

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Modernización del sistema de lavado y teñido para la  
cadena de producción de lavandería y tintorería de la  
empresa Visiontex S.A.**

Trabajo de graduación presentado por Juan Pablo Merck Sifontes  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería  
Mecatrónica

Guatemala,

2022







UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Modernización del sistema de lavado y teñido para la  
cadena de producción de lavandería y tintorería de la  
empresa Visiontex S.A.**

Trabajo de graduación presentado por Juan Pablo Merck Sifontes  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería  
Mecatrónica

Guatemala,


2022




Vo.Bo.:

(f)   
MAEB. Otto Girón

Tribunal Examinador:

(f)   
MAEB. Otto Girón

(f)   
Ing. Kurt Kellner

(f)   
Ing. Pablo Mazariegos

Fecha de aprobación: Guatemala, 6 de enero de 2022.





<b>Lista de figuras</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de cuadros</b>	<b>XIII</b>
<b>Resumen</b>	<b>XV</b>
<b>Abstract</b>	<b>XVII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>3</b>
<b>3. Justificación</b>	<b>7</b>
<b>4. Objetivos</b>	<b>9</b>
4.1. Objetivo general . . . . .	9
4.2. Objetivos específicos . . . . .	9
<b>5. Marco teórico</b>	<b>11</b>
5.1. Automatización.....	11
5.1.1. Controladores lógicos en lazo abierto.....	12
5.1.2. Controladores lógicos en lazo cerrado.....	12
5.1.3. Autómatas programables.....	12
5.2. Sensores.....	13
5.2.1. Tipos de sensores.....	13
5.3. Controlador PID.....	14
5.4. Mantenimiento industrial.....	14
5.4.1. Mantenimiento correctivo.....	14
5.4.2. Mantenimiento preventivo.....	14
5.4.3. Mantenimiento predictivo.....	15
5.5. Lavadoras.....	15
5.5.1. Lavadoras industriales.....	15

<b>6. Desensamblaje y mantenimiento</b>	<b>17</b>
6.1. Desensamblaje.....	17
6.2. Mantenimiento.....	18
6.2.1. Mantenimiento mecánico.....	19
6.2.2. Mantenimiento eléctrico.....	22
6.2.3. Gastos de mantenimiento preventivo y correctivo.....	23
<b>7. Diseño e implementación</b>	<b>25</b>
7.1. Fase 1: diseño e implementación.....	25
7.1.1. Identificación de las variables de proceso.....	25
7.1.2. Diagrama de flujo del funcionamiento de la lavadora de muestras	27
7.1.3. Prueba de los motores en la aplicación.....	28
7.1.4. Cálculo teórico.....	28
7.1.5. Calentamiento del sistema.....	32
7.2. Fase 2: diseño e implementación.....	34
7.2.1. Identificación de variables a controlar.....	34
7.2.2. Selección de PLC.....	34
7.2.3. Selección de sensores.....	37
7.3. Presupuesto.....	38
7.3.1. Instalación de la acometida eléctrica.....	38
7.3.2. Instalación eléctrica del tablero de control.....	40
7.3.3. Instalación de sensores y actuadores.....	40
7.3.4. Instalación de la lavadora de muestras.....	46
7.3.5. Instalación de líneas de alimentación.....	46
7.3.6. Costos totales.....	46
7.4. Puesta en marcha.....	47
7.4.1. Ajuste de señales analógicas.....	47
7.4.2. Ajuste de señales digitales.....	48
7.5. Diseño de la interfaz gráfica de la pantalla HMI.....	48
7.5.1. Pantalla de lavado.....	49
7.5.2. Pantalla de PI&D.....	53
7.5.3. Pantalla de ayuda.....	54
7.5.4. Pantalla de gráfico de la curva de temperatura.....	54
7.5.5. Pantalla de setup.....	55
<b>8. Resultados</b>	<b>57</b>
<b>9. Conclusiones</b>	<b>59</b>
<b>10.Recomendaciones</b>	<b>61</b>
<b>11. Bibliografía</b>	<b>63</b>
<b>12. Anexos</b>	<b>67</b>
12.1. Estado original de la máquina.....	67
12.2. Lavadora provisional.....	68
12.3. Lavadora final.....	72
12.4. Listado de materiales.....	76
12.5. Código del PLC.....	80

12.5.1. Main.....	80
12.5.2. Función de control de temperatura .....	81
12.5.3. Función de control del volumen de agua .....	85
12.5.4. Función de control de llenado y dosificado de tanque de químicos	86
12.5.5. Función de control de apertura y cierra de drenaje.....	88
12.5.6. Función de control de velocidad y número de vueltas por lado	89
12.5.7. Función de control de centrifugado .....	92
12.5.8. Función de tiempo operación global.....	93
12.5.9. Función de Gradiente de temperatura.....	94
12.6. Pantalla HMI .....	95
12.7. Diagrama eléctrico.....	96
12.8. Manual de mantenimiento de la lavadora de muestras .....	107
12.9. Manual de operación de la lavadora de muestras .....	108



---

## Lista de figuras

---

1.	Autoclave 1 y 2, Área de tintorería . . . . .	4
2.	Lavadoras 4 y 5, Área de tintorería . . . . .	5
3.	Clasificación de los controladores lógicos [3] .....	11
4.	Controlador lógico en laza abierto [5].....	12
5.	Controlador lógico en laza abierto [6] .....	12
6.	Partes de una lavadora[12].....	15
7.	Lavadora industrial[15].....	16
8.	Lavadora parte frontal y posterior.....	17
9.	Vista posterior del sistema eléctrico y mecánico de la lavadora.....	18
10.	Identificación de entrada de agua, drenaje, rebalse y vapor.....	18
11.	Eje de la canasta de la lavadoras de muestras.....	19
12.	Sello mecánico antes de cambiarlo .....	20
13.	Instalación de sello mecánico .....	20
14.	Evaluación de las secciones a reparar del chasis sección lateral .....	21
15.	Chasis con reparaciones realizadas de la primera lavadora de muestras	21
16.	Tambor y canasta de la lavadora de meustras.....	21
17.	Sistema de control de la lavadora de muestras .....	22
18.	Motores eléctricos .....	23
19.	Caída de prendas en lavado .....	26
20.	Diagrama de flujo del proceso de teñido y lavado .....	27
21.	Factor de servicio [18] .....	29
22.	Sistema de trampeo [20].....	33
23.	Sistema de calentamiento indirecto.....	33
24.	Micro850, serie 2080-LC50-48QBB [22].....	35
25.	Micrologix 1400, serie 1766-L32BXBA [24].....	36
26.	Familia S7-300, Serie CPU313-SIPLUS - Siemens [25] .....	36
27.	Sensor inductivo NPN, [26] .....	37
28.	Sensor de temeptratura PT-100, [29].....	37
29.	Flujómetro inductivo Endress Hauser, modelo Promag 10, [30] .....	38
30.	Tabla de calibres de cable [31] .....	39

31.	Sensor inductivo NPN de 24vdc.....	41
32.	Sensor inductivo NPN de 24vdc.....	41
33.	Sensor de temperatura PT100.....	42
34.	Flujómetro Endress Hauser, distancias mínimas [32].....	42
35.	Flujómetro Endress Hauser.....	43
36.	Base original y motor original de la lavadora de muestras.....	43
37.	Base, pola y motor utilizados.....	44
38.	Válvulas de agua, drenaje y vapor.....	45
39.	Mainfold y electroválvulas de 24 vdc.....	45
40.	Base para instalar lavadora de muestras.....	46
41.	Base para instalar lavadora de muestras.....	46
42.	Pulso del flujómetro.....	48
43.	Menú principal de la pantalla HMI de la lavadora de muestras.....	49
44.	Menú principal de la pantalla HMI de la lavadora de muestras.....	49
45.	Pantalla de lavado.....	50
46.	Pantalla de llenar la máquina.....	50
47.	Pantalla de llenar la máquina.....	50
48.	Función de vaciar máquina.....	50
49.	Función de girar.....	51
50.	Función de girar.....	51
51.	Función de dosificar químico.....	51
52.	Función de llenar con agua el tanque de químicos.....	52
53.	Función de calentamiento del sistema.....	52
54.	Función de calentamiento del sistema.....	52
55.	Función de calentamiento del sistema.....	53
56.	Función de calentamiento del sistema.....	53
57.	Pantalla PI&D de la lavadora de muestras.....	53
58.	Pantalla PI&D de la lavadora de muestras.....	53
59.	Pantalla de ayuda de la lavadora de muestras.....	54
60.	Pantalla de gráfico de temperatura.....	54
61.	Pantalla de gráfico de temperatura.....	54
62.	Pantalla de setup.....	55
63.	Pantalla de setup.....	55
64.	Lavadora de muestras automatizada.....	58
65.	Lavadora de muestras automatizada.....	58
66.	Vista frontal de la máquina.....	67
67.	Vista trasera de la máquina.....	68
68.	Lavadora provisional vista frontal.....	68
69.	Montaje del tablero provicinal.....	69
70.	Motor de 4 hp.....	69
71.	Instalación de tablero secundario, lavadora provisional.....	70
72.	Panel de control lavadora provisional.....	70
73.	Panel de control lavadora provisional.....	71
74.	Panel de control lavadora provisional.....	71
75.	Implementación de sistema de alivio de presión.....	72
76.	Serpentín de lavadora de muestras.....	72

77.	Sistema de calentamiento indirecto.....	73
78.	Flujómetro Endress Hauser .....	73
79.	Montaje en un 80 % vista trasera .....	74
80.	Montaje en un 80 % frontal .....	74
81.	Tablero de control parte superior .....	75
82.	Tablero de control parte superior .....	75





---

## Lista de cuadros

---

1.	Parámetros para el controlador PID [9] .....	14
2.	Presupuesto de mantenimiento preventivo y correctivo.....	19
3.	Componentes mecánicos para el sistema de rotación de la lavadora de muestras .....	19
4.	Valor de resistencia de los devanados del motor.....	22
5.	Presupuesto de mantenimiento correctivo y preventivo.....	23
6.	Presupuesto vrs. Costo .....	24
7.	Comparación de corriente nominal del motor vrs. corriente medida .	28
8.	Valor de potencia de teórica y actual.....	32
9.	Valor de potencia nominal y potencia propuesta .....	32
10.	Valor de corriente nominal y corriente real en voltaje 240 Vac y de 4hp	32
11.	Comparación de tipos de calentamiento .....	33
12.	Identificación del tipo de variables .....	34
13.	Comparación de PLCs .....	35
14.	Reglones de trabajo.....	39
15.	Selección de calibre de cable .....	39
16.	Costo de implementación de una lavadora de muestras .....	47
17.	Presupuesto estimado vrs. costo real implementación de la lavadora de muestras .....	47
18.	Listado de materiales para la acometida eléctrica .....	76
19.	Listado de materiales para tablero eléctrico de control.....	77
20.	Listado de actuadores y sensores para lavadora de muestras .....	78
21.	Listado para instalación de lavadora de muestras.....	78
22.	Listado materiales para líneas de bajada de aire, vapor y agua.....	79



Este trabajo de graduación tiene como objetivo modernizar el sistema de lavado y teñido de prendas de muestra, para el área de lavandería y tintorería de la empresa Visiontex S.A. En la manufacturación de prendas y telas es necesario simular el proceso para garantizar el acabado que el cliente solicita, es aquí donde surge la necesidad de tener lavadoras de muestras en donde se realicen las pruebas de texturizado y de teñido para posteriormente fabricarlo a gran escala. El proceso de teñir y texturizar una prenda comienza con la fase del cálculo de la curva de temperatura a la que se someterá y la selección de los reactivos con que las muestras alcancen el color requerido. Este proceso requerido conservar una relación de baño, es decir, la proporción de volumen de agua por kilo de prenda ingresada. Así también controlar las variables: nivel de agua, velocidad de giro con la que gira la lavadora, el tiempo de giro que tendrá por lado la canasta de la lavadora, el control de temperatura con base a la curva calculada, tiempo global del proceso y la fase de centrifugado. El proyecto a desarrollar iniciará con el desensamble de la lavadora, para darle mantenimiento correctivo y preventivo a las partes mecánicas, así como reparaciones al marco o chasis de la máquina y reemplazar las que estén dañadas, luego se elaborará un inventario de los componentes mecánicos, eléctricos, sensores y actuadores que requiera el sistema, la selección del PLC y pantalla HMI, con un análisis de costo-beneficio aceptable para la empresa. A continuación, se diseñará el sistema automático para la operación, la elaboración de los diagramas eléctricos, finalizando con las pruebas de funcionamiento, para identificar las mejoras necesarias y la elaboración del manual de operación y mantenimiento.



---

## Abstract

---

This graduation work aims to modernize the sample garment washing and dyeing system for the laundry and dry cleaning area of the company Visiontex S.A. For the manufacture of garments and fabrics, the process must be simulated to guarantee the finish that the client wants, this is where the need for a laboratory is seen to carry out the texturing and dyeing tests to later manufacture it on a large scale. The process for dyeing and texturing a garment begins with the phase of calculating the temperature curve to which it will be subjected and the selection of reagents so that the samples can achieve the color that the client wishes.

In this process it is necessary to preserve a bath ratio, that is, the proportion of water per kilo of garment entered. In this process, the variables must be controlled: water level, rotation speed with which the washing machine rotates, the rotation time that the basket of the laboratory washing machine will have on each side, the temperature control based on the calculated curve, overall time of the process and the centrifugation phase.

The project to be developed will begin with the disassembly of the washing machine, to give preventive maintenance of the mechanical parts, as well as repairs to the frame or chassis of the machine and replace those that are damaged, then an inventory of the mechanical and electrical components will begin. and of the sensors and actuators that will be necessary and that will intervene in the process, the selection of the PLC and HMI screen that present an acceptable cost-benefit for the company.

Next, the automatic system for the user will be designed and the electrical diagrams drawn up. At the end, complete functional tests of the laboratory washing machine will be carried out, to identify the necessary improvements and the preparation of the operation and maintenance manual.



# CAPÍTULO 1

---

## Introducción

---

En la industria textil obtener el color, el tono y el texturizado para una prenda o tela dependerá del proceso de la curva de calentamiento, también conocida como “receta”, la mezcla correcta de químicos o reactivos que lleve. Para validar cada receta, se realizan pruebas a baja escala, es decir, pruebas controladas con un mínimo de recursos y de materia prima, para observar el comportamiento de la curva de calentamiento y realizar los ajustes necesarios para posteriormente llevarlos a gran escala. Es donde el alcance de este trabajo de graduación tendrá como finalidad la modernización del sistema de lavado y teñido de prendas de muestra, para el área de lavandería y tintorería de la empresa Visiontex, S.A. que se realizará con la automatización y adaptación de una lavadora de industrial. Para alcanzar este objetivo, el trabajo se dividirá en dos fases que son el “desensamblaje y mantenimiento” y “diseño e implementación”. En la primera etapa se diagnosticará y se evaluará el estado de la máquina para identificar que trabajos se realizarán para tener la lavadora industrial en óptimas condiciones. En la segunda etapa se identificarán las variables de proceso, la cantidad de actuadores y sensores necesitará para controlar la máquina, las respectivas pruebas de funcionamiento y su posterior entrega a producción.





## CAPÍTULO 2

---

### Antecedentes

---

La empresa Visiontex S.A cuenta con 6 áreas de producción, estas son: preparación, tejeduría, lavandería, tintorería, secado y acabados. De acuerdo con el listado descrito, se tiene un total de 35 máquinas de las cuales el 60 % se encuentran en operación. En las áreas de lavandería y tintorería hay 8 máquinas distribuidas de la siguiente manera: 1 lavadora industrial con capacidad de 10 kg, 2 lavadoras con capacidades de 40 kg, 2 lavadoras con capacidades de 100 kg, 1 autoclave con capacidad de 25 kg, 1 autoclave con capacidad de 125 kg y 1 autoclave con capacidad de 250 kg. (Ver Figuras 1 y 2 )

De estas 2 áreas solo se encuentra una autoclave inhabilitada. El volumen de trabajo diario, del área de lavandería, tiene un estimado 5600 kg de prendas teñidas y texturizadas y el área de tintorería es de 300 kg. A corto plazo la empresa tiene planificada una ampliación en las áreas de telares, lavandería, tintorería y en la de acabados.

El flujo constante de producción en las áreas de lavandería y tintorería, surgió la necesidad de simular procesos de producción a pequeña escala, que se realizaran en lavadoras de muestras, solicitadas por el departamento de producción. Permitiendo al personal de producción desarrollar el producto con base a pruebas de teñido y texturizado, logrando así minimizar errores, reducir los tiempos producción y reajustar las curvas de calentamiento de programas de teñido (recetas de teñido), con lo cual se estará garantizando el acabado del producto que el cliente requiera y esto, indudablemente, representará un ahorro en costos de operación de los procesos de producción.



Figura 1: Autoclave 1 y 2, Área de tintorería



Figura 2: Lavadoras 4 y 5, Área de tintorería



## CAPÍTULO 3

---

### Justificación

---

La empresa Visiontex S.A., fabrica prendas de vestir y tela, necesita modernizar las áreas de lavandería y tintorería, con el propósito de mejorar los procesos de teñido y texturizado, con lo que se estará evitando errores en la producción, reprocesos por acabados, reduciendo tiempos de producción, errores de mezcla en químicos y desarrollo de nuevas recetas. La modernización del sistema, ahorrará costos por pérdidas de prendas, porque se tendrá una validación de los puntos críticos que surgen durante un proceso de teñido o texturizado, a través de una simulación del proceso, además abrirá un campo nuevo que actualmente la empresa no tiene, con es el desarrollo e investigación, en el que ensayaran nuevos procesos de teñido y texturizado, cuando un cliente lo requiera, permitiendo la creación de una subárea en producción, que se encargue de las fases de investigación y desarrollo de producto La modernización del sistema hará posible presentar un adelanto de lo que se producirá a gran escala al cliente, permitiendo recibir una retroalimentación al equipo de producción, por la información que se obtenga para el ajuste de la nueva receta y posteriormente su manufacturación, garantizando la satisfacción del cliente.



#### **4.1. Objetivo general**

Modernizar el sistema de lavado y teñido de telas y prendas para el área de lavandería y tintorería de la empresa Visiontex S.A.

#### **4.2. Objetivos específicos**

- Mantenimiento preventivo y correctivo de la lavadora que se usara como lavadora de muestras.
- Instalación de las líneas de alimentación (agua dura, vapor y aire) de las lavadoras de muestras.
- Seleccionar los componentes mecánicos y electrónicos que serán reutilizados o se encuentre en buen estado.
- Elaborar los planos eléctricos de las lavadoras de muestras.
- Diseñar el sistema que controle el funcionamiento de la lavadora de muestras.
- Diseñar una interfaz de fácil manejo para el operador.
- Elaboración de un manual de operación y mantenimiento del sistema de control automático.





### 5.1. Automatización

La automatización es un conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electrónicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano. [1] La automatización es utilizada en procesos que requieran ser optimizados y mejorar el funcionamiento de una maquina o línea de proceso industrial. Un sistema automatizado es capaz de ajustar sus operaciones en respuesta a los cambios de las condiciones externas, las tres etapas son: medición, evaluación y control.[2]

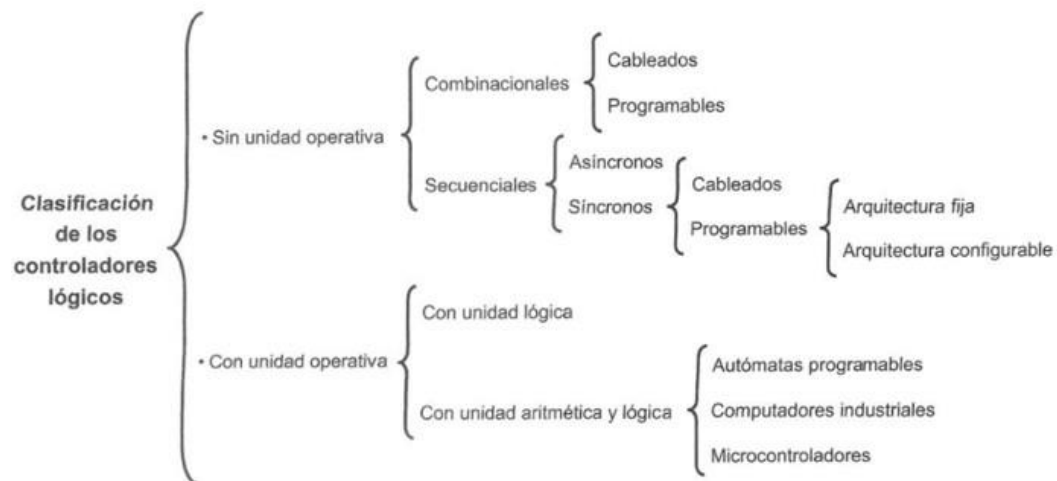


Figura 3: Clasificación de los controladores lógicos [3]

De acuerdo con la forma en que se utilizan las variables de salida se tienen dos tipos de sistemas:

### 5.1.1. Controladores lógicos en lazo abierto

Se dice que un sistema está en lazo abierto cuando las entradas no son afectadas o modificadas por los valores en las salidas de la planta. La exactitud de estos sistemas depende de su programación previa, así como la exactitud de la salida del sistema dependerá de la calibración del controlador. [4]

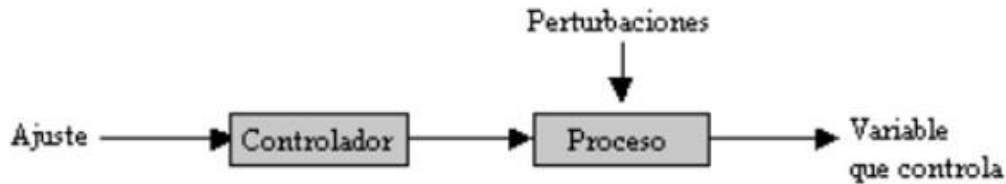


Figura 4: Controlador lógico en lazo abierto [5]

### 5.1.2. Controladores lógicos en lazo cerrado

Los controladores lógicos en lazo cerrado funcionan de tal manera que hace que el sistema se realimente, la salida vuelve al principio para que analice la diferencia y en una segunda opción realice un ajuste necesario hasta que el error sea 0.[4]

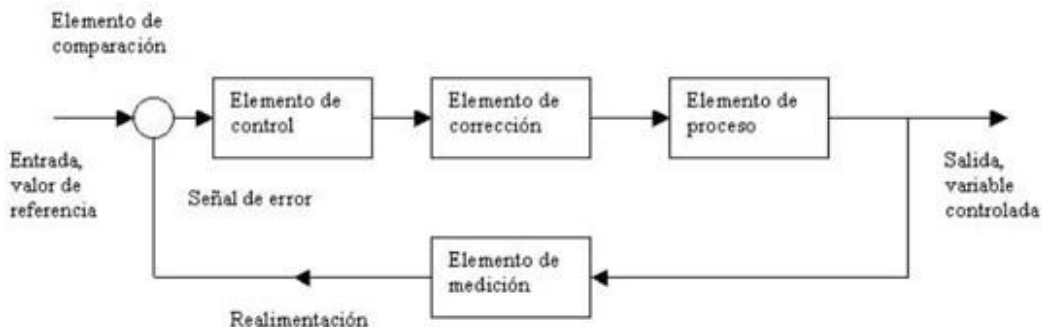


Figura 5: Controlador lógico en lazo abierto [6]

### 5.1.3. Autómatas programables

Los autómatas programables o PLCs (programmable logic controller) son sistemas electrónicos que utilizan memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de entrada y salida analógicos o digitales. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a vibraciones.[7]

## 5.2. Sensores

Los sensores son dispositivos electrónicos con la capacidad de detectar la variación de una magnitud tales como temperatura, pH, nivel, presión entre otros, para convertirlos en señales eléctricas ya sea digitales o analógicas. [8]

### 5.2.1. Tipos de sensores

- Sensores fotoeléctricos
  - o Responde a cambios de intensidad de luz.
- Sensores de proximidad
  - o Detectan objetos o señales que se encuentran cerca del sensor.
- Sensores finales de carrera
- Posición angular o lineal
  - o Potenciómetro.
  - o Encoder.
- Desplazamiento y deformación
  - o Magnetostrictivos.
  - o Sensor de desplazamiento inductivo (LVDT).
- Velocidad lineal y angular
  - o Dinamo tacométrica.
  - o Sensores de ángulo inductivo (RVDT).
- Aceleración
  - o Acelerómetro.
  - o Fuerza y par (deformación).
- Presión
  - o Piezoeléctricos.
  - o Membranas.
- Caudal
  - o Turbina.
  - o Magnético.
- Temperatura
  - o RTD.

- o Termistor NTC.
- Proximidad
  - o Capacitivo.
  - o Inductivo.

### 5.3. Controlador PID

El controlador PID es un controlador que se compone de otros tres controladores que son proporcional, integral y derivativo. Es un tipo de controlador frecuentemente usado en la industria debido a sus prestaciones, el 95 % de los problemas de la industria son resueltos por un controlador PID.[9] Este controlador puede ser parametrizado al variar los valores KP, KI y KD, una forma útil de poder conseguir una buena respuesta del controlador PID es seguir el Cuadro 1

Parámetro	Estabilidad	Error en estado estable	Tiempo de subida	Tiempo de asentamiento	Porcentaje de sobreelevación
Aumentar $K_p$	Degrada	Decrece	Crece	Cambio ligero	Crece
Aumentar $K_i$	Degrada	Se elimina	Crece	Crece	Crece
Aumentar $K_D$	Si $K_D$ es pequeño mejora	No hay cambio	Cambio ligero	Decrece	Decrece

Cuadro 1: Parámetros para el controlador PID [9]

### 5.4. Mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial es el conjunto de actividades necesarias para lograr un óptimo funcionamiento tanto de instalaciones, maquinaria y equipos. Incluye los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento correcto y el buen estado de conservación del sistema productivo y garantizar la producción en cualquier proceso industrial, su calidad y mantener un correcto funcionamiento de los equipos alargando su vida útil. [10]

#### 5.4.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se requiere cuando hay averías en el equipo o las instalaciones, durante un mantenimiento correctivo, las instalaciones o equipos dejan de operar hasta que se resuelve el problema.[11]

#### 5.4.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo de instalaciones o equipos industriales es aquel enfocado a la prevención de fallos en con el objetivo de reducir riesgos. Intenta reducir errores o averías con una revisión constante y planificada según las necesidades de cada industria. [10]

### 5.4.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en la investigación y observación de datos en busca de posibles anomalías en la maquinaria. [11]. Es un mantenimiento más técnico y avanzado, requiere de formación específica, conocimientos analíticos y necesita de equipos especializados. [10]

## 5.5. Lavadoras

Las lavadoras son equipos que están conformados por piezas eléctricas y mecánicas que realizan lavados de prendas eficientemente, utilizando ciclo que automatizan la tarea de lavado manual, ahorrando agua y tiempo. [12]



Figura 6: Partes de una lavadora [12]

### 5.5.1. Lavadoras industriales

La capacidad de carga en las lavadoras industriales corresponde a los kilos de prendas en seco, a diferencia de las lavadoras domésticas que su capacidad es en kilos de ropa mojada, obteniendo un ahorro considerable en el consumo de agua y luz. [13]

Otro aspecto es la capacidad de trabajo que tienen las lavadoras industriales, que permiten tener un uso de 12 a 14 horas por día dependiendo del fabricante, a diferencia de una lavadora domésticas que con un uso moderado se realizan entre dos a tres ciclos de lavado diario [14]. El mantenimiento y reparación de una lavadora industrial es más razonable y factible, por su vida útil que es más prolongado que el de una lavadora doméstica. [13]



Figura 7: Lavadora industrial[15]

#### 6.1. Desensamblaje

Como primer punto se comenzó con el desensamblaje de la máquina para evaluar la condición de las piezas mecánicas, eléctricas y del marco o chasis de esta, permitiendo diagnosticar la condición de los elementos eléctricos o mecánicos e identificar que podría ser reutilizado. Esta actividad se detalló a profundidad el conjunto de tareas de mantenimiento que deberían de llevarse a cabo para el funcionamiento de la máquina. (Ver Figura 8)



Figura 8: Lavadora parte frontal y posterior

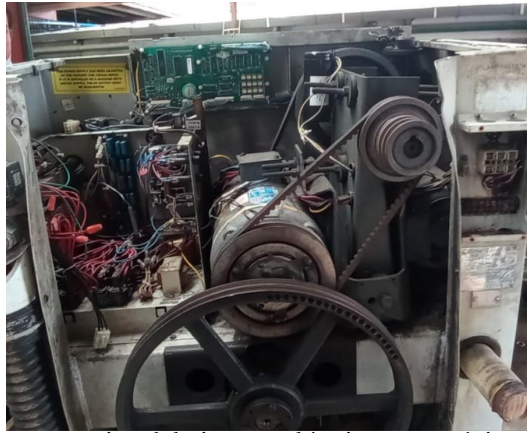


Figura 9: Vista posterior del sistema eléctrico y mecánico de la lavadora

Además, en el desensamblaje se ubicó la entrada de agua, de drenaje, un rebalse y también la evaluación para una posible entrada de vapor que se implementaría como parte de las adaptaciones que la máquina tendría, cumpliendo con uno de los requisitos solicitados por parte de los interesados. (Ver Figura 10)

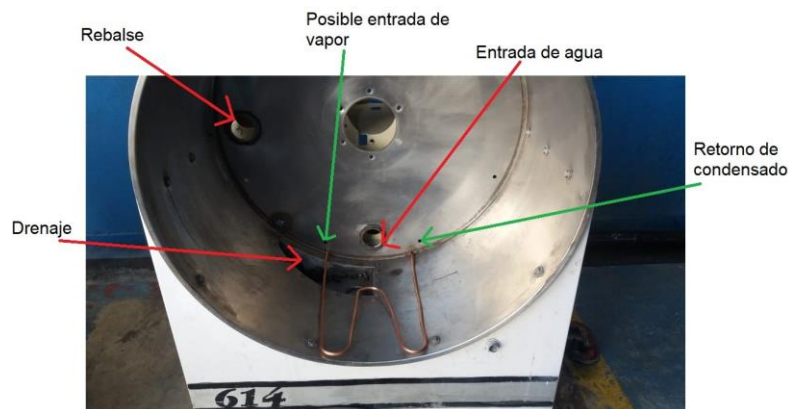


Figura 10: Identificación de entrada de agua, drenaje, rebalse y vapor.

## 6.2. Mantenimiento

El mantenimiento aplicado fue preventivo y correctivo; preventivo para los elementos mecánicos y eléctricos que presenten algún desgaste o que fuese imprescindible para el funcionamiento de la máquina, correctivo para marco o chasis, por las condiciones en la que se encontrón.

Para efectuar los mantenimientos preventivos y correctivos en la parte mecánica y eléctrica, se elaboró un presupuesto, para ejecutar esta etapa. Se consideró lo siguiente:



Actividad	Presupuesto
sistema de rotación	Q5,000.00
reparación de chasis	Q8,000.00
Limpieza general de la estructura	Q1,000.00
Mantenimiento de motores	Q1,500.00
Total	Q15,500.00

Cuadro 2: Presupuesto de mantenimiento preventivo y correctivo

### 6.2.1. Mantenimiento mecánico

El mantenimiento mecánico se dividió en 4 áreas las cuales son: sistema de rotación, reparación de chasis, limpieza general y ensamble mecánico de la máquina.

#### Sistema de rotación

En el sistema de rotación de la canasta se determinó que los sellos mecánicos y rodamientos presentaban un desgaste significativo, por lo que se procedió a cambiarlos por nuevos. Se verificó que el eje y los cuñeros estaban en buen estado.

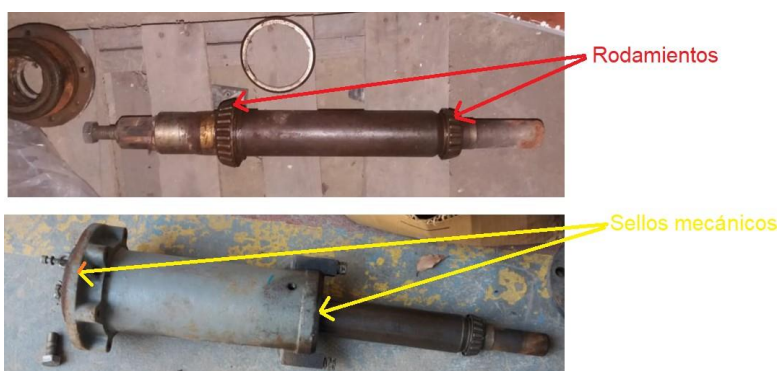


Figura 11: Eje de la canasta de la lavadoras de muestras

Cantidad	Componente
2	Retenedor mecánico 30 x 62 x 7 mm
1	Retenedor mecánico 30 x 45 x 7 mm
1	Rodamientos cónicos 4T-28920
1	Rodamientos cónicos 4T-322-28

Cuadro 3: Componentes mecánicos para el sistema de rotación de la lavadora de muestras



Figura 12: Sello mecánico antes de cambiarlo



Figura 13: Instalación de sello mecánico

## Reparación de chasis

La reparación del chasis inició con despintar la máquina, para observar con detalle, los puntos con mayor daño por corrosión. El procedimiento correctivo fue el siguiente:

1. Tomar medida de la sección a cortar del chasis
2. Cortar la sección que presenta corrosión
3. Soldar una placa de la misma medida y espesor de la sección retirada.
4. Pintar el chasis de la máquina



Figura 14: Evaluación de las secciones a reparar del chasis sección lateral



Figura 15: Chasis con reparaciones realizadas de la primera lavadora de muestras

### **Limpieza general de la estructura**

Se realizó una limpieza en las piezas de acero inoxidable y de la mirilla de la puerta por la presencia de una capa de permanganato y moho formada dentro del tambor de la lavadora y su alrededor, así mismo la acumulación de polvo y mota en la parte externar del tambor.



Figura 16: Tambor y canasta de la lavadora de meustras

### **Ensamblaje general**

En esta fase, se ensambló el sistema de rotación de la canasta, las piezas de acero inoxidable, la canasta, el drenaje y el chasis de la máquina, concluyendo así con la

etapa del mantenimiento mecánico.

### 6.2.2. Mantenimiento eléctrico

El mantenimiento eléctrico consistió en: diagnóstico del sistema de control de la máquina y diagnóstico del sistema de potencia.

#### Sistema de control

En el diagnóstico del sistema de control se identificó que la máquina contaba con tarjetas electrónicas, pulsadores, y un sistema de cierre eléctrico que consta de un microswitch y una bobina. Se encontró que las tarjetas electrónicas están dañadas físicamente por lo que no eran reparables. De los componentes identificados solo se utilizó el sistema de cierre eléctrico porque no presentaba daños.

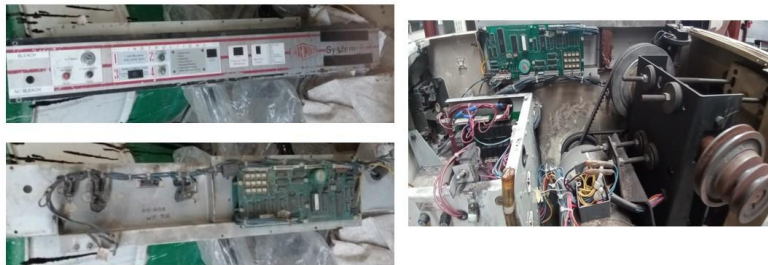


Figura 17: Sistema de control de la lavadora de muestras

#### Sistema de potencia

En el diagnóstico del sistema de potencia, se realizaron mediciones en el embobinado y pruebas de funcionamiento, para identificar daños en piezas mecánicas o eléctricas, además de la revisión de cojinetes y arandelas de precarga como parte del mantenimiento preventivo.

Las mediciones se hicieron con un multímetro y se encontró que la resistencia en cada bobina de los motores se encontraban en un rango aceptable entre 11.70 ohms a 11.89 ohms. [16]

devanado	Valor de resistencia
1	11.78 ohms
2	11.89 ohms
3	11.70 ohms

Cuadro 4: Valor de resistencia de los devanados del motor

Posteriormente se realizaron pruebas conectando el motor a un guarda motor y del guardamotor a un tablero de distribución eléctrica mediante un disyuntor, para determinar ruidos anormales. Tras las pruebas realizadas se encontró que los motores están en buen estado, no presentan ruidos extraños, por seguridad se verificó el estado

de los cojinetes y la arandela de precarga. La revisión confirmó el buen estado de estos elementos. La validación del buen estado de los elementos proporcionó un ahorro significativo en esta fase.



Figura 18: Motores eléctricos

### 6.2.3. Gastos de mantenimiento preventivo y correctivo

De acuerdo con el diagnóstico en el que se identificaron los elementos mecánicos, se elaboró un listado de los materiales y herramientas necesarios para el trabajo, respetando el presupuesto elaborado para el mantenimiento correctivo y preventivo.

Cantidad	Material/Elemento mecánico	Costo unitario	Costo total
2	Lamina negra 4 X 8 X 1/4	Q1446.75	2893.50
8	Retenedor mecánico 30 x 62 x 7 mm	Q 30.00	Q 240.00
4	Retenedor mecánico 30 x 45 x 7 mm	Q 40.00	Q 160.00
2	Rodamientos cónicos 4T-28920	Q 250.00	Q500.00
2	Rodamientos cónicos 4T-322-28	Q 250.00	Q500.00
2	1 lb de electrodo 3018-3/32	Q 250.00	Q 500.00
6	bote de pintura	Q 250.00	Q 1500.00
4	bote de fastil	Q 125.50	Q 500
4	Empaque tipo 1	Q 80.00	Q 320.00
4	Empaque tipo 2	Q 105.38	Q 421.52
2	Tubo de acero inoxidable de 1/4"	Q 456.38	Q 912.76
20	codos lisos de acero inoxidable de 1/4"	Q 40.00	Q 800.00
50	pliego de lija (varios tipos)	Q 4.00	Q 200.00
4	pedra alumbre	Q 45.50	Q 182.00
	total		Q 7,950.27

Cuadro 5: Presupuesto de mantenimiento correctivo y preventivo

El gasto del mantenimiento fue menor del 55 % del presupuesto, obteniendo un ahorro considerable y dando una holgura para el presupuesto del montaje de la máquina que se haría posteriormente. (Ver Cuadro 6)

Presupuesto	Costo	Ahorro %	Valor del ahorro
Q 15,500	Q7,950.27	48.70 %	Q 7,549.73

Cuadro 6: Presupuesto vrs. Costo

### **7.1. Fase 1: diseño e implementación**

#### **7.1.1. Identificación de las variables de proceso**

Para realizar el sistema de control de las lavadoras de muestras se identificaron las variables del proceso, que intervienen durante un ciclo de funcionamiento, siendo estas:

1. Nivel de agua
2. Temperatura
3. Velocidad de giro de la canasta
4. Número de vueltas por lado

#### **Nivel de agua**

La importancia de controlar el nivel de agua es por la relación entre el peso de la prenda y el volumen de agua.

#### **Temperatura**

Para que la prenda alcance el color deseado, tiene que pasar por un proceso de calentamiento. El proceso consta de los siguientes pasos:

1. Alcanzar la temperatura en un periodo de tiempo.
2. Mantener la temperatura por un período de tiempo.
3. Repetir paso 1 y 2 las veces necesarias

### **Velocidad de giro de la canasta**

Dependiendo del tipo de prenda y el proceso de teñido a simular, se necesita regular la velocidad de trabajo de la canasta de la lavadora de muestras, por lo que trabajará en un rango amplio de velocidades. Para un proceso de teñido la prenda cae en forma de medialuna (Ver Figura 19), esto permite que no se entorche y se distribuya el reactivo de manera uniforme en la prenda.



Figura 19: Caída de prendas en lavado  
[17]

### **Número de vueltas por lado**

El número de vueltas por lado permite que no se entorchen las prendas unas con otras durante el proceso.



### 7.1.2. Diagrama de flujo del funcionamiento de la lavadora de muestras

Se elaboró un diagrama de flujo para comprender el funcionamiento que tendría una lavadora de muestras, durante una simulación de un proceso.

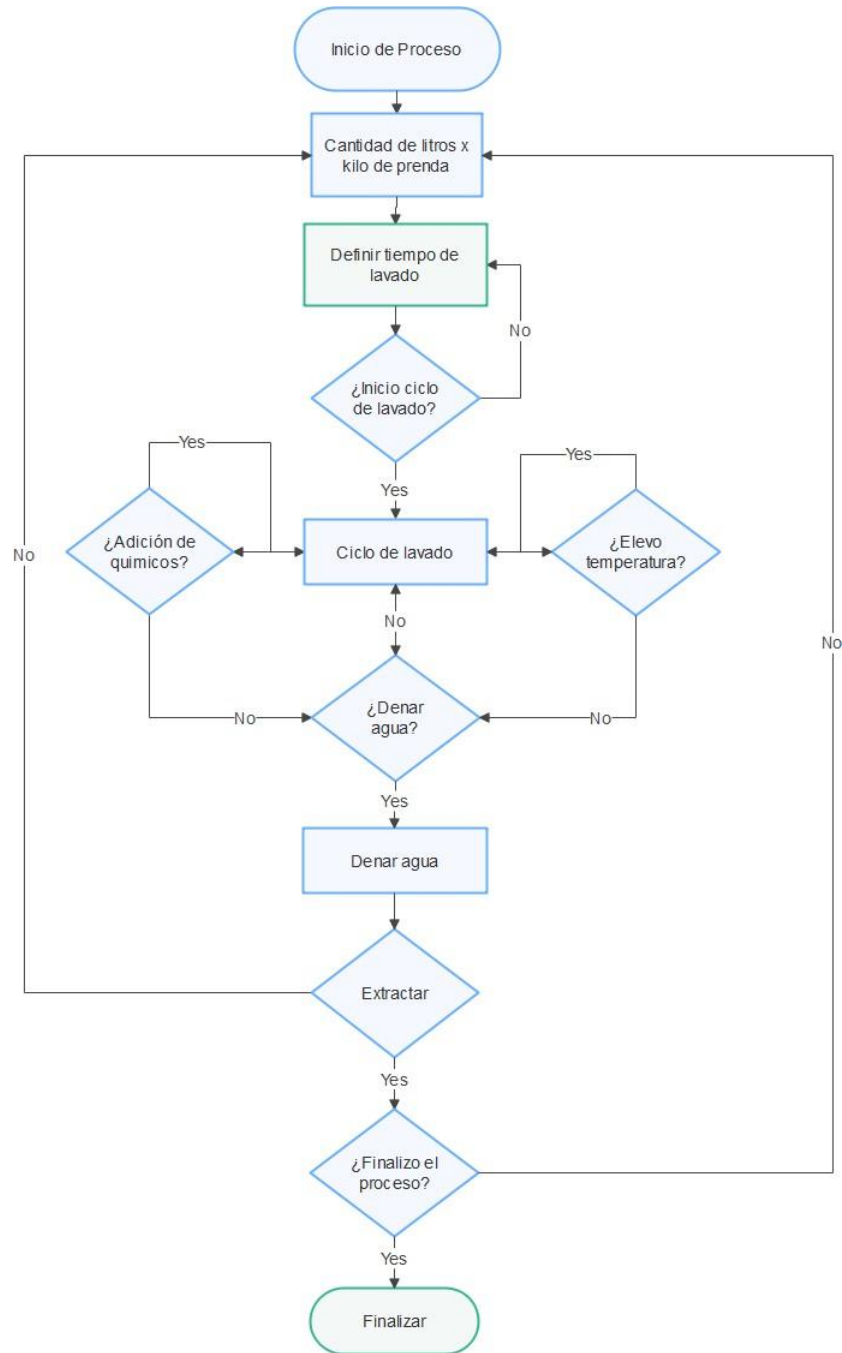


Figura 20: Diagrama de flujo del proceso de teñido y lavado

### 7.1.3. Prueba de los motores en la aplicación

Para evaluar el desempeño de los motores eléctricos se optó por construir un tablero provisional con lógica de contactos. Los componentes del tablero son:

1. Variador de frecuencia
2. Selectores
3. Control de temperatura
4. Display de lectura de rpm
5. Temporizadores

Las pruebas de funcionamiento mostraron que el motor que se utilizaría para girar la canasta de la lavadora de muestras, presentó problemas de un consumo de corriente por arriba del doble de la corriente nominal, cuando trabajaba con carga (ver Cuadro 7), es decir agua + prendas, esto ocasionaba que las protecciones magnetotérmicas y las protecciones del variador de frecuencia se activaran, se optó por no usarlos por las razones siguientes: salvaguardar el equipo y por no cumplir con un ciclo de producción, que es de aproximadamente 1.5 hrs.

Valor de corriente nominal	Valor de corriente medida
2.1 A	9.6 A

Cuadro 7: Comparación de corriente nominal del motor vrs. corriente medida

### 7.1.4. Cálculo teórico

Para corregir la ineficiencia que se tuvo con los motores se calculó la potencia nominal, para el funcionamiento de los nuevos motores. Se partió de las ecuaciones 1 y 2. La potencia teórica se sobredimensionó por un factor de servicio (Ver Figura 21) y se comparó con la potencia nominal del motor que se usó en la fase 1.

$$\sum T = I\alpha \quad (1)$$

donde:

$\tau$  = torque ( $N * m$ ).

$I$  = momento de inercia ( $kg * m^2$ ).

$\alpha$  = aceleración angular ( $rad/s^2$ ).

$$H = \frac{T * W * F_s}{9550 * 0.746} \quad (2)$$

donde:

$H$  = potencia (hp)

$W$  = velocidad angular (rpm)

$F_s$  = factor de trabajo

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Características del par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

Figura 21: Factor de servicio [18]

## Cálculo de momentos de inercia

Se calculó por separado cada momento de inercia que está presente durante la simulación del teñido para después aplicar la ecuación de superposición de inercias. Se consideraron los siguientes momentos de inercia: momento inercia de la canasta de la lavadora, momento de inercia del eje, de la polea inducida y de las prendas + el volumen de agua que ingresa. Según especificaciones de producción se trabajará con 5 kg de prenda con una relación de baño de 1 a 10, es decir, por cada kilo de prenda que ingresa se vierten 10 kilos de agua.

1. Momento de inercia de canasta de lavadora: se modeló la canasta como cilindro vacío por su forma.

$$I_1 = \frac{M_1 * (D^2 + d^2)}{8} \quad (3)$$

$$I_1 = \frac{75.82 * (0.9^2 + 0.89^2)}{8} = 15.183kg * m^2$$

Descripción	Variable	Valor
masa [kg <sub>m</sub> ]	$M_1$	75.82
diámetro int [m]	$d_1$	0.89
diámetro ext [m]	$D_1$	0.9

2. Momento de inercia del eje de la lavadora de muestras: el eje se modeló como un cilindro completamente uniforme.

$$I_2 = \frac{M_2 * D_2^2}{8} \quad (4)$$

$$I_2 = \frac{22.72 * 0.05^2}{8} = 0.0071kg * m^2$$

Descripción	Variable	Valor
masa [ $kg_m$ ]	$M_2$	22.72
diámetro [ $m$ ]	$D_2$	0.05

3. Momento de inercia de la polea inducida: se consideró a la polea como un disco uniforme.

$$I_3 = \frac{M_3 * D_3^2}{8} \quad (5)$$

$$I_3 = \frac{15.9 * 0.465^2}{8} = 0.429kg * m^2$$

Descripción	Variable	Valor
masa [ $kg_m$ ]	$M_3$	15.9
diámetro [ $m$ ]	$D_3$	0.465

4. Momento de inercia del producto (prendas + agua): para obtener el conjunto de prendas + agua se modelo con base en la forma de la canasta de la lavadora de muestras, considerando que el producto ocupa la mitad de la forma de la canasta sobre el eje perpendicular.

$$I_4 = \frac{M_6 * D_6^2}{16} \quad (6)$$

$$I_4 = \frac{55 * 0.88^2}{16} = 2.662kg * m^2$$

Descripción	Variable	Valor
masa de la prenda [ $kg_m$ ]	$M_4$	5
masa del agua [ $kg_m$ ]	$M_5$	50
masa total [ $kg_m$ ]	$M_6 = M_5 + M_4$	55
diámetro [ $m$ ]	$D_4$	0.88

5. Superposición de momentos de inercia

$$\sum I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (7)$$

$$I_{tot} = 15.183 + 0.0071 + 0.429 + 2.662 = 18.281kg * m^2$$

## Cálculo de potencia

1. Aceleración angular: para calcular la aceleración angular se tomó la medición de la velocidad angular, que permite que las prendas caigan en forma de media luna, mediante un medidor de rpm y paralelamente se tomó el dato con un cronómetro el tiempo en que la canasta llegará a la posición anteriormente descrita.

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{3.665}{3} = 1.221 \text{ rad/s}^2$$

Descripción	Variable	Valor
tiempo [s]	t	3.00
velocidad angular [RPM]	$\omega$	35
velocidad angular [rad/s]	$\omega$	3.665

2. Sumatoria de torques: Utilizando los valores obtenidos de las ecuaciones 7 y 8 y colocándolos en la ecuación 1 se obtuvo

$$\Sigma \tau = 18.281 * 1.221 = 22.336 \text{ N} * m$$

Descripción	Variable	Valor
Momento de inercia total [ $\text{kg} * m^2$ ]	$I_{tot}$	18.281
Aceleración angular [ $\text{rad/s}^2$ ]	$\alpha$	1.221

3. Potencia: para el cálculo de potencia se consideró un factor de diseño de 1.5 y un factor de servicio de 1.8, utilizando el valor obtenido de la ecuación 1 y sustituyéndolo en la ecuación 2 se obtuvo.

$$H = \frac{22.336 * 35 * 1.8 * 1.5}{9550 * 0.746} = 0.296 \text{ hp}$$

Descripción	Variable	Valor
torque [ $\text{N} * m$ ]	$\tau$	22.336
velocidad angular [RPM]	$\omega$	35
factor de diseño	$n_d$	1.5
factor de servicio	$F_s$	1.8

## Comparación de potencias

La comparación determino que se requiere un motor de mayor potencia para hacer girar la canasta de la lavadora de muestras, el valor teórico y el valor nominal de la placa del motor son cercanos (ver Cuadro 8). Tras realizar una investigación sobre eficiencia de los motores eléctricos trifásicos, se encontró que: “En virtud de que la mayoría de los motores eléctricos presentan su mayor eficiencia al 75 % de factor de carga, es conveniente que la elección de la potencia de un motor sea para que este trabaje al 75 % de carga. Así trabajará en el rango de alta eficiencia y tendrá un 25 % de capacidad adicional para soportar mayores cargas de trabajo, evitando también el sobrecalentamiento del motor” [19].

Potencia teórico	Potencia nominal
0.296 Hp	0.5 Hp

Cuadro 8: Valor de potencia de teórica y actual

Con la información obtenida con la investigación se procedió a realizar la segunda iteración para determinar la potencia del motor que la lavadora de muestras necesita para girar la canasta. Se utilizó el valor de la potencia nominal del motor utilizado en la fase 1 y se sobredimensiono en un 400 %. Con el valor obtenido se procedió a la búsqueda de un motor con una potencia comercial cercana.

Potencia teórica	Potencia comercial
2 Hp	4 Hp

Cuadro 9: Valor de potencia nominal y potencia propuesta

## Segunda prueba con nuevo motor

La empresa contaba con un motor de 4 hp y un variador de 5hp se procedió al cambio de motor y variador de frecuencia y se midió el consumo de corriente cuando la máquina estaba cargada (Ver Cuadro 10). Con las mediciones obtenidas, el consumo de corriente del motor no superaba la corriente nominal que indica la placa del motor, cumpliendo así con la operación continua que se requiere para una simulación de proceso. (Ver en anexos Figuras 70 y 71).

Corriente nominal	Corriente real
8.03 A	7.15 A

Cuadro 10: Valor de corriente nominal y corriente real en voltaje 240 Vac y de 4hp

### 7.1.5. Calentamiento del sistema

En la empresa existen procesos que se trabajan con sistema de calentamiento directo e indirecto, se evaluó los dos tipos de calentamiento para obtener información y con base a esto implementar el sistema de calentamiento que no altere o perjudique

el proceso. En ambos calentamientos se trabaja con vapor seco. En el calentamiento directo, el vapor tiene contacto directo con el proceso, en cambio el calentamiento indirecto, el vapor pasa a través de un serpentín o intercambiador de calor además de contar con un sistema adicional para el condensado que se genera, este consiste usualmente en una trampa de vapor y un cheque (ver Figura 22).

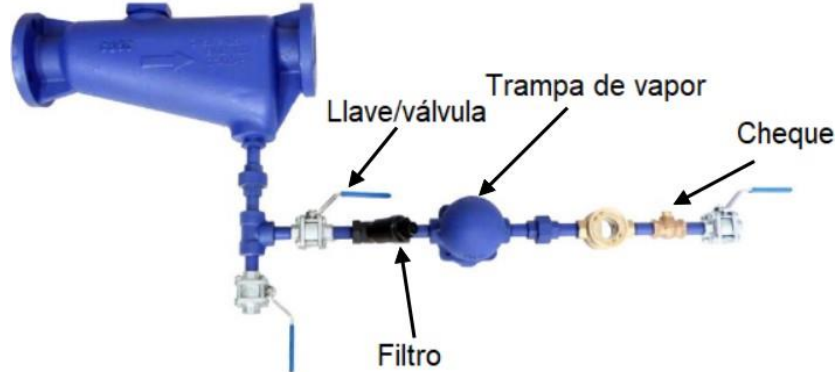


Figura 22: Sistema de trampeo [20]

En la primera iteración se realizaron pruebas con calentamiento directo, con base a los resultados obtenidos por pruebas físicas, se elaboró un cuadro de cualidades entre calentamiento directo vrs calentamiento indirecto.

Calentamiento	Ventajas	Desventajas
Directo	Menor tiempo de calentamiento Menor costo de instalación No requiere de mayor mantenimiento	Altera el proceso Acumulación de condensado Mayor presión = fugas
Indirecto	No hay contacto directo con el proceso Se aprovecha el condensado No genera mucha presión	Tiempo en el proceso se extiende Mayor costo de instalación Mantenimiento periódico

Cuadro 11: Comparación de tipos de calentamiento

El tipo calentamiento seleccionado fue el calentamiento indirecto, porque no afecta la relación de baño durante un proceso de simulación en la máquina, el condensado retorna al tanque de condensado de la caldera.

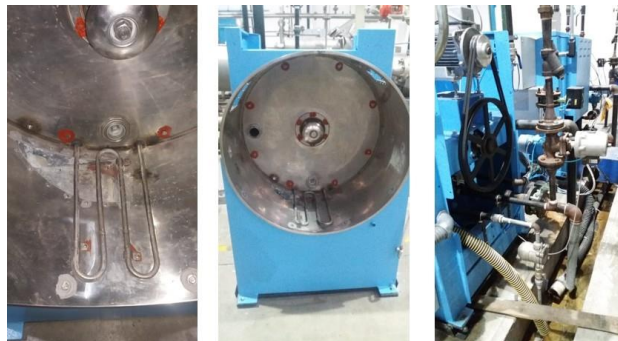


Figura 23: Sistema de calentamiento indirecto

Además se identificó un aspecto importante que no se había previsto, tiene que ver con la presión que se genera dentro del tambor de la lavadora, cuando se utiliza

vapor, al ser una máquina que no está diseñada para soportar presiones elevadas, los gases que se acumulan dentro del tambor, van a encontrar una salida, que no es la salida que trae la máquina, como por ejemplo fugas en la puerta cuando se alcanzaba la temperatura de 80°C. Para resolver esta situación se incorporó un ducto de alivio o escape, que ayude a eliminar los gases formados, como otra ruta de escape. En esta primera iteración solo se contaba con una salida.

Para el segundo escape se utilizó una copla de acero inoxidable de un diámetro de 2" y una manguera resistente a la temperatura. Las pruebas físicas confirmaron la necesidad de 2 vías de escape o bien usar aumentar 1" más el diámetro del ducto que se incorporó, para evitar la acumulación de gases.

## 7.2. Fase 2: diseño e implementación

Con los resultados de la primera fase se determinaron las variables necesarias, para que la máquina pudiese llevar un proceso de simulación. La segunda fase de diseño consistió en la selección e implementación del control con PLC y una interfaz HMI.

### 7.2.1. Identificación de variables a controlar

Para seleccionar el PLC, se identificaron las variables que el automatata programable tiene que controlar durante el proceso. Se elaboró una tabla para identificar las entradas y las salidas, tanto digitales como analógicas.

Descripción	Entrada	Salida	Digital	Analógica
Temperatura	x			x
Velocidad de giro de la canasta	x			x
Número de vueltas por lado	x		x	
Nivel de agua	x		x	
gradiente de temperatura	x			x
Tiempo de operación	x			
Válvula de apertura de agua		x	x	
Válvula de apertura de vapor		x	x	
Válvula de apertura de drenaje		x	x	
Válvula de apertura de dosificado de químicos		x	x	
Válvula de apertura de llenado de tanque de químicos		x	x	

Cuadro 12: Identificación del tipo de variables

### 7.2.2. Selección de PLC

Con las variables identificadas en el Cuadro 12 se compararon 3 modelos de plc, en los que se consideraron los siguientes aspectos:



1. Capacidad de E/S
2. Costo del plc
3. Software: si cuenta con una versión gratuita o comprar la licencia para programarlo
4. Estado: si el plc se encuentra en el mercado y distribuido por el representante de la marca.

Las razones por la que se consideraron solo 4 aspectos, fue porque la velocidad de procesamiento y manejo de datos, no es tan crítica y por el presupuesto asignado para esta segunda fase de montaje.

Modelo	capacidad de E/S	Escalable	Costo	Software	Estado
Micro850	compacto	Si	Q 2,740.00	Incluido	Vigente
Micrologix1400	Modular	Si	Q 1,600.00	Incluido	Descontinuado
Siemens S7 300	Modular	Si	Q 11,200.00	No incluido	Vigente

Cuadro 13: Comparación de PLCs

### Familia Micro800, controlador Micro850 - AllenBradly

1. EtherNet/IP™ para programación con Connected Components Workbench™, aplicaciones RTU y conectividad de HMI.
2. Expandible hasta un máximo de 132 puntos de E/S digitales en un controlador de 48 puntos, con módulos E/S de expansión Micro850.
3. Acepta hasta cuatro módulos E/S de expansión
4. Versión estándar del software Connected Components Workbench disponible para descarga gratis. [21], [22]

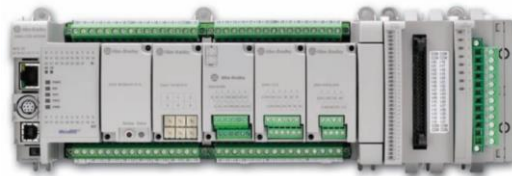


Figura 24: Micro850, serie 2080-LC50-48QBB [22]

### Familia Micrologix 1000, controlador Micrologix 1400 - AllenBradly

1. EtherNet/IP™ y conectividad de HMI.
2. Expandible hasta un máximo de 1762 puntos de E/S digitales.
3. Versión estándar para descarga gratis.[23]
4. Descontinuado, el representante de la marca en Guatemala, ya no los distribuye el plc.



Figura 25: Micrologix 1400, serie 1766-L32BXBA [24]

### **S7-300 -Siemens**

1. CPU independiente de los módulos E/S.
2. Procesamiento de datos de 0.2  $\mu$ s a 0.4  $\mu$ s (bit por minuto) para el modelo 312C.
3. Software, se tiene que comprar la licencia para programar el plc.[25]



Figura 26: Familia S7-300, Serie CPU313-SIPLUS - Siemens [25]

Según lo descrito anteriormente, se seleccionó la opción 1, controlador Micro850, porque la aplicación no requiere un controlador modular, el proceso a realizar no requiere muchas entradas ni salidas, el software de programación lo proporciona el fabricante, es decir está incluido, no requiere de un nivel de procesamiento de datos, como lo tendría el controlador siemens S7-300, además trae integrado E/S, lo que resulta conveniente en la adquisición de módulos de E/S digitales, lo que representa ahorro.

Otro aspecto muy importante es que el plc se encuentra en la mitad de su vida útil, es decir, hay actualizaciones constantes de software, el distribuidor autorizado localmente cuenta con una variedad de módulos y hay soporte por parte del fabricante y del representante de la marca en Guatemala.

### 7.2.3. Selección de sensores

Se seleccionaron los sensores que proporcionaran información sobre las variables de proceso, que el controlador necesite y siendo estos:

1. Sensor inductivo (sensor de proximidad).
2. RTD (sensor de temperatura).
3. Flujómetro.

#### Sensor inductivo NPN

Para controlar el número de vueltas por lado que da la máquina fue conveniente utilizar un sensor de proximidad. Se seleccionó un sensor inductivo NPN, el cual se colocará cerca de la polea de mayor diámetro, la cual tendrá una pestaña de metal, que será detectada por el sensor. La señal que maneja el sensor es de 24 vdc.



Figura 27: Sensor inductivo NPN, [26]

#### Sensor de temperatura PT-100

Para la variable de temperatura se seleccionó un sensor PT-100, por ser uno de los más comunes y comerciales, además el rango de temperatura durante un proceso oscila entre los 20°C y 100°C. El tipo material con que está fabricado el RTD, influirá en la medición, se seleccionó una PT-100 hecha de platino, porque es el más cercano en rango de operación (0°C . . . +100°C), esto permitirá una lectura precisa durante una simulación del proceso.[27], [28]



Figura 28: Sensor de temperatura PT-100, [29]

## Flujómetro inductivo

El flujómetro tiene que detectar el ingreso de fluido rápido, por especificaciones de producción. La simulación del proceso que se llevará en la máquina, no debe tener una desviación mayor de 2 litros de agua, porque puede influir en el acabado final de la muestra. Se seleccionó un flujómetro inductivo, que parte del principio de usar el fluido como conductor, para el paso de voltaje que el mismo sensor produce y así medir el flujo de agua, esto proporciona una ventaja al no depender de un sistema mecánico interno, como en otros sensores.

El flujómetro que se usó fue un Endress Hauser Promag 10d, este sensor puede detectar diferentes tipos de fluidos capaz de medir flujo y volumen.



Figura 29: Flujómetro inductivo Endress Hauser, modelo Promag 10, [30]

## 7.3. Presupuesto

El presupuesto para la modernización de la máquina se integró con los siguientes reglones: instalación de la acometida eléctrica, instalación eléctrica del tablero de control, instalación de actuadores/sensores, instalación de la lavadora de muestras e instalación de líneas de alimentación (aire, agua y vapor). Este presupuesto solo contempla materiales repuestos y accesorios eléctricos, lo concerniente a mano de obra no se tomó en cuenta porque no se tercerizaría el montaje eléctrico como mecánico, es decir, que la instalación se realizó con personal de la empresa. (Ver Cuadro 14)

### 7.3.1. Instalación de la acometida eléctrica

La instalación de la acometida eléctrica se realizó desde un tablero de distribución sward D de 380 Vac trifásico, utilizando cable THHN 10 AWG.

No.	Reglón	Cantidad	Total
1	Instalación de acometida eléctrica	1	Q5,500.00
2	Instalación tablero de control	1	Q28,000.00
3	Instalación de sensores/actuadores	4	Q25,000.00
4	Instalación de lavadora de muestras	1	Q3,000.00
5	Instalación de líneas de alimentación	3	Q6,000.00
	Total		Q67,500.00

Cuadro 14: Reglones de trabajo

### Selección del calibre del cable

El calibre del cable se seleccionó en función de la corriente que consume la lavadora de muestras, se tomó la corriente nominal del motor + 30 % de margen de seguridad, tomando como referencia la Figura 30.

*Corriente teórica = Corriente nominal del motor + 30 % corriente nominal del motor*

$$\text{Corriente teórica} = 16.2 + (0.3 \times 4.86)$$

$$\text{Corriente teórica} = 21.06 \text{ A}$$

donde:

$$\text{Corriente nominal del motor} = 16.2 \text{ A}$$

$$30 \% \text{ corriente nominal del motor} = 4.86 \text{ A}$$

Corriente teórica	Calibre del cable
21.06 A	THHN 10 AWG @ 30 A

Cuadro 15: Selección de calibre de cable

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Figura 30: Tabla de calibres de cable [31]

### **7.3.2. Instalación eléctrica del tablero de control**

En la instalación eléctrica del panel de control, se incluyó, el cableado interno de los componentes eléctricos y el posicionamiento del mismo. Para el cableado interno del tablero y señales de control se utilizaría los siguientes tipos de cable:

1. Cable THHN 18 AWG rojo para las entradas digitales del PLC.
2. Cable THHN 18 AWG rojo para las salidas digitales del PLC.
3. Cable de control de 25 hilos THHN 18 AWG; este tipo de cable viene enumerado por lo que facilita el trabajo de identificación de líneas, también se utilizó para el resto de señales internas del tablero.
4. Cable de control de 4 hilos THHN 18 AWG: para el flujómetro.
5. Cable de control de 2 hilos THHN 22 AWG con blindaje: para la señal analógica del sensor de temperatura.

### **7.3.3. Instalación de sensores y actuadores**

#### **Sensores**

La instalación de los sensores consistió en: ubicación, instalación y cableado eléctrico.

#### **1. Sensor inductivo**

Se instaló el sensor inductivo cerca de la polea de mayor diámetro para la lectura del número de vueltas que da la canasta de la lavadora de muestras. Se ubicó por debajo de la base que sostiene el eje de la canasta. No requirió de cable adicional el sensor inductivo, porque el cable fue lo suficientemente largo para la conexión a la bornera del tablero de control.



Figura 31: Sensor inductivo NPN de 24vdc

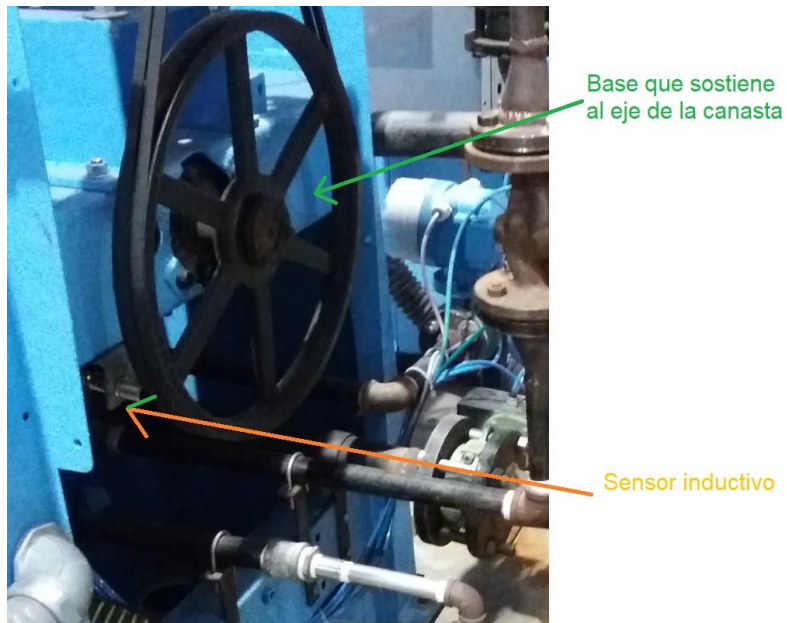


Figura 32: Sensor inductivo NPN de 24vdc

## 2. Sensor temperatura PT100

Se ubicó el sensor de temperatura con base en el nivel mínimo que puede trabajar la máquina, que es 5 lt. según con las especificaciones de producción.

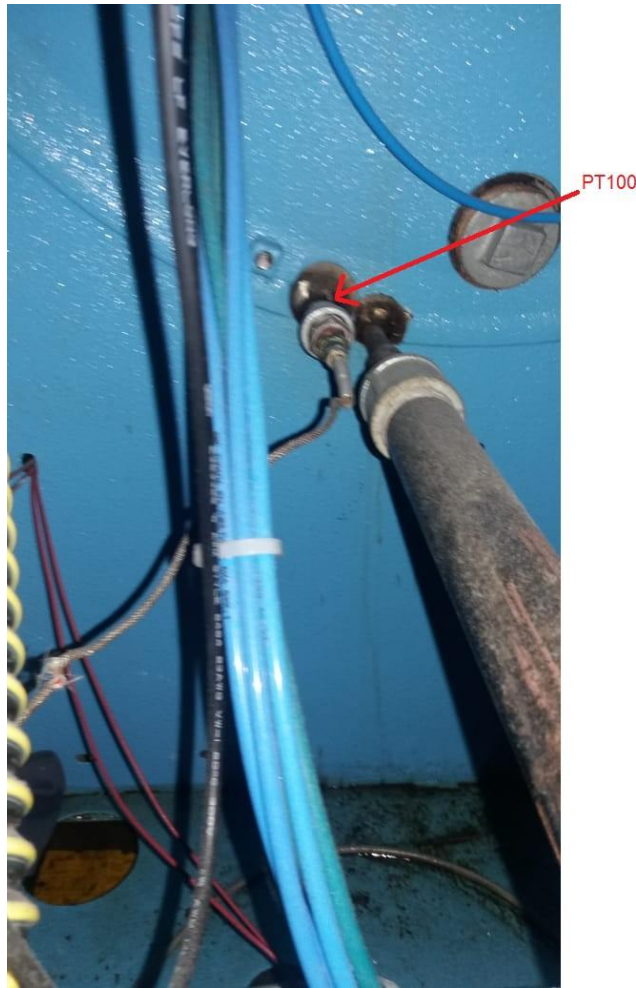


Figura 33: Sensor de temperatura PT100

### 3. Flujómetro

La instalación del flujómetro se realiza con base a distancias mínimas de entrada y salida de tubería, que conectan con el sensor, proporcionadas por el fabricante (Ver Figura 34), Las distancias permiten minimizar el ruido que surge por el flujo de agua que pasa a través del sensor.

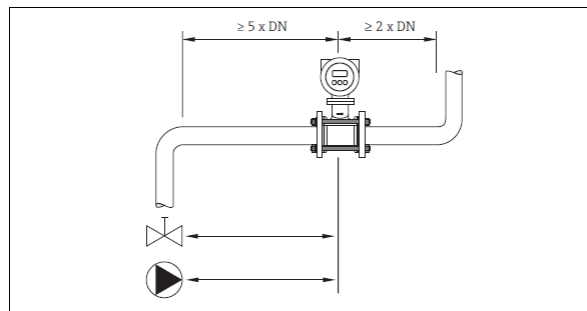


Figura 34: Flujómetro Endress Hauser, distancias mínimas [32]





Figura 35: Flujómetro Endress Hauser

## Actuadores

La instalación de actuadores consistió en: ubicación e instalación del motor eléctrico, instalación de válvulas neumáticas y electroválvulas.

### 1. Motor eléctrico

La empresa contaba con un motor 7 hp @ 380 vac, que se instaló en la lavadora de muestras, se fabricó una base y una polea por las siguientes razones:

- \* Respetar el paso y longitud de las fajas o correas de transmisión de potencia.
- \* La base original no se ajustaba al motor que la empresa tenía disponible.

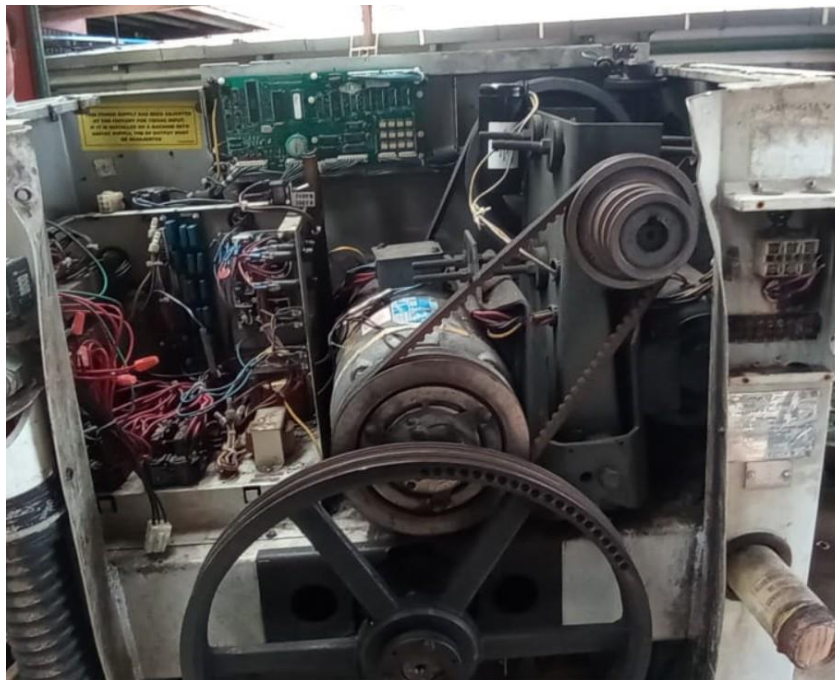


Figura 36: Base original y motor original de la lavadora de muestras

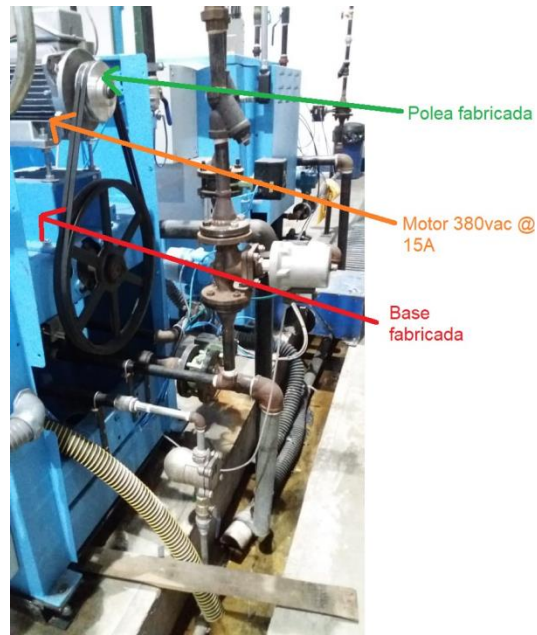


Figura 37: Base, pola y motor utilizados

## 2. Válvulas

Se instalaron dos válvulas neumáticas de mariposa para la entrada de agua y drenaje, una válvula de asiento inclinado para la dosificación de químicos, una electroválvula de muelle para la entrada de vapor y una válvula de diafragma para el llenado del tanque de químicos. La selección de este tipo de válvulas se basó en el siguiente criterio:

- \* La empresa contaba a su disposición con un stock válvulas y electroválvulas descritas anteriormente.
- \* Se utilizó válvulas de mariposa, porque la presión en el circuito de agua es de 40 psi y las válvulas de mariposa instaladas están diseñadas para soportar aproximadamente 87 psi (6 bar).
- \* Se seleccionó la válvula de muelle para la entrada de vapor, porque la presión en el circuito de vapor es de 87 psi (6 bar), la válvula instalada soporta 250 psi.

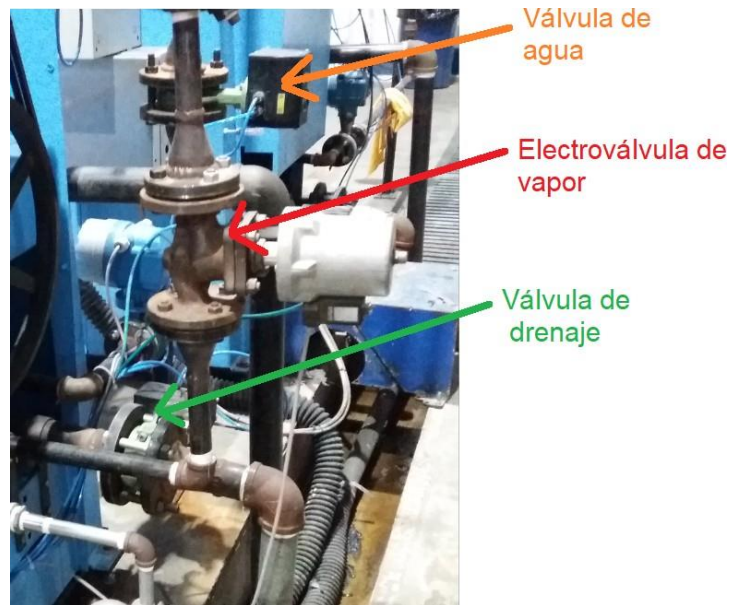


Figura 38: Válvulas de agua, drenaje y vapor

### 3. Electroválvulas

Se utilizó un manifold con 6 electroválvula de simple efecto para el control de las válvulas de vapor, agua, drenaje y de dosificación. La señal que las electroválvulas utilizan es de 24 vdc.



Figura 39: Manifold y electroválvulas de 24 vdc

#### 7.3.4. Instalación de la lavadora de muestras

Consistió en ubicar e instalar la lavadora de muestras en el área designada por los departamentos de producción y mantenimiento. Se fabricó una base de metal por debajo del chasis de la lavadora, porque la forma de la máquina presenta cierta inclinación hacia atrás, por requerimiento de producción fue necesario que la máquina no tuviese esta inclinación.



Figura 40: Base para instalar lavadora de muestras



Base

Figura 41: Base para instalar lavadora de muestras

#### 7.3.5. Instalación de líneas de alimentación

El funcionamiento de la máquina necesita de aire para actuadores neumáticos, agua y vapor, para la simulación del proceso.

#### 7.3.6. Costos totales

Cabe aclarar que la empresa tenía disponibles en bodega algunos elementos eléctricos, mecánicos, perfiles, tubería de metal y otros que representó un ahorro, se elaboraron 5 listados, según a los reglones de trabajo con los que se identificaron identificar los componentes disponibles y los que se tenían que adquirir:

1. Listado para la instalación de la acometida.
2. Listado de componentes internos del panel de control,

3. Listado de sensores y actuadores que intervienen en el proceso.
4. Listado para la instalación de la lavadora de muestras.
5. Listado para la instalación de líneas de alimentación.

Para mayor detalle ver los cuadros 18,19.20,21 y 22 en anexos.

Los costos totales para las instalaciones eléctricas, mecánica y tubería son las siguientes:

No.	Renglón	Costo
1	Instalación de acometida eléctrica	Q4,700.00
2	Instalación tablero de control	Q23,599.54
3	Instalación de actuadores y sensores	Q18,800.75
4	Instalación del chasis de lavadora de muestras	Q1,326.37
5	Instalación de líneas de alimentación	Q2,614.00
	Total	Q51,040.66

Cuadro 16: Costo de implementación de una lavadora de muestras

Comparando el costo de la fase de implementación con los costos estimados se obtuvo un ahorro de 24.38 %.

Presupuesto estimado	Costo total	Ahorro %	Valor del ahorro
Q 67,500.00	Q 51,040.66	24.38 %	Q 16,459.34

Cuadro 17: Presupuesto estimado vrs. costo real implementación de la lavadora de muestras

## 7.4. Puesta en marcha

En esta fase se realizaron dos pruebas de funcionamiento

1. Ajuste de señales analógicas.
2. Ajuste de señales digitales.

### 7.4.1. Ajuste de señales analógicas

Durante las pruebas, fue necesario ajustar las señales analógicas para la velocidad del motor, porque no giraba, la lectura de la temperatura por presentar un desfase. Estos ajustes se realizaron en software.

## Velocidad del motor

Se recalibró nuevamente la salida analógica del PLC hacia el variador de frecuencia, debido a que el valor que el PLC estaba proporcionaba al variador en términos de voltaje, resultaban ser bajo, este ajuste se realizó mediante la lógica del programa que se había creado.

## Sensor de temperatura (PT-100)

El ajuste se hizo a través del software de programación del plc CCW (connected components workbench en inglés), el desfase en la lectura de la variable se reajustó en la lógica del programa.

### 7.4.2. Ajuste de señales digitales

#### Calibración de flujómetro

Para la calibración del sensor se hizo lo siguiente:

1. Configurar en el tipo de operación en litros/pulso.
2. Graduar ancho del pulso.

Para realizar este ajuste se utilizó un osciloscopio, para apreciar el pulso cuando detectase agua, marco un punto de referencia en la canasta, para indicar el volumen aproximado de agua. Esta referencia se realizó llenando la canasta con una cubeta de 15 litros, marcando en la canasta, hasta donde llegara el volumen de agua requerido.



Figura 42: Pulso del flujómetro

## 7.5. Diseño de la interfaz gráfica de la pantalla HMI

La pantalla HMI cuenta con un menú principal y 10 subpantallas. En el menú principal se muestran la parametrización de las variables de temperatura, volumen

de agua, la velocidad de la canasta en RPM así como de los valores en tiempo real de las variables medidas.

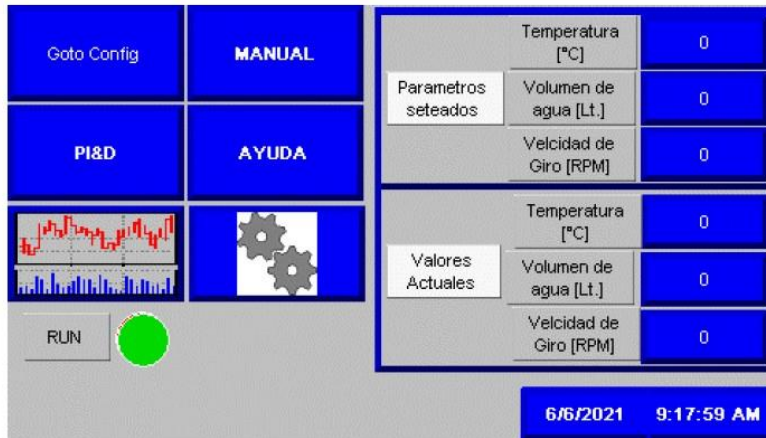


Figura 43: Menú principal de la pantalla HMI de la lavadora de muestras

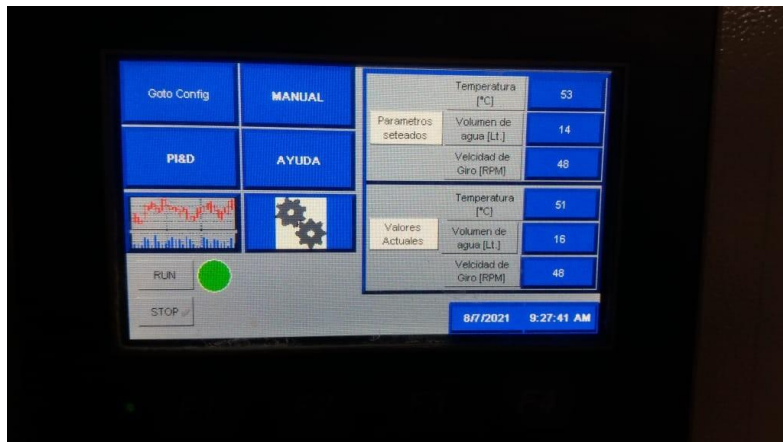


Figura 44: Menú principal de la pantalla HMI de la lavadora de muestras

### 7.5.1. Pantalla de lavado

La pantalla de lavado cuenta con 7 funciones que se pueden realizar simultáneamente y son las siguientes:

1. Función de lavado
2. Función de vaciar
3. Función de girar
4. Función de dosificar
5. Función de llenar tanque
6. Función de calentar
7. Función de extractado

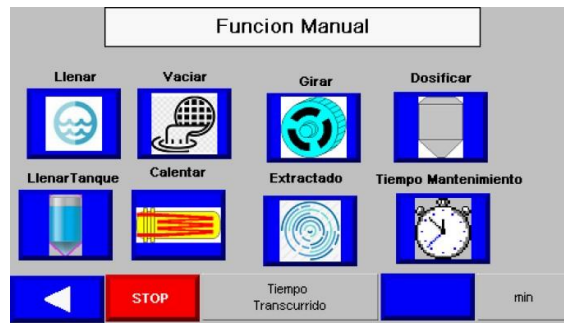


Figura 45: Pantalla de lavado

### Función de llenar

Permite parametrizar el volumen de agua a ingresar en la máquina.

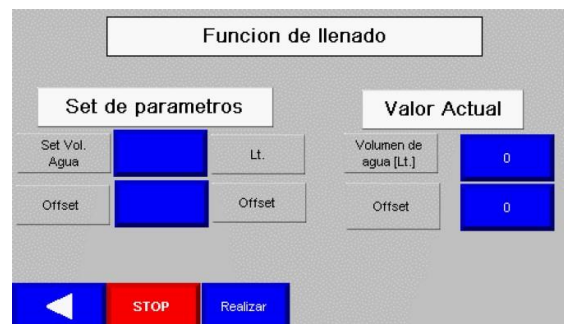


Figura 46: Pantalla de llenar la máquina

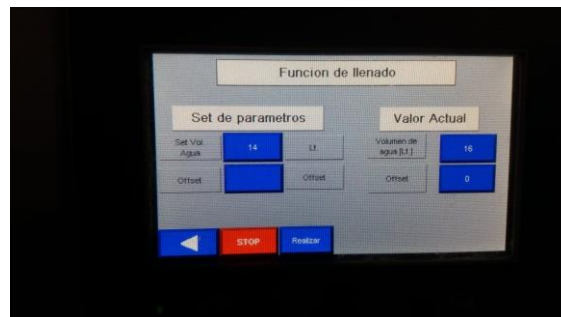


Figura 47: Pantalla de llenar la máquina

### Función de vaciar

Controla la apertura de la válvula de drenaje por un lapso de tiempo.



Figura 48: Función de vaciar máquina



## Función de girar

Parametriza las rpm deseadas y el número de vueltas por lado, que la canasta de la lavadora de muestras da.



Figura 49: Función de girar

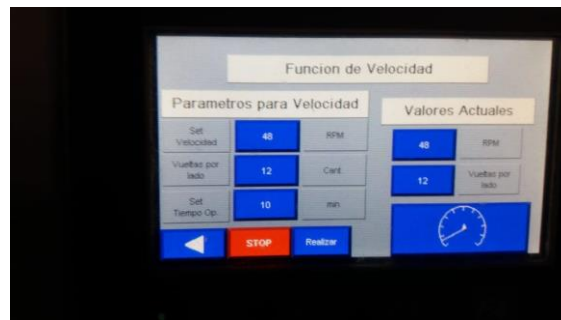


Figura 50: Función de girar

## Función de dosificar

Dosifica el químico contenido en un pequeño tanque a la máquina.

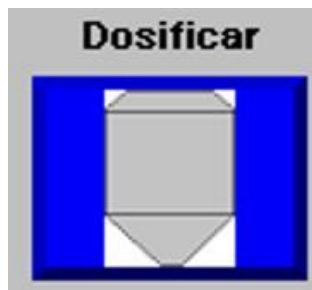


Figura 51: Función de dosificar químico

## Función de llenar tanque

Controla la apertura de la electroválvula para el ingreso de agua hacia el tanque de químicos.



Figura 52: Función de llenar con agua el tanque de químicos

### Función de calentar

Parametriza la temperatura del sistema para generar la curva de temperatura.

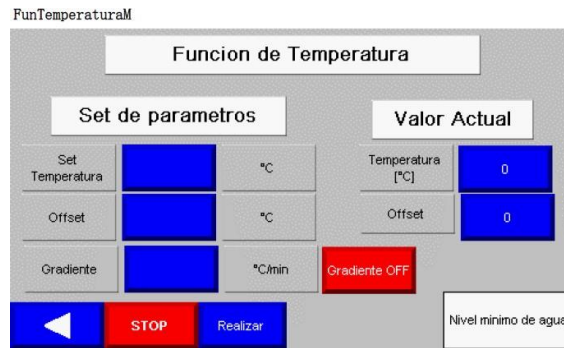


Figura 53: Función de calentamiento del sistema



Figura 54: Función de calentamiento del sistema

### Función de extractado

Es la función de centrifugada que tiene la máquina, gira a una alta velocidad, puede parametrizarse el tiempo extractado así como las rpm deseadas.

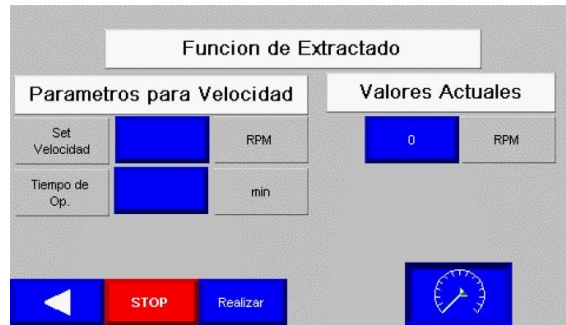


Figura 55: Función de calentamiento del sistema

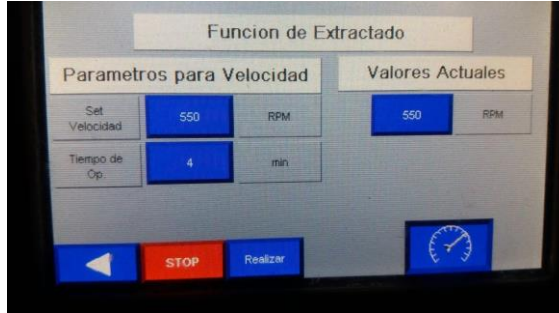


Figura 56: Función de calentamiento del sistema

### 7.5.2. Pantalla de PI&D

En la pantalla PI&D un diagrama con las mediciones de las variables de proceso (temperatura, volumen de agua y rpm de la canasta) y de los actuadores que intervienen en el proceso de simulación.

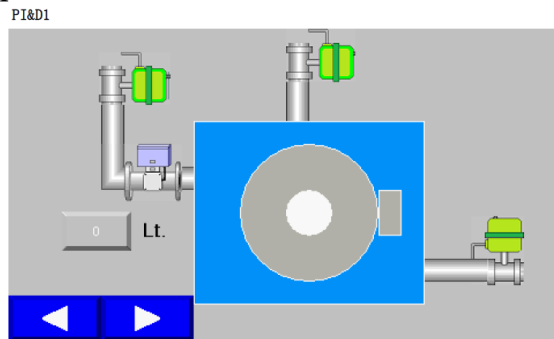


Figura 57: Pantalla PI&D de la lavadora de muestras

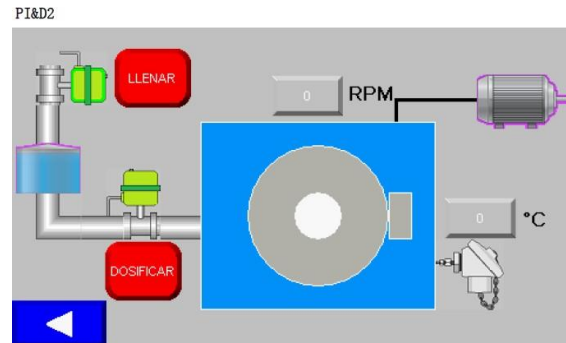


Figura 58: Pantalla PI&D de la lavadora de muestras

### 7.5.3. Pantalla de ayuda

Proporciona un pequeño tutorial descriptivo del funcionamiento de la lavadora de muestras y como operarla.

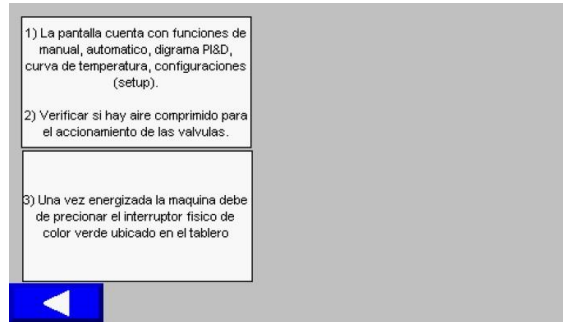


Figura 59: Pantalla de ayuda de la lavadora de muestras

### 7.5.4. Pantalla de gráfico de la curva de temperatura

Muestra en tiempo real el cambio de temperatura que tiene el sistema, donde se muestra la temperatura parametrizada y la temperatura real.

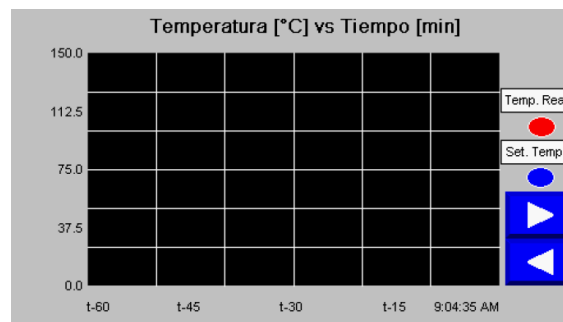


Figura 60: Pantalla de gráfico de temperatura

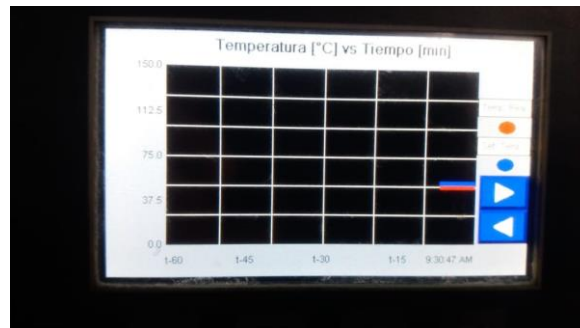


Figura 61: Pantalla de gráfico de temperatura

### 7.5.5. Pantalla de setup

Permite parametrizar los tiempos de vaciado, tiempo de dosificación, tiempo de llenado del tanque de químicos.

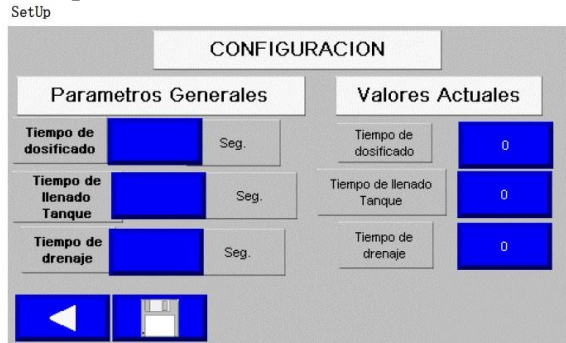


Figura 62: Pantalla de setup



Figura 63: Pantalla de setup



---

### Resultados

---

La modernización del sistema de lavado y teñido de telas y prendas del área de lavandería y tintorería de la empresa Visiontex S.A. se realizó a través de las siguientes etapas:

1. Conocer el proceso de funcionamiento de una lavadora de muestras.
2. Plantear un diseño, llevarlo a la realidad y probarlo, aplicando para ello los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la formación académica.
3. La implementación del diseño propuesto y obtención de resultados.
4. Comprobación del manejo del equipo de producción minimizando la intervención humana Reducción de error en la producción

Obteniendo al final una lavadora de muestras dando los resultados que la empresa esperaba y proveyendo al cliente el producto que requiere.



Figura 64: Lavadora de muestras automatizada



Figura 65: Lavadora de muestras automatizada



---

### Conclusiones

---

La modernización del sistema de lavado y teñido de telas y prendas del área de lavandería y tintorería de la empresa Visiontex S.A. obtuvo el resultado que la empresa esperaba y proveyendo al cliente el producto que requiere.

Para determinar el tipo de señal analógica que se maneja en un equipo es necesario conocer que señales manejan el controlador y el actuador o sensor, así también tomar en cuenta la impedancia que el fabricante recomienda

Si un motor trabaja a una baja frecuencia, es recomendable incorporar una ventilación de tiro forzado, para disipar el calor generado con lo cual se estará prolongando la vida del motor.

Para seleccionar un motor eléctrico trifásico se tiene que conocerse las revoluciones por minuto y la potencia, así como el voltaje instalado en el sitio.

Para una máquina que de segunda mano tiene que hacerse un mantenimiento preventivo y correctivo en las piezas mecánicas y eléctricas que sean indispensable para el funcionamiento de la misma, con lo cual se estará previniendo fallas durante operación.

En una aplicación que requiera mantener inocuidad del producto, es recomendable usar un calentamiento indirecto, porque solo permite la transferencia de calor sin alterar el sistema.

Para cualquier aplicación que requiera de un calentamiento indirecto, es recomendable instalar una trampa de vapor para que no exista perdidas de vapor de alto contenido energético

La realización de este trabajo de graduación "Modernización del sistema lavado y teñido para lacadena de producción de lavandería y tintorería de laempresa Visiontex S.A." me dio la oportunidad de aplicar los conocimientos, habilidades y criterios adquiridos durante la formación académica, confrontando así la teoría con la práctica

y a través de este ejercicio tuve la oportunidad de conocer el entorno de trabajo de un ingeniero mecatrónico adquiriendo además experiencia y madurez.

## CAPÍTULO 10

---

### Recomendaciones

---

Hacer la instalación de la tubería de retorno de condensado ya que el consumo que se tendrá con cuatro lavadoras de muestra en funcionamiento representa una pérdida considerable de vapor con alto contenido energético

La instalación de sensor de nivel para un mínimo de agua para exista una redundancia de protección, para evitar daños en el serpentín.

Instalar un motor con ventilación de tiro forzado o adaptarle un sistema de ventilación, por las bajas rpm que opera el motor en ciertos procesos.

Realizar el primer mantenimiento preventivo cada 3 meses para evaluar el desgaste que han tenido los elementos mecánicos y dependiendo del resultado prolongar el siguiente mantenimiento.

Durante cada mantenimiento llevar una bitácora donde se registre el estado de la máquina, que elementos sean cambiado para generar un historial y récord de mantenimiento.

Instalar un subpanel con un selector ubicada por el tanque de químicos para que el operario pueda dosificar manualmente los químicos a la lavadora de muestras



---

**Bibliografía**

---

- [1] Logicbus. (15 de jun. de 2017). *¿Qué es la automatización?*, dirección: <https://www.logicbus.com.mx/automatizacion.php> (visitado 22-10-2020).
- [2] Quiminet. (2000). *¿Qué es la automatización?*, dirección: <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-automatizacion-27058.htm> (visitado 22-10-2020).
- [3] I. Munive. (15 de feb. de 2019). *Intruducción a los controladores lógicos*, dirección: <http://ismaelmunivereyes-oficial.blogspot.com/2019/02/introduccion-los-controladores-logicos.html> (visitado 22-02-2021).
- [4] C. J. Morao Minelsy Lopez Nailym. (24 de oct. de 2014). *Sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado*, dirección: <https://es.slideshare.net/sistemasdinamicos2014/sistemas-de-control-de-lazo-abierto-y-lazo-cerrado> (visitado 22-10-2020).
- [5] T. J. Maloney, *Electónica Industrial Moderna*, Prentice Hall. 2006, 1000 págs.
- [6] D. Fernandez. (25 de ene. de 2016). *Tipos de control (lazo abierto y cerrado)*, dirección: <https://sites.google.com/site/03fmeautomatismos/home/tipos-control> (visitado 22-02-2021).
- [7] U. N. d. E. a. D. DIEEC. (). *Controladores Industriales Inteligentes*, dirección: [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf) (visitado 22-11-2020).
- [8] Autycom. (2019). *Tipos de sensores industriales*, dirección: <https://www.autycom.com/tipos-de-sensores-industriales/> (visitado 22-11-2020).
- [9] K. R. Aström Murray, *Feedback System*, Princeton University Press. 2009, 1000 págs.
- [10] Seguas. (). *La importancia del mantenimiento en instalaciones industriales*, dirección: <https://www.seguas.com/la-importancia-del-mantenimiento-en-instalaciones-industriales/> (visitado 01-08-2021).

- [11] Linex. (). *¿Qué es el mantenimiento industrial y por qué es tan importante para tu negocio?*, dirección: <https://www.linex.mx/mantenimiento-industrial-es-importante/> (visitado 01-08-2021).
- [12] C. hacer. (). *Cómo funciona una lavadora*, dirección: <https://www.comohacer.eu/como-funciona-una-lavadora/> (visitado 01-08-2021).
- [13] L. Wash. (). *Diferencias entre lavadora industrial y una doméstica*, dirección: <https://lawash.es/diferencias-entre-una-lavadora-industrial-y-una-domestica/> (visitado 01-08-2021).
- [14] DiazMas. (). *¿Cuáles son las ventajas de tener una lavadora industrial?*, dirección: <https://www.lavadorasindustrialesdiazmas.com/ventajas-de-tener-una-lavadora-industrial/> (visitado 01-08-2021).
- [15] D. Industry. (). *Máquina de lavado de agua G1 LW2 / MW2*, dirección: <https://www.directindustry.es/prod/tonello/product-172644-2022692.html> (visitado 01-08-2021).
- [16] puomotores. (17 de jun. de 2017). *Cómo verificar la resistencia en un motor trifásico*, dirección: <https://www.puomotores.com/13182872/como-verificar-la-resistencia-en-un-motor-trifasico> (visitado 27-05-2021).
- [17] Cemaco. (2021). *Lavadora d/carga frontal 18KG-WHIRLPOOL*, dirección: <https://www.cemaco.com/lavadora-d-carga-frontal-18kg-whirlpool-1041171/p> (visitado 22-02-2021).
- [18] J. K. N. Richard G. Budynas, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, McGraw Hill. 2008, 1068 págs.
- [19] CNEE, «AEE Motores de Inducción», pág. 21,
- [20] S. Sarco. (2017). *Catalogo spirax sarco mexicana*, dirección: [https://issuu.com/sxsmkt/docs/catalogo\\_spirax\\_sarco\\_mexicana/35](https://issuu.com/sxsmkt/docs/catalogo_spirax_sarco_mexicana/35) (visitado 01-08-2021).
- [21] R. AllenBradly, «Micro800 Plug-in Modules», pág. 124,
- [22] —, «Micro850® Programmable Logic Controller», pág. 2,
- [23] —, «MicroLogix 1400 Programmable Controllers», pág. 422,
- [24] R. Components. (2021). *Módulo de E/S PLC Allen Bradley para usar con Serie MicroLogix 1400, 20 entradas tipo Digital, 12 salidas tipo Relé*, dirección: <https://es.rs-online.com/web/p/accesorios-para-controladores-y-automatas/7140102/>.
- [25] Siemens, «SIMATIC S7-300», pág. 123,
- [26] R. COMPONENTS. (2021). *Sensor Inductivo IS102 M18, NO 24-240Dc/Ac Sn=5mm Cable 2 mt*, dirección: [http://www.rsmationstore.com/Sensor-Inductivo-IS102-M18-NO-24-240DcAc-Sn5mm-Cable-2-mt-\\_p\\_934.html](http://www.rsmationstore.com/Sensor-Inductivo-IS102-M18-NO-24-240DcAc-Sn5mm-Cable-2-mt-_p_934.html) (visitado 28-07-2021).
- [27] OMEGA. (). *PT100*, dirección: <https://es.omega.com/prodinfo/pt100.html> (visitado 05-04-2021).
- [28] beamex. (). *Sensor de temperatura Pt100 – lo que hay que saber*, dirección: <https://blog.beamex.com/es/sensor-de-temperatura-pt100-lo-que-hay-que-saber> (visitado 05-04-2021).

- [29] Alibaba. (2021). *Sensor de temperatura rtd de tres cables, pt100, pt1000, GTS300*, dirección: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/gts300-three-wire-rtd-temperature-sensor-pt100-pt1000-60768769968.html> (visitado 28-07-2021).
- [30] Automation24. (2021). *Magnetic-inductive flow meter Endress+Hauser Proline Promag 10D - 10D65-5CGA1AA0A5AA+M2*, dirección: <https://www.automation24.biz/magnetic-inductive-flow-meter-endress-hauser-proline-promag-10d-10d65-5cgalaa0a5aa-m2> (visitado 28-07-2021).
- [31] Construyendo.com. (2021). *Cables eléctricos*, dirección: <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php> (visitado 04-07-2021).
- [32] H. Hauser, «*Promag 10D, Hendress Hauser*», pág. 30,





### 12.1. Estado original de la máquina



Figura 66: Vista frontal de la máquina



Figura 67: Vista trasera de la máquina

## 12.2. Lavadora provisional



Figura 68: Lavadora provisional vista frontal

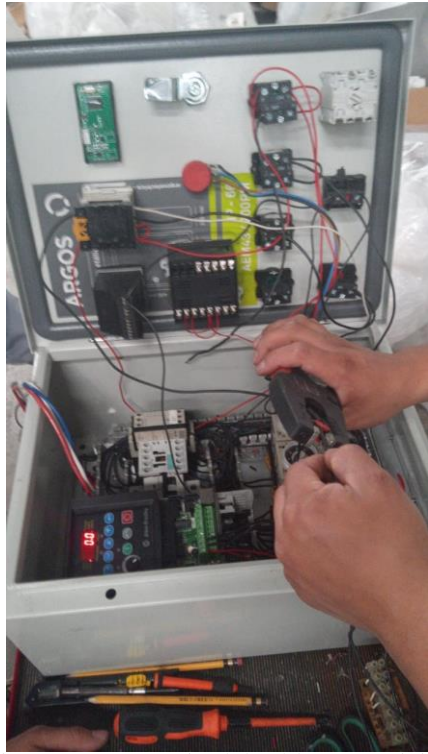


Figura 69: Montaje del tablero provincial



Figura 70: Motor de 4 hp



Figura 71: Instalación de tablero secundario, lavadora provisional



Figura 72: Panel de control lavadora provisional

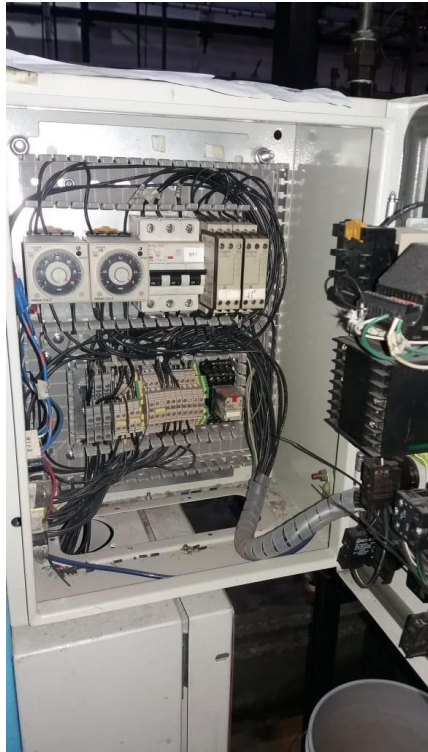


Figura 73: Panel de control lavadora provisional



Figura 74: Panel de control lavadora provisional



Figura 75: Implementación de sistema de alivio de presión

### 12.3. Lavadora final



Figura 76: Serpentin de lavadora de muestras



Figura 77: Sistema de calentamiento indirecto



Figura 78: Flujoímetro Endress Hauser

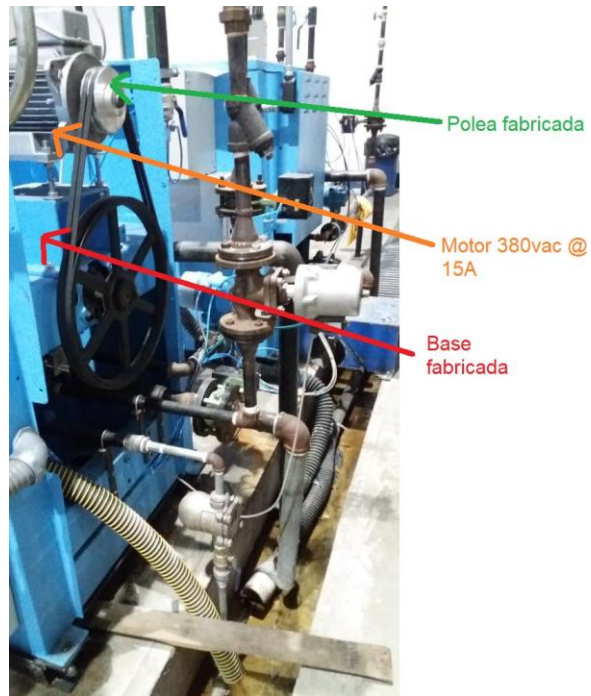


Figura 79: Montaje en un 80 % vista trasera



Figura 80: Montaje en un 80 % frontal



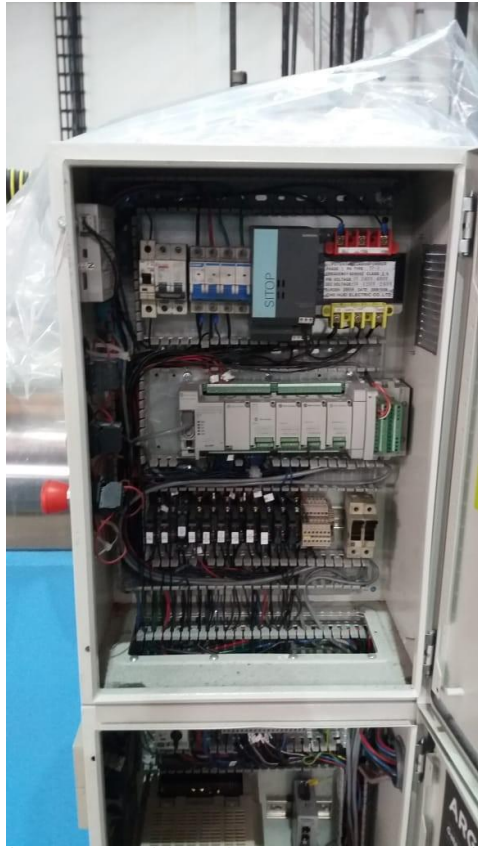


Figura 81: Tablero de control parte superior

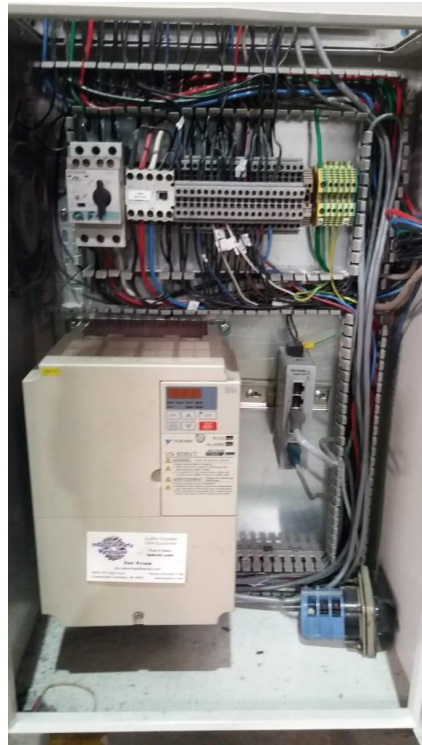


Figura 82: Tablero de control parte superior

## 12.4. Listado de materiales

Cantidad	Acometida eléctrica	En bodega	Precio unitario	Total
1	Disyuntor sward D de 600 Vac @ 25 A	NO	Q3,500.00	Q3,500.00
1 caja	Cable THHN #10 color rojo	NO	Q200.00	Q200.00
1 caja	Cable THHN #10 color azul	NO	Q200.00	Q200.00
1 caja	Cable THHN #10 color negro	NO	Q200.00	Q200.00
1 caja	Cable THHN #10 color verde	NO	Q200.00	Q200.00
1	Tubo EMT de 1"de diámetro	SÍ	Q0.00	Q0.00
2	Accesorios para tubo EMT de 1"	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Tubo ELT de 2"de diámetro	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Accesorios de ELT de 2"de diámetro	SÍ	Q0.00	Q0.00
	Total			Q4,700.00

Cuadro 18: Listado de materiales para la acometida eléctrica

Cantidad	Componente eléctrico para el tablero de control	Disponible	Precio unitario	Total
1	Disyuntor magnetotérmico de 3 polos de 20A	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Transformador de control de 380Vac-240Vac @250Vac	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Fuente de alimentación de 24 Vdc @ 10A	NO	Q392.50	Q392.50
1	PLC micro850	NO	Q3,846.50	Q3,846.50
1	Pantalla HMI Panelview 800 de 4"	SÍ	Q0.00	Q0.80
1	Módulo de temperatura para micro850	NO	Q0.00	Q0.00
1	Módulo de salida analógica 10Vdc	NO	Q2,512.00	Q2,512.00
1	Variador de frecuencia de 380 Vac de 5Hp	NO	Q11,500.00	Q11,500.00
10	Relés de estado sólido 24Vdc	NO	Q252.36	Q2,523.60
1	Relé electromecánico 24Vdc	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Pulsador verde	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Pulsador rojo	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Pulsador de emergencia	SÍ	Q0.00	Q00.00
1	Switch seccionador de 3 polos de 20A	NO	Q314.20	Q314.20
1	Switch no andministrativo stratix 2000	SÍ	Q0.00	Q0.00
2	Cable de comunicación Ethernet	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Guardamotor de de 3 polos 380Vac @ 15A	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Disyuntor magnetotérmico de 1 polo 2A	NO	Q230.00	Q230.00
1	Disyuntor magnetotérmico de 1 polo 1A	NO	Q230.00	Q230.00
2	Canaleta para tablero de 40x40 mm	NO	Q150.00	Q300.00
2	Tablero eléctrico	NO	Q950.00	Q950.00
1	Caja de registro 4"x4"	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Kit de borneras para riel din	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Riel din	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Ventilador para tablero de control	SÍ	Q250.00	Q250.00
50 mtrs	Cable de control de 25 hilos THH 18 AWG	NO	Q17.21	Q860.54
5 mtrs	Cable THHN 18 AWG color azul	SÍ	Q0.00	Q0.00
5 mtrs	Cable THHN 18 AWG color rojo	SÍ	Q0.00	Q0.00
5 mtrs	Cable de control de 4 hilos THH 18 AWG	SÍ	Q0.00	Q0.00
	Total			Q23,594.54

Cuadro 19: Listado de materiales para tablero eléctrico de control

Cantidad	Sensores/actuadores	Disponible	Precio unitario	Total
1	Sensor inductivo de 24 vdc NPN	NO	Q1,500.00	Q1,500.00
1	PT-100 de 3 hilos	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Flujómetro de salida 24 vdc	NO	Q6,792.50	Q6,792.50
1	Motor eléctrico 380 Vac de 4hp	NO	Q2,500.00	Q2,500.00
1	Manifold de aire de 6 entradas + electroválvulas de simple efecto	NO	Q2,708.25	Q2,708.25
2	Válvula neumática de mariposa de 2.5"de diámetro	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Electroválvula para paso de agua de diámetro de 1/2"	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Válvula de simple efecto de diámetro de 1/2"	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Válvula de simple efecto para vapor de 1.25"diámetro	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Trampa de vapor de flotador de diámetro de 1/2"	NO	2,500.00	Q2,500.00
8	Bridas 2.5"de diámetro	NO	Q250.00	Q2,000.00
4	Bridas 1.25"de diámetro	NO	Q200.00	Q800.00
20 mtrs	Manguera neumática de 6 mm	SÍ	Q0.00	Q0.00
15	Racores a 90° de 6 mm con raíz de 1/4"	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Unidad de mantenimiento completa de 1/4"de diámetro de entrada y salida	NO	Q0.00	Q0.00
	Total			Q18,800.75

Cuadro 20: Listado de actuadores y sensores para lavadora de muestras

Cantidad	Instalación de lavadora de muestras	Disponible	Precio unitario	Total
5lb.	Electrodo	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Lamina de hierro de 3/8 de espesor	NO	Q1,326.37	Q1,326.37
4	Pernos hiltin de 3/4 de diámetro x 5"de largo	SÍ	Q0.00	Q0.00
1	Copla para ducto de escape de gases de acero inoxidable	SÍ	Q0.00	Q0.00
	Total			Q1,326.37

Cuadro 21: Listado para instalación de lavadora de muestras

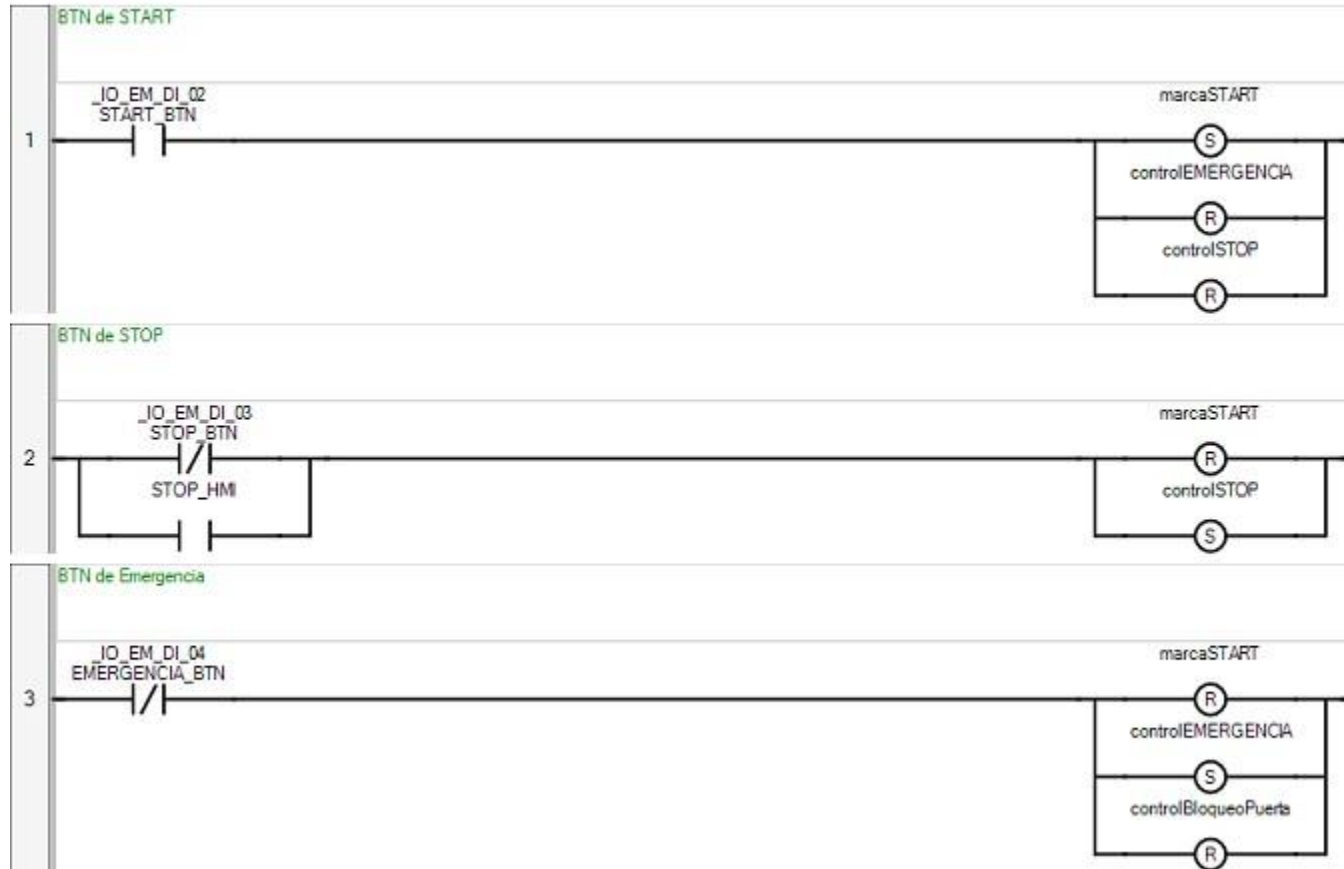
Cantidad	Líneas de alimentación	Disponible	Precio unitario	Total
4	Llave de bola de 1"hg	NO	Q250.00	Q1,000.00
2	Llave de compuerta 1.ºcero al carbón	NO	Q350.00	Q700.00
2	Tubo de 1"hg	NO	Q352.00	Q704.00
1	Tubo de 1.ºcero al carbón 380 Vac de 4hp	NO	Q210.00	Q210.00
4	Accesorios de 1"hg	SÍ	Q0.00	Q0.00
4	Accesorios de 1.ºcero al carbón	SÍ	Q0.00	Q0.00
	Total			Q2,614.00

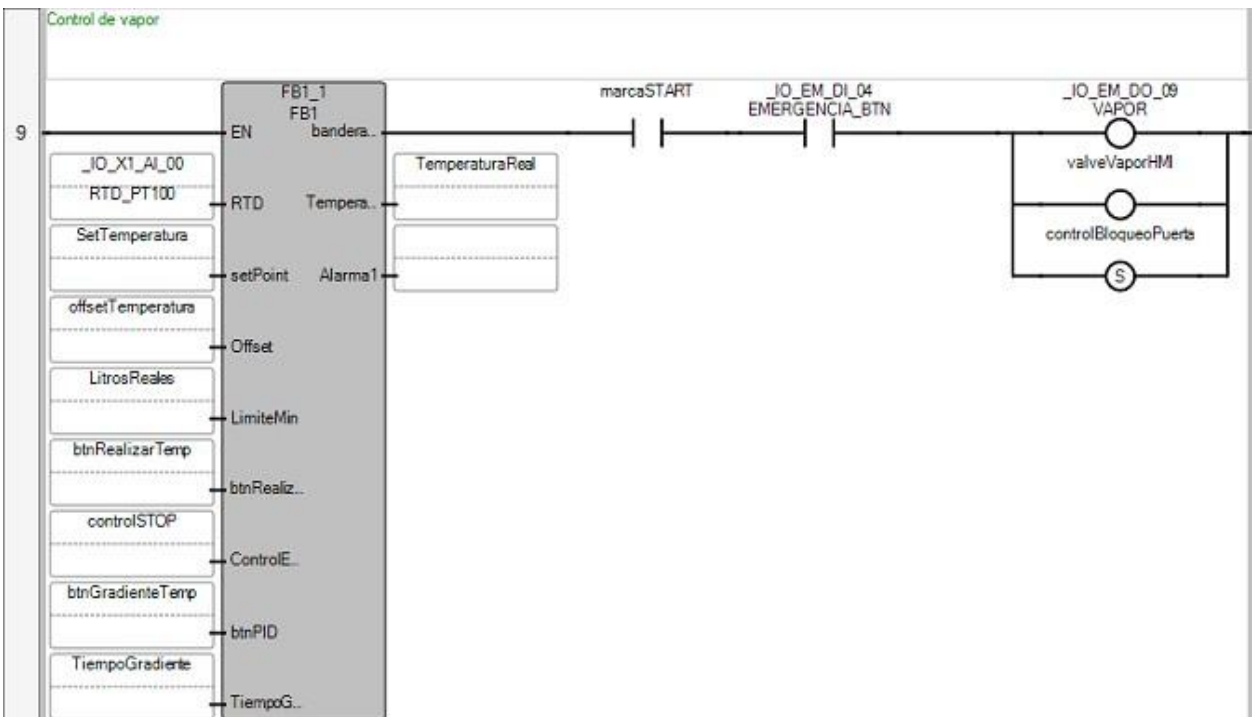
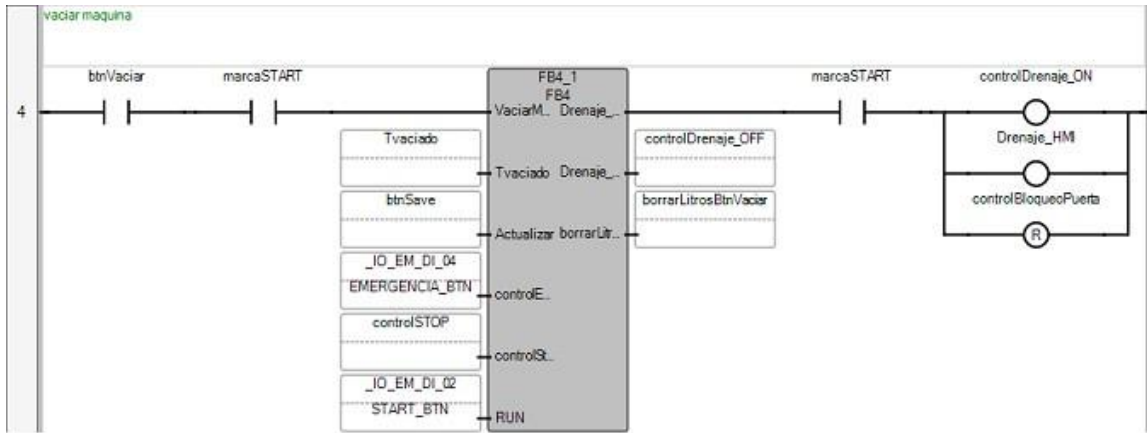
Cuadro 22: Listado materiales para líneas de bajada de aire, vapor y agua

## 12.5. Código del PLC

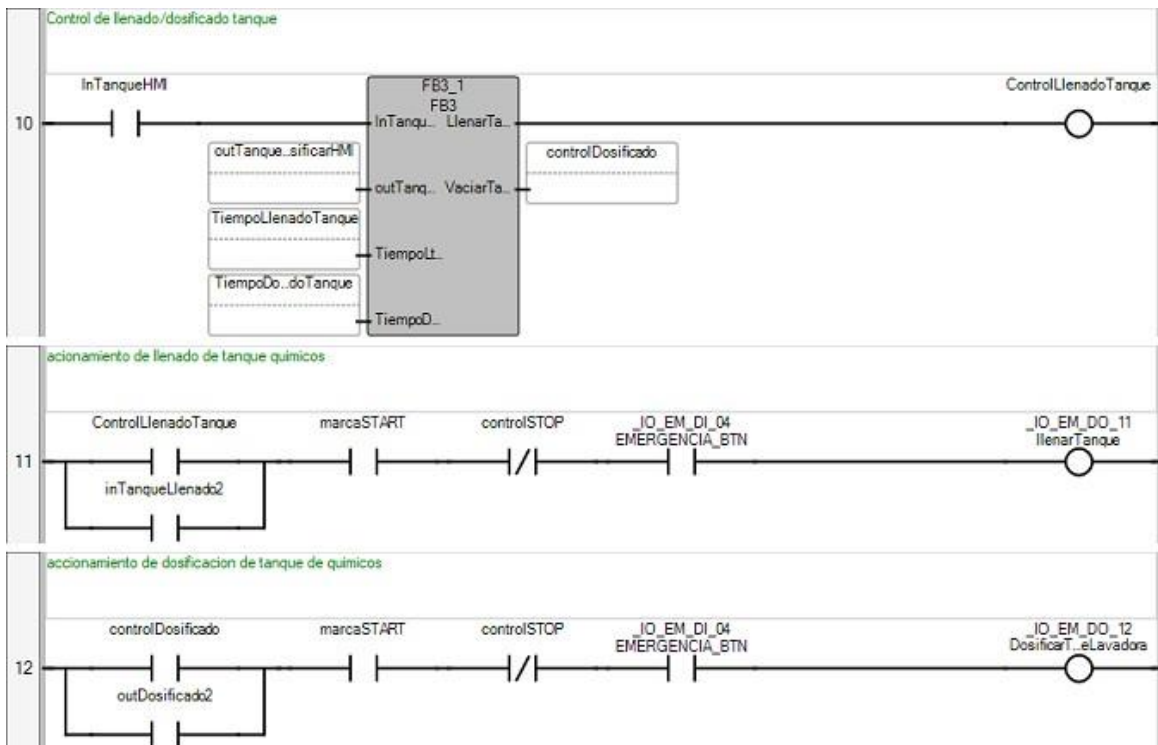
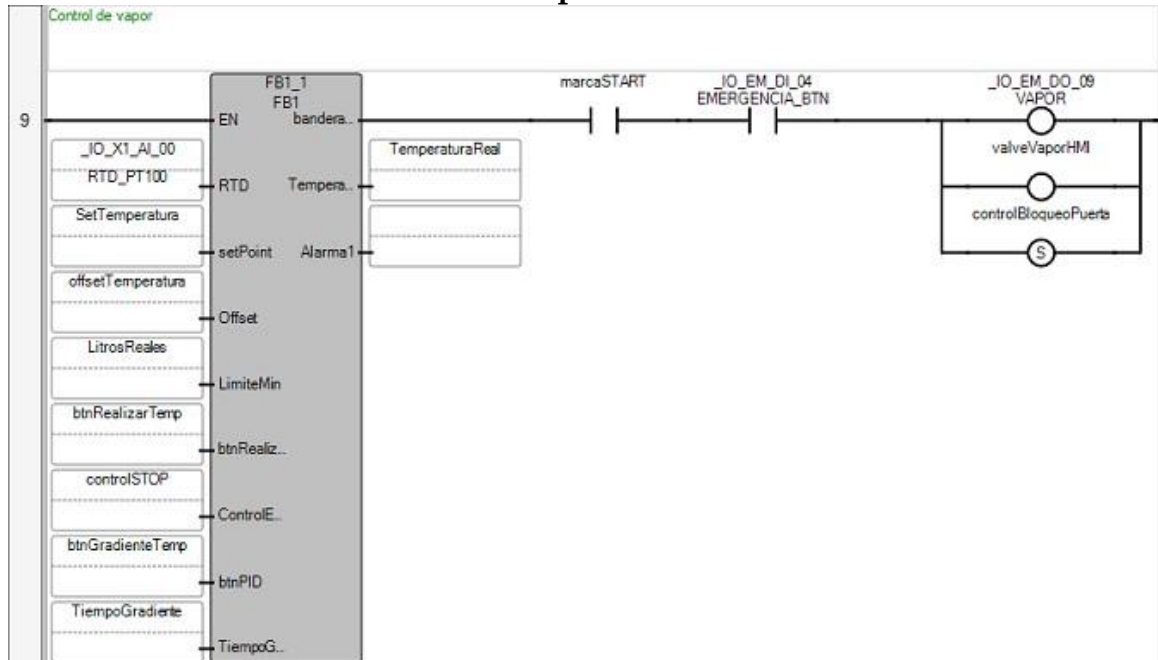
### 12.5.1. Main

#### Controller.Micro850.Micro850.Main

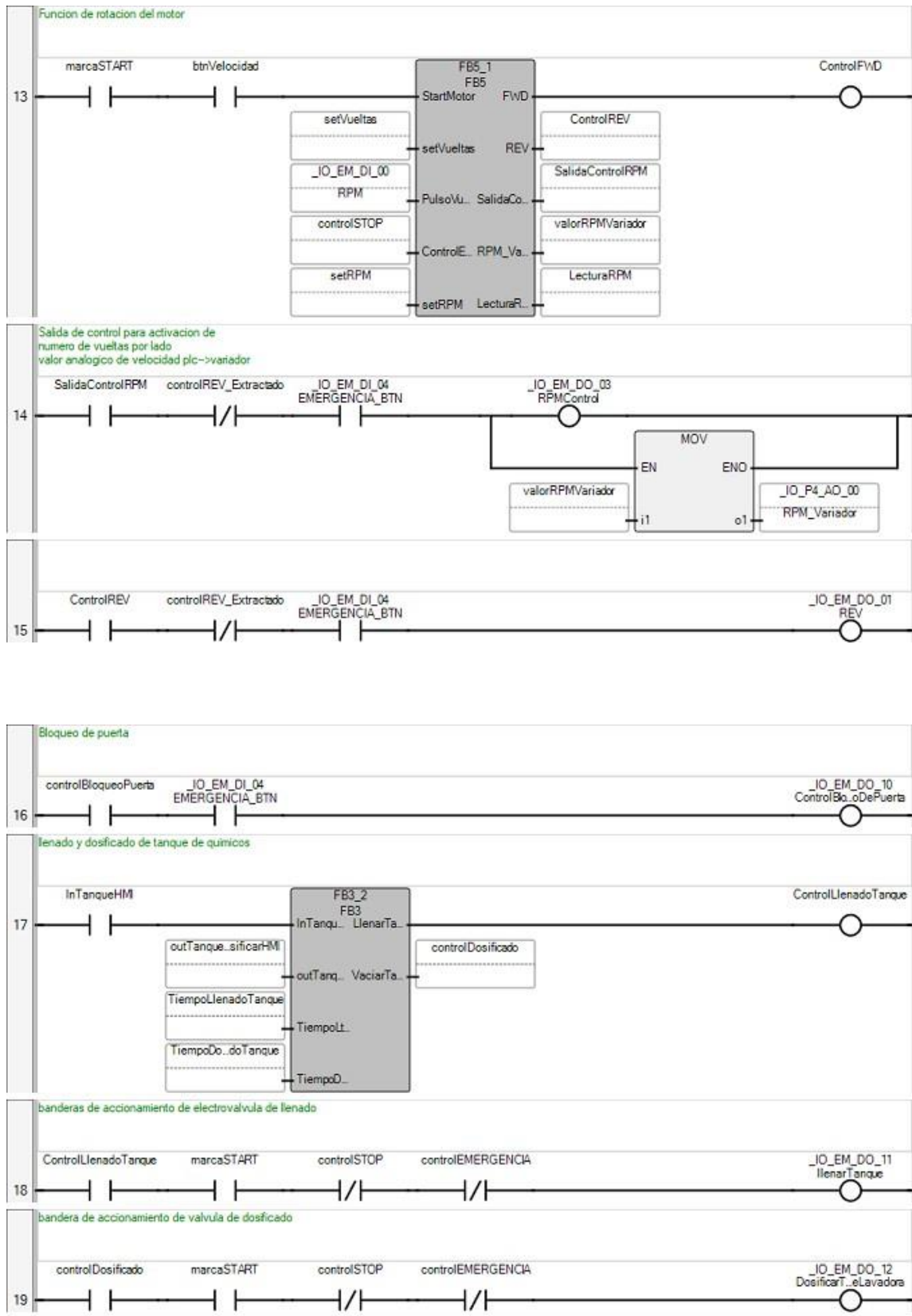


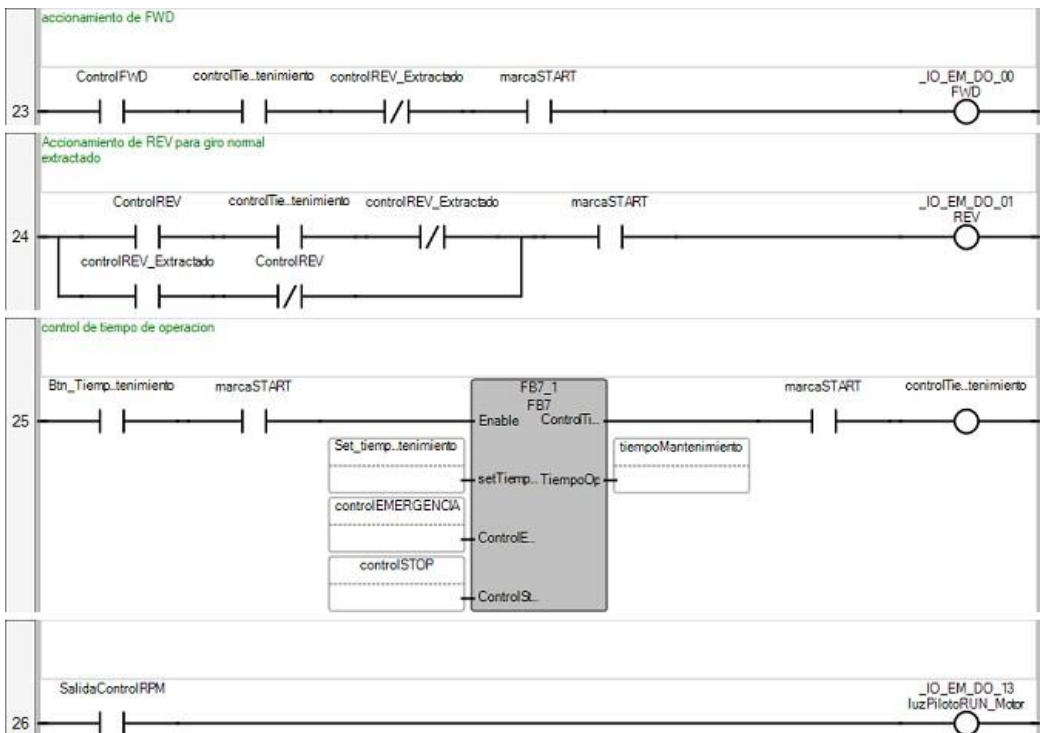
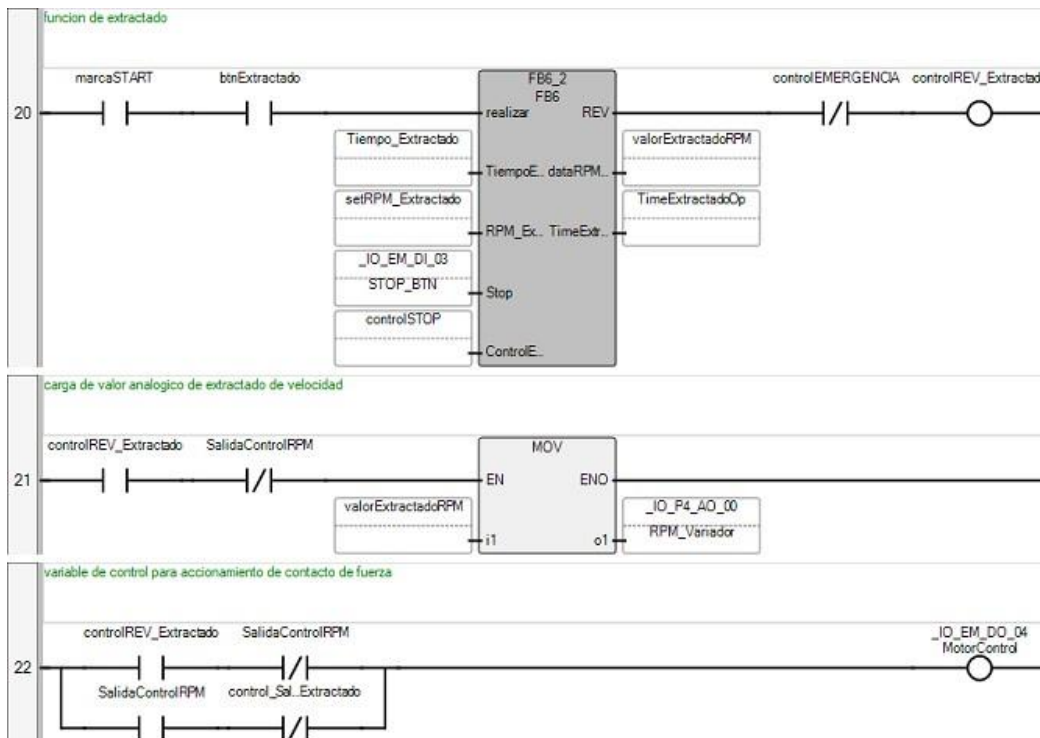


## 12.5.2. Función de control de temperatura

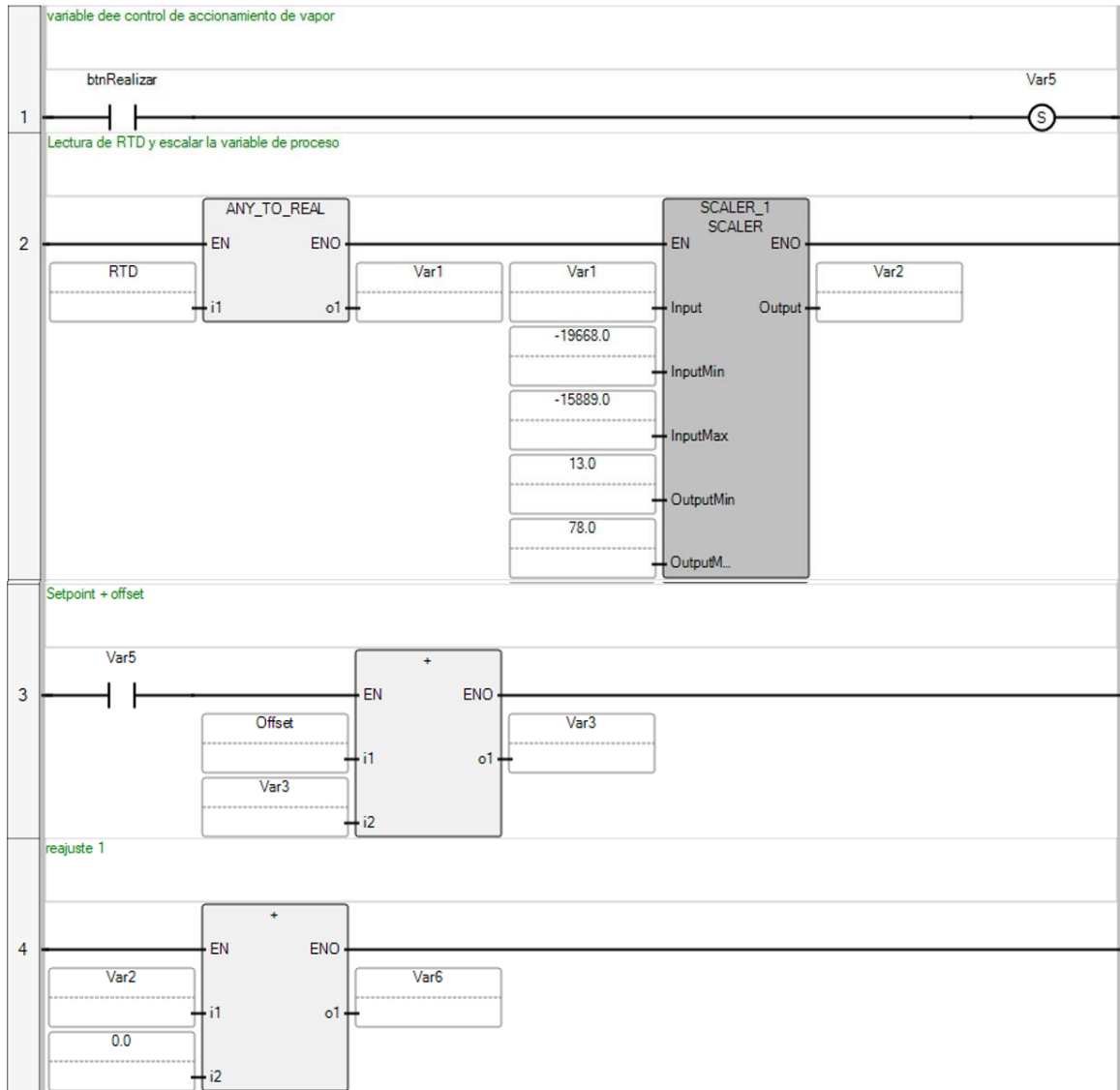




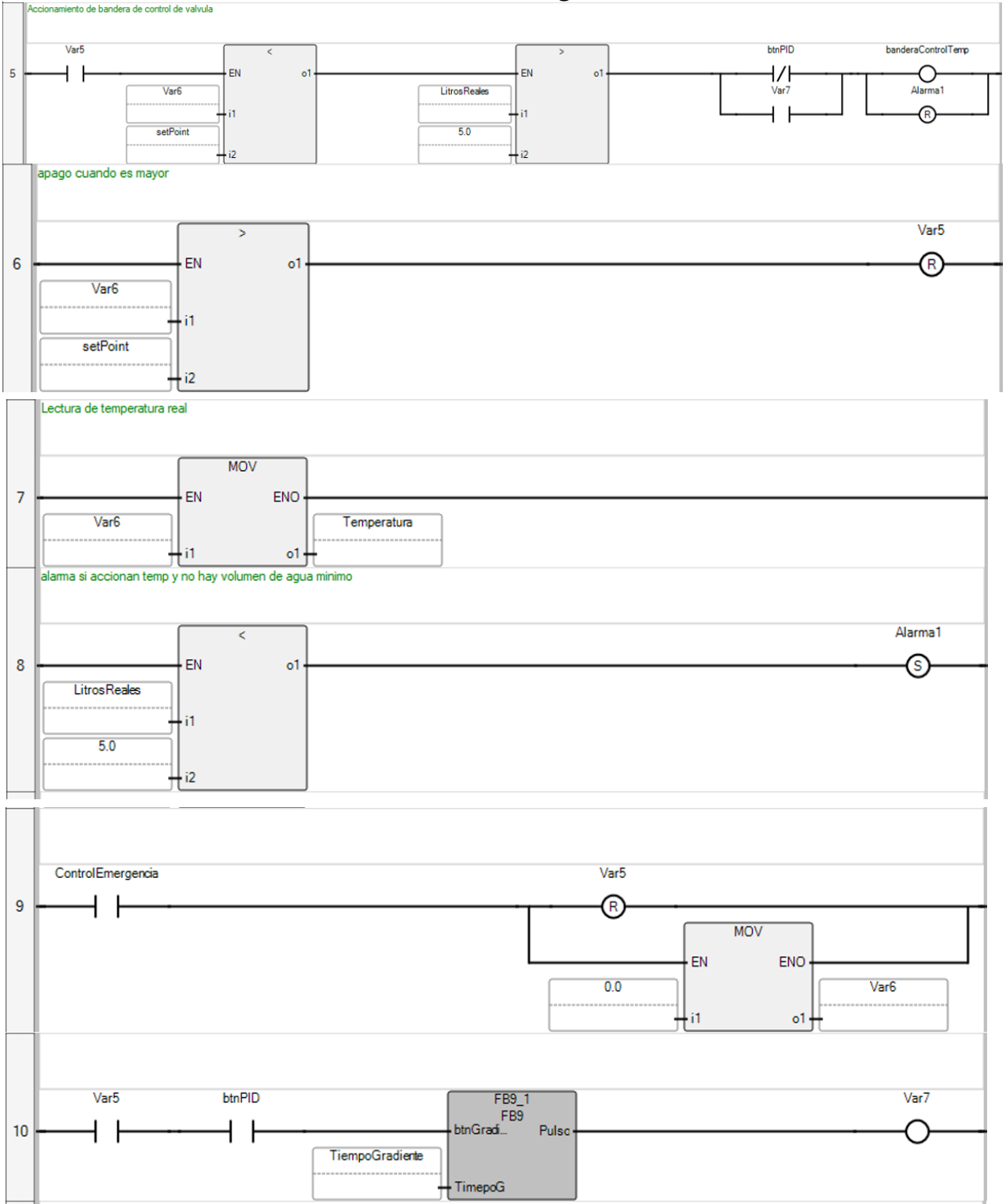




## Controller.Micro850.Micro850.FB1

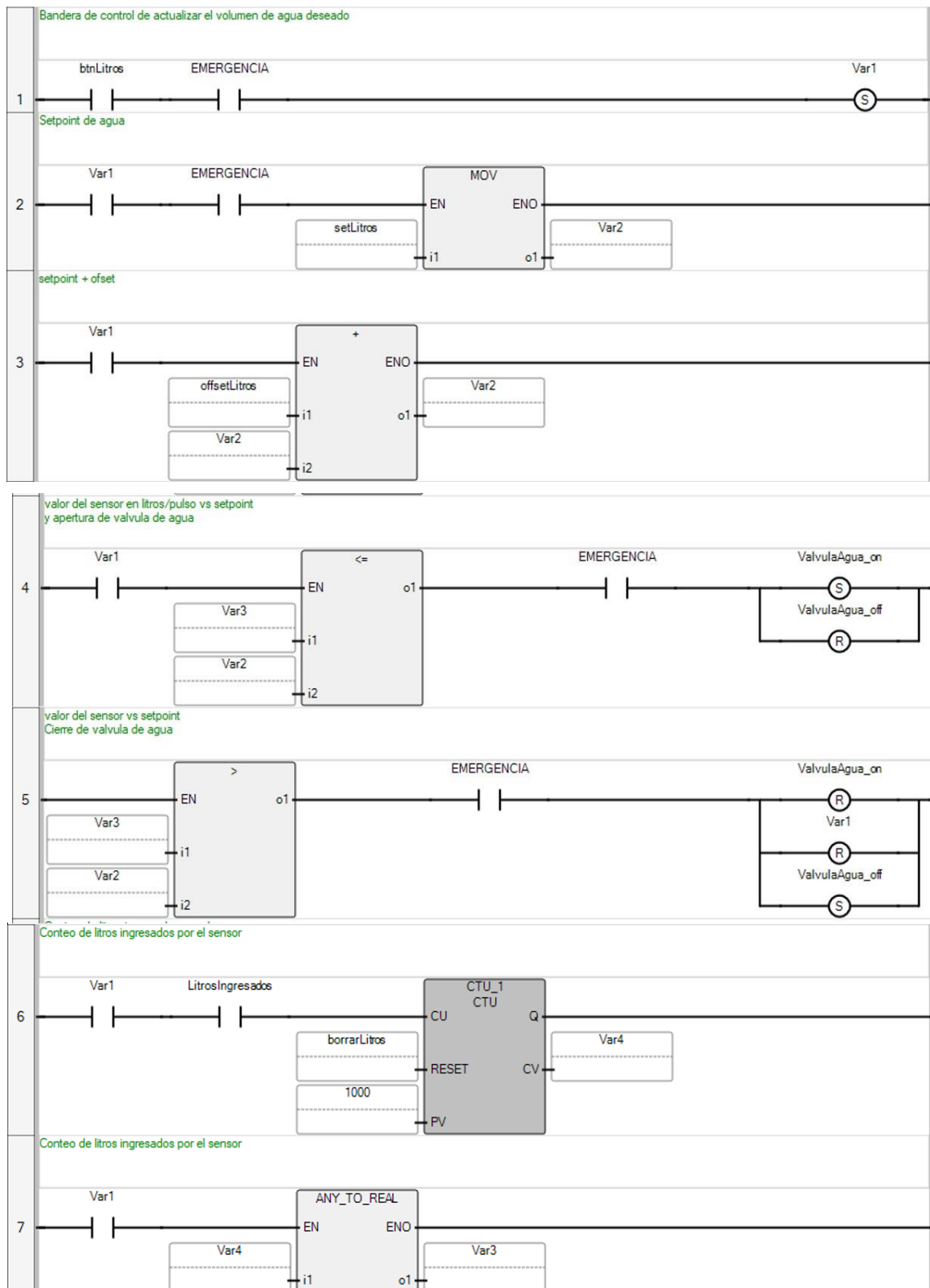


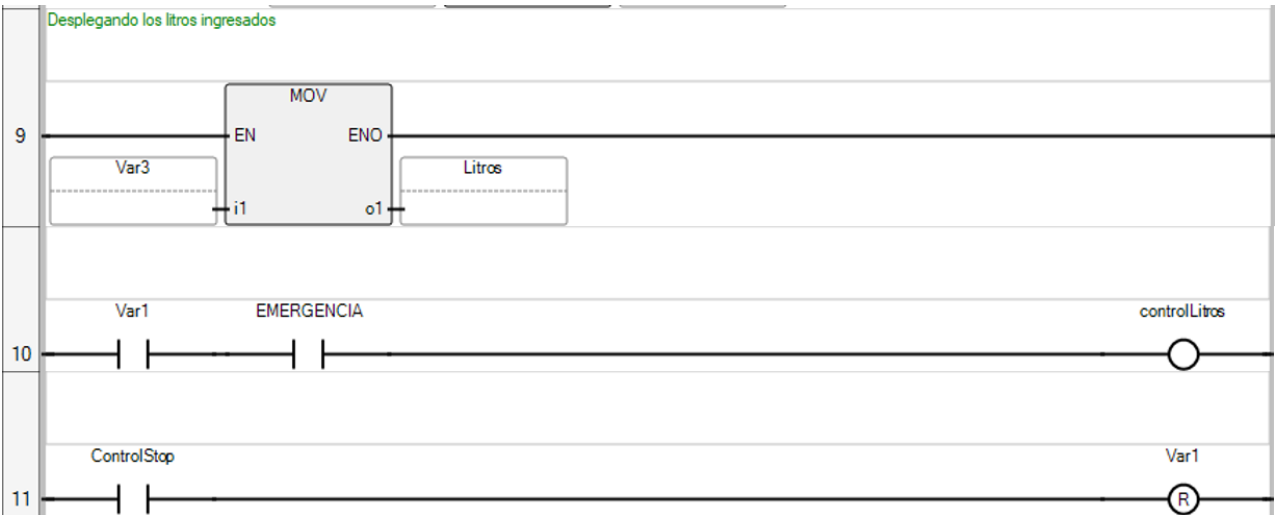
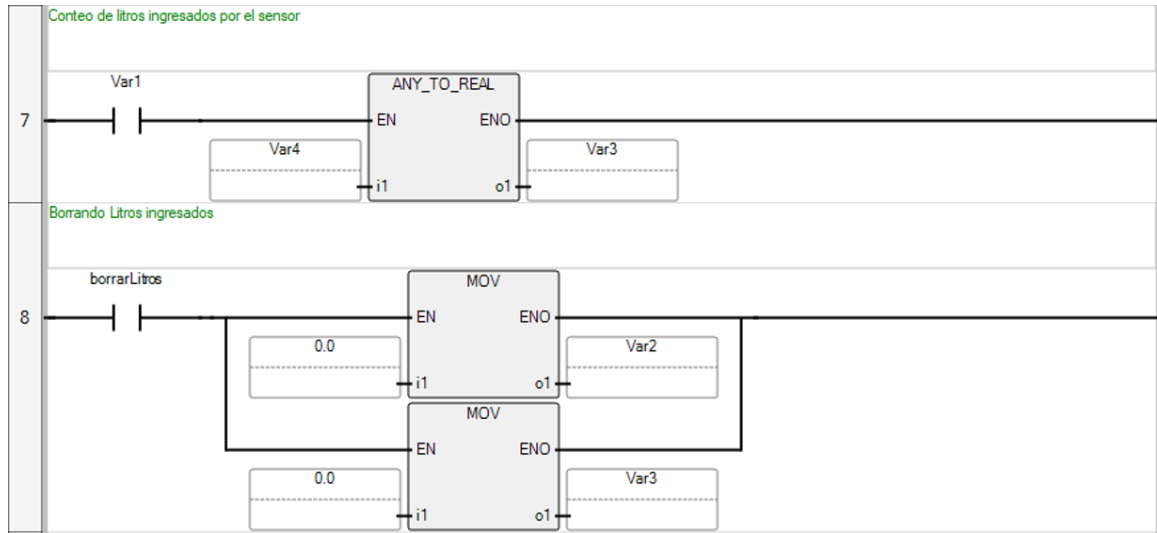
### 12.5.3. Función de control del volumen de agua



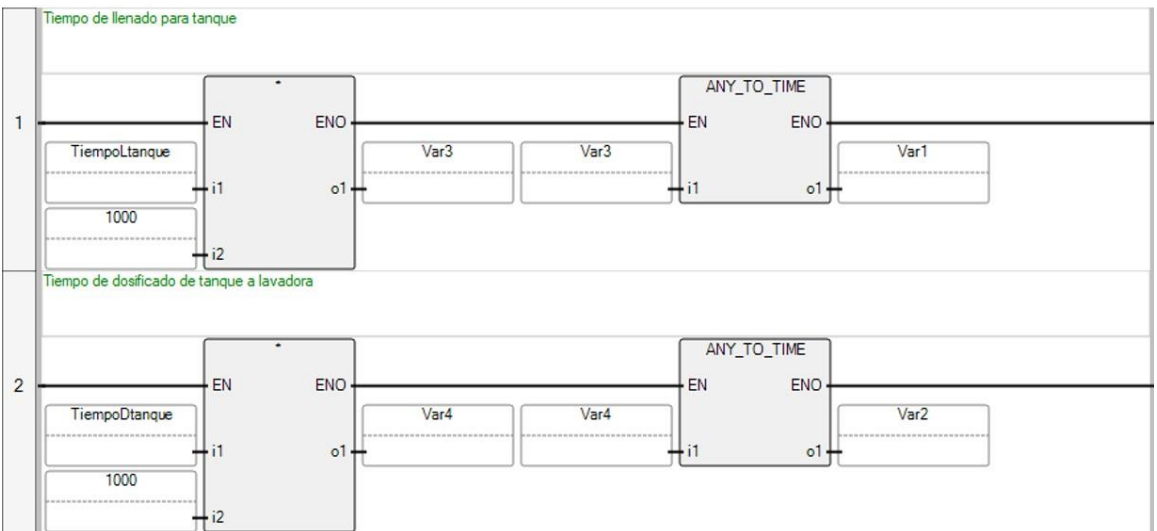
## 12.5.4. Función de control de llenado y dosificado de tanque de químicos

### Controller.Micro850.Micro850.FB2

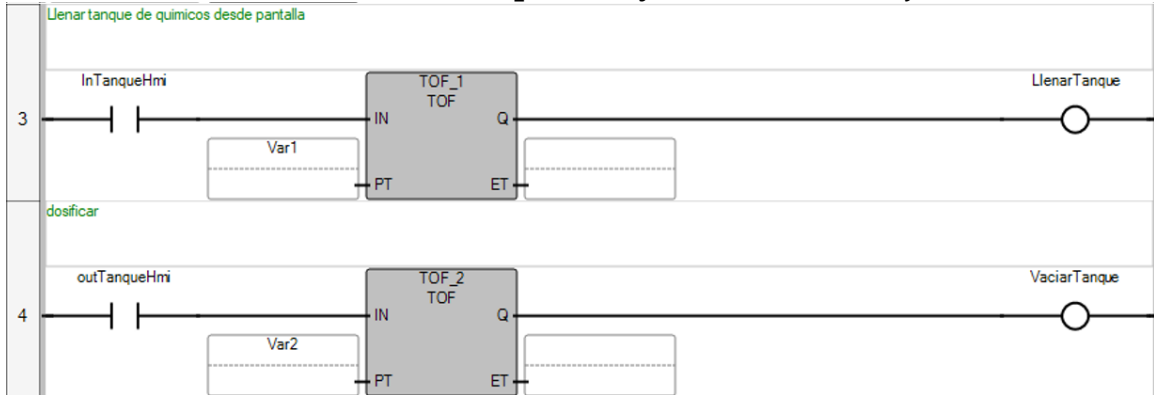




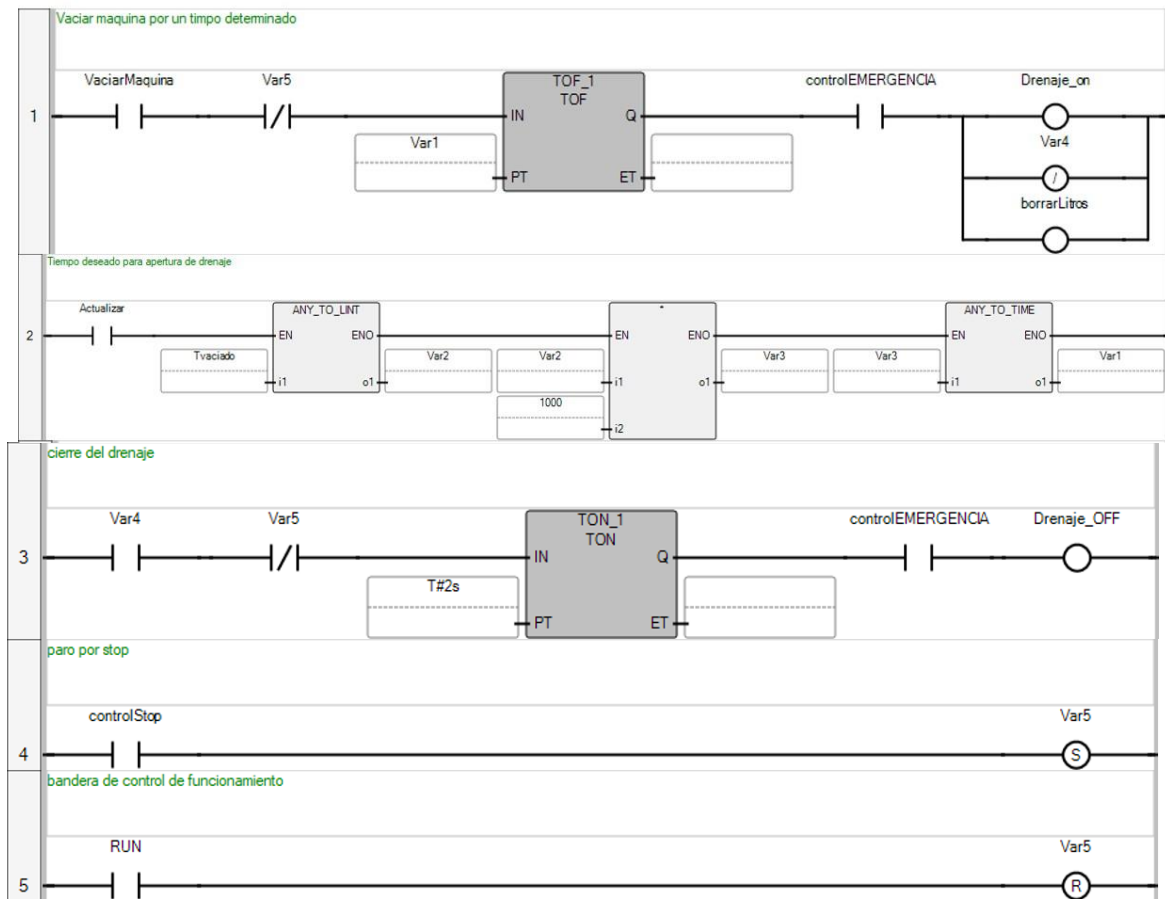
### Controller.Micro850.Micro850.FB3



### 12.5.5. Función de control de apertura y cierra de drenaje

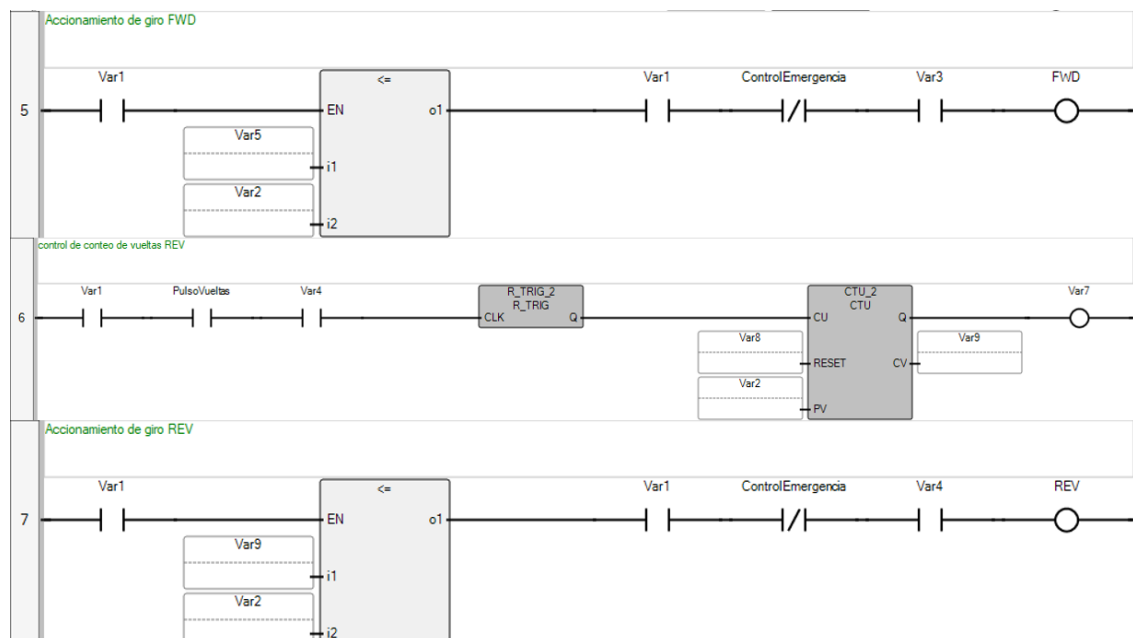
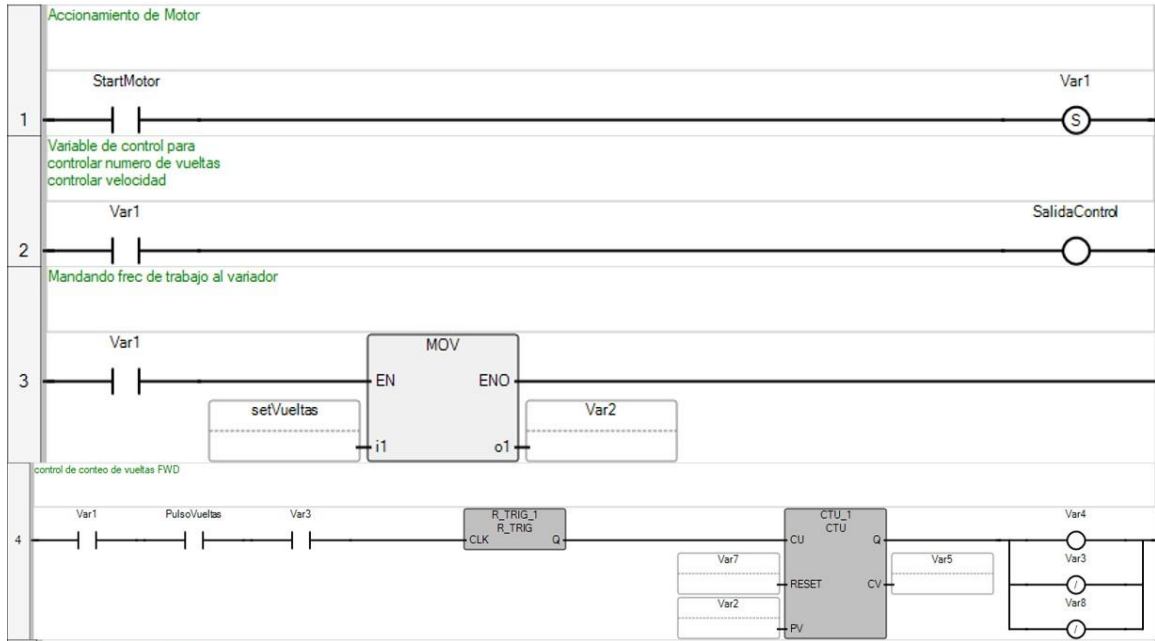


### Controller.Micro850.Micro850.FB4

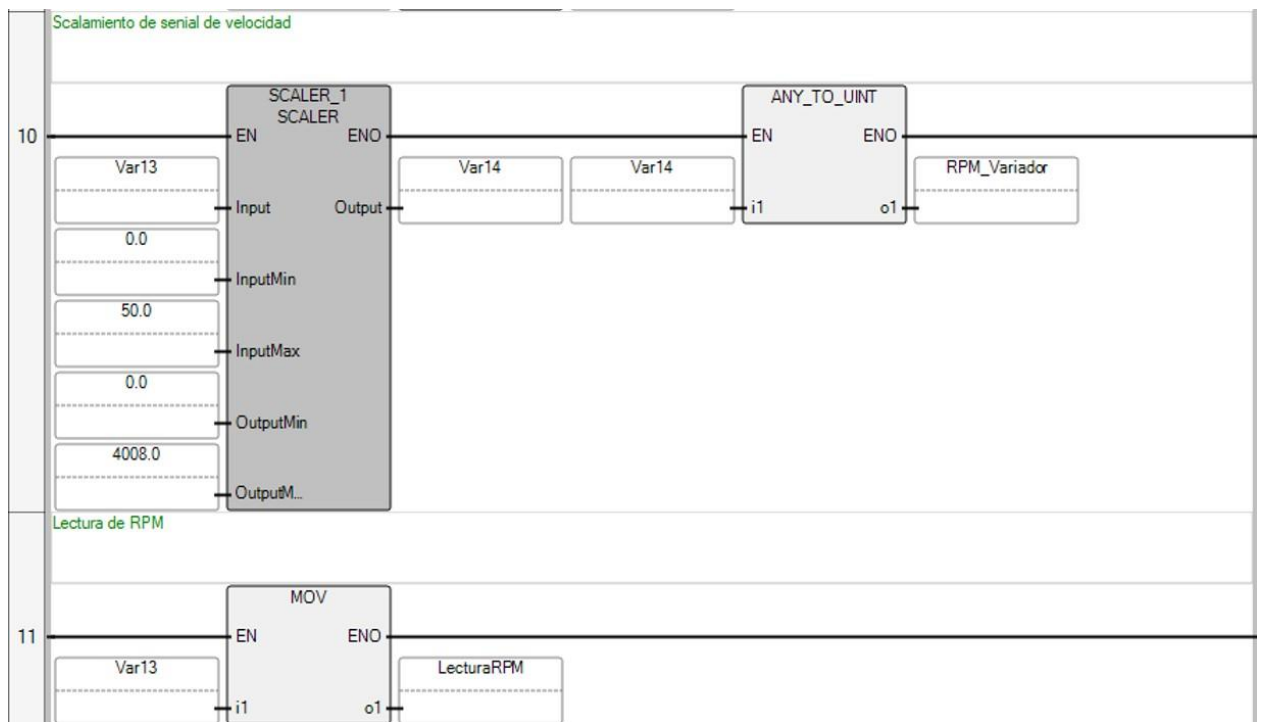
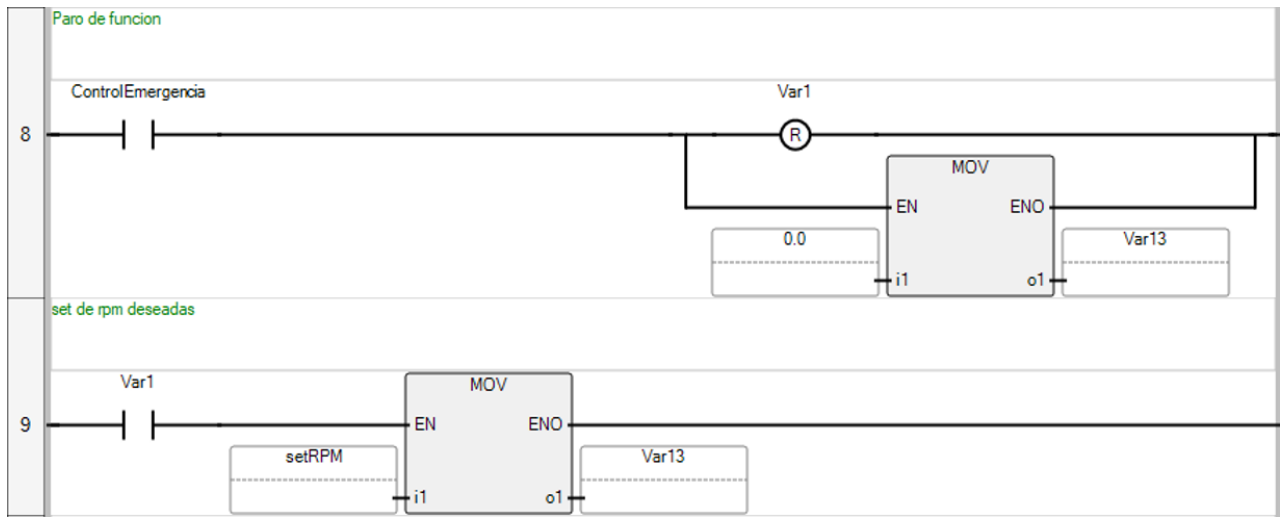


## 12.5.6. Función de control de velocidad y número de vueltas por lado

### Controller.Micro850.Micro850.FB5

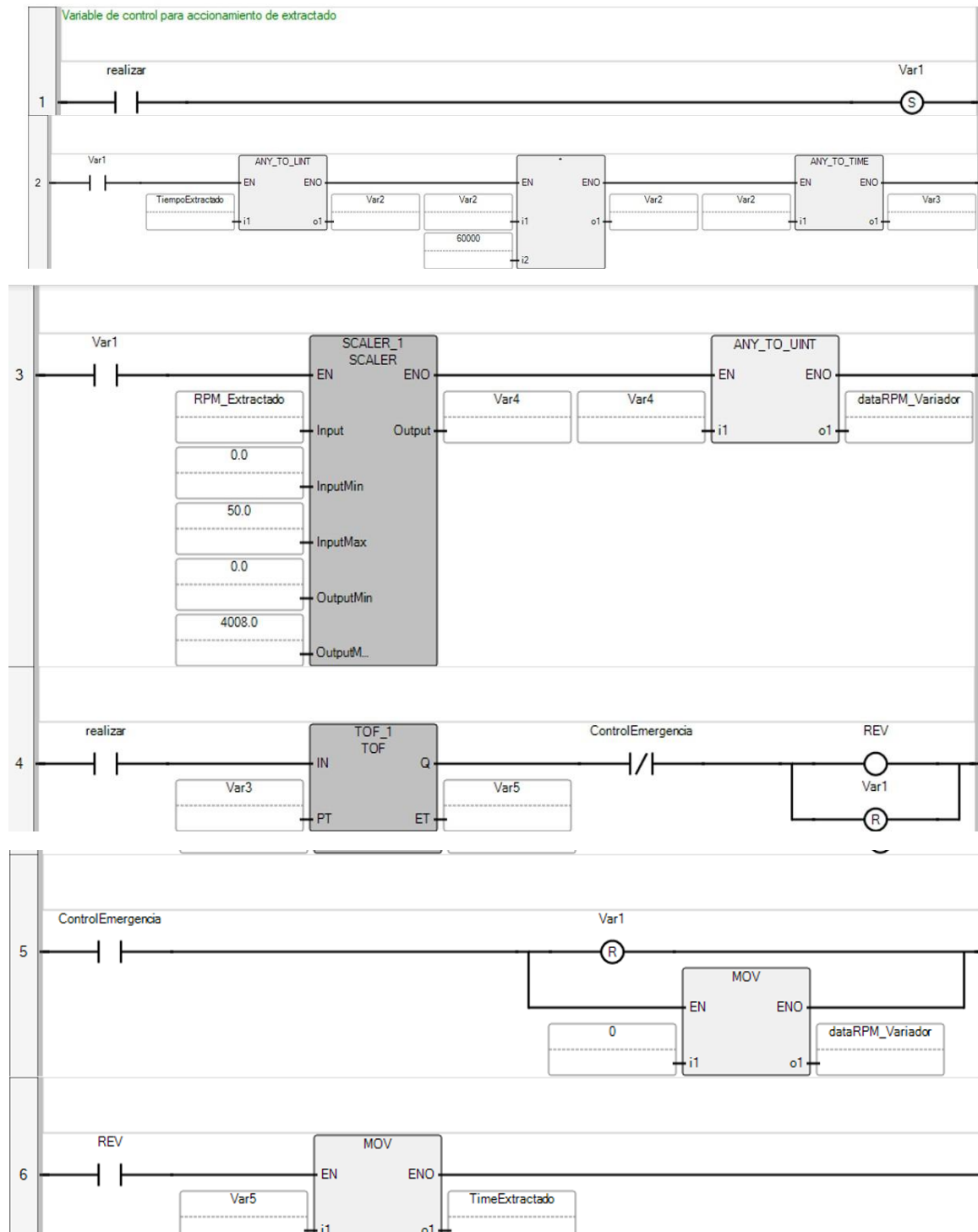






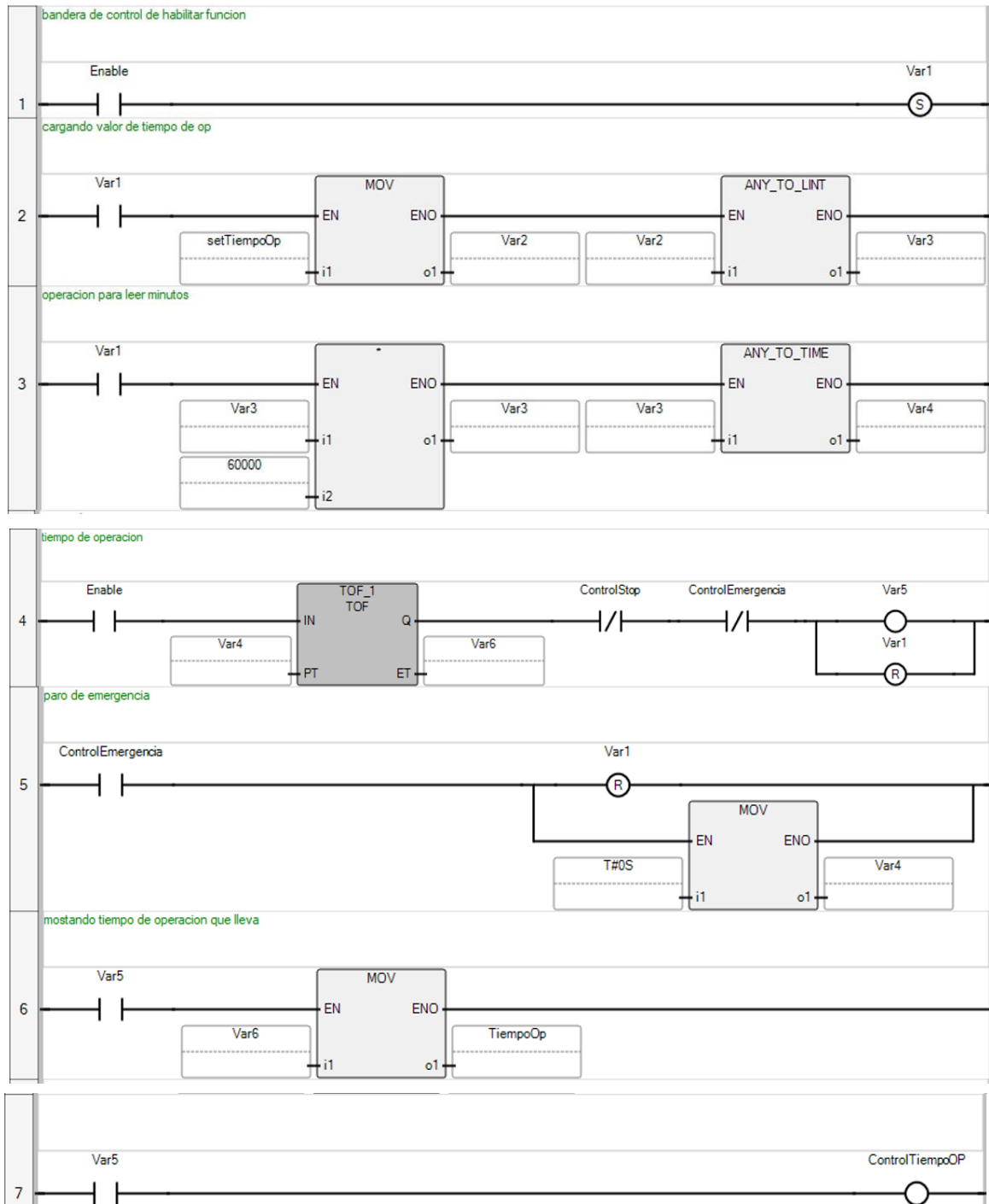
## 12.5.7. Función de control de centrifugado

### Controller.Micro850.Micro850.FB6



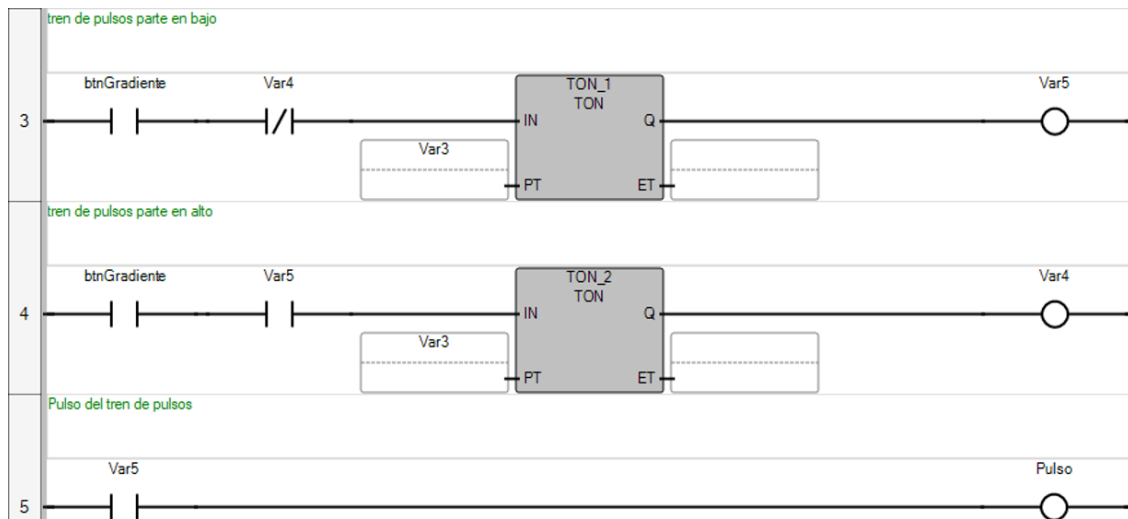
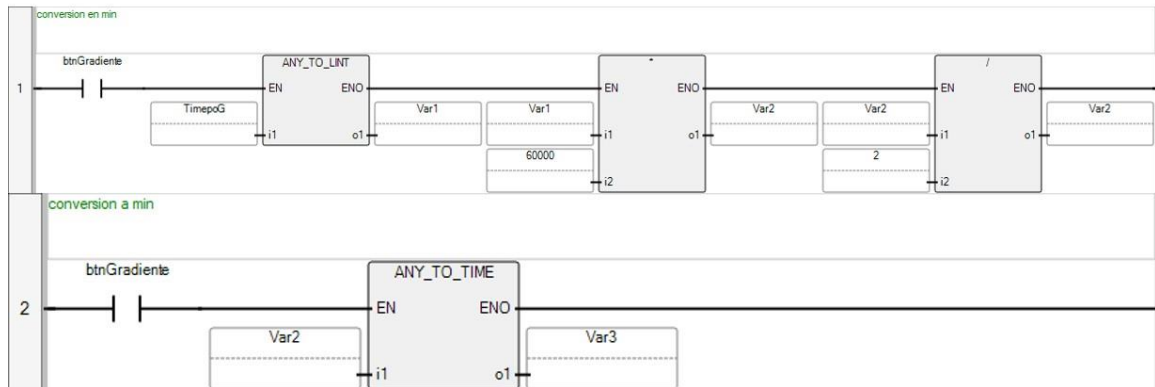
## 12.5.8. Función de tiempo operación global

### Controller.Micro850.Micro850.FB7



## 12.5.9. Función de Gradiente de temperatura

### Controller.Micro850.Micro850.FB9



## 12.6. Pantalla HMI

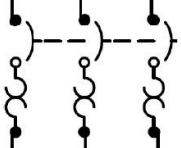

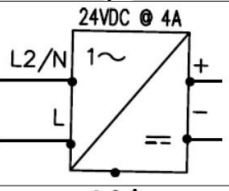

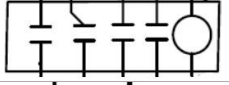
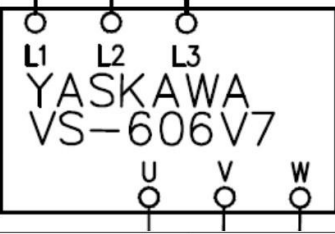
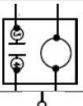

### TAG REPORT

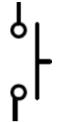
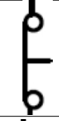
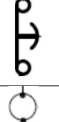

#### External Tags

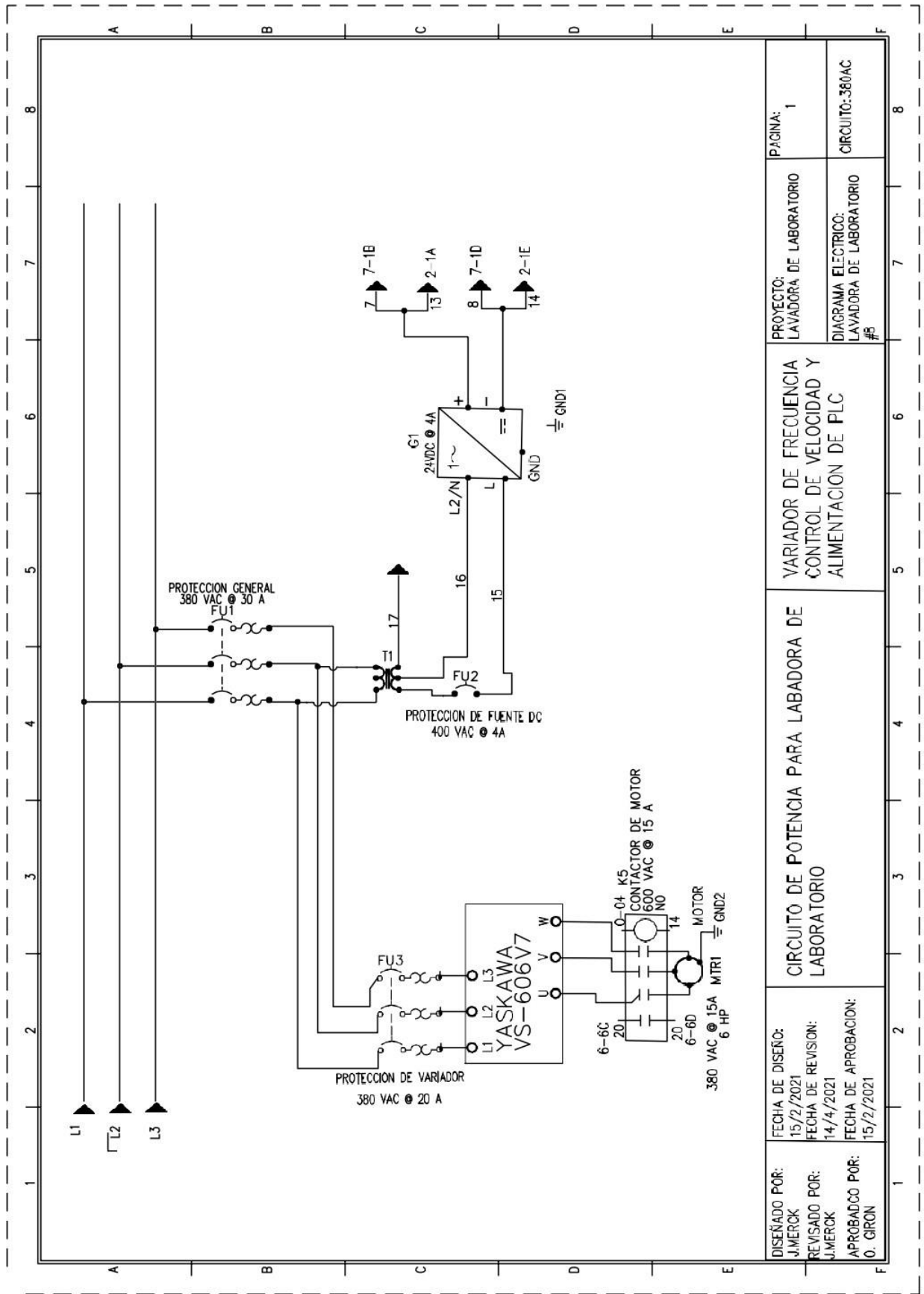
Name	Data Type	Address	Controller	Description	Data Entry		Access	Update Rate	Scaling	Raw		Scaled	
					Min	Max				Min	Max	Min	Max
Temperatura	Real	TemperaturaReal	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
AlarmaTemp	Boolean	AlarmaTemp	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
setTemperatura	Real	SetTemperatura	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
offsetTemperatura	Real	offsetTemperatura	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
btnRealizarTemp	Boolean	btnRealizarTemp	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
STOP_HMI	Boolean	STOP_HMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
marcasStart	Boolean	marcaSTART	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
TiempoGradiente	16 bit integer	TiempoGradiente	PLC-1	-	-32768	32767	Read/Write	500	False	-	-	-	-
btnGradiente	Boolean	btnGradienteTemp	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
vaporHMI	Boolean	vaporHMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
LitrosReales	Real	LitrosReales	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
AguaHMI	Boolean	btnLitrosAguaHMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
Tvaciado	16 bit integer	Tvaciado	PLC-1	-	-32768	32767	Read/Write	500	False	-	-	-	-
btnVaciar	Boolean	btnVaciar	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
btnSave	Boolean	btnSave	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
setAgua	Real	setLitros	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
offsetAgua	Real	offsetLitros	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-

borrarLitros	Boolean	btnBorrarLitros	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
Drenaje_HMI	Boolean	Drenaje_HMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
TiempoLlenadoTanque	16 bit integer	TiempoLlenadoTanque	PLC-1	-	-32768	32767	Read/Write	500	False	-	-	-	-
TiempoDosificadoTanque	16 bit integer	TiempoDosificadoTanque	PLC-1	-	-32768	32767	Read/Write	500	False	-	-	-	-
InTanqueHMI	Boolean	InTanqueHMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
outTanqueDosificarHMI	Boolean	outTanqueDosificarHMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
valveHMITanque	Boolean	ControlLlenadoTanque	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
valve2HMITanque	Boolean	controlDosificado	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
valveAgua	Boolean	valveAguaHMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
valveVapor	Boolean	valveVaporHMI	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
setRPM	Real	setRPM	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
setVueltas	32 bit integer	setVueltas	PLC-1	-	-	2147483647	Read/Write	500	False	-	-	-	-
RPMreales	Real	LecturaRPM	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
BtnVelocidad	Boolean	btnVelocidad	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
RPM_Ext	Real	setRPM_Extractado	PLC-1	-	-9999999	9999999	Read/Write	500	False	-	-	-	-
Tiempo_Ext	16 bit integer	Tiempo_Extractado	PLC-1	-	-32768	32767	Read/Write	500	False	-	-	-	-
btnExtractado	Boolean	btnExtractado	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
llenadoTanque2	Boolean	inTanqueLlenado2	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
DosificadoTanque2	Boolean	outDosificado2	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
btn_TiempoMantenimiento	Boolean	Btn_TiempoMantenimiento	PLC-1	-	-	-	Read/Write	500	False	-	-	-	-
Set_tiempoMantenimiento	16 bit integer	Set_tiempoMantenimiento	PLC-1	-	-32768	32767	Read/Write	500	False	-	-	-	-

## 12.7. Diagrama eléctrico

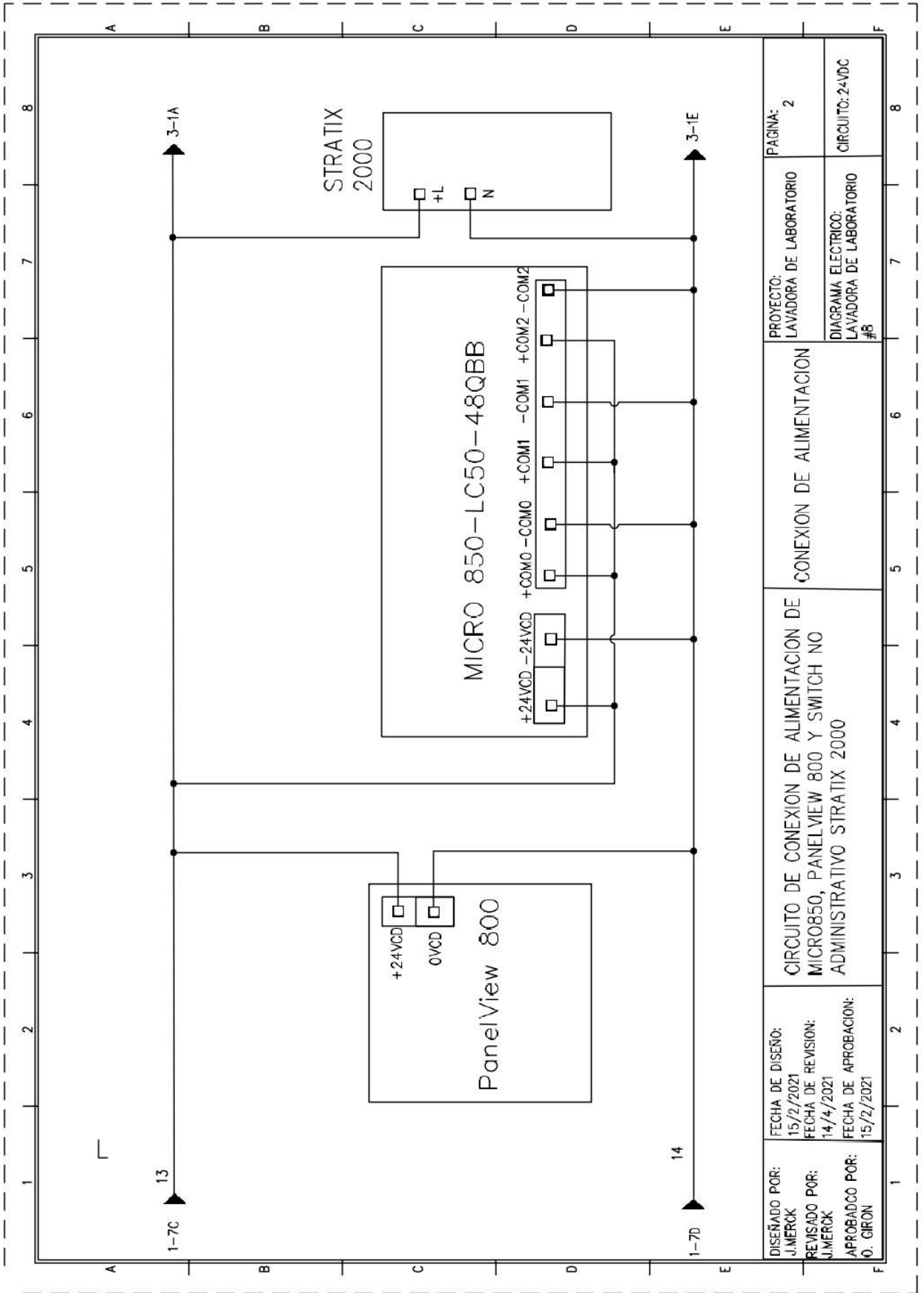
Componente	Identificador	Imagen de ref
Disyuntor magnetotérmico de 3 polos	FU	
Disyuntor magnetotérmico de 1 polo	FU	
Fuente de alimentación de 24vdc	G	
Transformador de control	T	
Contactor	K	
Variador de frecuencia yaskawa	VF	
Relay	K	
Flujómetro	FLS	

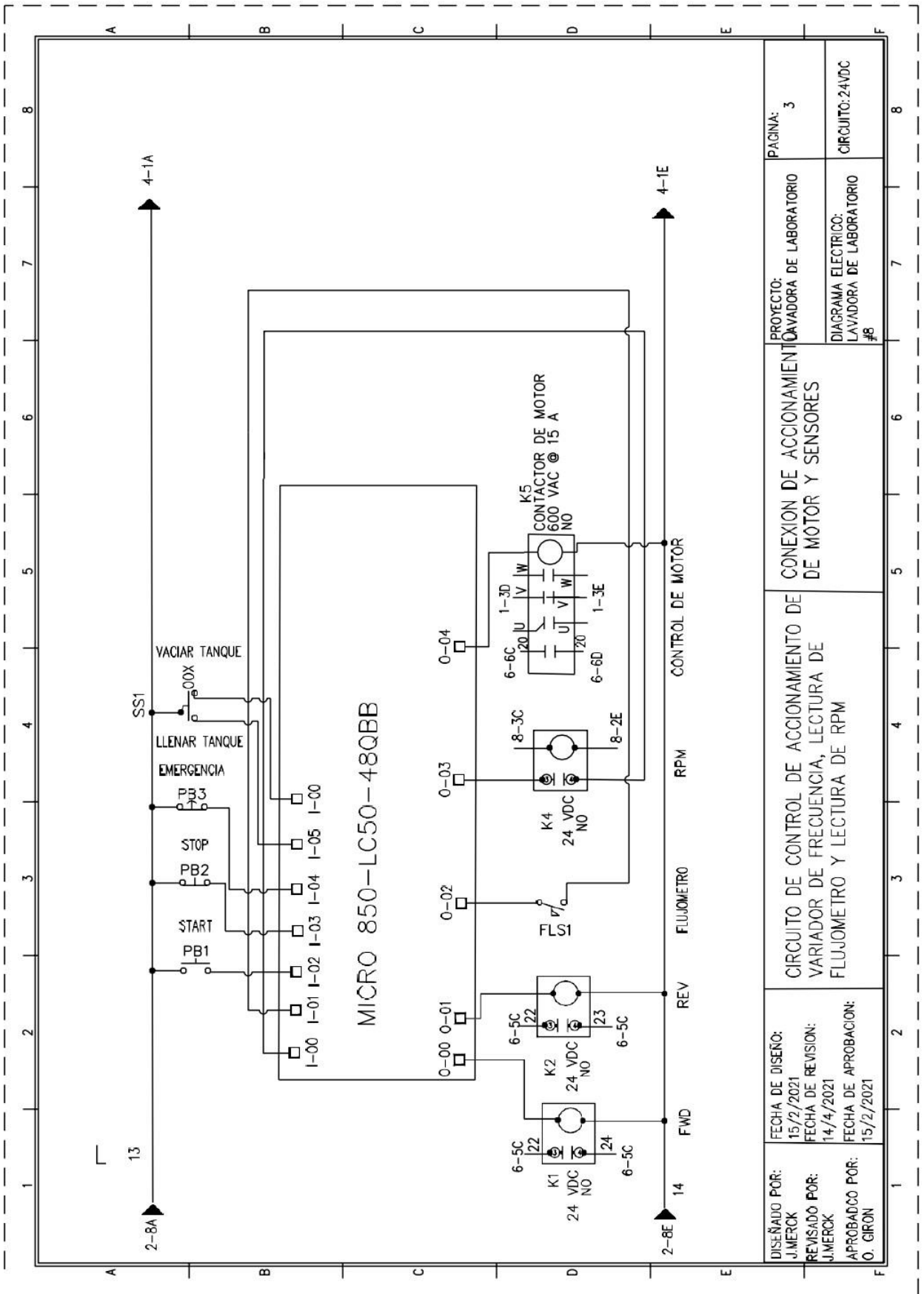
Pulsador NO	PB	
Pulsador NC	PB	
Paro de emergencia	PB	
Bobinas de actuador neumático	K	



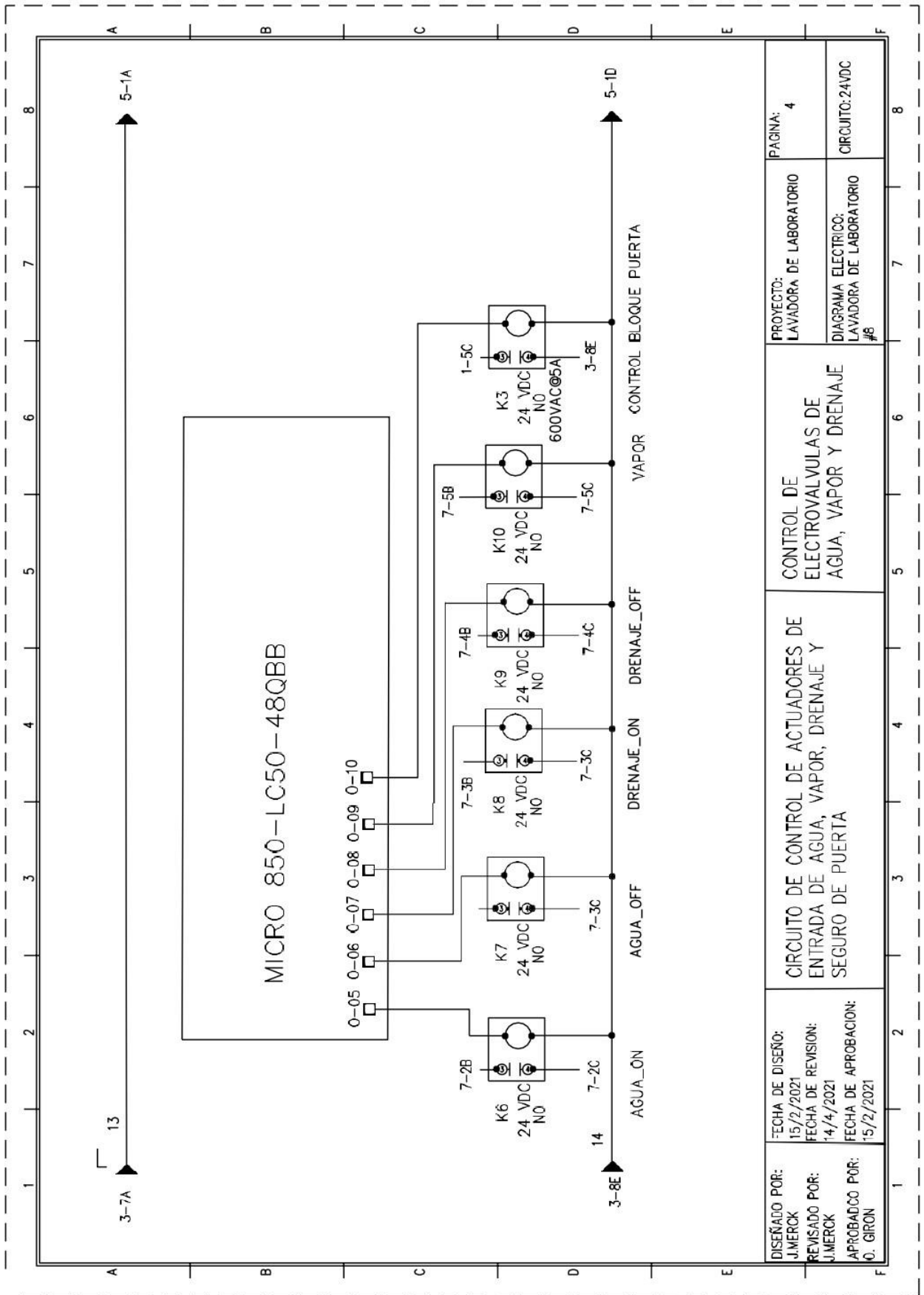
DISEÑADO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	<b>CIRCUITO DE POTENCIA PARA LABADORA DE LABORATORIO</b>	<b>VARIADOR DE FRECUENCIA CONTROL DE VELOCIDAD Y ALIMENTACION DE PLC</b>	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 1
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISION: 14/4/2021			DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO #5	CIRCUITO: 360AC
APROBADO POR: O. GIRON	FECHA DE APROBACION: 15/2/2021				



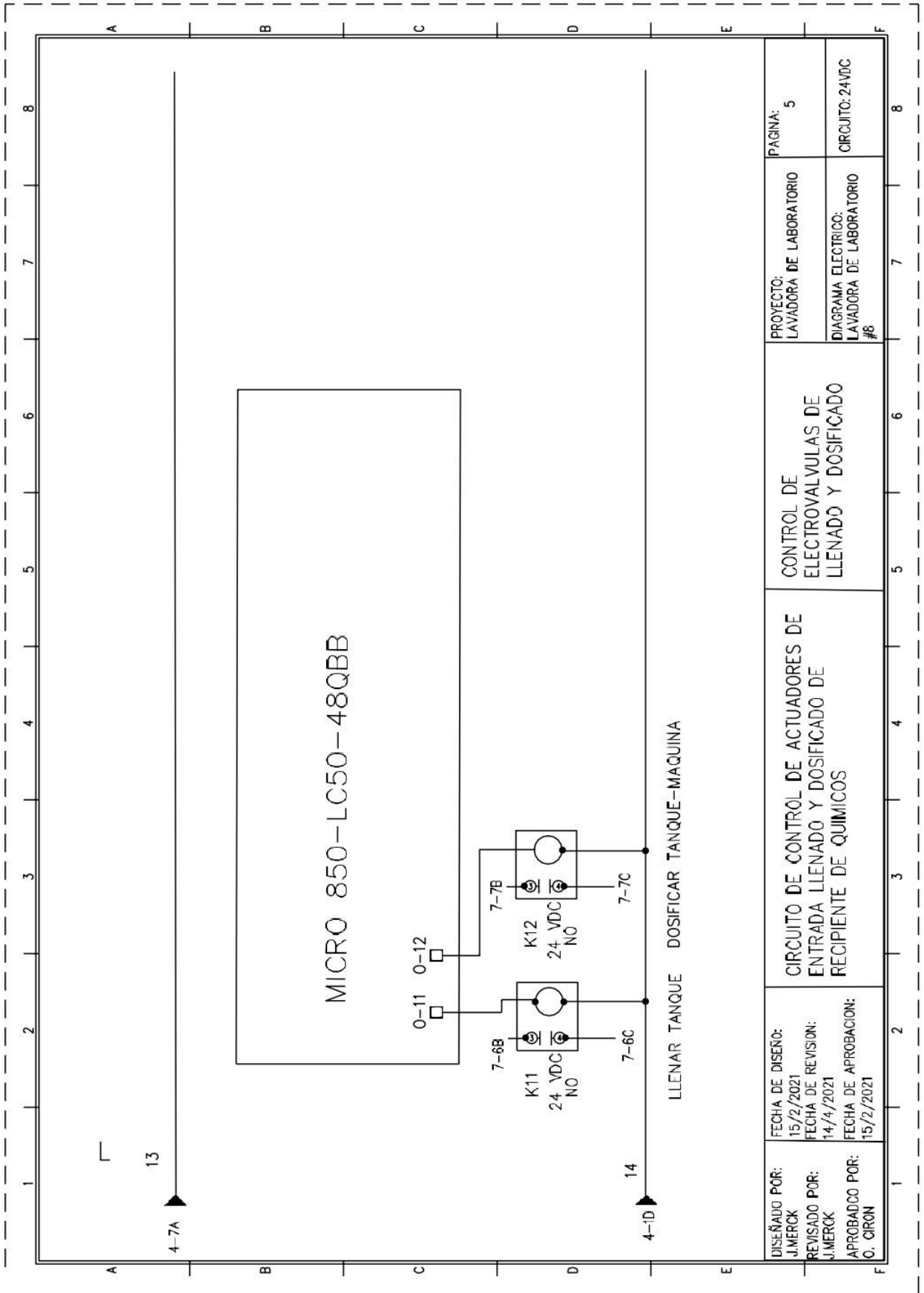




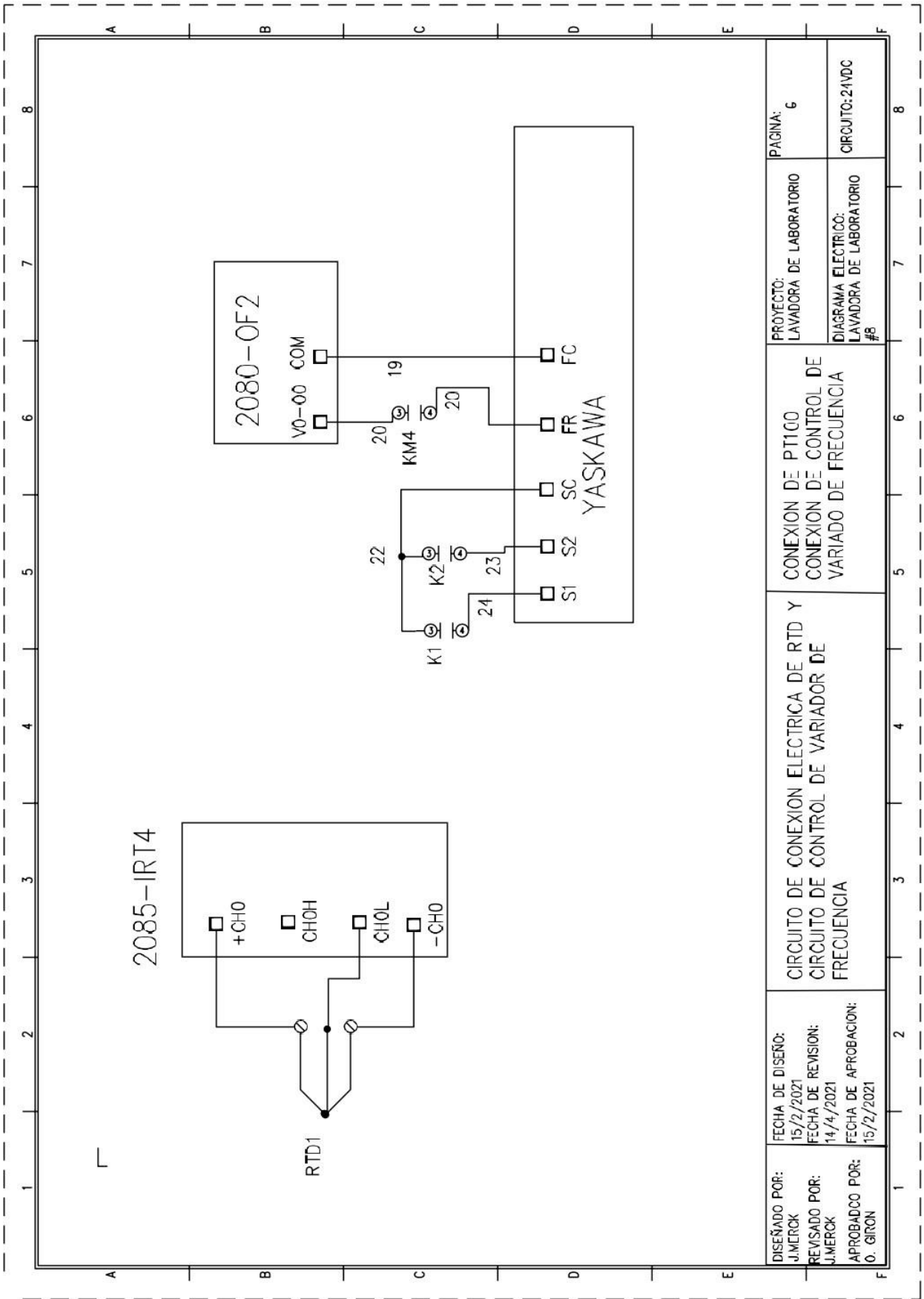
DISEÑO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO DE MOTOR Y SENSORES	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 3
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISION: 14/4/2021		DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO #8	CIRCUITO: 24VDC
APROBADO POR: O. GIRON	FECHA DE APROBACION: 15/2/2021			



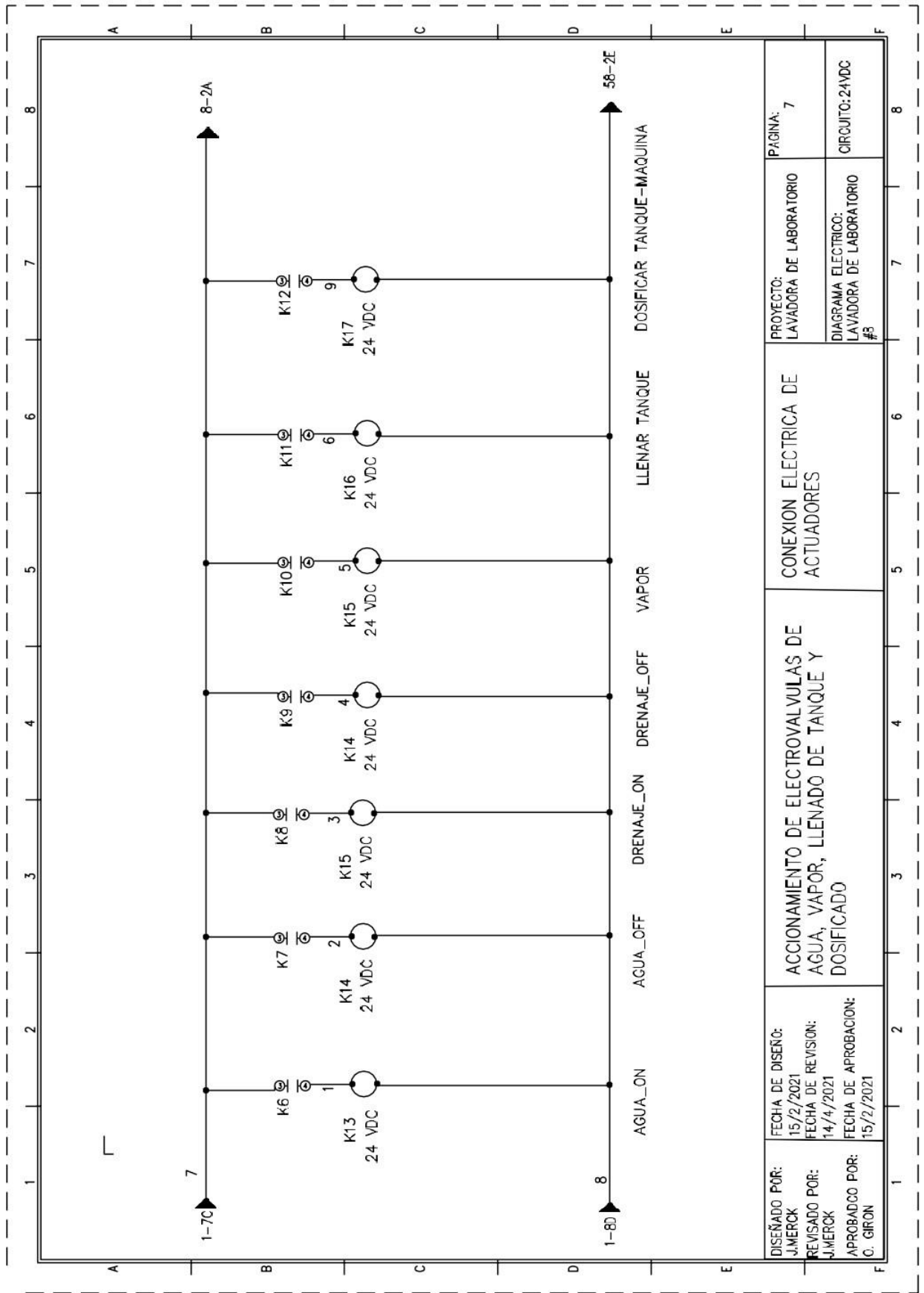
DISEÑADO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	CIRCUITO DE CONTROL DE ACTUADORES DE ENTRADA DE AGUA, VAPOR, DRENAJE Y SEGURO DE PUERTA	CONTROL DE ELECTROVALVULAS DE AGUA, VAPOR Y DRENAJE	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 4
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISION: 14/4/2021			DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO	CIRCUITO: 24VDC
APROBADO POR: O. GIRON	FECHA DE APROBACION: 15/2/2021			#8	



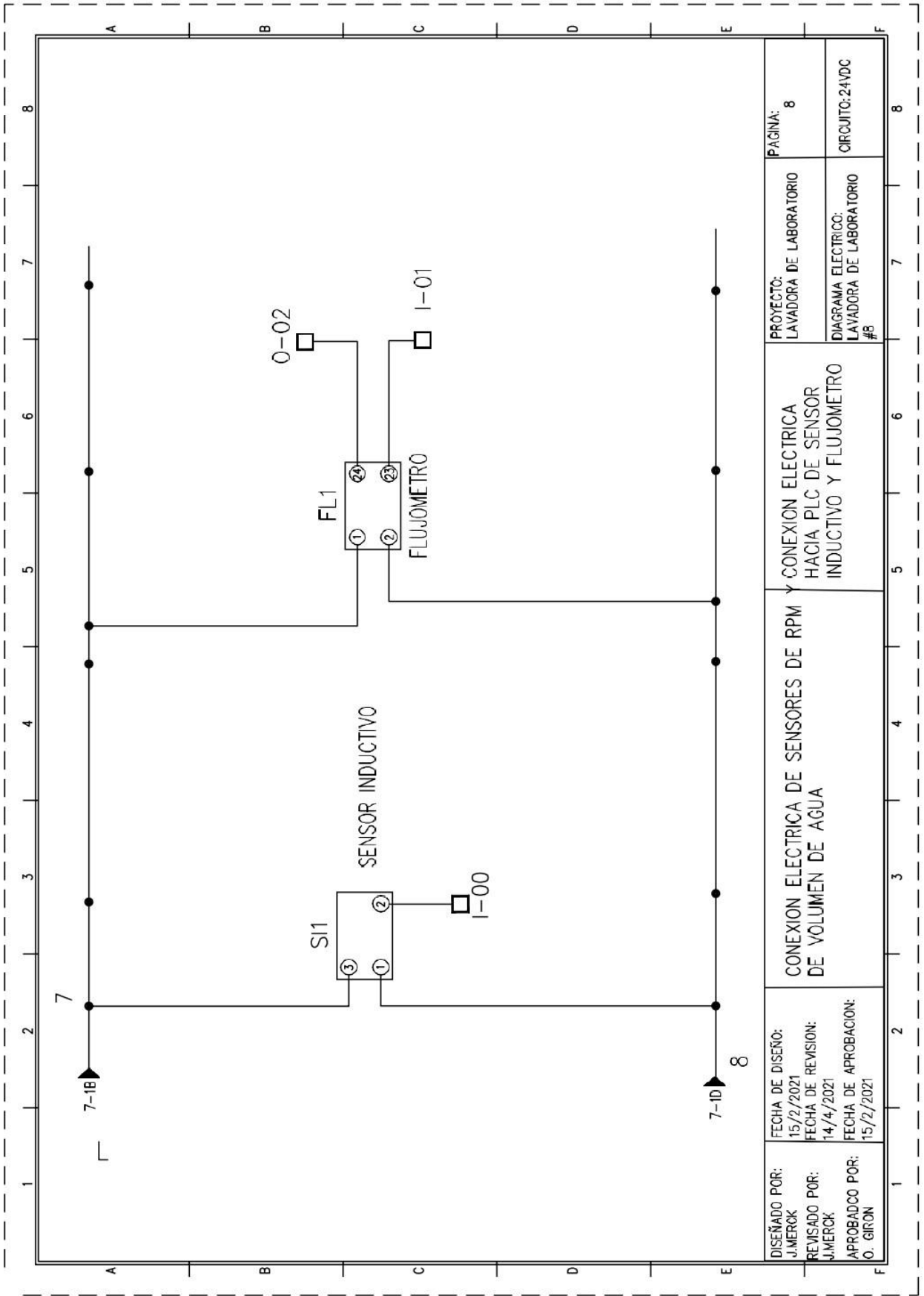
DISEÑO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	CIRCUITO DE CONTROL DE ACTUADORES DE ENTRADA LLENADO Y DOSIFICADO DE RECIPIENTE DE QUIMICOS	CONTROL DE ELECTROVALVULAS DE LLENADO Y DOSIFICADO	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 5
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISION: 14/4/2021			DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO #8	CIRCUITO: 24VDC
APROBADO POR: O. CIRÓN	FECHA DE APROBACION: 15/2/2021				



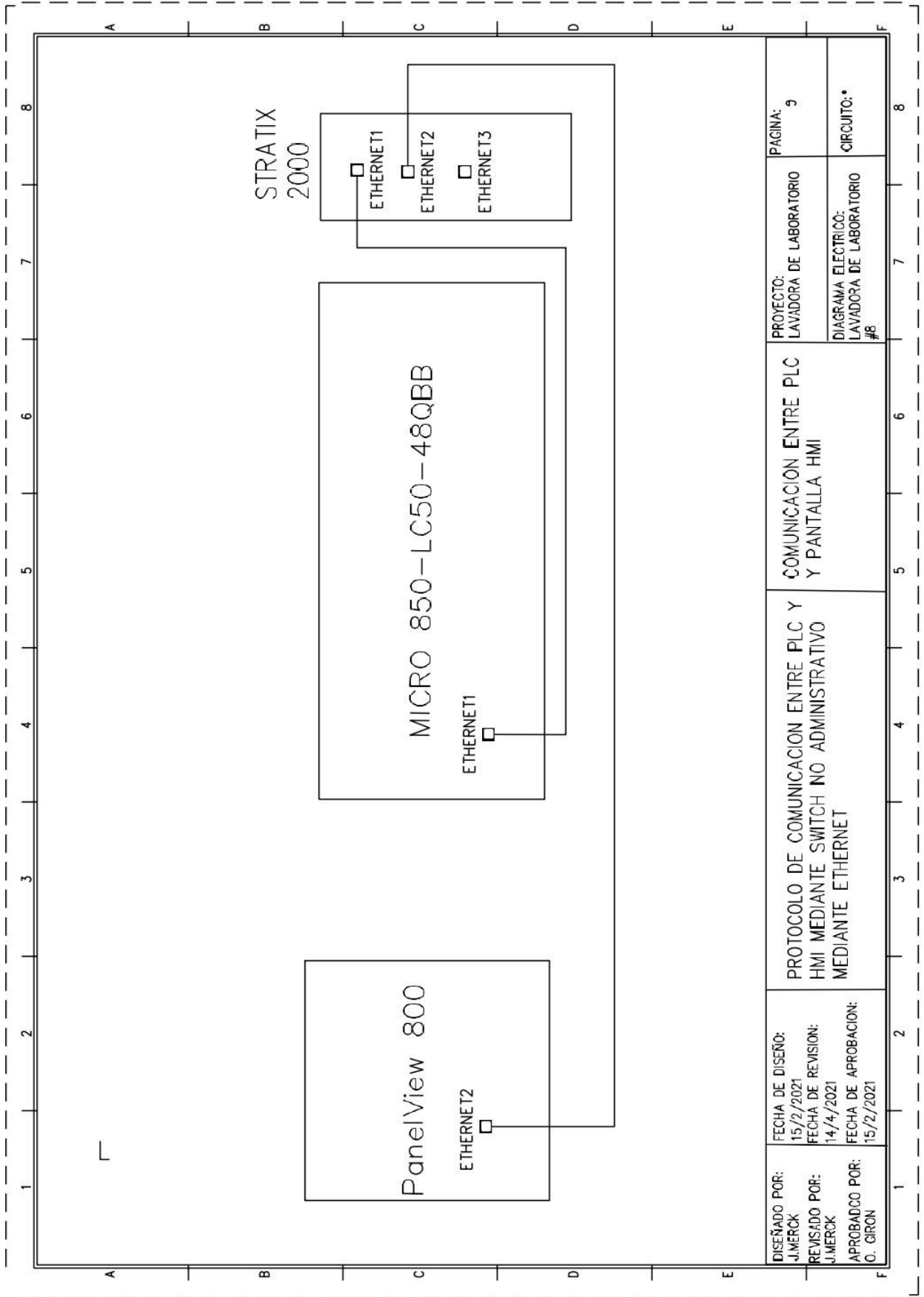
DISEÑADO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	CIRCUITO DE CONEXION ELECTRICA DE RTD Y CIRCUITO DE CONTROL DE VARIADOR DE FRECUENCIA	CONEXION DE PT100 CONEXION DE CONTROL DE VARIADO DE FRECUENCIA	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 6
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISION: 14/4/2021			DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO #8	CIRCUITO: 21VDC
APROBADO POR: O. GIRON	FECHA DE APROBACION: 15/2/2021				



DISEÑADO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 7
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISIÓN: 14/4/2021	DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO	CIRCUITO:24VDC
APROBADO POR: C. GIRÓN	FECHA DE APROBACIÓN: 15/2/2021	#3	
ACCIONAMIENTO DE ELECTROVALVULAS DE AGUA, VAPOR, LLENADO DE TANQUE Y DOSIFICADO		CONEXION ELECTRICA DE ACTUADORES	



DISEÑADO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 8
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISIÓN: 14/4/2021	DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO	CIRCUITO: 24VDC
APROBADO POR: O. GIRON	FECHA DE APROBACION: 15/2/2021	#8	



DISEÑADO POR: J.MERCK	FECHA DE DISEÑO: 15/2/2021	PROTOCOLO DE COMUNICACION ENTRE PLC Y HMI MEDIANTE SWITCH NO ADMINISTRATIVO MEDIANTE ETHERNET	COMUNICACION ENTRE PLC Y PANTALLA HMI	PROYECTO: LAVADORA DE LABORATORIO	PAGINA: 9
REVISADO POR: J.MERCK	FECHA DE REVISION: 14/4/2021			DIAGRAMA ELECTRICO: LAVADORA DE LABORATORIO #8	CIRCUITO:*
APROBADO POR: O. GIRON	FECHA DE APROBACION: 15/2/2021				



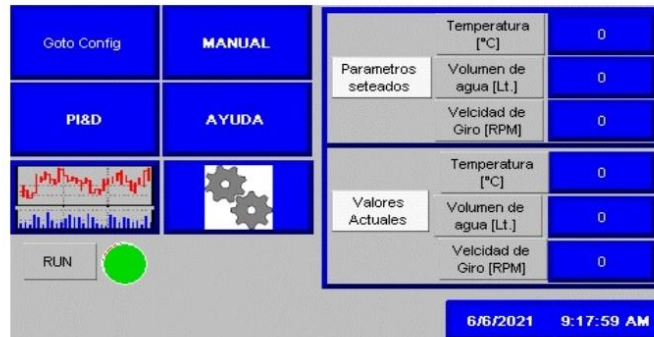
## 12.8. Manual de mantenimiento de la lavadora de muestras

Para realizar el mantenimiento preventivo de lavadora de muestras, la máquina debe de estar apagada.

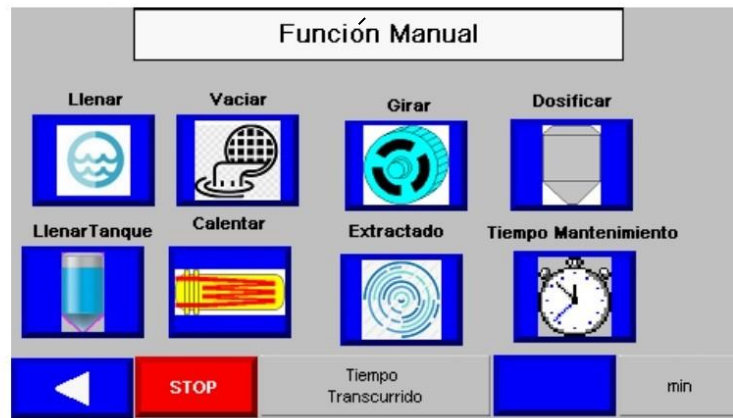
Mantenimiento semanal	<ul style="list-style-type: none"><li>• Limpieza general de la máquina con trapo seco para quitar polvo que acumula</li><li>• Limpieza del tablero eléctrico interno con trapo seco y aire comprimido</li><li>• Limpieza de filtro de vapor, agua dura y de aire</li></ul>
Mantenimiento trimestral	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar nivel de aceite, debe de tener 1.5 litros de aceite que lubrique los rodamientos del sistema de rotación de la lavadora de muestras</li><li>• Verificar que los empaques de la puerta se encuentren en buen estado. Cambiarlos si es necesario</li><li>• Verificar estado de las correas o fajas de transmisión. Tensarlas si es necesario</li></ul>
Mantenimiento anual	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desmontaje del sistema de rotación</li><li>• Revisar cojinetes del motor y estado del eje. Cambiar cojinetes si es necesario.</li><li>• Purgar aceite que lubrica a los rodamientos del eje de la canasta.</li><li>• Revisar estado de retenedores y rodamientos. Cambiarlos si es necesario.</li><li>• Mantenimiento de válvulas neumáticas</li></ul>

## 12.9. Manual de operación de la lavadora de muestras

1. Ubicar switch de energizar el tablero de control. Esperar a que cargue la pantalla con el programa
2. Se desplegará una alarma del paro de emergencia presionado
  - a. Hacer click en el botón "ok" para cerra el mensaje
  - b. Quitar el paro de emergencia
  - c. Presionar el botón físico de "Start", en la pantalla se observará que cambiará el color de Run que esta en rojo a verde



3. Presionar el botón de "MANUAL" para ir a las opciones de control
  - a. Se desplegará un submenú de las operaciones que la máquina realiza.



- b. La opción de llenar permite seleccionar el volumen de agua a ingresar y el offset que se desee dar.



- i. Ingresar el volumen deseado
- ii. Presionar realizar, para ejecutar la opción de llenado
- iii. A la par se mostrará en tiempo real del volumen de agua ingresado

Función de llenado					
Set de parámetros			Valor Actual		
Set Vol. Agua	<input type="text"/>	Lt.	Volumen de agua [Lt.]	<input type="text" value="0"/>	
Offset	<input type="text"/>	Offset	Offset	<input type="text" value="0"/>	
<input type="button" value="◀"/>		<input type="button" value="STOP"/>	<input type="button" value="Realizar"/>		

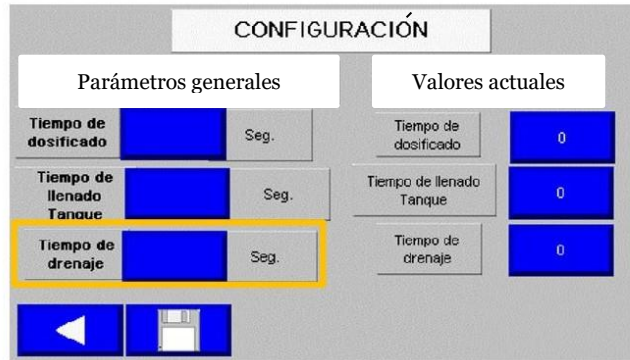
- c. El botón de vaciado permite vaciar completamente el volumen de agua que hay en la máquina.



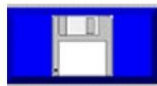
- i. El tiempo vaciado puede ser modificado, por defecto el tiempo es de 30 segundos.
- ii. Para modificar el tiempo ir a la opción de configuración, que se encuentra en el menú principal



- iii. En el submenú de configuraciones cambiar el valor de tiempo de drenaje ingresando el valor deseado



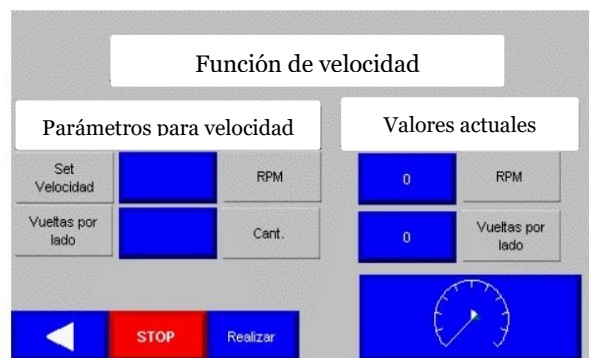
- iv. Hacer click en el botón de guardar



- d. En el botón de girar, permite seleccionar la velocidad de giro deseada y el número de vueltas por lado.



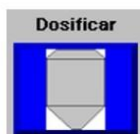
- i. Ingresar los valores correspondientes de la velocidad de giro y el número de vueltas



- ii. Hacer click en el botón de “realizar” para ejecutar esta opción



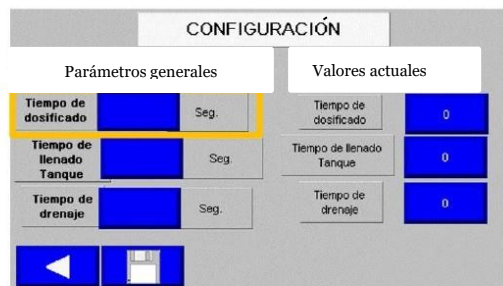
- e. El botón de dosificar permite la dosificación del tanque de químicos a la lavadora de muestras, por un tiempo deseado.



- i. El tiempo puede ser cambiado en el botón del menú principal de configuración.



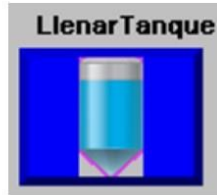
- ii. Ingresar el tiempo deseado que la válvula va a estar abierta para el paso del químico.



- iii. Hacer click en el botón de guardar para cargar el valor



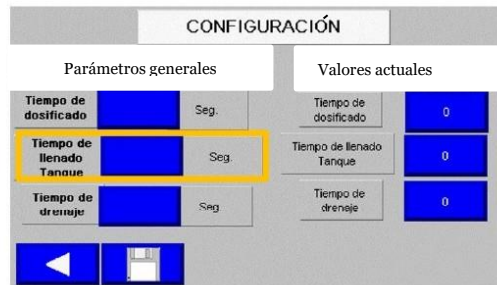
- f. El botón de llenar tanque, permite llenar el tanque de químicos con agua durante un tiempo determinado.



- i. El tiempo puede ser cambiado en el botón del menú principal de configuración.



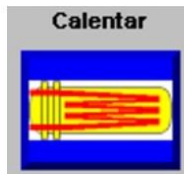
- ii. Ingresar el tiempo deseado que la válvula va a estar abierta para el paso del químico.



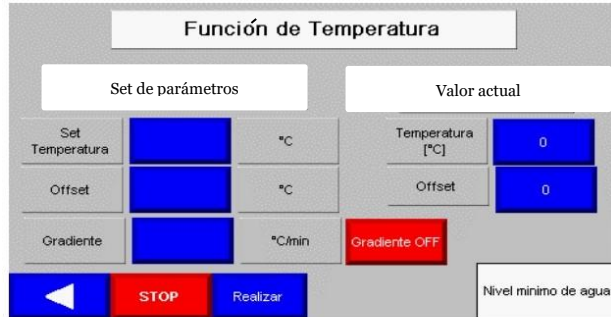
- iii. Hacer click en el botón de guardar para cargar el valor



- g. El botón de calentar permite que el proceso aumente la temperatura según el setpoint deseado. Esta opción se puede realizar únicamente si tiene como mínimo 5lt de agua.



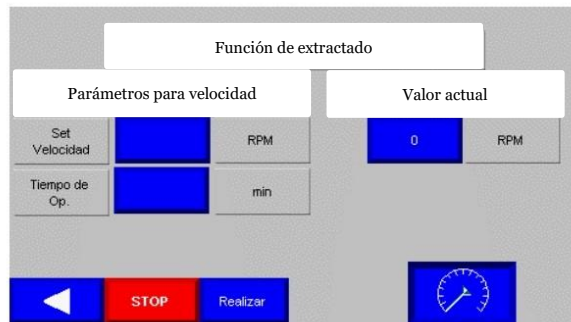
- i. En la función de calentar permite ingresar el valor de temperatura, si existe un offset y la opción de gradiente.



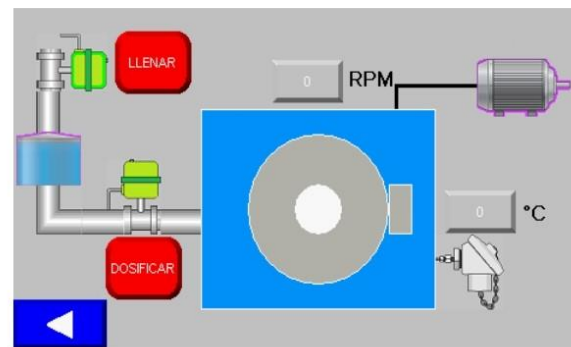
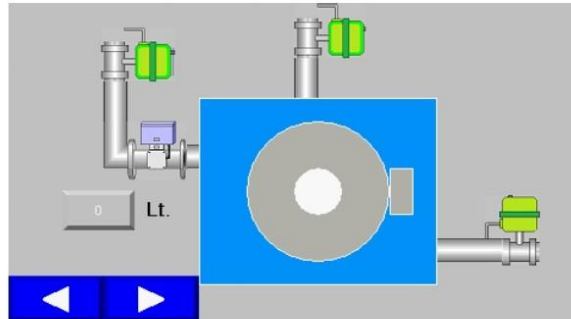
- ii. Presionar el botón de “realizar” para ejecutar esta función.
- h. La función de extratado permite girar a una alta velocidad para exprimir las prendas ingresadas, por un tiempo deseado.



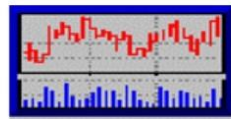
- i. Ingresar la velocidad en rpm y el tiempo de operación de esta función
- ii. Hacer click en el botón de realizar para operar esta función.



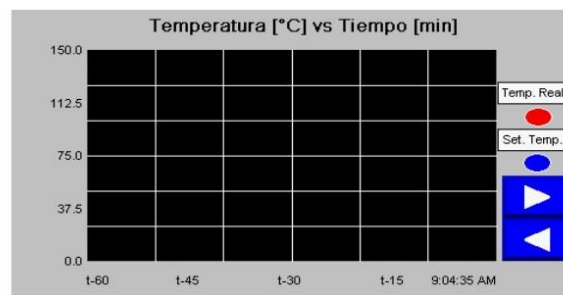
- 4. El botón PI&D proporciona un diagrama de PI&D de la máquina permitiendo realizar opciones de llenado, calentado de forma manual además de desplegar los valores en tiempo real de las variables de control (volumen de agua, temperatura y rpm).



5. El botón de gráfico de temperatura permite ver un gráfico en tiempo real de la curva de temperatura que está teniendo el proceso



- a. Se mostrarán 2 colores de líneas, el setpoint de temperatura y la curva de temperatura del proceso en tiempo real media en °C vs min





6. El botón de ayuda permite mostrar al nuevo operador como usar la máquina y de las funciones que cuenta.



7. El botón de "go to config" permite salir de la aplicación en ejecución que tiene la pantalla. No presionarla si no se tiene otra aplicación que correr.

