



**Actualización y automatización con supervisión remota de un módulo para la
mezcla de líquidos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control
de las UTS empleando un PLC S7 1200 de Siemens**

Modalidad: Práctica Empresarial

Daniel Altamar Almendrales

1042210826

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías

Ingeniería Electromecánica

Bucaramanga, febrero 13 de 2026



Actualización y automatización con supervisión remota de un módulo para la
mezcla de líquidos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control
de las UTS empleando un PLC S7 1200 de Siemens

Modalidad: Práctica Empresarial

Daniel Altamar Almendrales
1042210826

Informe de práctica para optar al título de
Ingeniero Electromecánico

DIRECTOR
Carlos Andrés Angulo Julio

Grupo de Investigación en Sistemas de Energía, Automatización y Control – GISEAC

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga, febrero 13 de 2026

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado, en modalidad Práctica Empresarial, fue APROBADO en cumplimiento de uno de los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander para optar el Título de Ingeniero Electromecánico, según acta No. 02 del 16 de febrero de 2026 del Comité de Trabajo de Grado

Carlos A. Angulo J.

Firma del Evaluador

Carlos A. Angulo J.

Firma del director

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, quienes, con su apoyo incondicional, amor y motivación constante que me han brindado la fortaleza necesaria para alcanzar todas las metas que me he propuesto. En especial, a mi madre, por ser mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia. Asimismo, a todas las personas que siempre creyeron en mí y me impulsaron a seguir adelante en los momentos de mayor dificultad.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) por brindarme la oportunidad de realizar mi formación profesional y la realización de la práctica en el Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control, espacio fundamental para mi desarrollo académico y profesional llevándome por el camino de la excelencia.

A mi director, Ing. Carlos Andrés Angulo Julio, por su orientación, conocimientos y acompañamiento en el desarrollo de este proyecto.

A los docentes del programa de Ingeniería Electromecánica, quienes con su dedicación y enseñanza contribuyeron a mi formación.

Finalmente, agradezco a mis compañeros y amigos por el apoyo brindado, y a todas las personas que, de una u otra manera, hicieron posible la culminación de este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>11</u>
<u>1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD</u>	<u>12</u>
<u>2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>13</u>
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	13
2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA	13
2.3 OBJETIVOS	14
2.3.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2.4 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	15
<u>3 MARCO TEÓRICO.....</u>	<u>16</u>
3.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	16
3.2 SUPERVISIÓN REMOTA	16
3.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)	16
3.4 BOMBAS HIDRÁULICAS	17
3.5 SENSORES DE NIVEL	17
3.6 ELECTROVÁLVULAS	17
3.7 VÁLVULA ANTIRRETORNO	17
3.8 HTML	17
3.9 GRAFCET	18
3.10 PLC S7 1200	18
<u>4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA</u>	<u>19</u>
4.1 ESTADO INICIAL DEL MÓDULO DE MEZCLADO DE LÍQUIDOS	19
4.1.1 DESCRIPCIÓN	19
4.1.2 COMPONENTES	20
4.1.3 FASE DE PRUEBAS PARA COMPROBAR EL ESTADO DE LOS COMPONENTES:	20
4.2 DISEÑO PROPUESTO PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL MODULO	21
4.2.1 DISEÑO FÍSICO PROPUESTO DEL MODULO	22
4.2.2 DISEÑO ELÉCTRICO	23

5	RESULTADOS.....	24
5.1	ACTUALIZACIÓN DEL MÓDULO DE LLENADO MEZCLADO LÍQUIDOS	24
5.1.1	PARTE ELÉCTRICA	24
5.2	PROGRAMACIÓN DE TIA PORTAL PARA EL CONTROL REMOTO DEL MÓDULO	26
5.2.1	LADDER BLOQUE MAIN.....	28
5.2.2	SECUENCIA SIMPLE	33
5.2.3	SECUENCIA 1	37
5.2.4	SECUENCIA 2.....	42
5.2.5	SECUENCIA 3.....	46
5.2.6	LADDER SALIDAS	50
5.2.7	LADDER Y GRAFCET DE EMERGENCIA.....	55
5.2.8	PROGRAMACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA INTERFAZ VÍA WEB SERVER.....	58
5.2.9	INSTRUCTIVO PARA LA CREACIÓN DE UNA INTERFAZ PARA MONITORIZAR Y CONTROLAR PROCESOS MEDIANTE WEB SERVER.	59
6	CONCLUSIONES.....	60
7	RECOMENDACIONES	61
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estado inicial del módulo.	20
Figura 2. Planos del diseño propuesto.....	22
Figura 3. Diseño panel eléctrico.....	23
Figura 4. Tablero eléctrico del módulo de mezclado líquidos.	25
Figura 5. Módulo de mezclado de líquidos ya dispuesto para funcionamiento.	25
Figura 6. Disposición de los bloques en el TIA portal.	28
Figura 7. GRAFCET DE INICIO O PARADA.	28
Figura 8. Cubo de programación del web server.	29
Figura 9. Etapa de habilitación de la secuencia simple.	29
Figura 10. Canal de habilitación de la secuencia 1.....	30
Figura 11. Canal de habilitación de la secuencia 2 y 3.	31
Figura 12. Etapa de Inicio.	32
Figura 13. Bloque de Salidas y Emergencia.	33
Figura 14. Arranque y parada de la secuencia.	34
Figura 15. Transfiere al mismo tiempo liquido de los dos tanques al tanque 1..	35
Figura 16. temporizador secuencia simple.	36
Figura 17. Descarga del tanque 1 y fin de secuencia.	36
Figura 18. GRAFCET Secuencia 1.....	37
Figura 19. Variables declaradas dentro de la función	38
Figura 20. Arranque de secuencia llenado	39
Figura 21. Etapa 12 y 13.....	40
Figura 22. Vaciado del Tanque de mezclado y final de ciclo.	41
Figura 23. Temporizadores SEC1.....	41
Figura 24. GRAFCET secuencia 2.....	42
Figura 25. Inicialización de la secuencia.....	43
Figura 26. Proceso de llenado del tanque 1.	44
Figura 27. Temporizadores de la secuencia 2.	44
Figura 28. Etapa Final.....	45
Figura 29. GRAFCET echo para la Secuencia 3.	46

Figura 30. Etapa 30.	47
Figura 31. Etapa 31 y 32.....	47
Figura 32. Etapa 33 y 34.....	48
Figura 33. Etapa 35 y 36.....	48
Figura 34. Etapa 37 y 38.....	49
Figura 35. Contador.	49
Figura 36. Temporizadores.....	50
Figura 37. Activación de ciclo activo.	50
Figura 38. Acción de activación de bomba 2 y resistencia.	51
Figura 39. Activación bomba 3.	51
Figura 40. Activación Bomba 3.	52
Figura 41. Motor agitador.....	53
Figura 42. Activación válvula 2.	53
Figura 43. Válvula 3.....	54
Figura 44. Señales de alarma.	54
Figura 45. Acciones de la etapa 400.....	55
Figura 46. Estado de Emergencia.....	55
Figura 47. Habilitación de las etapas 400 y 401.	56
Figura 48. Etapa 402.	57
Figura 49. Etapa 403.	57
Figura 50. Etapa 404.	57
Figura 51. Interfaz hecha con programación HTML.....	58
Figura 52. Guía de implementación y monitorio por medio del web server.	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de componentes.....	20
Tabla 2. Presupuesto inicial.....	22
Tabla 3. Variables del programa de TIA portal (PLC tags).	26

INTRODUCCIÓN

La práctica laboral constituye una etapa sustancial en la formación profesional, ya que permite integrar los conocimientos adquiridos en el aula con la experiencia real en entornos académicos e industriales. En el caso del programa de Ingeniería Electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), estas prácticas representan una oportunidad para que el estudiante desarrolle competencias técnicas, investigativas y de innovación aplicadas a la solución de problemas reales.

El presente informe describe el proceso de actualización y automatización con supervisión remota de un módulo para la mezcla de líquidos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control, empleando un PLC S7-1200 de Siemens. Este proyecto surge como respuesta a la necesidad de modernizar equipos de laboratorio que, debido al desgaste y la obsolescencia de algunos componentes, habían visto limitada su funcionalidad y seguridad.

La implementación de un sistema de control y monitoreo remoto no solo fortalece la infraestructura académica de la institución, sino que también promueve en los estudiantes la adquisición de competencias alineadas con las demandas actuales de la industria 4.0, tales como el control distribuido, la supervisión de procesos a distancia y la integración de tecnologías de automatización.

Este documento presenta el desarrollo de las actividades realizadas durante la práctica, abarcando desde el análisis del estado inicial del módulo hasta su integración, validación y puesta en marcha. Asimismo, se incluyen las reflexiones personales, aprendizajes adquiridos y el impacto académico alcanzado a través de esta experiencia.

1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD

Las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) es una institución de educación superior en la que se ofrecen programas con titulación de tecnólogo y profesional en áreas de las ciencias naturales como las ingenierías y de las ciencias humanas como administración. La misión de la institución consiste en formar profesionales que contribuyan con el desarrollo y progreso de nuestro país.

Las Unidades Tecnológicas de Santander cuenta con aliados estratégicos a nivel nacional e internacional, lo que le permite a su cuerpo estudiantil la oportunidad de intercambiar conocimientos en otras instituciones fuera del país.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En el Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control de las Unidades Tecnológicas de Santander se desarrollan prácticas académicas que permiten a los estudiantes de Ingeniería Electromecánica aplicar conceptos de control de procesos industriales, trabajando con variables como temperatura, nivel, presión y caudal. Para este fin, el laboratorio cuenta con un módulo para la mezcla de líquidos diseñado inicialmente para prácticas básicas de control local. Sin embargo, algunos de sus componentes presentan desgaste y obsolescencia, lo que limita su confiabilidad y seguridad operativa.

Además, el sistema carece de funciones de control y monitoreo remoto, restringiendo la posibilidad de implementar prácticas orientadas al control distribuido y la supervisión de procesos a distancia, competencias cada vez más demandadas en el sector industrial. Esta limitación disminuye la aplicabilidad académica del módulo y reduce su capacidad para simular escenarios industriales modernos, afectando el desarrollo de habilidades en automatización avanzada, análisis de datos y gestión de alarmas.

Las causas principales de esta problemática se asocian a la falta de actualización tecnológica, la inexistencia de un sistema de supervisión remoto y la ausencia de integración con controladores programables.

Por lo anterior, surge la pregunta que orienta este trabajo: ¿Cómo mejorar la funcionalidad, seguridad y aplicabilidad académica del módulo para la mezcla de líquidos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control?

2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA

La práctica laboral es un escenario formativo que busca fortalecer las competencias profesionales de los estudiantes a través de la aplicación de conocimientos en situaciones reales. En este sentido, el desarrollo de la presente práctica se justifica en la necesidad de modernizar y optimizar el módulo de mezcla

de líquidos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control de las UTS, un recurso didáctico esencial para la formación en Ingeniería Electromecánica.

Este equipo presentaba limitaciones derivadas del desuso, sumando con la falta de integración con tecnologías modernas de supervisión y control remoto. Dichas condiciones limitaban su aplicabilidad académica, dificultando la simulación de escenarios industriales modernos y reduciendo la oportunidad de que los estudiantes adquirieran habilidades en áreas como automatización avanzada, comunicación industrial y gestión de procesos en tiempo real.

La implementación de un sistema de control con el PLC Vision350 y la integración de una interfaz de monitoreo remoto permite no solo extender la vida útil y la seguridad operativa del módulo, sino también alinear las prácticas académicas con las exigencias de la Industria 4.0, en donde la digitalización, la supervisión a distancia y la conectividad de procesos representan factores determinantes.

De esta manera, la práctica contribuye al fortalecimiento de las capacidades del laboratorio, fomenta la innovación en el entorno académico y garantiza que los estudiantes cuenten con herramientas actualizadas para enfrentar los desafíos tecnológicos y productivos del sector industrial.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Actualizar el módulo para la mezcla de líquidos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control de las Unidades Tecnológicas de Santander mediante la integración de un sistema de control y monitoreo remoto empleando un controlador S7 1200 de la marca Siemens con el fin de mejorar su funcionalidad, seguridad y aplicabilidad académica.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Programar y configurar el controlador S7 1200 de Siemens, estableciendo la lógica de control, gestión de alarmas y protocolos de comunicación para la supervisión remota del módulo.

- Diseñar y desarrollar la interfaz de monitoreo y visualización de datos en tiempo real, integrando parámetros de operación, alarmas y registros históricos para el análisis del proceso.
- Validar y evaluar el funcionamiento del sistema actualizado mediante pruebas operativas y prácticas académicas, comprobando su funcionalidad, confiabilidad y seguridad en condiciones de uso real.
- Elaborar y estructurar un manual de prácticas de laboratorio que oriente a los estudiantes en el uso del módulo de mezcla de líquidos, promoviendo el aprendizaje de técnicas de control y supervisión remota.

2.4 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) son una institución pública de educación superior cuya misión es formar profesionales con un alto sentido ético, pensamiento crítico y actitud emprendedora. Desde su fundación, la institución se ha enfocado en la formación del talento humano requerido en distintas áreas del conocimiento para contribuir al desarrollo tecnológico, económico y social del país (UTS, s.f.).

En el área de Ingeniería Electromecánica, las UTS han desarrollado y fortalecido laboratorios especializados en automatización, control de procesos, instrumentación y accionamientos eléctricos, con el objetivo de que los estudiantes adquieran competencias prácticas que les permitan enfrentar los retos de la industria moderna. Dentro de estos recursos académicos, el Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control cuenta con módulos experimentales que intentan reproducir condiciones de operación en entornos industriales, facilitando el aprendizaje aplicado.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Se refiere al uso de sistemas de control (hardware y software) para operar equipos y procesos industriales con la mínima intervención humana, además de mejorar la eficiencia, precisión, seguridad y constancia en la producción. Trata temas como el control en lazo abierto y cerrado, retroalimentación, sensores, actuadores, integración de comunicación industrial, interfaces hombre-máquina (HMI) y supervisión remota (SCADA u otros) (Pere & Granollers).

3.2 SUPERVISIÓN REMOTA

Es una herramienta que permite monitorear y controlar procesos industriales desde una ubicación diferente al sitio donde se encuentra la máquina o el sistema. Su principal ventaja es que facilita la visualización en tiempo real de variables críticas como presión, nivel, caudal o estado de actuadores, permitiendo diagnósticos oportunos y una operación más segura.

En los sistemas industriales modernos, la supervisión remota se integra con PLC, protocolos de comunicación y plataformas web que permiten acceder al sistema desde computadoras, HMI o incluso celulares. Gracias a esto, el operador puede tomar decisiones más rápidas y reducir tiempos de parada.

3.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)

Los PLC son dispositivos electrónicos diseñados para automatizar equipos y procesos industriales. Funcionan mediante una lógica programada por el usuario, generalmente en lenguajes como Ladder. Estos dispositivos reciben señales de entrada de sensores, pulsadores para procesar la información y ejecutar acciones sobre salidas como motores, electroválvulas o relés. En este proyecto, el PLC cumple el papel de cerebro del sistema, controlando el estado de las bombas, electroválvulas y los actuadores involucrados en la operación (W, 2015).

3.4 BOMBAS HIDRÁULICAS

Son máquinas que transforman energía eléctrica en energía cinética. Su función principal es desplazar fluidos desde un punto a otro, venciendo diferencias de altura o pérdidas por fricción. En presente proyecto las bombas cumplen un papel muy importante para llevar el fluido al tanque superior (Sisto, 2018).

3.5 SENSORES DE NIVEL

Estos permiten detectar la cantidad de fluido presente en un recipiente. Existen varios tipos de sensores de nivel, como ejemplos están ultrasónicos, de flotador, capacitivos o de presión hidrostática. Su respuesta se utiliza dentro del PLC para ejecutar acciones como activar o desactivar bombas, abrir válvulas o generar alarmas de sobrellenado o bajo nivel. Para este proyecto se incorporó los del tipo flotador que envían una señal de corriente cuando el líquido hace flotar la pieza y cierra el circuito.

3.6 ELECTROVÁLVULAS

Son dispositivos que permiten abrir o cerrar el paso de un líquido mediante una señal eléctrica. Están formadas por una bobina solenoide con el fin de mover una pieza que restringe el líquido y dejarlo fluir. Son muy usadas en sistemas de transporte de fluidos debido a su acción rápida, bajo consumo y facilidad de integración con PLC. En el sistema del proyecto, las electroválvulas permiten dirigir el líquido hacia los tanques inferiores.

3.7 VÁLVULA ANTIRRETORNO

Una válvula cheque es un dispositivo mecánico que permite el paso del fluido en un solo sentido, evitando el flujo inverso.

3.8 HTML

HTML (*HyperText Markup Language*) es un lenguaje para la creación de páginas web. Permite estructurar textos, imágenes, botones, formularios y otros elementos que se muestran en el navegador.

Su uso dentro de proyectos de automatización es cada vez más común, ya que permite crear interfaces web para monitoreo y control. En este proyecto, HTML se utiliza para construir una página que muestre indicadores de estado, botones de mando y visualización del encendido de los actuadores del sistema (World Wide Web Consortium (W3C), 2023).

3.9 GRAFCET

GRAFCET (*Graphe Fonctionnel de Commande Étape-Transition*) es una herramienta gráfica utilizada para modelar sistemas secuenciales en automatización. Este método facilita la representación de ciclos automáticos, ya que divide el proceso en etapas claramente definidas y condiciones que permiten avanzar entre ellas. En este proyecto, GRAFCET permite establecer la lógica secuencial para el control de bombas, electroválvulas y tiempos de operación, garantizando una ejecución ordenada y segura (International Electrotechnical Commission , 2013)

3.10 PLC S7 1200

Los PLC S7-1200 son un grupo de controladores lógicos programables desarrollados por Siemens, diseñados para automatizar procesos con alta precisión y confiabilidad, tiene una arquitectura compacta y su programación se hace con el TIA portal, lo que facilita la configuración, programación y diagnóstico del sistema. Para este proyecto se escogió este controlador porque el mismo TIA portal ofrece una facilidad en el uso del servidor como medio de monitorio y control (Siemens AG, 2022).

4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

4.1 ESTADO INICIAL DEL MÓDULO DE MEZCLADO DE LÍQUIDOS

4.1.1 Descripción

El módulo está conformado por dos tanques (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El primero se encuentra en la parte inferior, al lado derecho tomando como referencia la vista frontal del panel de conexiones. Este tanque dispone de un sensor de nivel, una llave de desagüe y dos orificios de entrada/salida de líquidos.

El segundo tanque está ubicado en la parte superior, sobre el panel de conexiones, y cuenta con dos orificios de entrada conectados a dos válvulas, un motor mezclador, tres sensores de nivel, una llave de desagüe y un orificio de salida de líquido, el cual está acoplado a una válvula y a una bomba que deposita el fluido hacia el tanque inferior.

Adicionalmente, desde el tanque inferior parte una tubería conectada a una bomba que distribuye el líquido hacia dos válvulas, las cuales a su vez alimentan los dos orificios de entrada del tanque superior.

Figura 1. Estado inicial del módulo.



Nota. Foto tomada en el laboratorio el 30/09/2025.

4.1.2 Componentes

Tabla 1.
Lista de componentes

Componente	Cantidad	Descripción
Electrobomba	2	SP-WEM50 127V/60Hz, 50 W 22L/MIN, Hmax: 1.2m
Electroválvula	3	Water Inlet Valve AC110-120V 50/60Hz
Motor (agitador)	1	QMM-18E 115V 60Hz 1A 18/70W, 1600r/min
Llave plástica de desagüe	2	
Estructura metálica	1	
Tanque de acrílico	2	
Panel de conexiones	2	

Fuente: Autor

4.1.3 Fase de pruebas para comprobar el estado de los componentes:

Como etapa inicial, se desarrolló un programa de prueba básico con el objetivo de verificar el funcionamiento de los elementos del módulo, entre ellos las dos bombas, las electroválvulas, el motor mezclador de líquido y los sensores de nivel.

Durante pruebas se comprobó que las bombas operan correctamente, aunque presentan una capacidad de llenado lenta, probablemente causada por el estrangulamiento de las válvulas y la altura que tiene que subir el líquido. El tanque superior requiere un tiempo considerable para completar el nivel, lo cual resulta poco eficiente para las actividades de laboratorio, especialmente cuando el módulo debe ser utilizado de forma continua por varios estudiantes.

Las electroválvulas y los sensores de nivel mostraron un desempeño adecuado, respondiendo de manera estable a las señales del programa de prueba.

Respecto al agitador, aunque enciende, se evidenció un desbalance mecánico que genera un giro irregular y vibraciones.

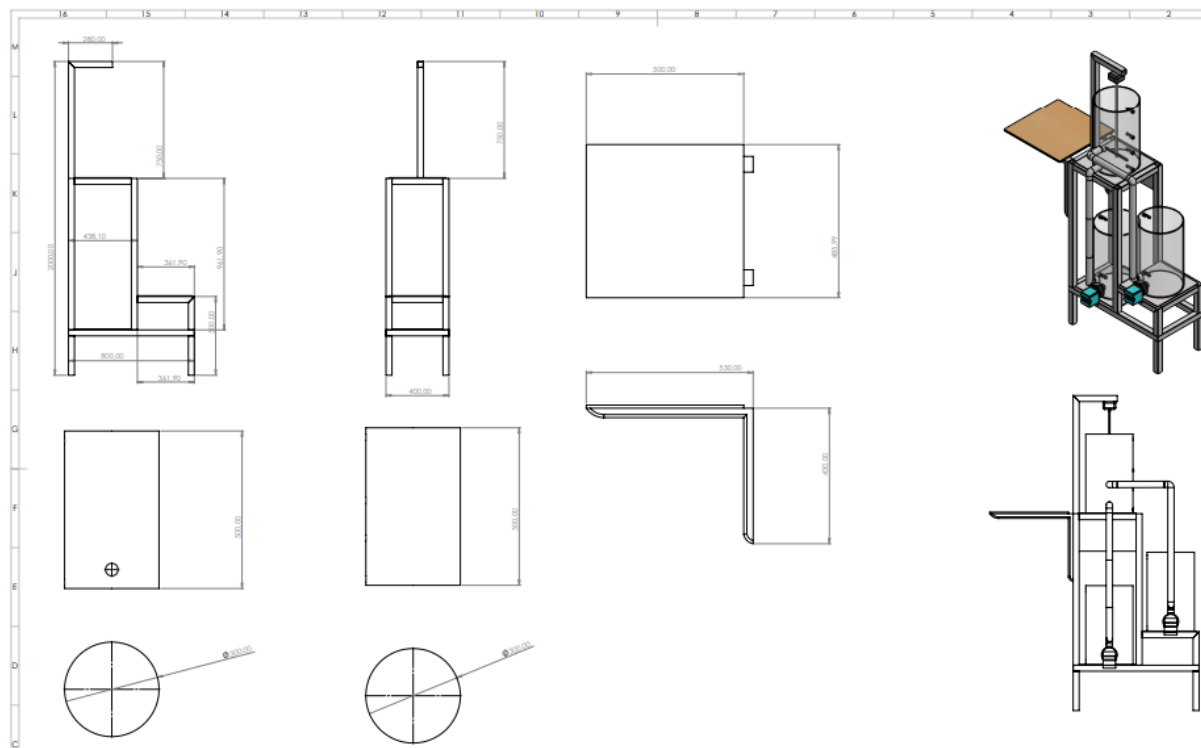
Finalmente, tras llenar los dos tanques, se identificaron fugas de líquido en la zona de los desagües, específicamente en las uniones con silicona de las válvulas plásticas.

4.2 DISEÑO PROPUESTO PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL MODULO

Para la adecuación del módulo de mezclado líquidos se propuso el siguiente diseño mejorando su cableado, su tablero de conexiones y adicionando un nuevo tanque.

4.2.1 Diseño físico propuesto del modulo

Figura 2. Planos del diseño propuesto.



En el diseño se adicionó una base abatible para el posicionamiento de los módulos portables del laboratorio como el que tiene un PLC Logo y el que posee un PLC V350 de Visilogic.

Las bombas llevan el líquido directamente al tanque superior, al tanque adicional se le planea colocar dos sensores de nivel y que las electroválvulas sean las que vacíen el tanque superior hacia los 2 inferiores. Para lo que se presupuesta inicialmente:

Tabla 2.
Presupuesto inicial.

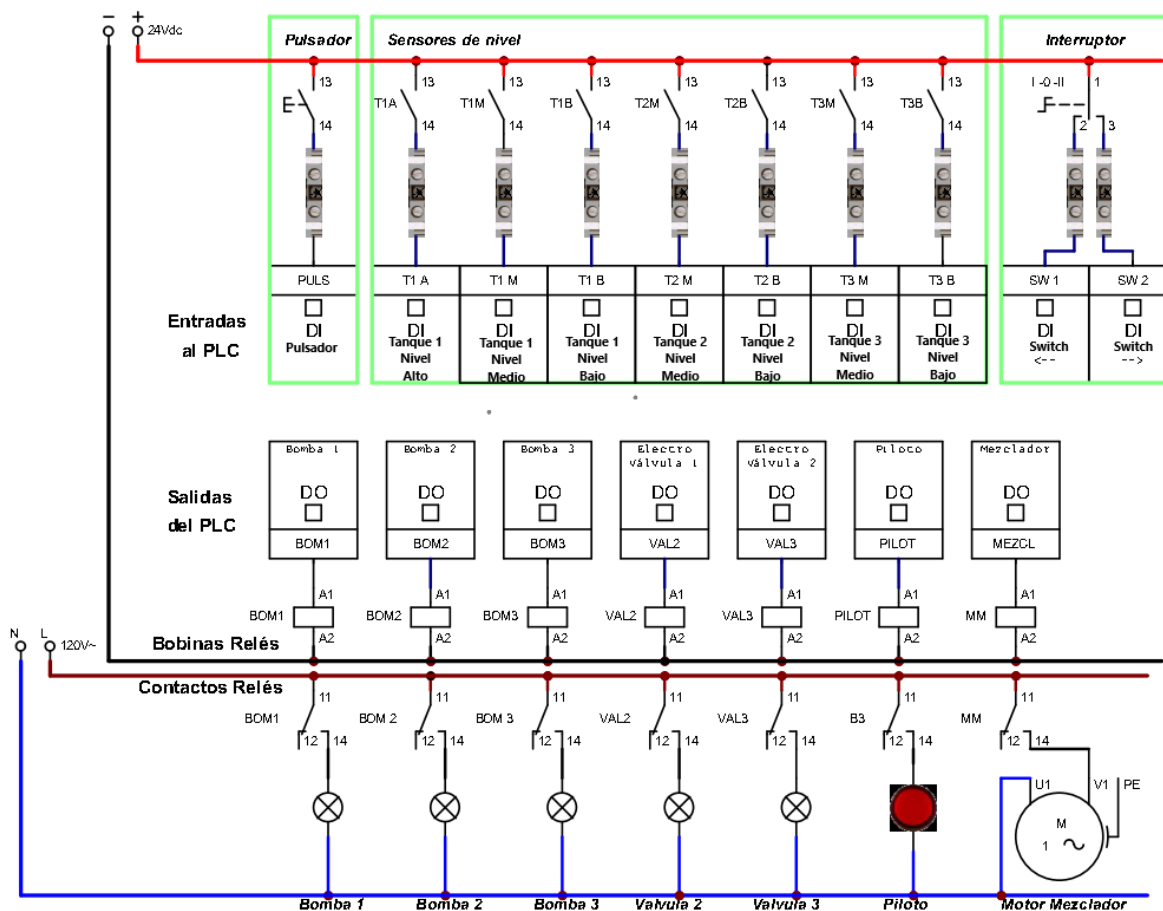
Ítem	Cantidad	Costo Aproximado (COP)
Electroválvulas plásticas	2	\$40,000 c/u
Sensor de nivel tipo flotador	4	\$15,000 c/u
Manguera y tubería PVC	1 lote	\$45,000
Cableado y conectores	1 lote	\$20,000

Ítem	Cantidad	Costo Aproximado (COP)
Tanque en acrílico	1	\$400.000
Base de soporte para módulos	1	\$50.000
Varios	1	\$50.000
Total		\$665.000

Fuente: Autor

4.2.2 Diseño eléctrico

Figura 3. Diseño panel eléctrico.



Nota. Diseño hecho en CADe_SIMU por el autor.

5 RESULTADOS

5.1 ACTUALIZACIÓN DEL MÓDULO DE LLENADO MEZCLADO LÍQUIDOS

Se actualizó el módulo de mezclado de líquidos adicionándole un tercer tanque, nuevos sensores de nivel plásticos, un tablero eléctrico de conexiones en acrílico, bornera y relés. También se cambió la tubería transparente por tubos blancos de PVC, agregando un tapón con el fin de cebar las 2 bombas, incorporando adaptadores macho y hembra junto con abrazaderas para la prevención de fuga de líquidos se incorporaron cheques para evitar que el líquido se devuelva, se compraron nuevas electroválvulas con el fin de mejorar la velocidad de vaciado del tanque superior.

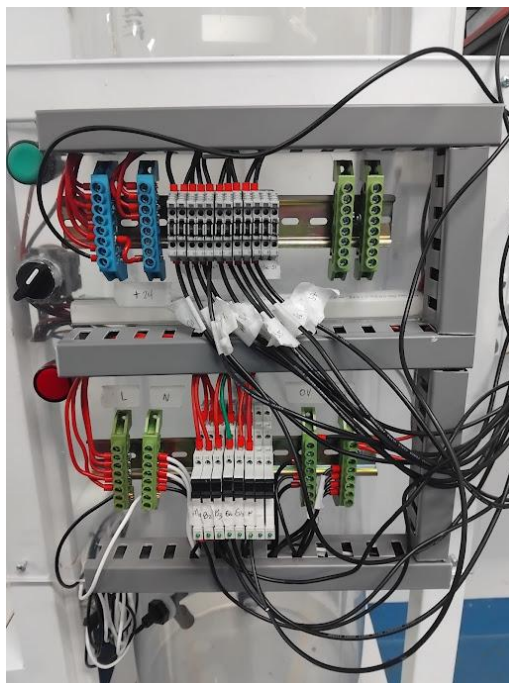
5.1.1 Parte eléctrica

Para garantizar la comodidad del usuario se adicionó una alimentación directa al módulo mediante un cable de poder, para alimentar a los componentes que funcionan a AC y usando como referencia el PLC V350 que tiene salidas de transistor a 24 VDC se le adicionaron relés para poder accionar los actuadores del sistema que funcionan a 110 V_{AC}.

En el tablero de conexión se puede evidenciar la presencia de una perilla selectora, un piloto a 24Vdc y un pulsador para el control del sistema, el uso de borneras fue esencial para poder organizar la alimentación, tanto de la parte que funciona a 24 Vdc como la que funciona a 110 Vac.

Para la conexión con los PLC se conectaron a los terminales del tablero cables con un plug tipo banana macho para conectar al tipo hembra presente en los módulos de los PLC.

Figura 4. Tablero eléctrico del módulo de mezclado líquidos.



Nota. Foto tomada por el autor el 4/12/2025.

Figura 5. Módulo de mezclado de líquidos ya dispuesto para funcionamiento.



Nota. Foto tomada en el laboratorio el 2/12/2025.

5.2 PROGRAMACIÓN DE TIA PORTAL PARA EL CONTROL REMOTO DEL MÓDULO

Se realizó un programa implementando la guía GEMMA en TIA Portal con 4 secuencias de mezclado de líquido con las siguientes variables:

Tabla 3.

Variables del programa de TIA portal (PLC tags).

Variable	Tipo	Dirección	comentario
System_Byte	Byte	%MB1	
FirstScan Bool	Bool	%M1.0	
DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	
AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	
AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	
START	Bool	%I0.0	Botón Inicio del ciclo
STOP	Bool	%I1.0	Parar Secuencia
Sensor 7 LB_T1	Bool	%I0.7	Nivel bajo tanque 1
Sensor 6 LA_T1	Bool	%I0.6	Nivel alto tanque 1
Sensor 5 LB_T2	Bool	%I0.5	Nivel bajo tanque 2
Sensor 4 LA_T2	Bool	%I0.4	Nivel alto tanque 2
Sensor 3 LB_T3	Bool	%I0.3	Nivel bajo tanque 3
Sensor 2 LM_T3	Bool	%I0.2	Nivel medio tanque 3
Sensor 1 LA_T3	Bool	%I0.1	Nivel alto tanque 3
Bomba 2	Bool	%Q0.1	Bomba 2 (T2→T1)
Bomba 3	Bool	%Q0.2	Bomba 3 (T3→T1)
Bomba 1	Bool	%Q0.5	Bomba 1 (T1→T2yT3)
Motor Mezclador	Bool	%Q0.6	Agitador del tanque 1
EVAL 3	Bool	%Q0.4	Descarga al tanque 3
Indicador de Ciclo Activo	Bool	%Q0.0	Luz verde de proceso en curso
E00	Bool	%M0.0	Etapas 00
Memoria 1	Bool	%M0.1	
Memoria 2	Bool	%M0.2	
Memoria 3	Bool	%M0.4	
Secuencia Simple	Bool	%M0.5	
Secuencia 1	Bool	%M0.6	
Secuencia 2	Bool	%M0.7	
Secuencia 3	Bool	%M2.0	
P.E	Bool	%I1.2	
EVAL 2	Bool	%Q0.3	Descarga al tanque 2
Resistencia	Bool	%Q0.5	Calentador
MS_1A	Bool	%M2.3	Etapas de habilitación de la secuencia 1
MS_2A	Bool	%M2.4	Etapas de habilitación de la secuencia 2
MS_3A	Bool	%M2.5	Etapas de habilitación de la secuencia 3
MS_4A	Bool	%M2.6	Etapas de habilitación de la secuencia simple
STARTWEB	Bool	%M2.7	Variable en el interfaz web
STOPWEB	Bool	%M3.0	Variable en el interfaz web
RESET	Bool	%I1.1	Variable en el interfaz web
RESETWEB	Bool	%M3.1	Variable en el interfaz web
E10	Bool	%M7.0	Etapas 10
E11	Bool	%M7.1	Etapas 11
E12	Bool	%M7.2	Etapas 12
E13	Bool	%M7.3	Etapas 13
E14	Bool	%M7.4	Etapas 14
E15	Bool	%M7.5	Etapas 15
E16	Bool	%M7.6	Etapas 16
E17	Bool	%M7.7	Etapas 17
E18	Bool	%M8.0	Etapas 18

Variable	Tipo	Dirección	comentario
E19	Bool	%M8.1	Etapa 19
E20	Bool	%M5.5	Etapa 20
E21	Bool	%M5.6	Etapa 21
E22	Bool	%M5.7	Etapa 22
E23	Bool	%M6.0	Etapa 23
E24	Bool	%M6.1	Etapa 24
E25	Bool	%M6.2	Etapa 25
E26	Bool	%M6.3	Etapa 26
E27	Bool	%M6.4	Etapa 27
E28	Bool	%M6.5	Etapa 28
E29	Bool	%M6.6	Etapa 29
E30	Bool	%M3.2	Etapa 30
E31	Bool	%M3.4	Etapa 31
E32	Bool	%M3.5	Etapa 32
E33	Bool	%M3.6	Etapa 33
E34	Bool	%M3.7	Etapa 34
E35	Bool	%M4.0	Etapa 35
E36	Bool	%M4.2	Etapa 36
E37	Bool	%M4.3	Etapa 37
E38	Bool	%M4.4	Etapa 38
E400	Bool	%M5.2	Etapa 400
E401	Bool	%M5.3	Etapa 401
E402	Bool	%M3.3	Etapa 402
E403	Bool	%M4.1	Etapa 403
E404	Bool	%M5.4	Etapa 404
NOH	bool	%M4.5	Los tanques 2 y 3 están vacíos
PERDI	bool	%M4.6	PERDIDA DE MEZCLA
P.E.WEB	Bool	%M4.7	Parada de Emergencia WEB

Fuente: Elaborada por el Autor con base en lo establecido en el programa de TIA portal V17.

El programa elaborado posee 7 bloques de programación Ladder uno de tipo organización, que es el bloque principal (Main [OB 1]), 4 del tipo bloque de función (, Secuencia_mezclado_simple [FB 1], Secuencia_1 [FB 4], Secuencia_2 [FB 3], Secuencia_3 [FB 2]), y dos de tipo función (SALIDAS_SEC_3 [FC 1] y Emergencia [FC 2]). Esto se hizo con el fin darle una buena organización al programa y permitir que se deshabiliten las otras secuencias mientras está funcionando una secuencia de mezclado.

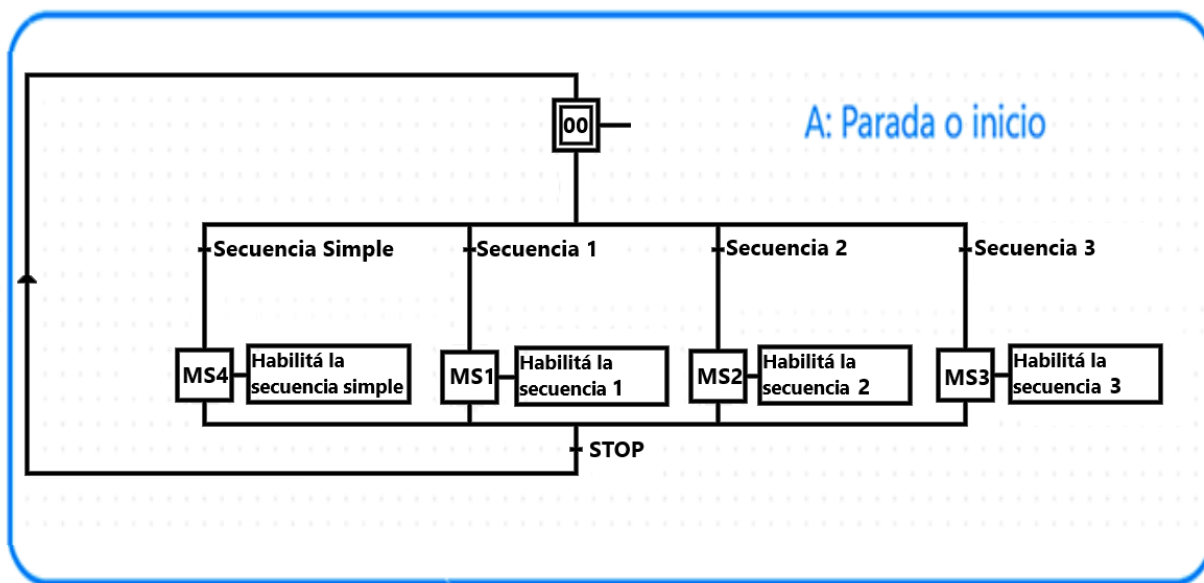
Figura 6. Disposición de los bloques en el TIA portal.



Nota. Pantallazo tomado del TIA portal.

5.2.1 Ladder bloque Main

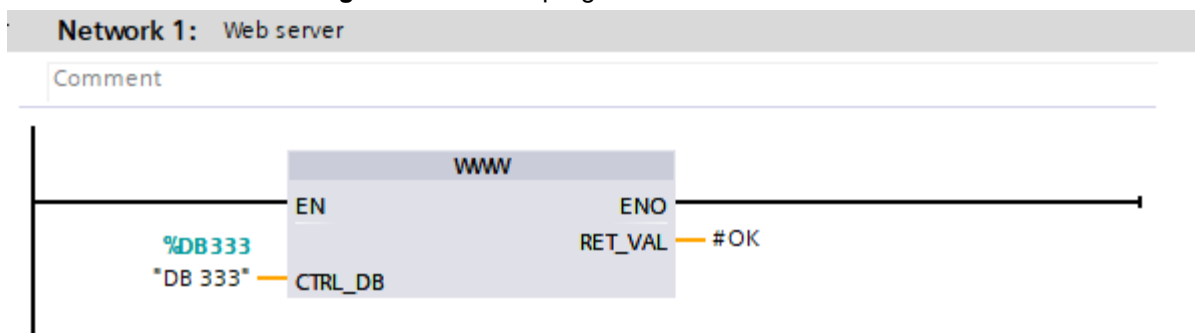
Figura 7. GRAFCET DE INICIO O PARADA.



Fuente. Autor

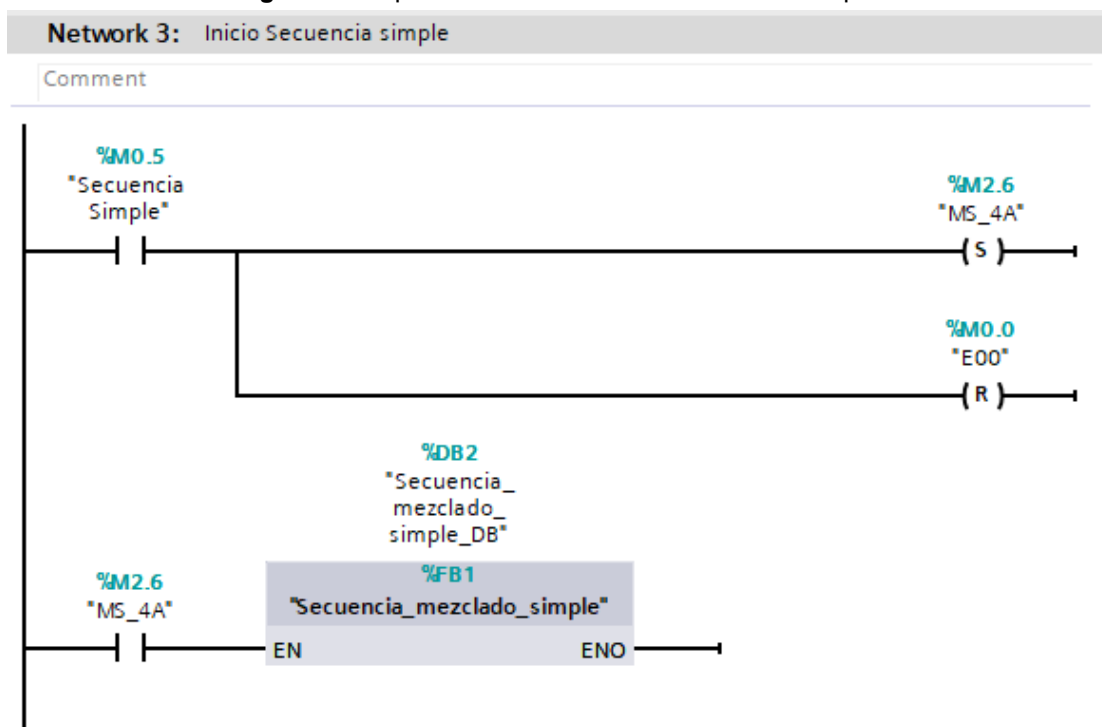
Se puede apreciar en las siguientes imágenes la programación Ladder utilizada en el bloque Main que en base a la guía GEMMA vendría siendo el bloque inicio o parada como se ve en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, cuenta con la caja correspondiente al uso del web server y la activación de las 4 secuencias.

Figura 8. Cubo de programación del web server.



Nota. Pantallazo tomado por el Autor.

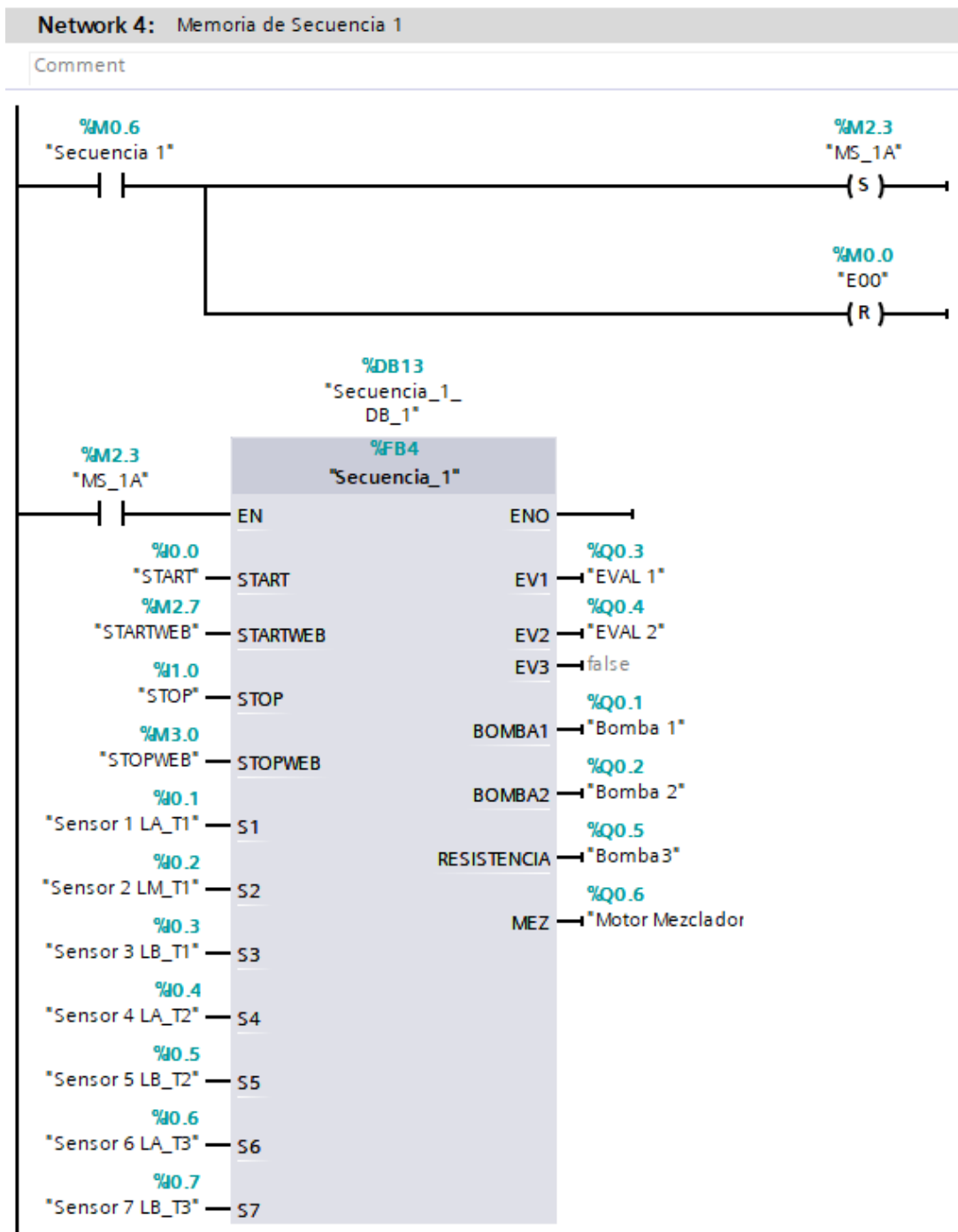
Figura 9. Etapa de habilitación de la secuencia simple.



Nota. Pantallazo tomado por el Autor.

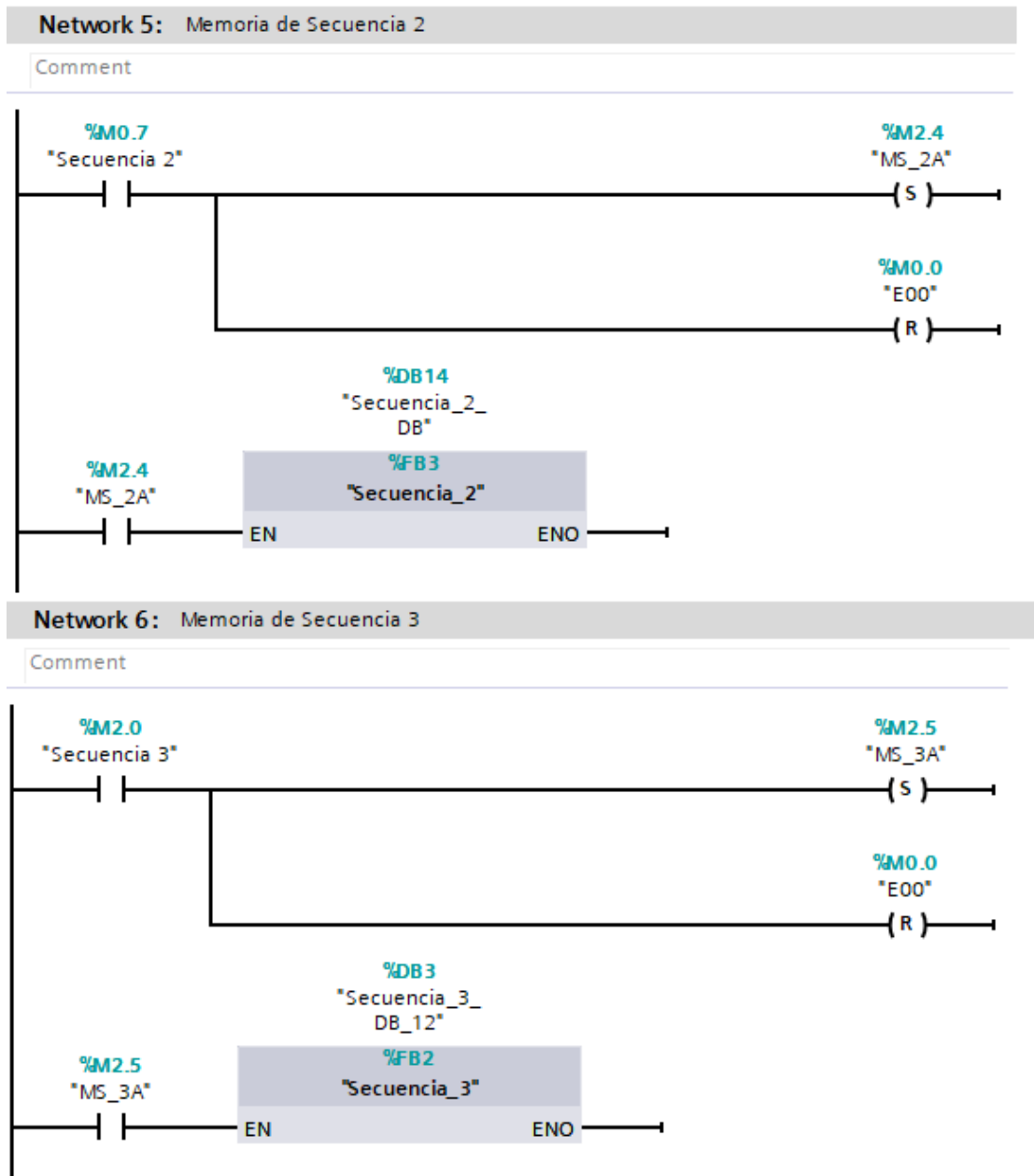
Como se puede observar en las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Por medio de la interfaz web no es posible presionar simultáneamente dos botones de secuencia. Por lo tanto, al habilitar una secuencia, de acuerdo con la lógica programada mediante GRAFCET, el sistema permanece en dicha etapa. Para activar una nueva secuencia, es necesario presionar el botón **STOP**, con el fin de retornar a la etapa inicial y luego seleccionar la secuencia deseada.

Figura 10. Canal de habilitación de la secuencia 1.



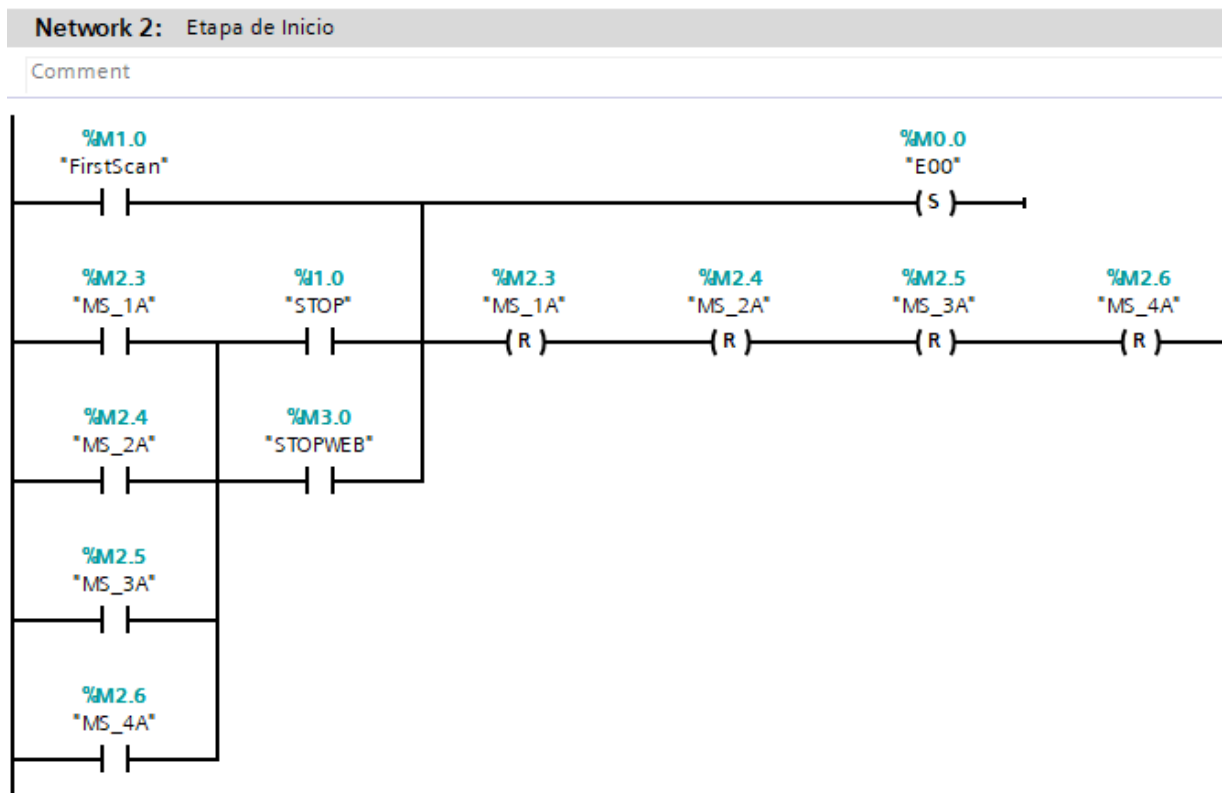
Nota. Pantallazo tomado por el Autor.

Figura 11. Canal de habilitación de la secuencia 2 y 3.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

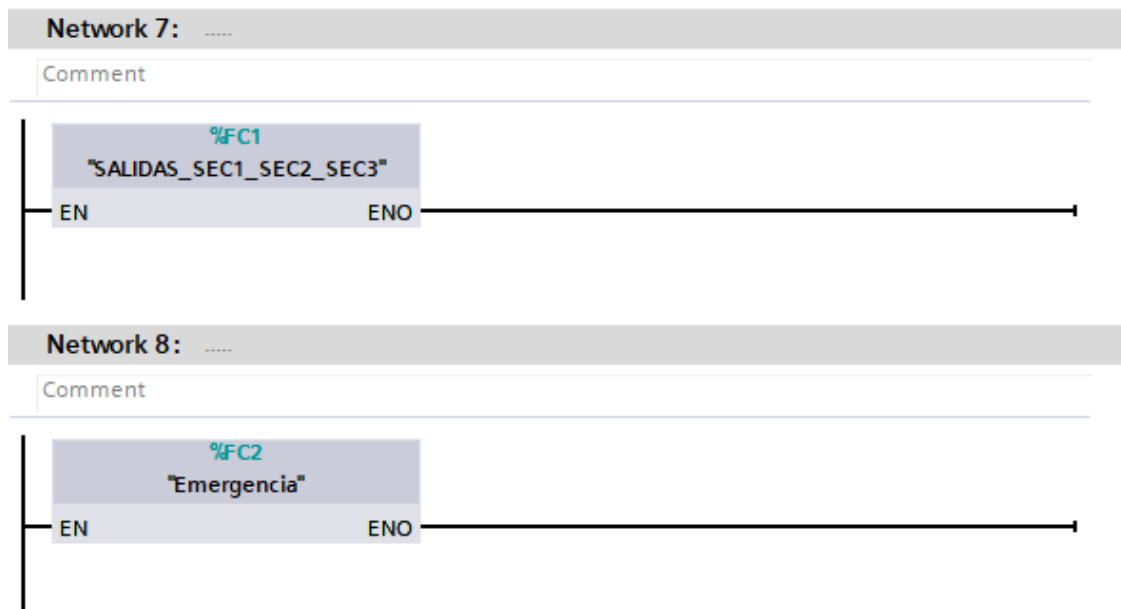
Figura 12. Etapa de Inicio.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Se agregó una marca interna (MF) para gestionar el *First Scan*, ya que al encender el PLC las secuencias aún no se encuentran habilitadas. Esto implica que las etapas iniciales no se activan durante el primer ciclo de escaneo. Posteriormente a seleccionar una secuencia, la marca MF se coloca en estado **SET**, permitiendo la activación de la primera etapa de la secuencia elegida.

Figura 13. Bloque de Salidas y Emergencia.

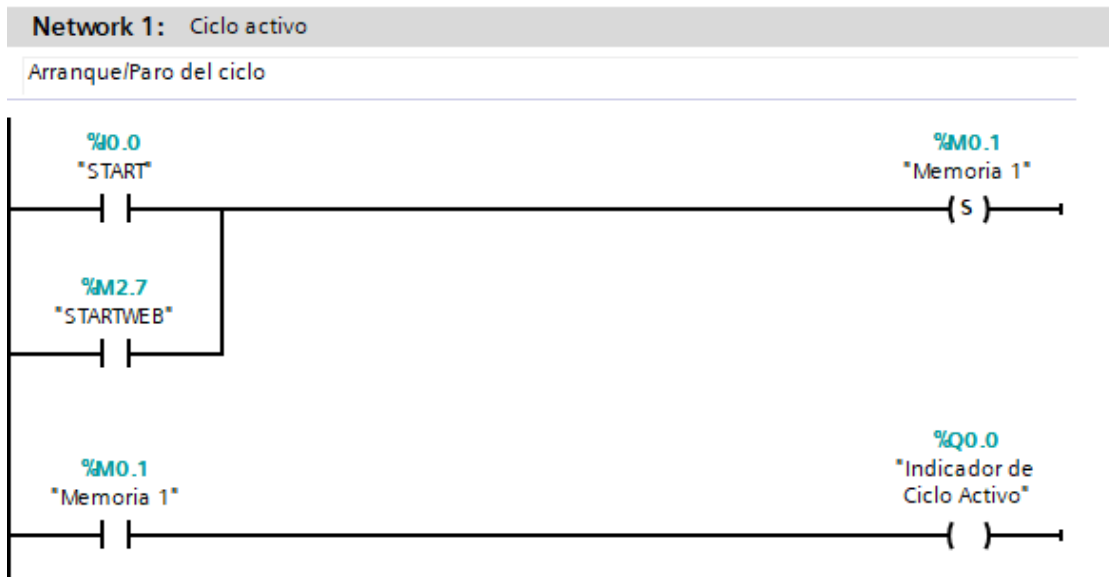


Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

5.2.2 Secuencia simple

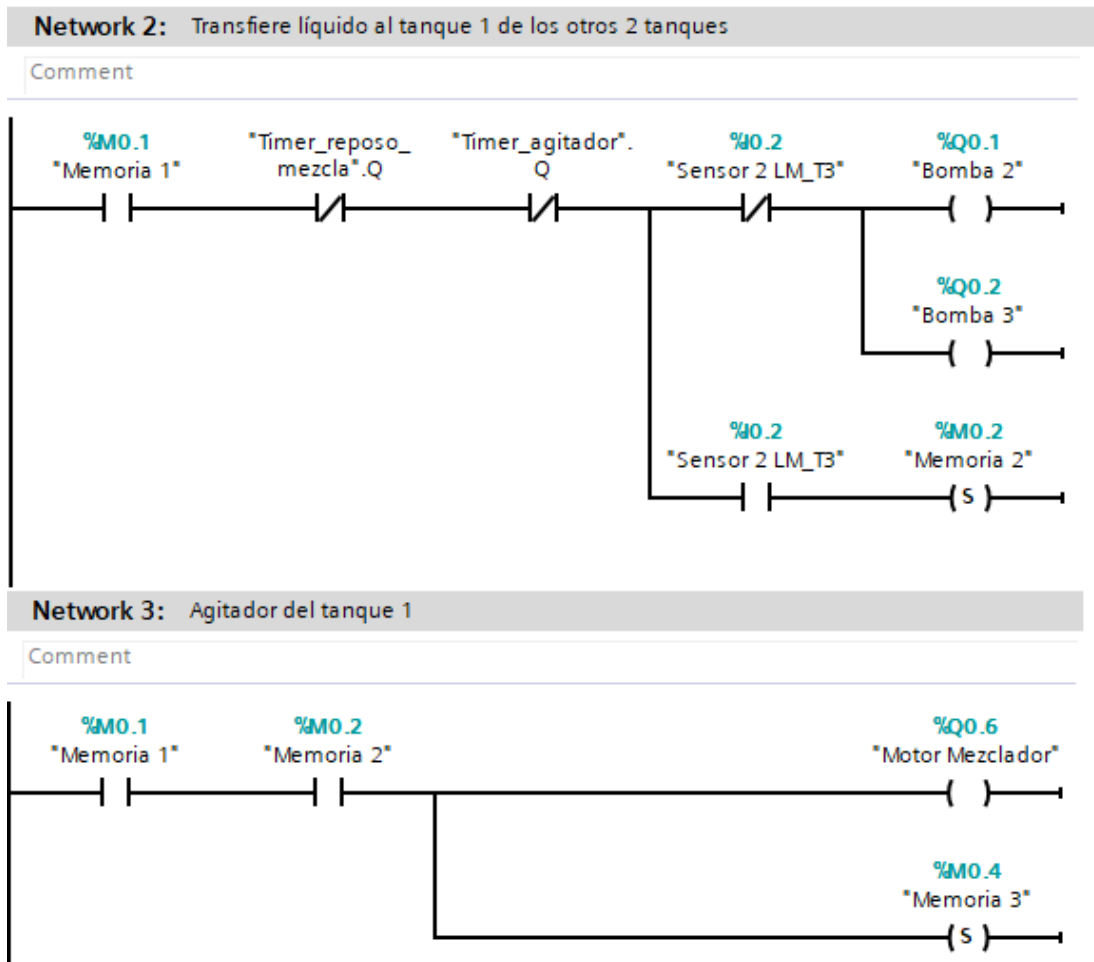
En esta secuencia, se realiza el vaciado simultáneo de los dos tanques inferiores. Cuando el tanque superior alcanza el 50 % de su nivel, se activa el motor mezclador. Una vez transcurrido el tiempo de mezcla establecido, el sistema procede al vaciado del Tanque 1 mediante la apertura de las electroválvulas 1 y 2. Para finalizar después de un tiempo definido se realiza la comprobación de que los dos tanques inferiores se volvieron a llenar y se finaliza la secuencia.

Figura 14. Arranque y parada de la secuencia.



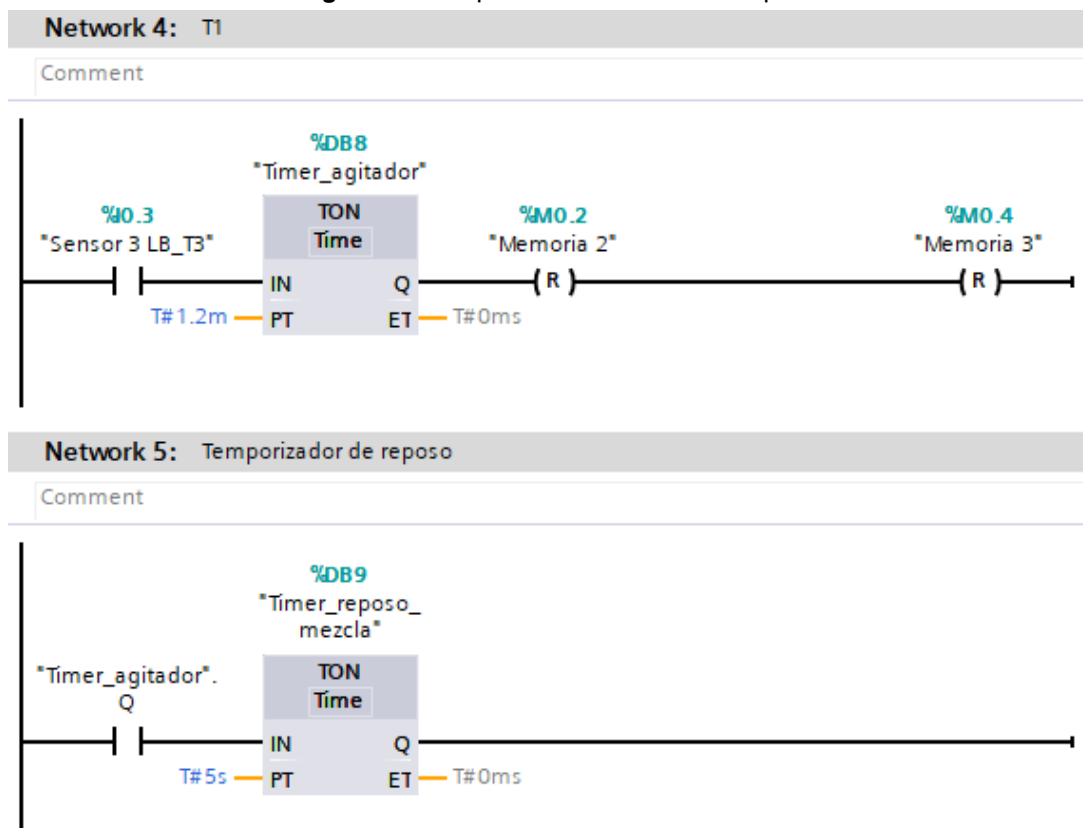
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 15. Transfiere al mismo tiempo liquido de los dos tanques al tanque 1.



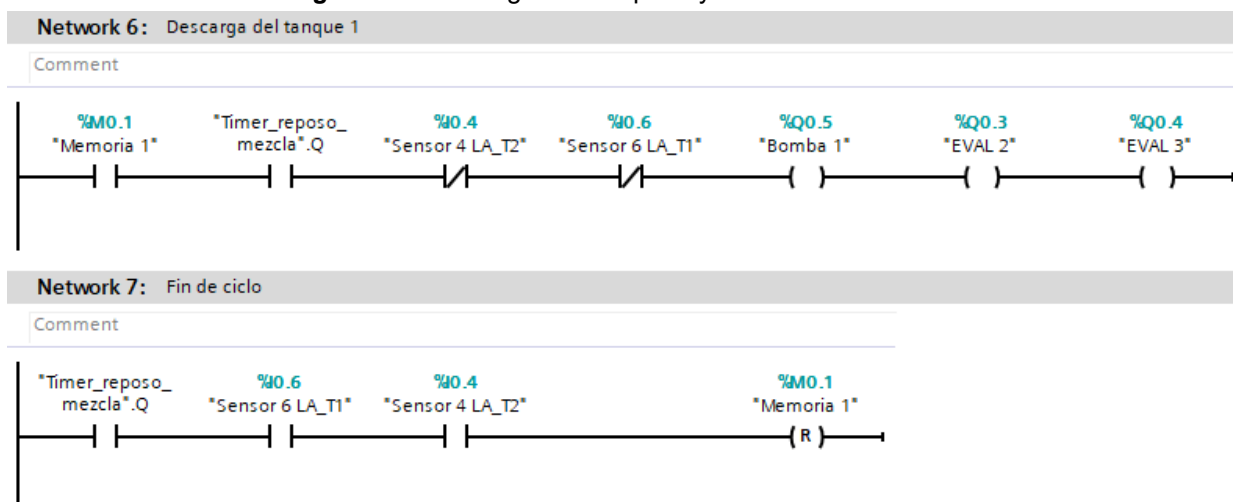
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 16. temporizador secuencia simple.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

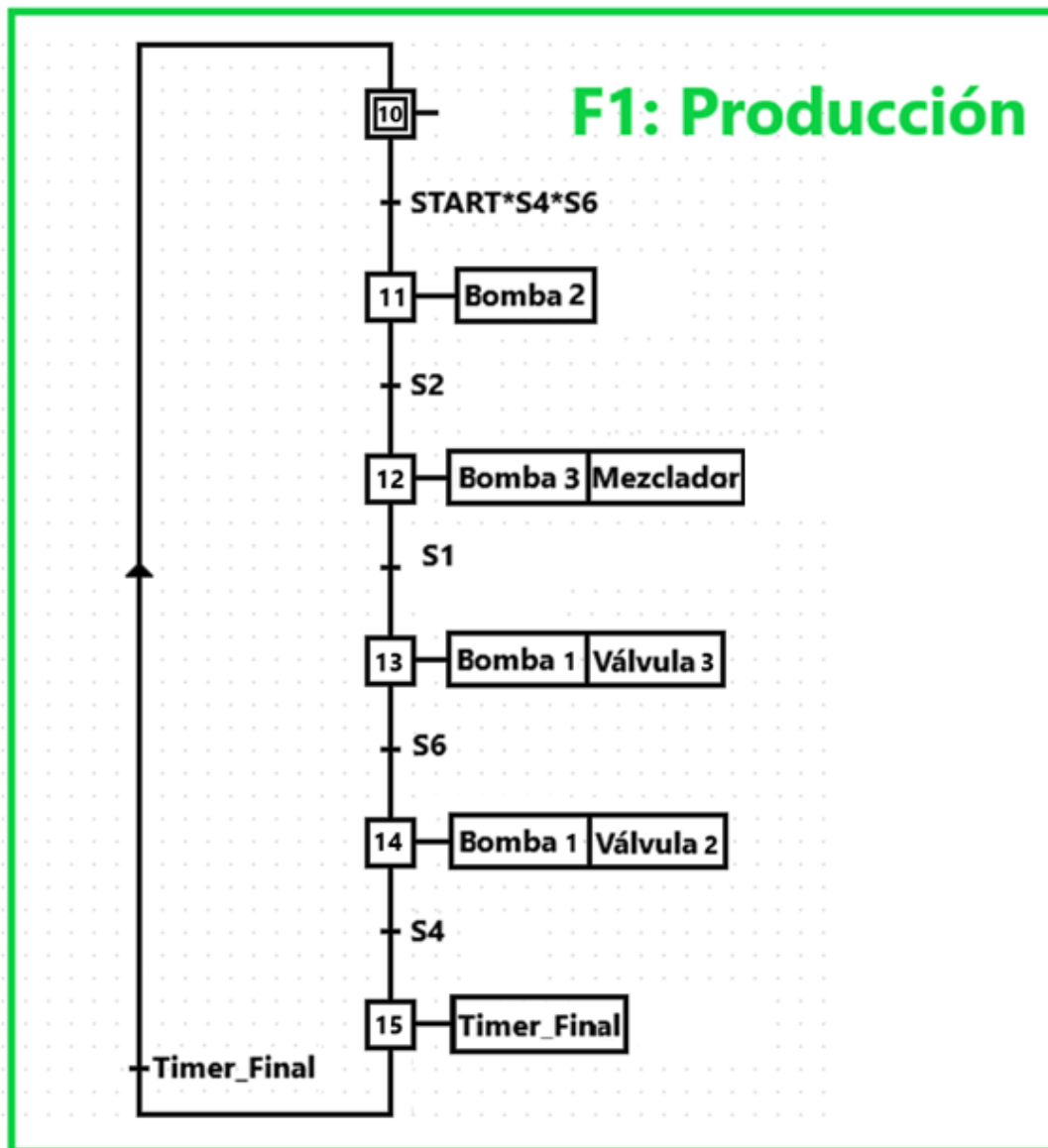
Figura 17. Descarga del tanque 1 y fin de secuencia.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

5.2.3 Secuencia 1

Figura 18. GRAFCET Secuencia 1.



Fuente: Autor.

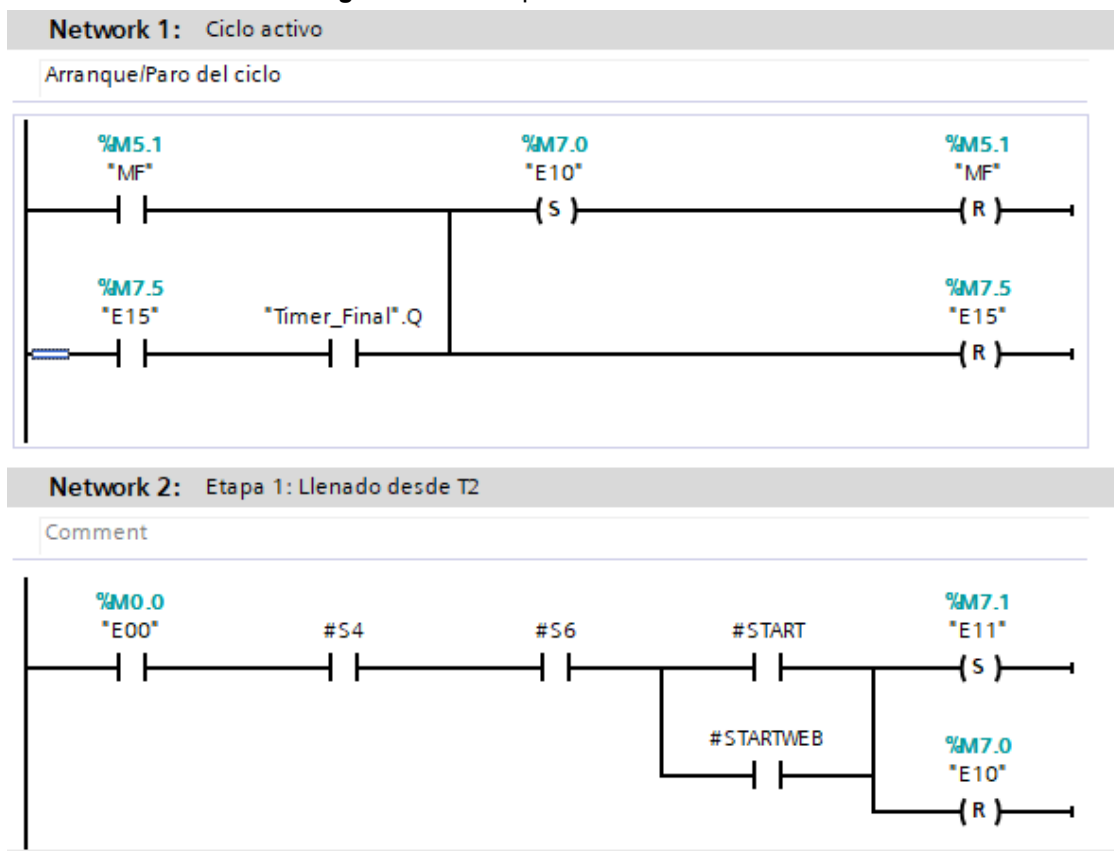
En esta secuencia de llenado, el objetivo fue instruir al estudiante en la correcta declaración de tags dentro de una función. Como se muestra en la **Figura 19**. Las variables se declararon internamente dentro de dicha función, y posteriormente, en el bloque principal (Main), se asociaron a las variables del sistema, tal como se evidencia en la **Figura 10**.

Figura 19. Variables declaradas dentro de la función

Secuencia_1						
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Write-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible In HMI engineering
▼ Input						
START	Bool	false	Non-retain	True	True	True
STARTWEB	Bool	false	Non-retain	True	True	True
STOP	Bool	false	Non-retain	True	True	True
STOPWEB	Bool	false	Non-retain	True	True	True
S1	Bool	false	Non-retain	True	True	True
S2	Bool	false	Non-retain	True	True	True
S3	Bool	false	Non-retain	True	True	True
S4	Bool	false	Non-retain	True	True	True
S5	Bool	false	Non-retain	True	True	True
S6	Bool	false	Non-retain	True	True	True
S7	Bool	false	Non-retain	True	True	True
▼ Output						
EV1	Bool	false	Non-retain	True	True	True
EV2	Bool	false	Non-retain	True	True	True
EV3	Bool	false	Non-retain	True	True	True
BOMBA1	Bool	false	Non-retain	True	True	True
BOMBA2	Bool	false	Non-retain	True	True	True
RESISTENCIA	Bool	false	Non-retain	True	True	True
MEZ	Bool	false	Non-retain	True	True	True
InOut						
Stat1						
Temp						
Constant						

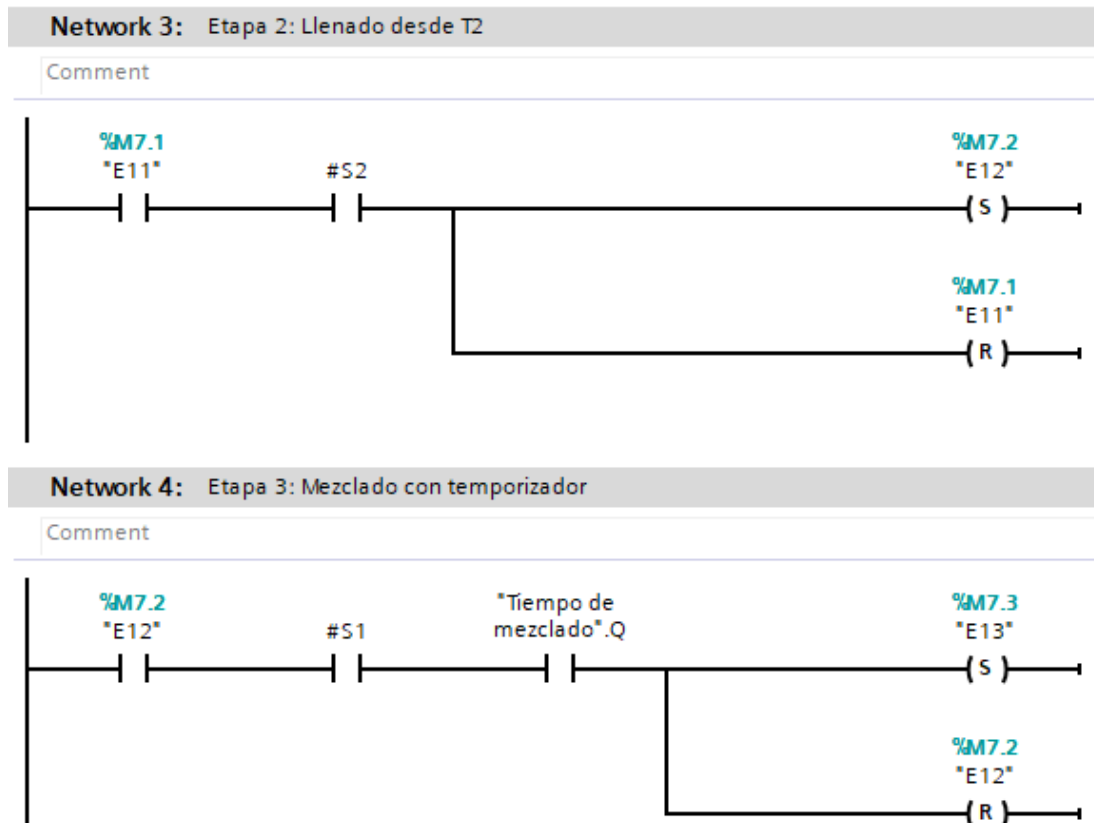
Esta secuencia inicia con el llenado del tanque 1 desde el tanque 3. Al alcanzarse el nivel correspondiente al sensor S2 (50 % de la capacidad del tanque 1), se apaga la bomba 3, encargada de transferir el líquido del tanque 3 al tanque 1, y se comienza el suministro de líquido desde el tanque 2. Posteriormente, se detiene el suministro para dar paso al proceso de mezclado durante un tiempo determinado. Finalizado este periodo, el mezclador se apaga y el sistema espera un intervalo adicional antes de regresar a la etapa inicial.

Figura 20. Arranque de secuencia llenado



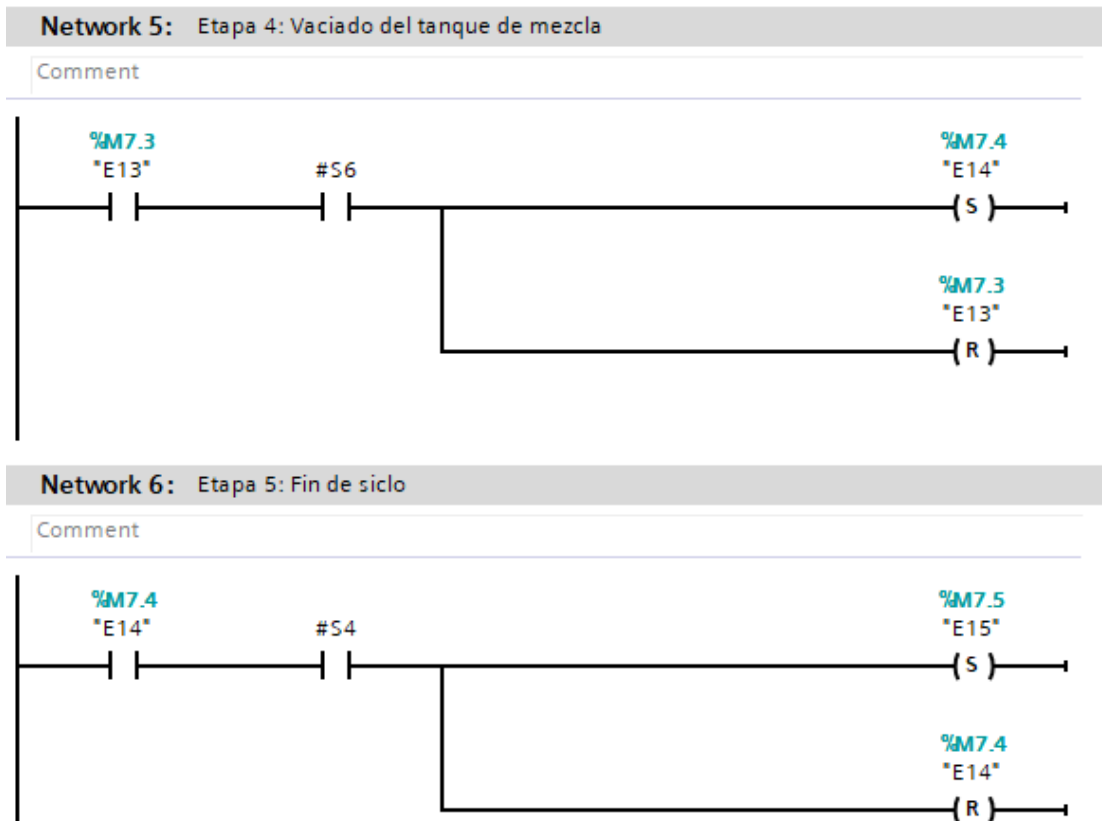
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 21. Etapa 12 y 13.



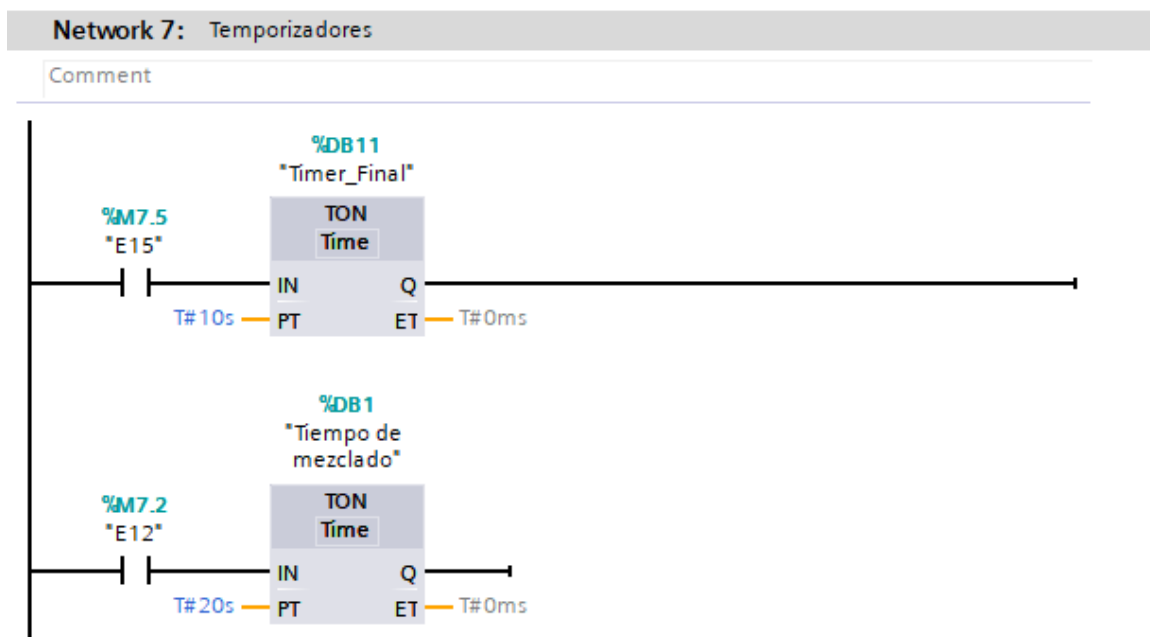
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 22. Vaciado del Tanque de mezclado y final de ciclo.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

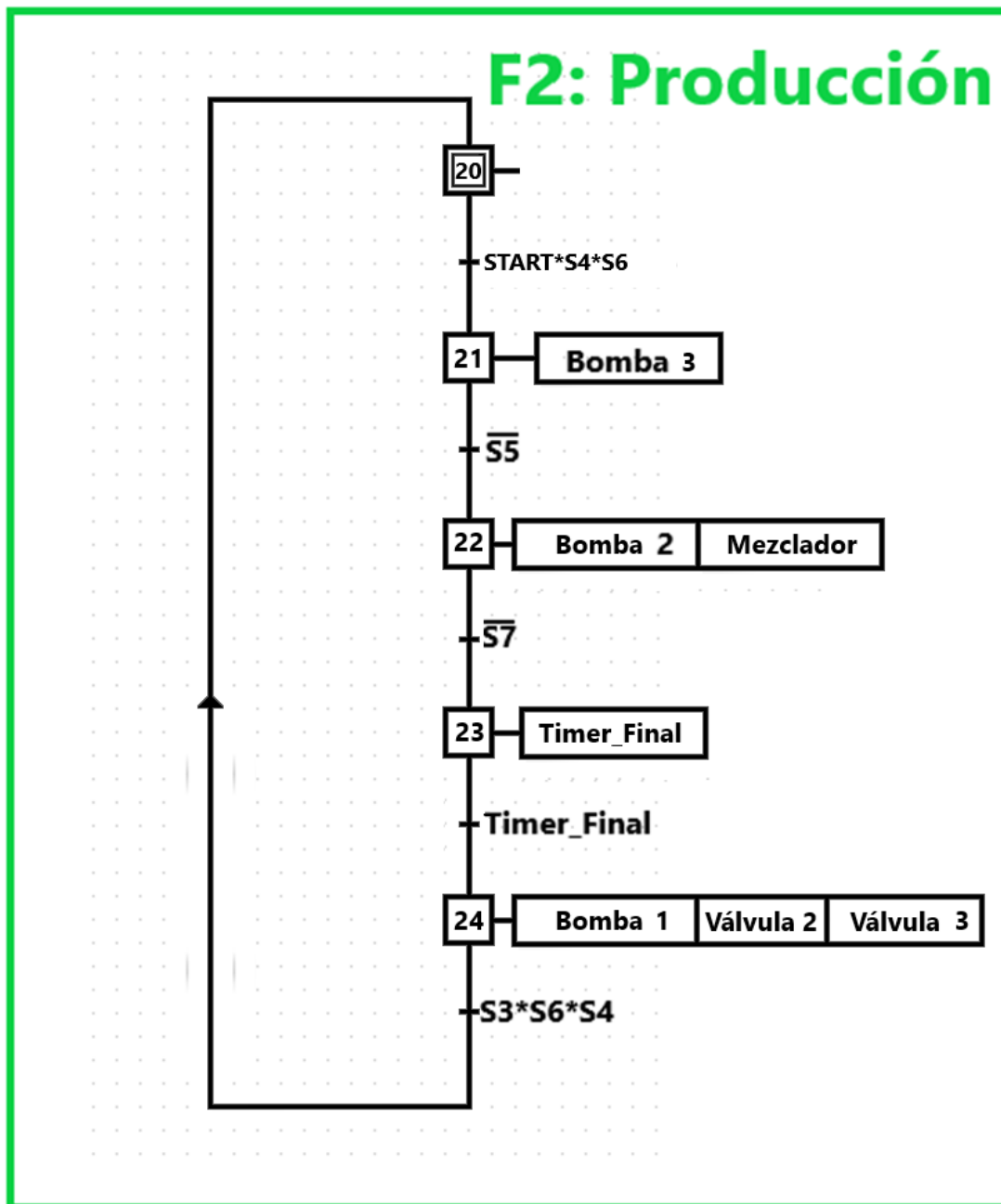
Figura 23. Temporizadores SEC1.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

5.2.4 Secuencia 2

Figura 24. GRAFCET secuencia 2.

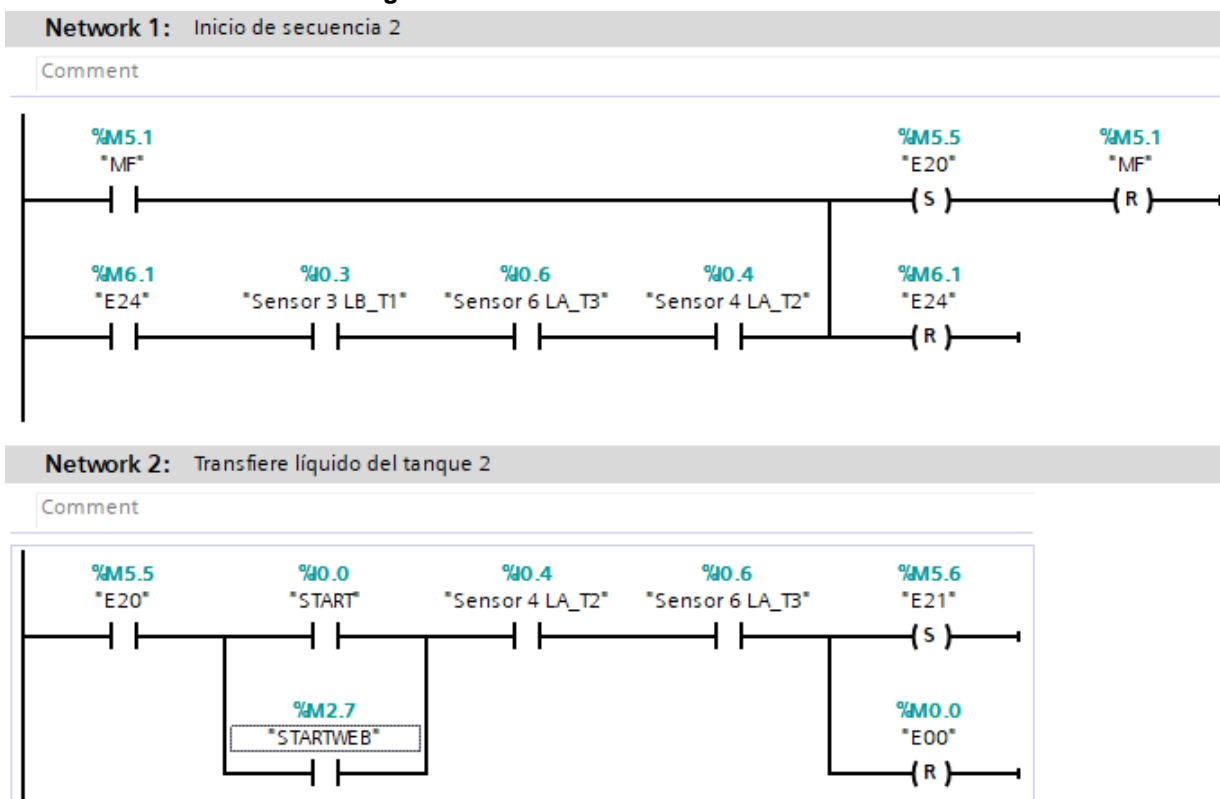


Fuente: Autor.

El funcionamiento de la secuencia inicia con el vaciado del tanque 3 mediante la activación de la bomba 3. Posteriormente, se pone en marcha el mezclador junto con la bomba 2, manteniéndose en operación hasta completar el vaciado del tanque 2.

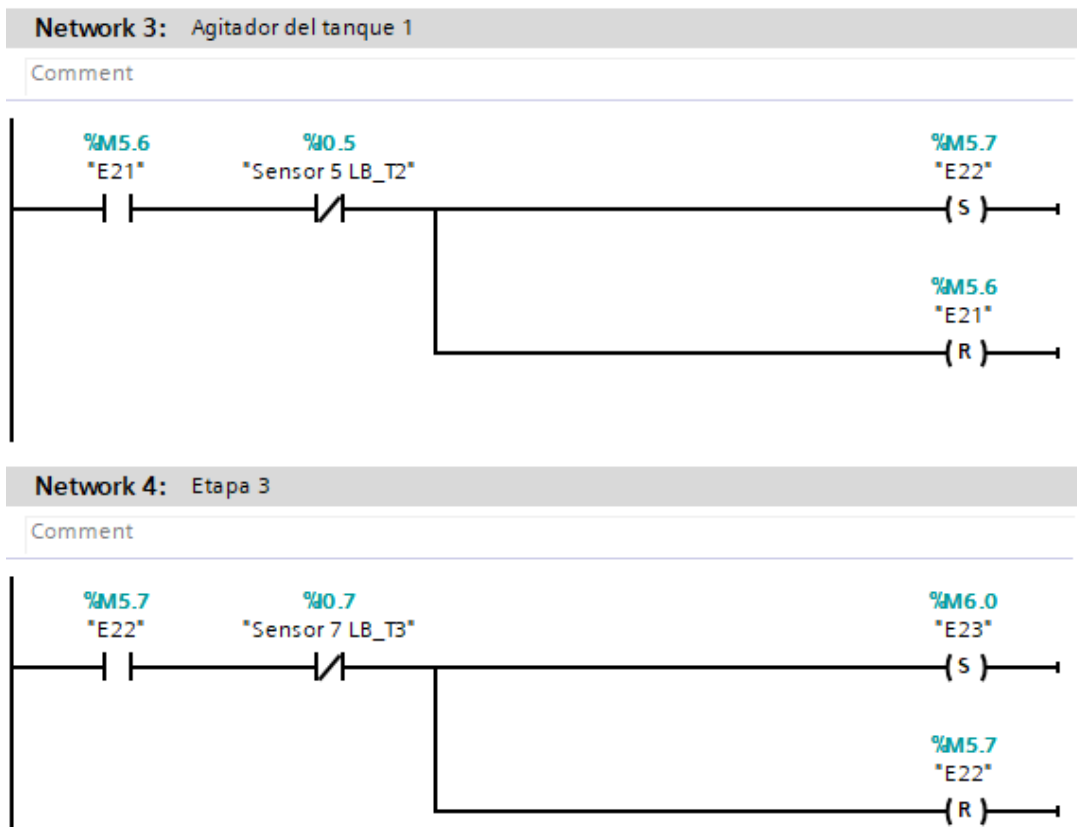
A continuación, se activa un temporizador de espera; una vez finalizado este, se habilitan las dos electroválvulas y la bomba 1 para proceder al vaciado del tanque 1, hasta que los tanques 2 y 3 alcancen nuevamente el nivel medio, tal como al inicio del proceso. Finalmente, el sistema retorna a su estado inicial, quedando listo para reiniciar la secuencia

Figura 25. Inicialización de la secuencia.



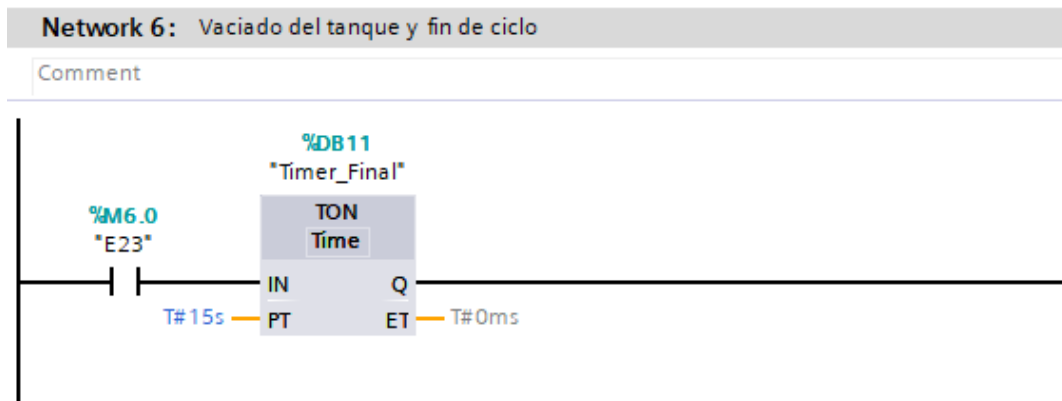
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 26. Proceso de llenado del tanque 1.



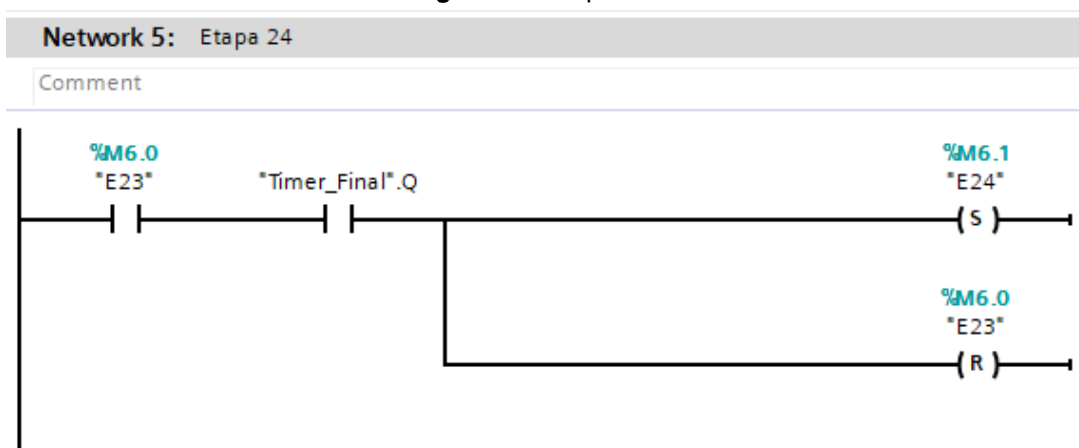
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 27. Temporizadores de la secuencia 2.



Nota. Pantallazo tomado desde el TIA portal.

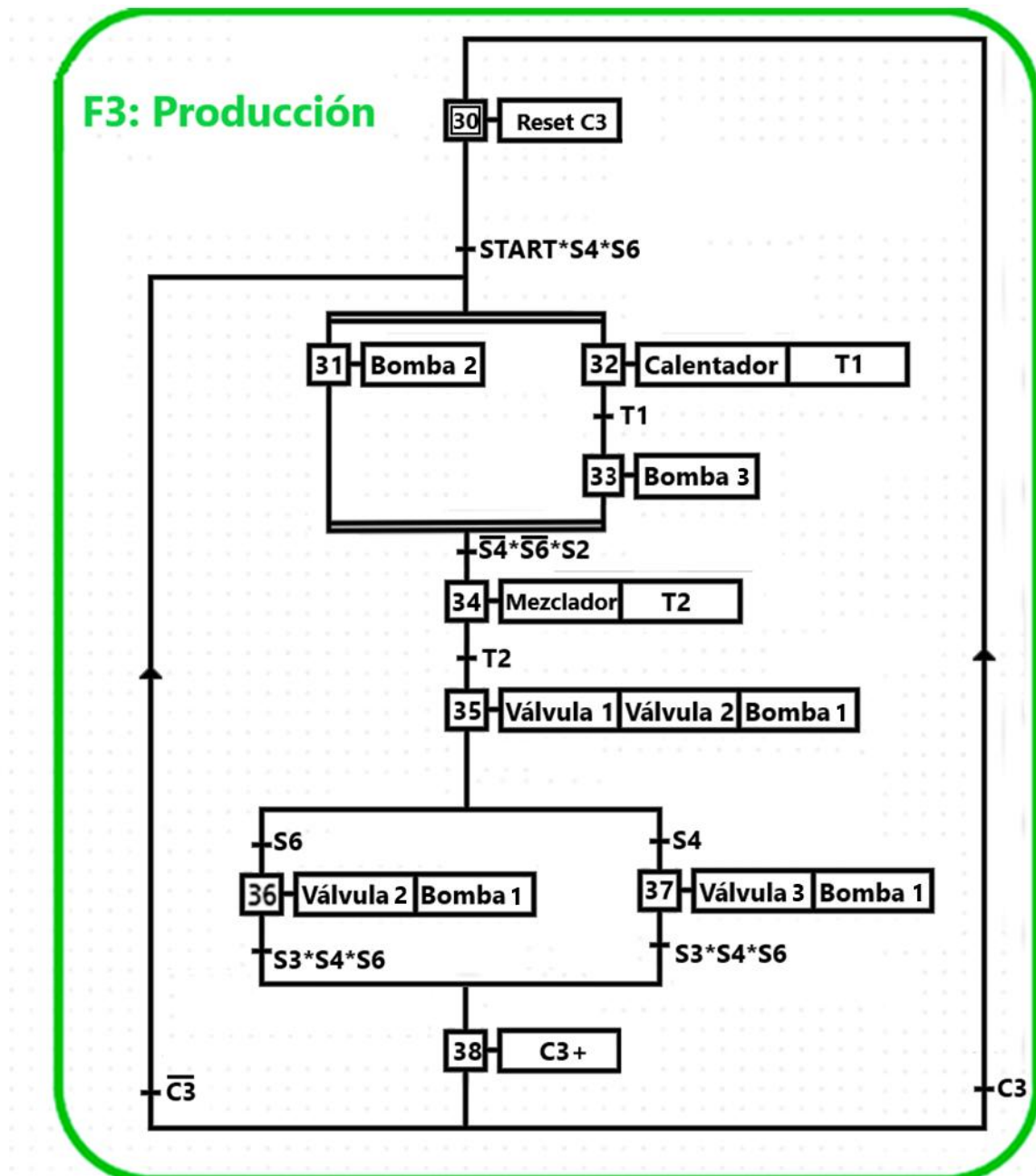
Figura 28. Etapa Final.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal

5.2.5 Secuencia 3

Figura 29. GRAFCET echo para la Secuencia 3.



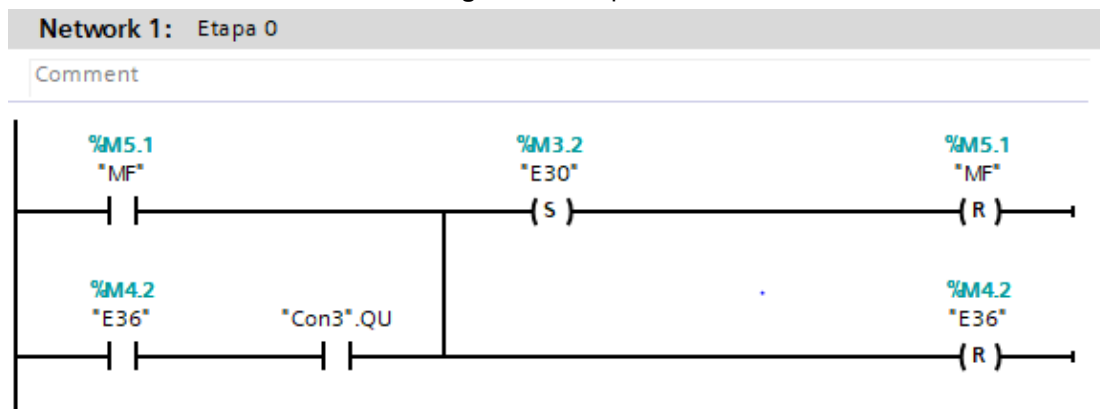
Fuente: Autor

Esta es la parte de producción según la guía GEMMA y como se aprecia en la **Figura 29.** GRAFCET echo para la Secuencia 3. **Figura 29** **Figura 29**, en esta

secuencia se implementó una programación basada en GRAFCET, compuesta por 9 etapas, un contador, dos temporizadores.

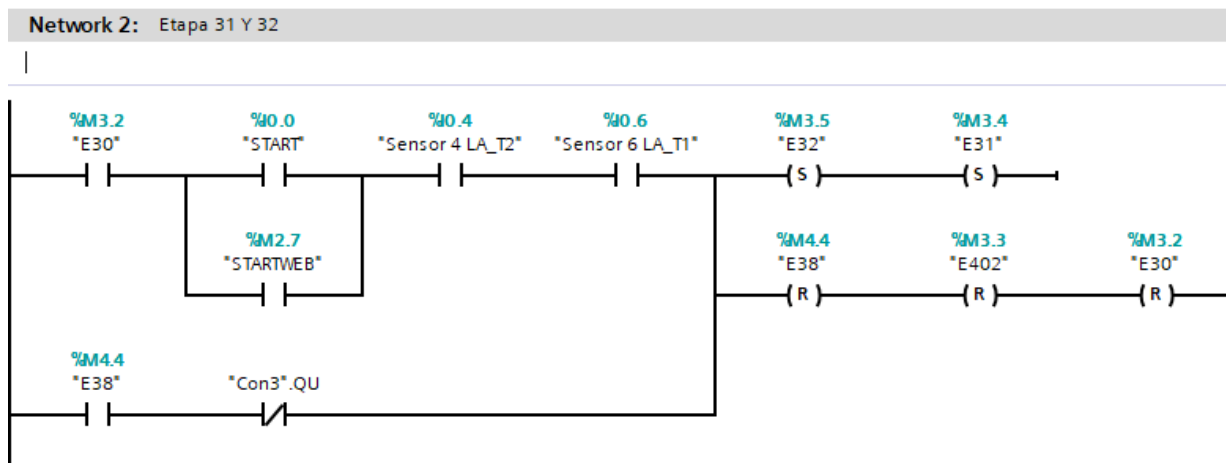
El proceso inicia con el llenado del tanque superior (tanque 1). Al alcanzarse el nivel medio, se activa el mezclador durante un tiempo determinado. Posteriormente, el contenido del tanque 1 se descarga hacia los otros dos tanques. Si uno de los tanques se llena primero, el sistema continúa suministrando líquido únicamente al tanque restante hasta completar su nivel requerido. El ciclo finaliza cuando ambos tanques alcanzan la mitad de su capacidad. Este proceso se repite tres veces de manera consecutiva. El Ladder se puede apreciar continuación:

Figura 30. Etapa 30.



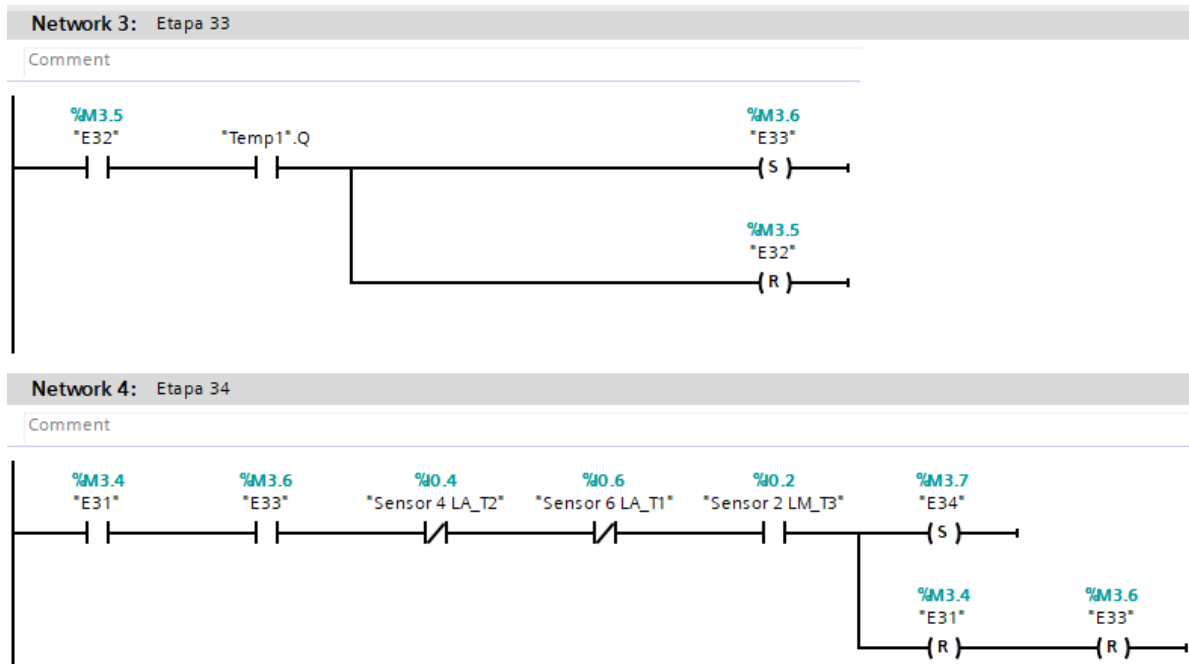
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 31. Etapa 31 y 32.



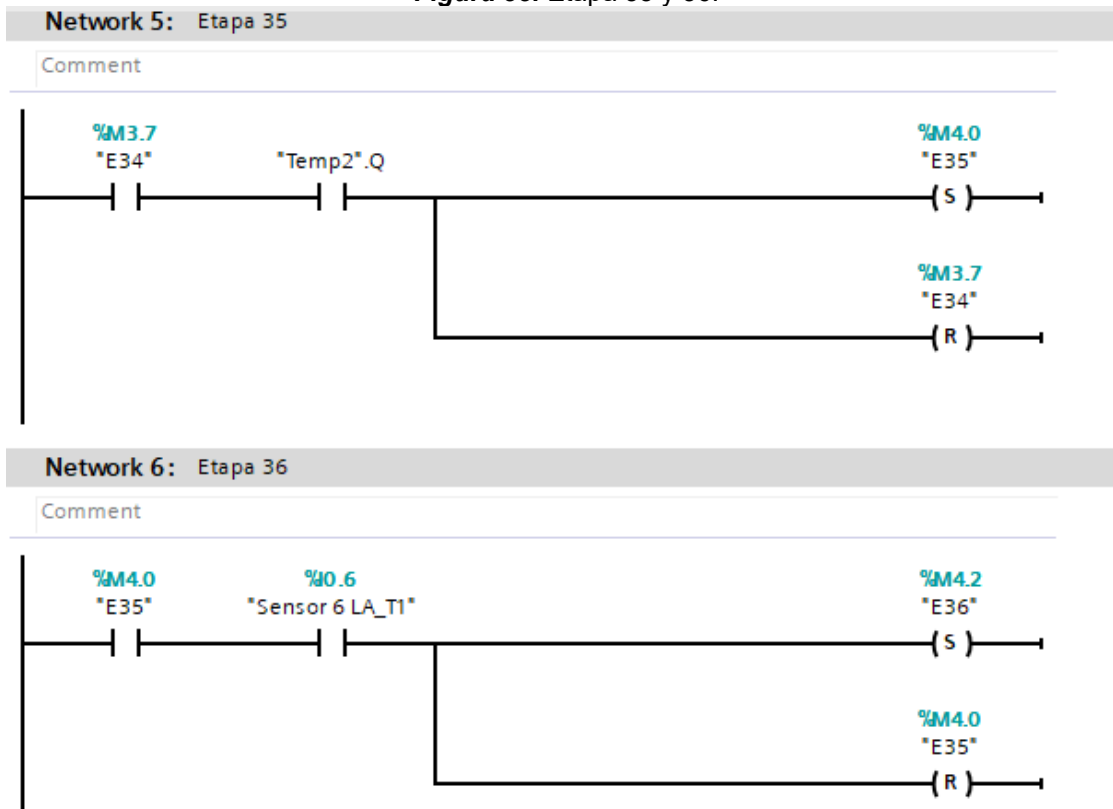
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 32. Etapa 33 y 34.



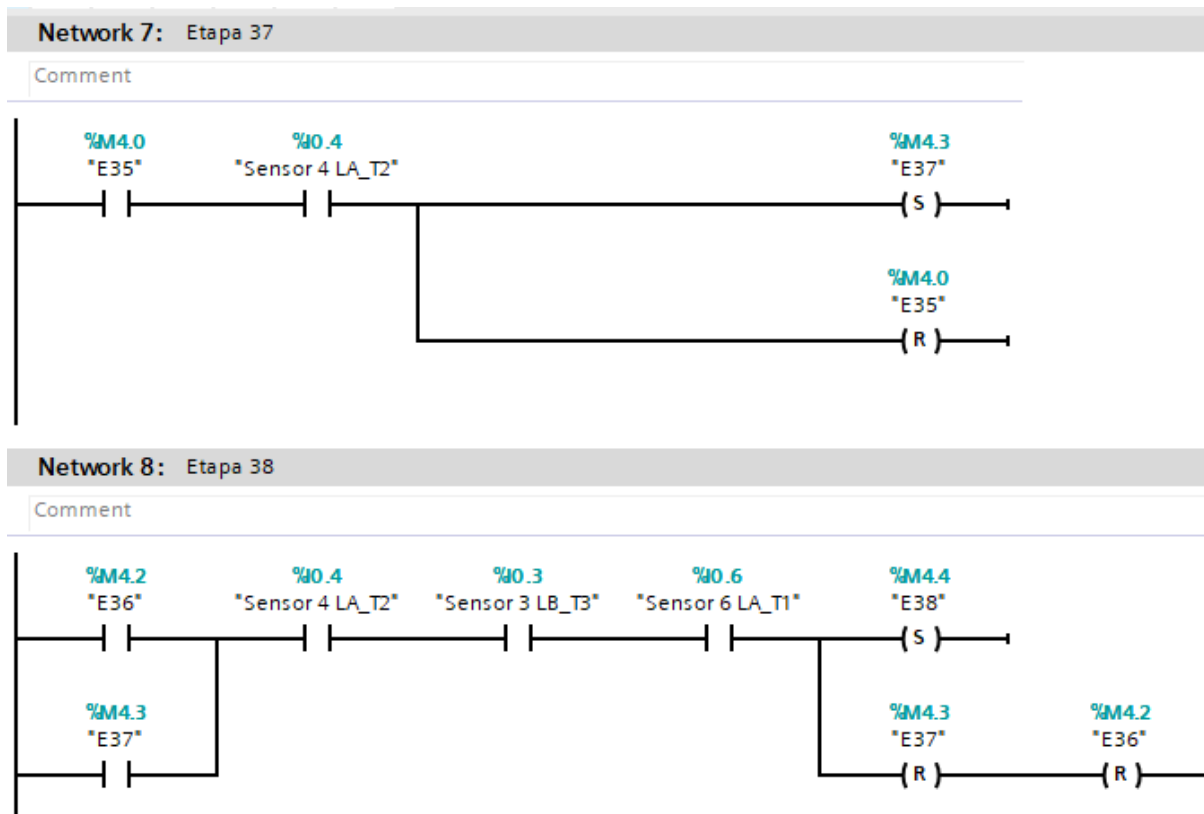
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 33. Etapa 35 y 36.



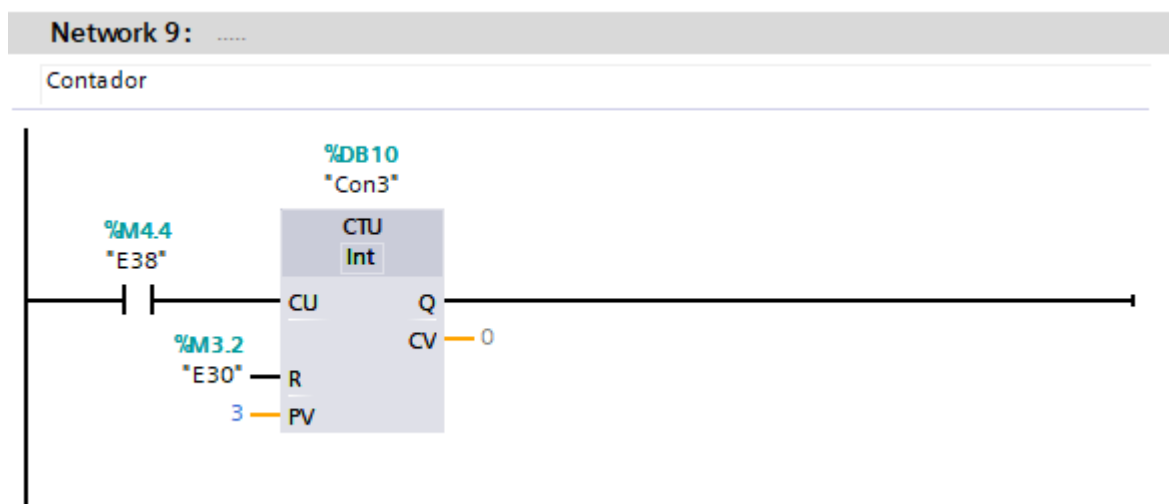
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 34. Etapa 37 y 38.



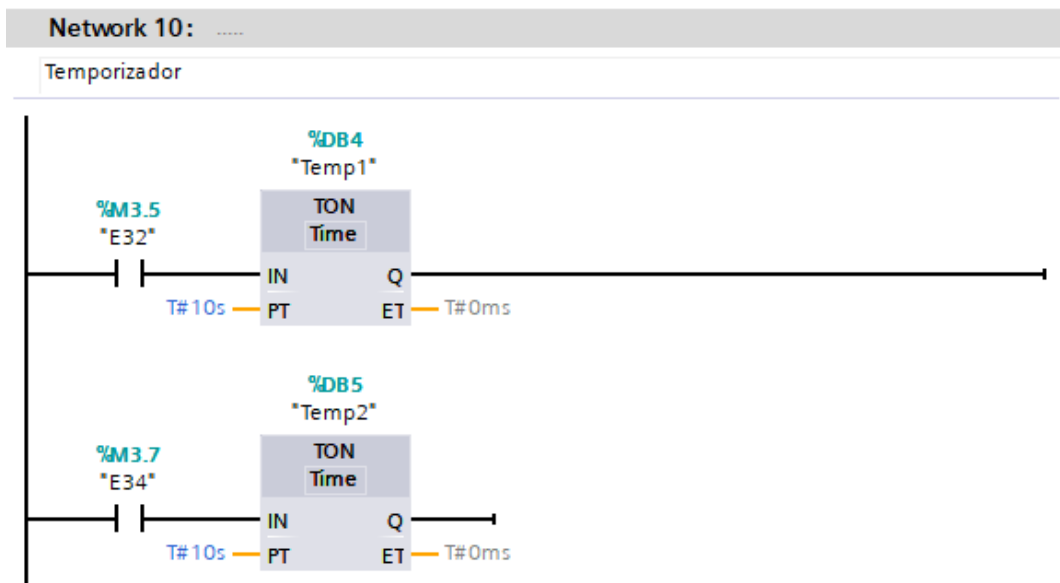
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 35. Contador.



Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 36. Temporizadores.

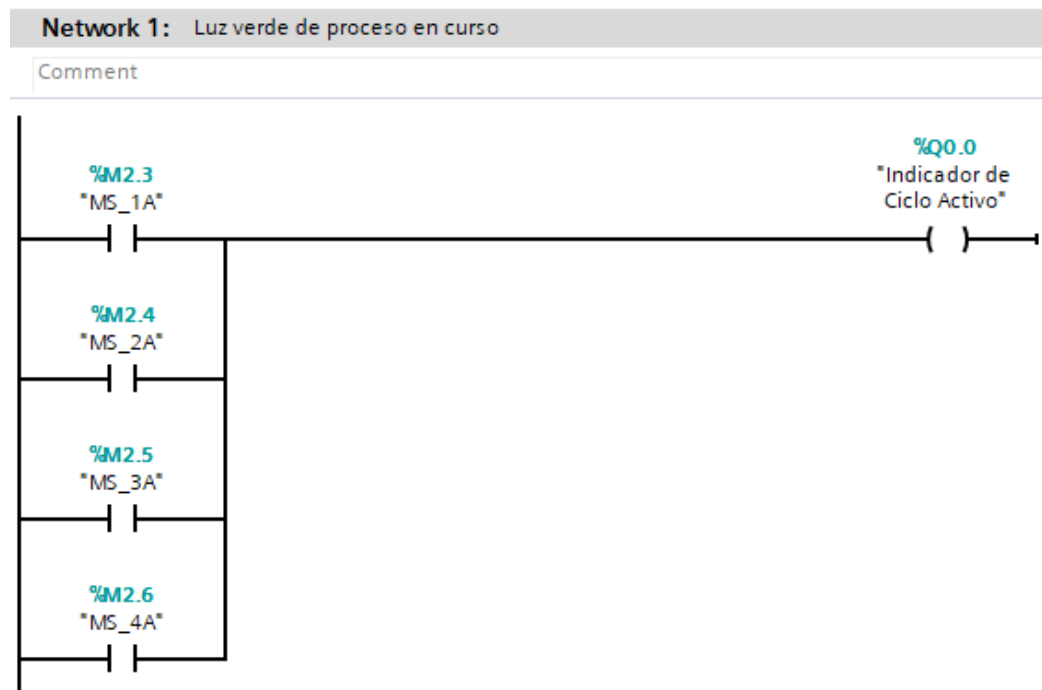


Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

5.2.6 Ladder Salidas

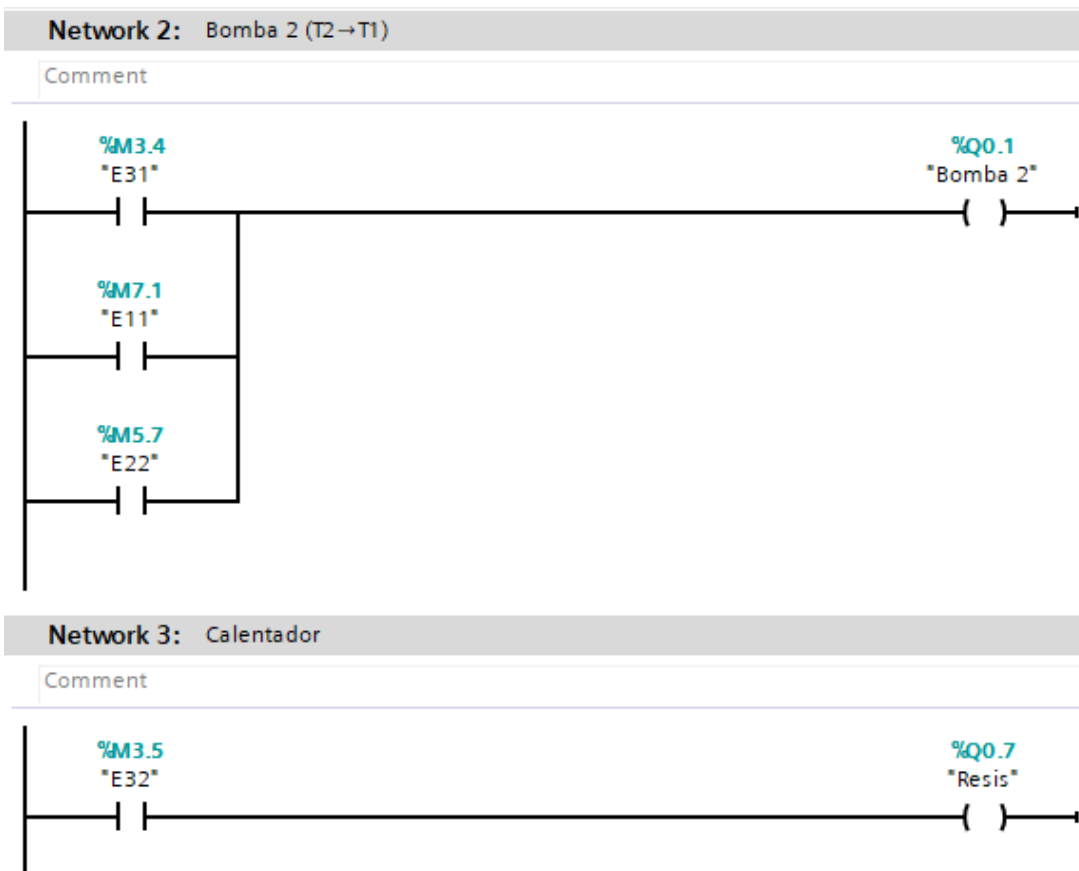
El Ladder de las salidas se puso en una función para mejor organización y que estén conectadas simultáneamente a las secuencias 1, 2 y 3.

Figura 37. Activación de ciclo activo.



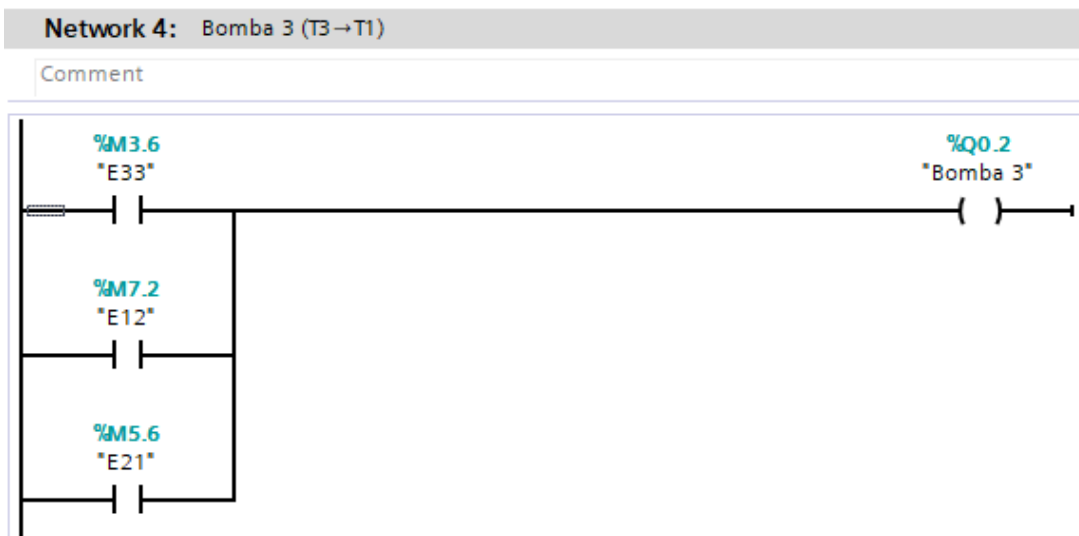
Nota. Pantallazo tomado desde el TIA portal.

Figura 38. Acción de activación de bomba 2 y resistencia.



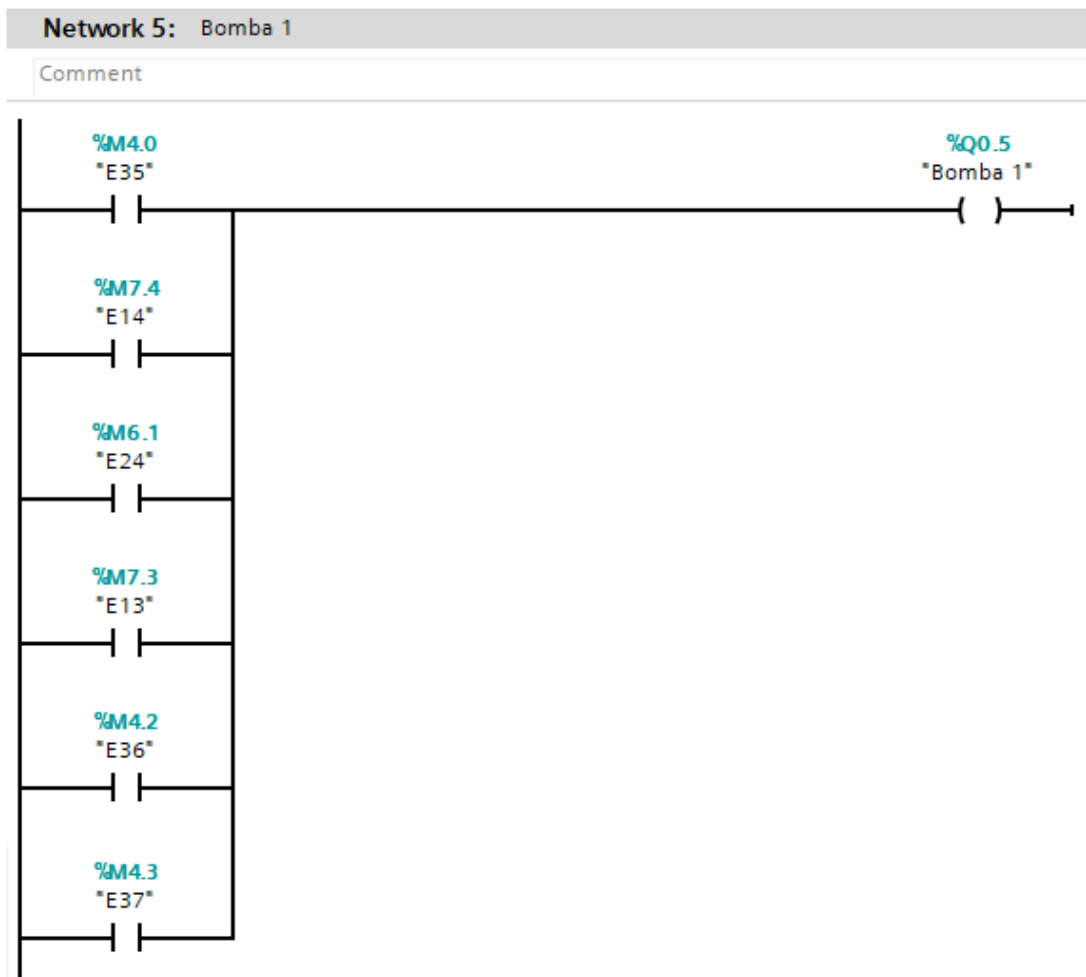
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 39. Activación bomba 3.



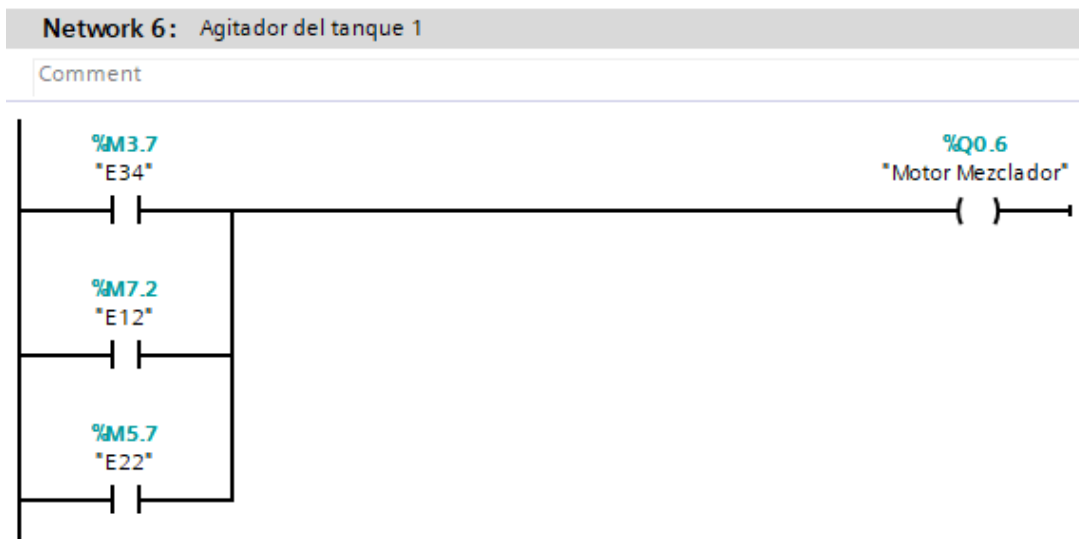
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 40. Activación Bomba 3.



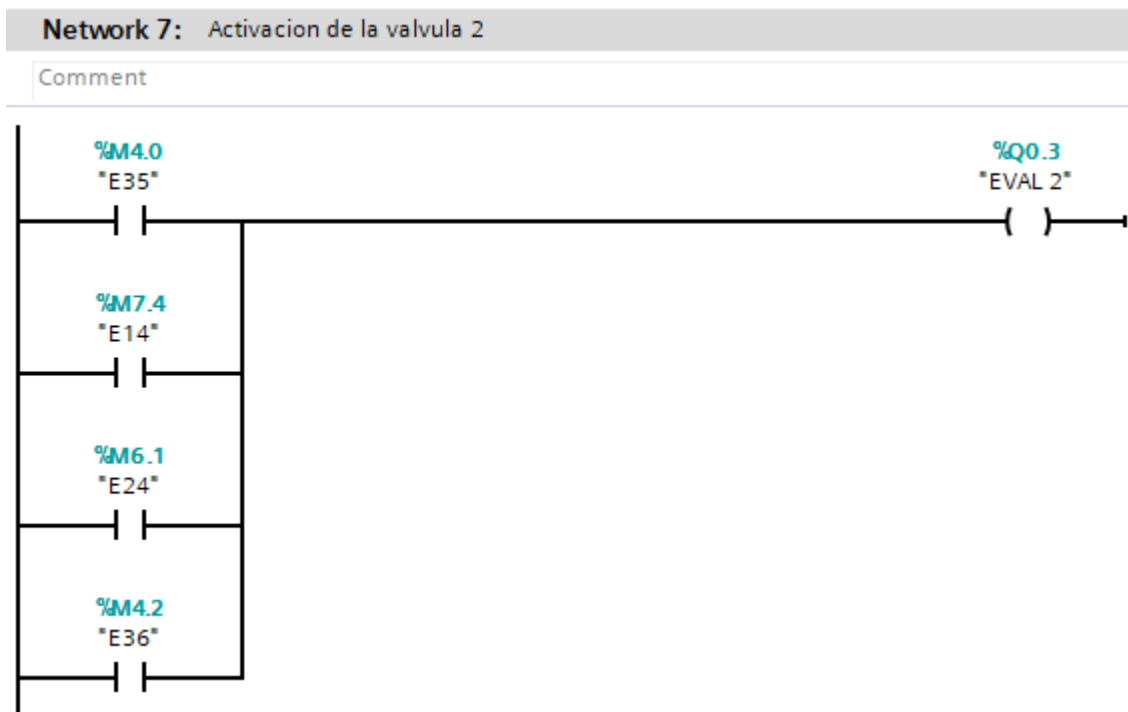
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 41. Motor agitador.



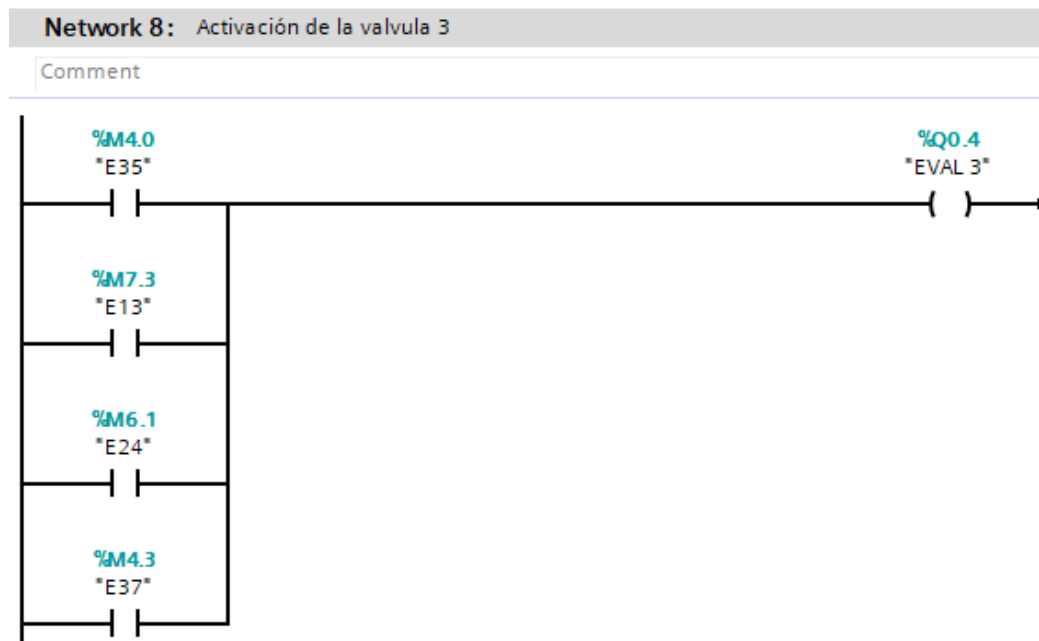
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 42. Activación válvula 2.



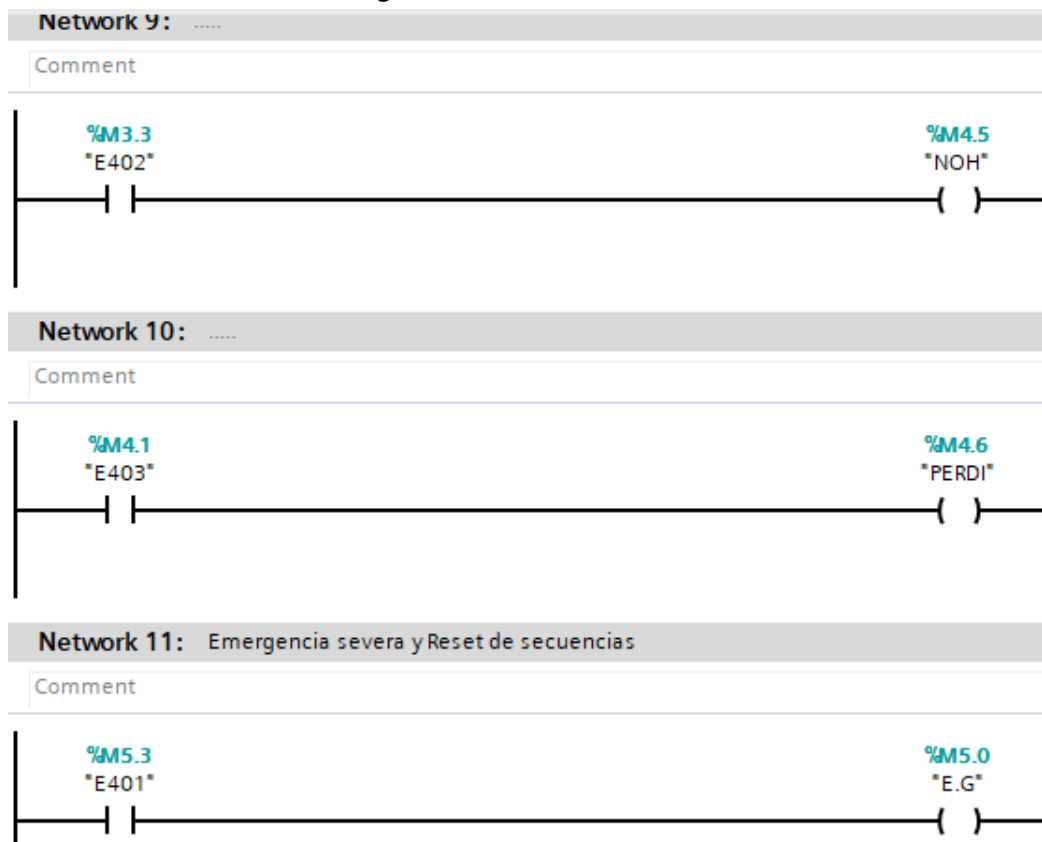
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 43. Válvula 3.



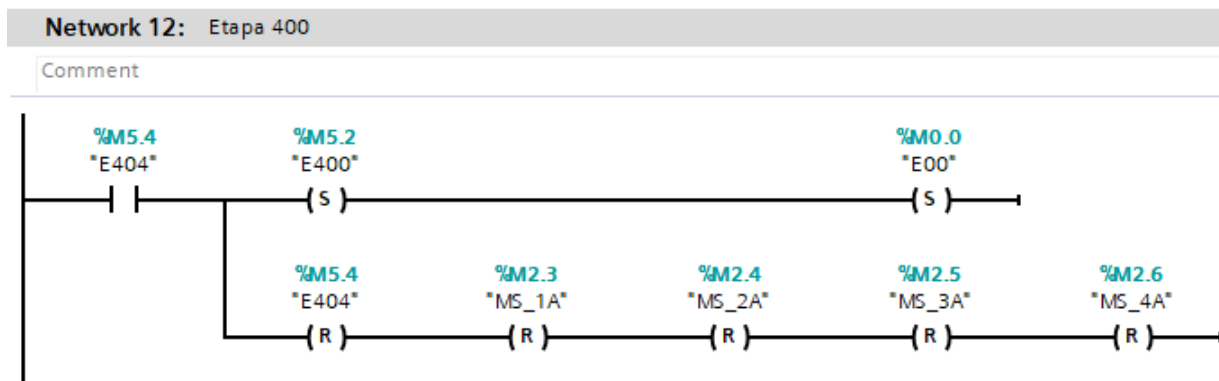
Nota. Pantallazo tomado desde TIA portal.

Figura 44. Señales de alarma.



Nota. Pantallazo tomado desde el TIA portal.

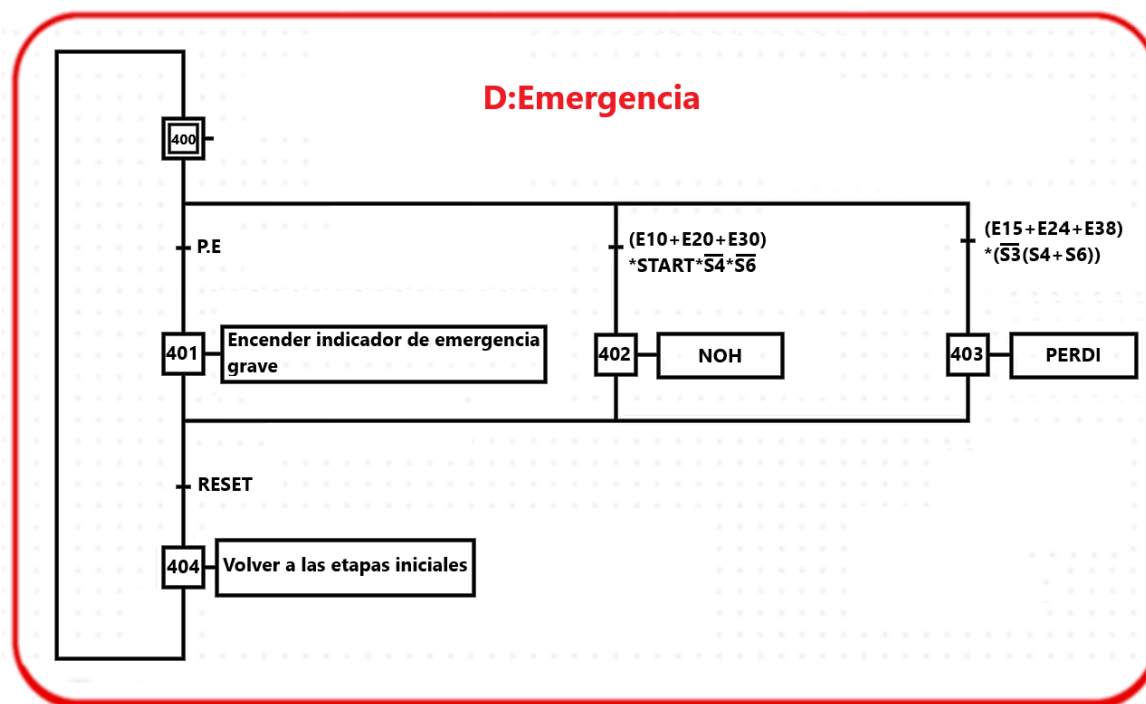
Figura 45. Acciones de la etapa 400.



Nota. Pantallazo tomado desde el TIA portal.

5.2.7 Ladder y GRAFCET de emergencia

Figura 46. Estado de Emergencia.



Fuente: Autor

En el estado de Emergencia como se evidencia la **Figura 46** se cuenta con tres señales de alarma. Estos avisos se activan cuando ambos tanques inferiores se encuentran vacíos, cuando se detecta una pérdida de líquido durante el vaciado del

tanque superior (Tanque 1) y cuando el operador a oprimido el botón de parada de emergencia.

Las etapas 401, 402 y 403 ponen en RESET las etapas de activación de las secuencias. También se agregó un bloque de función para el Ladder correspondiente a las salidas o acciones del diagrama GRAFCET.

Figura 47. Habilitación de las etapas 400 y 401.

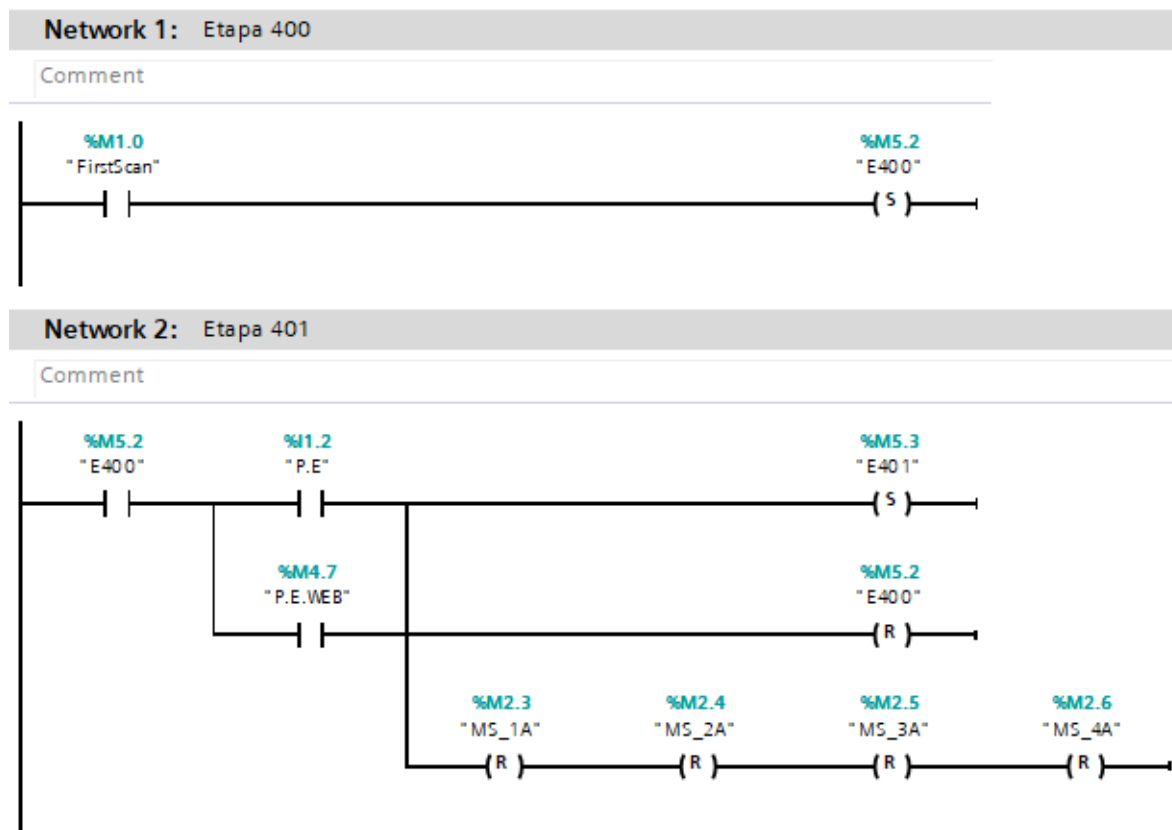


Figura 48. Etapa 402.

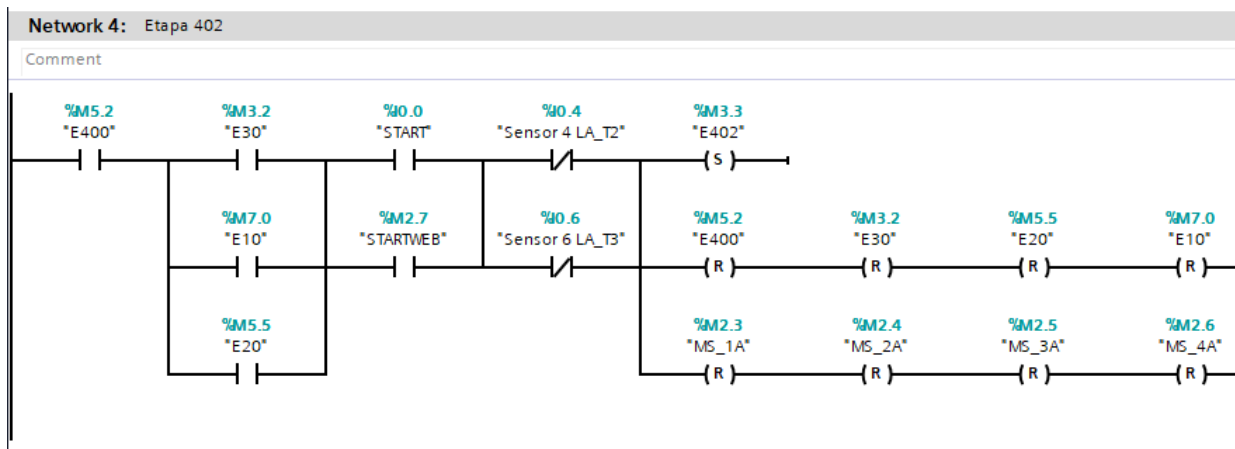


Figura 49. Etapa 403.

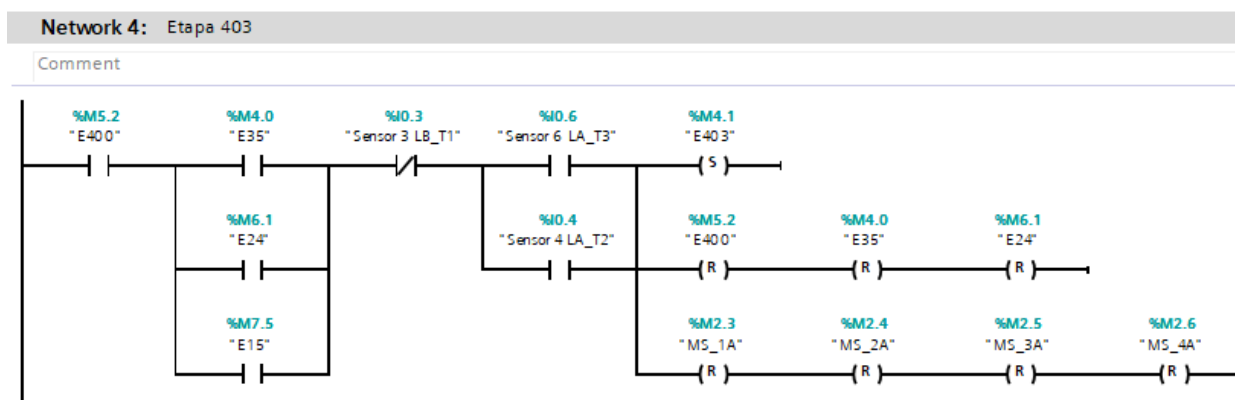
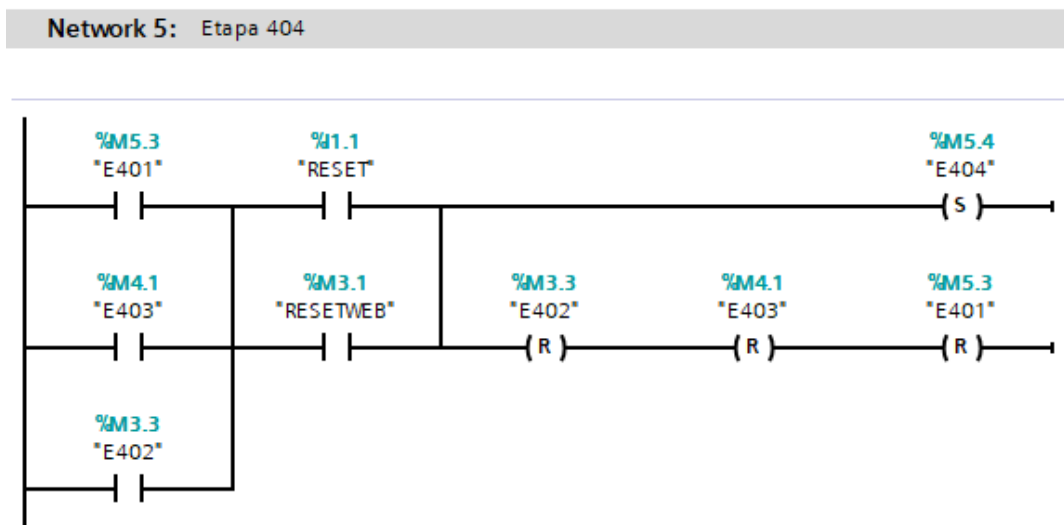


Figura 50. Etapa 404.



5.2.8 Programación y elaboración de la interfaz vía web Server

Se elaboró una interfaz para el control y monitorización del módulo de mezclado de líquidos mediante programación HTML y se ve como se muestra en la **Figura 51**, esta cuenta con sus repetitivos botones de activación de secuencia 1, 2, 3 y simple, indicadores de los actuadores del módulo de mezclado de líquidos.

Figura 51. Interfaz hecha con programación HTML.



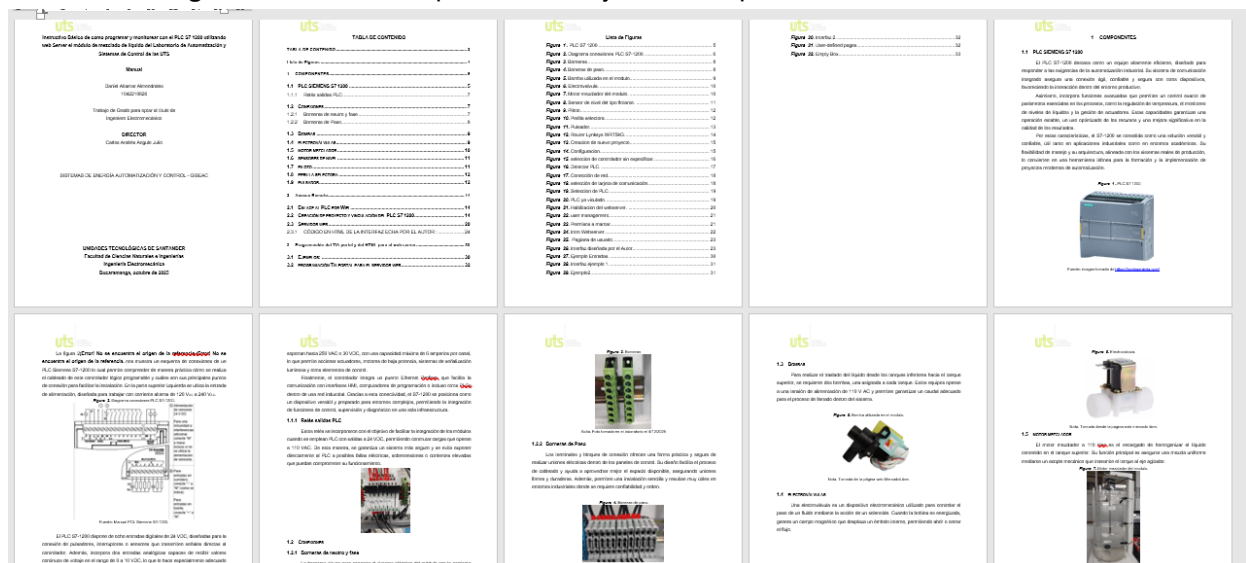
Nota. Pantallazo tomado de la página web hecha por el autor.

5.2.9 Instructivo para la creación de una interfaz para monitorizar y controlar procesos mediante web Server.

Se creó un manual el cual ayuda al estudiante comprender y aplicar los conocimientos necesarios para poder crear un interfaz web básica para el control y monitorización de un proceso industrial mediante un PLC S7 1200. En este caso se utilizó como ejemplo el módulo de mezclado líquidos.

Este manual explica cómo programar un botón asociándolo con una memoria interna del PLC, también como vincular una salida para que se evidencie su estado, si está encendido o si esta apagado (1 o 0) por medio de un indicador equivalente a un led visto desde la página web.

Figura 52. Guía de implementación y monitorio por medio del web server.



Nota. Pantallazo tomado de la página web hecha por el autor.

6 CONCLUSIONES

- El desarrollo de este proyecto permitió la actualización del módulo de mezclado de líquidos del Laboratorio de Automatización y Sistemas de Control, logrando transformar un sistema con limitaciones operativas en una herramienta funcional, segura y alineada con las necesidades actuales de formación en automatización industrial. Durante el proceso se identificaron fallas mecánicas y eléctricas que afectaban la confiabilidad del módulo, las cuales se solucionaron mediante el reemplazo de componentes deteriorados, la reorganización del sistema hidráulico y la incorporación de un nuevo diseño eléctrico más seguro y ordenado.
- El uso del PLC Siemens S7-1200 y la implementación del servidor web permitieron habilitar el control y monitoreo remoto, facilitando el análisis del proceso en tiempo real y proporcionando a los estudiantes una plataforma actualizada para el aprendizaje de tecnologías propias de la Industria 4.0.
- La programación de secuencias en Ladder y GRAFCET demostró ser una herramienta eficaz para organizar el comportamiento del sistema, garantizando un funcionamiento ordenado y reduciendo la posibilidad de errores durante la operación.
- Durante esta práctica de laboratorio se logró evidenciar la importancia del mantenimiento y actualización de los módulos del laboratorio para poder brindarle una mejor capacitación a los estudiantes, para que en el futuro se puedan enfrentar con mejores conocimientos a los retos de la industria.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mantenimientos periódicos para comprobar el estado del módulo y garantizar su correcto funcionamiento en futuras prácticas de laboratorio.
- Es aconsejable considerar la adquisición de sensores industriales más complejos y utilizados en la industria, con el fin de fortalecer los conocimientos de los estudiantes en automatización. De esta manera, al culminar satisfactoriamente la asignatura, los estudiantes habrán tenido un contacto previo o adquirido una base más acorde con el entorno laboral e industrial.
- Para asegurar la continuidad en el uso del servidor web, se recomienda capacitar a estudiantes y docentes en programación HTML aplicada a PLC, así como en el manejo de TIA Portal. Esto permitirá que la funcionalidad del sistema pueda modificarse o ampliada de acuerdo con futuras necesidades de enseñanza.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Gómez, R. L., & Calderón Pico, N. (2014). *Diseño, construcción y pruebas de un prototipo automatizado para dosificación y mezclado de 4 componentes, tres de ellos a granel y uno líquido obteniendo como mezcla hasta 15 Kg/h para el laboratorio de automatización industrial, implementado por la tecn.* Bucaramanga.

DEL HIERRO MOSQUERA, M. G., & SIZA BUÑAY, M. A. (2012). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para simulación de control de nivel, dosificación y mezclado de líquidos de baja densidad con.* RIOBAMBA-Ecuador.

educamadrid. (23 de septiembre de 2025). Obtenido de educamadrid:
https://www.educa2.madrid.org/web/4656105/robotica/-/book/sistemas-de-control-lazo-abierto-lazo-cerrado?_book_viewer_WAR_cms_tools_chapterIndex=42e420b2-3c94-4431-b6b0-bdc01391e2c8

FREIRE GUANANGA, C. I., & YANSAPANTA SUNTA, A. V. (2011). *Implementación de un sistema de monitoreo y control múltiple con sistemas táctiles aplicados a los módulos de mezclado y envasado. Caso práctico de laboratorio de automatización.* Riobamba.

GUEVARA HIDALGO, D. J., & TIBANQUIZA CHUNCHO, S. E. (2021). *Implementación de un sistema remoto para control y monitoreo de procesos utilizando un PLC con gateway.* Riobamba Ecuador.

Herrera Abad, J. M., Huiman Sandoval, J. A., Vales Carrillo, J. A., & Flores, E. (2023). Sistema de Modulo Didáctico para el Control del Proceso de Llenado de Recipientes mediante PLC. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 1-16.

International Electrotechnical Commission . (2013). *GRAFCET Specification Language for Sequential Function Charts*. Ginebra: IEC.

- Larios Sánchez, P. J. (2022). *RECURSOS DIDÁCTICOS PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Y DISEÑO SCADA*. Cartagena.
- Lipták, B. (2017). *Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization*. Boca Raton: CRC Press.
- López Ronquillo, J. L., & Silva Espinoza, H. D. (2023). *“CONTROL Y MONITOREO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE CRUZ LOMA MEDIANTE DESARROLLO DE APLICACIÓN MOVIL*. Latacunga-Ecuador.
- Maloy Smith, G. (19 de junio de 2024). *dewesoft*. Obtenido de https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-controlador-pid?utm_source=chatgpt.com
- Maz Ventura, E., & Vela Ortiz, C. E. (2018). *Sistema Automático de Supervisión y Control de Nivel del Tanque Elevado Para Garantizar el Abastecimiento de Agua en la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo*. LAMBAYEQUE.
- Pere, P., & Granollers, A. (s.f.). *DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL*. Catalunya.
- Siemens AG. (2022). *SIMATIC S7-1200 Programmable Controller: System Manual*. Nuremberg, Alemania: Siemens AG.
- Sisto, A. (2018). *Bombas y Sistemas de Bombeo*. Barcelona: Marcombo.
- UTS. (s.f.). *Misión, Visión y Nuestra Historia*. Obtenido de Unidades Tecnológicas de Santander: <https://www.uts.edu.co/sitio/mision-y-vision/>
- W, B. (2015). *Programmable Logic Controllers*.
- World Wide Web Consortium (W3C). (2023). *HTML Living Standard*. Obtenido de <https://html.spec.whatwg.org/>