



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE BANCO PROTOTIPO DE UNA  
PLANTA INDUSTRIAL PARA LA FORMULACIÓN DE PRODUCTOS  
QUÍMICOS LÍQUIDOS**

**Aldo Babilonia Herrera**

20441928366

**Jair Rafael Vergara Ramírez**

20441913025

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

2023

**Diseño e Implementación De Banco Prototipo De Una Planta Industrial Para  
La Formulación De Productos Químicos Líquidos**

**Aldo Babilonia Herrera**

**Jair Rafael Vergara Ramírez**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electrónico**

Director (a):

Ing. Bashir Yacub Bermúdez  
Magister en Educación

Línea de Investigación:

Control, automatización y robótica.

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

2023

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

\_\_\_\_\_, Cumple con

los requisitos para optar

Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

\_\_\_\_\_

Firma Jurado

Cartagena, 15 de mayo de 2023.

*(Dedicatoria)*

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi ABUELA por ser el pilar más importante, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional por sembrar en mí el deseo de superación y perseverancia. A mi Padre, a pesar de la distancia física, siento que estás conmigo siempre eres mi ejemplo a seguir, sé que esté momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi Esposa por ser esa voz de aliento cuando pensé en rendirme, por creer más en mí de lo que yo mismo podía creer.*

*Aldo babilonia*

*A mis padres, Yadira y Olimpo, por ayudarme en los momentos más difíciles de mi carrera, su apoyo incondicional que me permito avanzar, gracias por acompañarme en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y un excelente profesional.*

*Jair Vergara*

## **Agradecimientos**

A la institución por disponer de sus instalaciones y los recursos para mantener una continuidad de nuestro proceso, a los docentes por compartir su conocimiento y tiempo, a mis compañeros y amigos cercanos que estuvieron apoyando este proceso, a todos ustedes nuestros agradecimientos.

Jair vergara

# CONTENIDO

PÁG.

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
4.1. AUTOMATIZACIÓN .....	23
4.2. SISTEMAS AUTOMATIZADOS.....	23
4.3. SISTEMA DE CONTROL.....	24
4.3.1. <i>Sistemas de control de lazo abierto</i> .....	24
4.3.2. <i>Sistemas de control de lazo cerrado</i> .....	25
<b>5. PRESENTACIÓN DE COMPONENTES DE LA PLANTA PROTOTIPO .....</b>	<b>26</b>
5.1. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES .....	26
5.2. INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI) .....	27
5.3. INSTRUMENTACIÓN DE PLANTA PROTOTIPO .....	29
5.4. ELECTRO VÁLVULAS .....	29
5.4.1. <i>Electroválvulas de acción directa</i> .....	29
5.5. BOMBA CENTRÍFUGA.....	30
5.6. CELDA DE CARGA .....	30
<b>6. DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>32</b>
6.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	32
6.2. DISEÑO INGENIERIL DE BANCO PROTOTIPO .....	32
6.2.1. <i>Limitaciones u observaciones del proyecto.</i> .....	33

<b>7.</b>	<b>SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.....</b>	<b>34</b>
7.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA PROTOTIPO .....	34
7.1.1.	<i>Construcción de tanques de almacenamiento.....</i>	<i>36</i>
7.1.2.	<i>Selección de electroválvulas tipo agua.....</i>	<i>38</i>
7.1.3.	<i>Selección de bomba centrifuga .....</i>	<i>39</i>
7.1.4.	<i>Selección de celda de carga SP06 .....</i>	<i>39</i>
7.1.5.	<i>Amplificación señal de salida con AD620 .....</i>	<i>41</i>
7.2.	PROGRAMACIÓN Y VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE LA PLANTA PROTOTIPO.....	42
7.2.1.	<i>Connected components workbench.....</i>	<i>42</i>
7.2.2.	<i>RSLinx classic.....</i>	<i>42</i>
7.2.3.	<i>Construcción programación language ladder.....</i>	<i>43</i>
7.2.4.	<i>Software de programación RSLogix 500 .....</i>	<i>46</i>
7.2.5.	<i>Creación de Rutina principal.....</i>	<i>48</i>
7.2.6.	<i>Creación de Arranque de bombas de proceso.....</i>	<i>49</i>
7.2.7.	<i>Creación lógica de control de nivel de tanques de almacenamiento.....</i>	<i>50</i>
7.2.8.	<i>Creación rutina de transferencia.....</i>	<i>51</i>
7.2.9.	<i>Modo transferencia Materia prima a preparación.....</i>	<i>51</i>
7.2.10.	<i>Modo de recirculación.....</i>	<i>52</i>
7.2.11.	<i>Creación de rutina de tanque recibo.....</i>	<i>53</i>
7.2.12.	<i>Creación rutina tanque producto terminado.....</i>	<i>54</i>
7.2.13.	<i>Rutina tanque recibo hacia tanque materia prima .....</i>	<i>55</i>
7.2.14.	<i>Rutina tanque recibo hacia tanque preparación.....</i>	<i>56</i>
7.2.15.	<i>Rutina tanque producto terminado hacia tanque recibo.....</i>	<i>57</i>
<b>8.</b>	<b>REALIZACIÓN DE PRUEBAS .....</b>	<b>59</b>
8.1.	ISA 101(GESTIÓN DE SISTEMAS DE HMI Y CICLOS DE VIDA DE HMI) .....	59
8.1.1.	<i>Ciclos de transferencia entre tanques.....</i>	<i>59</i>
8.1.2.	<i>Ciclo recirculación en Tanque materia prima.....</i>	<i>60</i>

8.1.3.	<i>Ciclo transferencia de Tanque materia prima a Tanque preparación</i> .....	61
8.1.4.	<i>Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque producto terminado</i> .....	61
8.1.5.	<i>Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque recibo</i> .....	62
8.1.6.	<i>Ciclo transferencia de Tanque producto terminado a Tanque recibo</i> .....	63
8.1.7.	<i>Ciclo transferencia de Tanque recibo a Tanque materia prima</i> .....	64
<b>9.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>66</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>11.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>70</b>
<b>12.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>71</b>
<b>13.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>74</b>

## Lista de Figuras

	<b>PÁG.</b>
Figura 4-1 <i>Lazo Control Abierto</i> .....	24
Figura 4-2 <i>Control en lazo cerrado</i> .....	25
Figura 5-1 <i>MicroLogix 1500 Allen Bradley</i> .....	27
Figura 5-2 <i>HMI visualización panel físico</i> .....	28
Figura 5-3 <i>Válvula de acción directa</i> .....	29
Figura 5-4 <i>Bomba Centrifuga 12Vdc</i> .....	30
Figura 5-5 <i>Celda de Carga SP06</i> .....	31
Figura 6-1 <i>Diagrama de bloques planta prototipo</i> .....	33
Figura 7-1 <i>Plano del Sistema de transferencia</i> .....	36
Figura 7-2 <i>Modelo del tanque Acrílico</i> .....	37
Figura 7-3 <i>Electroválvula A.R.T 2/2 12Vdc 1/4"</i> .....	38
Figura 7-4 <i>Racor para Neumática 12 mm</i> .....	39
Figura 7-5 <i>Tópico de conexionado</i> .....	39
Figura 7-6 <i>Conexiones Celda de Carga SP06</i> .....	41
Figura 7-7 <i>Módulo AD620 amplificar de instrumentación</i> .....	42
Figura 7-8 <i>Software de programación RSLogix 500</i> .....	43
Figura 7-9 <i>Interfaz de comunicaciones y configurar drivers</i> .....	44
Figura 7-10 <i>Conexión a Ethernet</i> .....	44
Figura 7-11 <i>Asignación de protocolo</i> .....	45
Figura 7-12 <i>Selección de IP para protocolo</i> .....	45
Figura 7-13 <i>Arranque de la configuración en la interfaz</i> .....	46

Figura 7-14 <i>Software RSLogix</i> .....	47
Figura 7-15 <i>Selección de PLC MicroLogix 1500 Serie B</i> .....	47
Figura 7-16 <i>Interfaz del editor RSLogix 500</i> .....	48
Figura 7-17 <i>Programación de rutina principal</i> .....	49
Figura 7-18 <i>Definición de salidas y confirmación de bombas en el programa</i> .....	50
Figura 7-19 <i>Creación de rutina de medición de nivel</i> .....	51
Figura 7-20 <i>Modo transferencia Materia prima a preparación</i> .....	52
Figura 7-21 <i>Modo de recirculación</i> .....	53
Figura 7-22 <i>Creación de rutina de tanque recibo</i> .....	54
Figura 7-23 <i>Creación rutina tanque producto terminado</i> .....	55
Figura 7-24 <i>Rutina tanque recibo hacia tanque materia prima</i> .....	56
Figura 7-25 <i>Rutina tanque recibo hacia tanque preparación</i> .....	57
Figura 7-26 <i>Rutina tanque producto terminado hacia tanque recibo</i> .....	58
Figura 8-1 <i>Tópico de montaje general</i> .....	60
Figura 8-2 <i>Ciclo de recirculación de tanque materia prima</i> .....	60
Figura 8-3 <i>Ciclo transferencia de tanque materia prima a tanque preparación</i> .....	61
Figura 8-4 <i>Ciclo transferencia de tanque preparación a tanque producto terminado</i> .....	62
Figura 8-5 <i>Ciclo transferencia de tanque preparación a tanque recibo</i> .....	63
Figura 8-6 <i>Ciclo transferencia de Tanque producto terminado a Tanque recibo</i> .....	64
Figura 8-7 <i>Ciclo transferencia de tanque recibo a tanque materia prima</i> .....	65
Figura 9-1 <i>Prototipo terminado</i> .....	67
Figura 9-2 <i>Tablero de control PLC</i> .....	67
Figura 9-3 <i>Secuencia de transferencia en HMI</i> .....	68

## Lista de tablas

Tabla 5-1 <i>Especificaciones de HMI</i> .....	28
Tabla 7-1 <i>Especificaciones tanque de almacenamiento de líquidos</i> .....	36
Tabla 7-2 <i>Especificaciones Electroválvula A.R.T</i> .....	38
Tabla 7-3 <i>Especificaciones Celda de carga SP06</i> .....	40

## Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$L$	Distancia	M	1/299792458seg
$A$	Área	$m^2$	$A = lb$
$V$	Volumen	$m^3$	$V = lbh$
$P$	Presión	Psi	$p = \frac{F}{A}$
$V$	Voltaje	v	$V = IxR$
DC	Corriente directa	Cc	Polaridad
W	Vatio	w	1J/s
$Kg$	Peso	N	$1Kg = \frac{1N}{1m/s^2}$

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$\Omega$	Resistencia	<i>ohm</i>	$R = V/I$
$\Delta$	Incremento	$\Delta_v$	$\Delta_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$

## Resumen

El presente proyecto se centra en el diseño y construcción de un prototipo de una planta industrial que emula el proceso de formulación de productos químicos líquidos, que tiene como objetivo abordar la necesidad específica de falta de espacios y de herramientas tecnológicas para la realización de prácticas en el área de la automatización y control de procesos en la universidad Antonio Nariño sede Cartagena. El prototipo se concibe como una muestra funcional de un sistema diseñado para probar, validar conceptos, funcionalidades y viabilidad técnica antes de su implementación a gran escala.

En primer lugar, se realiza una búsqueda exhaustiva en los laboratorios con los que cuenta la universidad Antonio Nariño relacionados con el problema o necesidad que busca resolver el presente proyecto. Luego de esta revisión se determinó que la UAN sede Cartagena no cuenta actualmente con un banco de pruebas operativo y actualizado que permita realizar prácticas del área de la automatización industrial. Por ello, en este proyecto se propone el diseño e implementación de un banco de prácticas de laboratorio que emule una planta industrial para la formulación de productos químicos líquidos el cual ayudara a superar la problemática antes mencionada y aportara mejoras significativas en el proceso de aprendizaje de la comunidad estudiantil y profesorado de la sede, Todo soportado bajo la metodología concebir, diseñar, implementar, operar (CDIO).

El banco prototipo debe ser funcional, fácil de operar y permitir la realización de actividades tales como son: transferencia automática entre tanques, pruebas al sistema de control de nivel de los tanques de almacenamiento, pruebas del sistema de seguridad de los tanques, visualización del estado de los elementos del proceso, y gestión de alarmas.

El sistema de control de la planta prototipo está constituido por un PLC Micrologix 1500 de la marca Allen Bradley como elemento principal del proceso, para la interacción entre el usuario y el prototipo se cuenta con una panel view 800 de la marca Allen Bradley como elemento de entrada de instrucción y visualización de estado de elementos, adicionalmente la planta prototipo cuenta con 3 bombas centrifugas para el movimiento del líquido entre los diferentes tanques del proceso , 9 electroválvulas ON/OFF para el control de flujo a través de tuberías , 5 sensores tipo flotador para el control de sobre llenado , 3 celdas de cargas para la medición de nivel de los tanques , para el transporte del líquido cuenta con mangueras plásticas 12 milímetro y para el almacenamiento del líquido cuenta con 4 tanques con capacidad de 40 kilogramos cada uno. Los elementos usados en la construcción de la planta prototipo son de última tecnología sin embargo por la constante evolución de la electrónica él prototipo esta susceptible a mejoras con el fin de mantener un banco de pruebas actualizado conforme avanzan las nuevas tecnologías.

Finalizado el proceso de diseño y construcción de la planta prototipo de formulación de productos agroquímicos líquidos se realizan pruebas de transferencia entre tanques teniendo en cuenta la lógica de funcionamiento y se verifica la ejecución de la instrucción impartida, se verifica el correcto funcionamiento de los interlock de seguridad, el control de nivel y la visualización del nivel real del tanque versus el nivel mostrado en la HMI ,el control de nivel mostrado en la HMI es acorde al nivel físico lo que comprueba la eficacia de este sistema al igual que el sistema de sobre llenado el cual realizo su función una vez el nivel del tanque llevo a activar este elemento.

En general el sistema de control de nivel e interlock de seguridad se observa preciso y robusto, sin embargo, el proceso de transferencia es lento debido a la capacidad de las bombas y al diámetro reducido de la tubería .se plantea como acción de mejora para minimizar los tiempos

de transferencia aumentar el diámetro de la tubería y la capacidad de las bombas centrifugas usadas en el la planta prototipo.

En conclusión, el prototipo construido demuestra viabilidad y potencial como solución para abordar la problemática de falta de herramientas para prácticas en las áreas de automatización y control en la universidad Antonio Nariño sede Cartagena.

***Palabras clave:*** *Escala, panel view, planta industrial, PLC, Prototipo*

## **Abstract**

This project focuses on the design and implementation of a prototype bench of an industrial plant that emulates the formulation process of liquid chemical products, which aims to address the specific need in the lack of space and technological tools for the realization of practices in the area of automation and process control at the Antonio Nariño University in Cartagena. The prototype is conceived as a functional sample of a system designed to test, validate concepts, functionalities and technical feasibility before its implementation on a large scale.

First, an exhaustive search was made in the laboratories of the Antonio Nariño University related to the problem or need that the present project seeks to solve. After this review, it was determined that the UAN Cartagena campus does not currently have an operational and updated test bench that allows practices in the area of industrial automation. Therefore, this project proposes the design and implementation of a laboratory test bench that emulates an industrial plant for the formulation of liquid chemical products, which will help to overcome the aforementioned problems and will contribute significant improvements in the learning process of the student community and faculty of the headquarters, all supported under the conceive, design, implement, operate (CDIO) methodology.

The prototype bench should be functional, easy to operate and allow the realization of activities such as: automatic transfer between tanks, tests to the system of level control of the storage tanks, testing of the tank safety system, visualization of the status of the process elements, and alarm management.

The control system of the prototype plant consists of an Allen Bradley Micrologix 1500 PLC as the main element of the process, for the interaction between the user and the prototype there is an Allen Bradley panel view 800 as an input element of instruction and visualization of the

status of elements, additionally the prototype plant has 3 centrifugal pumps for the movement of the liquid between the different tanks of the process, 9 ON/OFF solenoid valves for flow control through pipes, 5 float type sensors for overfill control, 3 load cells for level measurement of the tanks, 12 millimeter plastic hoses for liquid transport, and 4 tanks with a capacity of 40 kilograms each for liquid storage. The elements used in the construction of the prototype plant are of the latest technology; however, due to the constant evolution of electronics, the prototype is subject to improvements in order to maintain an updated test bench as new technologies advance.

Once the design and construction process of the prototype plant for the formulation of liquid agrochemical products has been completed, transfer tests are carried out between tanks, taking into account the operation logic and verifying the execution of the instruction given, the correct operation of the safety interlocks is verified, the level control and the visualization of the real level of the tank versus the level shown in the HMI, the level control shown in the HMI is in accordance with the physical level which proves the effectiveness of this system as well as the overfilling system which performed its function once the tank level reached the activation of this element.

In general, the level control and safety interlock system are accurate and robust, however, the transfer process is slow due to the capacity of the pumps and the reduced diameter of the pipe. It is proposed as an improvement action to minimize transfer times to increase the diameter of the pipe and the capacity of the centrifugal pumps used in the prototype plant.

In conclusion, the prototype built demonstrates feasibility and potential as a solution to address the problem of lack of tools for practices in the areas of automation and control at the Antonio Nariño University in Cartagena.

**Keywords:** Automation, HMI screen, industrial plant, PLC, Prototype.

## 1. Introducción

El presente proyecto describe el proceso de diseño e implementación de un banco de prácticas de laboratorio que emula una planta industrial para la formulación de productos químicos líquidos. La formulación se entiende como proceso de fabricación de agroquímicos tales como herbicidas, insecticidas, fungicidas necesarios para la protección de cultivos contra plagas. Otro agroquímico son los fertilizantes los cuales proveen nutrientes que los cultivos comerciales y de alimentos necesitan, aumentando sus producción y calidad, logrando incluso recuperar suelos sobreexplotados. Esto aporta directamente sobre la seguridad alimentaria de las poblaciones, lo cual está alineado con el Segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (FAO, OMS, 2020), la cual plantea que para 2030, la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala se debe duplicar, al darle acceso entre otros recursos de producción a los insumos. Entre los insumos necesarios se destacan los productos agroquímicos, los cuales aumentan la productividad y la producción de las plantaciones, contribuyen al mantenimiento de los ecosistemas, fortalecen la capacidad de adaptación al cambio climático, mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra.

La Universidad Antonio Nariño dentro de la descripción del perfil del egresado del programa de Ingeniería Electrónica, contempla el campo de acción del "Control, automatización y robótica" (UAN, 2023), describiéndola como aplicar teoría de control y tecnologías de automatización y robotización para concebir, diseñar, desarrollar, operar, mantener e innovar procesos industriales y agroindustriales. Los agroquímicos son el resultado de procesos industriales para la producción de productos químicos relacionados con la agricultura como los ya mencionados herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes.

Los procesos industriales necesarios para la fabricación de los productos agroquímicos requieren del control, supervisión y gestión de distintas variables de forma automatizada las cuales podrían ser por ejemplo presión de un tanque de almacenamiento, el caudal de un medidor de flujo o el nivel de temperatura de un gas. Para ello se implementan sistemas constituidos de dispositivos de instrumentación industrial tales como sensores, actuadores, elementos de control electrónicos, transductores entre otros que procuran la eficiencia y repetitividad de los resultados estandarizado.

Actualmente en el sector industrial de Cartagena (Colombia), existen empresas del sector petroquímico y agroquímicos, que cuentan con plantas industriales de procesamiento dotados de sistemas de control robustos automáticos que requieren de intervención de personal capacitado en su diseño, instalación, puesta en marcha, operación, mantenimiento, reparación y actualización tecnológica, entre los cuales se desempeñan los ingenieros electrónicos. Esto hace necesario que desde su formación se familiaricen con tecnologías del área de la automatización industrial que permitan el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, fortaleciendo las etapas de concebir, diseñar, implementar y operar conocido como la metodología CDIO, la cual está consignada en el contenido curricular de los cursos del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Antonio Nariño sede Cartagena (Colombia) y otras sedes del país (UAN, 2023).

En la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá, se realizó un banco de pruebas eléctricas a transformadores secos para aplicar las normas de seguridad para su correcto funcionamiento como proyecto de grado, por lo cual, les permite a los estudiantes de la universidad tener un aprendizaje teórico-práctico de máquinas eléctricas, para iniciar con la fabricación y ensamble de transformadores eléctricos mediante los cálculos iniciales de los componentes eléctricos con los software AutoDesk Inventor Pro y E PLAN. ( Susa Murcia & Lizarazo Vargas, 2020).

Por otro lado, el trabajo de grado realizado por Álvarez y Mamby (2017) en la Universidad Antonio Nariño en la sede Cartagena, quienes diseñaron e implementaron una planta prototipo a escala para el proceso automatizado de almacenamiento de materias primas y producto terminado de la empresa HUSTSMAN Colombia LTDA. Esta planta prototipo cuenta con un sistema de censado de tanques por peso y nivel. Sin embargo, los resultados obtenidos por Álvarez y Mamby (2017) en cuanto al control de nivel por peso de los tanques no fueron los esperados debido a que no fue posible adecuar la señal proveniente de las celdas de cargas ubicada en 3 de los 4 tanques con los que el prototipo contaba, por lo cual solo se hizo uso de control de nivel a través de los sensores tipo flotador.

Después de realizar una búsqueda e inspección de los laboratorios del programa de Ingeniería Electrónica de UAN sede Cartagena, se encontró el módulo didáctico de pruebas eléctricas en motores trifásicos de lógica cableada inoperativo y con tecnología desactualizada (de hace 16 años). En segunda instancia se encontró con un banco automatizado a escala del proceso de almacenamiento de materia prima y producto terminado de la empresa HUSTSMAN Colombia que describe la transferencia de líquidos entre tanques con tecnología de automatización no homologada para procesos industriales, inoperativo, con fallas mecánicas, eléctricas, electrónicas y sin manual de operación. Por esto se concluyó que la UAN sede Cartagena no cuenta actualmente con un banco de pruebas operativo y actualizado que permita realizar prácticas del área de la automatización industrial, por ello, en este proyecto se propone el diseño e implementación de un banco de prácticas de laboratorio que emule una planta industrial para la formulación de productos químicos líquidos.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar banco prototipo de una planta industrial para la formulación de productos químicos líquidos.

### 2.2. Objetivos Específicos.

- Establecer los requerimientos técnicos para el diseño del banco prototipo de automatización.
- Diseñar la lógica de control para el proceso de formulación de productos químicos líquidos.
- Construir estructura física e instalar componentes de la planta de proceso de acuerdo a los requerimientos técnicos planteados.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la planta de proceso para efectuar el cumpliendo los requisitos y desarrollar los procedimientos.

### 3. Justificación

La creación del banco prototipo de una planta industrial para la formulación de productos químicos demuestra la funcionalidad de los diferentes dispositivos de automatización que se presentan en la mayoría de las industrias actuales. La implementación de nuevas tecnologías que aumenta la confiabilidad, eficiencia y el bajo consumo, por ejemplo dispositivos como el PLC por tener la capacidad de procesar los datos de las variables que se presentan en un proceso industrial y la toma de decisiones para controlar las variables dependiendo los requerimientos del sistema, al mismo tiempo conectada a una HMI para poder visualizar la información recolectada por el PLC que mediante los sistemas de instrumentación puedan modificar el proceso.

El proyecto busca resolver la necesidad que actualmente tiene la universidad Antonio Nariño sede Cartagena al no contar con espacios para la realización de prácticas en sistemas de automatización industrial, asimismo reforzar el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en la sede Cartagena, dado que su modelo pedagógico está basado en el aprendizaje experimental y requieren de espacios de laboratorio para el desarrollo de actividades prácticas, con el objetivo de afianzar los conocimientos adquiridos en los temas de automatización industrial; acercando al estudiantado a las nuevas tecnologías que trae la industria 4.0.

Con el desarrollo de este proyecto se contribuye a la universidad en el área de automatización con un banco prototipo para realizar prácticas que se alinea con los conceptos y requerimientos de un proceso industrial real, el estudiante podrá interactuar con los elementos, comprender el funcionamiento de los dispositivos, llevándose una idea de cómo implementar un sistema de control en el campo laboral.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Automatización

El concepto de automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de tareas. La automatización industrial es la manera mecanizada de ejecutar actividades complejas que requieren mucha precisión y eficiencia, algo que el ser humano no podría realizar por sus condiciones físicas. La revolución industrial exigió que los procesos fueran más eficientes y con posibilidad de repetitividad de resultados lo que llevo a que los sistemas fueran automatizados con el fin de soportar la creciente demanda de la humanidad de productos o servicios para sus necesidades .

### 4.2. Sistemas automatizados

Se pueden definir como un conjunto de acciones, realizadas por una o más máquinas adecuadamente sincronizadas que dan como resultado la fabricación de un producto o servicio. Se pueden clasificar en dos etapas: la etapa operativa que hace referencia a los sistemas de accionamiento, infraestructura y todo dispositivo que permita la interconexión entre equipos. Finalmente, la parte de control que abarcan los dispositivos de toma de decisiones o medición de variables, son los encargados de dar las directrices a los componentes operativos según la lógica de funcionamiento previamente establecida. (García Moreno, 2020). Existen dos grandes grupos en los sistemas de control tales como son : Los sistemas de control automático de lazo abierto y los sistemas de control automático de lazo cerrado, la elección del tipo de lazo dependerá de la criticidad del proceso y de la exactitud de los resultados finales esperados.

### 4.3. Sistema de control

Es un término usado para hacer referencia a la supervisión y verificación de variables propias de todo proceso, con el fin de reducir la variabilidad en el producto final, disminución costos, mejorar la seguridad de los procesos y el aumento de la eficiencia . El Control de Procesos es la interrelación de diversas áreas de estudio como son la informática, la electrónica y la automatización con el objetivo final de analizar y diseñar procesos de fabricación en la mayoría de áreas. Los sistemas de control están agrupados en dos grandes grupos : los sistemas de control de lazo abierto y los sistemas de control de lazo cerrado.

#### 4.3.1. *Sistemas de control de lazo abierto*

Los sistemas de control de lazo abierto son aquellos en los cual ingresa una señal de entrada al proceso para ser manipulada y obtener un producto final ,el cual no es comparado con la señal de referencia con el fin de medir el grado de desviación ver Figura 4-1

Un ejemplo típico de este tipo de sistema de control es el horno microondas en el cual el usuario ingresa un producto con el fin de aumentarle la temperatura , establece un setpoint como temperatura deseada pero trascurrido el tiempo de espera este retira del interior el producto tratado, pero no compara la temperatura final del producto con su valor de referencia .

**Figura 4-1** *Lazo Control Abierto*



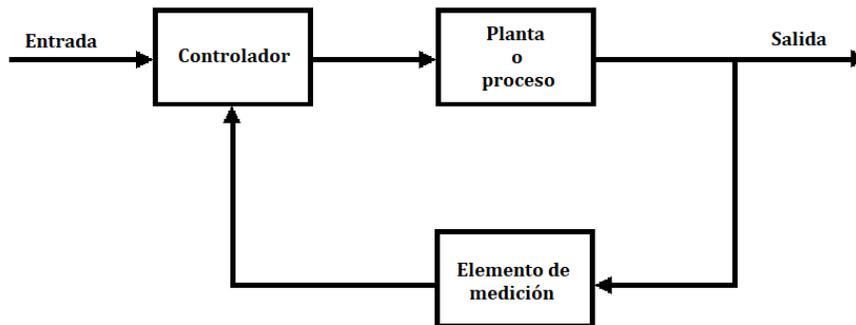
**Nota:** Tomado de [https://www.udb.edu.sv/udb\\_files/recursos\\_guias/electronica-/2019/ii/guia-2.pdf](https://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/electronica-/2019/ii/guia-2.pdf)

#### 4.3.2. *Sistemas de control de lazo cerrado*

Un sistema de control de lazo cerrado compara la salida del proceso con la señal de referencia para conocer el grado de desviación con respecto a la señal de entrada y realizar las correcciones a las que haya lugar de manera temprana

El clásico ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado es el de las escaleras eléctricas en los centros comerciales en los que previamente se establece una velocidad máxima al sistema de control de las escaleras y este debe estar en la capacidad de mantener dicha velocidad sin importar el número de personas que estén posicionadas sobre la escalera, esto es posible debido a que en todo momento se está comparando la señal de salida con respecto a la entrada. Ver figura 4-3.

**Figura 4-2** *Control en lazo cerrado*



**Nota:** Tomado de [https://www.udb.edu.sv/udb\\_files/recursos\\_guias/electronica-/2019/ii/guia-2.pdf](https://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/electronica-/2019/ii/guia-2.pdf)

## **5. Presentación de componentes de la planta prototipo**

La presente sección tiene como objetivo principal familiarizar al lector sobre los componentes usados en el presente proyecto, su funcionamiento y características principales ,una vez presentados los elementos el lector estará en la capacidad de identificarlos rápidamente en los distintos esquemas presentados y entender su importancia dentro del sistema de control implementado.

### **5.1. Controladores lógicos programables**

Los controladores lógicos programables (PLC) son dispositivos con una estructura similar a la de una computadora que se implementan en entornos industriales para la sistematización de ciertas tareas o funciones que requieren precisión y eliminación de errores provocados por la intervención humana. Por ejemplo, el PLC micrologix 1500 Allen Bradley usado en este proyecto como unidad central de procesamiento es una plataforma de control lógico programable que cuenta con un innovador diseño compacto el cual cuenta con 12 entradas digitales , 12 salidas digitales tipo Relay, puertos de comunicación RS232 , ethernet ip y puerto serial . Adicionalmente permite agregar hasta 32 extensiones de entradas o salidas ya sean digitales o analógicas según los requerimientos del usuario final ver en la Figura 5-1. (rockwell automation, 2015).

**Figura 5-1** *MicroLogix 1500 Allen Bradley*



**Nota:** Tomado del informe *MicroLogix 1500 Programmable Controller Base Units (2015)*

## 5.2. Interfaz hombre máquina (HMI)

La HMI es el conjunto de hardware y software utilizado por el operador y otros usuarios para monitorear e impartir instrucciones al sistema de control. Su uso va más allá de la simple visualización ya que a través de las HMI se pueden almacenar datos para posteriormente realizar análisis de estos (ver figura Figura 5-2). El presente proyecto cuenta con un panel view C400 de Allen Bradley a color con capacidad de almacenamiento de 256 Megabytes y múltiples recetas con los posibles modos de transferencia. Tabla 5-1 (rockwellautomation, 2021)

**Figura 5-2** HMI visualización panel físico



**Tabla 5-1** Especificaciones de HMI

Dispositivos	Panelview C400 Allen Bradley
Especificaciones	
Fuente	24VDC
Tamaño de pantalla	4 in
Velocidad de Procesador	800 MHz
Memoria ROM	256 MB
Vatios	9 W
Comunicación	Ethernet

**Nota:** Allen Bradley web oficial datasheet.

### 5.3. Instrumentación de planta prototipo

Conjunto de dispositivos que sirven para medir y controlar los diversos procesos industriales, con el fin de que estos no se salgan de los parámetros previamente establecidos como estados óptimos de operación. El presente proyecto cuenta con los siguientes elementos de maniobra para garantizar la estabilidad y precisión del sistema.

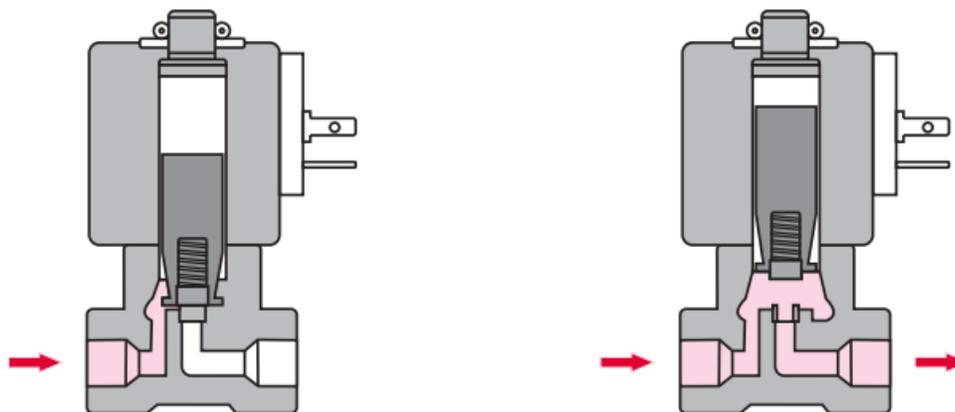
### 5.4. Electro Válvulas

Son elementos de estado ON-OFF de todo o nada usadas para impedir el paso del caudal a través de tuberías, tanques, canales, entre otros.

#### 5.4.1. *Electroválvulas de acción directa*

La electroválvula se describe como el accionamiento por medio de conducción eléctrica a una bobina integrada a la válvula que permite modificar su estado de abierto o cerrado como se muestra en la Figura 5-3. (airmati, 2021)

**Figura 5-3** *Válvula de acción directa*



Nota: Ministerio del trabajo y asuntos de España (1999)

### 5.5. Bomba centrífuga

Las bombas centrífugas transforman la energía eléctrica en energía mecánica imprimiendo de esta manera una presión al fluido con el que está en contacto directo, este tipo de bomba centrífuga es usada en el presente proyecto para la movilización del fluido entre los diferentes tanques de almacenamiento. ver Figura 5-4. (gardnerdenver, 2023)

**Figura 5-4** Bomba Centrífuga 12Vdc



Nota: Shop Amazon usa

### 5.6. Celda de Carga

Son dispositivos usados para determinar la masa de un elemento a partir de la fuerza que el elemento ejerce sobre ella, consiste en una estructura metálica con elementos sensibles a la deformación, como lo son las galgas extensiométricas, que cambian su resistencia eléctrica en respuesta a la carga aplicada. Este cambio de resistencia se convierte en una señal eléctrica proporcional a la fuerza aplicada, que se puede medir y cuantificar.

Basados en el anterior principio de funcionamiento se realizó la medición del nivel de los tanques de manera indirecta teniendo en cuenta la densidad del elemento de prueba (agua). Ejemplo de celdas de carga ver Figura 5-5. (milligrampesaje, 2019).

**Figura 5-5** Celda de Carga SP06



**Nota:** Tomado de <https://www.scaleservicessas.com/productos/sp06/>

## **6. Desarrollo del proyecto**

### **6.1. Requerimientos del sistema**

Para determinar los requerimientos de diseño del sistema, en primer lugar, se deben tener en cuenta las actividades que van a realizar los estudiantes en el marco de su entorno académico entre las que se destacan transferencia entre tanques, pruebas al sistema de control de nivel, test del sistema de seguridad de los tanques y visualización del proceso. Teniendo en cuenta las actividades que realizarán los estudiantes se plantea los siguientes requerimientos que debe cumplir el banco prototipo son:

- Creación de recetas para la transferencia de líquidos entre los cuatro tanques, mediante el accionamiento bombas y válvulas.
- Garantizar la hermeticidad en las conexiones hidráulicas y en los tanques de almacenamiento.
- Implementar el control de nivel para evitar sobrellenado y marchas en seco de las bombas.
- Visualizar el estado de los elementos como tanques, bombas, válvulas y sensores en una pantalla gráfica.
- Diseñar pantalla para gestión de alarmas del prototipo.

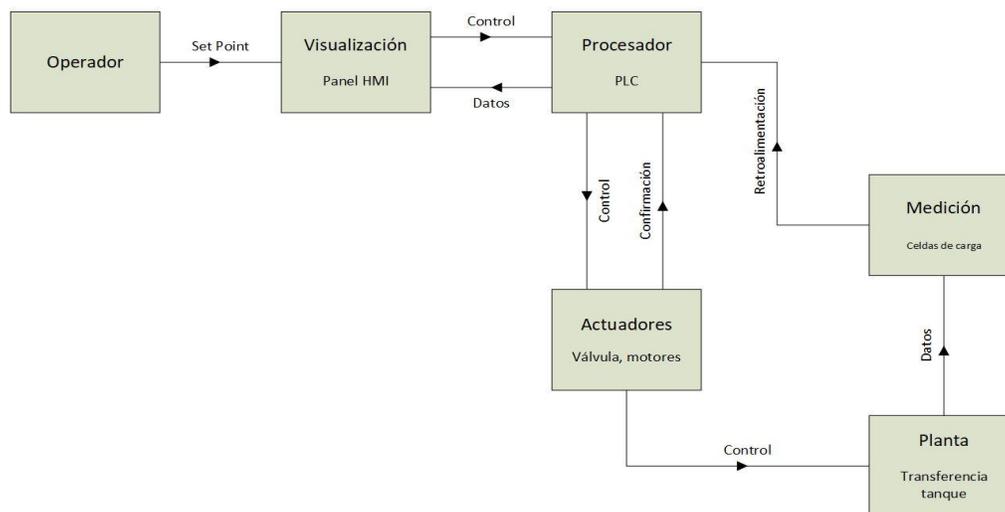
### **6.2. Diseño ingenieril de banco prototipo**

Mediante la investigación y recopilación de información en la formación académica sobre la importancia de realizar prácticas de laboratorio en el campo de sistemas de automatización,

surge la necesidad de contar con los espacios dotados de estas tecnologías. Existen un gran catálogo de posibilidades tecnológicas disponibles, sin embargo, por los altos costos de estos dispositivos se propone el diseño e implementación de una planta prototipo con elementos de bajo costo cumpliendo las funcionalidades de los sistemas de automatización.

El diseño propuesto contempla la instalación de dispositivos de automatización para el control y supervisión del proceso, que consta de una planta de almacenamiento de fluido que deber ser manipulado por el proceso mediante de actuadores que interactúan directamente con la variable, necesariamente transportándola a su proceso siguiente, mediante la implementación de válvulas y bombas centrífugas, además de la integración de sistemas de medición para conocer los niveles del proceso y recopilación de información mediante un procesador como se muestra en la Figura 6-1.

**Figura 6-1** Diagrama de bloques planta prototipo



### 6.2.1. Limitaciones u observaciones del proyecto.

El presente proyecto tiene las siguientes limitantes que podrían generar mal funcionamiento si no se tienen en cuenta a la hora de usar el prototipo.

- a. El control de nivel por peso es confiable siempre y cuando el fluido tenga la misma densidad del agua ( $1000 \text{ kg/m}^3$  aprox). Esto debido a que para el cálculo del nivel se tuvo en cuenta la densidad del agua .
- b. El siguiente factor está relacionado al diámetro de entrada de las electroválvulas de la planta prototipo al ser de 1/4 de pulgada el flujo de agua a través de estas es restringido lo cual genera que los procesos de transferencias sean lentos.
- c. La última limitante es que se debe garantizar la ausencia de aire en las tuberías y demás accesorios de la red hidráulica ya que este genera vacío e impide que las bombas puedan desplazar el fluido, para evitar esto se recomienda realizar el cebado de las tuberías al inicio de la transferencia y garantizar hermeticidad de las conexiones .

## **7. Selección de los componentes**

Teniendo en cuenta la información recolectada en los diferentes programas académicos de la UAN sede Cartagena se procede a realizar investigación sobre los componentes que debe tener el prototipo para que cumpla con los requerimientos del proyecto y objetivos planteados en el presente proyecto, los cuales se describen a continuación.

### **7.1. Construcción de la planta prototipo**

La planta cuenta con una estructura metálica que servirá de base para alojar cuatro (4) tanques de almacenamiento de líquido. Estos tanques se encuentran interconectados por tubería de 12 mm de diámetro, con la finalidad de ejecutar los distintos modos de transferencia entre tanques, como se muestra en la Figura 7-1. Para el control del flujo del líquido se cuenta con nueve (9) electroválvulas distribuidas en la superficie de la planta. Con la finalidad de tener el control de nivel, se cuenta con cinco (5) sensores tipo flotador, ubicados al 80% de la capacidad máxima de

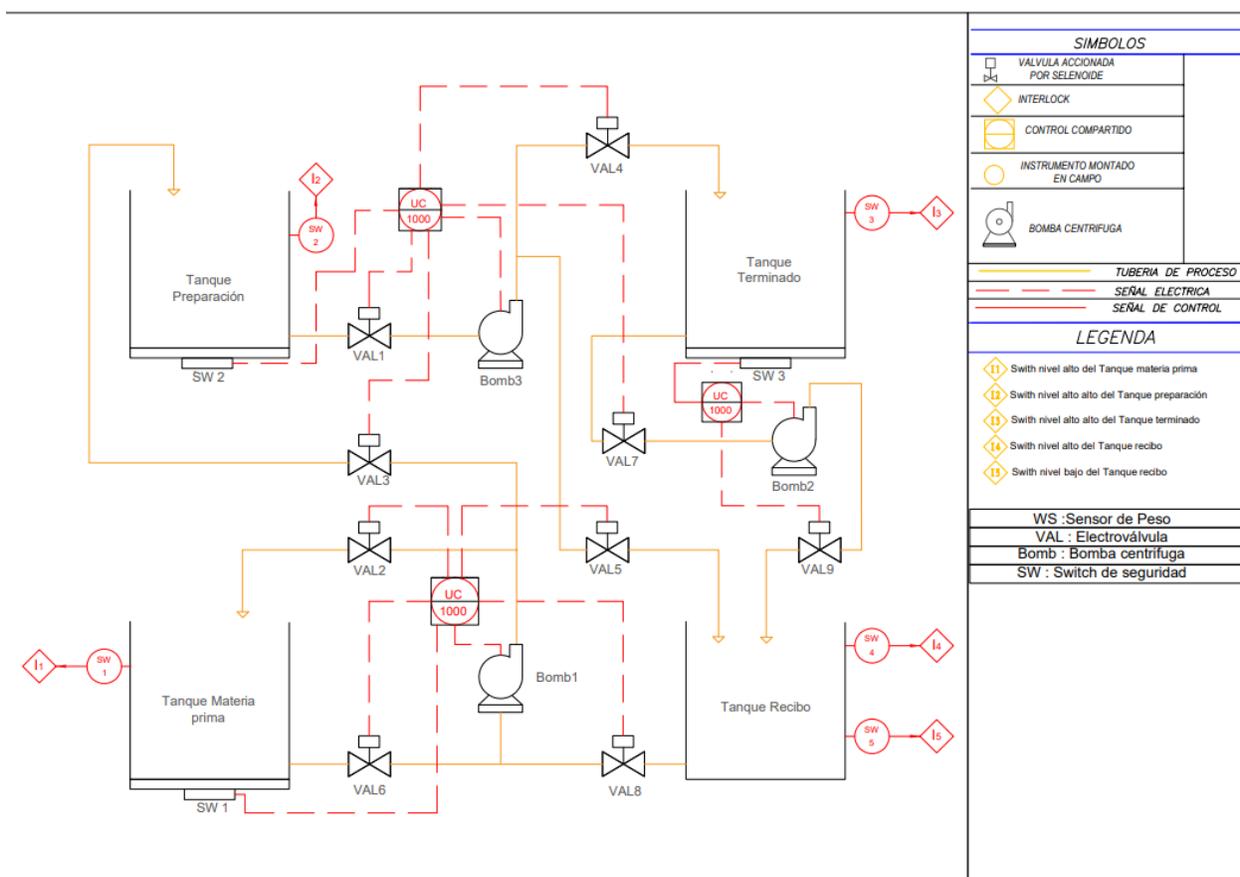
cada tanque según lo estipula la norma API 2350 . Adicionalmente, se emplearán tres (3) bombas centrifugas para aumentar la velocidad en el desplazamiento de fluido.

El sistema deberá ser automático donde el operador seleccioné a través de un botón ubicado en la HMI el proceso que desee iniciar, solo si las condiciones tanto físicas como eléctricas son correctas se inicia dicha instrucción. Con lo anterior se eliminará el error humano al momento de realizar procesos que requieran manipular una secuencia de válvulas o dispositivos de campo varias veces al día.

Para lograr el control del flujo se colocarán primero válvulas ON-OFF a las salidas de cada tanque ubicada en la parte inferior de éstos, se aprovechará el efecto de presión atmosférica que permitirá inundar las tuberías, se utilizaran electroválvulas para permitir el flujo o cortar el avance del líquido. Mediante una señal eléctrica se dará la instrucción de apertura de la electroválvula modificando de esta manera su estado de reposo (normalmente cerrada). Para transportar el líquido entre tanques se utilizarán bombas centrifugas, con el fin de acelerar el fluido y que este alcance larga distancias tanto en los tramos horizontales como verticales.

El procesamiento de señales de entradas y salidas se gestionará a través de un controlador lógico programable Allen Bradley de la familia micrologix, el cual almacenará la lógica de funcionamiento del proceso en forma de recetas o lista de instrucciones. El llamado de estas recetas se realiza mediante una HMI ubicada en el tablero eléctrico del prototipo.

Figura 7-1 Plano del Sistema de transferencia



### 7.1.1. Construcción de tanques de almacenamiento

En esta etapa del proyecto se inició con la modificación de los cuatro tanques de almacenamiento de agua del banco prototipo construido previamente por (Padilla & Mamby, 2019), las características de los tanques encontrados se observan en la Tabla 7-1.

**Tabla 7-1** Especificaciones tanque de almacenamiento de líquidos

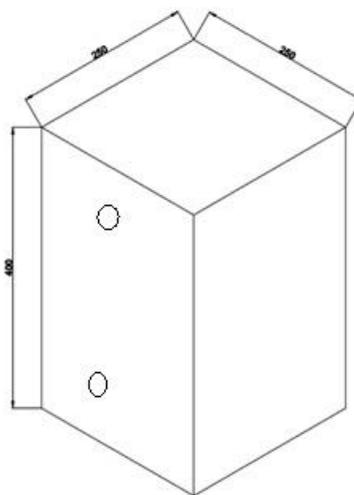
Tanque de almacenamiento	Referencia	Unidad
<i>Descripción</i>		
Tipo material	Acrílico	
Espesor placa	3	Mm
Dimensiones	40*25*25	Cm

Volumen	0.04	m <sup>3</sup>
Capacidad en litros	40	L

Las modificaciones consistieron en ampliar el diámetro de las dos perforaciones con las que cuenta el tanque, una de ellas ubicada en la parte inferior en la cual se acopla la manguera de salida de líquidos hacia la electroválvula. Por otro lado, la segunda perforación ampliada está ubicada donde se instalará el interruptor por alto para detener la transferencia si el tanque sobrepasa el límite de almacenamiento (ver Figura 7-2) donde se evidencia las perforaciones del tanque.

En la perforación inferior se realiza rosca NPT de 1/4 de pulgada para conectar un racor neumático recto para manguera 12 mm, se escogió manguera neumática por la flexibilidad del material y su practicidad en las conexiones, las mangueras neumáticas soportar presiones de más 105 psi lo cual es ideal para el prototipo debido que la máxima presión que alcanzara el sistema es de 50 psi.

**Figura 7-2** Modelo del tanque Acrílico



### 7.1.2. Selección de electroválvulas tipo agua

Las electroválvulas que permite el paso del fluido son de acción directa con retorno por muelle, solo se necesita una señal eléctrica de 12 Vdc para cambiar su estado de reposo (normalmente cerradas), el cuerpo de estas electroválvulas es en bronce zincado la cual la hace ideal para el fluido a tratar (Ver siguiente Tabla 7-2), adicionalmente estas electroválvulas son libres de mantenimiento. Ver Figura 7-3.

**Figura 7-3** Electroválvula A.R.T 2/2 12Vdc 1/4"



**Tabla 7-2** Especificaciones Electroválvula A.R.T

Electroválvula A.R.T	Referencia	Unidad
<i>Descripción</i>		
Tipo material	Bronce Zincado	
Rosca NPT	1/4	In
Presión de trabajo	0-142	psi
Tensión	12	DC
Potencia	6	W

Para realizar la conexión entre la manguera que sale del tanque se utilizan racores de 1/4 de pulgada rosca NPT como se muestra en la Figura 7-4, una parte roscada y una de conexión rápida para manguera neumática de 12 mm.

**Figura 7-4** Racor para Neumática 12 mm

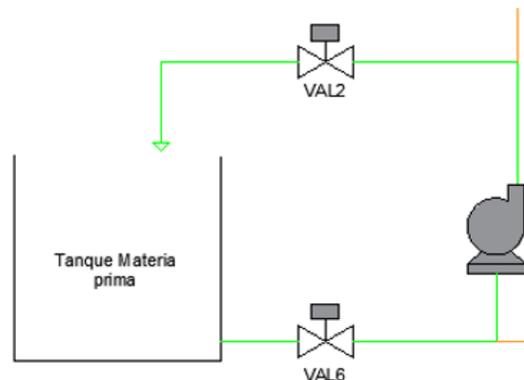


**Nota:** Tomado de <https://www.festo.com/co/es/> (2023)

### 7.1.3. Selección de bomba centrífuga

La bomba centrífuga impulsara el líquido a través de las tuberías hasta los tanques de almacenamiento, cada tanque tendrá una electroválvula de salida y una de entrada como lo muestra la Figura 7-5, para realizar un cierre inmediato en el proceso, evitando el paso de remanente al momento que se encuentre deteniendo la bomba centrífuga del proceso seleccionado.

**Figura 7-5** Tópico de conexionado



### 7.1.4. Selección de celda de carga

La medición de nivel es un punto importante en el diseño de sistema de transferencia porque determina los límites permisibles en los tanques para recibir el líquido o suministrarlo y poder tener los niveles requeridos por el operador. Por lo cual, se selecciona un sistema que pueda medir pequeñas cantidades y lo haga con precisión para tener valores exactos. Se escogieron las celdas

de carga estos son dispositivos que miden peso por la diferencia de potencial debido a la flexión de la resistencia interna de la celda, una de estas es la celda de carga SP06.

La celda de carga SP06 tiene las siguientes características: voltaje de excitación 12Vdc, resistencia interna de 400 ohmios y salida de voltaje de 2.003 mV/V. Esta señal por si sola representaría un inconveniente para su procesamiento debido a que el PLC micrologix 1500 maneja rango de voltaje en su entrada del orden de 1 a 10 voltios. Razón por la cual se acondiciono la salida de la celda a través de un amplificador AD620 con el fin de poder analizar dicha señal. Y entregársela al controlador lógico programable en una unidad mayor para facilitar su procesamiento.

Se realizó el cálculo matemático para hallar el voltaje máximo de salida de la celda a través de la siguiente ecuación teniendo en cuenta la ficha técnica entregada por el fabricante.

$2.0003 \text{ mV/V} * 12 \text{ Vcc} = 24,003 \text{ mV}$  cuando la celda de peso se tenga 40 Kg.

$$40 \text{ Kg} \text{ --- } 2.0003 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \times 12\text{V}$$

$$40 \text{ Kg} \text{ --- } 24.003 \text{ mV}$$

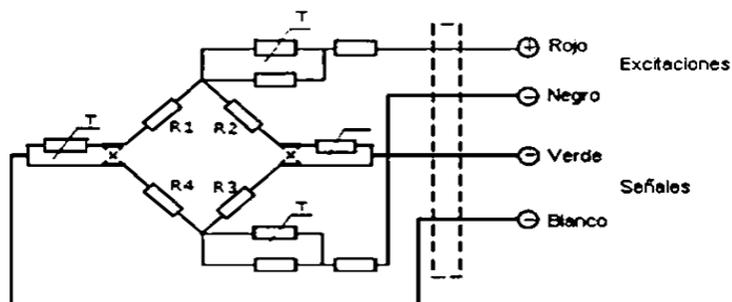
**Tabla 7-3** Especificaciones Celda de carga SP06

Parámetros	Cantidad	Unidad
Capacidad (E <sub>max</sub> )	40	Kg
Sensibilidad (CN)	2 ± 0.003	mV/V
Histéresis	0.03	± % de la señal de salida
Resistencia de entrada	400 ± 10	Ohms
Resistencia de salida	350 ± 2	Ohms
Excitación	10 – 12	V

**Nota:** SP06 LEXUS Electronic

La instalación de las celdas de carga se realiza con una separación entre las superficies de 2 cm, para que la celda de carga pueda mover su cuerpo dependiendo el peso aplicado en la superficie, a las celdas de carga se colocan dos láminas de metal para realizar la separación de la plataforma y la superficie, para conectarla celda SP06 se realiza de la forma como lo muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde el rojo y negro es la excitación o suministro de voltaje que para el caso actual son 12 Vdc, para tener una salida en vacío de 0.002 mV. y la señal de salida será proporcional al grado de deformación de las galgas extensiométricas que conforman la celda de carga. Ver la Figura 7-6 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Figura 7-6 Conexiones Celda de Carga SP06



Nota: SP06 LEXUS Electronic

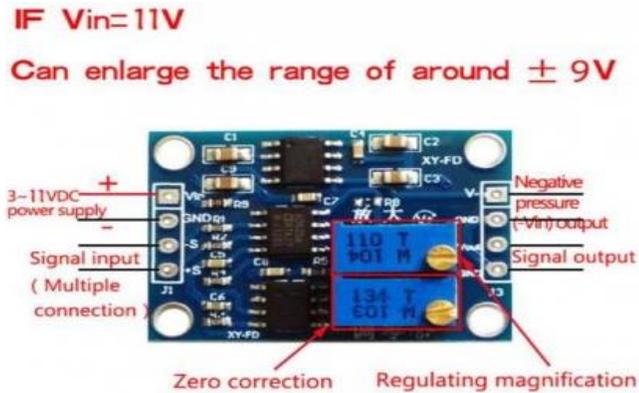
#### 7.1.5. Amplificación señal de salida SP06 con AD620

Para amplificar señales análogas se utiliza los amplificadores operacionales AD620 (ver la Figura 7-7 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) que por sus características pueden amplificar la salida por un número de ganancia que define cuantas veces se multiplica esa señal de salida. Para el diseño del tanque que soporta 40 Kg, se define que cuando la celda de peso llegue a los 40 Kg esta señal de salida de la galga extensiométrica para nuestro controlador equivalga a 5 V y que pueda variar de  $\pm 0$  a 5 V, para calcular la ganancia se tiene la siguiente fórmula

matemática:  $G = \frac{\text{voltaje que necesitamos}}{\text{voltaje máximo que nos muestra en la salida de la celda de carga a plena carga}}$

$$40 \text{ Kg} \text{ --- --- --- } -5000 \text{ mV} \rightarrow 5 \text{ V} \quad \Delta_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{5000 \text{ mV}}{24.003 \text{ mV}} = 209$$

**Figura 7-7** Módulo AD620 amplificar de instrumentación



Nota: UNIT electronics

## 7.2. Programación y visualización del proceso de la planta prototipo

Los programas que se utiliza en el proyecto para la configuración del PLC y HMI de Allen Bradley.

### 7.2.1. Connected components workbench

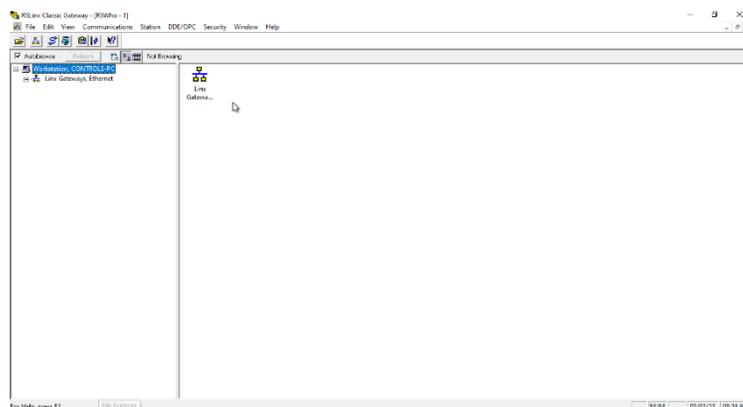
El software de diseño y configuración Connected Components Workbench ofrece programación de controladores de la familia micro 800 y configuración de dispositivo gráficos (HMI). Este fue el software utilizado para la creación de la interface hombre máquina y las diferentes recetas que contiene el programa.

### 7.2.2. RSLinx classic

RSLinx classic es el software por excelencia de Rockwell Automation, que se encarga de establecer las comunicaciones entre los diferentes dispositivos de la red. Permite la conectividad de los controladores al software de programación o creación de código , tales como es el RSLogix 500.

El Rslinx classic cuenta con una interface amigable con el usuario que permite gestionar las comunicaciones de los programas de manera fácil ya que cuenta guías de parametrización. Figura 7-8.

**Figura 7-8** Software de programación RSLogix 500



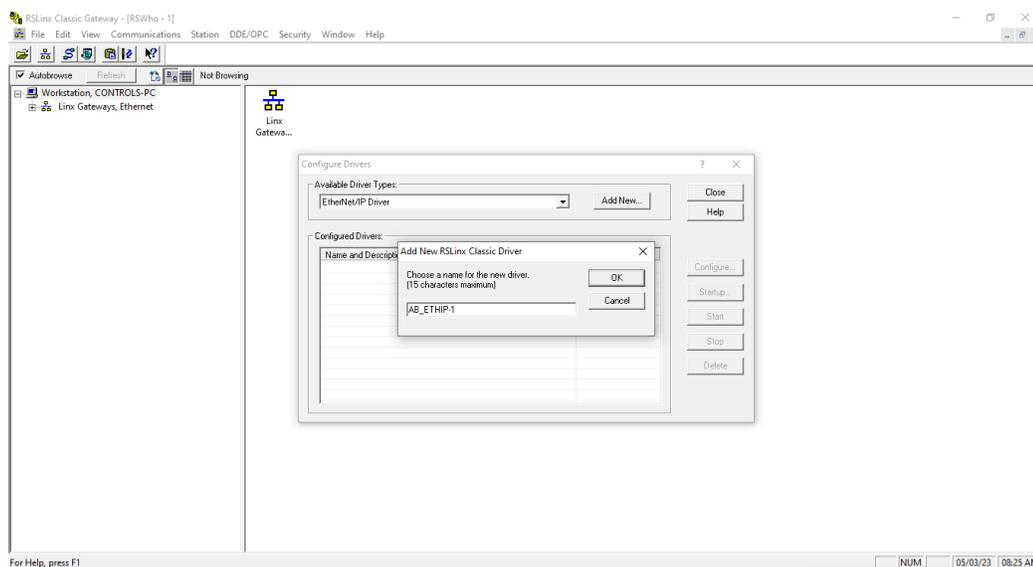
### 7.2.3. Construcción programación language ladder

Primeramente, se debe configurar la red de comunicaciones del prototipo en construcción. Para ello se debe configurar el driver adecuado según los protocolos de comunicación de los dispositivos, que en este caso se trata de una red con dispositivos que se comunicaran mediante Ethernet.

Para ello hacemos click en la pestaña comunicaciones y seleccionamos configurar drivers. (ver Figura 7-9).

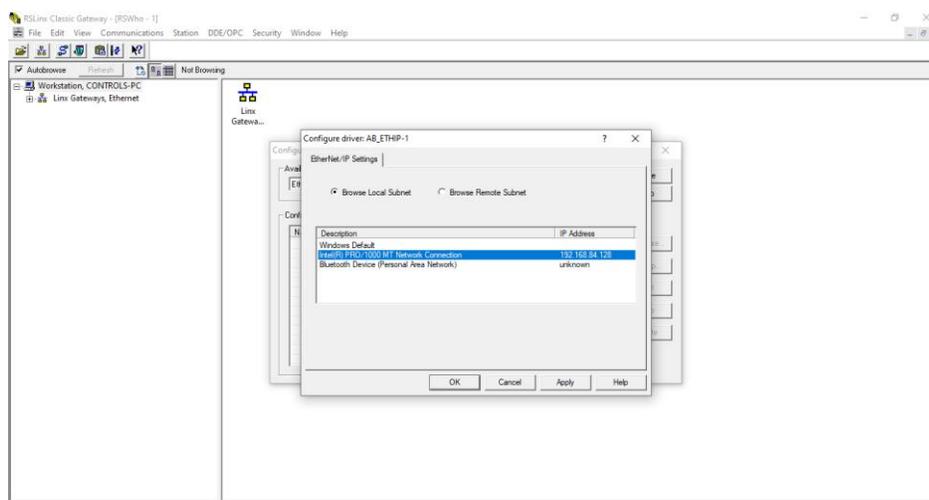


**Figura 7-11** Asignación de protocolo



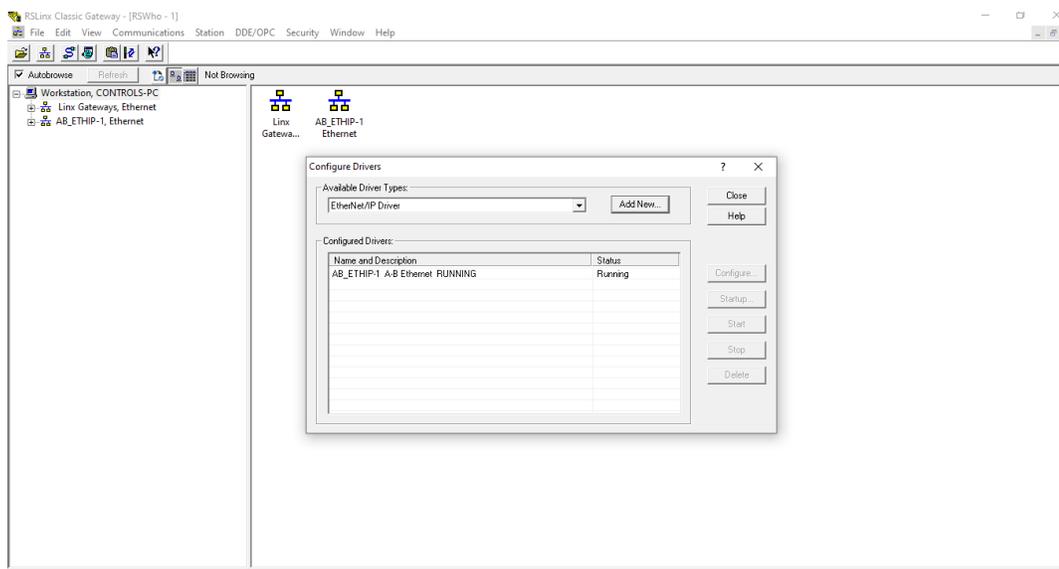
Posterior a esto se desplegará una ventana con las posibles tarjetas de comunicación con las que cuenta el PC usado para la programación del controlador, seleccionamos el protocolo IP ya que fue el que previamente configuramos. (ver Figura 7-12).

**Figura 7-12** Selección de IP para protocolo



Presionar ok y si todo está correctamente configurado aparecerá que el protocolo de comunicación está corriendo o en modo RUNNING. (ver Figura 7-13).

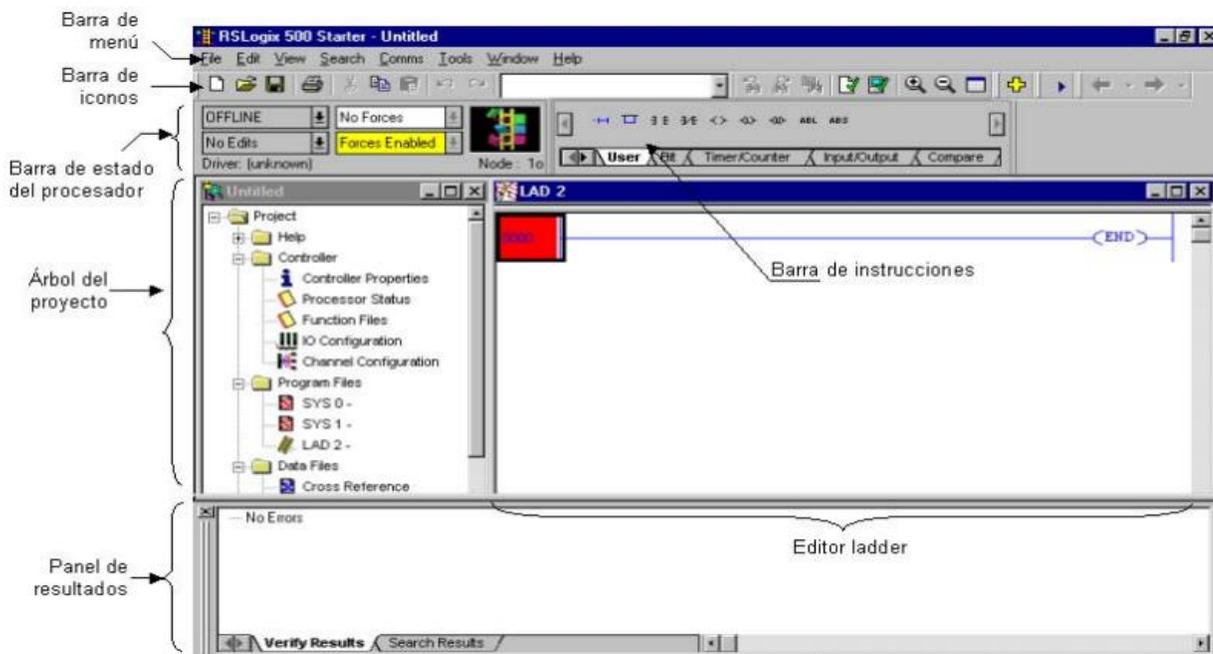
**Figura 7-13** Arranque de la configuración en la interfaz



#### 7.2.4. Software de programación RSLogix 500

RSLogix 500 es el software destinado a la creación de los programas del autómeta en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógico de escalera (Ladder) como se muestra en la Figura 7-14. Existen diferentes partes dentro de la aplicación, las más importantes son: el editor Ladder, el panel de resultados (donde se genera la lista de errores por medio del verificador de proyectos) y el árbol de proyectos mediante el cual se gestiona todas las variables relacionadas con el programa . Este producto se ha desarrollado para funcionar bajo el sistema operativo Windows®.

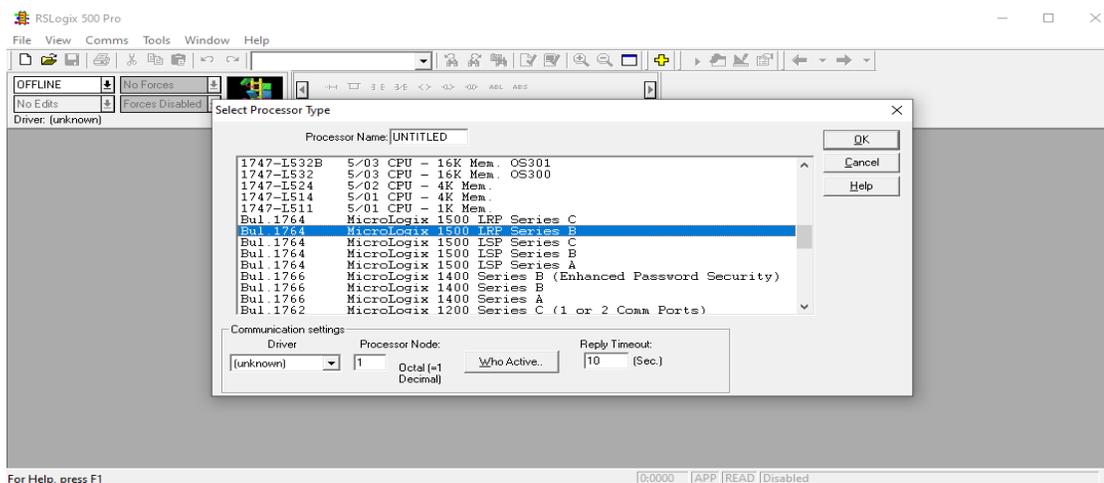
Figura 7-14 Software RSLogix



Nota: Rockwell Automation

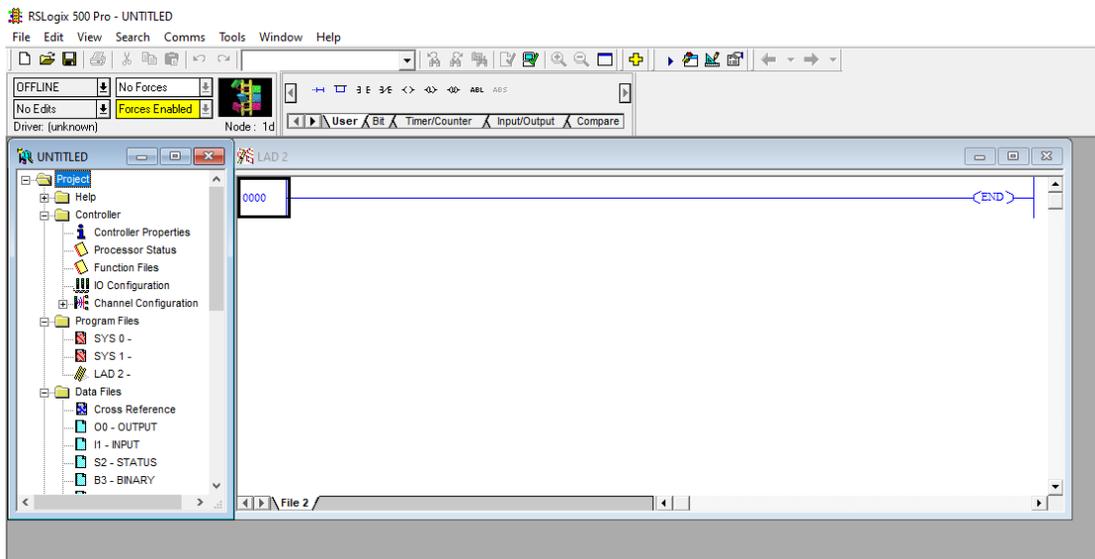
Al iniciar un nuevo proyecto con el RSLogix 500 se debe especificar el tipo de autómatas utilizado y la red de comunicación a la que pertenece. Escogemos el MicroLogix 1500 LRP series B y presionamos OK. (Ver Figura 7-15).

Figura 7-15 Selección de PLC MicroLogix 1500 Serie B



Seguidamente a estos pasos anteriores se abrirá el editor de RSLOGIX 500, en este punto ya se podrá crear el código para posterior a esto descargar a nuestro PLC.(Ver Figura 7-16)

**Figura 7-16** Interfaz del editor RSLogix 500

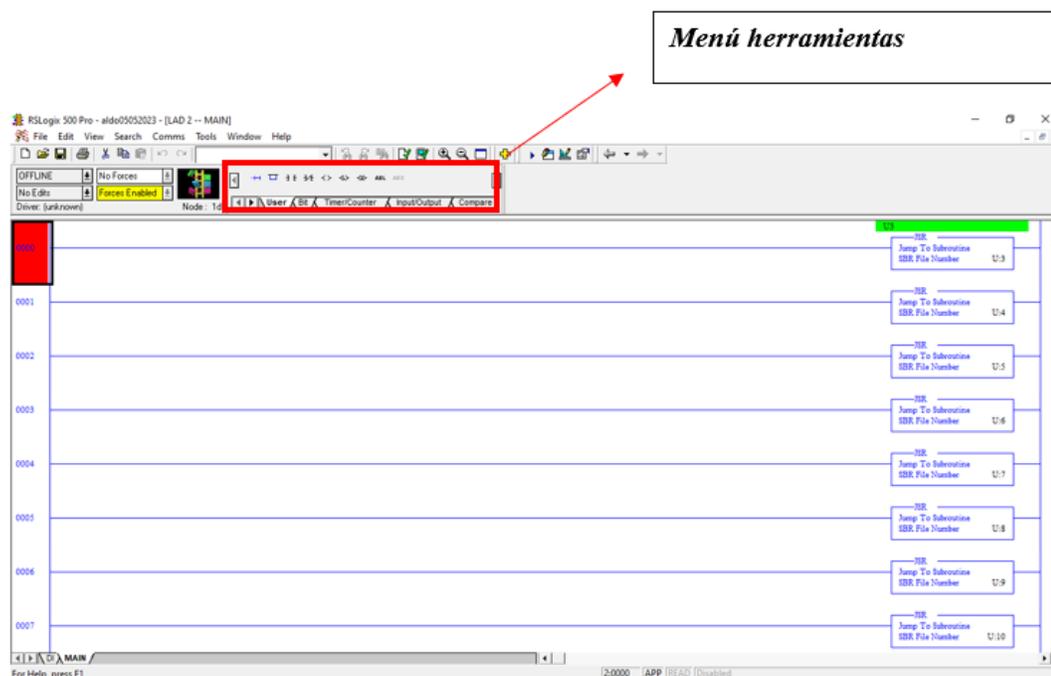


### 7.2.5. Creación de Rutina principal

Inicialmente se procede con la creación de la rutina principal con la cual realizaremos el posteriormente llamado de cada una de las tareas por separados, para esto hacemos uso del comando JSR.

Este paso se realiza con el fin de facilitar la identificación de fallas de manera rápida y los cambios necesarios se realicen en un único punto para todo el programa. (Ver Figura 7-17).

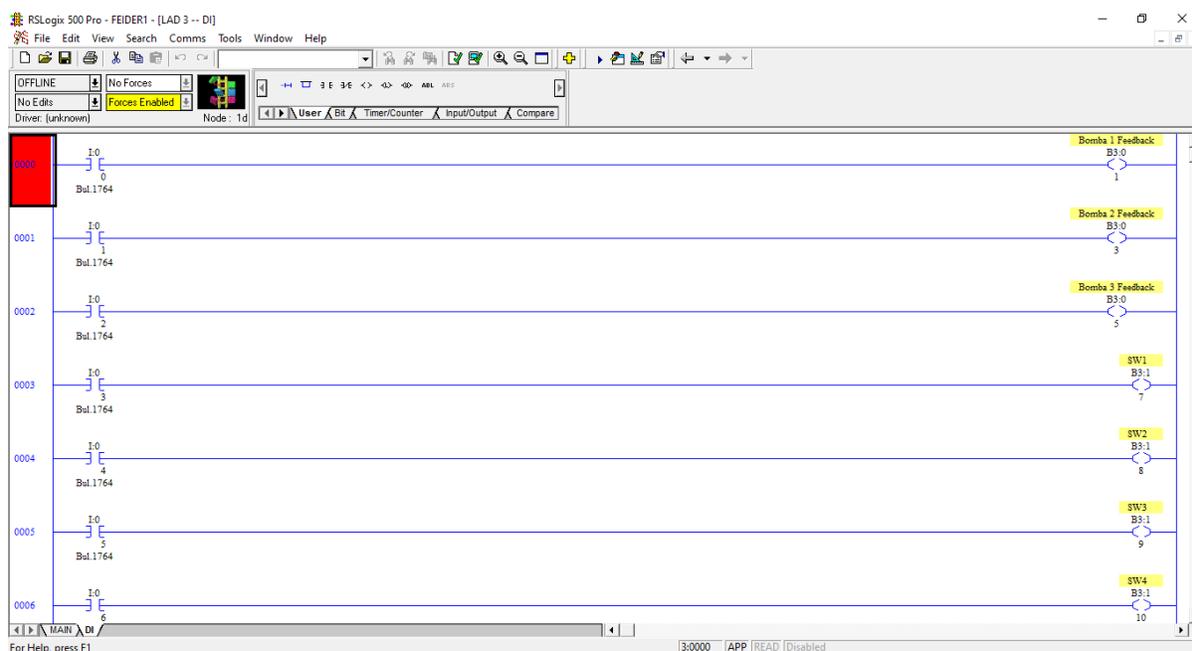
Figura 7-17 Programación de rutina principal



### 7.2.6. Creación de Arranque de bombas de proceso.

Se desarrolló el programa para el encendido y confirmación del estado de los elementos de campo como lo son bombas, válvulas y sensores de nivel. Esta confirmación se realizará a través de un contacto NO del relé que gobierna cada elemento del sistema como se muestra en la Figura 7-18

**Figura 7-18** Definición de salidas y confirmación de bombas en el programa

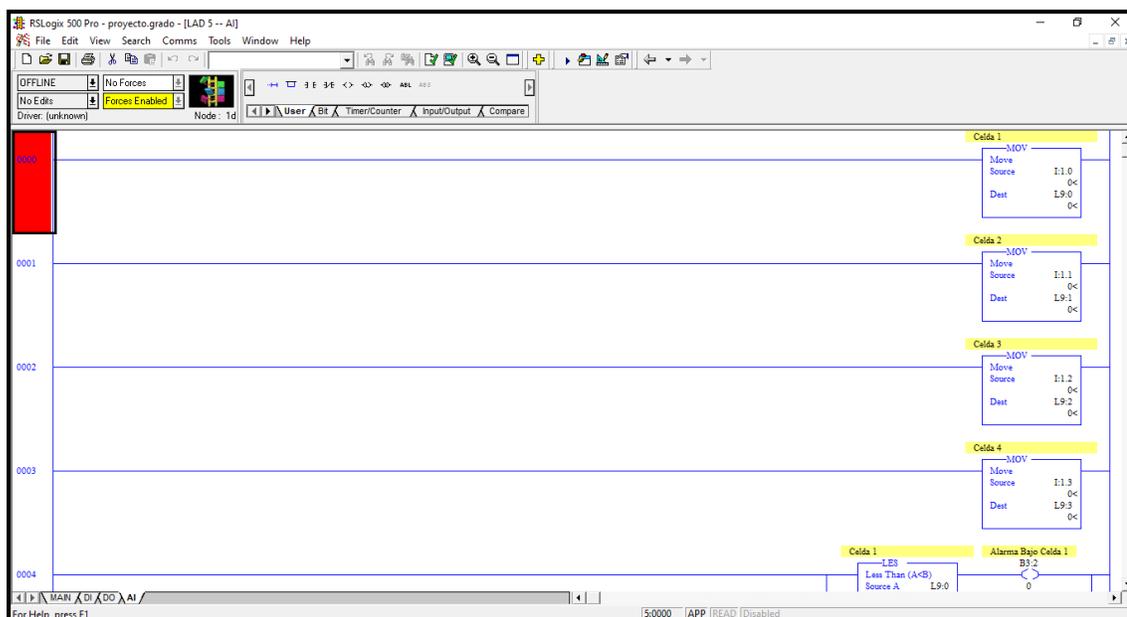


### 7.2.7. Creación lógica de control de nivel de tanques de almacenamiento

El presente proyecto cuenta con 4 tanques de proceso distribuidos de la siguiente manera tanque de recibo, producto terminado, materia prima y preparación, de acuerdo al proceso requiere control de nivel en 3 de los 4 tanques por ello se instalaron 3 celdas de cargas con capacidad máxima de 40 kg de las cuales se obtendrá el nivel de los tanques, para la lectura de estos valores se hace uso de la función MOV, lo cual nos permitirá leer datos de un origen y reescribirlo en otro destino, como se puede apreciar en la Figura 7-19.

Para la adecuación de esta señal analógica se hizo uso de los ADC620 para entregarle al PLC un rango de voltaje de 0-5 voltios para la escalización de los porcentajes del nivel.

**Figura 7-19** Creación de rutina de medición de nivel



### 7.2.8. Creación rutina de transferencia

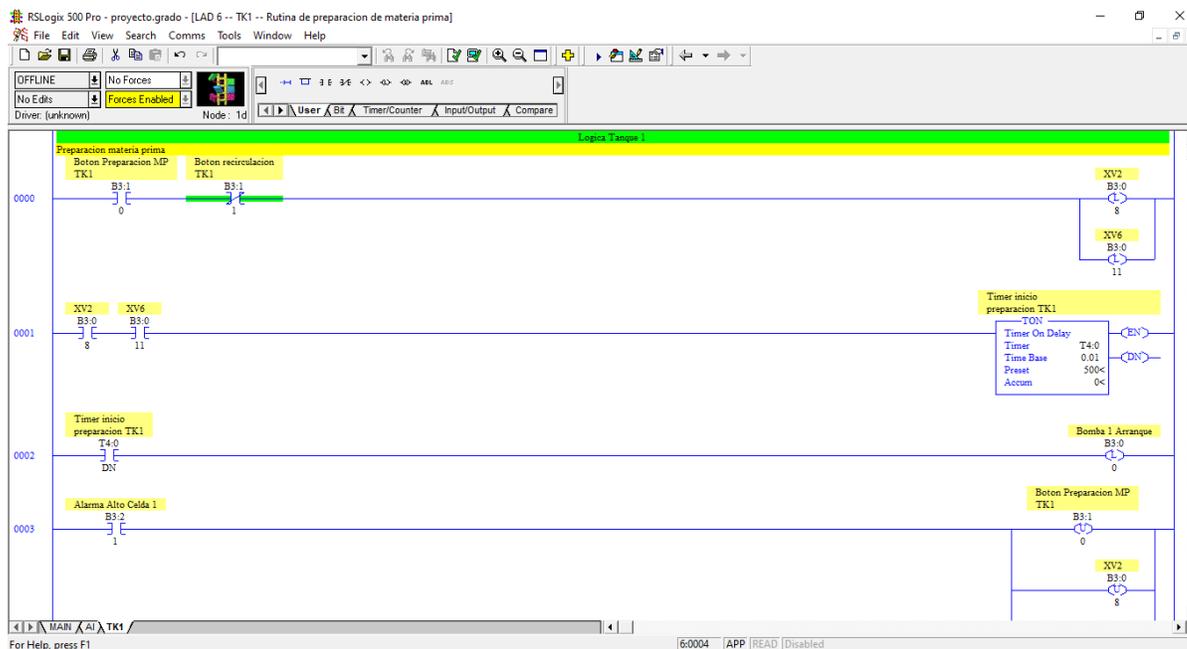
Este tanque cuenta con dos rutinas una para recirculación y la de transferencia a preparación.

### 7.2.9. Modo transferencia Materia prima a preparación

En la línea 0000 que se esboza en la Figura 7-20, se da apertura a las válvulas VAL3 y VAL6 a través del botón Preparación materia prima tk1, las cuales son necesarias para iniciar la transferencia hacia el tanque de preparación. para que esta condición se cumpla el contacto normalmente cerrado “Botón recirculación debe estar cerrado” es decir no debe haberse iniciado el proceso de recirculación. En la línea 0001 se observa la confirmación de apertura de las válvulas VAL3 y VAL6 como permisivos para iniciar el temporizador TK1 el cual retarda el encendido de la bomba para que esta no trabaje en vacío. En la línea 0002 se evidencia que una vez cumplido el tiempo establecido al temporizador tk1 este cierra el contacto “DN” y permite en arranque de la bomb. En línea 0003 se encuentra el control de nivel de este proceso ya sea por alto nivel a través

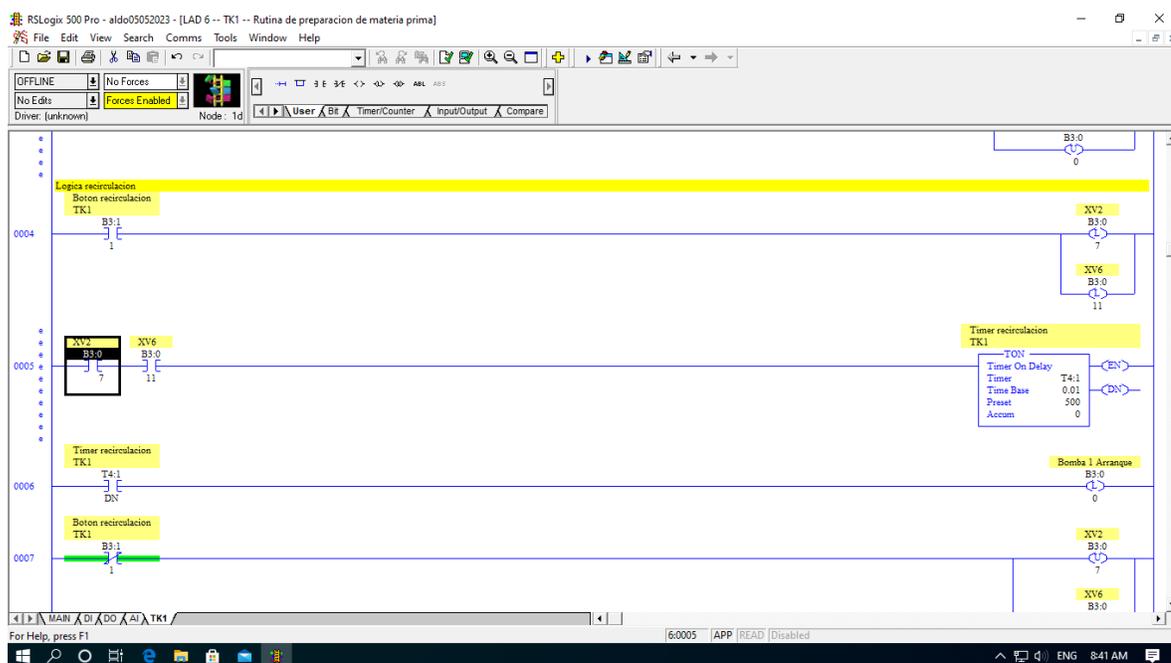
del contacto “alto de la celda 1” o por el sensor de nivel SW1, la activación de cualquiera de estas dos condiciones detendrá el proceso que se esté ejecutando en ese momento.

**Figura 7-20** *Modo transferencia Materia prima a preparación*



#### 7.2.10. *Modo de recirculación*

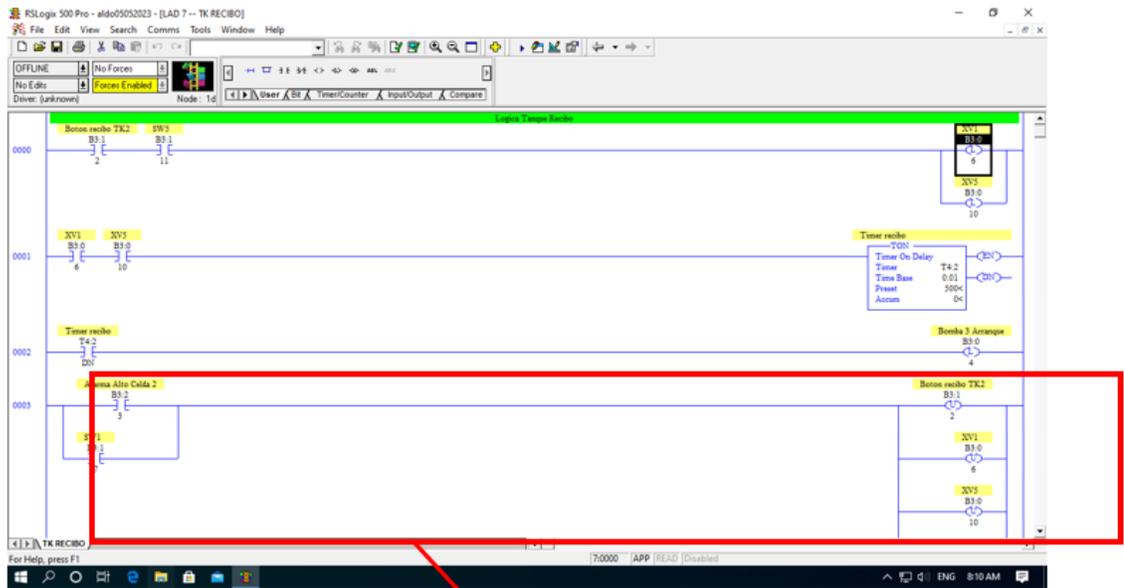
Ver Figura 7-21, en la línea 0004 se registra la lógica para iniciar el proceso de recirculación para la cual se necesitan abiertas las válvulas VAL2 y VAL6, estas se activan a través del “Botón recirculación TK1”. La línea 0005 se observa los permisos para inicio del temporizador el cual solo se vuelve verdadero si las válvulas VAL2 y VAL6 están abiertas. En la línea 0006 se observa que una vez cumplido el tiempo establecido en el temporizador el contacto Normalmente abierto se cierra y permite el encendido de la bomba 1. En la línea 0007 se aprecia el reset de las válvulas VAL2 y VAL6 para detener el proceso de recirculación.

Figura 7-21 *Modo de recirculación*

### 7.2.11. *Creación de rutina de tanque recibo*

Para iniciar la transferencia del tanque de preparación al tanque de recibo se realiza presionando el “Botón recibo TK2” el cual realiza apertura de las válvulas VAL1 y VAL5 proceso que se observa en la línea 0000. Una vez abiertas las válvulas antes mencionadas se inicia el temporizador “timer recibo” el cual vemos en la línea 0001. En la línea 0002 una vez cumplido el tiempo programado en el timer recibo se cierra el contacto “DN” y se habilita el encendido de la bomba 3. En la línea 0003 se encuentra la lógica de seguridad del proceso el cual apaga las válvulas, bandera de recibo y bomb3 ver Figura 7-22.

Figura 7-22 Creación de rutina de tanque recibo

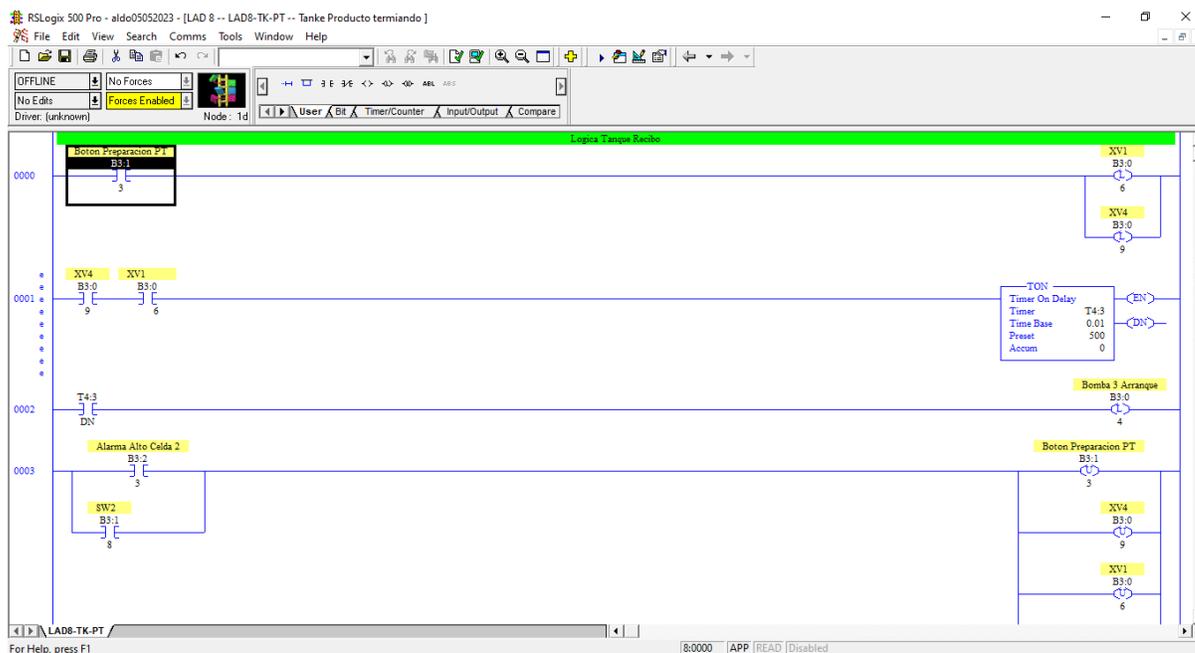


Control de nivel redundante por peso o por altura de producto

#### 7.2.12. Creación rutina tanque producto terminado

Para iniciar la transferencia antes mencionada se debe ver que en la línea 0000 se requiere presionar el “botón preparación –producto terminado” el cual habilita las válvulas VAL1 y VAL4. Una vez confirmadas la apertura de las válvulas antes mencionadas se inicia el temporizador “T4” el cual una vez cumplido el tiempo preestablecido cerrará el contacto Normalmente abierto “T4:3” y dará marcha a la bomba de transferencia 3 proceso descrito en la línea 0001 y 0002. El proceso de apagado de esta rutina será bajo la activación del SW2 o en su defecto por alto nivel a través de la celda de carga #2 ver Figura 7-23.

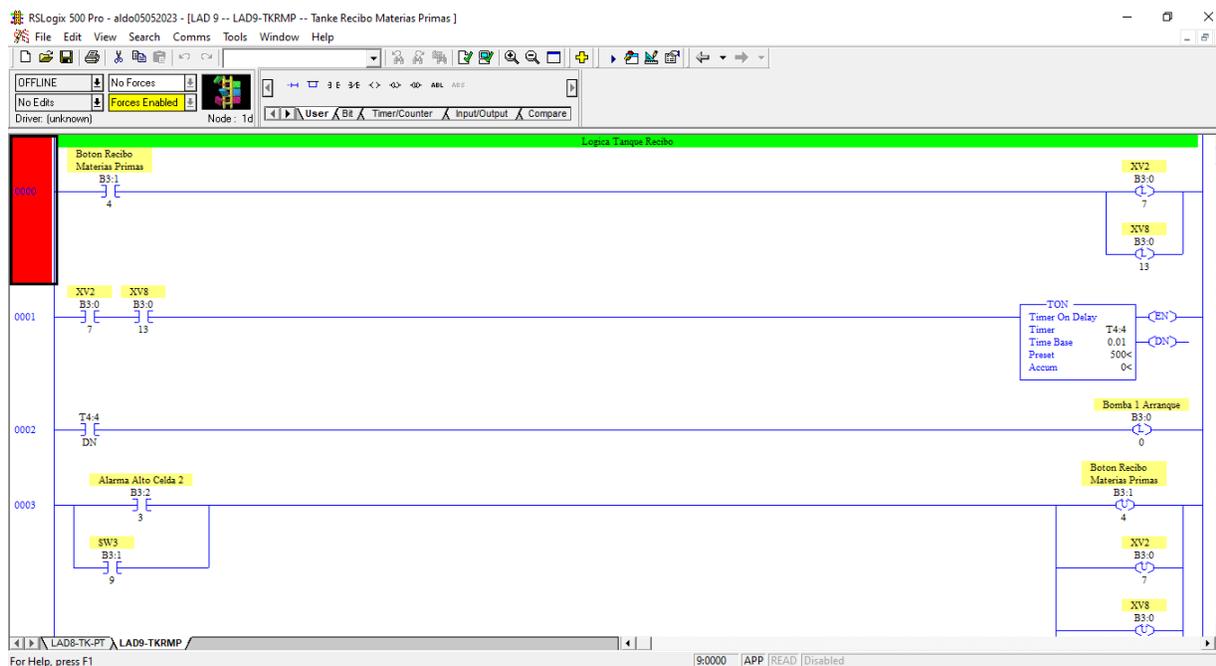
**Figura 7-23** Creación rutina tanque producto terminado



### 7.2.13. Rutina tanque recibo hacia tanque materia prima

Para iniciar este paso se debe habilitar las válvulas VAL2 y VAL8 a través del “Botón recibo-materia prima” ubicados en la línea 0000 ver Figura 7-24. Tras la activación de las válvulas VAL2 y VAL8 se da inicio al temporizador “T4:4” el cual provocara un retardo en el encendido de la bomba con el fin de que esta no encienda en seco. Ver línea 0001 y 0002. Este proceso cuenta con control de nivel por peso o por altura del producto a través de los contactos SW3 y alarma de alto celda 2.

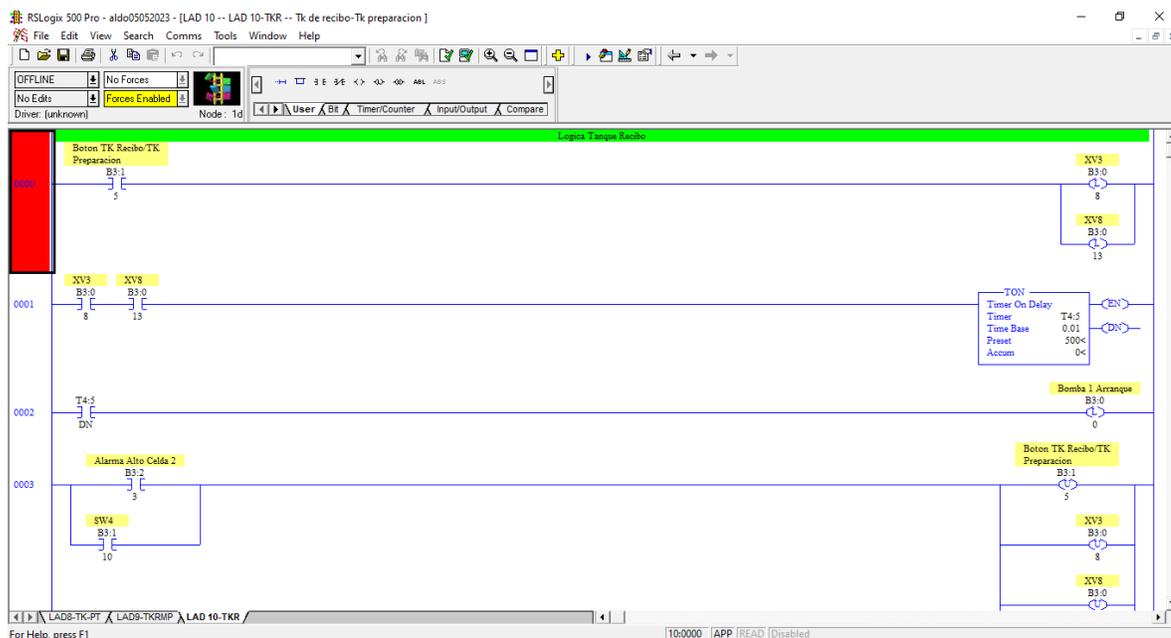
**Figura 7-24** Rutina tanque recibo hacia tanque materia prima



#### 7.2.14. Rutina tanque recibo hacia tanque preparación

En la Figura 7-25, para dar inicio a este proceso primeramente de vemos habilitar las válvulas VAL3 y VAL8 a través del “Botón Tk recibo –tk preparación” ver línea 0000. Una vez cumplida la anterior condición se habilita el permiso para que inicie el temporizador “T4:5” el cual cumplido el tiempo seteado permitirá el encendido de la bomba de transferencia a través del contacto normalmente abierto “t4:5”. ver línea 0002. Este proceso tiene de opciones para detenerse la primera por activación de SW4 y la segunda por la señal de alto de la celda de carga #2.

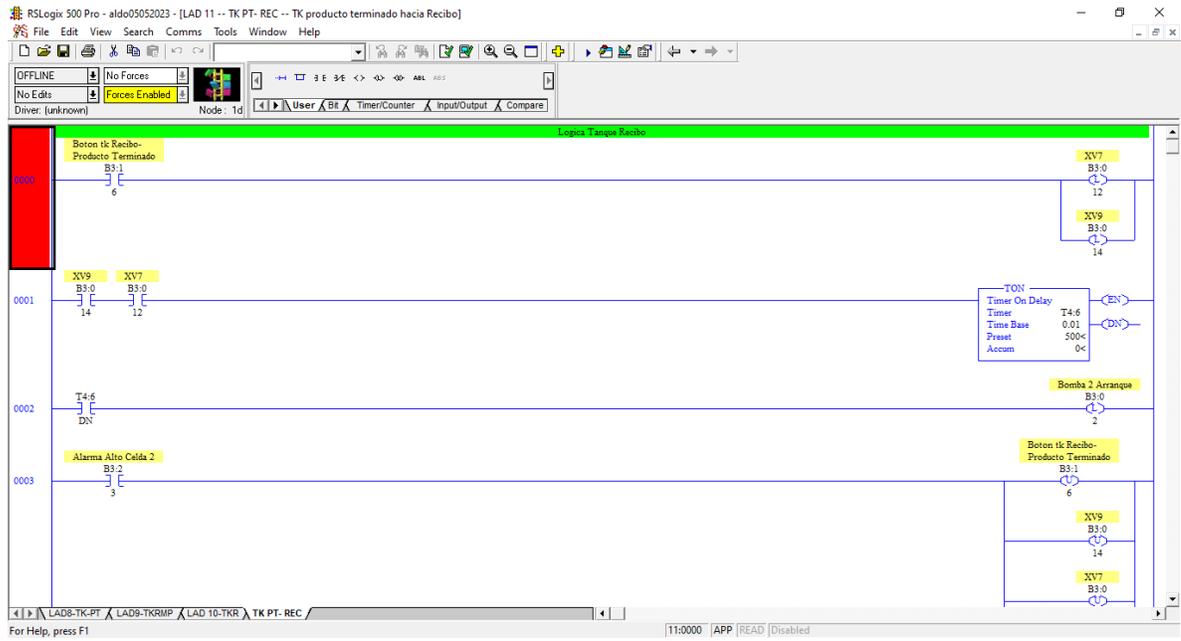
**Figura 7-25** Rutina tanque recibo hacia tanque preparación



### 7.2.15. Rutina tanque producto terminado hacia tanque recibo

En la Figura 7-26, la línea 0000 vemos la manera de iniciar esta transferencia a través del “Botón Tk recibo-Tk producto terminado” el cual tras ser presionado energiza las válvulas VAL7 y VAL9 respectivamente las cuales darán paso al fluido hacia el tanque de recibo. En la línea 0001 vemos los permisos para que se produzca un retardo en el encendido de la bomba a través de temporizador “T4:6”. Una vez cumplido el tiempo establecido el “T4:6” se cierra el contacto DN del temporizador y se da marcha a la bomba 2. ver línea 0002. Igualmente, este tanque cuenta con sistema de control de nivel por celda #2.

**Figura 7-26** Rutina tanque producto terminado hacia tanque recibo



## 8. Realización de Pruebas

En la siguiente sección se muestran las diferentes pruebas realizadas para verificar el funcionamiento de la planta prototipo, a través de la HMI instalada se verifica el cumplimiento de cada una de las transferencias realizadas y el estado de los elementos pueden ser visualizado en esta pantalla ,los gráficos de la HMI están diseñado bajo la norma ISA 101 ,la cual es la encargada de impartir los lineamientos para diseño de terminales gráficos.

Cabe aclarar que los elementos activos en el prototipo se verán de color blanco mientras que los inactivos permanecerán de color gris oscuro como lo determina la Norma.

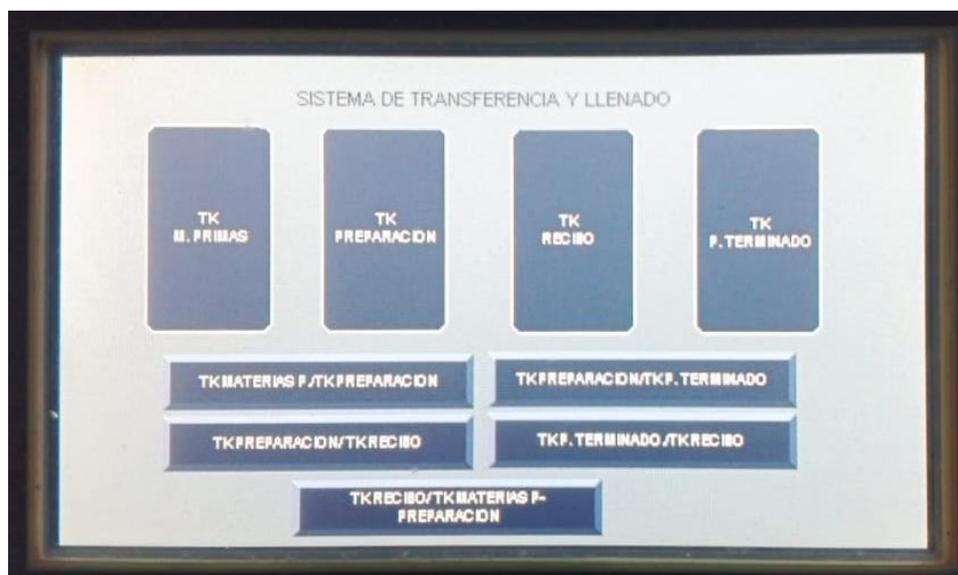
### 8.1. ISA 101(Gestión de sistemas de HMI y ciclos de vida de HMI)

La norma proporciona lineamientos para el diseño, construcción y operación de HMI efectivas que resulten más seguras y eficaces en el control de un proceso, en todas las condiciones de funcionamiento. Permite mejorar las habilidades del usuario para identificar, diagnosticar y gestionar adecuadamente a las situaciones anormales del proceso . (infopl., 2015).

#### 8.1.1. *Ciclos de transferencia entre tanques*

Mediante el plano se define la estructura del proceso (ver Figura 8-1), garantizando la optimización de los recursos y denotando la eficiencia de un sistema de automatización organizado. Se mostrará la construcción del sistema físico por ciclos enlazando las conexiones entre tanques y elementos al utilizar un número limitado de bombas centrifugas.

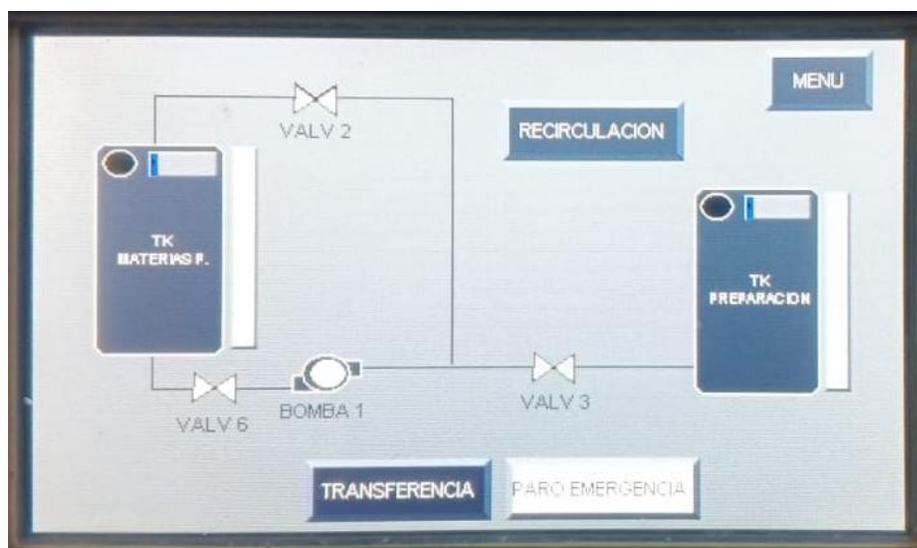
**Figura 8-1** Tópico de montaje general



### 8.1.2. Ciclo recirculación en Tanque materia prima

El primer tanque definido es el de materia prima que tiene un sistema de recirculación, esto se logra mediante la apertura de las electroválvulas “VAL6” y “VAL2” y el encendido de la bomba centrífuga denominada “Bomb1” como se muestra en la Figura 8-2.

**Figura 8-2** Ciclo de recirculación de tanque materia prima

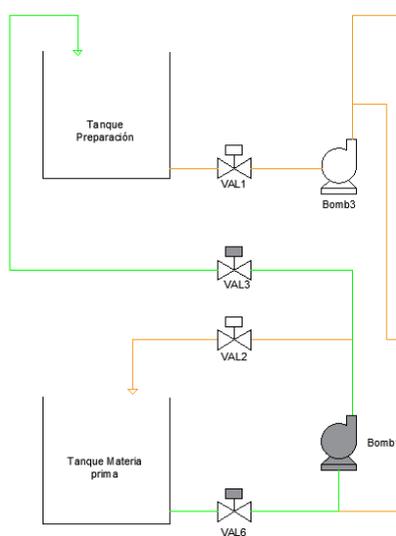


### 8.1.3. Ciclo transferencia de Tanque materia prima a Tanque preparación

La transferencia comienza cuando el usuario selecciona en la HMI la opción de transferir a tanque de preparación en ese momento las electroválvulas “VAL6” y “VAL3” se colocan en posición abierta, transcurrido 5 segundos enciende la bomba centrífuga “bomb1”.

Para que esta acción se lleve a cabo el nivel del tanque de recibo debe tener capacidad de almacenamiento para recibir la transferencia lo cual es verificado por la activación del sensor de nivel o por el peso del tanque , adicionalmente existe una condición adicional que no debe haberse iniciado la recirculación previamente . Como se muestra la Figura 8-3.

**Figura 8-3** Ciclo transferencia de tanque materia prima a tanque preparación

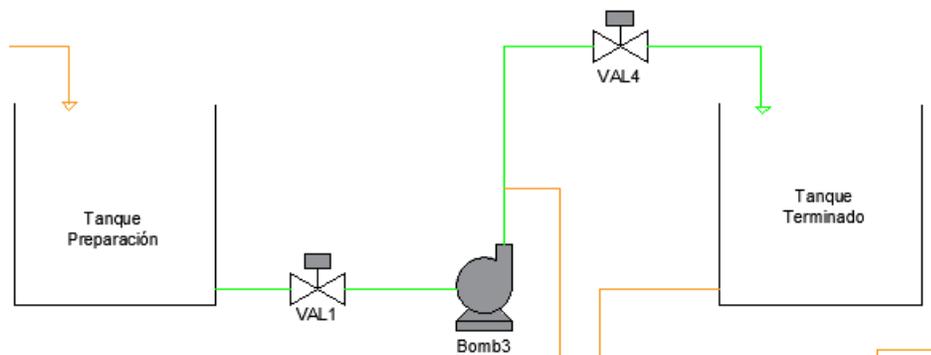


### 8.1.4. Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque producto terminado

La planta prototipo tiene la posibilidad de realizar envío entre los tanques de preparación y producto terminado, esta opción es habilitada a través del panel view (HMI) ubicada en el tablero eléctrico de la planta prototipo. Una vez presionada el botón transferencia a producto terminado se abren las electroválvulas “VAL1” y “VAL4” esta condición inicializa un temporizador interno que

introduce un retardo de 5 segundos al encendido de la bomba centrífuga de este proceso ,esto para evitar el arranque en vacío de la bomba centrífuga “Bomb3” como lo muestra la Figura 8-4.

**Figura 8-4** *Ciclo transferencia de tanque preparación a tanque producto terminado*



#### 8.1.5. *Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque recibo*

La transferencia comienza desde el tanque de preparación el flujo se transmite por la electroválvula “VAL1” que permitirá el paso del flujo hacia la bomba centrífuga “bomb3”, en la salida de la bomba de este recorrido se tiene que dar apertura a la electroválvula “VAL5” cumplida la condición anterior se debe esperar 5 segundos para que arranque la “Bomb3” este retardo tiene dos finalidades, la primera dar tiempo a que las tuberías de proceso se inunden y segunda evitar la marcha en seco de la bomba involucrada en esta transferencia. Ver Figura 8-5.

**Figura 8-5** Ciclo transferencia de tanque preparación a tanque recibo



#### 8.1.6. Ciclo transferencia de Tanque producto terminado a Tanque recibo

Esta condición solo es posible después de haber oprimido el botón de la HMI transferir a tanque recibo, una vez realizada esta acción se abrirán las electroválvulas “VAL7” y “VAL9” las cuales inicializarán el temporizador interno de este ciclo el cual introduce un retardo de 5 segundos al encendido de la bomba centrífuga “Bomb2” para evitar marcha en seco y dar tiempo de que las tuberías se llenen de agua. Este interlock de seguridad se repite para todos los ciclos de transferencia de la planta prototipo. Ver Figura 8-6.

**Figura 8-6** Ciclo transferencia de Tanque producto terminado a Tanque recibo

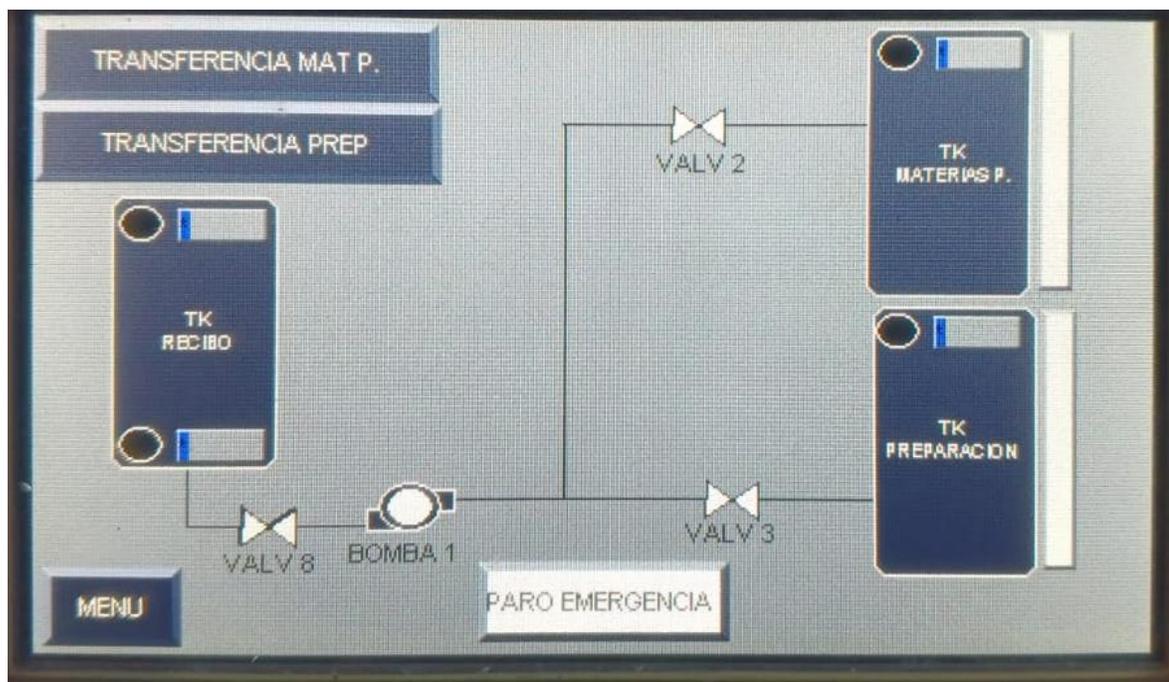


#### 8.1.7. Ciclo transferencia de Tanque recibo a Tanque materia prima

La transferencia comienza cuando el usuario selecciona en la HMI la opción de transferir a tanque materia prima en ese momento las electroválvulas “VAL8” y “VAL2” se colocan en posición abierta ,transcurrido 5 segundos enciende la bomba centrífuga “bomb1”.

Para que esta acción se lleve a cabo el nivel del tanque de recibo debe tener capacidad de almacenamiento para recibir la transferencia lo cual es fácilmente verificado por la activación del sensor de nivel o por el peso del tanque, adicionalmente existe una condición adicional que no debe haberse iniciado la recirculación o transferencia hacia el tanque de preparación previamente. Como se muestra la Figura 8-7.

Figura 8-7 Ciclo transferencia de tanque recibo a tanque materia prima

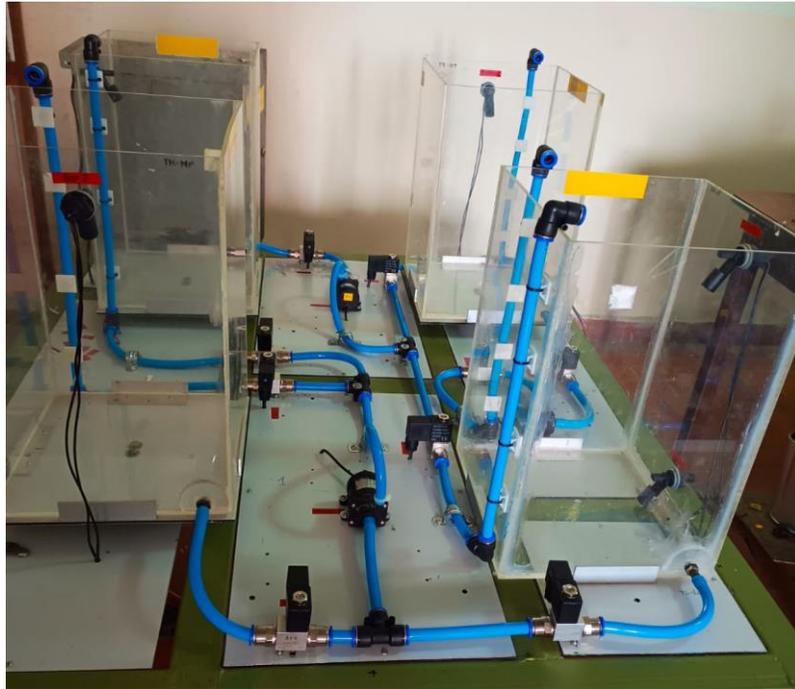


## 9. Resultados

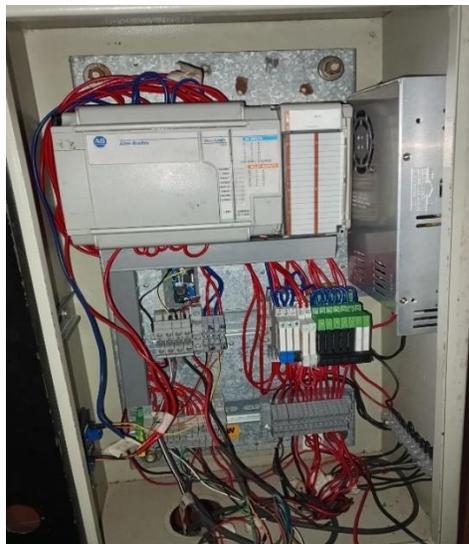
Mediante los requerimientos del sistema se construye el banco prototipo que simula el proceso de una planta industrial para la formulación de productos químicos líquidos. Se mantiene los estándares para los sistemas de automatización e instrumentación donde se dicta que los procesos deben tener un grado seguridad pertinente y eficiente para lograr el buen desarrollo de la actividad asimismo contribuir a la mejora del sistema. (Ver Figura 9-1).

Luego de realizado el proceso de construcción del prototipo y validado su funcionamiento de acuerdo a los objetivos planteados y requerimientos establecido se tuvo como resultado un prototipo 100 por ciento funcional ,capaz de simular un proceso de formulación de agroquímicos con todos los niveles de seguridad necesarios para implementar a escala real en cualquier planta industrial con posibilidades de mejoras conforme avanzan las nuevas tecnologías esto es posible gracias a que se proyecto un PLC con diversos protocolos de comunicación y posibilidad de integrar módulos de expansión para futuros dispositivos tecnológicos.

La instalación de nuevas tecnologías, cableado estructurado, PLC con módulos de entradas analógicas, relés de estado sólido un contacto eficiente y rápido para los actuadores como se muestra en la Figura 9-2.

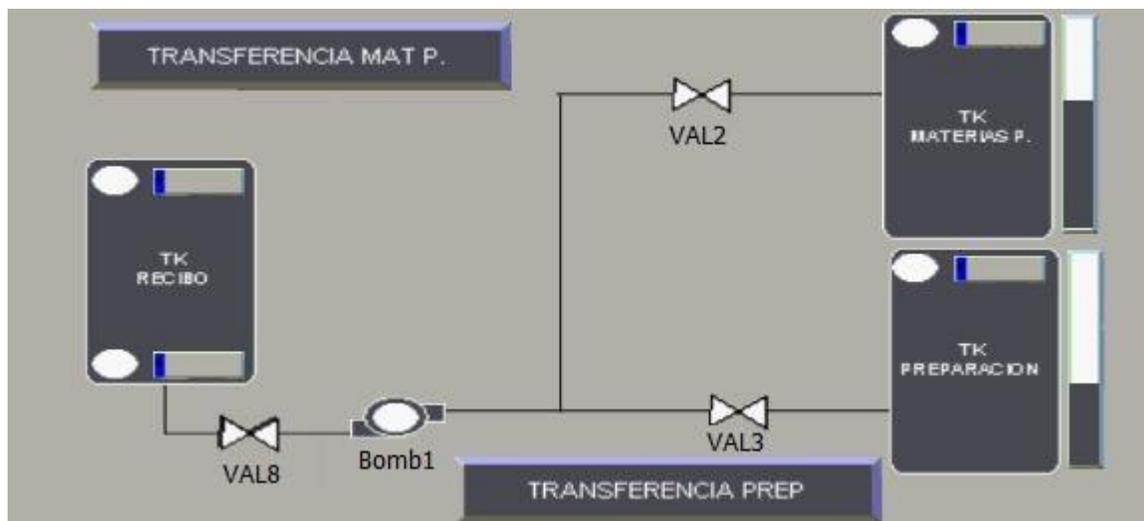
**Figura 9-1** *Prototipo terminado*

De acuerdo a todo lo planteado durante el proceso de diseño, y teniendo en cuenta la ruta trazada para su construcción se registra la forma y características del prototipo en cuestión, el cual está acorde con todo lo establecido y se observa a cabalidad.

**Figura 9-2** *Tablero de control PLC*

Mediante las pruebas realizadas se obtiene la medición de nivel de los tanques en tiempo real y los botones para comenzar la nueva transferencia como se muestra en la Figura 9-3.

**Figura 9-3** *Secuencia de transferencia en HMI*



## 10. Conclusiones

El desarrollo de la presente investigación nos permite determinar los siguientes puntos concluyente del resultado del ejercicio cuyo objeto fue diseño e implementación de banco prototipo de una planta industrial para la formulación de productos químicos líquidos, de acuerdo a esto se esboza lo siguiente.

La universidad Antonio Nariño obtiene un banco prototipo para la simulación de procesos industriales, para desarrollar practicas interactivas y conocer las funcionalidades de un proceso de control cerrado. Aprender de forma presencial el funcionamiento de los diferentes actuadores, sensores y motores, a su vez, las restricciones que presentan los elementos en el desarrollo de la actividad, como son los interlocks y protecciones, que igualmente se encuentran en un sistema de gran escala industrial. Se implementan los conocimientos de instrumentación y automatización adquiridos por el estudiante académicamente, también, adoptando dispositivos actuales como lo son el PLC y HMI, elementos muy representativos en las plantas industriales para el manejo procesos complejos, lo cual, el estudiante tendrá a su disposición un sistema de transferencia de líquidos para la formulación. Los equipos integrados en el prototipo son de muy alta calidad, lo que nos permite tener una vida útil muy extensa y el uso constante de los estudiantes para realizar sus respectivas actividades.

## 11. Recomendaciones

En miras de poder garantizar un mejor desempeño del producto, y poder cumplir a cabalidad con los objetivos que dieron inicio a este proyecto se establecen las siguientes recomendaciones que apuntan tanto a factores del diseño como de la construcción, monitoreo y seguimiento mismo.

- Garantizar el completo hermetismo de racores, tuberías, descarga de bombas y tanques de proceso.
- Se debe procurar que las simulaciones se realicen con agua, debido a que el cálculo del peso de los tanques de almacenamiento es en base a la densidad del agua.
- Garantizar el nivel de tensión para el tablero de control igual a 110Vac y su sistema de puesta a tierra.
- Tener en cuenta el sentido de flojo de las electroválvulas y bombas centrifugas (se encuentran identificados en el dispositivo).
- Se hace necesario poder cumplir con cada una de las especificaciones dadas para el buen funcionamiento del producto.
- Se recomienda a la institución educativa, continuar con los esfuerzos realizados para la construcción del proyecto, así también es determinante poder fortalecer o bien robustecer las bases bibliográficas de la institución con investigaciones que guarden la línea o marco investigativo.

Para finalizar es necesario realizar un sondeo en el mercado, para determinar o viabilizar el acceso a partes o piezas necesarias para la construcción del prototipo o para mejoras de las que ya fueron contempladas.

## 12. Bibliografía

- Susa Murcia, J. A., & Lizarazo Vargas, A. (24 de 11 de 2020). *Repositorio UAN*. Obtenido de <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3087>
- airmati. (04 de 2021). *www.airmatic-art.com*. Obtenido de <http://www.airmatic-art.com/files/3-Valvulas2021comprimido.pdf>
- Alvarez Padilla, J. M., & Manby Bossa, L. E. (2017). Diseño e implementación de un prototipo automatizado a escala del proceso de almacenamiento de materia prima y producto terminado de la empresa hutsman colombia ltda. Cartagena DT y C: Universidad Antonio Nariño.
- Castaño Giraldo, S. A. (19 de Noviembre de 2019). *¿Qué es un lazo abierto y uno cerrado?* Obtenido de [controlautomaticoeducacion.com](http://controlautomaticoeducacion.com):  
<https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>
- Creus Solé, A. (2010). *Instrumentación industrial*. C.V., México: Alfaomega.
- FAO, OMS. (2020). *El estado de la seguridad alimentaria y la*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca9699es/CA9699ES.pdf>
- García Moreno, E. (2020). *Automatización de procesos industriales. Robótica y Automática*. Valencia: Universitat Politècnica de valència.
- gardnerdenver. (03 de 2023). <https://www.gardnerdenver.com/>. Obtenido de <https://www.gardnerdenver.com/es-co/knowledge-hub/articles/centrifugal-pump->



[https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1764-um001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1764-um001_-en-p.pdf)

rockwellautomation. (04 de 2021). *https://literature.rockwellautomation.com/*. Obtenido de [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2711r-um001\\_-es-e.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2711r-um001_-es-e.pdf)

## 13. Anexos

### 13.1. Anexos A:

Especificaciones electroválvulas:

#### VALVULAS SOLENOIDES 2/2 - ACCION DIRECTA

SERIE PD 1/8 - 1/4 NPT

Art



VALVULAS  
DE PROCESO

#### Características

- Cuerpo en bronce
- Acción directa
- Normalmente cerradas
- Regreso resorte
- Libres de mantenimiento
- Bobina con conector DIN y LED indicador

#### Cuerpo en Bronce Zincado

Referencia	NPT	Presión de Trabajo	Voltaje	Cv
PD01011	1/8"	0 ~ 142 PSI	12 DC	0,23
PD01012	1/8"	0 ~ 142 PSI	24 DC	0,23
PD01014	1/8"	0 ~ 142 PSI	110 AC	0,23
PD01015	1/8"	0 ~ 142 PSI	220 AC	0,23
PD01021	1/4"	0 ~ 142 PSI	12 DC	0,23
PD01022	1/4"	0 ~ 142 PSI	24 DC	0,23
PD01024	1/4"	0 ~ 142 PSI	110 AC	0,23
PD01025	1/4"	0 ~ 142 PSI	220 AC	0,23

#### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire, agua, aceite

Presión de Trabajo:  
0 a 10 Bar ~ 0 a 142 PSI

Temperatura de Trabajo:  
-10°C a 80°C ~ 14°F a 176°F

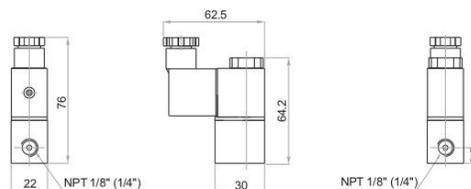
Viscosidad:  
Hasta 20 CST

#### Bobinas y Conectores

Referencia	Descripción	Potencia
PPB1	Bobina 12 DC	6 W
PPB2	Bobina 24 DC	6 W
PPB4	Bobina 110 AC	7 VA
PPB5	Bobina 220 AC	7 VA
VSC1	Conector eléctrico DC con LED indicador	
VSC2	Conector eléctrico AC con LED indicador	

#### Materiales

Cuerpo : Bronce Zincado  
Sellos : Vitón  
Resorte : Acero Inoxidable



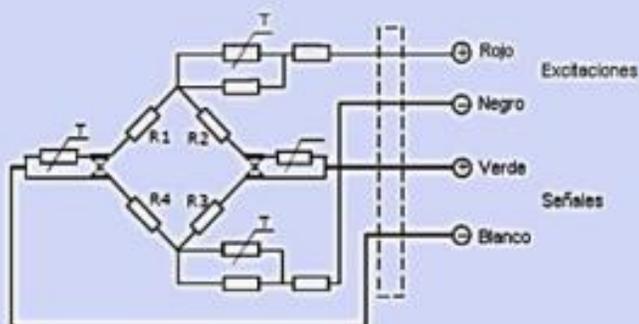
Especificaciones Celda de carga:

**LEXUS**  
ELECTRONIC WEIGHING

### CARACTERISTICAS GENERALES

Parametros	C3	Unidades
Capacidades (E <sub>max</sub> ) :	3, 5, 15, 20, 30 y 40	Kg
Intervalos Max. de verificacion (N <sub>ic</sub> ):	3000	d
Sensibilidad (C <sub>n</sub> ) :	1.8 ± 0.002	mV/V
Repetibilidad, No linealidad, Histerisis	0.03	± % de la señal de salida
Efecto de temperatura en la sensibilidad (T <sub>kc</sub> ) :	0.02 / 10	± % de la señal de salida/°C
Efecto de temperatura en el cero (t <sub>k0</sub> ) :	0.02 / 10	± % de la señal de salida/°C
Cero :	1.0	± % de la señal de salida
Resistencia de entrada (R <sub>ic</sub> ) :	400 ± 10	Ohms
Resistencia de salida (R <sub>o</sub> ) :	352 ± 2	Ohms
Resistencia de aislamiento :	≥ 5000	Mega-Ohms
Limite de sobrecarga :	150	% de la capacidad
Ruptura de celda :	200	% de la capacidad
Rango de temperatura en operación :	-30 a +70	°C
Excitación Recomendada :	10 - 12	VDC
Maxima excitación permitida :	15	VDC
Peso aproximado:	200	g
Material :	Aluminio	
Clase de protección :	IP65	
Cable	Ø5mm x 1m	
Tamaño maximo de plataforma	30 x 30cm	

### CONEXION



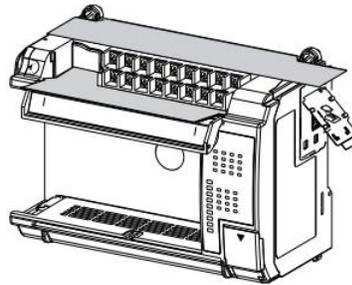
DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

Especificaciones MicroLogix 1500 Programmable Controllers:

**MicroLogix 1500  
Component Descriptions**

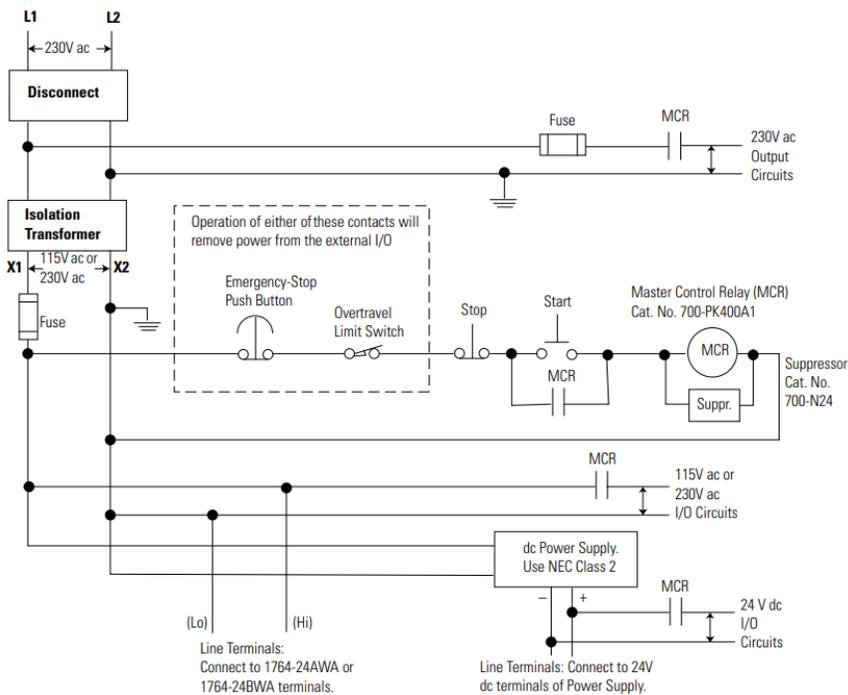
A controller is composed of a processor (1764-LSP or enhanced 1764-LRP with RS-232 port) and one of the base units listed below. The FET transistor outputs are available on the 1764-28BxB base only.

**Base Units**



Catalog Number	Line Power	Inputs	Outputs	High Speed I/O
1764-24AWA	120/240V ac	(12) 120V ac	(12) Relay, 2 isolated relays per unit	n/a
1764-24BWA	120/240V ac	(8) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(12) Relay, 2 isolated relays per unit	(4) 20 kHz input
1764-28BxB	24V dc	(8) Standard 24V dc (8) Fast 24V dc	(6) Relay, 2 isolated relays per unit (4) Standard 24V dc FET (2) Fast 24V dc FET	(8) 20 kHz input (2) 20 kHz output

**Schematic (Using ANSI/CSA Symbols)**



## Especificaciones Panel View 800 4” 2711-T4T:

PanelView 800 Terminals

### Technical Specifications

Table 4 provides technical specifications for the PanelView 800 terminals.



Table 4 - Technical Specifications - PanelView 800 Terminals

Attribute	2711R-T4T	2711R-T7T	2711R-T10T
Display type	Color transmissive TFT active matrix LCD, widescreen format		
Display size	4 in.	7 in.	10 in.
Display area (WxH)	95 x 53.9 mm (3.74 x 2.12 in.)	153.6 x 86.6 mm (6.05 x 3.41 in.)	211.2 x 158.4 mm (8.31 x 6.24 in.)
Resolution (pixels)	480 x 272	800 x 480	800 x 600
Backlight	LED		
Backlight lifespan, min	40,000 hours		
Colors	65K colors		
Operator input	Analog touch and function keys	Analog touch	
Memory card	USB port and micro-SD (Secure Digital) card – Industrial grade micro-SD cards recommended. Supports SDSC and Class 6 & Class 10 SDHC micro-SD cards, FAT32/16 formats, up to 32 GB maximum size.		
Real-time clock with battery	Yes		
Battery lifespan, min	5 years @ 25 °C (77 °F)		
Programming port	Ethernet port		
Recipe	50 recipe files		
Software	Connected Components Workbench software, release 8.0 and later		
Preferred controller	Micro800, MicroLogix		
Power Supply	24V DC		
Processor, CPU speed	800 MHz CPU		
Flash Memory (ROM) min	256 MB		
SDRAM (RAM) min	256 MB DDR		
Operating System	WINCE 6.0		
Power Consumption (max)	9 W (0.39 A @ 24V DC)	11 W (0.40 A @ 24V DC)	14 W (0.48 A @ 24V DC)
RS232/RS422/485 (isolated)	Separate RS-232 and RS422/RS485 connectors		
Ethernet 10/100 Mbps	1		
USB Host (USB 2.0)	Yes		
MicroSD slot	Yes		
Input voltage range	18...32V DC (24V DC nom)		
Weight, approx	0.333 kg (0.73 lb)	0.651 kg (1.44 lb)	1.64 kg (3.62 lb)
Dimensions (HxWxD), approx	116 x 138 x 43 mm 4.6 x 5.4 x 1.7 in.	144 x 197 x 54 mm 5.7 x 7.8 x 2.1 in.	225 x 287 x 55 mm 8.9 x 11.3 x 2.2 in.
Panel Cutout dimensions (HxW)	99 x 119 mm 3.9 x 4.7 in.	125 x 179 mm 4.9 x 7.1 in.	206 x 269 mm 8.1 x 10.6 in.
Front Bezel Protection	IP65, NEMA 4X, 12, 13		

## Especificaciones Módulo Ad620:

AD620

## SPECIFICATIONS

Typical @ 25°C,  $V_S = \pm 15$  V, and  $R_L = 2$  k $\Omega$ , unless otherwise noted.

Table 2.

Parameter	Conditions	AD620A			AD620B			AD620S <sup>1</sup>			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>GAIN</b>											
Gain Range	$G = 1 + (49.4 \text{ k}\Omega/R_G)$	1		10,000	1		10,000	1		10,000	
Gain Error <sup>2</sup>	$V_{OUT} = \pm 10$ V										
G = 1			0.03	0.10		0.01	0.02		0.03	0.10	%
G = 10			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 100			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 1000			0.40	0.70		0.35	0.50		0.40	0.70	%
Nonlinearity	$V_{OUT} = -10$ V to $+10$ V										
G = 1–1000	$R_L = 10$ k $\Omega$		10	40		10	40		10	40	ppm
G = 1–100	$R_L = 2$ k $\Omega$		10	95		10	95		10	95	ppm
Gain vs. Temperature	G = 1			10			10			10	ppm/°C
	Gain > 1 <sup>2</sup>			–50			–50			–50	ppm/°C
<b>VOLTAGE OFFSET</b>											
(Total RTI Error = $V_{OSI} + V_{OSO}/G$ )											
Input Offset, $V_{OSI}$	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V		30	125		15	50		30	125	$\mu$ V
Overtemperature	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V			185			85			225	$\mu$ V
Average TC	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V		0.3	1.0		0.1	0.6		0.3	1.0	$\mu$ V/°C
Output Offset, $V_{OSO}$	$V_S = \pm 15$ V		400	1000		200	500		400	1000	$\mu$ V
Overtemperature	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V			1500			750			1500	$\mu$ V
Average TC	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 15$ V		5.0	15		2.5	7.0		5.0	15	$\mu$ V/°C
Offset Referred to the Input vs. Supply (PSR)	$V_S = \pm 2.3$ V to $\pm 18$ V										
G = 1		80	100		80	100		80	100		dB
G = 10		95	120		100	120		95	120		dB
G = 100		110	140		120	140		110	140		dB
G = 1000		110	140		120	140		110	140		dB
<b>INPUT CURRENT</b>											
Input Bias Current			0.5	2.0		0.5	1.0		0.5	2	nA
Overtemperature				2.5			1.5			4	nA
Average TC			3.0			3.0			8.0		pA/°C
Input Offset Current			0.3	1.0		0.3	0.5		0.3	1.0	nA
Overtemperature				1.5			0.75			2.0	nA
Average TC			1.5			1.5			8.0		pA/°C
<b>INPUT</b>											
Input Impedance											
Differential			10  2			10  2			10  2		G $\Omega$ _pF
Common-Mode			10  2			10  2			10  2		G $\Omega$ _pF
Input Voltage Range <sup>3</sup>	$V_S = \pm 2.3$ V to $\pm 5$ V	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	V
Overtemperature	$V_S = \pm 5$ V to $\pm 18$ V	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	V
		$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	V
Overtemperature		$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 2.1$		$+V_S + 2.1$	$-V_S + 2.3$		$+V_S - 1.4$	V



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE BANCO PROTOTIPO DE UNA PLANTA  
INDUSTRIAL PARA LA FORMULACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS  
LÍQUIDOS**

**MANUAL DE OPERACIONES**

**Aldo Babilonia Herrera**

20441928366

**Jair Rafael Vergara Ramírez**

20441913025

Universidad Antonio Nariño  
Programa Ingeniería Electrónica  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Cartagena, Colombia  
2023

## CONTENIDO

	Pag.
1. Encendido del equipo .....	3
2. Ciclos de transferencias entre tanques .....	5
2.1. Ciclo recirculación en Tanque materia prima .....	5
2.2. Ciclo transferencia de Tanque materia prima a Tanque preparación .....	8
2.3. Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque producto terminado .....	12
2.4. Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque recibo .....	17
2.5. Ciclo transferencia de Tanque producto terminado a Tanque recibo .....	21
2.6. Ciclo transferencia de Tanque recibo a Tanque materia prima .....	25
2.7. Ciclo transferencia de Tanque recibo a Tanque de preparación .....	30
3. Ejecutar programa desde la BIOS en el panel de visualización .....	34

## 1. Encendido del equipo

Para encender correctamente el equipo se deben seguir los siguientes pasos:

**Primero.** Conectar enchufe que sale del tablero de control a un tomacorriente 110Vac, hará que se energice el tablero de control.

**Segundo.** Verificar que el selector naranja que se encuentra en la parte de abajo del tablero de control que este encendida una luz piloto, esto indica que ahí flujo de corriente.

**Tercero.** El selector naranja en su estado inicial se encuentra en 0, girar la perilla a la derecha al estado 1, eso permitirá encender las fuentes conmutadas dentro del tablero de control.

**Cuarto.** Verificar que ha encendido el sistema, diríjase al panel de visualización. *Nota* En caso que el panel no ha encendido siga al quinto paso.

**Figura 1-1** Visualización inicial panel



Nota: si el panel de visualización entra en BIOS lea *Ejecutar programa desde la BIOS en el panel de visualización*,

- Verificar el estado interruptores automáticos internos, requerimiento tener conocimientos técnicos en electricidad.

**Quinto.** Colocar el selector en la posición de 0 y desconecte el enchufe del tomacorriente para no tener tensión en el tablero por seguridad.

**Sexto.** Abrir tablero de control, utilizando un destornillador de pala girar el seguro de la puerta en contra las manecillas de reloj, lo que permitirá abrir la puerta.

**Séptimo.** En la parte izquierda del tablero se encuentran los interruptores automáticos, suba la perilla del interruptor para permitir el flujo de corriente.

**Figura 1-2** interruptores automáticos para fuente interna



**Octavo.** Cierre el tablero de control con el destornillador de pala en sentido de las manecillas de reloj. Y vuelva al primer paso.

## 2. Ciclos de transferencias entre tanques

Se darán inicio a las transferencias de líquidos entre tanques lo cual se pueden lograr un total de 7 ciclos de transferencias con sus diferentes comportamientos. Al iniciar el sistema se muestra el menú principal vea la **Figura 2-1**.

**Figura 2-1** Menú principal sistema de transferencia y llenado

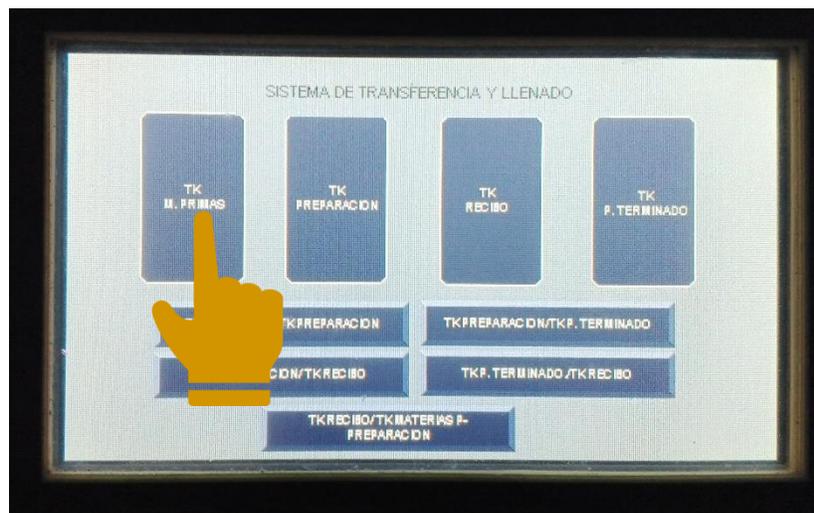


### 2.1. Ciclo recirculación en Tanque materia prima

Para iniciar el ciclo de recirculación en el tanque de materia prima siga los siguientes pasos:

**Primero.** Presioné el cuadro que dice TK M. PRIMA que se encuentra en la parte izquierda del panel como se muestra en la **Figura 2-2**, cambiara de pantalla.

**Figura 2-2** Selección de tanque materia prima



**Segundo.** En la pantalla siguiente se encuentran dos posibles secuencias o ciclos, uno es el de recirculación para iniciarlo nos dirigimos a la parte superior derecha de la pantalla y presionamos recirculación como se muestra en la **Figura 2-3**, iniciando el ciclo. *Nota asegurarse que el tanque tenga líquido.*

**Figura 2-3** Iniciar recirculación en tanque materia prima



**Tercero.** Al presionar el botón de recirculación automáticamente se encienden las válvulas físicas con nombre VAL 6 y VAL 2 colocándose en color blanco. Pasados 5 segundos enciende la bomba 1 colocando la figura en color blanco.

**Cuarto.** Verificar en el prototipo que en la parte superior del tanque de materia prima la manguera de entrada este suministrando el líquido que proviene del mismo tanque.

**Quinto.** Para detener la recirculación presioné el botón de paro de emergencia que está en la parte inferior de la pantalla un cuadro de color blanco. Lo cual apagara la bomba 1 y las válvulas VAL 6 Y VAL 2 terminando el ciclo. Vea la **Figura 2-4**

**Figura 2-4** Parar recirculación



**Sexto.** Para regresar al menú principal presioné el botón MENÚ en la parte superior derecha de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-5**.

**Figura 2-5** Regresar al menú principal

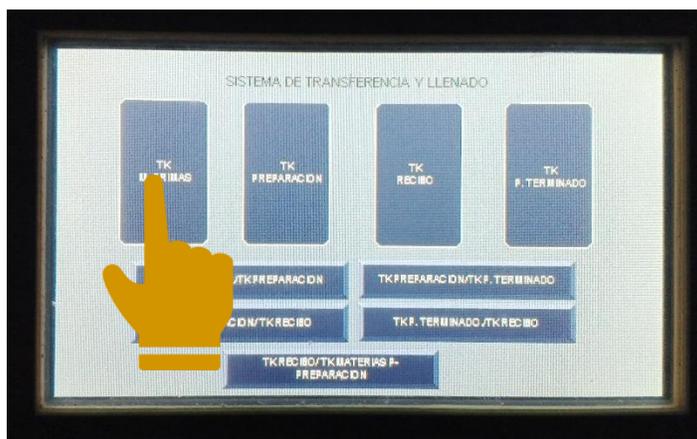


## 2.2. Ciclo transferencia de Tanque materia prima a Tanque preparación

Para iniciar el ciclo transferencia de Tanque materia prima a Tanque preparación realice los siguientes pasos:

**Primero.** Presioné el cuadro que dice TK M. PRIMA que se encuentra en la parte izquierda del panel como se muestra en la, cambiara de pantalla.

**Figura 2-6** Selección de tanque materia prima



**Segundo.** En la pantalla siguiente se encuentran dos posibles secuencias o ciclos, presionamos el botón transferencia que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, para iniciar el ciclo de transferencia del tanque de materia prima al tanque de preparación como se muestra en la **Figura 2-7**. *Nota* asegurarse que el tanque de materia prima tenga líquido.

**Figura 2-7** Inicio de transferencia al tanque de preparación



**Tercero.** Al presionar el botón de transferencia automáticamente se encienden las válvulas físicas con nombre VAL 6 y VAL 3 colocándose en color blanco. Pasados 5 segundos enciende la bomba 1 colocando la figura en color blanco e inicia el ciclo de transferencia del tanque de materia prima al tanque de preparación.

**Cuarto.** Verificar en el tanque de preparación que el líquido este saliendo de la manguera en la parte superior.

- **Nota:** para detener la transferencia existen dos formas, una de forma automática con el sensor de alto nivel esto sucede cuando el tanque pasa el nivel de trabajo, el sensor esta referenciado con la etiqueta SW-2 en la parte superior del tanque de preparación y de forma manual con el botón de paro de emergencia.

**Quinto.** Para detener la transferencia al tanque de preparación se dirige al botón de paro de emergencia, asimismo apagando la bomba 1 y las válvulas VAL 6 y VAL 3. Vea la **Figura 2-8**.

**Figura 2-8** Detener transferencia al tanque de preparación



**Sexto.** Cuando la transferencia se detenga por el sensor de nivel alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-9**. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función, Ack es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón Clear es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón Close es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

**Figura 2-9** Alarma de alto nivel en tanque de preparación



**Séptimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque preparación al tanque de producto terminado.

**Octavo.** Cuando se apague o desaparezca el círculo negro en el tanque de preparación quiere decir que el nivel del tanque está en un nivel permitido, presionamos el botón Ack como se muestra en la **Figura 2-10**.

**Figura 2-10** Resolver alarma de nivel alto tanque preparación



**Noveno.** Para iniciar la transferencia nuevamente presioné el botón de transferencia en la parte inferior o para regresar al menú principal presioné el botón MENÚ. Vea la **Figura 2-11**.

**Figura 2-11** *Regresar al menú principal*

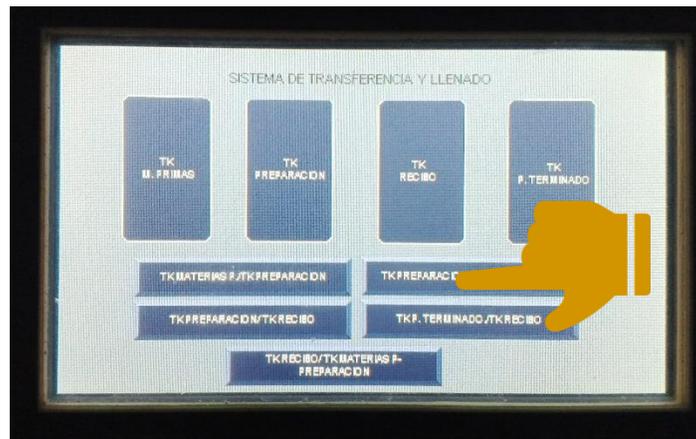


### 2.3. Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque producto terminado

Para iniciar el ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque de producto terminado realice los siguientes pasos:

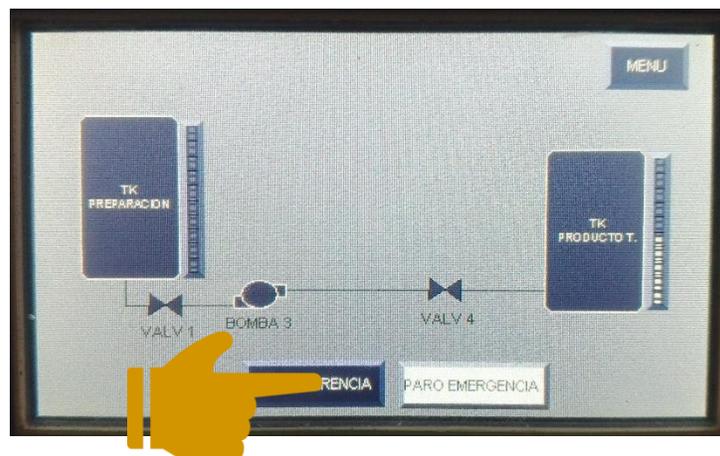
**Primero.** Presioné el botón que dice TK preparación a producto terminado que se encuentra en la parte derecha del panel como se muestra en la **Figura 2-12**, cambiara de pantalla.

**Figura 2-12** Selección botón de tk preparación a tk terminado



**Segundo.** En la pantalla siguiente se encuentran una posible secuencia o ciclo, presionamos el botón transferencia que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, para iniciar el ciclo de transferencia del tanque de preparación al tanque de producto terminado como se muestra en la **Figura 2-13**. *Nota: asegurarse que el tanque de preparación tenga líquido.*

**Figura 2-13** Inicio de transferencia al tanque de producto terminado



**Tercero.** Al presionar el botón de transferencia automáticamente se encienden las válvulas físicas con nombre VAL 1 y VAL 4 colocándose en color blanco. Pasados 5 segundos enciende la bomba 3 colocando la figura en color blanco e inicia el ciclo de transferencia del tanque de preparación al tanque de producto terminado.

**Cuarto.** Verificar en el tanque de producto terminado el líquido este saliendo de la manguera en la parte superior del tanque.

- **Nota:** para detener la transferencia existen tres formas. Dos automáticas, una forma con el sensor de alto nivel esto sucede cuando el tanque pasa el nivel de trabajo, el sensor esta referenciado con la etiqueta SW-3 en la parte superior del tanque de producto terminado, dos con la celda de peso CI-3 que al llegar al 80% de la capacidad del tanque detiene la transferencia y de forma manual con el botón de paro de emergencia.

**Quinto.** Para detener la transferencia al tanque de preparación, se dirige al botón de paro de emergencia, asimismo apagando la bomba 3 y las válvulas VAL 1 y VAL 4. Vea la **Figura 2-14**.

**Figura 2-14** Detener transferencia al tanque de producto terminado



**Sexto.** Cuando la transferencia se detenga por el sensor de nivel alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-15**. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función Ack es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón Clear es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón

Close es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

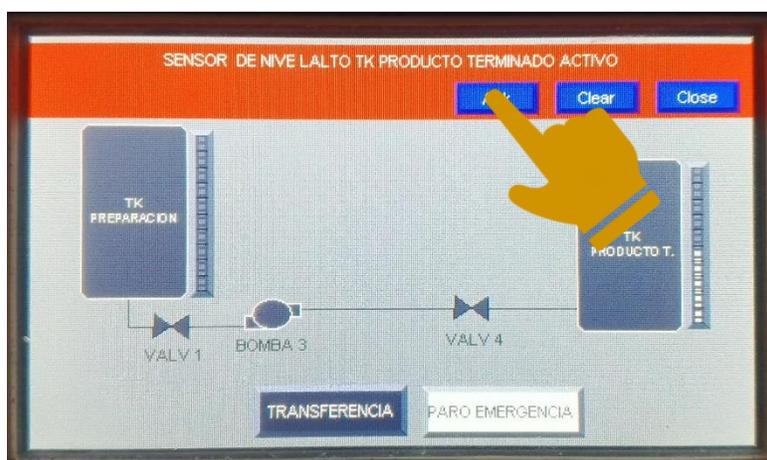
**Figura 2-15** Alarma de alto nivel en tanque de producto terminado



**Séptimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque de producto terminado al tanque de recibo.

**Octavo.** Cuando se apague o desaparezca el círculo negro en el tanque de preparación quiere decir que el nivel del tanque está en un nivel permitido, presionamos el botón Ack como se muestra en la **Figura 2-16**.

**Figura 2-16** Resolver alarma de nivel alto tanque producto terminado



**Noveno.** Cuando la transferencia se detenga por peso alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-17**, esto

sucede cuando el tanque se llena al 80% de su capacidad total. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función **Ack** es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón **Clear** es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón **Close** es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

**Figura 2-17** Alarma de alto peso tanque producto terminado



**Décimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque de producto terminado al tanque de recibo.

**Undécimo.** Cuando baje el nivel del tanque de producto terminado se podrá presionar el botón Ack para resolver la alarma como se muestra en la **Figura 2-18**.

**Figura 2-18** Resolver alarma de peso alto en tanque producto terminado



**Duodécimo.** Para iniciar la transferencia nuevamente presioné el botón de transferencia en la parte inferior o para regresar al menú principal presioné el botón MENÚ. Vea la **Figura 2-19**

**Figura 2-19** *Regresar al menú principal*

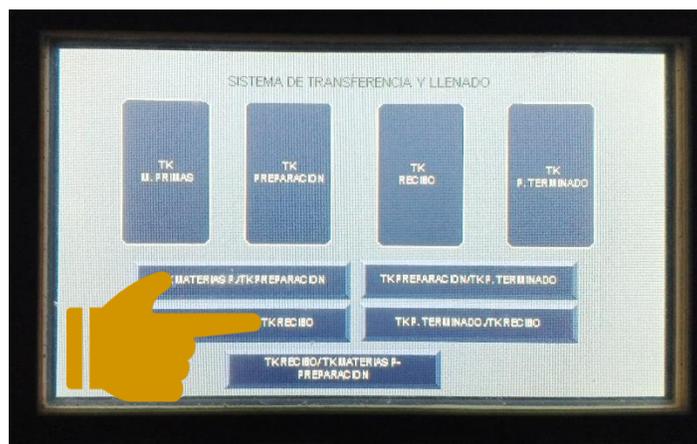


## 2.4. Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque recibo

Para iniciar el Ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque recibo realice los siguientes pasos:

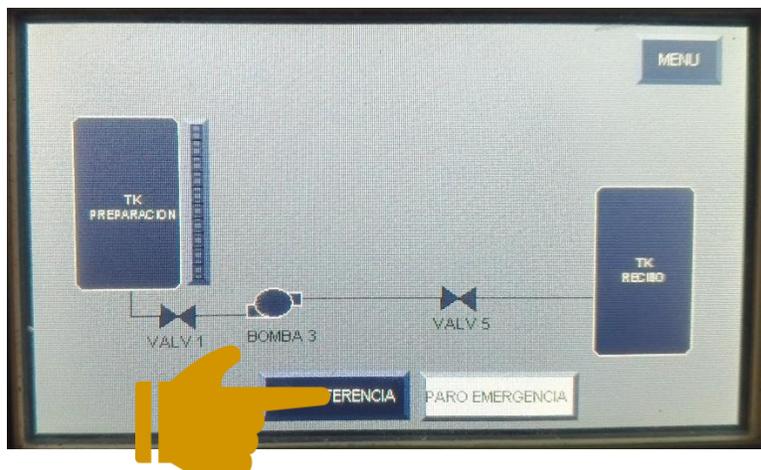
**Primero.** Presioné el cuadro que dice TK Preparación Tk recibo que se encuentra en la parte izquierda inferior del panel como se muestra en la **Figura 2-20**, al presionar cambiara de pantalla.

*Figura 2-20 Selección de tanque de preparación*



**Segundo.** En la pantalla siguiente se encuentran una posible secuencia o ciclo, presionamos el botón transferencia que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, para iniciar el ciclo de transferencia del tanque de preparación al tanque de recibo como se muestra en la **Figura 2-21**. *Nota* asegurarse que el tanque de preparación tenga líquido.

*Figura 2-21 Inicio de transferencia al tanque recibo*



**Tercero.** Al presionar el botón de transferencia automáticamente se encienden las válvulas físicas con nombre VAL 1 y VAL 5 colocándose en color blanco. Pasados 5 segundos enciende la bomba 3 colocando la figura en color blanco e inicia el ciclo de transferencia del tanque de preparación al tanque de recibo.

**Cuarto.** Verificar en el tanque de recibo, que este saliendo el líquido de la manguera en la parte superior.

- Nota: para detener la transferencia existen dos formas, una automática con el sensor de alto nivel esto sucede cuando el tanque pasa el nivel de trabajo, el sensor esta referenciado con la etiqueta SW-4 en la parte superior del tanque de recibo y de forma manual con el botón de paro de emergencia.

**Quinto.** Para detener la transferencia al tanque de preparación se dirige al botón de paro de emergencia, asimismo apagando la bomba 3 y las válvulas VAL 1 y VAL 5. Vea la **Figura 2-22**.

**Figura 2-22** Detener transferencia al tanque recibo



**Sexto.** Cuando la transferencia se detenga por el sensor de nivel alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-23**. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función Ack es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón Clear es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón Close es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

**Figura 2-23** Alarma de alto nivel en tanque recibo



**Séptimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque recibo al tanque de materias primas o ciclo de transferencia de tanque recibo al tanque de preparación.

**Octavo.** Cuando se apague o desaparezca el círculo negro en el tanque recibo quiere decir que el nivel del tanque está en un nivel permitido, presionamos el botón Ack como se muestra en la **Figura 2-24**.

**Figura 2-24** Resolver alarma de nivel alto tanque recibo



**Noveno.** Para iniciar la transferencia nuevamente presioné el botón de transferencia en la parte inferior o para regresar al menú principal presioné el botón MENÚ. Vea la **Figura 2-25**.

**Figura 2-25** *Regresar al menú principal*

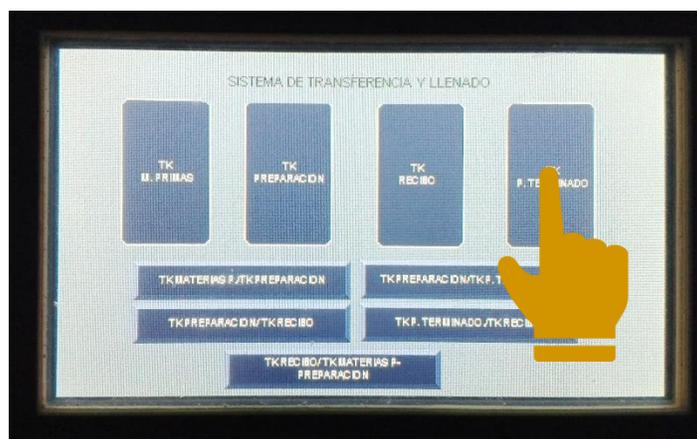


## 2.5. Ciclo transferencia de Tanque producto terminado a Tanque recibo

Para iniciar el ciclo transferencia de Tanque producto terminado a Tanque recibo realice los siguientes pasos:

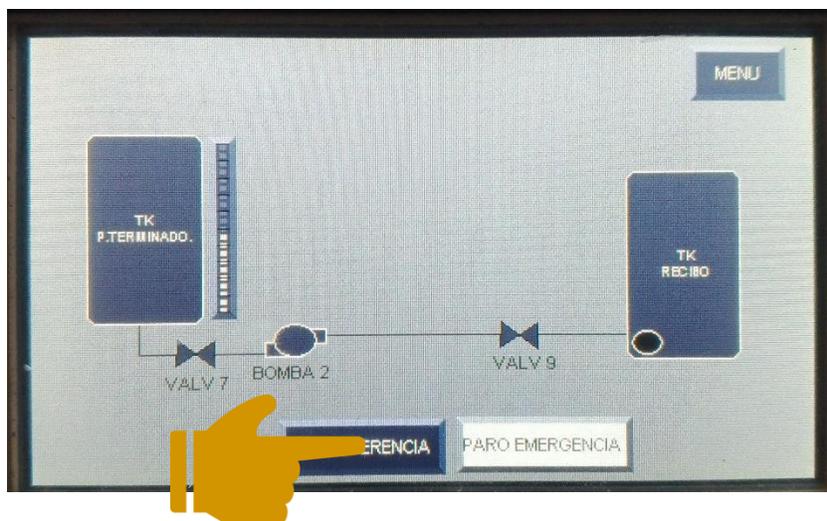
**Primero.** Presioné el cuadro que dice TK P. terminado que se encuentra en la parte derecha del panel como se muestra en la **Figura 2-26**, al presionar cambiara de pantalla.

**Figura 2-26** Selección de tanque de preparación



**Segundo.** En la pantalla siguiente se encuentran una posible secuencia o ciclo, presionamos el botón transferencia que se encuentra en la parte inferior de la pantalla, para iniciar el ciclo de transferencia del tanque de producto terminado al tanque de recibo como se muestra en la **Figura 2-27**. *Nota asegurarse que el tanque de producto terminado tenga líquido.*

**Figura 2-27** Inicio de transferencia al tanque recibo



**Tercero.** Al presionar el botón de transferencia automáticamente se encienden las válvulas físicas con nombre VAL 7 y VAL 9 colocándose en color blanco. Pasados 5 segundos enciende la bomba 2 colocando la figura en color blanco e inicia el ciclo de transferencia del tanque de producto terminado al tanque de recibo.

**Cuarto.** Verificar en el tanque de recibo, este saliendo líquido de la manguera en la parte superior.

- Nota: para detener la transferencia existen dos formas, una automática con el sensor de alto nivel esto sucede cuando el tanque pasa del nivel de trabajo, el sensor esta referenciado con la etiqueta SW-4 en la parte superior del tanque de recibo y de la forma manual con el botón de paro de emergencia.

**Quinto.** Para detener la transferencia al tanque recibo, se dirige al botón de paro de emergencia, asimismo apagando la bomba 2 y las válvulas VAL 7 y VAL 9. Vea la **Figura 2-28**.

**Figura 2-28** Detener transferencia al tanque recibo



**Sexto.** Cuando la transferencia se detenga por el sensor de nivel alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-29**. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función Ack es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón Clear es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón Close es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

Figura 2-29 Alarma de alto nivel en tanque recibo



**Séptimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque recibo al tanque de materias primas o ciclo de transferencia de tanque recibo al tanque de preparación.

**Octavo.** Cuando se apague o desaparezca el círculo negro en el tanque recibo quiere decir que el nivel del tanque está en un nivel permitido, presionamos el botón Ack como se muestra en la **Figura 2-30**.

Figura 2-30 Resolver alarma de nivel alto tanque recibo



**Noveno.** Para iniciar la transferencia nuevamente presioné el botón de transferencia en la parte inferior o para regresar al menú principal presioné el botón MENÚ. Vea la **Figura 2-31**.

**Figura 2-31** *Regresar al menú principal*

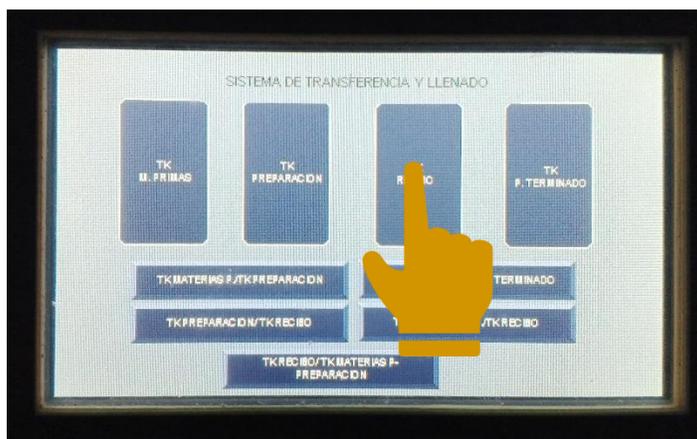


## 2.6. Ciclo transferencia de Tanque recibo a Tanque materia prima

Para iniciar el ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque de producto terminado realice los siguientes pasos:

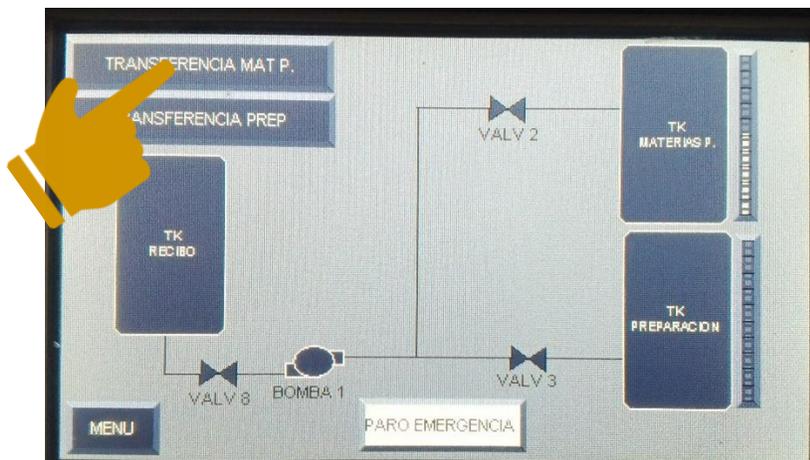
**Primero.** Presioné el botón que dice TK recibo que se encuentra en la parte central del panel como se muestra en la **Figura 2-32**, cambiara de pantalla.

**Figura 2-32** Selección botón de tk recibo



**Segundo.** En la pantalla siguiente se encuentran dos posibles secuencias o ciclos, presionamos el botón transferencia a materia prima que se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla, para iniciar el ciclo de transferencia del tanque recibo al tanque de materia prima como se muestra en la **Figura 2-33**. *Nota asegurarse que el tanque de recibo tenga líquido.*

**Figura 2-33** Inicio de transferencia al tanque de materia prima



**Tercero.** Al presionar el botón de transferencia automáticamente se encienden las válvulas físicas con nombre VAL 8 y VAL 2 colocándose en color blanco. Pasados 5 segundos enciende la bomba 1 colocando la figura en color blanco e inicia el ciclo de transferencia del tanque recibo al tanque de materia prima.

**Cuarto.** Verificar en el tanque de materia prima, este saliendo el líquido de la manguera en la parte superior del tanque.

- Nota: para detener la transferencia existen 4 formas. tres automáticas, una con el sensor de alto nivel, esto sucede cuando el tanque pasa el nivel de trabajo, el sensor esta referenciado con la etiqueta SW-1 en la parte superior del tanque de materia prima, dos con la celda de peso CI-1 que al llegar al 80% de la capacidad del tanque detiene la transferencia, tres con el sensor de nivel bajo del tanque recibo referenciado como SW-5 que no permite arrancar en seco la bomba 1 y de forma manual con el botón de paro de emergencia.

**Quinto.** Para detener la transferencia al tanque de preparación, se dirige al botón de paro de emergencia, asimismo apagando la bomba 1 y las válvulas VAL 8 y VAL 2. Vea la **Figura 2-34**.

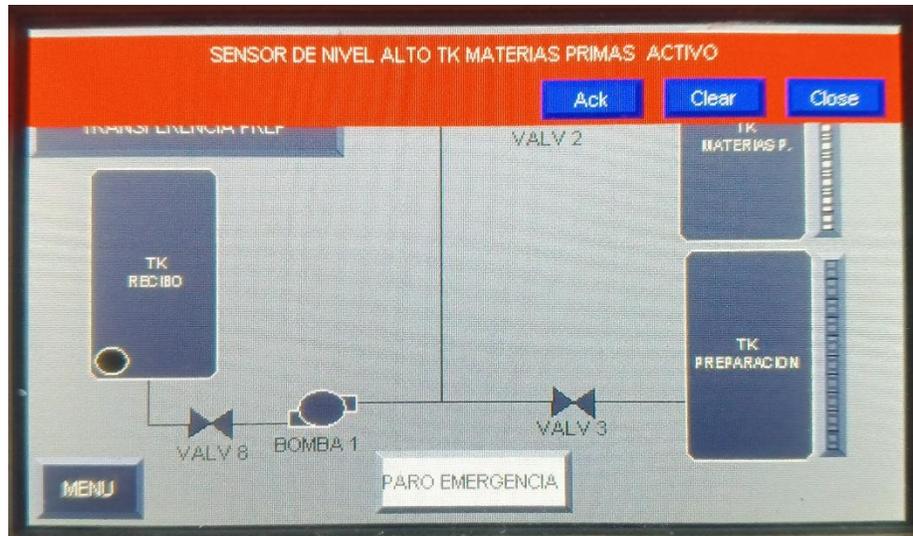
**Figura 2-34** Detener transferencia al tanque de materia prima



**Sexto.** Cuando la transferencia se detenga por el sensor de nivel alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-35**. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función Ack es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón Clear es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón

Close es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

**Figura 2-35** Alarma de alto nivel en tanque de materia prima



**Séptimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque de producto terminado al tanque de recibo.

**Octavo.** Cuando se apague o desaparezca el círculo negro en el tanque de preparación quiere decir que el nivel del tanque está en un nivel permitido, presionamos el botón Ack como se muestra en la **Figura 2-36**.

**Figura 2-36** Resolver alarma de nivel alto tanque de materia prima



**Noveno.** Cuando la transferencia se detenga por peso alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-37** esto sucede cuando el tanque se llena al 80% de su capacidad total. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función **Ack** es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón **Clear** es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón **Close** es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

**Figura 2-37** Alarma por peso alto en celda tanque materia prima



**Décimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque de producto terminado al tanque de recibo.

**Undécimo.** Cuando baje el nivel del tanque de producto terminado se podrá presionar el botón Ack para resolver la alarma como se muestra en la **Figura 2-38**.

**Figura 2-38** Resolver alarma de alto peso tanque de materia prima



**Duodécimo.** La transferencia se detendrá por nivel bajo del tanque recibo, cuando el sensor SW-5 pase a su estado 0, quiere decir que no hay líquido en el tanque. Para resolver se debe llenar el tanque de manera externa o transferir del tanque de preparación o tanque de producto terminado.

**Decimotercero.** Para iniciar la transferencia nuevamente presioné el botón de transferencia en la parte inferior o para regresar al menú principal presioné el botón MENÚ. Vea la **Figura 2-39**.

**Figura 2-39** Regresar al menú principal

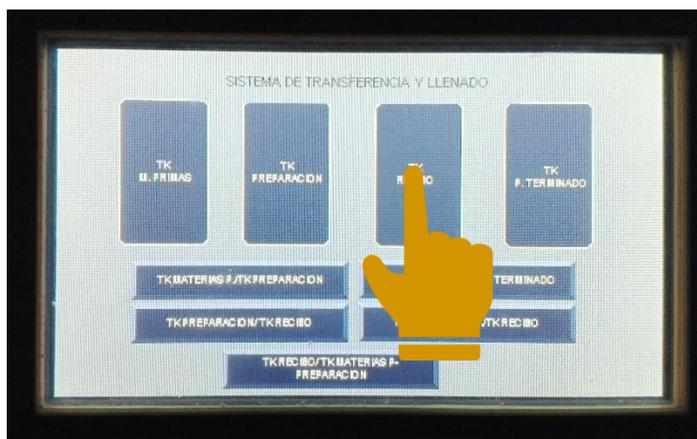


## 2.7. Ciclo transferencia de Tanque recibo a Tanque de preparación

Para iniciar el ciclo transferencia de Tanque preparación a Tanque de producto terminado realice los siguientes pasos:

**Primero.** Presioné el botón que dice TK recibo que se encuentra en la parte central del panel como se muestra en la **Figura 2-40**, cambiara de pantalla.

**Figura 2-40** Selección botón de tk recibo



**Segundo.** En la pantalla siguiente se encuentran dos posibles secuencias o ciclos, presionamos el botón transferencia preparación que se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla, para iniciar el ciclo de transferencia del tanque recibo al tanque de materia prima como se muestra en la **Figura 2-41**. *Nota asegurarse que el tanque de recibo tenga líquido.*

**Figura 2-41** Inicio de transferencia al tanque de materia prima



**Tercero.** Al presionar el botón de transferencia automáticamente se encienden las válvulas físicas con nombre VAL 8 y VAL 3 colocándose en color blanco. Pasados 5 segundos enciende la bomba 1 colocando la figura en color blanco e inicia el ciclo de transferencia del tanque recibo al tanque de preparación.

**Cuarto.** Verificar en el tanque de preparación, este saliendo el líquido de la manguera en la parte superior del tanque.

- Nota: para detener la transferencia existen 3 formas. dos automáticas, una con el sensor de alto nivel, esto sucede cuando el tanque pasa el nivel de trabajo, el sensor esta referenciado con la etiqueta SW-2 en la parte superior del tanque de preparación, dos con el sensor de nivel bajo del tanque recibo referenciado como SW-5 que no permite arrancar en seco la bomba 1 y de forma manual con el botón de paro de emergencia.

**Quinto.** Para detener la transferencia al tanque de preparación, se dirige al botón de paro de emergencia, asimismo apagando la bomba 1 y las válvulas VAL 8 y VAL 3. Vea la **Figura 2-42**.

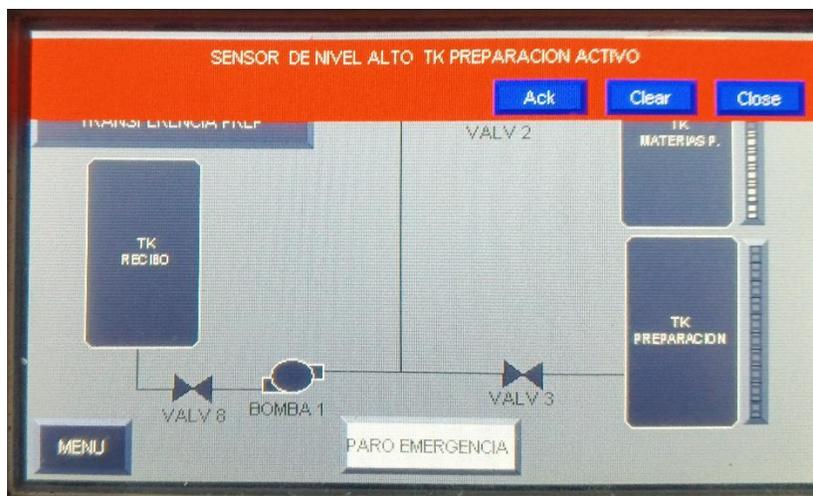
**Figura 2-42** Detener transferencia al tanque de materia prima



**Sexto.** Cuando la transferencia se detenga por el sensor de nivel alto se mostrará una alarma de color rojo en la parte superior de la pantalla como se muestra en la **Figura 2-43**. Donde tendremos tres botones Ack, Clear y Close. Cada botón tiene una función Ack es para resolver la alarma y poder seguir transfiriendo, se presiona cuando se haya resuelto el fallo es decir se bajó el nivel del tanque, el botón Clear es limpiar todas las alarmas y se presiona cuando se tenga una alarma diferente a la pantalla ubicada, el botón

Close es cerrar alarma, esto cierra el aviso, pero la alarma se mantiene activa no permitiendo la transferencia.

**Figura 2-43** Alarma de alto nivel en tanque preparación



**Séptimo.** Para resolver la falla podemos sacar el agua con un recipiente externo o iniciando el ciclo de transferencia de tanque de preparación al tanque de recibo o tanque de preparación al tanque de producto terminado.

**Octavo.** Cuando se apague o desaparezca el círculo negro en el tanque de preparación quiere decir que el nivel del tanque está en un nivel permitido, presionamos el botón Ack como se muestra en la **Figura 2-44**.

**Figura 2-44** Resolver alarma de nivel alto tanque de preparación



**Noveno.** La transferencia se detendrá por nivel bajo del tanque recibo, cuando el sensor SW-5 pase a su estado 0, quiere decir que no hay líquido en el tanque. Para resolver se debe llenar el tanque de manera externa o transferir del tanque de preparación o tanque de producto terminado.

**Décimo.** Para iniciar la transferencia nuevamente presioné el botón de transferencia en la parte inferior o para regresar al menú principal presioné el botón MENÚ. Vea la **Figura 2-45**.

**Figura 2-45** Regresar al menú principal

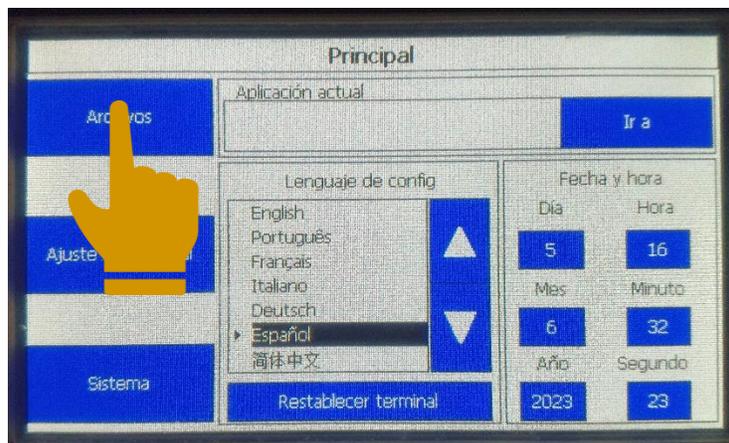


### 3. Ejecutar programa desde la BIOS en el panel de visualización

Al encender el panel de visualización puede que al arrancar inicie en la BIOS, esta sección le mostrará como ejecutar el programa de transferencias mediante la BIOS de la PanelView siga los pasos a continuación:

**Primero.** Al encender el equipo en la pantalla de visualización tendremos esta pantalla como se muestra en la **Figura 3-1**, vamos a la parte superior izquierda se encuentra un botón con el nombre ARCHIVO presioné el botón Archivos.

**Figura 3-1** Menú principal BIOS



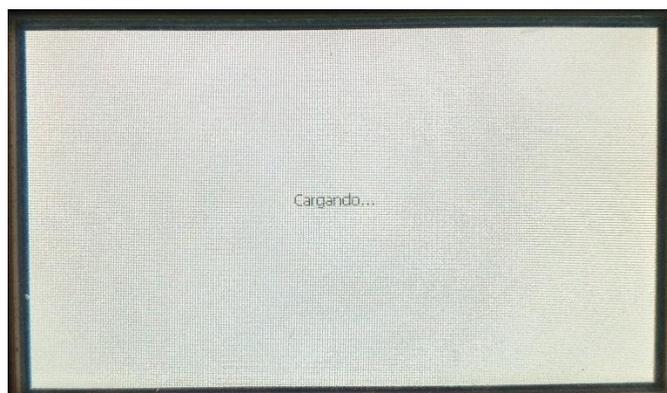
**Segundo.** Al presionar archivos se cambiará de pantalla, en la nueva pantalla nos dirigimos al botón **Ejecutar** que se encuentra en la parte derecha inferior de la pantalla como se muestra en la **Figura 3-2**.

**Figura 3-2** Menú de archivos del panel



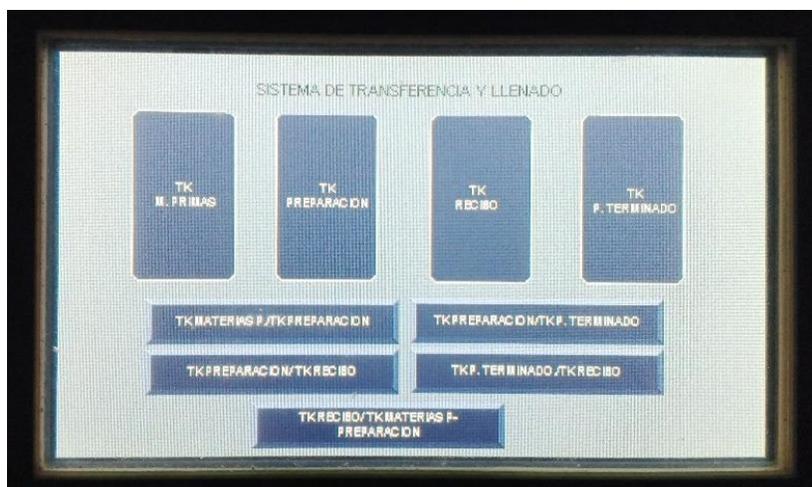
**Tercero.** Después de presionar ejecutar iniciara el programa guardado en el panel debe esperar un momento que cargue el sistema como se muestra en la **Figura 3-3**, que hace referente al sistema de transferencia y llenado.

**Figura 3-3** Cargando el sistema de transferencia



**Cuarto.** Pasado el tiempo se mostrará el menú principal del sistema de transferencia y llenado (ver **Figura 3-4**) lo cual puede ya desarrollar sus actividades diríjase en este manual al título *Ciclos de transferencias entre tanques*.

**Figura 3-4** Menú Principal





**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE BANCO PROTOTIPO DE UNA PLANTA  
INDUSTRIAL PARA LA FORMULACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS  
LÍQUIDOS**

**PLAN DE MANTENIMIENTO**

**Aldo Babilonia Herrera**

20441928366

**Jair Rafael Vergara Ramírez**

20441913025

Universidad Antonio Nariño  
Programa Ingeniería Electrónica  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica  
Cartagena, Colombia

2023

El presente documento describe los pasos a seguir para realizar mantenimiento preventivo a la planta prototipo para la formulación de agroquímicos líquidos.

Este plan de mantenimiento está basado en las recomendaciones recopiladas del manual de los equipos suministrados por el proveedor .Cuya periodicidad recomienda sea anual e incluye las siguientes actividades :

**Desmante de bombas centrífugas:** Retire la voluta de la bomba usando un destornillador de estría 5/8 ,posterior a esto realice limpieza del impeler ,verificando la eliminación de solidos del interior de la bomba, posterior a esto instale la tapa de la bomba aplicando previamente eliminador de empaque para evitar ingreso de aire al sistema y asi evitar la cavitación en la bomba.

**Mantenimiento de electroválvulas :**La parte eléctrica de éstas son libre de mantenimiento sin embargo anualmente realice limpieza del alojamiento del vástago para evitar la acumulación de polvo , ya que esto genera que el campo magnético necesario para la apertura de la electroválvula sea lo suficientemente fuerte. En cuanto a la parte mecánica (cuerpo de la electroválvula) se recomienda realizar remoción de solidos acumulados en la succión para evitar futura obstrucciones .

**Mantenimiento sensores tipo flotador:** Estos elementos no requieren de ninguna intervención sin embargo para garantizar el correcto funcionamiento de estos se recomienda realizar prueba de lazo de estos con la ayuda de un multímetro o pinza amperimétrica para medir continuidad al momento se presentarse una activación voluntaria.

**Mantenimiento tuberías de proceso:** Estos elementos están hechos de plástico flexible que a altas temperaturas se cristalizan ,por ello se recomienda realizar cambio cada 12 meses de

los tramos que visualmente presenten porosidad o rupturas, este paso es vital para el correcto funcionamiento de la planta prototipo ya que se debe garantizar la hermeticidad en todas las conexiones hidráulicas del sistema.

**Mantenimiento tanques de almacenamiento:** se debe realizar limpieza del interior de este elemento para evitar la acumulación de verdín en el interior del tanque ya que este puede generar taponamiento de la descarga de los tanques ,adicionalmente se recomienda realizar aplicaciones de hipoclorito al agua de proceso para evitar la descomposición de la misma .

**Mantenimiento tablero eléctrico:** Se recomienda realizar limpieza general del interior de este elemento, realizar aplicación de limpiador electrónico y realizar ajuste de conexiones eléctricas. Esto se debe hacer cada 6 meses, si la frecuencia de uso es alta se recomienda ajustar la periodicidad a un rango menor e ir ajustando gradualmente con forme a los resultados .

**Mantenimiento infraestructura general:** Para mantener la integridad de este elemento se recomienda realizar aplicación de pintura epoxica cada 12 meses ,garantizar la visibilidad de las marquillas de proceso y evitar Isar la planta prototipo sin previamente asegura las 4 patas de la estructura con sus respectivos pasadores de seguridad.