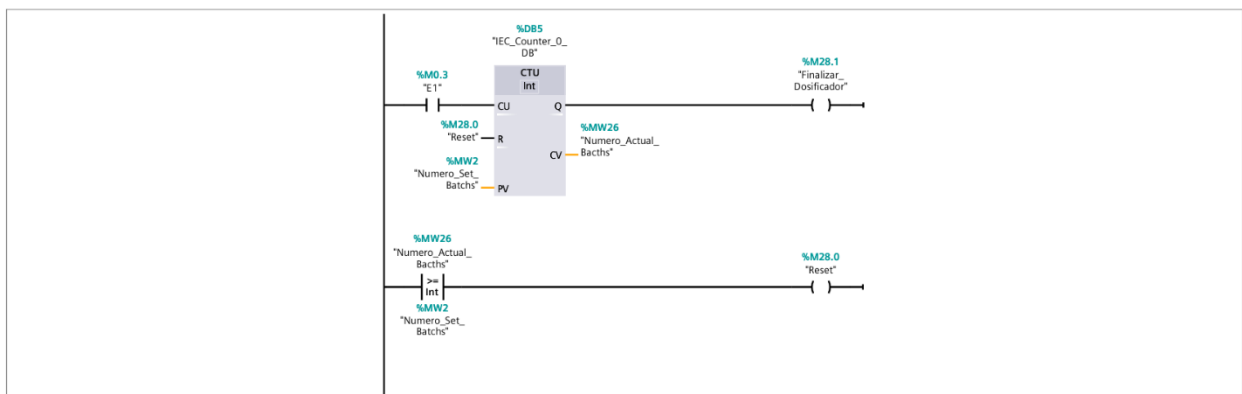


Figura81

Network 4

Network 4:

Lectura y transformación del dato sensado.

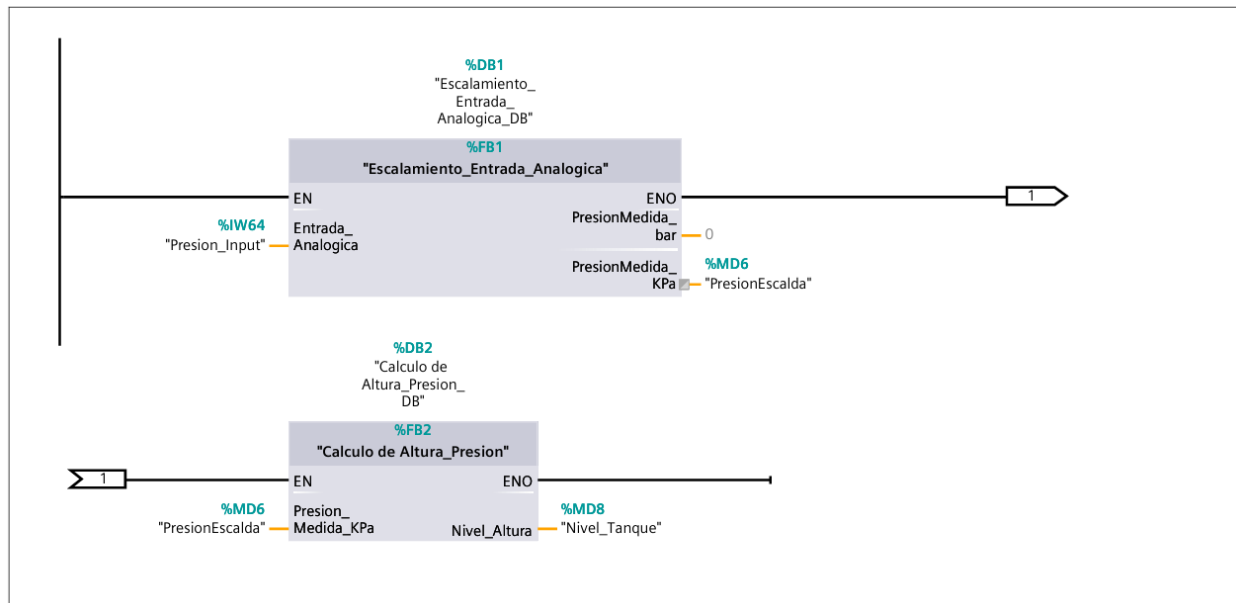


Figura82

Network 5

Network 5:
Ingreso y transformación de Datos de los Kg Seteado

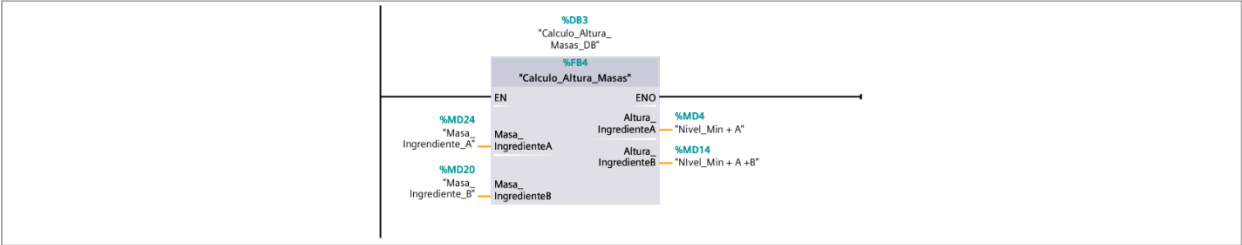


Figura83

Network 6

Network 6:
Validacion remanente: Por un proceso anterior, señal remanente corresponde a la mezcla anterior, permite iniciar el sistema en "cero". Evento: Por un stop espontaneo.

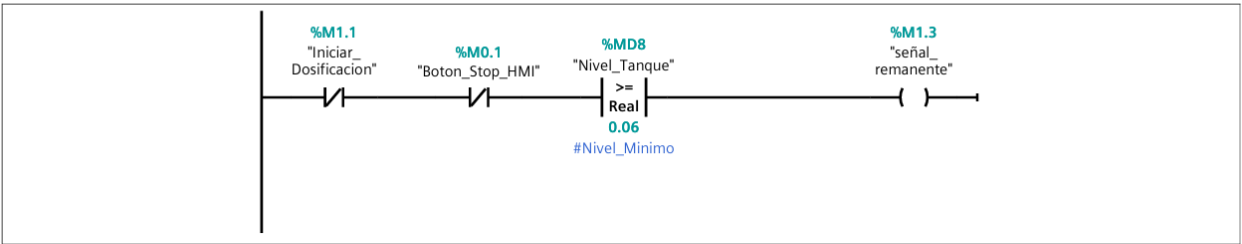


Figura84

Network 7

Network 7:
Control de Etapas

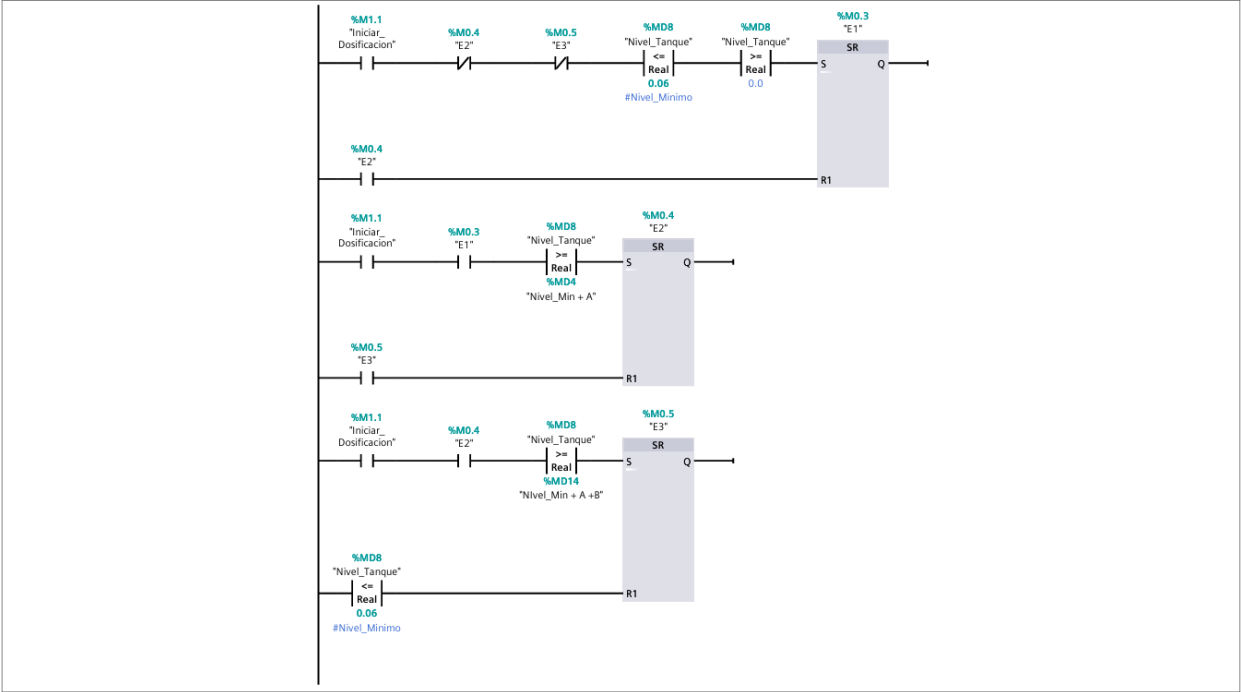


Figura85

Network 8

Network 8:
BLOQUE DE CONTROL DE SALIDAS

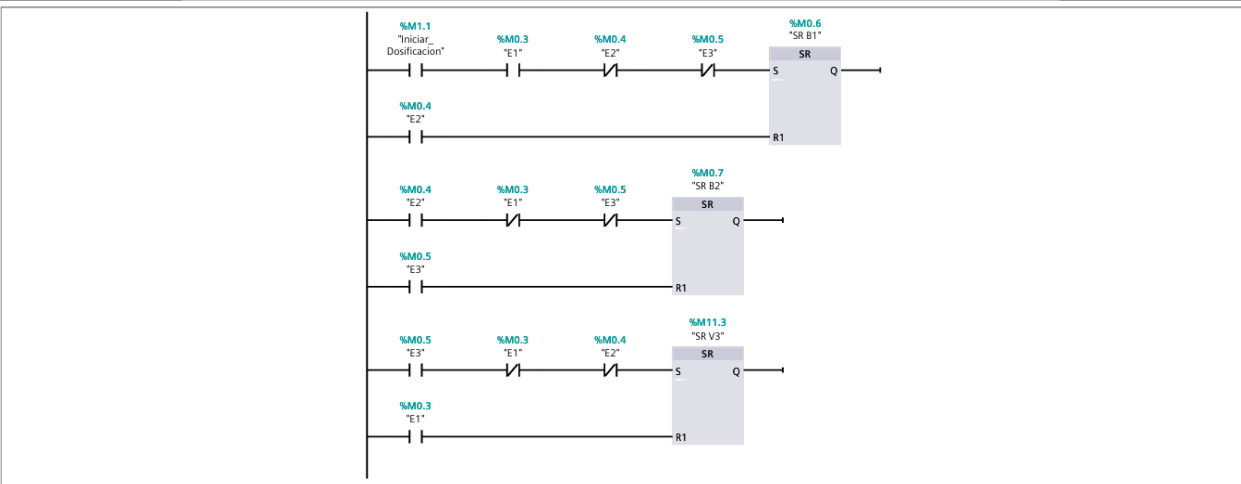


Figura86

Network 9

Network 9:

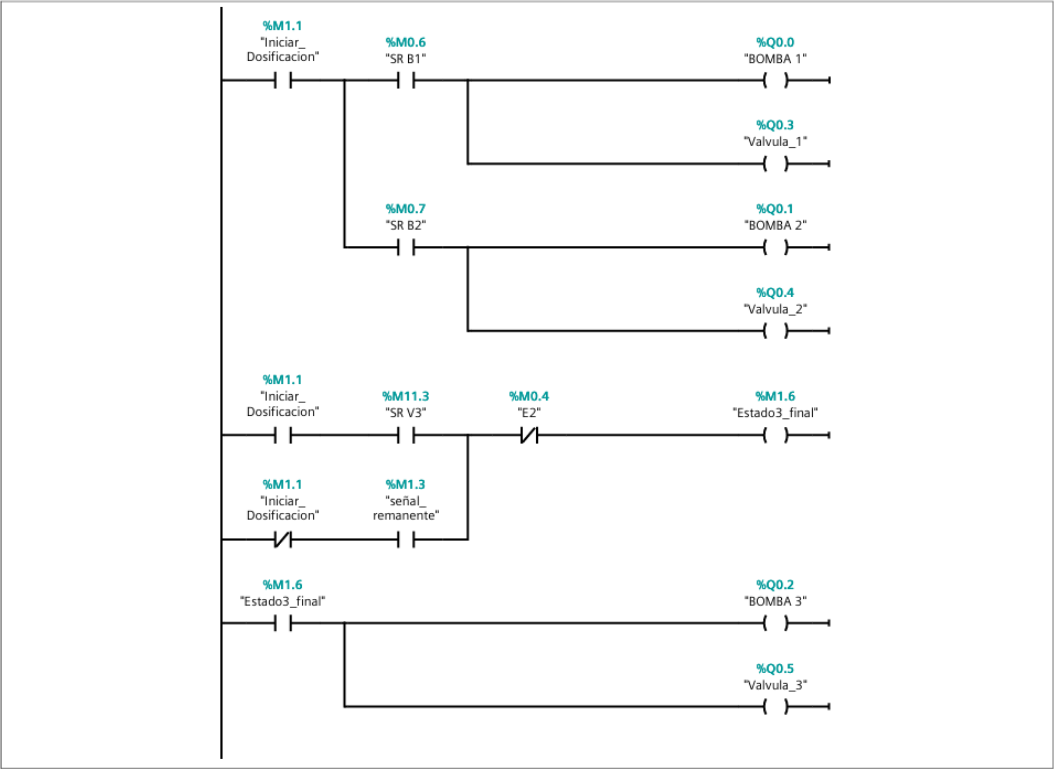


Figura87

Variables Bloque Cálculo de Altura de Presión

Calculo de Altura_Presion [FB2]

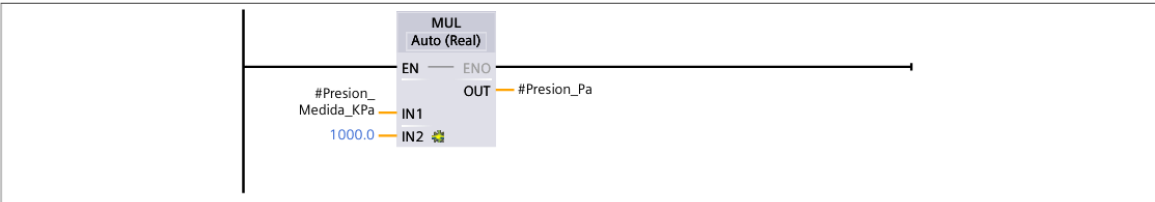
Calculo de Altura_Presion Properties					
General					
Name	Calculo de Altura_Presion	Number	2	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value
▼ Input		
Presion_Medida_KPa	Real	0.0
▼ Output		
Nivel_Altura	Real	0.0
InOut		
Static		
▼ Temp		
Presion_Pa	Real	
Gravedad_Densidad	Real	
▼ Constant		
Densidad_H2O	Real	1000.0
Gravedad	Real	9.81

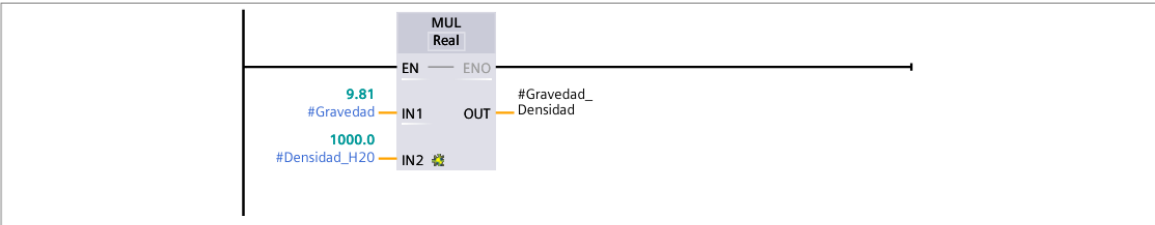
Figura88

Network 1-3

Network 1:



Network 2:



Network 3:

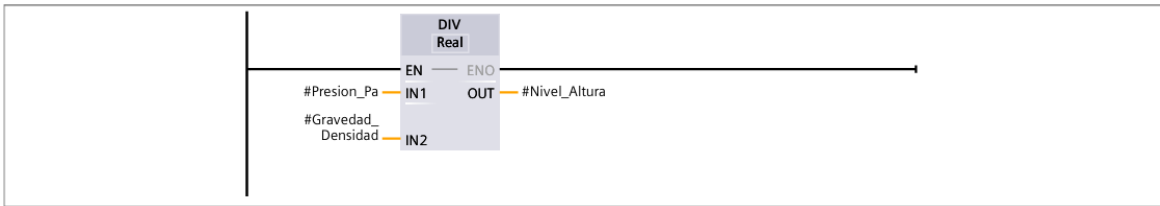


Figura89

Variables Cálculo de Altura Teórica de las masas ingresadas

Calculo_Altura_Masas [FB4]

Calculo_Altura_Masas Properties					
General					
Name	Calculo_Altura_Masas	Number	4	Type	FB
Language	SCL	Numbering	Automatic		
Information					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Default value	Retain
▼ Input			
Masa_IngredienteA	Real	0.0	Non-retain
Masa_IngredienteB	Real	0.0	Non-retain
▼ Output			
Altura_IngredienteA	Real	0.0	Non-retain
Altura_IngredienteB	Real	0.0	Non-retain
InOut			
Static			
▼ Temp			
Masa_Ingrediente_B_Conco	Real		
Masa_Ingrediente_B_Cilindro	Real		
Masa_Cilindro_A	Real		
▼ Constant			
MasaConco	Real	9.0	
MasaCilindro	Real	71.0	
Altura_Conco_H	Real	0.2	
Radio_Conco_R	Real	0.21	
Altura_Minima_Sensor	Real	0.06	
Masa_Min	Real	0.25	
Densidad_H2O	Real	1000.0	

Para comprender el siguiente código es esencial conocer la definición del SCL, y aspectos fundamentales al momento de realizar el programa.

SCL (Structure Control Language) es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a PASCAL. El lenguaje se basa en una norma para PLC (autómatas programables).[18]

Las instrucciones de control de SCL incluyen IF-THEN, CASE-OF, FOR-TO-DO, WHILE-DO, REPEATUNTIL, CONTINUE, GOTO y RETURN. [19]

Figura90

Código del Bloque de Cálculo de Altura teórica

```
0001 // Verifica si la masa del ingrediente A está totalmente dentro del cono
0002 IF #Masa_IngredienteA >= 0 & #Masa_IngredienteA<#MasaCono THEN
0003 // Calcula la altura del ingrediente A dentro del cono usando fórmula deri-
vada del volumen parcial de un cono
0004 // h = raíz cúbica [ (3 * (m + masa min) * H^2) / (ρ * π * R^2) ] + altura
mínima del sensor (compensación física)
0005 #Altura_IngredienteA := (EXP(LN((3.0 * (#Masa_IngredienteA + #Ma-
sa_Min) * #Altura_Conos_H * #Altura_Conos_H) / (#Densidad_H20 * 3.14159 * #Ra-
dio_Conos_R * #Radio_Conos_R)) / 3.0));
0006 // Verifica que la altura calculada esté físicamente dentro del cono
0007 IF #Altura_IngredienteA > 0 & #Altura_IngredienteA < #Altura_Conos_H & #Ma-
sa_IngredienteB > 0 THEN
0008 // Calcula cuánto del Ingrediente B cabe aún dentro del cono
0009 #Masa_Ingrediente_B_Conos := #MasaCono - #Masa_IngredienteA;
0010 // Calcula la masa de B que va al cilindro (lo que sobra)
0011 #Masa_Ingrediente_B_Cilindros := #Masa_IngredienteB - #Masa_Ingre-
diente_B_Conos;
0012 // Calcula la altura de B en el cilindro y suma la altura previa del
ingrediente A
0013 // h=[ m / (ρ * π * R^2) ] + altura A (compensación física)

0014 #Altura_IngredienteB := (#Masa_Ingrediente_B_Cilindros / (#Densi-
dad_H20 * 3.14159 * #Radio_Conos_R * #Radio_Conos_R)) + #Altura_Conos_H;
0015 ELSE
0016 // Si A llenó todo el cono, entonces toda la masa de B va al cilindro
0017 #Altura_IngredienteB := (#Masa_IngredienteB / (#Densi-
dad_H20 * 3.14159 * #Radio_Conos_R * #Radio_Conos_R))+ #Altura_IngredienteA;
0018 END_IF;
0019 ELSE
0020 // Si A ya llenó todo el cono, calcula la masa de A que va al cilindro
0021 #Masa_Cilindros_A := #Masa_IngredienteA - #MasaCono;
0022 // Calcula la altura de A en el cilindro
0023 #Altura_IngredienteA := (#Masa_Cilindros_A / (#Densidad_H20 * 3.14159 * #Ra-
dio_Conos_R * #Radio_Conos_R)) + #Altura_Conos_H;
0024 // Calcula la altura de B sobre la superficie del ingrediente A
0025 #Altura_IngredienteB := (#Masa_IngredienteB / (#Densi-
dad_H20 * 3.14159 * #Radio_Conos_R * #Radio_Conos_R)) + #Altura_IngredienteAS;
0026 END_IF;
0027
0028
```

Figura91

Variables de Escalamiento de Entrada Analógica

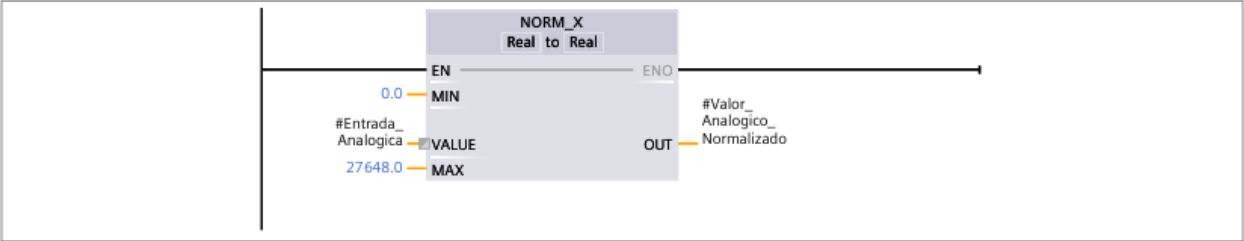
Escalamiento_Entrada_Analogica [FB1]

Escalamiento_Entrada_Analogica Properties					
General					
Name	Escalamiento_Entrada_Analogica	Number	1	Type	FB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	
Name		Data type		Default value	
▼ Input					
Entrada_Analogica		Int		0	
▼ Output					
PresionMedida_bar		Int		0	
PresionMedida_KPa		Int		0	
InOut					
Static					
▼ Temp					
Valor_Analogico_Normalizado		Real			
Constant					

Figura92

Network 1-2

Network 1:



Network 2:

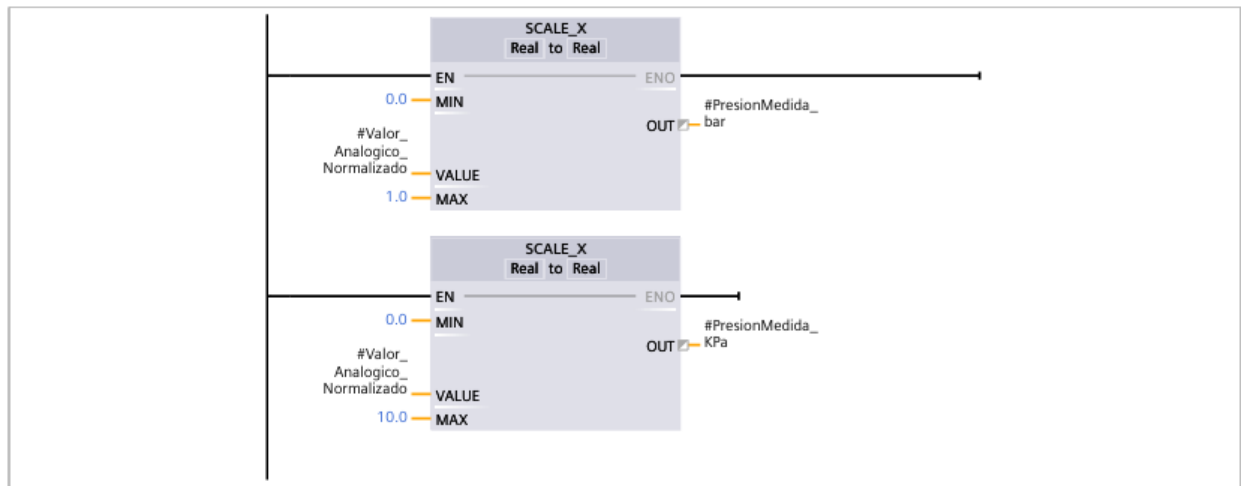


Figura93

Tags del Sistema

PLC tags

PLC tags				
	Name	Data type	Address	Retain
	Boton_Start	Bool	%I0.1	False
	Boton_Stop	Bool	%I0.2	False
	Boton_Start_HMI	Bool	%M0.0	False
	Boton_Stop_HMI	Bool	%M0.1	False
	SISTEMA	Bool	%M0.2	False
	Presion_Input	Int	%IW64	False
	PresionEscalda	Real	%MD6	False
	Nivel_Min + A	Real	%MD4	False
	Nivel_Min + A +B	Real	%MD14	False
	E1	Bool	%M0.3	False
	E2	Bool	%M0.4	False
	E3	Bool	%M0.5	False
	SR B1	Bool	%M0.6	False
	SR B2	Bool	%M0.7	False
	SR V1	Bool	%M11.1	False
	SR V2	Bool	%M11.2	False
	SR V3	Bool	%M11.3	False
	BOMBA 1	Bool	%Q0.0	False
	BOMBA 2	Bool	%Q0.1	False
	BOMBA 3	Bool	%Q0.2	False
	Nivel_Tanque	Real	%MD8	False
	Masa_Ingrediente_A	Real	%MD24	False
	Masa_Ingrediente_B	Real	%MD20	False
	Numero_Set_Batchs	Int	%MW2	False
	Numero_Actual_Bacths	Int	%MW26	False
	Reset	Bool	%M28.0	False
	Finalizar_Dosificador	Bool	%M28.1	False
	Presion_Simulada	Real	%MD10	False
	CONFIRMACION_INICIO	Bool	%M1.0	False
	Iniciar_Dosificacion	Bool	%M1.1	False
	señal_remanente	Bool	%M1.3	False
	Valvula_1	Bool	%Q0.3	False
	Valvula_2	Bool	%Q0.4	False
	Valvula_3	Bool	%Q0.5	False
	Estado3_final	Bool	%M1.6	False

Apéndice C

Programación Node Red

```
[
  {
    "id": "d1a8b46a9f28973c",
    "type": "tab",
    "label": "Flow 2",
    "disabled": false,
    "info": "",
    "env": []
  },
  {
    "id": "426de9fc4d4a92bc",
    "type": "s7 out",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "variable": "Boton_Star_HMI",
    "name": "Boton_Start",
    "x": 350,
    "y": 1280,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "727d111383892b1a",
    "type": "s7 out",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
```

```

    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "variable": "Boton_Stop_HMI",
    "name": "Boton_Stop",
    "x": 350,
    "y": 1340,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "543df402ba4554c1",
    "type": "s7 out",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "variable": "Masa_Ingrediente_A",
    "name": "Masa Ingrediente A",
    "x": 810,
    "y": 1760,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "b29525b29d0113e5",
    "type": "function",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "Ingrediente A",
    "func": "let valor = parseFloat(msg.payload); // valor ingresado (0 a 80)\n\nif
(isNaN(valor) || valor < 0 || valor > 80) {\n  return {\n    payload: \"⚠ Valor fuera del rango

```

```

permitido (0 a 80)\",\n    topic: \"error\"\n  };\n}\n\n// Convertir float a buffer IEEE754\nlet
buf = Buffer.alloc(4);\nbuf.writeFloatBE(valor); // Usa writeFloatLE si tu PLC está configurado
como little endian\n\n// Convertir el buffer a un número entero DWORD\nlet dword =
buf.readUInt32BE(); // Usa readUInt32LE si tu PLC es little endian\n\nmsg.payload =
dword;\nreturn msg;\n\",

  \"outputs\": 1,

  \"timeout\": 0,

  \"noerr\": 0,

  \"initialize\": \"\",

  \"finalize\": \"\",

  \"libs\": [],

  \"x\": 610,

  \"y\": 1760,

  \"wires\": [

    [

      \"543df402ba4554c1\"

    ]

  ]

},

{

  \"id\": \"bb514c74b49fbe88\",

  \"type\": \"s7 out\",

  \"z\": \"d1a8b46a9f28973c\",

  \"endpoint\": \"ab077474c26287a9\",

  \"variable\": \"Numero_Set_Batches\",

```

```

    "name": "Numero_Set_Batchs",
    "x": 1020,
    "y": 1440,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "6f1a112ebb2807e7",
    "type": "s7 out",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "variable": "Masa_Ingrediente_B",
    "name": "Masa Ingrediente B",
    "x": 1210,
    "y": 1680,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "b94922ced2d0772b",
    "type": "function",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "Ingrediente B",
    "func": "let modo = flow.get(\"modo\") || 0; // Obtener modo desde contexto, default
0 (manual)\nlet valor = parseFloat(msg.payload);\n\nif (isNaN(valor) || valor < 0 || valor > 80)
{\n  return { payload: \"⚠ Valor fuera del rango permitido (0 a 80)\", topic: \"error\" };\n}\n\nif
(modo === 0) {\n  // Modo manual: enviar valor directo convertido a DWORD IEEE754\n  let

```

```

buf = Buffer.alloc(4);\n  buf.writeFloatBE(valor);\n  let dword = buf.readUInt32BE();\n  msg.payload = dword;\n  return msg;\n}\n\nif (modo === 1) {\n  // Modo automático: calcular\n  masaB y enviar DWORD de masaB\n  let masaB = 80 - valor;\n  if (masaB < 0 || masaB > 80)\n  {\n    return { payload: '"⚠ Masa B fuera del rango permitido (0 a 80)"', topic: '"error"' };\n  }\n  let buf = Buffer.alloc(4);\n  buf.writeFloatBE(masaB);\n  let dword =\n  buf.readUInt32BE();\n  msg.payload = dword;\n  return msg;\n}\n\nreturn { payload: '"⚠\nModo de operación inválido"', topic: '"error"' };\n},

```

```

    "outputs": 1,\n    "timeout": 0,\n    "noerr": 0,\n    "initialize": "",\n    "finalize": "",\n    "libs": [],\n    "x": 990,\n    "y": 1680,\n    "wires": [\n      [\n        "6fla112ebb2807e7"\n      ]\n    ]\n  },\n  {\n    "id": "7a1f9f778b8d19b9",\n    "type": "IssueDashboard",\n    "z": "d1a8b46a9f28973c",

```

```

"x": 0,
"y": 0,
"wires": [
    []
],
},
{
  "id": "9f68a9dcd8d0d3a3",
  "type": "ui_dropdown",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "name": "Modo Operación",
  "label": "Modo",
  "tooltip": "",
  "place": "Selecciona modo",
  "group": "3a1cc2d9d0b17dea",
  "order": 4,
  "width": 9,
  "height": 1,
  "passthru": true,
  "multiple": false,
  "options": [
    {
      "label": "Manual",
      "value": 0,
      "type": "num"
    }
  ]
}

```

```

    },
    {
      "label": "Automático",
      "value": 1,
      "type": "num"
    }
  ],
  "payload": "",
  "topic": "",
  "topicType": "str",
  "className": "",
  "x": 130,
  "y": 1420,
  "wires": [
    [
      "2a62288f33da200b",
      "585ccef9bfe163e3",
      "0c4b5ccda11ab8b1"
    ]
  ]
},
{
  "id": "c76563558cf91ac5",
  "type": "ui_switch",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",

```

```
"name": "",
"label": "Boton Stop",
"tooltip": "",
"group": "3a1cc2d9d0b17dea",
"order": 3,
"width": 0,
"height": 0,
"passthru": true,
"decouple": "false",
"topic": "topic",
"topicType": "msg",
"style": "",
"onvalue": "true",
"onvalueType": "bool",
"onicon": "",
"oncolor": "",
"offvalue": "false",
"offvalueType": "bool",
"officon": "",
"offcolor": "",
"animate": false,
"className": "",
"x": 110,
"y": 1340,
"wires": [
```

```

    [
      "727d111383892b1a"
    ]
  ]
},
{
  "id": "bed5439c7cb728b0",
  "type": "ui_switch",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "name": "",
  "label": "Boton Start",
  "tooltip": "",
  "group": "3a1cc2d9d0b17dea",
  "order": 1,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "passthru": true,
  "decouple": "false",
  "topic": "topic",
  "topicType": "msg",
  "style": "",
  "onvalue": "true",
  "onvalueType": "bool",
  "onicon": "",
  "oncolor": ""
}

```

```

    "offvalue": "false",
    "offvalueType": "bool",
    "officon": "",
    "offcolor": "",
    "animate": false,
    "className": "",
    "x": 110,
    "y": 1280,
    "wires": [
      [
        "426de9fc4d4a92bc"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "e8af1c6a58b2f1c2",
    "type": "ui_text_input",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "Masa A",
    "label": "Masa A (kg)",
    "tooltip": "",
    "group": "3a1cc2d9d0b17dea",
    "order": 7,
    "width": 0,
    "height": 0,

```

```

    "passthru": true,
    "mode": "number",
    "delay": "0",
    "topic": "masaA",
    "sendOnBlur": true,
    "className": "",
    "topicType": "str",
    "x": 360,
    "y": 1600,
    "wires": [
      [
        "b29525b29d0113e5",
        "c725a77025a6d508"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "2a62288f33da200b",
    "type": "function",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "Guardar Modo",
    "func": "flow.set(\"modo\",
msg.payload);\nnode.status({fill:\"green\",shape:\"dot\",text:\"Modo: \" + msg.payload});\nreturn
null;",
    "outputs": 1,

```

```

    "timeout": 0,

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

    "x": 400,

    "y": 1480,

    "wires": [

        []

    ]

},

{

    "id": "585ccef9bfe163e3",

    "type": "function",

    "z": "d1a8b46a9f28973c",

    "name": "Modo",

    "func": "// Guardar el modo en contexto\nflow.set(\"modo\", msg.payload);\n\n//  

Mostrar estado en el editor\nnode.status({fill: (msg.payload === \"automatico\") ? \"green\" :  

\"red\", shape: \"dot\", text: \"Modo: \" + msg.payload});\n\n// Enviar el modo al LED\nreturn {  

payload: msg.payload };\n",

    "outputs": 1,

    "timeout": 0,

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

```

```

    "libs": [],
    "x": 350,
    "y": 1420,
    "wires": [
      [
        "9d1c9afddd4311bd"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "9d1c9afddd4311bd",
    "type": "ui_led",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "order": 5,
    "group": "3a1cc2d9d0b17dea",
    "width": 0,
    "height": 0,
    "label": "Modo ",
    "labelPlacement": "left",
    "labelAlignment": "left",
    "colorForValue": [
      {
        "color": "#008000",
        "value": "1",
        "valueType": "num"
      }
    ]
  }
]

```

```

    },
    {
      "color": "#ff0000",
      "value": "0",
      "valueType": "num"
    }
  ],
  "allowColorForValueInMessage": false,
  "shape": "circle",
  "showGlow": true,
  "name": "Modo",
  "x": 610,
  "y": 1420,
  "wires": []
},
{
  "id": "16a71c62f5c16c64",
  "type": "s7 out",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "endpoint": "ab077474c26287a9",
  "variable": "Iniciar_Dosificacion",
  "name": "Iniciar_Dosificacion",
  "x": 870,
  "y": 1280,
  "wires": []
}

```

```
},  
  
{  
  "id": "48adb7a53913c8f4",  
  "type": "ui_switch",  
  "z": "d1a8b46a9f28973c",  
  "name": "",  
  "label": "Boton Iniciar",  
  "tooltip": "",  
  "group": "3a1cc2d9d0b17dea",  
  "order": 2,  
  "width": 0,  
  "height": 0,  
  "passthru": true,  
  "decouple": "false",  
  "topic": "topic",  
  "topicType": "msg",  
  "style": "",  
  "onvalue": "true",  
  "onvalueType": "bool",  
  "onicon": "",  
  "oncolor": "",  
  "offvalue": "false",  
  "offvalueType": "bool",  
  "officon": "",  
  "offcolor": "",
```

```

    "animate": false,

    "className": "",

    "x": 630,

    "y": 1280,

    "wires": [

        [

            "16a71c62f5c16c64"

        ]

    ]

},

{

    "id": "0c4b5ccda11ab8b1",

    "type": "function",

    "z": "d1a8b46a9f28973c",

    "name": "Set valor según modo",

    "func": "// Guardar modo en contexto\nflow.set(\"modo\", msg.payload);\n\nlet
modo = msg.payload; // 0 = manual, 1 = automático\nlet valor;\n\nif (modo === 0) {\n    valor =
1; // fijo para manual\n} else {\n    valor = flow.get(\"numero_batches\") || 0;\n}\n\nreturn {\n
modo: modo,\n    valor: valor,\n    payload: valor\n};",

    "outputs": 1,

    "timeout": "",

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

```

```

"x": 400,
"y": 1540,
"wires": [
  [
    "aecf3c9a65f0e55f",
    "c725a77025a6d508",
    "b94922ced2d0772b"
  ]
],
},
{
  "id": "aecf3c9a65f0e55f",
  "type": "ui_template",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "group": "3a1cc2d9d0b17dea",
  "name": "Cuadro dinámico batchs",
  "order": 6,
  "width": 9,
  "height": 2,
  "format": "<div>\n  <div ng-if=\"msg.modos === 0\">\n    <!-- Modo manual:
texto solo lectura -->\n    <label><strong>Numero de Batch:</strong></label><br/>\n    <p
style=\"margin:0; padding:3px;\">\n      1\n    </p>\n  </div>\n  <div ng-if=\"msg.modos
=== 1\">\n    <!-- Modo automático: input editable -->\n    <label><strong>Numero de
Batch:</strong></label><br/>\n    <input type=\"number\" \n
ng-model=\"msg.valor\" \n      ng-change=\"send({modos: msg.modos, valor: msg.valor,

```

```

payload: msg.valor})))\n          style=\"width: 100px; font-size: 1.1em;padding:1px\">\n
</div>\n</div>\",

    \"storeOutMessages\": true,

    \"fwdInMessages\": true,

    \"resendOnRefresh\": true,

    \"templateScope\": \"local\",

    \"className\": \"\",

    \"x\": 690,

    \"y\": 1500,

    \"wires\": [

        [

            \"1614dce7c3a79c17\",

            \"bba1bef04ab2fbcf\",

            \"bb514c74b49fbe88\"

        ]

    ]

},

{

    \"id\": \"1614dce7c3a79c17\",

    \"type\": \"function\",

    \"z\": \"d1a8b46a9f28973c\",

    \"name\": \"Guardar valor automático\",

    \"func\": \"// Si es automático, guardar el valor\nif (msg.mod0 === 1) {\n

flow.set(\"numero_batches\", msg.valor);\n}\nreturn msg;\",

    \"outputs\": 1,

```

```

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

    "x": 1030,

    "y": 1500,

    "wires": [

        []

    ]

},

{

    "id": "c725a77025a6d508",

    "type": "ui_template",

    "z": "d1a8b46a9f28973c",

    "group": "3a1cc2d9d0b17dea",

    "name": "Cuadro dinámico masaB",

    "order": 8,

    "width": 9,

    "height": 2,

    "format": "<div style=\"font-family: Arial, sans-serif; padding: 10px;\">\n\n <!--
Modo manual -->\n <div ng-if=\"modo === 0\">\n  <label for=\"masaBInput\"><strong>Masa
B (manual):</strong></label><br/>\n  <input id=\"masaBInput\" \n          type=\"number\" \n
ng-model=\"masaB\" \n          min=\"0\" \n          ng-attr-max=\"{{80 - (masaA || 0)}}\" \n
step=\"0.1\" \n          style=\"width: 100px; font-size: 1.1em;\" \n
ng-change=\"send({topic:'masaB', payload: masaB})\" />\n  <div style=\"color: red;

```

```

font-weight: bold; margin-top: 5px;" ng-if="alerta">\n    La suma de masa A + masa B no
puede superar 80 kg.\n  </div>\n </div>\n\n <!-- Modo automático -->\n <div ng-if="modo
=== 1">\n  <label><strong>Masa B (automático):</strong></label><br/>\n  <span
style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">{{masaB}}</span> kg\n
</div>\n\n</div>\n\n<script>\n  (function(scope) {\n    scope.$watch('msg', function(msg) {\n
if (!msg) return;\n\n      // Actualizar modo si viene en el mensaje\n      if
(msg.hasOwnProperty("modo")) {\n        scope.modo = msg.modo;\n\n        if
(scope.modo === 0) {\n          // Inicializar masaB a 0 al cambiar a modo manual\n
scope.masaB = 0;\n          }\n          }\n\n          // Actualizar masaA\n          if (msg.topic
=== "masaA") {\n            scope.masaA = parseFloat(msg.payload) || 0;\n\n            if
(scope.modo === 1) {\n              // Modo automático: calcular masaB\n
scope.masaB = Math.max(0, 80 - scope.masaA);\n              }\n              }\n\n              // En modo
manual, actualizar masaB si viene valor\n              else if (scope.modo === 0 &&
msg.hasOwnProperty("valor")) {\n                scope.masaB = parseFloat(msg.valor) || 0;\n
}\n\n          // Actualizar alerta visual si existe\n          if (msg.hasOwnProperty("alerta")) {\n
scope.alerta = msg.alerta;\n          }\n          });\n        })(scope);\n</script>",

    "storeOutMessages": true,

    "fwdInMessages": true,

    "resendOnRefresh": true,

    "templateScope": "local",

    "className": "",

    "x": 690,

    "y": 1540,

    "wires": [

      [

```

```

        "3e15b8ce2ad2c610",
        "b94922ced2d0772b"
    ]
]
},
{
    "id": "bba1bef04ab2fbcf",
    "type": "debug",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "debug 7",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "false",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 980,
    "y": 1540,
    "wires": []
},
{
    "id": "3e15b8ce2ad2c610",
    "type": "debug",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",

```

```

    "name": "debug 8",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "false",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 1020,
    "y": 1620,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "06eb905176a7964d",
    "type": "ui_gauge",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "",
    "group": "group_monitoreo",
    "order": 1,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "gtype": "gage",
    "title": "",
    "label": "units",
    "format": "{{value}}",

```

```

    "min": 0,
    "max": "100",
    "colors": [
        "#00b500",
        "#e6e600",
        "#ca3838"
    ],
    "seg1": "",
    "seg2": "",
    "diff": false,
    "className": "",
    "x": 690,
    "y": 1060,
    "wires": []
},
{
    "id": "b499a67e3537710c",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "Nivel_Tanque",
    "diff": true,
    "name": "Nivel Tanque",
    "x": 90,

```

```

    "y": 1060,
    "wires": [
      [
        "4f690049a9d41c54",
        "167d2ee8fc85dddb"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "4f690049a9d41c54",
    "type": "function",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "Nivel del Tanque",
    "func": "function dwordToFloat(dword) {\n  const buf = Buffer.alloc(4);\n  buf.writeUInt32BE(dword);\n  return buf.readFloatBE(0);\n}\n\nlet dword =\nmsg.payload;\n\nlet altura_m = dwordToFloat(dword);\n\nif (isNaN(altura_m) ||\n!isFinite(altura_m)) {\n  node.warn(\"Valor no válido recibido: \" + altura_m);\n  return\nnull;\n}\n\nlet porcentaje = (altura_m / 0.71) * 100;\n\n// Limitar el porcentaje para que no\nsupere 100\nif (porcentaje > 100) porcentaje = 100;\nif (porcentaje < 0) porcentaje =\n0;\n\nmsg.payload = parseFloat(porcentaje.toFixed(1));\n\nreturn msg;\n",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": ""
  }
}

```

```

    "libs": [],
    "x": 400,
    "y": 1060,
    "wires": [
      [
        "06eb905176a7964d",
        "380c9f4cd142ba54"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "2cb4df190cdecb331",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "Numero_Actual_Batchs",
    "diff": true,
    "name": "Numero de Batchs Actual",
    "x": 130,
    "y": 1160,
    "wires": [
      [
        "6baf111c47384ba9"
      ]
    ]
  }

```

```

    ]
  },
  {
    "id": "93b05449eeddf1a8",
    "type": "debug",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "debug 6",
    "active": true,
    "tosidebar": true,
    "console": false,
    "tostatus": false,
    "complete": "false",
    "statusVal": "",
    "statusType": "auto",
    "x": 520,
    "y": 940,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "466eab3109dbbdf2",
    "type": "function",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "Validar datos",
    "func": "let data = msg.payload;\n\n// Aseguramos que las variables v1..v4 sean
numéricas adecuadas\nlet v1 = parseInt(data.v1, 10) || 0;\nlet v2 = parseInt(data.v2, 10) || 0;\nlet

```

```

v3 = parseFloat(data.v3) || 0.0;\nlet v4 = parseFloat(data.v4) || 0.0;\n\n// Formatear fecha en
formato MySQL DATETIME: YYYY-MM-DD HH:mm:ss\nlet dimdatetime = new Date();\nlet
pad = (n) => n < 10 ? '0' + n : n;\nlet dateformat = dimdatetime.getFullYear() + '-' +\n
pad(dimdatetime.getMonth() + 1) + '-' +\n  pad(dimdatetime.getDate()) + ' ' +\n
pad(dimdatetime.getHours()) + ':' +\n  pad(dimdatetime.getMinutes()) + ':' +\n
pad(dimdatetime.getSeconds());\n\nnode.warn(`Valores: ` + JSON.stringify({ v1, v2, v3, v4
}));\n\nlet testfuncional = `INSERT INTO BaseDatosTesis (numeroSetBatch,
numeroBatchProducido, masaA, masaB, `Timestamp`) VALUES (`\n  + v1 + `, ` + v2 + `, ` +
+ v3 + `, ` + v4 + `, ` + dateformat + `)`;\n\nreturn { topic: testfuncional };`;\n",

```

```

    "outputs": 1,

    "timeout": 0,

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

    "x": 1070,

    "y": 200,

    "wires": [

      [

        "182cfe22e54ec058"

      ]

    ]

  },

  {

    "id": "3bff6438ab52b45f",

```

```

    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "Numero_Set_Batchs",
    "diff": true,
    "name": "",
    "x": 110,
    "y": 140,
    "wires": [
      [
        "bbfa258850cfcebc"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "accb50ce8375e6fd",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "BOMBA 1",
    "diff": true,
    "name": "",
    "x": 920,

```

```

    "y": 380,
    "wires": [
      [
        "2e997d4cfce5f39b"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "30bf0a9a85d3d0bb",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "BOMBA 2",
    "diff": true,
    "name": "",
    "x": 920,
    "y": 640,
    "wires": [
      [
        "8c63c6d3b3897a90"
      ]
    ]
  },
  {

```

```

    "id": "e9289d4971dfb392",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "BOMBA 3",
    "diff": true,
    "name": "",
    "x": 920,
    "y": 720,
    "wires": [
      [
        "46315e4b36565d03"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "33a11253cad8cefe",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "Numero_Actual_Batchs",
    "diff": true,
    "name": "Numero de Batchs Actual",

```

```

"x": 130,
"y": 200,
"wires": [
  [
    "a700d0ccf0c07b7f"
  ]
]
},
{
  "id": "f2055b0b6f754c08",
  "type": "s7 in",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "endpoint": "ab077474c26287a9",
  "mode": "single",
  "variable": "Masa_Ingrediente_A",
  "diff": true,
  "name": "",
  "x": 110,
  "y": 260,
  "wires": [
    [
      "84c003c8388c8b9a"
    ]
  ]
},

```

```

{
  "id": "339ffb110e9c26f7",
  "type": "s7 in",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "endpoint": "ab077474c26287a9",
  "mode": "single",
  "variable": "Masa_Ingrediente_B",
  "diff": true,
  "name": "",
  "x": 110,
  "y": 340,
  "wires": [
    [
      "50983ae9aa160a87"
    ]
  ]
},
{
  "id": "84c003c8388c8b9a",
  "type": "function",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "name": "MasaA",
  "func": "function dwordToFloat(dword) {\n  const buf = Buffer.alloc(4);\n  buf.writeUInt32BE(dword);\n  return buf.readFloatBE(0);\n}\n\nlet masaA =\n  dwordToFloat(msg.payload);\nmasaA =

```

```

parseFloat(masaA.toFixed(2));\n\nflow.set("masa_ingrediente_a_kg", masaA);\n\nmsg.topic =
"Masa_Ingrediente_A";\nmsg.payload = Number(masaA);\n\nreturn msg;\n",

    "outputs": 1,

    "timeout": 0,

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

    "x": 340,

    "y": 260,

    "wires": [

        [

            "1d5aba5549c201d8"

        ]

    ]

},

{

    "id": "50983ae9aa160a87",

    "type": "function",

    "z": "d1a8b46a9f28973c",

    "name": "MasaB",

    "func": "function dwordToFloat(dword) {\n    const buf = Buffer.alloc(4);\n    buf.writeUInt32BE(dword);\n    return buf.readFloatBE(0);\n}\n\nlet masaB =\n    dwordToFloat(msg.payload);\nmasaB =

```

```

parseFloat(masaB.toFixed(2));\n\nflow.set("masa_ingrediente_b_kg", masaB);\n\nmsg.topic =
"Masa_Ingrediente_B";\nmsg.payload = Number(masaB);\n\nreturn msg;\n",

    "outputs": 1,

    "timeout": 0,

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

    "x": 340,

    "y": 340,

    "wires": [

        [

            "1d5aba5549c201d8"

        ]

    ]

},

{

    "id": "e192e24d16f6eb40",

    "type": "function",

    "z": "d1a8b46a9f28973c",

    "name": "function 1",

    "func": "/*node.warn(msg);\nlet data = {\n  v1: msg.Numero_Set_Batches,\n  v2:
msg.Numero_Actual_Batches,\n  v3: msg.Masa_Ingrediente_A,\n  v4:
msg.Masa_Ingrediente_B\n};\n\nmsg.payload = data;\nreturn msg;*/\n\nlet data = {\n  v1:
msg.payload["Numero_Set_Batches"],\n  v2: msg.payload["Numero_Actual_Batches"],\n

```

```

v3: msg.payload["Masa_Ingrediente_A"],\n    v4:
msg.payload["Masa_Ingrediente_B"]\n};\n\nmsg.payload = data;\nreturn msg;\n\n",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 880,
    "y": 200,
    "wires": [
      [
        "466eab3109dbbdf2"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "1d5aba5549c201d8",
    "type": "join",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "Compacto",
    "mode": "custom",
    "build": "object",
    "property": "payload",
    "propertyType": "msg",

```

```

    "key": "topic",
    "joiner": "\\n",
    "joinerType": "str",
    "useparts": false,
    "accumulate": false,
    "timeout": "",
    "count": "4",
    "reduceRight": false,
    "reduceExp": "",
    "reduceInit": "",
    "reduceInitType": "num",
    "reduceFixup": "",
    "x": 690,
    "y": 200,
    "wires": [
      [
        "e192e24d16f6eb40"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "53fcac43a42ea81d",
    "type": "ui_led",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "order": 4,

```

```
"group": "group_monitoreo",
"width": 0,
"height": 0,
"label": "Valvula 1",
"labelPlacement": "left",
"labelAlignment": "left",
"colorForValue": [
    {
        "color": "#ff0000",
        "value": "false",
        "valueType": "bool"
    },
    {
        "color": "#008000",
        "value": "true",
        "valueType": "bool"
    }
],
"allowColorForValueInMessage": false,
"shape": "circle",
"showGlow": true,
"name": "Valvula 1",
"x": 1120,
"y": 440,
"wires": []
```

```

    },
    {
      "id": "8c63c6d3b3897a90",
      "type": "ui_led",
      "z": "d1a8b46a9f28973c",
      "order": 5,
      "group": "group_monitoreo",
      "width": 0,
      "height": 0,
      "label": "Bomba 2",
      "labelPlacement": "left",
      "labelAlignment": "left",
      "colorForValue": [
        {
          "color": "#ff0000",
          "value": "false",
          "valueType": "bool"
        },
        {
          "color": "#008000",
          "value": "true",
          "valueType": "bool"
        }
      ],
      "allowColorForValueInMessage": false,

```

```

    "shape": "circle",
    "showGlow": true,
    "name": "Bomba 2",
    "x": 1120,
    "y": 640,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "08ea61c71bed6197",
    "type": "ui_led",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "order": 6,
    "group": "group_monitoreo",
    "width": 0,
    "height": 0,
    "label": "Valvula 2",
    "labelPlacement": "left",
    "labelAlignment": "left",
    "colorForValue": [
      {
        "color": "#ff0000",
        "value": "false",
        "valueType": "bool"
      },
      {

```

```

        "color": "#008000",
        "value": "true",
        "valueType": "bool"
    }
],
"allowColorForValueInMessage": false,
"shape": "circle",
"showGlow": true,
"name": "Valvula 2",
"x": 1120,
"y": 500,
"wires": []
},
{
    "id": "46315e4b36565d03",
    "type": "ui_led",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "order": 7,
    "group": "group_monitoreo",
    "width": 0,
    "height": 0,
    "label": "Bomba 3",
    "labelPlacement": "left",
    "labelAlignment": "left",
    "colorForValue": [

```

```

    {
      "color": "#ff0000",
      "value": "false",
      "valueType": "bool"
    },
    {
      "color": "#008000",
      "value": "true",
      "valueType": "bool"
    }
  ],
  "allowColorForValueInMessage": false,
  "shape": "circle",
  "showGlow": true,
  "name": "Bomba 3",
  "x": 1120,
  "y": 720,
  "wires": []
},
{
  "id": "8173fb20f420d776",
  "type": "ui_led",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "order": 8,
  "group": "group_monitoreo",

```

```

"width": 0,
"height": 0,
"label": "Valvula 3",
"labelPlacement": "left",
"labelAlignment": "left",
"colorForValue": [
    {
        "color": "#ff0000",
        "value": "false",
        "valueType": "bool"
    },
    {
        "color": "#008000",
        "value": "true",
        "valueType": "bool"
    }
],
"allowColorForValueInMessage": false,
"shape": "circle",
"showGlow": true,
"name": "Valvula 3",
"x": 1120,
"y": 560,
"wires": []
},

```

```

{
  "id": "2e997d4cfce5f39b",
  "type": "ui_led",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "order": 3,
  "group": "group_monitoreo",
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "Bomba 1",
  "labelPlacement": "left",
  "labelAlignment": "left",
  "colorForValue": [
    {
      "color": "#ff0000",
      "value": "false",
      "valueType": "bool"
    },
    {
      "color": "#008000",
      "value": "true",
      "valueType": "bool"
    }
  ],
  "allowColorForValueInMessage": false,
  "shape": "circle",

```

```

    "showGlow": true,

    "name": "Bomba 1",

    "x": 1120,

    "y": 380,

    "wires": []
  },
  {
    "id": "c19544aa3fbb8e40",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "Valvula_1",
    "diff": true,
    "name": "",
    "x": 920,
    "y": 440,
    "wires": [
      [
        "53fcac43a42ea81d"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "d2c13d5069fe967f",

```

```

    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "Valvula_2",
    "diff": true,
    "name": "",
    "x": 920,
    "y": 500,
    "wires": [
      [
        "08ea61c71bed6197"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "14ec1a3438460605",
    "type": "s7 in",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "endpoint": "ab077474c26287a9",
    "mode": "single",
    "variable": "Valvula_3",
    "diff": true,
    "name": "",
    "x": 920,

```

```

        "y": 560,
        "wires": [
            [
                "8173fb20f420d776"
            ]
        ]
    },
    {
        "id": "167d2ee8fc85dddb",
        "type": "function",
        "z": "d1a8b46a9f28973c",
        "name": "Nivel del Tanque",
        "func": "// Función para convertir DWORD (dos registros 16 bits) a float IEEE 754
Big Endian\nfunction dwordToFloat(dword) {\n    const buf = Buffer.alloc(4);\n    buf.writeUInt32BE(dword);\n    return buf.readFloatBE(0);\n}\n\nlet reg_alto =
msg.payload[0];\nlet reg_bajo = msg.payload[1];\n\n// Combinar en DWORD\nlet dword =
(reg_alto << 16) | reg_bajo;\n\n// Convertir a float\nlet valor_float = dwordToFloat(dword);\n\n//
Obtener último valor guardado en contexto para suavizar saltos\ncontext.lastValue =
context.lastValue || valor_float;\n\n// Umbral máximo de salto permitido (ajusta según tu
necesidad)\nconst UMBRAL_SALTO = 5;\n\n// Suavizado: si salto es muy grande, mantener
último valor para evitar salto brusco\nif (Math.abs(valor_float - context.lastValue) >
UMBRAL_SALTO) {\n    msg.payload = context.lastValue;\n} else {\n    context.lastValue =
valor_float;\n    msg.payload = valor_float;\n}\n\nreturn msg;\n",
        "outputs": 1,
        "timeout": 0,

```

```

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

    "x": 340,

    "y": 940,

    "wires": [

        [

            "93b05449eeddf1a8"

        ]

    ]

},

{

    "id": "bbfa258850cfcebc",

    "type": "function",

    "z": "d1a8b46a9f28973c",

    "name": "Numero Set Batchs funcion",

    "func": "msg.topic = \"Numero_Set_Batchs\";\nmsg.payload =
Number(parseInt(msg.payload)); // Por si llega como string\nreturn msg;\n",

    "outputs": 1,

    "timeout": 0,

    "noerr": 0,

    "initialize": "",

    "finalize": "",

    "libs": [],

```

```

"x": 400,
"y": 140,
"wires": [
  [
    "1d5aba5549c201d8"
  ]
]
},
{
  "id": "a700d0ccf0c07b7f",
  "type": "function",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "name": "Bacth Actual funcion",
  "func": "msg.topic = \"Numero_Actual_Batches\";\nmsg.payload =
parseInt(msg.payload);\nreturn msg;\n",
  "outputs": 1,
  "timeout": 0,
  "noerr": 0,
  "initialize": "",
  "finalize": "",
  "libs": [],
  "x": 380,
  "y": 200,
  "wires": [
    [

```

```

        "1d5aba5549c201d8"
    ]
]
},
{
    "id": "182cfe22e54ec058",
    "type": "mysql",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "mydb": "bf8aa6c9b7e40ba1",
    "name": "Envia Datos",
    "x": 1250,
    "y": 200,
    "wires": [
        []
    ]
},
{
    "id": "6baf111c47384ba9",
    "type": "ui_text",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "group": "group_monitoreo",
    "order": 2,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "name": "Numero de Bacth Actual",

```

```

"label": "Numero de Batch Actual",
"format": "{{msg.payload}}",
"layout": "row-spread",
"className": "",
"style": false,
"font": "",
"fontSize": 16,
"color": "#000000",
"x": 490,
"y": 1160,
"wires": []
},
{
  "id": "380c9f4cd142ba54",
  "type": "debug",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "name": "debug 9",
  "active": true,
  "tosidebar": true,
  "console": false,
  "tostatus": false,
  "complete": "payload",
  "targetType": "msg",
  "statusVal": "",
  "statusType": "auto",

```

```
"x": 700,  
"y": 1000,  
"wires": []  
},  
{  
  "id": "3f9394170bb45be1",  
  "type": "ui_button",  
  "z": "d1a8b46a9f28973c",  
  "name": "",  
  "group": "b828f517d3ed4b73",  
  "order": 1,  
  "width": 0,  
  "height": 0,  
  "passthru": false,  
  "label": "DOWNLOAD",  
  "tooltip": "",  
  "color": "",  
  "bgcolor": "",  
  "className": "",  
  "icon": "fa-download",  
  "payload": "",  
  "payloadType": "str",  
  "topic": "topic",  
  "topicType": "msg",  
  "x": 90,
```

```

    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "f8d6191d9b0a2ce4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "36fce8cc155477b5",
    "type": "mysql",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "mydb": "bf8aa6c9b7e40ba1",
    "name": "",
    "x": 480,
    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "d0cd4420292c38d4"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "f8d6191d9b0a2ce4",
    "type": "function",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",

```

```

    "name": "Select All",
    "func": "msg.topic = \"SELECT * FROM testbasedatos.basedatostesis;\\\"\\nreturn
msg;\"",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 280,
    "y": 60,
    "wires": [
        [
            "36fce8cc155477b5"
        ]
    ]
},
{
    "id": "d0cd4420292c38d4",
    "type": "csv",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "",
    "spec": "rfc",
    "sep": ",",
    "hdrin": ""
}

```

```

    "hdROUT": "none",

    "multi": "one",

    "ret": "\\r\\n",

    "temp": "id,numeroSetBatch,numeroBatchProducido,masaA,masaB,Timestamp",

    "skip": "0",

    "strings": true,

    "include_empty_strings": "",

    "include_null_values": "",

    "x": 710,

    "y": 60,

    "wires": [

        [

            "8249fa5223e3d51c"

        ]

    ]

},

{

    "id": "8249fa5223e3d51c",

    "type": "function",

    "z": "d1a8b46a9f28973c",

    "name": "filePath",

    "func": "msg.path =

\\\"C:\\\\Users\\\\\\\\SAC\\\\\\\\.node-red\\\\\\\\public\\\\\\\\reporte.csv\\\";\\nreturn msg;\\n",

    "outputs": 1,

    "timeout": 0,

```

```

    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 860,
    "y": 60,
    "wires": [
      [
        "3e71ccb11075a965"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "3e71ccb11075a965",
    "type": "file",
    "z": "d1a8b46a9f28973c",
    "name": "",
    "filename": "path",
    "filenameType": "msg",
    "appendNewline": true,
    "createDir": true,
    "overwriteFile": "true",
    "encoding": "none",
    "x": 1040,
    "y": 60,

```

```
"wires": [  
  [  
    "c51dbc3218896bb7"  
  ]  
]  
},  
{  
  "id": "c51dbc3218896bb7",  
  "type": "trigger",  
  "z": "d1a8b46a9f28973c",  
  "name": "",  
  "op1": "open",  
  "op2": "reset",  
  "op1type": "str",  
  "op2type": "str",  
  "duration": "250",  
  "extend": false,  
  "overrideDelay": false,  
  "units": "ms",  
  "reset": "",  
  "bytopic": "all",  
  "topic": "topic",  
  "outputs": 1,  
  "x": 1240,  
  "y": 60,
```

```
"wires": [  
  [  
    "d5971aa41bce2961"  
  ]  
]  
,  
{  
  "id": "d5971aa41bce2961",  
  "type": "change",  
  "z": "d1a8b46a9f28973c",  
  "name": "",  
  "rules": [  
    {  
      "t": "set",  
      "p": "command",  
      "pt": "msg",  
      "to": "payload",  
      "tot": "msg"  
    }  
  ],  
  "action": "",  
  "property": "",  
  "from": "",  
  "to": "",  
  "reg": false,
```

```

"x": 1470,
"y": 60,
"wires": [
  [
    "9a5e1f430e391947"
  ]
]
},
{
  "id": "9a5e1f430e391947",
  "type": "ui_template",
  "z": "d1a8b46a9f28973c",
  "group": "b828f517d3ed4b73",
  "name": "",
  "order": 2,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "format": "<script>\n  (function(scope){\n    scope.$watch('msg', function(msg){\n
if(msg.payload === 'open'){
    window.open('http://127.0.0.1:1880/reporte.csv', '_blank');
}\n  });\n })(scope);\n</script>",
  "storeOutMessages": true,
  "fwdInMessages": true,
  "resendOnRefresh": true,
  "templateScope": "local",
  "className": "",

```

```

"x": 1700,
"y": 60,
"wires": [
    []
]
},
{
  "id": "ab077474c26287a9",
  "type": "s7 endpoint",
  "transport": "iso-on-tcp",
  "address": "192.168.100.10",
  "port": "102",
  "rack": "0",
  "slot": "1",
  "localtsaphi": "01",
  "localtsaplo": "00",
  "remotetsaphi": "01",
  "remotetsaplo": "00",
  "connmode": "rack-slot",
  "adapter": "",
  "busaddr": "2",
  "cycletime": "2000",
  "timeout": "5000",
  "name": "PLCSIM",
  "variable": [

```

```

{
  "addr": "I0.1",
  "name": "Boton_Start"
},
{
  "addr": "I0.2",
  "name": "Boton_Stop"
},
{
  "addr": "M0.0",
  "name": "Boton_Star_HMI"
},
{
  "addr": "M0.1",
  "name": "Boton_Stop_HMI"
},
{
  "addr": "M0.2",
  "name": "SISTEMA"
},
{
  "addr": "IW64",
  "name": "Presion_Input"
},
{

```

```

    "addr": "MD6",
    "name": "PresionEscalada"
  },
  {
    "addr": "MD4",
    "name": "Nivel_Minimo + A"
  },
  {
    "addr": "MD14",
    "name": "Nivel_Minimo + A +B"
  },
  {
    "addr": "M0.3",
    "name": "E1"
  },
  {
    "addr": "M0.4",
    "name": "E2"
  },
  {
    "addr": "M0.5",
    "name": "E3"
  },
  {
    "addr": "M0.6",

```

```
    "name": "SR B1"
  },
  {
    "addr": "M0.7",
    "name": "SR B2"
  },
  {
    "addr": "M11.1",
    "name": "SR V1"
  },
  {
    "addr": "M11.2",
    "name": "SR V2"
  },
  {
    "addr": "M11.3",
    "name": "SR V3"
  },
  {
    "addr": "Q0.0",
    "name": "BOMBA 1"
  },
  {
    "addr": "Q0.1",
    "name": "BOMBA 2"
```

```

    },
    {
        "addr": "Q0.2",
        "name": "BOMBA 3"
    },
    {
        "addr": "MD8",
        "name": "Nivel_Tanque"
    },
    {
        "addr": "MD24",
        "name": "Masa_Ingrediente_A"
    },
    {
        "addr": "MD20",
        "name": "Masa_Ingrediente_B"
    },
    {
        "addr": "MW2",
        "name": "Numero_Set_Batchs"
    },
    {
        "addr": "MW26",
        "name": "Numero_Actual_Batchs"
    },

```

```

    {
      "addr": "Q0.3",
      "name": "Valvula_1"
    },
    {
      "addr": "Q0.4",
      "name": "Valvula_2"
    },
    {
      "addr": "Q0.5",
      "name": "Valvula_3"
    },
    {
      "addr": "M1.0",
      "name": "Iniciar_Dosificacion"
    }
  ]
},
{
  "id": "3a1cc2d9d0b17dea",
  "type": "ui_group",
  "name": "Control",
  "tab": "tab_hmi",
  "order": 2,
  "disp": true,

```

```

    "width": 9,

    "collapse": false,

    "className": ""
  },

  {

    "id": "group_monitoreo",

    "type": "ui_group",

    "name": "Monitoreo",

    "tab": "tab_hmi",

    "order": 3,

    "disp": true,

    "width": 13,

    "collapse": false
  },

  {

    "id": "bf8aa6c9b7e40ba1",

    "type": "MySQLdatabase",

    "name": "",

    "host": "127.0.0.1",

    "port": "3306",

    "db": "testBaseDatos",

    "tz": "",

    "charset": "UTF8"
  },

  {

```

```

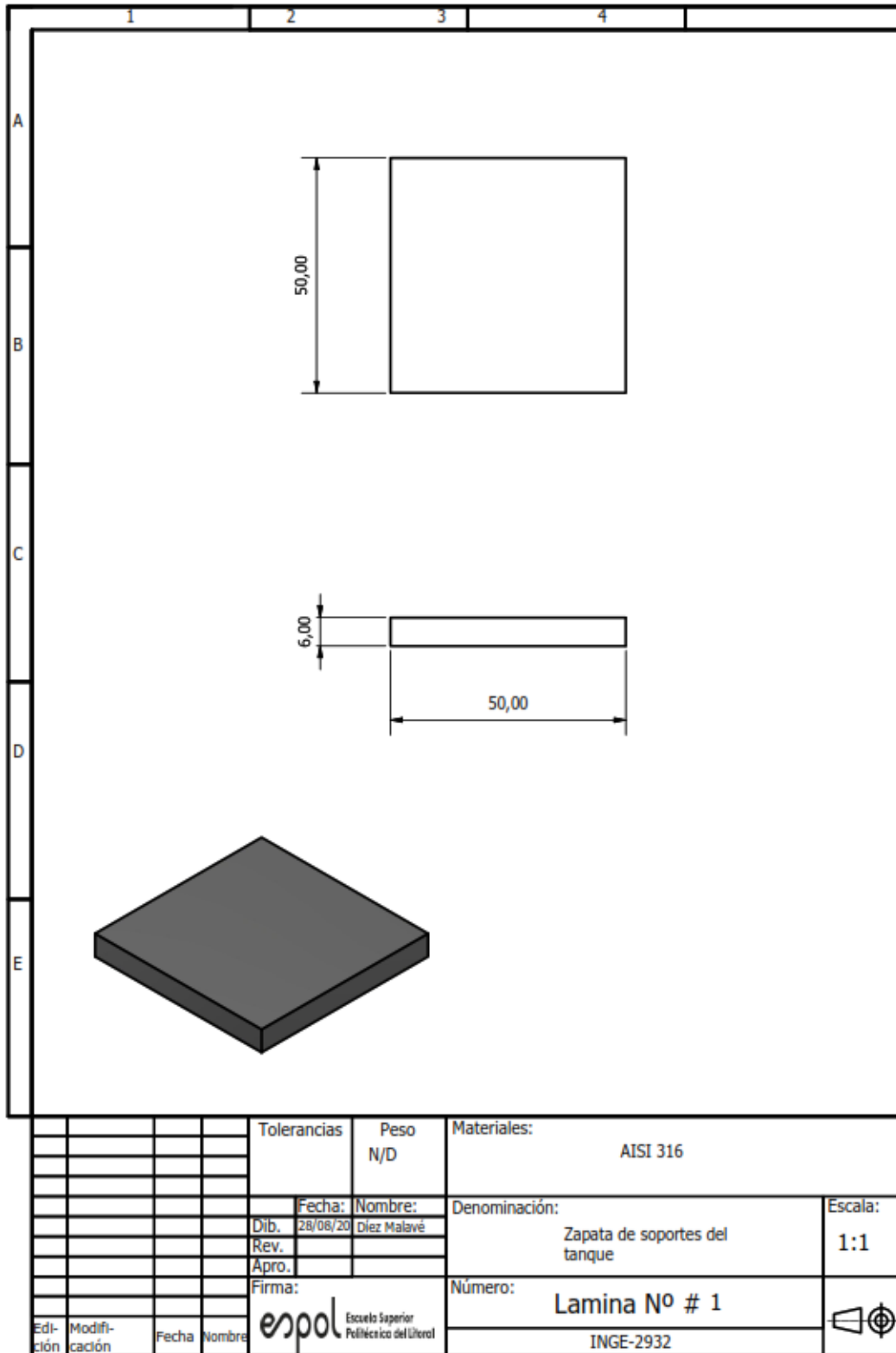
    "id": "b828f517d3ed4b73",
    "type": "ui_group",
    "name": "GENERA REPORTE",
    "tab": "tab_hmi",
    "order": 1,
    "disp": true,
    "width": 4,
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "tab_hmi",
    "type": "ui_tab",
    "name": "HMI PLC",
    "icon": "dashboard",
    "order": 2,
    "disabled": false,
    "hidden": false
  }
]

```

Apéndice D

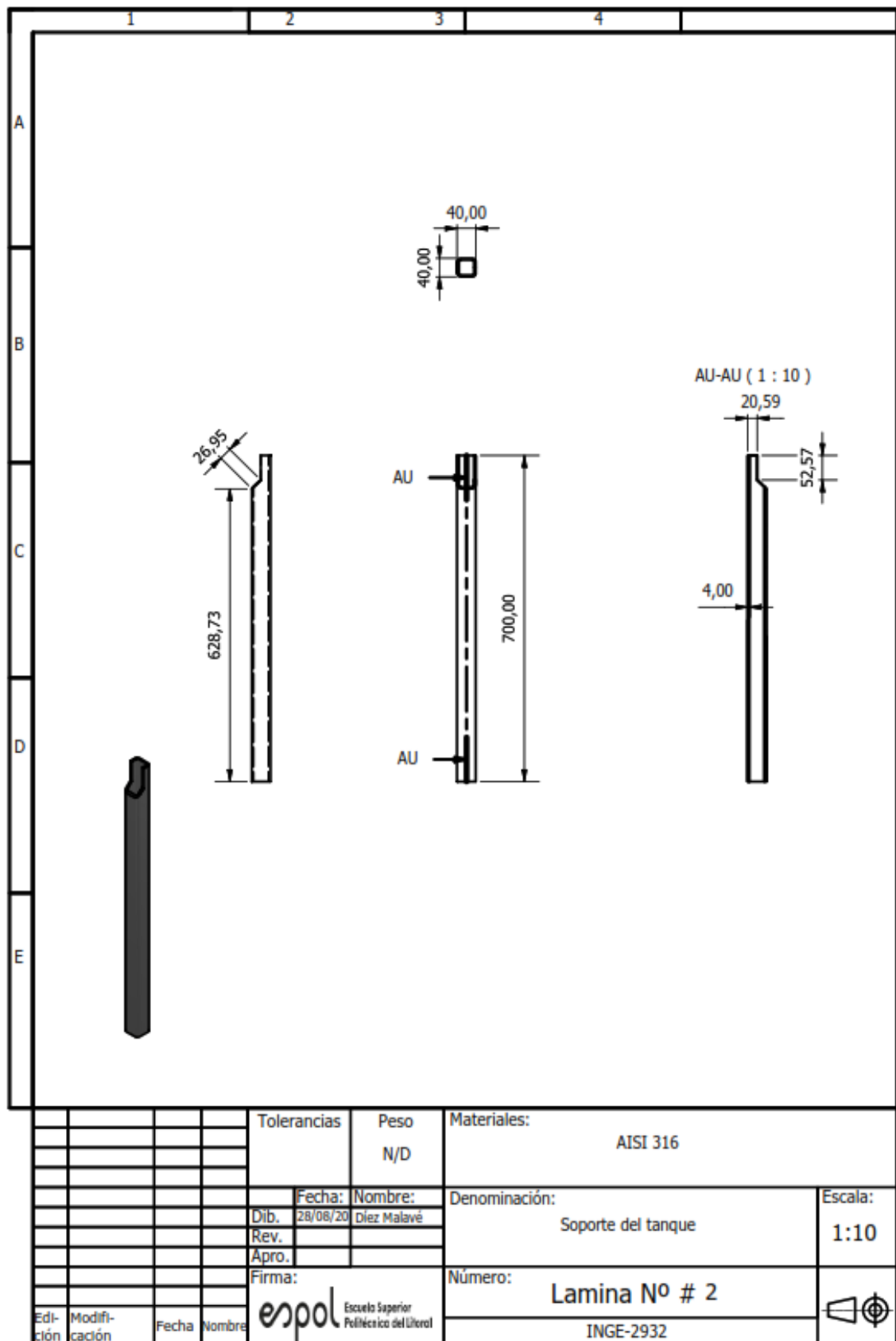
Planos 1

Zapatas de Soporte



Planos 2

Soporte Tanque

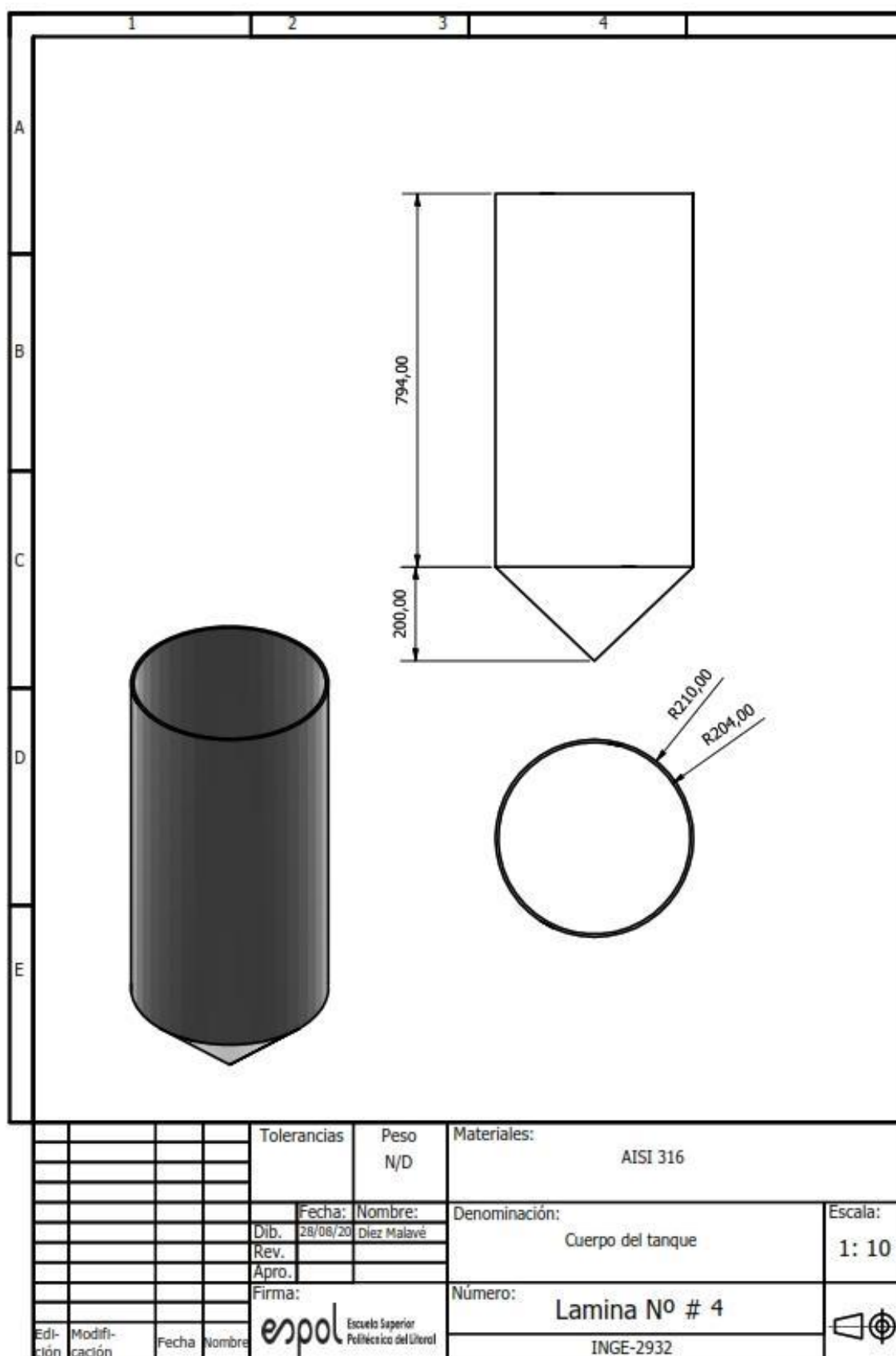


Pieza de sujeción



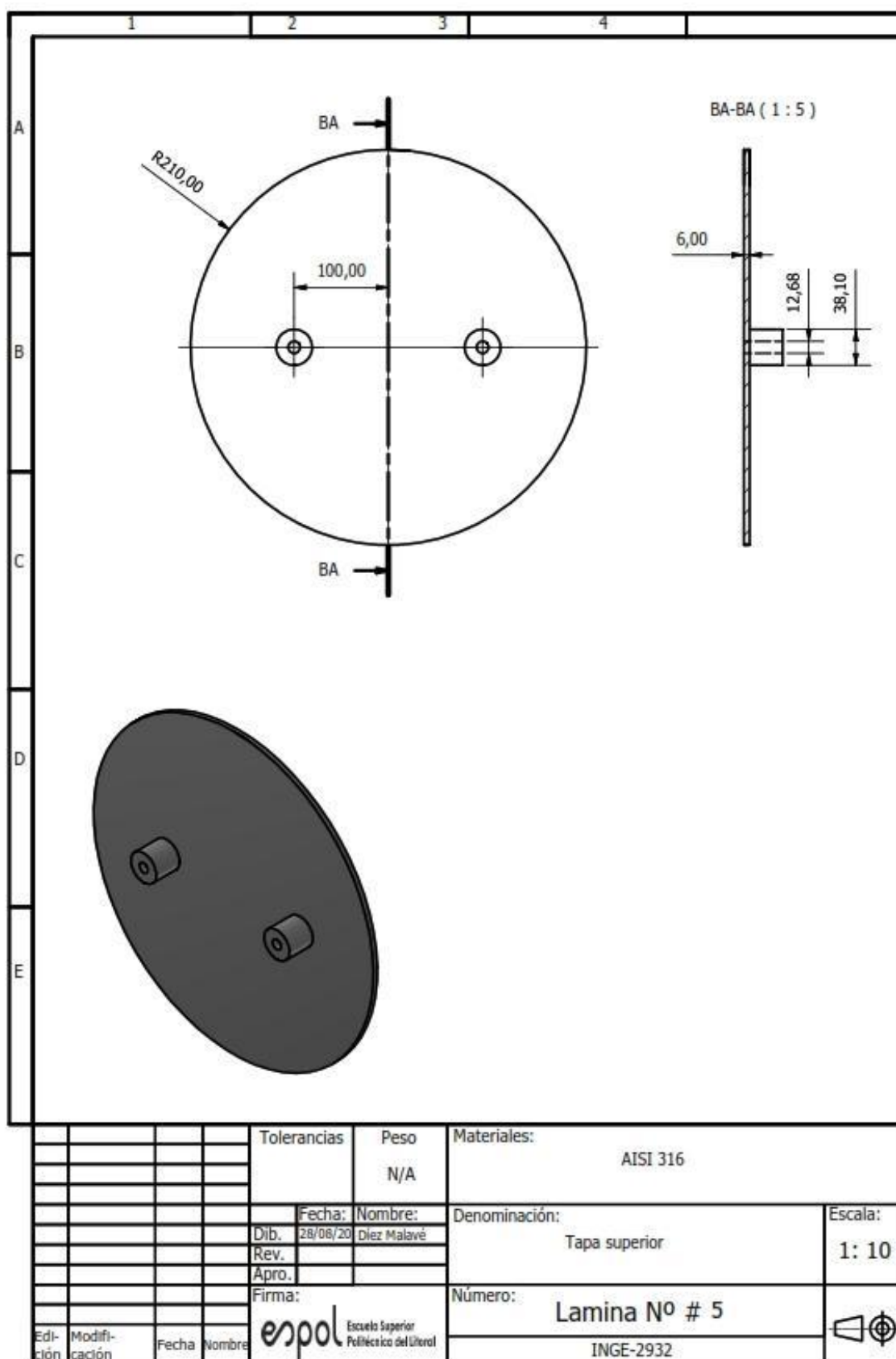
Planos 4

Cuerpo tanque



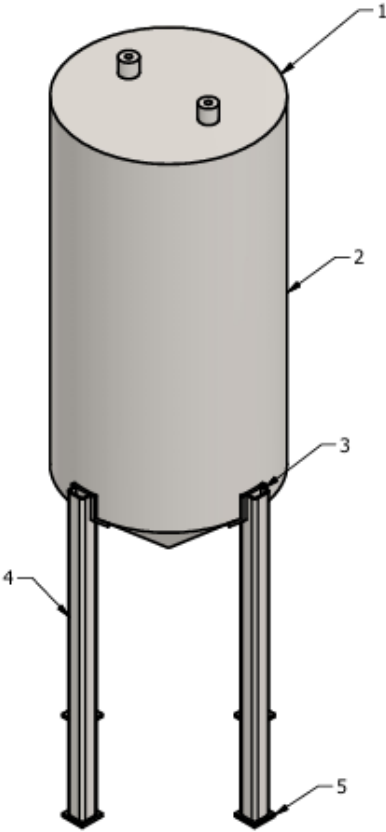
Planos 5

Tapa Tanque



Planos 6

Ensamblaje

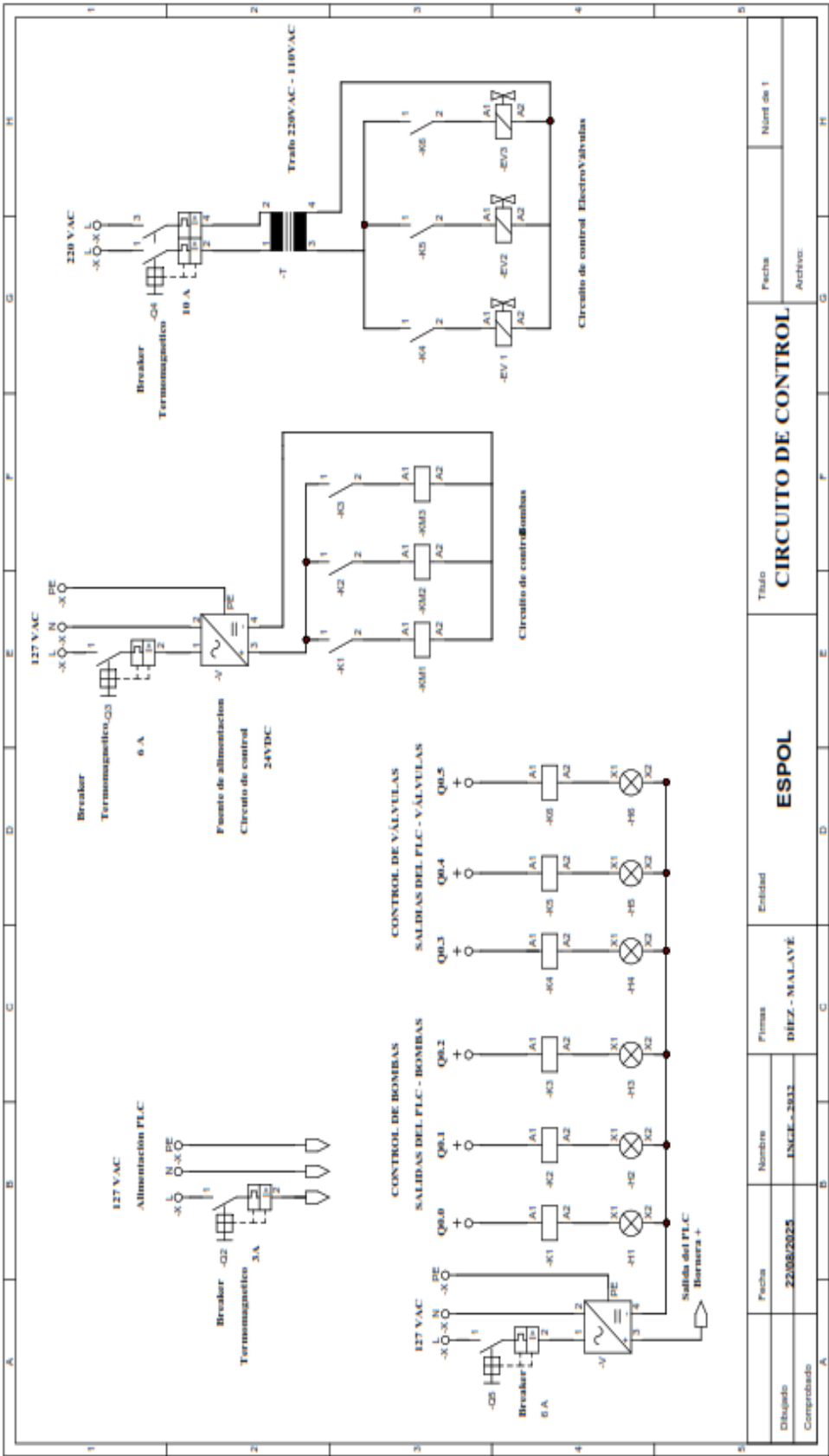
1		2		3		4												
A																		
B																		
C																		
D																		
E																		

No. de Orden	No. de piezas	Denominación
1	1	Tapa Superior
2	1	Cuerpo Cilindro-Cono
3	4	Pieza Sujeción
4	4	Soporte
5	4	Zapata

				Tolerancias	Peso	Materiales:	
					N/D	AISI 316	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				28/08/20	Díez Malavé	Cuerpo del tanque	1: 10
				Rev.			
				Apro.			
				Firma:		Número:	
						Lamina Nº # 6	
Edi- ción	Modifi- cación	Fecha	Nombre			INGE-2932	

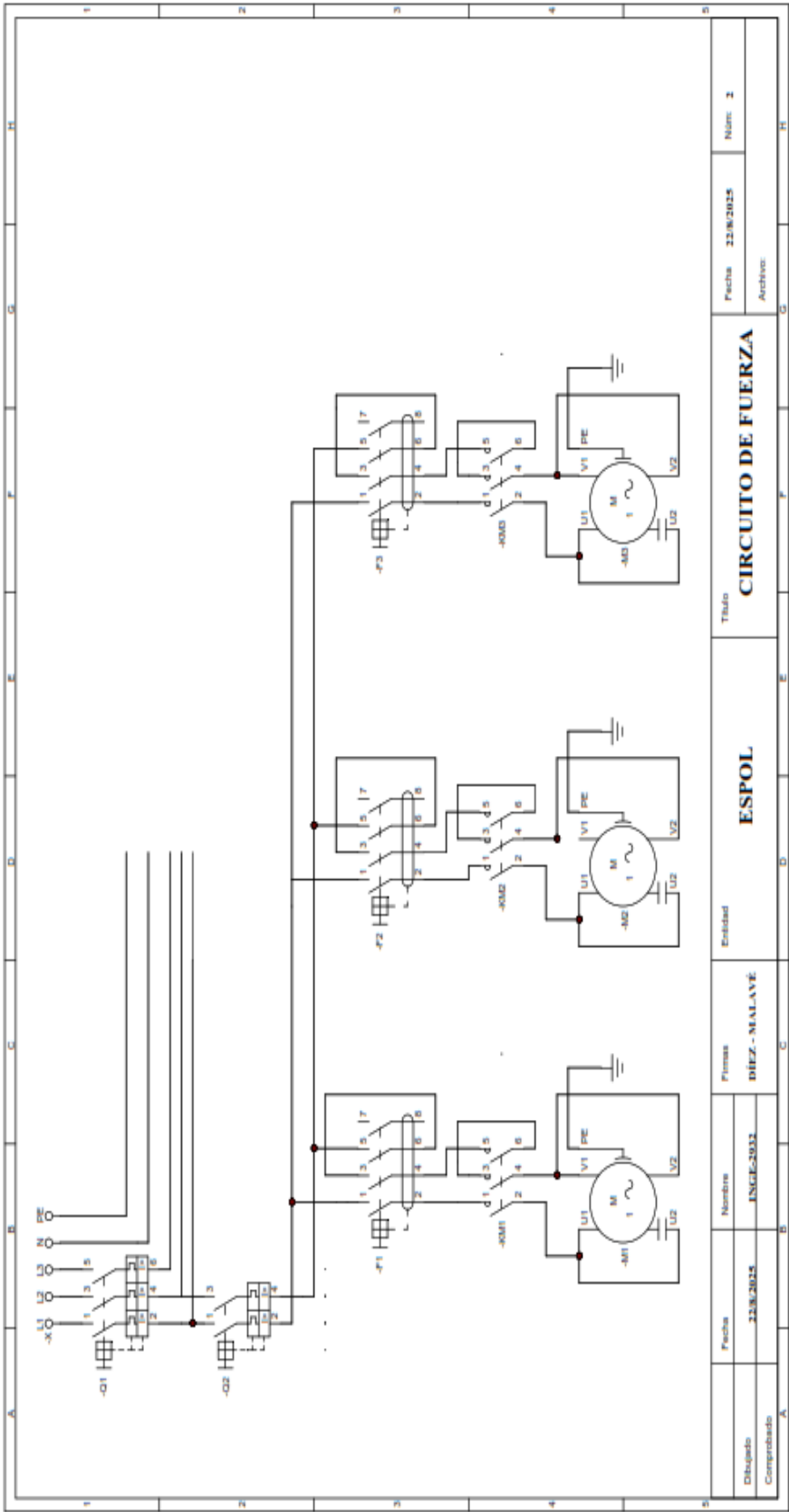
Planos 7

Circuito de Control



Planos 8

Circuito de Fuerza



P&ID 3 Bombas



P&ID 2 Bombas

