



“Responsabilidad con pensamiento positivo”

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y**

**TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**AUTOMATIZACIÓN DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DEL**

**TREN DE LAMINACIÓN T03, EN LA EMPRESA ADELCA ACERÍAS**

**DEL ECUADOR.**

**AUTOR:**

DARWIN MIGUEL ALBÁN PADILLA

**TUTOR:**

ING. RENE ERNESTO CORTIJO LEYVA

**QUITO, ECUADOR 2019**

## DECLARACIÓN

Yo, **Darwin Miguel Albán Padilla**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

.....

Darwin Miguel Albán Padilla

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
**APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**Automatización de la torre de enfriamiento del tren de laminación T03, en la empresa ADELCA. Acerías del Ecuador.**” presentado por el señor **Darwin Miguel Albán Padilla**. Estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. 03 de julio de 2019

TUTOR

.....

Ing. Rene Ernesto Cortijo Leyva, Mg

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación dedico. A mi madre y mi padre, por el apoyo brindado en mi formación personal, quienes con sus consejos y forma de vida han formado la base para lo que hoy en día soy. A mis tesoros Renata y Nayeli, que con su dulzura han motivado cada instante para esta superación y alcance la culminación de esta carrera profesional. A mi esposa y amiga quien a pesar de todos los momentos de decaimiento supo estar ahí para mí incondicionalmente, ayudándome a llevar mí rol de estudiante, esposo, amigo y padre. A mi familia, hermanas, primos, tíos, cuñados gracias por esas palabras de aliento que me supieron compartir. A todas las personas que un día al abrir los ojos deciden crecer y superarse sin importar el peso que lleven consigo las limitaciones de su entorno. Para todos ustedes mi dedicación gracias por estar aquí.

DARWIN

## **AGRADECIMIENTO**

Este proyecto previo a la titulación a requirió de mucha preparación, auto aprendizaje, esfuerzo, tolerancia, humildad y paciencia para su finalización, es por estos motivos que agradezco a Dios por brindarme el privilegio de la vida junto a mis seres amados. A mi jefe y amigo Armando Jácome por impulsar los ideales de las personas que laboran en su entorno, avivando la llama de superación personal. A mi amigo Patricio Jaramillo por sus consejos, apoyo y amistad incondicional tanto en el ámbito laboral como en lo personal. A mi esposa Victoria Aguilar por su amor incondicional que avivo y motivo día a día para perseverar en este objetivo de vida. A mis compañeros del taller eléctrico que de una u otra manera no se opusieron a mi iniciativa de superación.

DARWIN

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>DECLARACIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL .....</b>	<b>iii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>v</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURA.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>xvii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes de la situación objeto de estudio. ....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento y justificación del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>3</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>3</b>
<b>Descripción de los capítulos. ....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>6</b>

<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>6</b>
1.1. Soporte o estructura .....	6
1.2. Carcasa.....	7
1.3. Relleno.....	7
1.4. Difusor .....	8
1.5. Separadores de gotas.....	8
1.6. Pulverizadores .....	9
1.7. Ventilador axial .....	9
1.8. Balsa de agua fría.....	10
1.9. Bombas de impulsión.....	10
1.10. Bombas centrifugas.....	11
1.10.1. Ventajas.....	12
1.10.2 Desventajas.....	12
1.11. Bomba de lodos o sumergible.....	13
1.11.1. Ventajas.....	14
1.11.2. DESVENTAJAS.....	14
1.12. Sensores de ultrasonido.....	14
1.12.1. Sensor de ultrasonido (UM30-215113).....	14
1.13. Controlador lógico programable (PLC).....	16
1.13.1. PLC Siemens S7-300 .....	17
1.13.2. Interfaz HMI .....	18
1.13.3. Touch Simatic KTP 700 basic. ....	19
1.13.4. Características.....	20
1.14. Sensor de temperatura .....	20
1.14.1 Sensor de temperatura Pt 100 .....	21
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>22</b>

<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>22</b>
2.1. Fundamentación Teórica. ....	22
2.2 Marco Metodológico. ....	23
2.3 Propuesta. ....	23
2.4. Implementación. ....	23
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>24</b>
<b>PROPUESTA .....</b>	<b>24</b>
3.1. Demanda necesaria. ....	25
3.2. Voltajes existentes .....	26
3.3. Diagrama de bloques de funcionamiento. ....	26
3.4. Circuito de control de funcionamiento antiguo.....	27
3.5. Diseño del diagrama para la alimentación de 110 V Ac - 24 V Dc de la automatización. ....	29
3.6. Diseño del diagrama de control bombas (Tablero local).....	31
3.7. Diseño gabinete eléctrico (Tablero local).....	32
3.8. Distribución eléctrica de elementos (Tablero local).....	33
3.9. Diseño del diagrama de alimentación 110 V Ac, para los arrancadores suaves. ....	34
3.10. Diseño del diagrama de control para los arrancadores suaves. ....	35
3. 11. Diseño del diagrama de fuerza para los arrancadores suaves.....	36
3.12. Diseño del gabinete eléctrico para los arrancadores suaves.....	37
3.13. Distribución de material eléctrico para los arrancadores suaves. ....	38
3.14. Diagrama de conexiones circuito de señales PLC.....	39
3.14.1. Diseño del gabinete de señales.....	40
3.15. Distribución de elementos eléctrico electrónico. ....	41
3.16. Dimensionamiento de materiales. ....	41
3.17. Soporte metálico. ....	43
3.18. Accesorios .....	45

3.19. Diseño de condiciones de funcionamiento .....	47
3.20. Detalles de las Piscinas .....	49
3.21. Nuevas condiciones de funcionamiento de la torre de enfriamiento .....	49
3.22. Comunicación.....	50
3.23. Diseño de programa.....	51
3.24. Diagrama de flujo condiciones 1_2.....	53
3.25. Diagrama de flujo condiciones 3_4.....	54
3.26. Diagrama de flujo condiciones 5-6-7-8.....	55
3.27. Diagrama de flujo condiciones 9-10.....	56
3.28. Diagrama de flujo condiciones 11.....	57
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>58</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>58</b>
4.1. Desarrollo.....	58
4.1.1. Ejecución de trabajos electromecánicos Tablero de tomas 220 Vac y borneras .....	58
4.1.2. Ensamblaje. ....	59
4.1.3 Ejecución de trabajos electromecánicos y calibraciones del sensor ultrasónico .....	62
4.1.4 Ensamblaje. ....	63
4.1.5 Ejecución de trabajos electromecánicos en el tablero eléctrico control torre de refrigeración.....	68
4.1.6 Ensamblaje. ....	70
4.1.6 Ejecución de trabajos electromecánicos en el tablero eléctrico para arrancadores suaves.....	74
4.1.7 Ensamblaje. ....	76
4.1.8 Ejecución de trabajos electromecánicos en el tablero de control de señales.....	81
4.1.9. Ensamblaje. ....	82
4.1.10 Ejecución de trabajos electromecánicos montaje de canaletas metálicas.....	86
4.1.11 Ensamblaje. ....	87
4.1.12 Ejecución de trabajos cableado de conductores. ....	90

4.1.13 Ensamblaje .....	90
4.2 Implementación .....	92
4.2.2 Parametrización Interfaz HMI .....	95
4.2.3 Cargar un proyecto desde un medio externo.....	95
4.2.4 Cambiar la dirección IP y el nombre de dispositivo de un controlador para poder enlazar con el PLC. .....	100
4.2.5 Step 7, Software de programación del PLC Siemens S7 .....	104
4.3. Pruebas de funcionamiento.....	108
4.4. Análisis de resultados.....	111
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>114</b>
Recomendaciones .....	115
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>

## LISTA DE FIGURA

Figura 1. 1. Base o cimientos de la torre de enfriamiento.....	6
Figura 1. 2. Carcasa. Diseño unifilar .....	7
Figura 1. 3. Relleno.....	7
Figura 1. 4. Difusores de agua.....	8
Figura 1. 5. Separador de gotas .....	8
Figura 1. 6. Pulverizadores.....	9
Figura 1. 7. Ventilador de la torre.....	9
Figura 1. 8. Balsa de agua fría .....	10
Figura 1. 9. Impulsor o impelentes curvas abiertas .....	11
Figura 1. 10. Impelente y el cuerpo .....	12
Figura 1. 11. Bomba sumergible o de lodos.....	13
Figura 1. 12. Sensor ultrasónico .....	14
Figura 1. 13. Distancia de trabajo .....	15
Figura 1. 14. Modelos PLC .....	16
Figura 1. 15. Estructura del PLC .....	17
Figura 1. 16. PLC, Compacto Siemens S7.....	17
Figura 1. 17. Interfaz con PLC .....	19
Figura 1. 18. Touch, simatic HMI Siemens .....	19
Figura 1. 19. Pt-100 .....	21
Figura 1. 20. Curva de trabajo .....	21
Figura 3.21. Propuesta de automatización. ....	25
Figura 3.22. Esquema de bloques funcionamiento torre de enfriamiento.....	26

Figura 3.23. Diagrama de control antiguo.....	28
Figura 3.24. Diseño del diagrama para la alimentación de 110 V Ac - 24 V Dc de la automatización .....	30
Figura 3.25. Alimentación 110Vac- 24Vdc .....	31
Figura 3.26. Diseño gabinete eléctrico.....	32
Figura 3.27. Distribución eléctrica de elementos .....	33
Figura 3.28. Diseño del diagrama de alimentación 110 V Ac, para los arrancadores suaves...	34
Figura 3.29. Diseño del diagrama de control para los arrancadores suaves.....	35
Figura 3.30. Diseño del diagrama de fuerza para los arrancadores suaves .....	36
Figura 3.31. Diseño del gabinete eléctrico para los arrancadores suaves .....	37
Figura 3.32. Distribución de material eléctrico para los arrancadores suaves .....	38
Figura 3.33. Circuito de señales PLC .....	39
Figura 3.34. Estructura gabinete de control de señales.....	40
Figura 3.35. Estructura canaleta tipo escalera. ....	45
Figura 3.36. Accesorios.....	45
Figura 3.37. Codificación canaletas tipo escalera. ....	46
Figura 3.38. Especificaciones .....	46
Figura 3.39. Codificación accesorios. ....	47
Figura 3.40. Distribución grafica torre de enfriamiento. ....	48
Figura 3.41 Diagrama de flujo comunicación .....	51
Figura 3.42. Flujo de condiciones 1-2.....	53
Figura 3.43. Flujo de condiciones 3- 4.....	54
Figura 3.44. Condiciones 5-6-7-8.....	55
Figura 3.45. Condiciones 9-10 .....	56
Figura 3.46. Condiciones 11.....	57

Figura 4.47. Trazo del diseño .....	59
Figura 4.48. Corte a medidas.....	60
Figura 4.49. Implementación de rieles. ....	60
Figura 4.50. Implementación de rieles 2 .....	61
Figura 4.51. Cableado interno. ....	61
Figura 4.52. Traslado y colocación.....	62
Figura 4. 53. Gabinete eléctrico.....	63
Figura 4.54. Corte a medida. ....	63
Figura 4.55. Estructura metálica. ....	64
Figura 4.56. Inspección. ....	64
Figura 4.57. Calibración.....	65
Figura 4.58. Montaje.....	65
Figura 4.59. Cableado. ....	66
Figura 4.60. Pruebas .....	66
Figura 4. 61. Etiquetado .....	67
Figura 4.62. Traslado .....	67
Figura 4.63. Conexionado. ....	68
Figura 4.64. Inspección. ....	70
Figura 4.65. Corte a medidas de canaletas .....	70
Figura 4. 66. Implementación de canaletas. ....	71
Figura 4. 67. Incorporación de elementos .....	71
Figura 4. 68. Cableado. ....	72
Figura 4. 69. Pruebas.....	72
Figura 4. 70. Pruebas de accionamiento.....	73

Figura 4. 71. Marcado .....	73
Figura 4. 72. Traslado .....	74
Figura 4. 73. Inspección. ....	76
Figura 4. 74. Diseño y trazo. ....	76
Figura 4. 75. Corte de canaletas.....	77
Figura 4. 77. Fijación de materiales.....	78
Figura 4. 78. Cableado .....	78
Figura 4. 79. Pruebas de continuidad.....	79
Figura 4. 80. Figura. 4.80. Pruebas .....	79
Figura 4. 81. Marcado y etiquetado. ....	80
Figura 4. 82. Traslado .....	80
Figura 4. 83. Limpieza. ....	82
Figura 4. 84. Diseño y trazo. ....	82
Figura 4. 85. Corte y perforación.....	83
Figura 4. 86. Implementación rieles .....	83
Figura 4. 87. Fijación de elementos.....	84
Figura 4. 88. Cableado. ....	84
Figura 4. 89. Pruebas de continuidad.....	84
Figura 4. 90. Pruebas.....	85
Figura 4. 91. Marcado y etiquetado. ....	85
Figura 4. 92. Traslado y fijación.....	86
Figura 4. 93. Trazo para perforaciones. ....	87
Figura 4. 94. Implementación de canaletas.....	88
Figura 4. 95. Nivelación.....	88

Figura 4. 96. Colocar tapas.....	89
Figura 4. 97. Cableado conductores.....	90
Figura 4. 98. Cableado a gabinetes. ....	91
Figura 4. 99. Destapando ductos.....	91
Figura 4. 100. Cable profi-bus.....	91
Figura 4. 101. Accesorios.....	92
Figura 4. 102. Inicio de parametrizacion .....	93
Figura 4. 103. Parametrización inicial. ....	94
Figura 4. 104. Parametrización corriente del motor .....	94
Figura 4. 105. Parametrización de tensión. ....	95
Figura 4. 106. Pantalla inicio interfaz. ....	96
Figura 4. 107. Inicio Tía Portal.....	96
Figura 4. 108. Buscando el proyecto. ....	97
Figura 4. 109. Selección del proyecto.....	97
Figura 4. 110. Ruta del proyecto. ....	98
Figura 4. 111. Dirección del proyecto.....	98
Figura 4. 112. Pantalla que se está editando.....	99
Figura 4. 113. Animación de pantalla. ....	99
Figura 4. 114. Inicio.....	100
Figura 4. 115. Botón de acceso.....	100
Figura 4. 116. Dirección.....	100
Figura 4. 117. Tipos de controladores.....	101
Figura 4. 118. Dirección.....	101
Figura 4. 119. Modo de almacenamiento.....	101

Figura 4. 120. Ventana inicial .....	102
Figura 4. 121. Tía portal.....	102
Figura 4. 122. Tía portal plantilla .....	103
Figura 4. 123. Vista pantalla general. ....	103
Figura 4. 124. Icono de inicio.....	104
Figura 4. 125. Cargando el programa .....	104
Figura 4. 126. Nuevo proyecto .....	104
Figura 4. 127. Tipo de cpu .....	105
Figura 4. 128. Lenguaje de programación.....	105
Figura 4. 129. Abrimos el proyecto .....	106
Figura 4. 130. Bloque de programcion. ....	106
Figura 4. 131. Pantalla de inicio de programación. ....	107
Figura 4. 132. Parte de la programación. ....	107
Figura 4. 133. Esperando selección .....	108
Figura 4. 134. Selección de automático .....	109
Figura 4. 135. Activación módulos.....	109
Figura 4. 136. Confirmación de arranque .....	110
Figura 4. 137. Visualización del funcionamiento.....	110
Figura 4. 138. Control de encendido de bombas .....	112

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. 1. Características touch.....	20
Tabla 3. 2. Voltaje de equipos.....	25
Tabla 3. 3. Voltaje principal.....	26
Tabla 3. 4. Clasificación de equipos.....	29
Tabla 3.5. Dimensionamiento de materiales .....	42
Tabla 3.6. Relación temperatura sobre distancia .....	44
Tabla 4.7. Comparación del antes y del después.....	111

## RESUMEN

En el presente proyecto muestro el funcionamiento de la torre de enfriamiento del tren de laminación T-03, en la empresa ADELCA. Acerías del Ecuador, luego de la automatización implementada, utilizando materiales reciclables y nuevos elementos de automatismo como los autómatas programables para el control, han sido seleccionados de acuerdo a los requerimientos, dichos elementos permiten vincularse a un proceso. Monitoreando y controlando el accionamiento directamente de los motores y bombas de agua, mediante el juego de señales de nivel máximo y nivel mínimo emitidos por un sensor de ultrasonido o ultrasónico. Señal que viaja hasta la remota Et-200 del tablero local, por medio de un cable profibus se enlaza a la Et-200 del tablero principal de control de señales en el cual se enlaza al PLC de la familia Siemens S7-300, el cual procesa la señal de ingreso y dependiendo de las condiciones de programación que se guardó, compara y procesa la señal de respuesta la cual viaja por el cable profibus a los módulos de señales digitales o analógicas las mismas que dependiendo de la orden activaran o desactivaran el enclavamiento de las bobinas de los relés quien a su vez permite el enclavamiento o activación de contactores y arrancadores suaves los que permiten romper la inercia de motores y bombas de agua.

**Palabras Claves:** Remota Et-200, Profi-bus, Red de enlace, Controladores de nivel, Efecto de ultrasonido, Control de señales.

## ABSTRACT

This project shows the cooling tower of the rolling mill in ADELCA Company. Acerías del Ecuador Company, with implemented automatization, using recyclable materials and new elements for automatism, like programmable controllers for control, which have been selected according to requirements, these elements allow to Link in the process. Monitoring and controlling the direct operation of motors and water pumps, changing signals from high levels to low level emitted by an ultrasonic sensor. This signal travels until the remote Et-200 of the local board, through a profi-bus cable is linked to the Et-200 from the signal control principal board, in which is linked to Plc from the Siemens family S7-300, processing incoming signal, and according to programation conditions previously saved, compares and processes the response signal travelling through profi-bus cable to the digital and analogic signals, according to the order these signals will activate or deactivate the relay coils interlock, which activate or deactivate soft contactors and starters, allowing to break motors and water pumps.

**Key words:** Remote Et-200, Profi-bus, Link network, Level controllers, Ultrasound effect, Signal control.

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes de la situación objeto de estudio.**

Hoy en día el funcionamiento de los procesos, ya sean para servicio en el hogar o para la industria han mejorado tanto en espacio como en eficiencia, gracias a la automatización se han brindado soluciones a la mayoría de aplicaciones sin importar lo grandes o pequeñas que sean estas condiciones de trabajo.

Es por eso que en el tiempo que llevo colaborando en la empresa ADELCA acería del Ecuador, existe una evidente necesidad de mejorar el control de funcionamiento de esta pequeña pero muy importante parte del sistema para sumarle y hacerle parte del proceso actual. Es así que enfocado en el funcionamiento de activación, monitoreo y control de los elementos así como equipos que intervienen dentro del funcionamiento de la torre de enfriamiento de agua, donde se consigue disminuir la temperatura de agua caliente que proviene del sistema de enfriamiento para motores mediante un circuito cerrado impulsado por motor bombas de agua, el cual permite el ingreso de agua desde el proceso a la torre en la cual para mejorar la reducción de calor, agua-aire que circula por el interior de la torre, se utiliza un entramado denominado “relleno”.

El agua entra en la torre por la parte superior y se redistribuye equitativamente sobre el todo el relleno. De este modo se consigue aumentar el tiempo de contacto óptimo entre el agua y el aire. Para la transferencia de calor se propone dos mecanismos: el método de convección y el de transferencia de vapor que va desde el agua al aire atmosférico. En el método por convección, se produce un flujo de calor en la misma dirección al aire que rodea al agua esto a causa de la diferencia de temperatura que rodea los dos fluidos aire y agua. El porcentaje de enfriamiento por evaporación es de mayor magnitud en la torre de enfriamiento; alrededor del 90% gracias a la difusión del agua sobre el relleno. Al chocar el aire con el agua se forma una fina capa de aire cubriendo la lámina de agua que desciende por el relleno.

Esto sucede ya que la presión parcial de vapor en la película de aire es mayor a la que tiene el aire húmedo que circula por dentro de la torre, logrando la evaporación, que consiste en sacar el calor del propio líquido este calor es entregado al aire atmosférico, en el cual se enfría el agua y se calienta por un momento la temperatura del aire, producto de este fenómeno se forman los aerosoles que son diminutas partículas de agua comprendidas entre 1 y 10 micras.

Para minimizar su emisión o salida al medio ambiente, las torres de refrigeración cuentan en la parte superior un dispositivo acumulador de gotas, haciéndolas caer de nuevo de la torre. En general podríamos decir que la capacidad de enfriamiento de una torre es una combinación de todas las variables involucradas desde el diseño mismo y la selección húmedo del tipo de torres la cual se la realiza en base a la cantidad de agua a enfriar en condiciones de operación, esto es entonces el equivalente de la eficiencia térmica.

### **Planteamiento y justificación del problema**

En estos tiempos el ritmo de las exigencias de la comunidad local, así como la sociedad en general, necesitan agilizar sus procesos con el fin de alcanzar un mejor bienestar para ellos y para las generaciones futuras, en este contexto se ha puesto de manifiesto la importancia de cuidar el uso a nivel industrial de un recurso limitado como es el agua, cuya mala manipulación plantea un problema importante para la comunidad actual y para el medio ambiente ya que muchas veces el destino final de este líquido termina en los desagües.

La falta de un proceso de operación la ausencia de algún tipo de control moderno y la utilización de equipos obsoletos, para el enclavamiento manual de los elementos que intervienen dentro del funcionamiento de la torre de enfriamiento sin tener un registro o seguimiento en tiempo real de los niveles de agua que son necesarios para el accionamiento de las distintas bombas, conlleva a buscar sistemas rentables para el mejor uso de este recurso.

Se aprovechó el modelo de la estructura para el enfriamiento y separación de residuos industriales y permite ocupar el agua en otras aplicaciones que nos admite por su carácter químico.

Es así que en el presente proyecto se muestra un sistema de control automatizado para la activación, control y monitoreo de las distintas bombas de agua con dispositivos reciclados y elementos autómatas seleccionados para un alto desempeño, resistivos a los cambios de temperatura, que controlarán el sistema de llenado.

Sistema conformado por sensores de alto y bajo nivel, un PLC, y un control de encendido y apagado automático que instalados dentro de un tablero, ayudan al operador a observar en tiempo real el estado de los niveles y accionamiento de las bombas que son controladas por los arrancadores suaves.

### **Objetivo General**

Automatizar el funcionamiento de la torre de enfriamiento del tren de laminación T03, en la empresa Acerías del Ecuador ADELCA.

### **Objetivos específicos**

- Definir el proceso de funcionamiento de la torre de enfriamiento mediante un control de temperatura y sensores de nivel.
- Diseñar la interface HMI para que permita al operador la visualización el control y monitoreo del funcionamiento de la torre.
- Implementar un nuevo sistema de accionamiento y control para el funcionamiento de la torre de enfriamiento.
- Verificar el funcionamiento de la implementación de acuerdo a lo requerido.

### **Alcance**

El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema adecuado para el funcionamiento de la activación, control y monitoreo de las variables presentes en el proceso de funcionamiento de la torre. El control automatizado de cada uno de los elementos que intervienen en el sistema para su mejor funcionamiento.

Implementar condiciones de accionamiento y bloqueo para el funcionamiento de las bombas que intervienen en la torre de enfriamiento. Cambiar los elementos obsoletos por equipos de alta gama, que sean compatibles con las nuevas condiciones de funcionamiento para evitar fallos de activación.

En el presente proyecto también se pretende capacitar al operador para la aplicación de la nueva implementación.

### **Descripción de los capítulos.**

#### **CAPÍTULO 1. Fundamentación teórica.**

Un control automatizado es un símbolo de superación en la competencia empresarial por su reducido espacio de instalación, por su fácil acceso, por su seguridad y facilidad de interactuar con otros elementos de control.

#### **CAPÍTULO 2. Marco metodológico**

Métodos; hipotético, deductivo y de modelación.

#### **CAPÍTULO 3. Propuesta**

La automatización de la torre de enfriamiento consta de un tablero de control local con un sistema de encendido manual y automático, un tablero de potencia para control y funcionamiento de los arrancadores suaves de forma manual o automática, un tablero de control de señales en las que estarán enlazados las remotas y el PLC, tendrá una touch para poder visualizar el funcionamiento de las bombas de la torre de enfriamiento, un sensor de temperatura quien nos indicara la temperatura del agua que llega del proceso, un control de nivel con sensores ultrasónicos y la programación en step 7 para enlazar todos los controles.

#### **CAPÍTULO 4. Implementación**

El desarrollo del diseño de funcionamiento de la torre de enfriamiento, se desarrolla en Auto Cad, la programación en step 7.

**Conclusiones y recomendaciones**

Las conclusiones aparecerán a la par con cada objetivo cumplido.

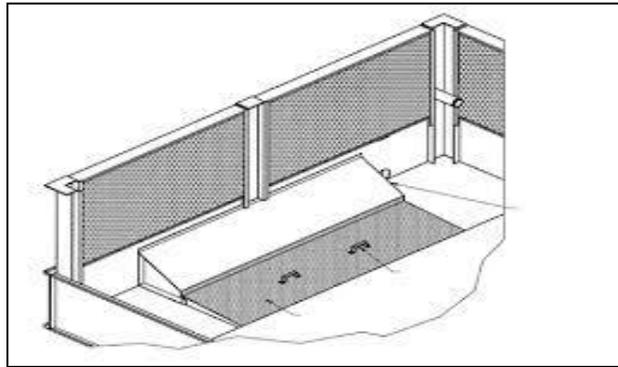
## CAPÍTULO 1

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el caso del presente proyecto la torre de enfriamiento y todos los dispositivos mecánicos y eléctricos relacionados con la automatización de esta torre, es necesario tener un fundamento teórico de cada una de estas partes. Así entonces se menciona los siguientes componentes:

#### 1.1. Soporte o estructura

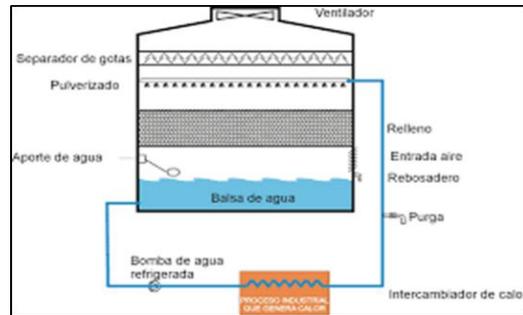
Armazón que forma el esqueleto metálico donde reposan los demás componentes, este armazón debe ser resistente, los materiales que se emplean para este tipo de construcción pueden ser de: hormigón, estructuras metálicas galvanizadas y de acero inoxidable.



**Figura 1. 1. Base o cimientos de la torre de enfriamiento.**  
**Fuente: SPX Cooling Technologies (2016)**

## 1.2. Carcasa

Elemento de material ligero y de gran resistividad que abraza la estructura y cumple el principio de estanqueidad y opacidad para evitar que los rayos del sol favorezcan a la formación de microorganismos.

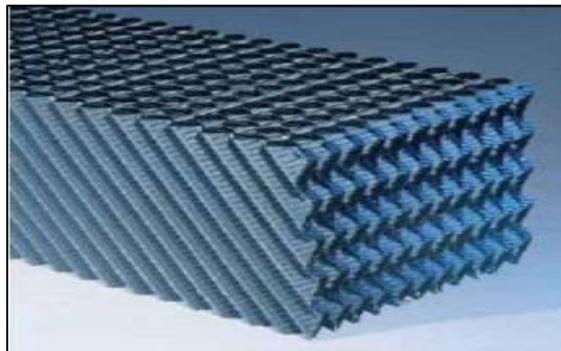


**Carcasa. Diseño unifilar**

Fuente: SPX Cooling Technologies (2016)

## 1.3. Relleno

El relleno en las torres de enfriamiento al ser de material ligero y resistente al fuego tiene como misión acelerar la dispersión del calor, gracias a que aumenta el tiempo de contacto entre el agua y el aire favoreciendo la presencia de una amplia superficie húmeda mediante la creación de finas películas. Además de ser un material resistente a gran parte de sustancias químicas y agresión biológica. Es un material hidrófilo, por lo que el agua fluye sobre él en forma de una película líquida bien distribuida.



**Figura 1. 2. Relleno**  
Fuente: RALCO (2016)

## 1.4. Difusor

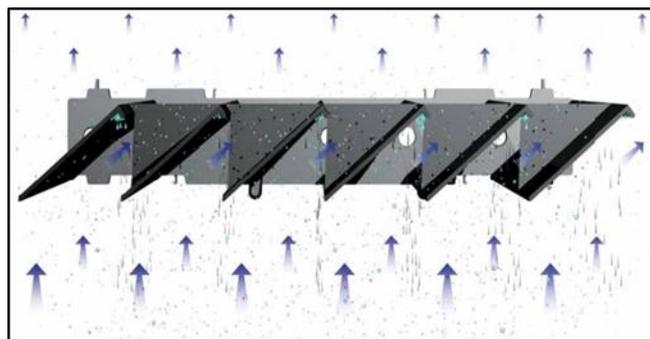
Dispositivo situado en la parte posterior sobre los separadores de agua, disminuye la presión venciendo y eliminando las turbulencias originadas en la zona del ventilador.



**Figura 1. 3. Difusores de agua**  
Fuente: SPX (2015)

## 1.5. Separadores de gotas

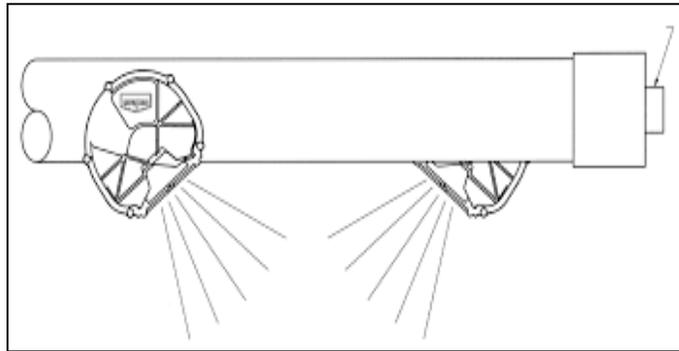
Son dispositivo de alta eficiencia situados en la parte superior de las torres de refrigeración, que incorporan unas pestañas que agrupan el aerosol en pequeñas gotas haciéndolas caer de nuevo a la torre. Se evita así que, la velocidad del aire a la salida del relleno arrastre fuera el aerosol.



**Figura 1. 4. Separador de gotas**  
Fuente: SPX (2015)

## 1.6. Pulverizadores

Es el sistema que pulveriza el agua hacia abajo y la distribuye por todo el relleno laminar sin dejar de mojar ninguna zona, no es solo un distribuidor de agua sino que contribuye directamente al rendimiento de la torre.



**Figura 1. 5. Pulverizadores**  
Fuente: SPX (2015)

## 1.7. Ventilador axial

Empresa que desarrolla soluciones de agua para el mundo, señala que “El ventilador axial es un tipo de ventilador de alto rendimiento que tanto el motor como las aspas están acoplados a un eje, este puede ser el mismo o puede estar unido a una polea y la cual genera el giro mediante la unión por medios de poleas” GRUNDFOS (2018).



**Figura 1. 6. Ventilador de la torre.**  
Fuente: GRUNDFOS (2018)

## 1.8. Balsa de agua fría

La Balsa de agua fría, son acumuladores de agua fría recibida después del proceso de enfriamiento, esta es contenida en general por los muros de hormigón y es de gran importancia ya que mantiene los niveles de las bombas de impulsión, es aquí donde se necesita el dispositivo de llenado, control de nivel y de vaciado.



**Figura 1. 7. Balsa de agua fría**  
Fuente: Bello (2016)

## 1.9. Bombas de impulsión

En la vida diaria tanto doméstica como en la industria, es necesaria la presión en los líquidos por eso es preciso impulsar estos a través de conductos, tuberías para distintas aplicaciones y usos, estos elementos mecánicos se conocen como bombas de impulsión. La variedad de estas bombas es extensa, así que solo tocaremos las más comunes.

- Bombas de desplazamiento positivo.
- Bombas de presión límite.

En este contexto las bombas de desplazamiento positivo se caracterizan por no tener límite de presión máxima de impulsión, esta presión de salida puede llegar a valores altamente peligrosos para la bomba y su alrededor si el ducto de salida no tiene aliviador desfogue o respirador peor aún si está cerrado (Bruzos, 2015).

Para el mejor funcionamiento de estas bombas es recomendable trabajar con válvulas de seguridad con salida a un que no cause pérdidas en un caso de obstrucción de ductos. Un

beneficio es que el caudal de bombeo casi no es afectado por la presión de funcionamiento del sistema.

Por otro lado, las bombas de presión limitada, impulsan los líquidos desde el nivel cero hasta una presión determinada o limitada. Clasificando las bombas en:

- Bombas centrífugas.
- Bombas de hélice.
- Bombas de diafragma con resorte.

### 1.10. Bombas centrífugas

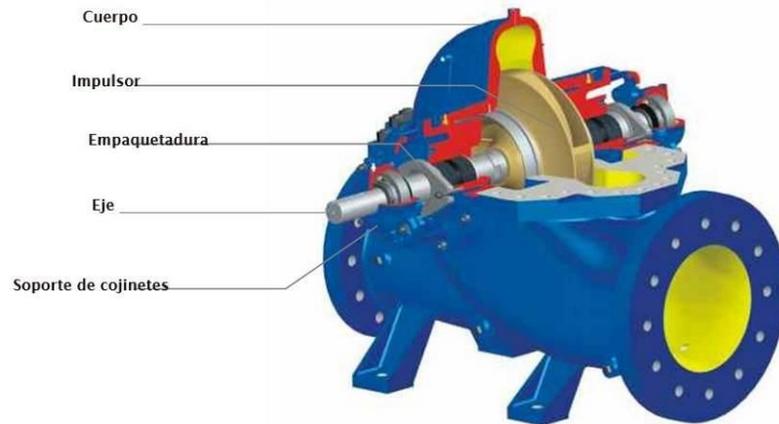
Las bombas centrífugas utilizan la fuerza centrífuga aplicada a un líquido por medio de un elemento de paletas que gira a alta velocidad dentro de un cuerpo que posee dimensiones y forma adecuados para la presión designada de cada bomba. Este diseño es tal que no permite que el agua se regrese por el interior de un cuerpo por su forma de espiral conocido como voluta, que dirige el líquido hacia la dirección de salida. En efecto, este diseño utiliza lo que se conoce como: el impelente, impulsor o aletas de curvas abiertas que se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1. 8. Impulsor o impelentes curvas abiertas**  
Fuente: Bruzos, (2015)

Una breve indicación muestra el funcionamiento de las bombas centrífugas que se basa en el impelente que gira dentro del líquido, haciendo que sus paletas lo atrapen por el borde interno (cerca del centro) y lo llevan dirigido por el extremo de la paleta esto más la alta velocidad de giro el fluido, adquiere un movimiento circular de grandes velocidades que

proyecta radialmente con fuerza al agua en este caso, entonces para completar el trabajo el agua es dirigida hacia la salida.



**Figura 1. 9. Impelente y el cuerpo**  
Fuente: Bruzos (2015)

### 1.10.1. Ventajas

- Son muy comunes.
- Trabaja con aguas mezcladas con residuos.
- Son auto lubricantes mediante el agua misma.
- Son de fácil mantenimiento.
- Resisten variación de cargas.

### 1.10.2 Desventajas

- Al operar en seco se recalientan perdiendo los empaques.
- Se dañan las carcassas al trabajar en agua corrosiva.
- Necesitan de una purga.
- Hay que sacar del sitio para hacer mantenimiento.

### 1.11. Bomba de lodos o sumergible.

De carcasa sólida, este un dispositivo electromecánico que lleva dentro un motor bañando en aceite dieléctrico que además de servir como lubricante para sus partes mecánicas, evita el sobrecalentamiento del mismo motor interno además evita la explosión, absorbiendo del arco eléctrico interno, producido por una situación ajena a su trabajo, como remordimientos de las partes mecánicas o el cortocircuito producido por el ingreso de agua por algún punto ciego de la hermeticidad de la bomba. Permite trabajar con varios voltajes de entrada y acoples de diferente medida.

El motor se encuentra acoplado a una turbina el cual aprovecha las revoluciones del motor para a través del impulsor, expulsar el agua hacia la superficie. Así también su nombre indica que su trabajo es bajo la superficie. Su campo de trabajo es en áreas que presentan poco espacio para la instalación de bombas verticales robustas y de lugares que expongan alturas excesivamente elevadas existen de varias potencias y medidas. Una de sus negaciones dentro su vida útil de trabajo es el mantenimiento ya que para su extracción es necesario retirar toda su tubería o manguera del lugar de su trabajo para poder llegar al mantenimiento de la bomba.



**Figura 1. 10. Bomba sumergible o de lodos**  
**Fuente: Elaborado por el autor.**

### 1.11.1. Ventajas

- Gran eficiencia al remover líquidos de alta y baja temperatura
- Son de arranque inmediato
- Variedad de voltajes de entrada
- Bajo costo de mantenimiento
- Trabaja en lugares sumamente pequeños.

### 1.11.2. DESVENTAJAS

- No es recomendable utilizarlas para trabajos por etapas
- Presenta olores por el calentamiento y escape de gases
- Hay que sacar del sitio para hacer mantenimiento.

## 1.12. Sensores de ultrasonido



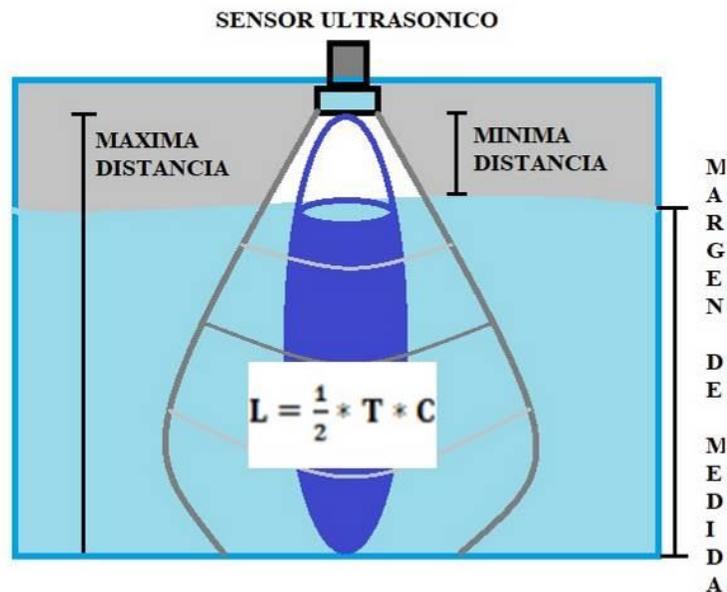
**Figura 1. 11. Sensor ultrasónico**  
Fuente: Sick (2018).

### 1.12.1. Sensor de ultrasonido (UM30-215113)

Un sensor óptico consta de un transmisor y receptor, mientras que un sensor ultrasónico utiliza un elemento ultrasónico único, tanto para la emisión como la recepción. En un sensor ultrasónico de modelo reflectivo, un solo oscilador emite y recibe las ondas alternativamente,

esto permite la miniaturización del cabezal del sensor. Más detalles y especificaciones del sensor tipo (UM30-215113), se encuentran en el anexo A de este documento.

Los sensores de ultrasonido o ultrasónicos miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas, tomando el principio de vuelo de los murciélagos, su cabezal emite una onda ultrasónica y esta choca o recibe sobre la onda reflejada que retorna desde el objetivo a censar. Los sensores ultrasónicos calculan la distancia del objeto, contando el tiempo que se demora el mensaje emitido en volver.



**Figura 1. 12. Distancia de trabajo**  
Fuente: Elaborada por el autor.

### 1.13. Controlador lógico programable (PLC)



**Figura 1. 13. Modelos PLC**  
**Fuente: SIEMENS (2017).**

Un controlador lógico programable, conocido por sus siglas en inglés PLC (Programable Lógico Controlable), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de las fábricas en líneas de montaje o atracciones mecánicas, con respuestas inmediatas. Dentro de las ventajas que estos equipos son los cambios que se puede realizar sin necesidad de cablear. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) quien indica:

Un PLC es un instrumento electrónico, que utiliza 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 E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”. (DIEEC , 2016, p.11)

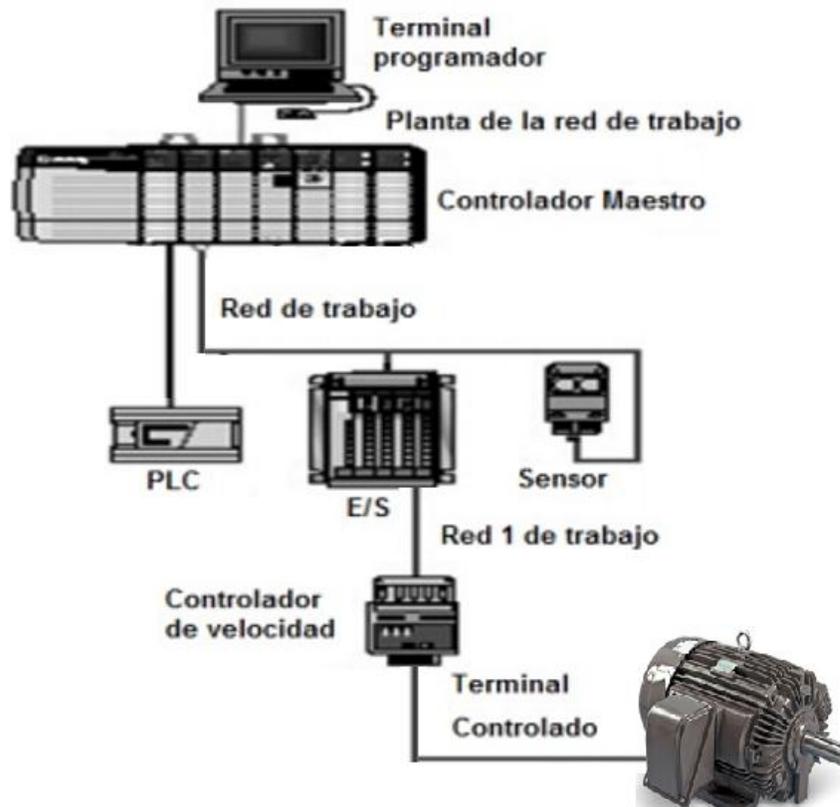


Figura 1. 14. Estructura del PLC  
Fuente: Elaborado por el autor.

### 1.13.1. PLC Siemens S7-300



Figura 1. 15. PLC, Compacto Siemens S7  
Fuente: Elaborado por el autor

La familia siemens, abarca una gran cantidad de modelos de dispositivos tanto modulares como compactos en el presente proyecto se ha seleccionado el uso del PLC compacto S7-300. Por su facilidad de funcionabilidad, con más módulos de entrada y salida que brinda una gran flexibilidad y capacidad de controlar una extensa variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización de la torre de enfriamiento, por sus salidas a relés, las que facilitan y economizan en el diseño de control.

En el anexo B se encuentra los detalles y especificaciones la familia S7 de PLC Siemens.

### **1.13.2. Interfaz HMI**

Una **interfaz hombre-máquina (IHM)**, forma parte del programa informático interactivo que se comunica con todas las partes de un sistema (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para una tarea determinada.

Con la segunda generación de SIMATIC HMI Basic Panels, Siemens atiende las exigencias de los usuarios de una visualización y un manejo de alta calidad, incluso en máquinas e instalaciones pequeñas o medianas. También se ha mejorado claramente la conectividad, para la que puede elegirse una interfaz PROFINET o PROFIBUS más conexión USB. Gracias a la sencilla programación, que se lleva a cabo con la nueva versión de software de WinCC en el TIA Portal, los nuevos paneles se configuran y manejan con gran facilidad. (Siemens 2018).



**Figura 1. 16. Interfaz con PLC**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

### 1.13.3. Touch Simatic KTP 700 basic.



**Figura 1. 17. Touch, Simatic HMI Siemens**  
**Fuente: Elaborado por el autor**

Para la implementación de una HMI interfaz humano-máquina dentro del proceso, se deben conocer los distintos tipos de software diseñados para esta aplicación, así como el estándar utilizado para la comunicación entre PLC y computador. Para el presente proyecto se escogido una TOUCH SIMATIC KTP 700 BASIC, ya que esta pantalla nos permite manipular con facilidad más de un proceso además es compatible con el PLC S7 300 que es de la misma

familia de siemens el cual mediante un cable de Ethernet será cargados las condiciones necesarias.

#### 1.13.4. Características

**Tabla 1. 1. Características touch.**

<b>Parámetro</b>	<b>Especificación</b>
Tensión nominal	24 VDC
Tipo de pantalla	4''-TFT
Resolución	480x 272 pixeles
Regulación de brillo	Si
Teclas de función	4
Memoria de datos	10 MB
Sistema de alarma	En tiempo real
Interfaces	RS 485, Ethernet RJ45 , USB
Consumo de corriente	(125 a 310) mA
Número de colores	65536
Respuesta acústica	Si
Reloj en tiempo real respaldado	Si

**Fuente: Elaborado por el autor (2019).**

#### 1.14. Sensor de temperatura

Son dispositivos que convierten las variaciones climáticas a señales eléctricas las que son entendidas por equipos electrónicos.

El sensor de temperatura, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico.

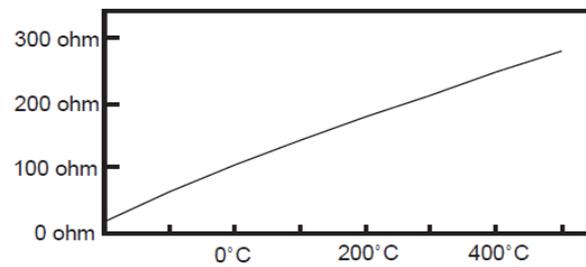
### 1.14.1 Sensor de temperatura Pt 100



**Figura 1. 18. Pt-100**  
**Fuente: Siemens. (2018).**

Es un sensor que internamente posee un alambre de platino con una característica esencial que a 0°C marca 100 ohms a mayor temperatura mayor resistencia tendrá.

#### Curva característica



**Figura 1. 19. Curva de trabajo**  
**Fuente: Siemens. (2018).**

## CAPÍTULO 2

### MARCO METODOLÓGICO

Para empezar a ejecutar el proyecto se utilizó varios métodos de investigación como la revisión de algunas bibliografías al tratarse de un tema extenso, se necesitó consultar varias fuentes las cuales ayudaron a ampliar los conocimientos sobre el tema y las características principales en proyectos similares y así llegar a mejorar el estado actual; a la vez, se archivó la información prioritaria que ayudará a realizar una mejora en el proceso optimizando el tiempo de respuesta de los equipos, además se utilizó textos de electrónica e información de las hojas técnicas de cada uno de los dispositivos seleccionados para implementar un nuevo enlace, el cual permite enlazar la red, donde intervienen tres tableros que cumplen funciones diferentes y que se comunican entre sí. Dentro de esta propuesta se utilizó el método de carácter cualitativo ya que en el planteamiento del proyecto se analizó las causas por las cuales se requirió este cambio. Se empleó también el método inductivo ya que, luego ejecutado el proyecto, las pruebas respectivas de funcionamiento del sistema electrónico de comunicación para determinar o verificar la eficiencia, se realizaron de manera satisfactoria. Como parte final se empleó el método experimental en el cual se realizó un diagrama de control electrónico que permite aprovechar y controlar los diferentes equipos.

#### **2.1. Fundamentación Teórica.**

En la fase fundamentación teórica se utilizó el método cualitativo ya que se observó el funcionamiento deficiente que existía en el control de la torre de enfriamiento del tren de laminación del T03, así se aplicó el método teórico hipotético debido que se

---

Estableció que una automatización en la torre de enfriamiento mejoraría el conocimiento de las condiciones de trabajo en tiempo real.

## **2.2 Marco Metodológico.**

Aquí se utilizó métodos empíricos basados en la revisión de documentos y la recolección de información, así como fuentes bibliográficas que abarcaban temas referentes al proyecto, tanto de libros de control industrial y automatización, fuentes de internet. Información relevante para el proyecto que respalde el proceso de investigación.

Fueron importantes las pruebas de campo para determinar la efectividad del funcionamiento del proceso de automatización.

## **2.3 Propuesta.**

Como parte del desarrollo de la propuesta del proyecto, dentro de un ambiente de negociación se estableció el presupuesto de equipos y materiales, así como el costo de mano de obra de la implementación a realizarse en la torre de enfriamiento del tren de laminación T03, en la empresa ADELCA acería del Ecuador. Cabe recalcar que se reutilizó algunos materiales, así como dispositivos que ya se tenía como stock en la bodega de laminados como repuesto. El costo parcial de la implementación fue aproximadamente de 10.410 dólares, por concepto de compras de materiales faltantes. En el Anexo E se muestra lo considerado en el presupuesto para este proyecto.

## **2.4 Implementación.**

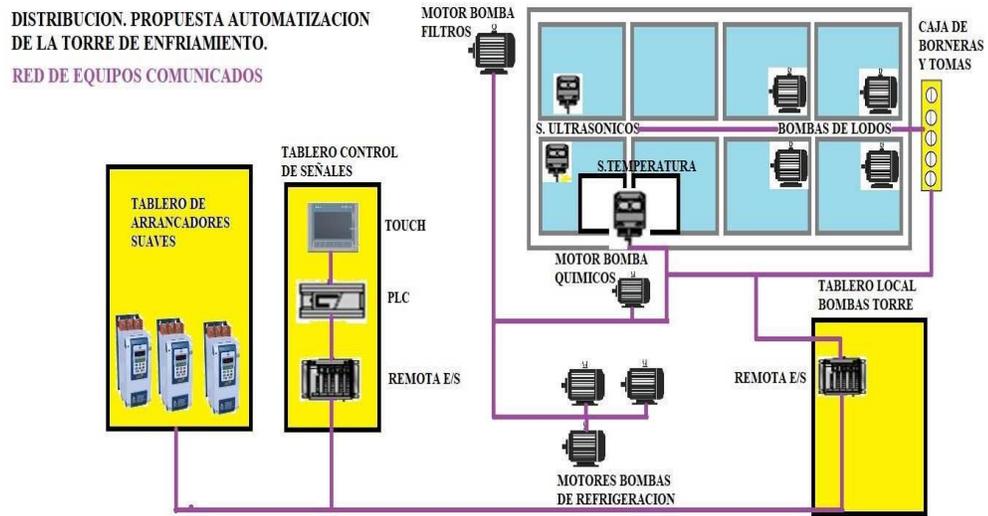
En esta etapa se utilizó el método de experimentación ya que la iba a ser confirmada a través de la implementación del sistema de comunicación al diseñar el diagrama electrónico con los elementos seleccionados que conjuntamente con el software refleje las condiciones propuestas.

## **CAPÍTULO 3**

### **PROPUESTA**

En este capítulo, se muestra el diseño para el funcionamiento de la automatización de la torre de enfriamiento, una vez puesto a trabajar los autómatas programables, enlazados a los elementos de control y los equipos ejecutantes. Dentro de la ejecución del proyecto un aspecto a tomar cuenta es la distancia entre los equipos a controlar y los elementos de control y maniobra. Para solventar este aspecto se implanto tres tableros de control y maniobra enlazados entre sí mediante profibus para interactuar entre sí. Así se controla la activación de las bombas de refrigeración a través de un arrancador suave, empleando un control de nivel máximo y nivel mínimo gracias al sensor ultrasónico y visualizando la temperatura del agua de llegada mediante un sensor de temperatura.

Mediante el segundo sensor se controla el funcionamiento de la bomba de filtros que al bajar el nivel de agua solicita el encendido de la bomba del pozo la cual trabaja conjuntamente con las bombas de químicos. La bomba de lodos en conjunto con el resto de bombas tiene un control automático y un control manual que se usa en caso de ser necesario.



**Figura 3.21. Propuesta de automatización.**  
 Fuente: Elaborado por el autor

**3.1. Demanda necesaria.**

Se desarrolló un estudio de cargas y voltajes necesarios con el fin de precautelar los diferentes elementos de control y maniobra, así como los elementos más sensibles como los autómatas programables, la integridad del personal, levantado este adjunto como auto aprendizaje al momento del diseño de diagramas y posterior a esto la ubicación de los tableros.

**Tabla 3. 2 . Voltaje de equipos.**

<b>Equipos</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>
BOMBAS DE QUIMICOS	120 AC	3
BOMBA DE FILTROS	220 AC 3~	32
BOMBAS DE REFRIGERACION	440 AC 3~	60
BOMBAS DE LODOS	220 AC 3~	20
PLC	24 VDC	1
MODULOS E/S	24 VDC	0.5
CONTROL ARRANCADORES	24 VDC	1
FUERZA ARRANCADORES	440 AC 3~	2

Fuente: Elaborado por el autor. (2019)

### 3.2. Voltajes existentes

Se verifico el valor del voltaje así también la capacidad de carga que soporta el elemento seccionador, así como el cable.

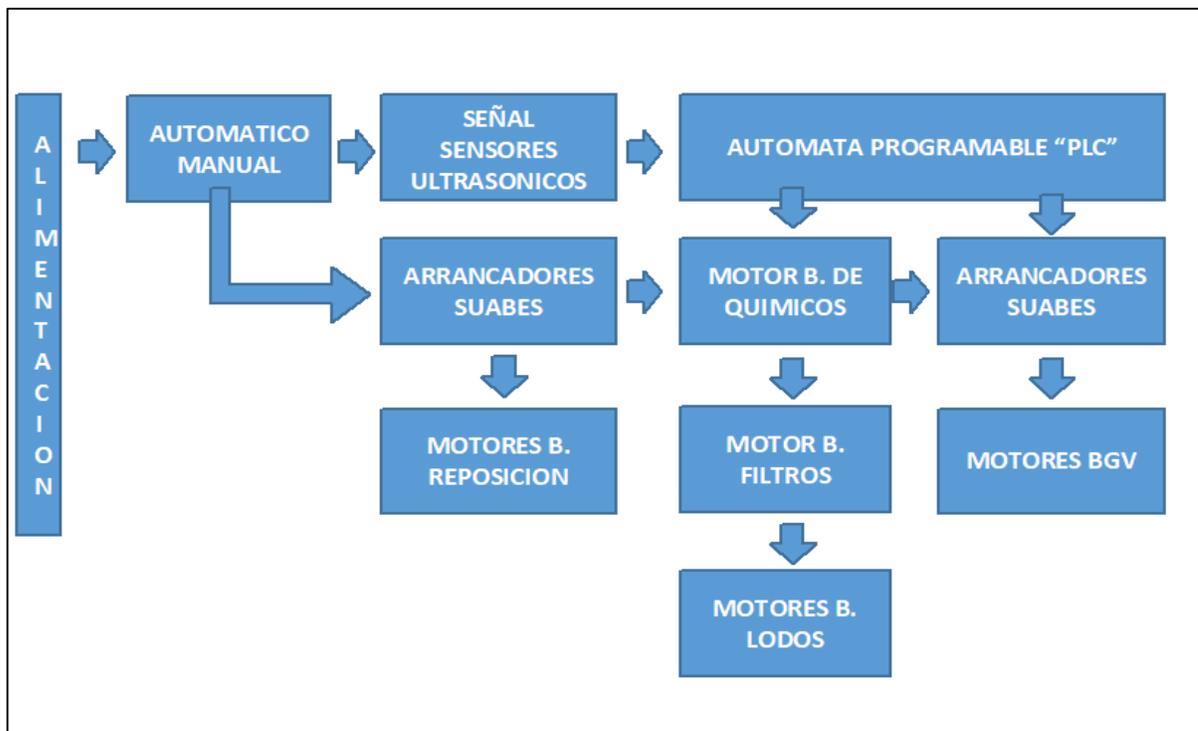
**Tabla 3.3 . Voltaje principal.**

<b>Voltaje</b>	<b>Corriente</b>
Alimentación principal 440 voltios. 3 fases más 1 tierra.	100 Amp

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.3. Diagrama de bloques de funcionamiento.

Conformación del esquema de funcionamiento de la torre de enfriamiento con elementos autómatas programables.



**Figura 3.22.** Esquema de bloques funcionamiento torre de enfriamiento

Fuente: Elaborado por el autor.

En la figura se muestra el esquema de funcionamiento para la torre de enfriamiento mediante un desfile secuencial de bloques que representan a cada una de las partes que intervienen para el funcionamiento de la torre de enfriamiento, dependiendo de la aplicación algunos elementos actúan en conjunto, mientras que otros lo hacen de forma separada, independiente.

#### **3.4. Circuito de control de funcionamiento antiguo**

Para tener claro el panorama se realizó el levantamiento del circuito de funcionamiento de control antiguo para conocer las condiciones de operación y comparar con la información recogida.

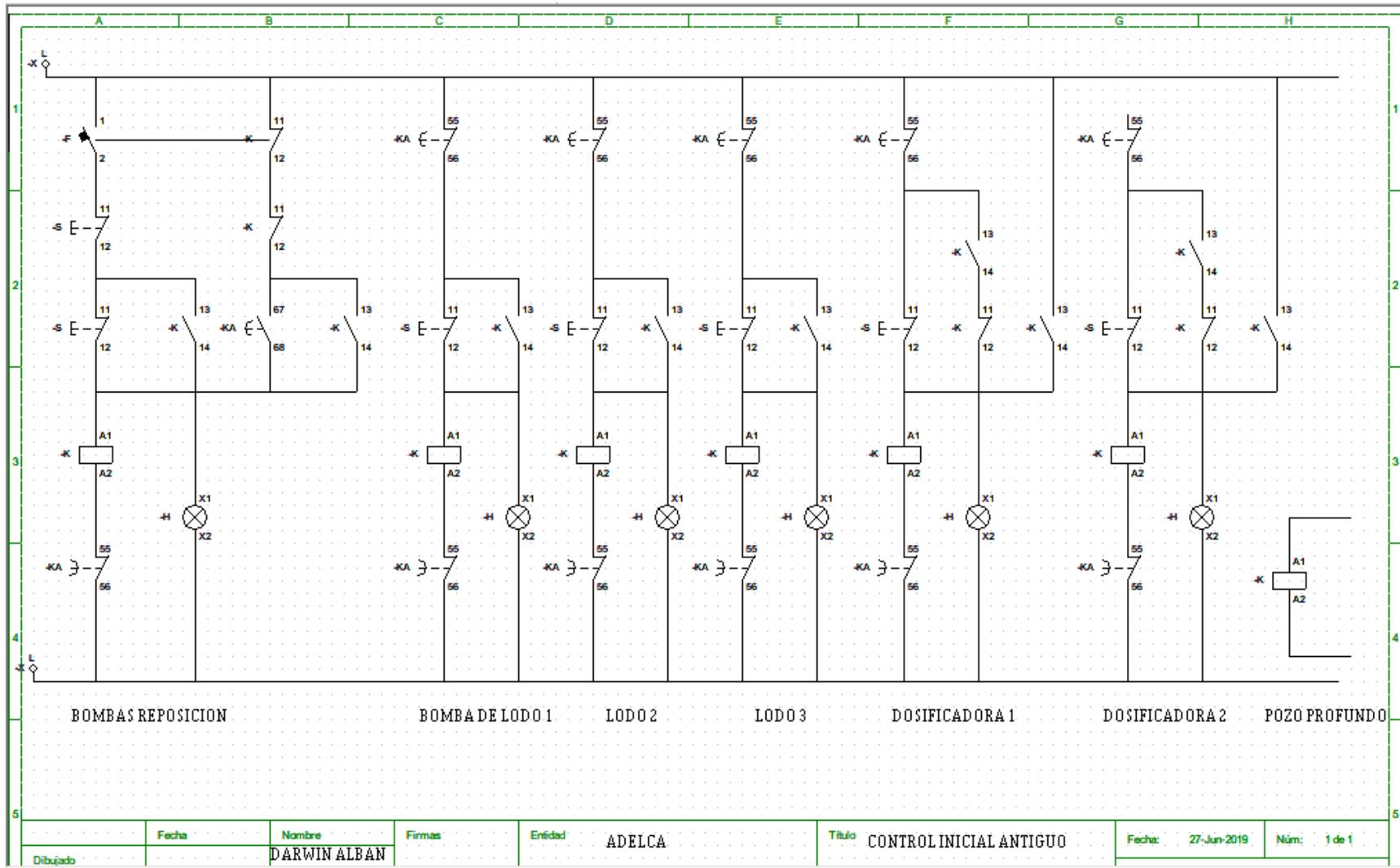


Figura 3.23. Diagrama de control antiguo  
Fuente: Elaborado por el autor.

Para vender la idea de mejora o implementación, hay que recoger las necesidades que exponen los usuarios del proceso, escuchar para un mayor entendimiento y comprensión del funcionamiento inicial sin olvidar el objetivo final que es terminar con una aceptación favorable para este cambio, como resultado de esto se reconoció el estado de los elementos eléctricos que se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 3. 4 . Clasificación de equipos.**

<b>Elemento</b>	<b>Estado</b>	<b>Detalle</b>
Gabinete eléctrico	Obsoleto	Se da de baja
Cableado de control	Obsoleto	Se da de baja
Luz piloto “verde”	Obsoleto	Se da de baja
Luz piloto “rojo”	Obsoleto	Se da de baja
Contactador 3RT 10	Obsoleto	Se da de baja
Cable alimentación.	Normal	Se reutiliza
Relés 8 pines	Obsoleto	Se da de baja

**Fuente: Elaborado por el autor.**

### **3.5. Diseño del diagrama para la alimentación de 110 V Ac - 24 Vdc de la automatización.**

Para realizar el diseño del diagrama de alimentación de 110 voltios Ac hasta 24 Vdc, se toma en cuenta el tema de uniformidad para tener un mismo diseño al momento de implementar de forma física los tableros eléctricos, marcando tendencia para futuras implementaciones es así que se muestra en la siguiente imagen el diagrama implementado.

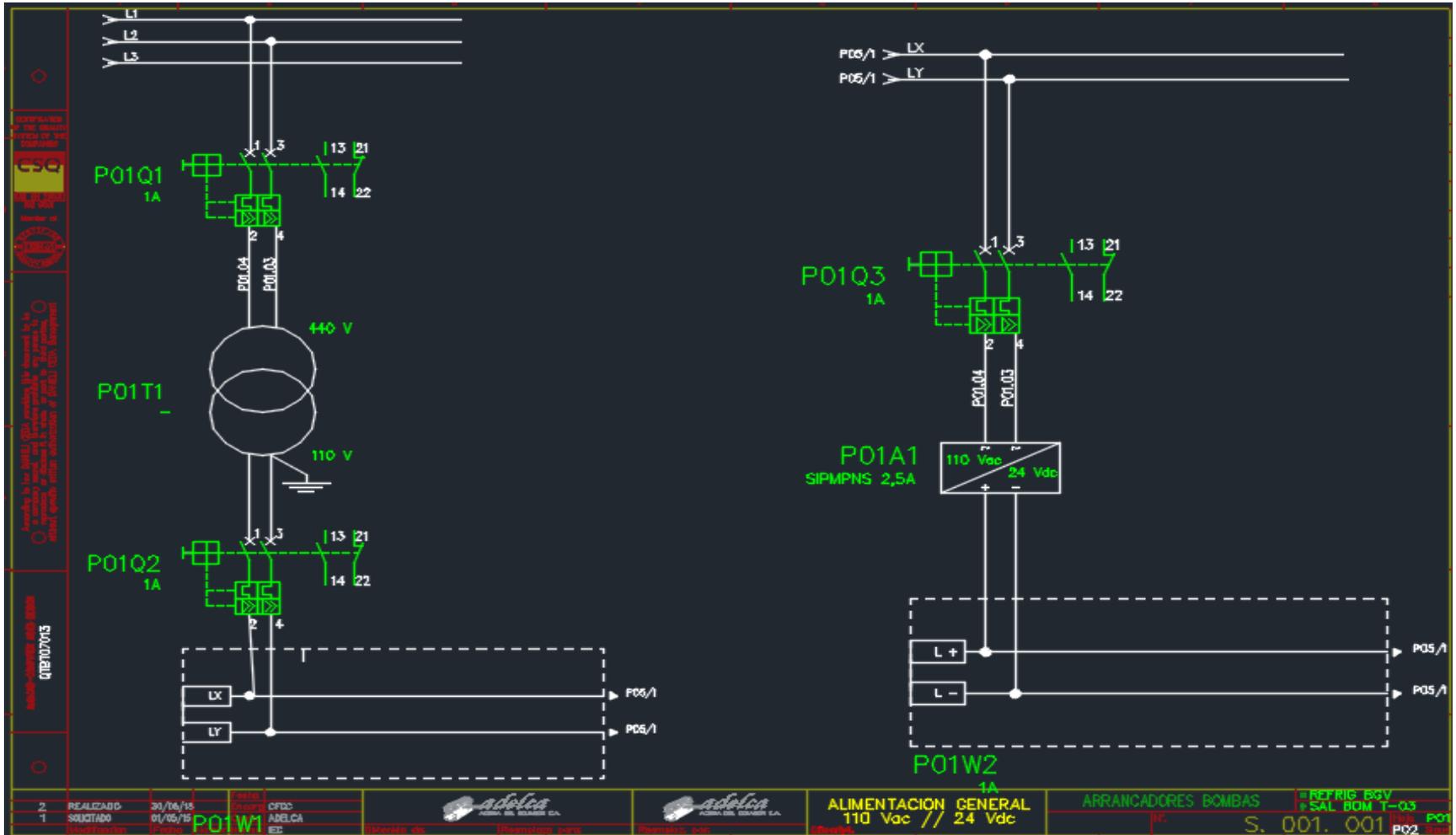


Figura 3.24. Diseño del diagrama para la alimentación de 110 V Ac - 24 Vdc de la automatización  
 Fuente: Elaborado por el autor (2018)

### 3.6. Diseño del diagrama de control bombas (Tablero local)

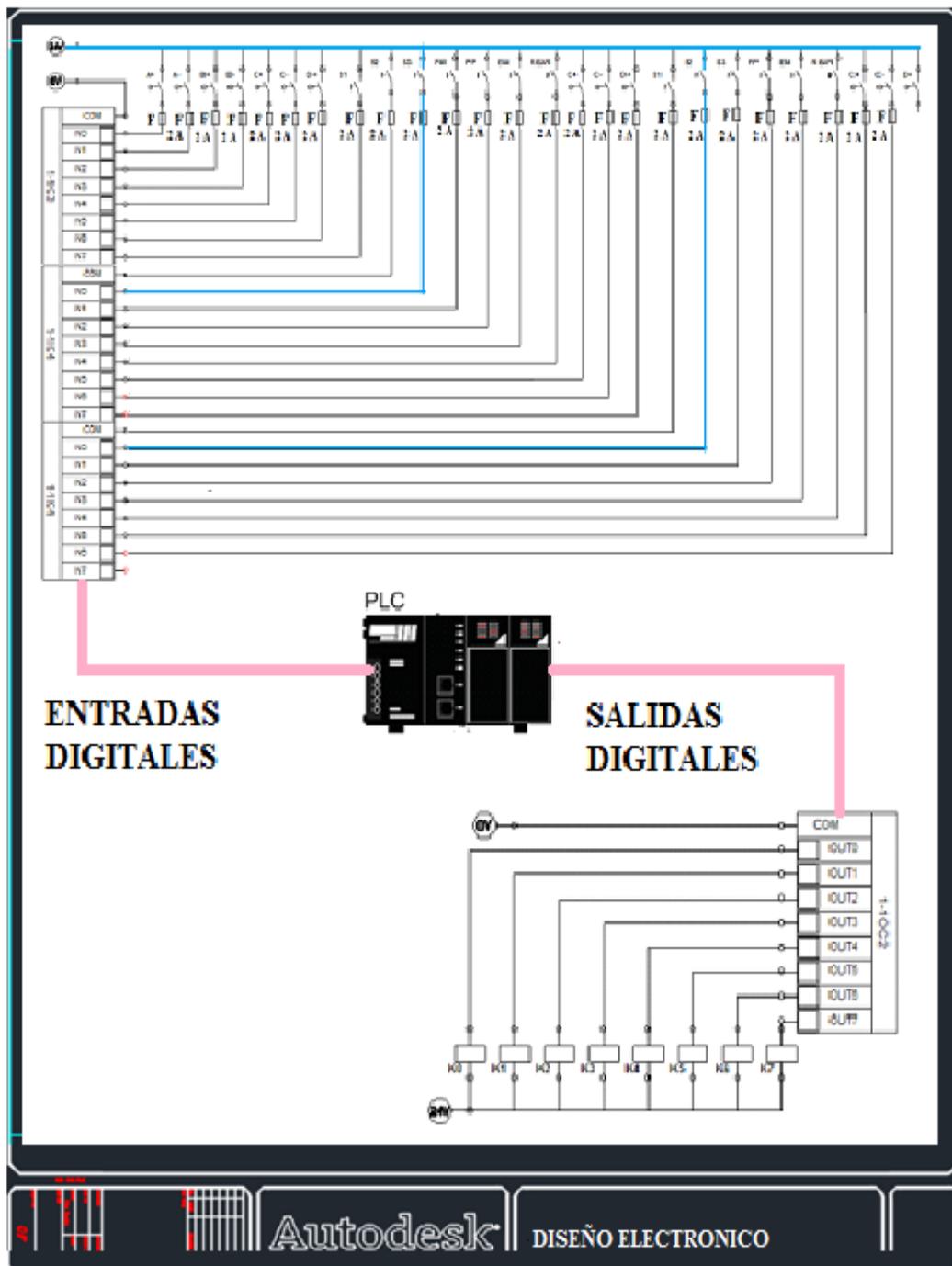


Figura 3.25. Alimentación 110Vac- 24Vdc  
Fuente: Elaborado por el autor (2018)

### 3.7. Diseño gabinete eléctrico (Tablero local)

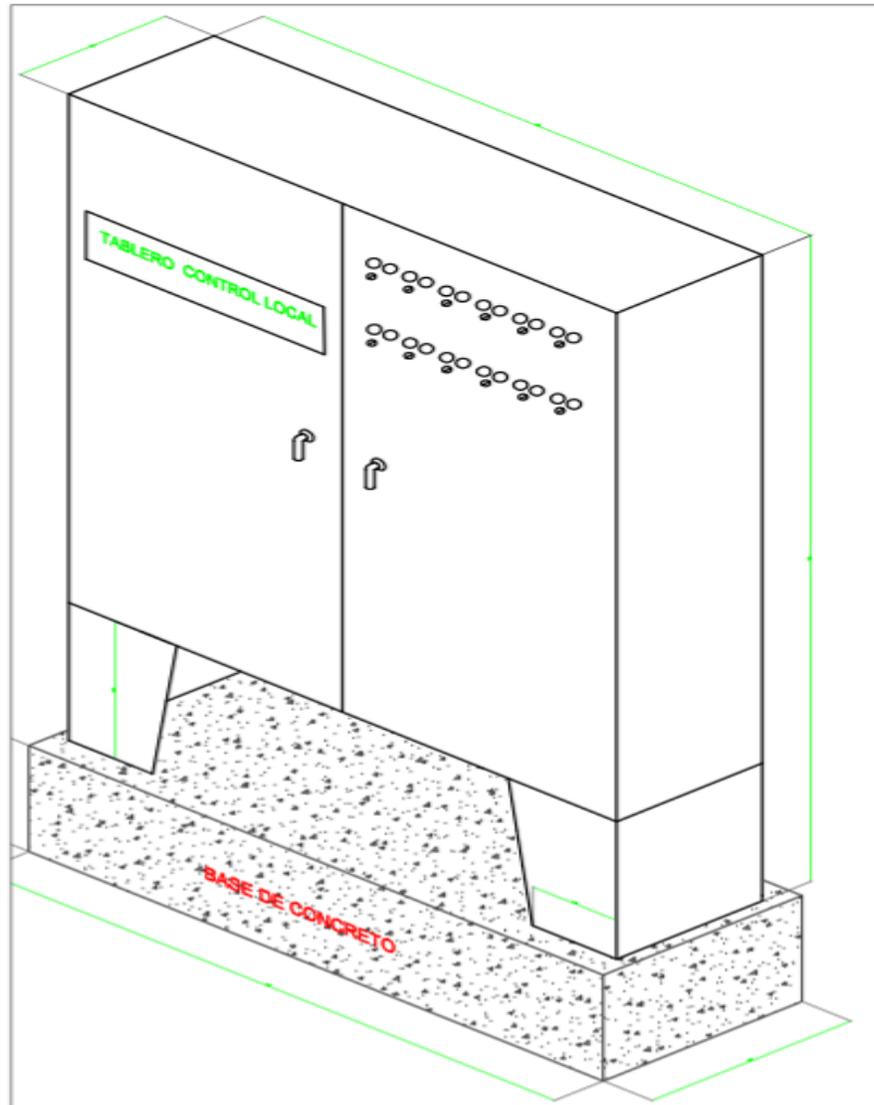


Figura 3.26. Diseño gabinete eléctrico  
Fuente: Elaborado por el autor (2018)

### 3.8. Distribución eléctrica de elementos (Tablero local)

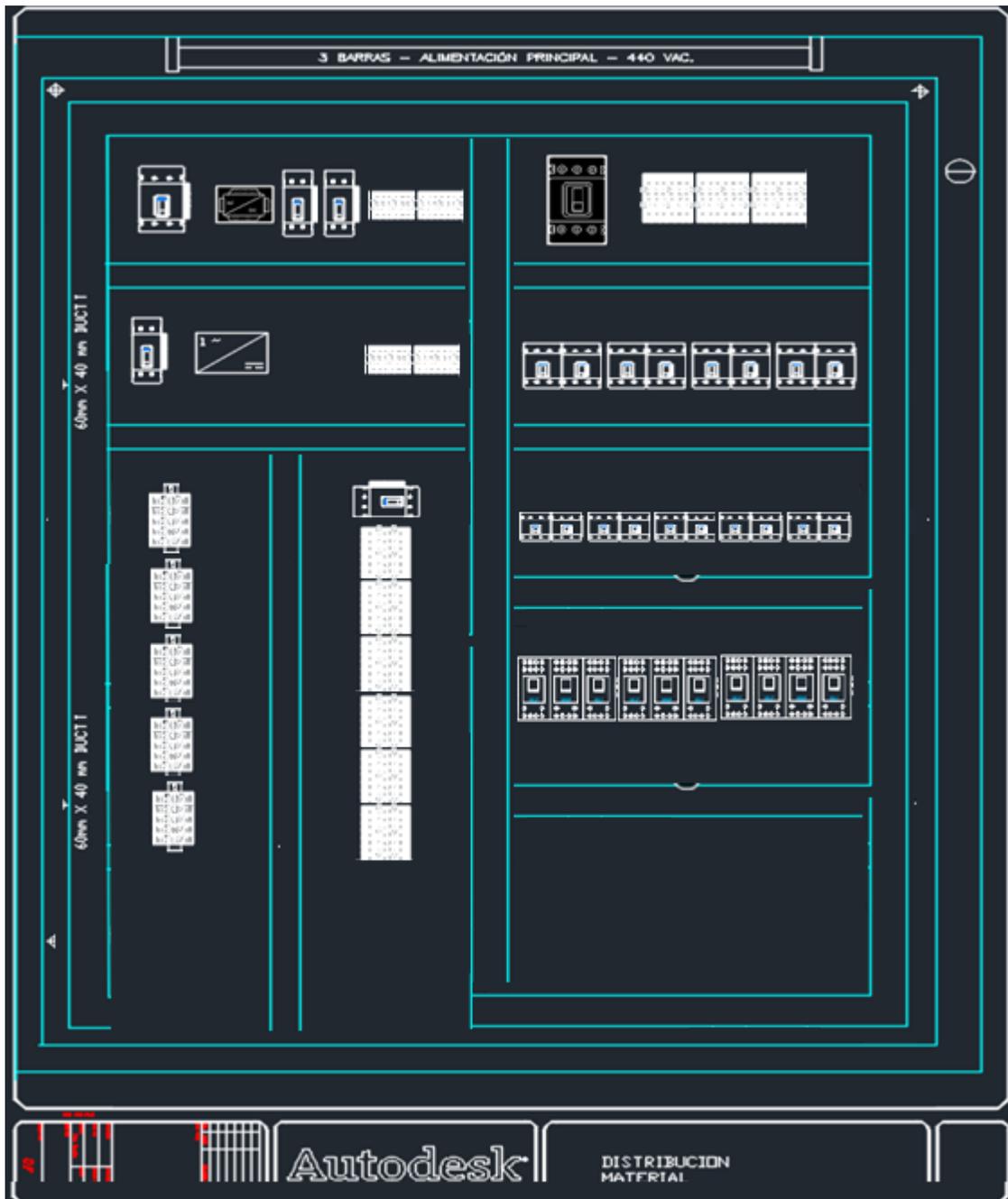


Figura 3.27. Distribución eléctrica de elementos  
Fuente: Elaborado por el autor (2018)

3.9. Diseño del diagrama de alimentación 110 V Ac, para los arrancadores suaves.

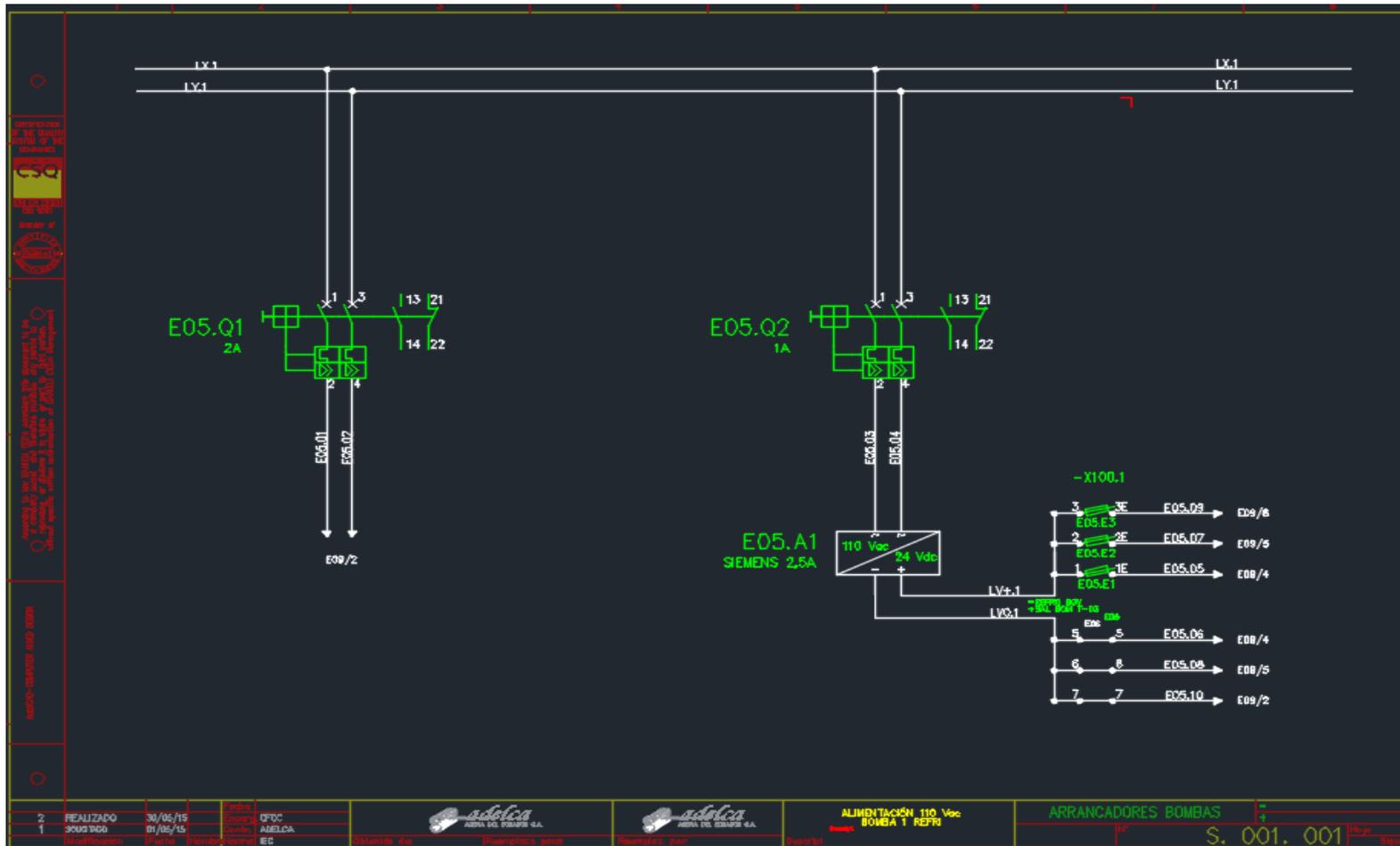


Figura 3.28. Diseño del diagrama de alimentación 110 V Ac, para los arrancadores suaves  
Fuente: Elaborado por el autor (2018)

3.10. Diseño del diagrama de control para los arrancadores suaves.

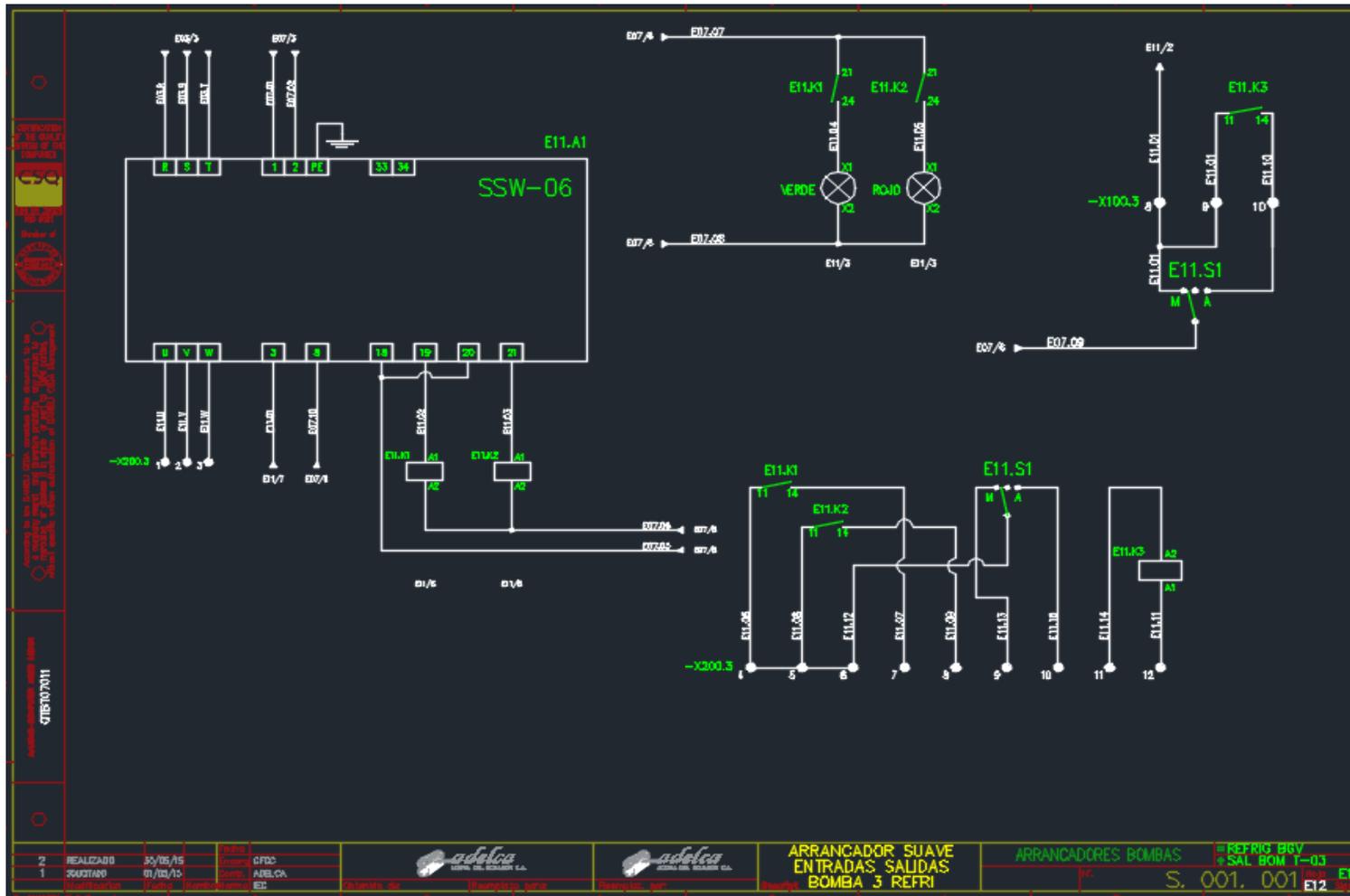
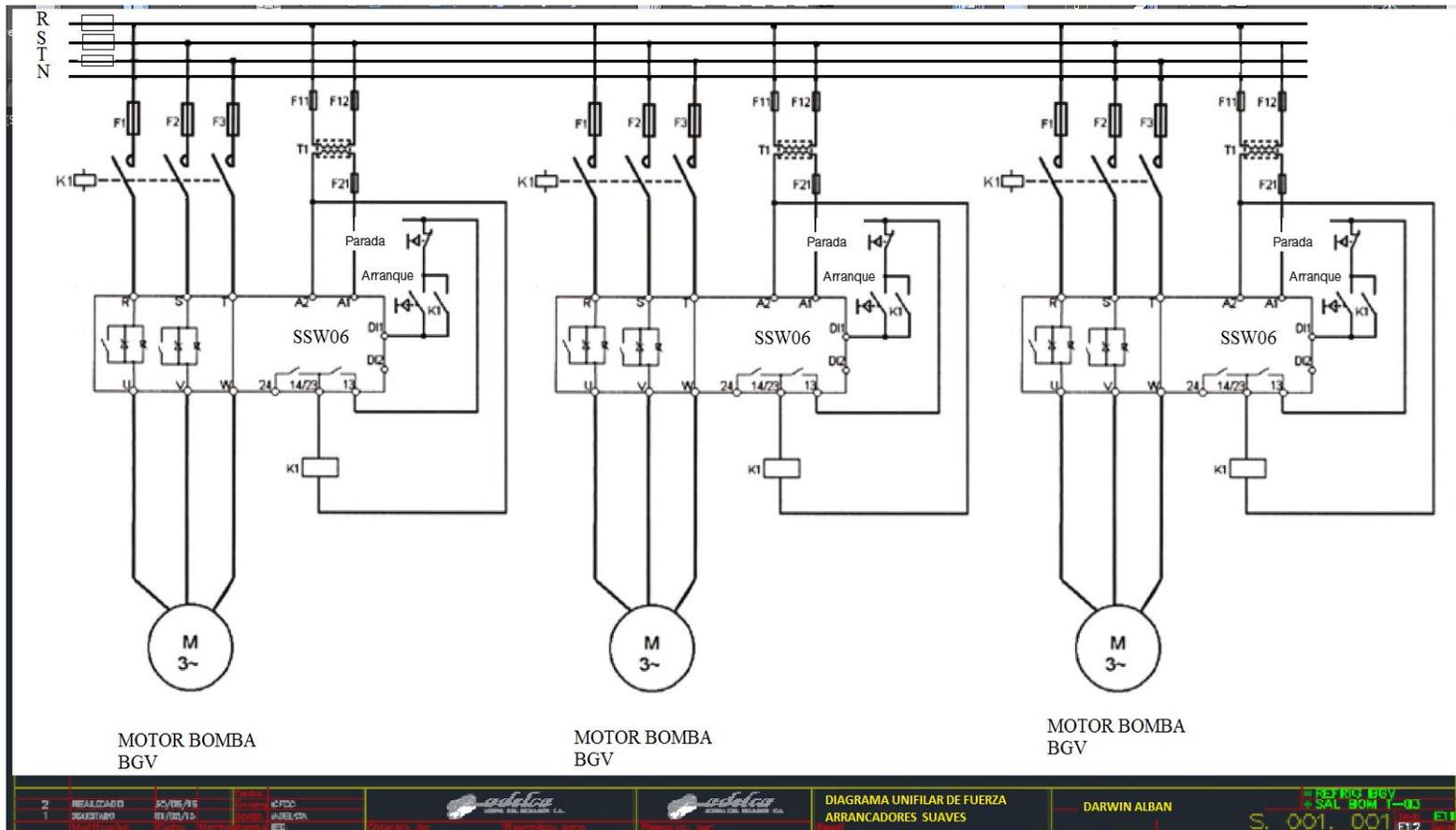


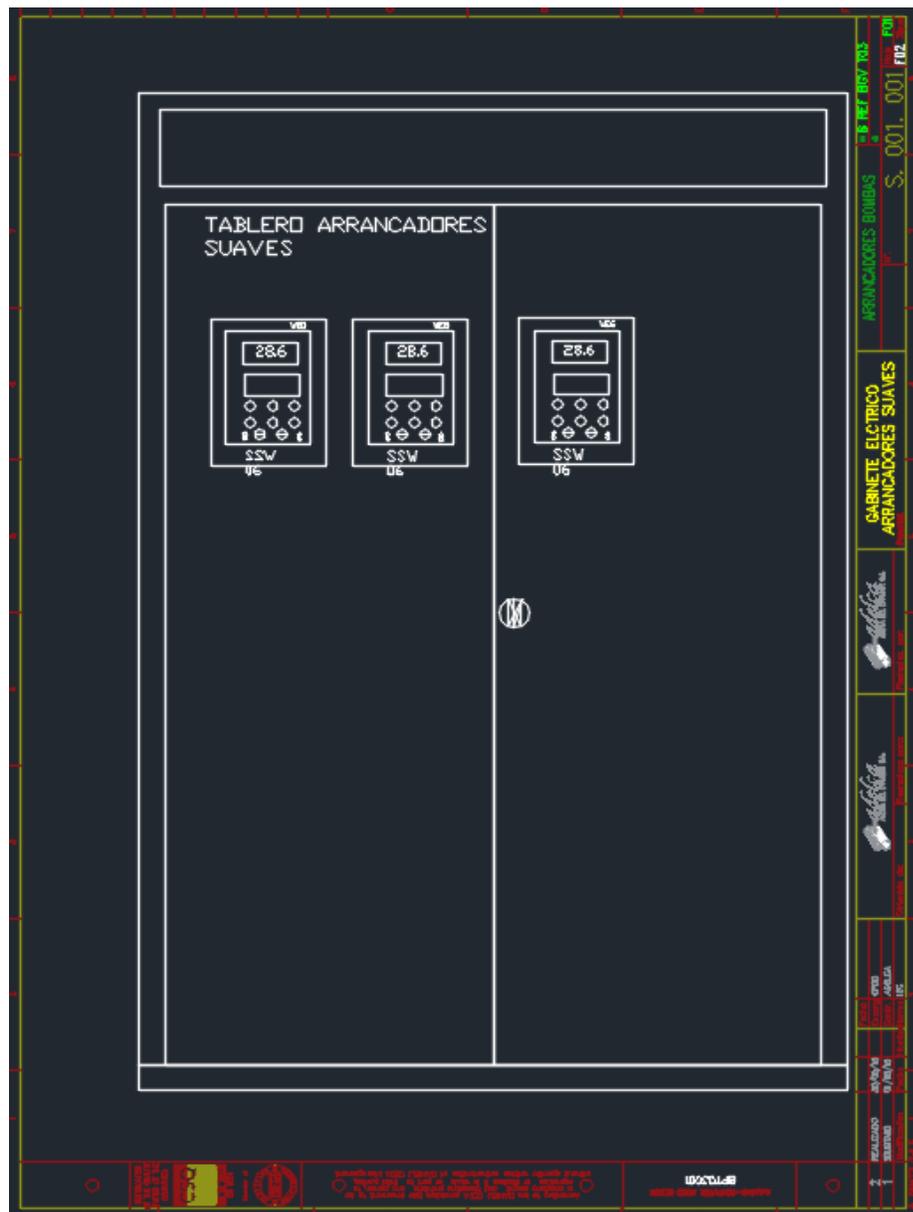
Figura 3.29. Diseño del diagrama de control para los arrancadores suaves  
Fuente: Elaborado por el autor (2018)

**3. 11. Diseño del diagrama de fuerza para los arrancadores suaves.**



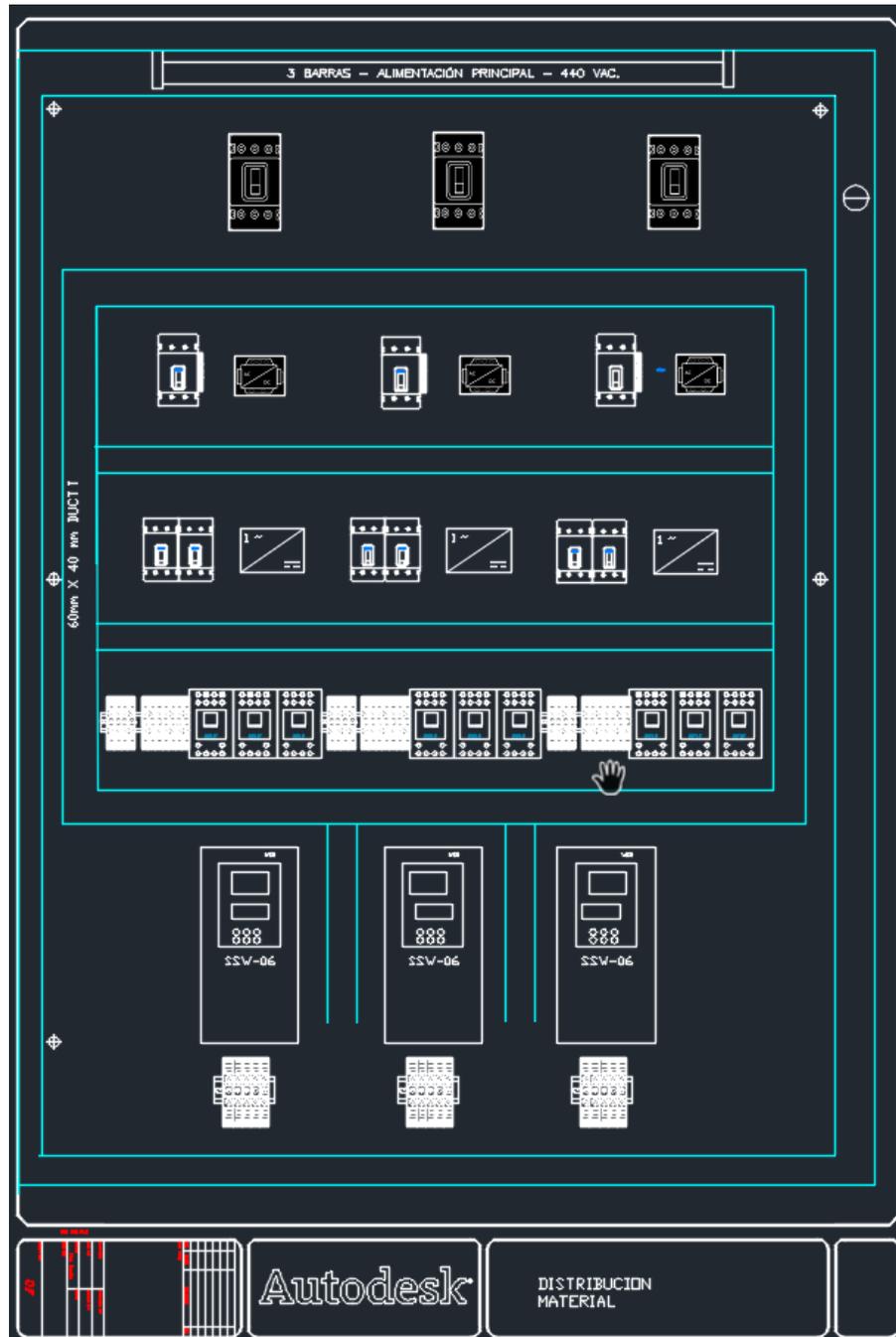
**Figura 3.310. Diseño del diagrama de fuerza para los arrancadores suaves**  
 Fuente: Elaborado por el autor (2018)

**3.12. Diseño del gabinete eléctrico para los arrancadores suaves.**



**Figura 3.311. Diseño del gabinete eléctrico para los arrancadores suaves**  
 Fuente: Elaborado por el autor (2018)

**3.13. Distribución de material eléctrico para los arrancadores suaves.**



**Figura 3.312. Distribución de material eléctrico para los arrancadores suaves**  
 Fuente: Elaborado por el autor (2018)

3.14. Diagrama de conexiones circuito de señales PLC.



Figura 3.313. Circuito de señales PLC  
Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.14.1. Diseño del gabinete de señales



**Figura 3.314. Estructura gabinete de control de señales**  
 Fuente: Elaborado por el autor.

### **3.15. Distribución de elementos eléctrico electrónico.**

Para el diseño de los distintos circuitos aplicados para llevar a cabo la automatización de la torre, con los resultados esperados, es necesario partir de la información recopilada en el capítulo uno y de ser necesario ampliar en algún momento del desarrollo de este proyecto, enfocándose en que la torre de enfriamiento cuenta con varios elementos y dispositivos que participan en su funcionamiento.

En este contexto lo fundamental es el accionamiento monitoreo, control y apagado de los motores que permiten girar las bombas ya sea para el ingreso o salida del agua de la torre, para esto se utilizó los elementos más adecuados, resistentes y acorde al medio de trabajo, esto más la implementación de un circuito de control que maneje la secuencias de paso de energía por medio de una señal análoga generada desde un sensor ultra sónico UM30 de la familia SIK, hacia un autómata programable PLC S7 de la familia Siemens, quien por ayuda de este elemento externo, abrirá y cerrará el paso de señales de 24VDC, hasta los (sensores, relés). Para el diseño del circuito de potencia se escogió el uso de arrancadores suaves de la familia WEG que puede trabajar con un voltaje de 220 V AC hasta 575 V AC y 60 amperios

Hay que considerar ciertas condiciones en el circuito de fuerza este debe funcionar a cada activación y desactivación que indiquen los sensores ultrasónicos, información que va permitir la rápida conmutación de la señal eléctrica acorde a la señal recibida y enviada del PLC; que trabajará de acuerdo a las condiciones antes grabadas en él, esto se verá reflejado mediante la activación del arrancador suave escogido por las características del fabricante, en la memoria técnica anexa en este documento se muestra el esquema del circuito de potencia con arrancadores suaves el cual controla las tres fases que alimentan al motor en cuestión.

### **3.16. Dimensionamiento de materiales.**

Para dimensionar los materiales para el presente proyecto se realizó un estudio de todos los elemento participantes existentes actualmente en la torre de enfriamiento así como la revisión de los data sheet para los elementos nuevos, esto para convalidar los voltajes con los que

cuenta la empresa en cuestión, siendo un factor muy importante a tomar en cuenta el consumo energético, ya que la empresa cuenta con voltajes de baja tensión para el trabajo de: 440V 3~, 220V 3~, 110V ~, y 24 VDC, que son voltajes nominales para los distintos trabajos internos.

Por lo comentado, se debe trabajar con una tensión de 440 voltios trifásicos como voltaje nominal, para romper la inercia de la mayoría de los motores de la implementación, para el caso de controlar el voltaje que va alimentar los circuitos de control. En complemento se debe trabajar utilizando transformadores de corriente los cuales disminuirán el voltaje de 440 voltios alternos bifásicos, a 220 voltios alternos bifásico y 110 voltios alternos monofásicos, para la parte electrónica también se utilizó un transformador de 110 voltios alternos monofásicos a 24 voltios de corriente directa.

**Tabla 3.5 . Dimensionamiento de materiales**

Equipo	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Voltaje (V)	Amperaje (Amp)	Voltaje de control
Motor 1 Bomba BGV	440	45	220	90			24 VDC
Motor 2 Bomba BGV	440	45	220	90			24 VDC
Motor 3 Bomba BGV	440	45	220	90			24 VDC
Motor 1 Reposición	440	10	220	20			24 VDC
Motor 2 Reposición	440	10	220	20			24 VDC
Motor Bomba Filtros			220	24			220VAC
Motor Bomba Químicos			220	1,5	110	3	220VAC
Motor 1 Bomba Lodos			220	12			220VAC
Motor 2 Bomba Lodos			220	12			220VAC
Motor 3 Bomba Lodos			220	12			220VAC
Motor 4 Bomba Lodos			220	12			220VAC

**Fuente. Elaborado por el autor (2018)**

Como se muestra en la tabla 2.1; el voltaje mayor presente para la automatización es el correspondiente a 440V. En base a este voltaje se deben hacer los respectivos cálculos para la adquisición ya sea para los elementos de protección como los actuadores y los cables de alimentación.

### **3.17. Soporte metálico.**

Para la automatización de la torre de enfriamiento no se tiene un sendero predeterminado para el cruce y transporte de los cables eléctricos y de comunicación, por lo que se hace un conteo de los cables existentes se estudió su funcionalidad y se determinó si es factible o no su modificación.

Además, se indago de posibles mejoras a futuro en la misma torre de enfriamiento o cerca de la misma para establecer así un posible número de cables y poder dimensionar el tipo de la canaleta a usar contemplando así una sola intervención en esta parte del proceso.

Con la idea clara se busca el mejor camino para el cruce y traslado de los cables para la implementación del proyecto, definido el trayecto se hace el conteo de cuantos metros de canaleta se ocupará, así como el número de accesorios metálicos necesarios para el transporte y protección de cables eléctricos y de comunicación.

Al ser una instalación que se encuentra a una altura superior a un metro de alto además está afuera expuesta a cambios bruscos de temperatura se plantea la normativa que cubra todas estas inquietudes y nos guie en este caso es así que la norma INEM 2486, sistema de bandejas metálicas porta cables, electro-cables o canaletas, requisitos. Nos orientan a incorporar una estructura de características inoxidable de presencia un material metálico galvánico, figuras de carácter moldeable para espacios confinados, tipo escalera que son de uso mayoritario en el sector industrial.

Así también advierte sobre la seguridad personal al momento de la instalación considerando que estas deben ir montadas sobre una base del mismo material separadas a una distancia entre bases de 1,50 metros según explica la norma.

Siguiendo recomendaciones de seguridad se considera lo siguiente: A una altura donde no incomode al personal ni a las diferentes actividades desarrolladas en su entorno, esta canaleta debe soportar el peso del número de cables que se necesita para el presente proyecto, y además quedar con el suficiente espacio para futuras mejoras que sean necesarias. Paralelamente a estas recomendaciones también se debe considerar lo que expone Metalectro para el Ecuador sobre normas, aplicaciones y técnicas para el uso correcto en el momento de solicitar y el momento de instalar las canaletas tipo escalera. Metalectro (2016).

**Tabla 3.6 . Relación temperatura sobre distancia**

Diferencial de temperatura	Distancia según tipo de material	
	Acero (m)	Aluminio (m)
° C		
14	156	79
28	78	40
42	52	27

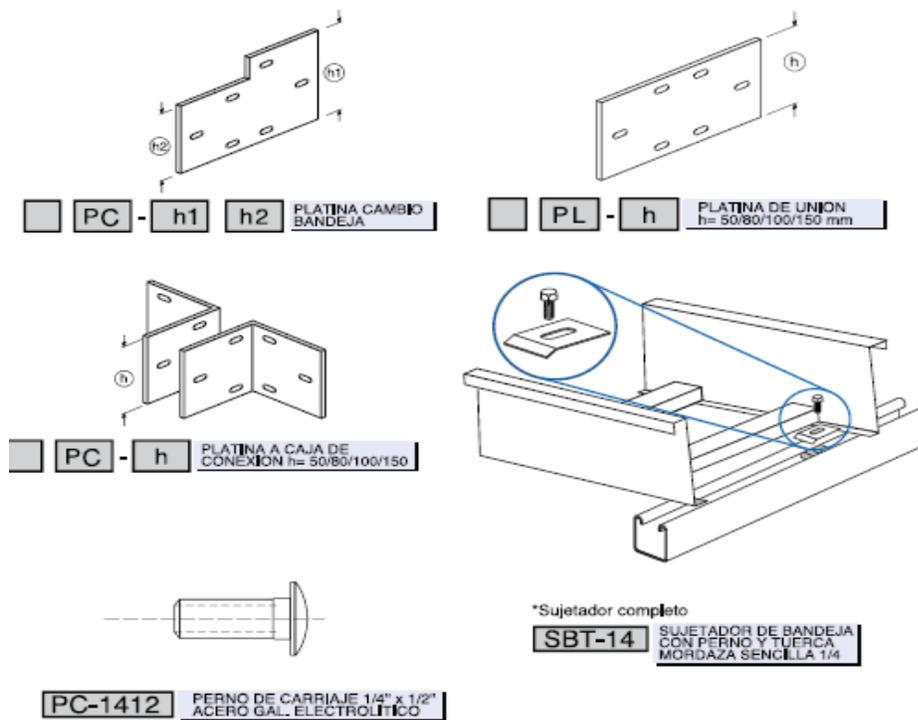
**Fuente. Elaborado por el autor (2018)**

A continuación, en las siguientes figuras se presenta la estructura y codificación de canaletas que se debe utilizar en base a las recomendaciones de la empresa Metalectro.

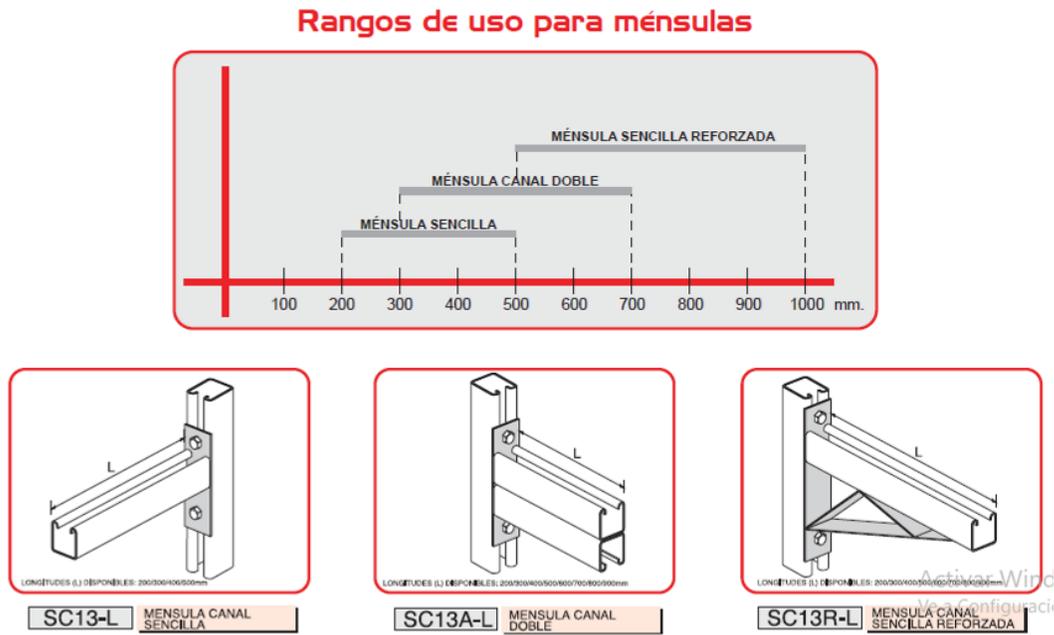


**Figura 3.315. Estructura canaleta tipo escalera.**  
Fuente: Metalectro (2016)

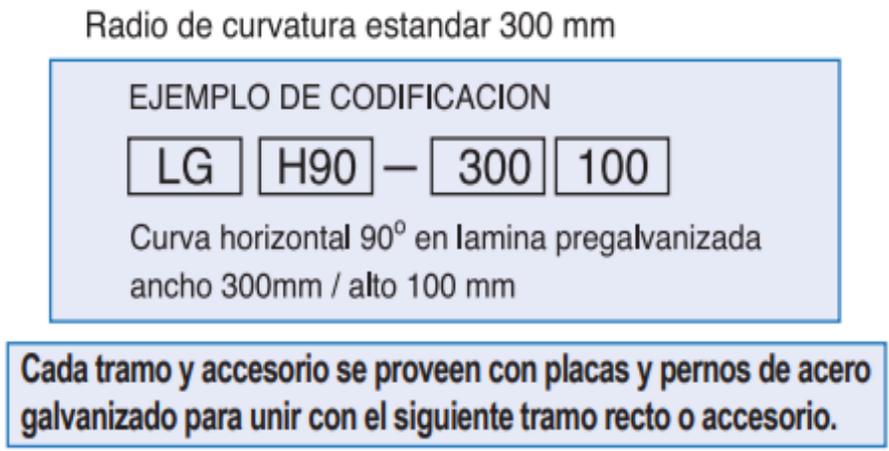
**3.18. Accesorios**



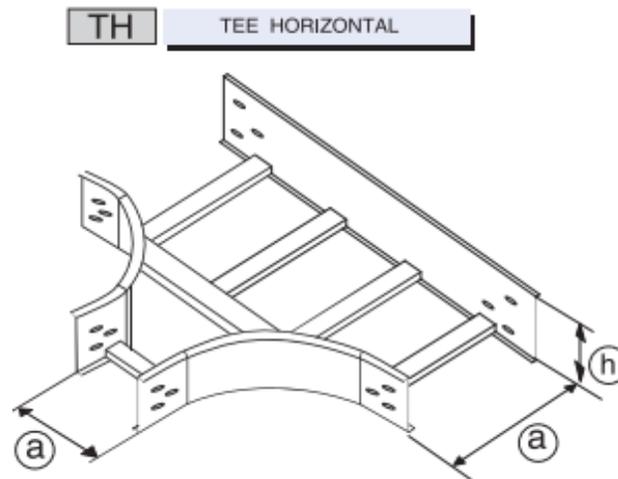
**Figura 3.316. Accesorios**  
Fuente: Metalectro (2016)



**Figura 3.317. Codificación canaletas tipo escalera.**  
 Fuente: Metalectro (2016)



**Figura 3.318. Especificaciones**  
 Fuente: Metalectro (2016)



**Figura 3.319. Codificación accesorios.**  
Fuente: Metaelectro (2016)

### 3.19. Diseño de condiciones de funcionamiento

Para el control, de funcionamiento automático de la torre de enfriamiento se desarrolló una serie de condiciones las cuales se ingresaron al PLC S7-300 de la familia Siemens mediante una comunicación Ethernet, se utilizó el método de programación ladder o de escalera que es más utilizado a nivel empresarial, por su facilidad de interpretación. La programación se lo realizó en el programa Step 7 versión 5.5, de la familia Siemens, software empresarial una de las ventajas por el cual se ha escogido este software es por su compatibilidad con versiones anteriores el diseño de las condiciones de funcionamiento estuvo basado en los siguientes:

¿Qué tipo de comunicación se utilizará para recibir y enviar información?

¿La información recibida se visualizará?

¿Qué tipo de información se debe enviar?

Para el intercambio de información del ordenador con el PLC se utilizó un cable de red de datos (comunicación Ethernet). Cabe indicar que la información que se recibe el PLC desde los sensores de nivel y temperatura que permiten dar inicio al autómatas programable para la toma de decisiones de accionamiento o de indicar si exististe alguna condición que no esté



### 3.20. Detalles de las Piscinas

- P1.- Piscina de agua fría para el proceso de refrigeración y retorno de agua desde el proceso de refrigeración.
- P2.- Piscina de agua fría para el proceso de refrigeración y retorno de agua desde el proceso de refrigeración.
- P3.- Entrada principal para la torre de enfriamiento desde del pozo profundo. P4.- Trampa de sedimentos, purga de sedimentos y paso a P5 .
- P5.- Trampa de sedimentos y paso a P6.
- P6.- Trampa de sedimentos y paso a P7.
- P7.- Trampa de sedimentos y paso a P8. P8.- Agua libre de sedimentos para abastecer a lomo de filtros y paso a P1.

### 3.21. Nuevas condiciones de funcionamiento de la torre de enfriamiento

- Condición 1.- Al bajar el nivel de agua en P8, se activa la bomba de filtros M1, la bomba de químicos M6 y la bomba de pozo profundo M12.
- Condición 2.- Al subir el nivel de agua en P8, se apaga la bomba de filtros M1, la bomba de químicos M6 y la bomba de pozo profundo M12.
- Condición 3.- Al bajar el nivel de agua en P1, se prende la bomba de filtros M1.
- Condición 4.- Al subir el nivel de agua en P1, se apaga la bomba de filtros M1.
- Condición 5.- Al censar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel alto confirme para que arranque dos de tres motores de refrigeración del BGV de forma automática
- Condición 6.- Al censar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel intermedio confirme un mensaje de advertencia para vista de los operadores en la planta.
- Condición 7.- Al censar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel bajo confirme para que paren dos de tres motores de refrigeración del BGV de forma automática

- Condición 8.- Al censar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel bajo confirme para que no arranquen ninguna de los tres motores de forma automática pero si en manual.
- Condición 9.- Enviar una señal cada 8 horas por un tiempo de 20 minutos a una electroválvula de compuerta para realizar las purgas de P4.
- Condición 10.- Enviar una señal cada 8 horas por un tiempo de 2 minutos para la activación de los motores M2 -M3 - M4 - M5, para evacuar los sedimentos de las piscinas P3, P4, P5, P6
- Condición 11.- Bombas de reposición M7 - M8 no hay tiempo de uso determinado su accionamiento es manual según necesidad y criterio del operador.

Al momento que envía la señal los sensores y arranca el programa ejecutando las condiciones mediante el cable de red no presenta algún daño. Permite que el autómatas reciba la información del dispositivo asociado y ejecutará las condiciones programadas caso contrario el programa espera hasta que se cumplan las condiciones necesarias para iniciar.

### **3.22. Comunicación**

Los sensores ultrasónicos están provistos de señales analógicas, las cuales, viajan por un bus de instrumentación de cuatro hilos, hasta el tablero local, donde se reúnen todas las señales de la torre de enfriamiento y estas señales viajan al PLC mediante un cable de datos que está conectado a la remota y al PLC.

Para iniciar el funcionamiento se debe realizar las tareas de conexión físicamente. Una vez realizado las conexiones, respectivas se debe iniciar el software de vinculación para compilar el programa que permita establecer la comunicación tanto virtual como física a continuación se indica el flujo de comunicación.

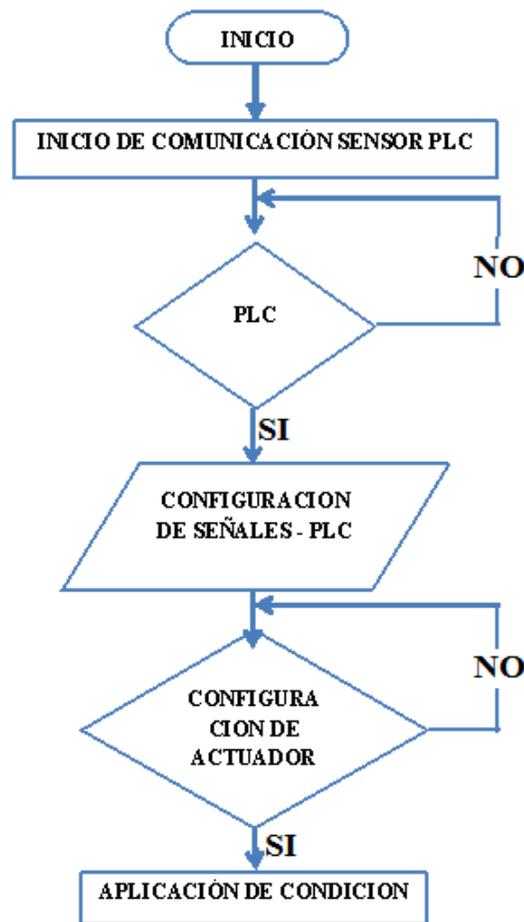


Figura 3.421 Diagrama de flujo comunicación  
Elaborado por el autor. (2018)

### 3.23. Diseño de programa

Para el diseño de la programación para la automatización de la torre de enfriamiento se tuvo en cuenta las siguientes actividades.

Etapa de sensores, se consideró las variables a medir como la aproximación más cercana y la más lejana, esto es leído y entendido por el sensor de ultrasónico UM30, quien posteriormente transforma la señal y permitirá una rápida interpretación de lectura por el autómeta programable.

Quien a su vez da inicio a la etapa de control para el circuito automático, los sensores son los únicos elementos en emitir señales para la ejecución de las diferentes condiciones, de funcionamiento de los diferentes actuadores involucrados dentro del funcionamiento de la torre de enfriamiento.

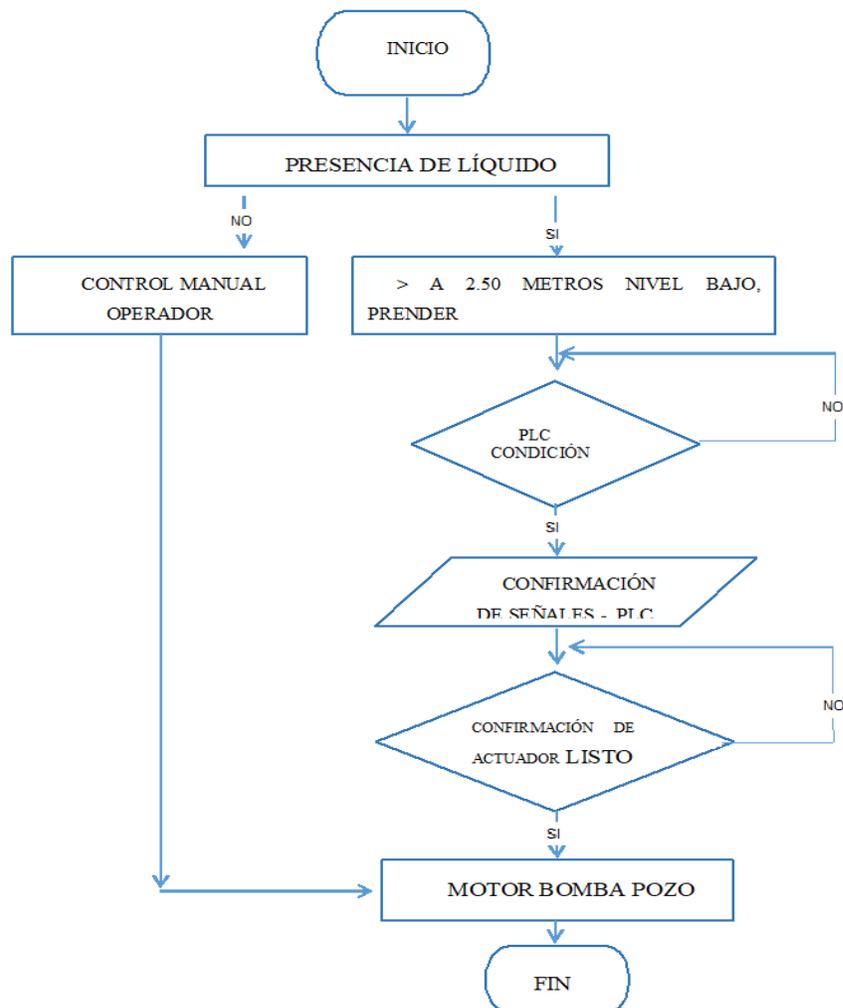
Para un caso de emergencia se instaló un circuito de ejecución manual para el funcionamiento de las mismas condiciones, esto se hace para que el sistema esté completo y protegido ya que tenemos que mirar más allá de lo planteado y anticiparnos a un defecto mayor.

A continuación, se muestran las condiciones de funcionamiento:

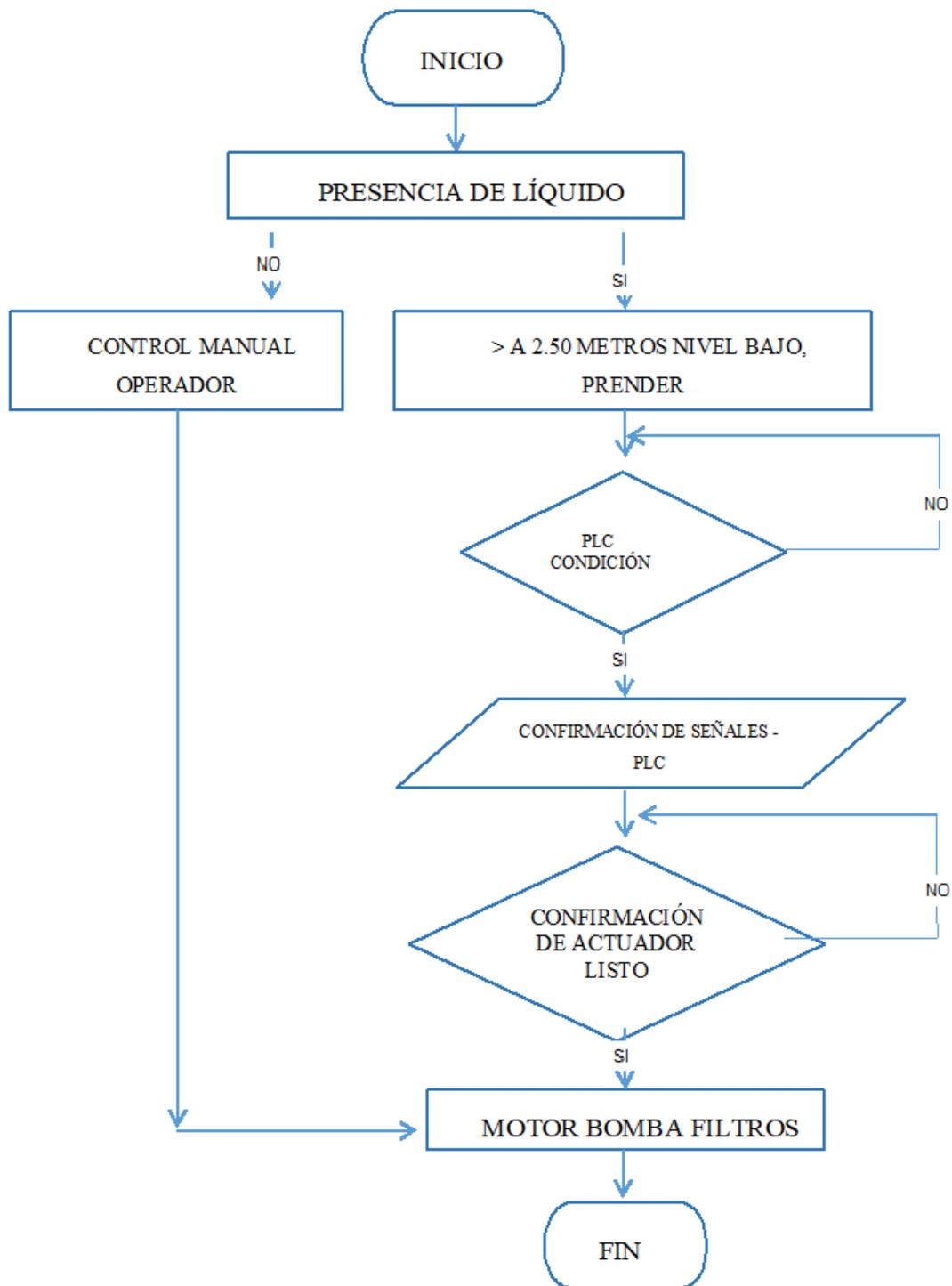
- Condición 1.- Al bajar el nivel de agua en P8, se activa la bomba de químicos M6 y la bomba de pozo profundo M12
- Condición 2.- Al subir el nivel de agua en P8, se apaga la bomba de químicos M6 y la bomba de pozo profundo M12.
- Condición 3.- Al bajar el nivel de agua en P1, se prende la bomba de filtros M1.
- Condición 4.- Al subir el nivel de agua en P1, se apaga la bomba de filtros M1.
- Condición 5.- Al censar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel alto confirme para que arranque dos de tres motores de refrigeración del BGV de forma automática.
- Condición 6.- Al censar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel intermedio confirme un mensaje de advertencia para vista de los operadores en la pantalla
- Condición 7.- Al detectar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel bajo confirme para que paren dos de tres motores de refrigeración del BGV de forma automática
- Condición 8.- Al detectar el sensor ultrasónico que el nivel de agua De P1, este a un nivel bajo confirme para que no arranquen ninguna de los tres motores de forma automática pero si en manual.
- Condición 9.- Enviar una señal cada 8 horas por un tiempo de 20 minutos a una electroválvula de compuerta para realizar las purgas de P4

- Condición 10.- Enviar una señal cada 8 horas por un tiempo de 2 minutos para la activación de los motores M2 -M3 - M4 - M5, para evacuar los sedimentos de las piscinas P3, P4, P5, P6
- Condición 11.- Bombas de reposición M7 - M8 no hay tiempo de uso determinado su accionamiento es manual según necesidad y criterio del operador.

### 3.24. Diagrama de flujo condiciones 1\_2



**Figura 3.422. Flujo de condiciones 1-2.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

**3.25. Diagrama de flujo condiciones 3\_4.**

**Figura 3.423. Flujo de condiciones 3- 4.**  
Fuente. Elaborado por el autor

3.26. Diagrama de flujo condiciones 5-6-7-8.

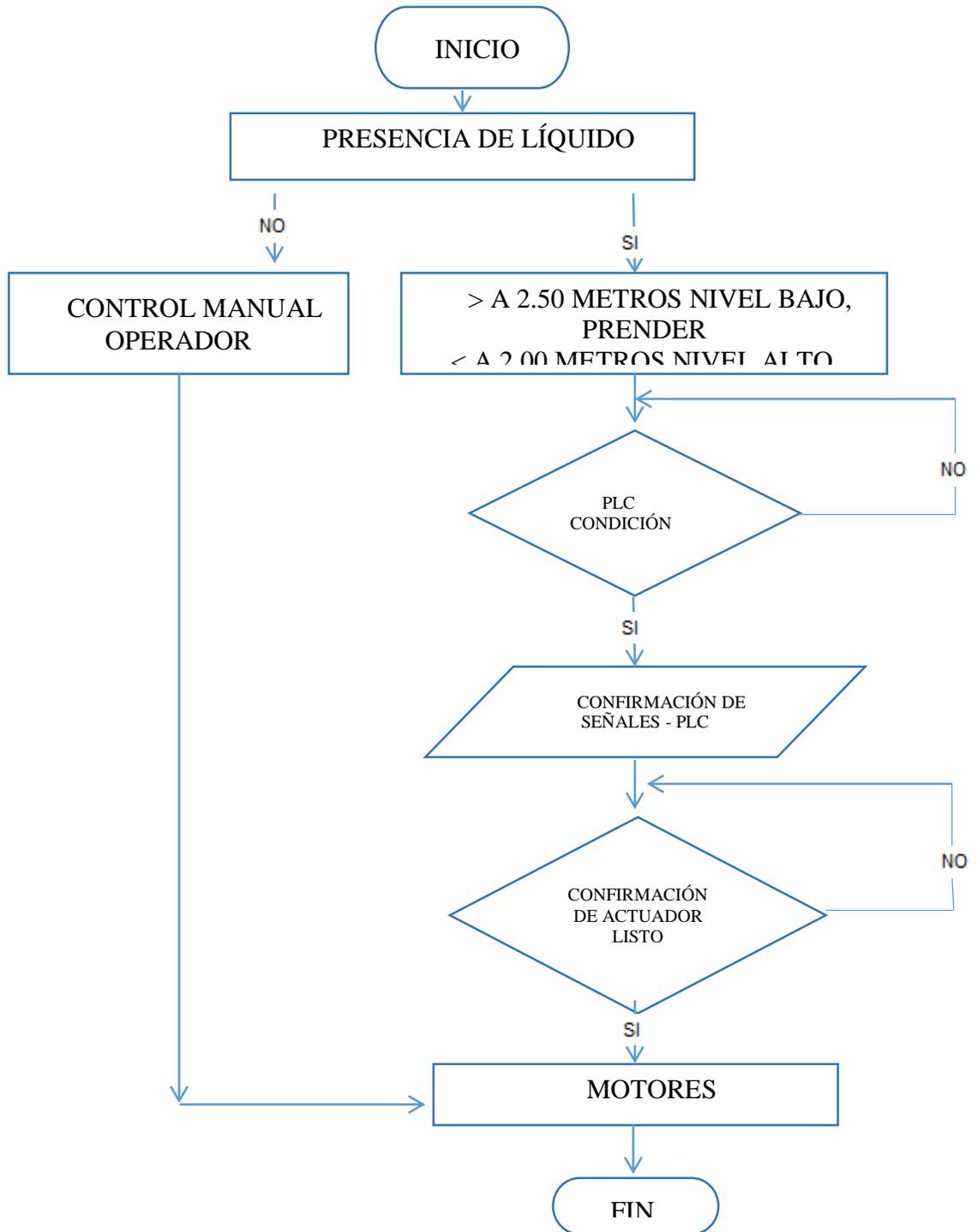
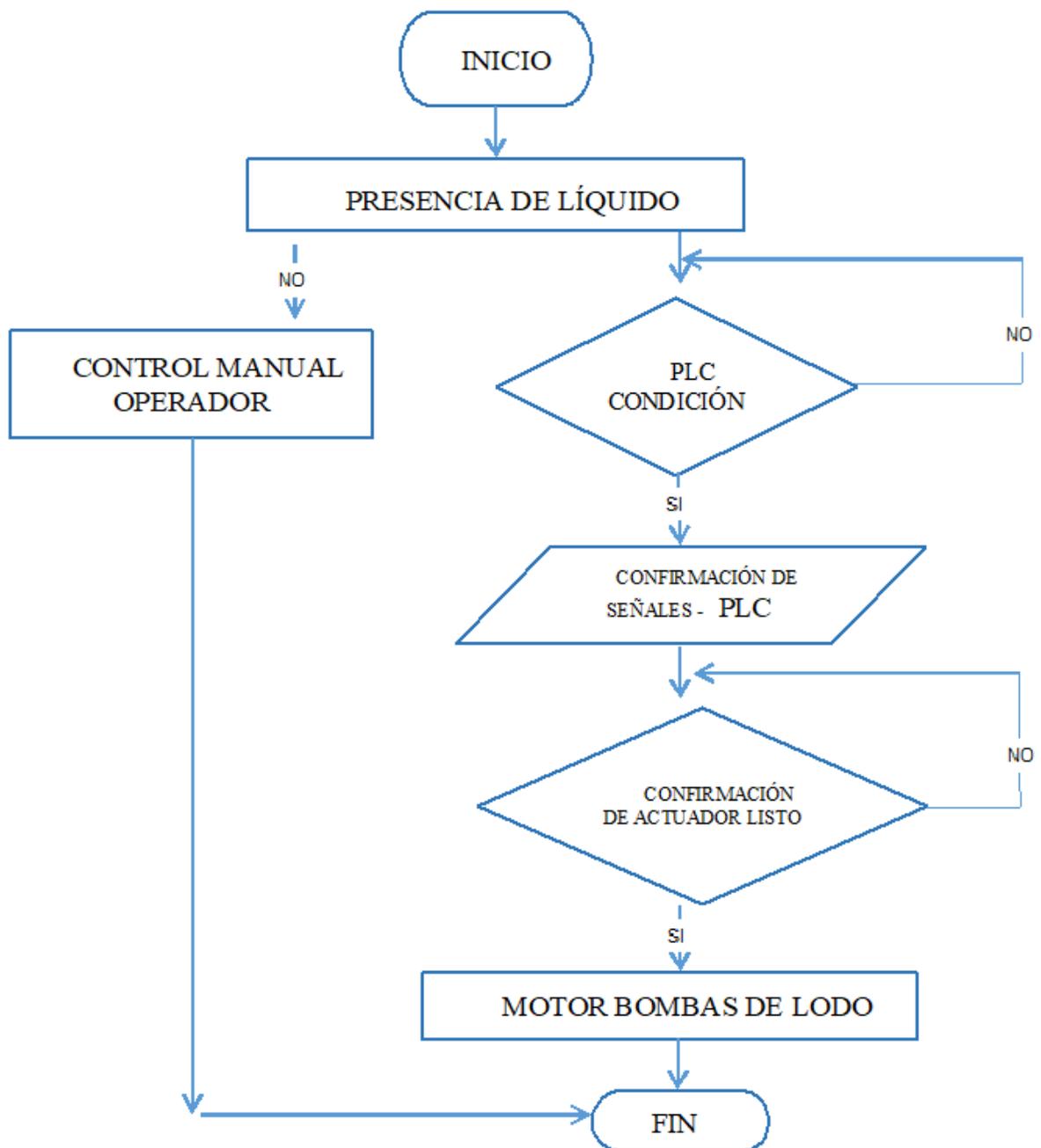
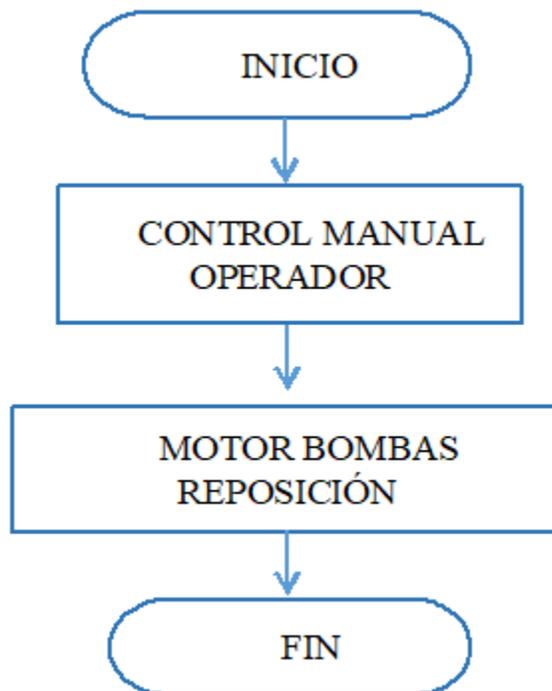


Figura 3.424. Condiciones 5-6-7-8.  
Fuente. Elaborado por el autor.

**3.27. Diagrama de flujo condiciones 9-10.**

**Figura 3.425. Condiciones 9-10**  
Fuente. Elaborado por el autor.

**3.28. Diagrama de flujo condiciones 11.**

**Figura 3.426. Condiciones 11.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

## **CAPÍTULO 4**

### **IMPLEMENTACIÓN**

#### **4.1. Desarrollo**

La automatización empieza con un análisis y chequeo de herramientas necesarias para el trabajo electromecánico, así como los diferentes equipos de protección personal y una planificación ordenada

##### **4.1.1. Ejecución de trabajos electromecánicos Tablero de tomas 220 Vac y borneras**

Considerando que para un correcto funcionamiento de cualquier sistema que utilizan tableros siempre la fijación, la firmeza, la estabilidad, juegan un rol importante para alguna mejora sin importar la inclinación de la misma ya sea eléctrico, mecánico es necesario tener una base sólida que pueda sostener tanto los paneles eléctricos electrónicos es así que se preparó la siguiente logística.

Materiales necesarios:

- Gabinete eléctrico 60x50x30cm.
- Tomas trifásicos de 50 Amp.
- Riel dim.
- Remaches.
- Lápiz.
- Borneras
- Espaguete y marquillas
- Cable 10 AWG y 14 AWG

Herramientas necesarias:

- Taladro
- Brocas.
- Machuelos.
- Flexómetros.
- Escuadras.
- Saca bocados
- Ponchadoras de terminal.

#### 4.1.2. Ensamblaje.

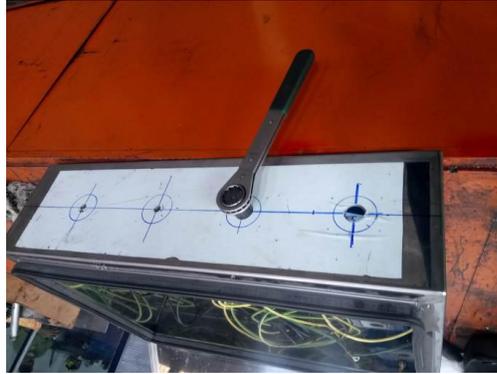
Primer paso, limpieza e inspección del gabinete eléctrico.

Segundo paso, trazo del diseño y medidas en la plancha del gabinete.



**Figura 4.47 . Trazo del diseño**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Tercer paso, corte y perforación a medida de las canaletas, rieles y tablero.



**Figura 4. 48 . Corte a medidas**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Cuarto paso, implementación de rieles, canaletas y fijación de las mismas.



**Figura 4.49 . Implementación de rieles.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Quinto paso, incorporación de borneras, tomas y fijación de las mismas.



**Figura 4.50 . Implementación de rieles 2**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Sexto paso, cableado de los tomas hasta las borneras necesarias.



**Figura 4.51 . Cableado interno.**  
**Fuente. Elaborado por el autor**

Séptimo paso, comprobación por medio de continuidad.

Octavo paso, corrección de posibles fallas.

Noveno paso, marcado y etiquetado.

Decimo paso, traslado y colocación.



**Figura 4.52 . Traslado y colocación.  
Fuente. Elaborado por el autor.**

### **4.1.3 Ejecución de trabajos electromecánicos y calibraciones del sensor ultrasónico**

Materiales necesarios:

- Gabinete eléctrico 25x25x25cm.
- Remaches.
- Lápiz.
- Espaguete y marquillas
- Cable de sensor 5 hilos 22 AWG
- Sensor ultrasónico UM30-215113.
- Pernos expansores.
- Tuvo cuadrado 20 x 20 mm.

Herramientas necesarias:

- Taladro
- Brocas.
- Flexómetros.
- Escuadras.
- Saca bocados.

- Ponchadoras de terminales.
- Moladora 110 voltios.
- Extensión

#### 4.1.4 Ensamblaje.

Primer paso, limpieza e inspección del gabinete eléctrico.



**Figura 4.53 . Gabinete eléctrico.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Segundo paso, corte y perforación a medida del tablero.



**Figura 4.54 . Corte a medida.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Tercer paso, corte y perforación a medida del figurado metálico.



**Figura 4.55 . Estructura metálica.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Cuarto paso, suelda y fijación del figurado metálico.

Quinto paso, inspección de funcionamiento del sensor



**Figura 4. 10. Inspección.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

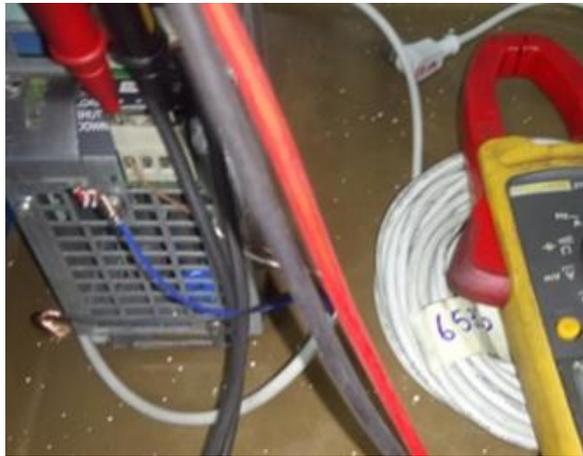
Sexto paso, calibración del sensor ultrasónico.





**Figura 4. 13. Cableado.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Noveno paso, prueba de continuidad y corrección de fallas.



**Figura 4. 14. Pruebas**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Decimo paso, etiquetado y marcado.



**Figura 4. 15. Etiquetado**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Onceavo paso, traslado y fijación



**Figura 4. 16. Traslado**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Doceavo, Conexionado y pruebas de encendido.



**Figura 4. 17. Conexionado.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

#### **4.1.5 Ejecución de trabajos electromecánicos en el tablero eléctrico control torre de refrigeración.**

Partiendo de la simplicidad del tablero de funcionamiento original que se aprecia en los anexos, se adecuó los equipos de maniobra, dispositivos de control y autómatas programables al mirar el nuevo diseño y la magnitud del proyecto propuesto se proyectó un nuevo tablero más grande en el cual se colocaría un bloque de señales y un bloque de fuerza es así como se lo puede apreciar.

Materiales necesarios:

- Gabinete eléctrico 150x200x30cm.
- Breaker bifásico 2 Amp.
- Breaker bifásico 1 Amp.
- Transformador 220 Vac a 110Vac.
- Transformador 110Vac a 24 Vdc.
- Repetidoras 220Vac y 24Vdc.
- Porta fusibles.
- Fusibles.
- Remota Et-200
- Modulo entrada digital.

- 
- Modulo salida digital.
  - Modulo entrada analógica.
  - Modulo salida analógica.
  - Módulo de poder o fuentes.
  - Breaker trifásico 100 Amp.
  - Guarda motores regulables
  - Relés bobina 24Vdc.
  - Contactores bobina 220 Vac
  - Contactos auxiliares
  - Riel dim.
  - Borneras
  - Espaguete y marquillas
  - Cable 10 AWG color negros.
  - Cable 18-16 AWG color azul.
  - Cable 18-16 AWG color rojo
  - Selectores tres posiciones
  - Luz piloto color verde.
  - Luz piloto color rojo.

Herramientas necesarias:

- Taladro
- Brocas.
- Machuelos.
- Flexómetros.
- Escuadras.
- Saca bocados.
- Ponchadoras de terminales.
- Herramienta básica eléctrica.
- Cortadora de cables.

- Multímetro.
- Etiquetadora

#### 4.1.6 Ensamblaje.

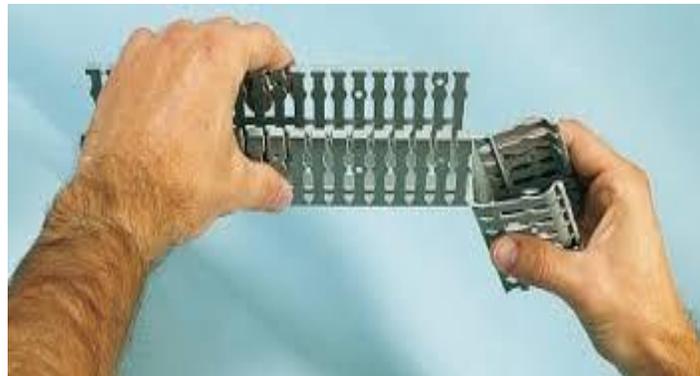
Primer paso, limpieza e inspección del gabinete eléctrico.



**Figura 4. 18. Inspección.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

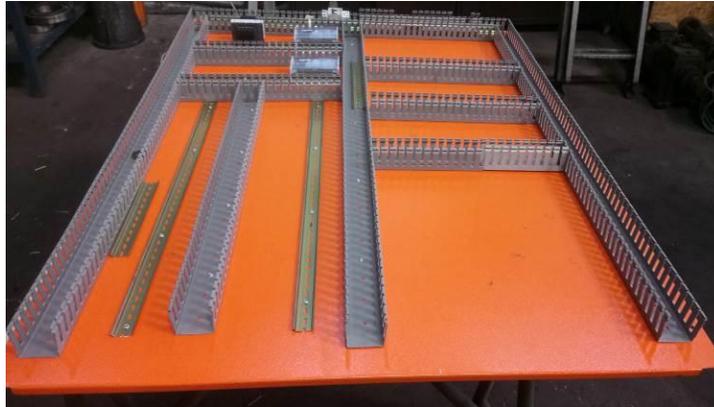
Segundo paso, trazo del diseño y medidas en la plancha del gabinete anterior mente hecho.

Tercer paso, corte y perforación a medida de las canaletas, rieles y tablero.



**Figura 4. 19. Corte a medidas de canaletas**  
Fuente: SIEMENS. (2012).

Cuarto paso, implementación de rieles, canaletas y fijación de las mismas.



**Figura 4. 20. Implementación de canaletas.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Quinto paso, incorporación de elementos y fijación de las mismas.



**Figura 4. 21. Incorporación de elementos**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Sexto paso, cableado de los elementos según el diagrama estipulado.



**Figura 4. 22. Cableado.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Séptimo paso, comprobación por medio de continuidad inicio fin y corrección de posibles fallas.



**Figura 4. 23. Pruebas**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Octavo paso, prueba de accionamientos eléctrico en vacío y corrección de posibles fallas.



**Figura 4. 24. Pruebas de accionamiento.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Noveno paso, marcado y etiquetado.



**Figura 4. 25. Marcado**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Decimo paso, traslado y colocación.



**Figura 4. 26. Traslado**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

#### **4.1.6 Ejecución de trabajos electromecánicos en el tablero eléctrico para arrancadores suaves.**

Para la creación de este tablero eléctrico de control y fuerza se reciclo un gabinete eléctrico preexistente dando a lugar para su nueva utilización con la implementación del diagrama de arrancadores suaves realizado anteriormente.

Materiales necesarios:

- Gabinete eléctrico 150x230x50cm.
- Breaker bifásico 2 Amp.
- Breaker bifásico 1 Amp.
- Transformador 110Vac a 24 Vdc.

- 
- Porta fusibles.
  - Fusibles.
  - Breaker trifásico 100 Amp.
  - Relés bobina 24Vdc.
  - Riel dim.
  - Remaches.
  - Lápiz.
  - Borneras
  - Espaguete y marquillas
  - Cable 10 AWG color negros.
  - Cable 18-16 AWG color azul.
  - Cable 18-16 AWG color rojo
  - Selectores tres posiciones
  - Luz piloto color verde.
  - Luz piloto color rojo.

Herramientas necesarias:

- Taladro
- Brocas.
- Machuelos.
- Flexómetros.
- Escuadras.
- Saca bocados.
- Ponchadoras de terminales.
- Herramienta básica eléctrica.
- Cortadora de cables.
- Multímetro.
- Etiquetadora

### 4.1.7 Ensamblaje.

Primer paso, limpieza e inspección del gabinete eléctrico.



**Figura 4. 27. Inspección.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Segundo paso, trazo del diseño y medidas en la plancha del gabinete anterior mente hecho.



**Figura 4. 28. Diseño y trazo.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Tercer paso, corte y perforación a medida de las canaletas, rieles y tablero.



**Figura 4. 29. Corte de canaletas**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Cuarto paso, implementación de rieles, canaletas y fijación de las mismas.



**Figura 4.76. Montaje de canaletas**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Quinto paso, incorporación de elementos y fijación de las mismas.



**Figura 4.30. Fijación de materiales**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Sexto paso, cableado de los elementos según el diagrama estipulado.



**Figura 4.31. Cableado**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Séptimo paso, comprobación por medio de continuidad inicio fin y corrección de posibles fallas.



**Figura 4. 32. Pruebas de continuidad  
Fuente. Elaborado por el autor.**

Octavo paso, prueba de accionamientos eléctrico en vacío y corrección de posibles fallas.



**Figura 4. 33. Figura. 4.80. Pruebas  
Fuente. Elaborado por el autor.**

Noveno paso, marcado y etiquetado.



**Figura 4. 34. Marcado y etiquetado.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Decimo paso, traslado y colocación.



**Figura 4. 35. Traslado**  
Fuente. Elaborado por el autor.

#### 4.1.8 Ejecución de trabajos electromecánicos en el tablero de control de señales.

Para la creación de este tablero de control se reciclo al igual que el anterior gabinete.

Materiales necesarios:

- Gabinete eléctrico 150x230x50cm.
- Breaker bifásico 2 Amp.
- Breaker bifásico 1 Amp.
- Transformador 110Vac a 24 Vdc.
- Porta fusibles.
- Touch panel.
- Fusibles.
- Borneras.
- Riel dim.
- Remaches.
- Espaguete y marquillas
- Cable 10 AWG color negro.
- Cable 18-16 AWG color azul.
- Cable 18-16 AWG color rojo

Herramientas necesarias:

- Taladro
- Brocas.
- Machuelos.
- Flexómetros.
- Escuadras.
- Ponchadoras de terminales.
- Herramienta básica eléctrica.
- Cortadora de cables.
- Multímetro.
- Etiquetadora

#### 4.1.9. Ensamblaje.

Primer paso, limpieza e inspección del gabinete eléctrico.



**Figura 4. 36. Limpieza.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Segundo paso, trazo del diseño y medidas en la plancha del gabinete anterior mente hecho.



**Figura 4. 37. Diseño y trazo.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Tercer paso, corte y perforación a medida de las canaletas, rieles y tablero.



**Figura 4. 38. Corte y perforación.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Cuarto paso, implementación de rieles, canaletas y fijación de las mismas.



**Figura 4. 39. Implementación rieles**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Quinto paso, incorporación de elementos y fijación de las mismas.



**Figura 4. 40. Fijación de elementos.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Sexto paso, cableado de los elementos según el diagrama estipulado.



**Figura 4. 41. Cableado.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Séptimo paso, comprobación por medio de continuidad inicio fin y corrección de posibles fallas.



**Figura 4. 42. Pruebas de continuidad.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Octavo paso, prueba de accionamientos en vacío y corrección de posibles fallas.



**Figura 4. 43. Pruebas**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Noveno paso, marcado y etiquetado.



**Figura 4. 44. Marcado y etiquetado.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Decimo paso, traslado y colocación.



**Figura 4. 45. Traslado y fijación  
Fuente. Elaborado por el autor.**

#### **4.1.10 Ejecución de trabajos electromecánicos montaje de canaletas metálicas.**

La importancia de sostener y mantener fijo el camino por donde recorrerán los distintos cableados garantiza el éxito de toda implementación una vez que se seleccionó las ubicaciones y trazado el recorrido de las canaletas, se realizó la selección del tipo de porta cables en este caso se escogió el porta cables de tipo escalera una de las características es su constante ventilación el cual eliminará la humedad de los cables, con una distancia por cubrir de 30 metros lineales tomando en cuenta las curvas y caídas, cada canaleta es de 2.50 metros por tal motivo se utilizó los siguientes materiales:

Materiales necesarios:

- Canaletas galvanizadas
- Uniones galvanizadas
- Pernos M8 X 1/2"

- Arandelas planas M8
- Tuercas M8
- Cubas internas galvanizadas
- Soportes galvanizados
- Pernos expansores.

Herramientas necesarias:

- Taladro
- Brocas
- Flexómetros.
- Escuadras.
- Llave mixta #17
- Llave mista #13
- Amoladora

#### 4.1.11 Ensamblaje.

Primer y segundo paso, acercar el material y marcar el camino para las perforaciones.



**Figura 4. 46. Trazo para perforaciones.  
Fuente. Elaborado por el autor.**

Tercer paso, perforar y colocar soportes.

Cuarto paso, implementación, canaletas y puentes.



**Figura 4. 47. Implementación de canaletas.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Quinto paso, poner a nivel y ajustar.



**Figura 4. 48. Nivelación.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Sexto paso, colocar tapas.



**Figura 4. 49. Colocar tapas.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Este proyecto no se excedió la distancia recomendada para ubicar los soportes según la capacidad INEN NTE 2486 de la bandeja, si no es posible, tomar en cuenta que la capacidad de la bandeja disminuye y el fabricante no puede asegurar el valor de carga especificado. En los tramos rectos se ubicaron los soportes lo más cerca posible a las uniones entre bandejas, aunque las uniones están diseñadas para cumplir con la carga especificada, son puntos concentradores de esfuerzos.

En los puntos donde existan accesorios como curvas, té, cruces, reducciones, se recomienda colocar soportes estructurales en los extremos para evitar esfuerzos excesivos en las platinas de unión y pernos ya que los cambios de dirección generan momentos flectores adicionales a la carga del sistema. El sistema de bandejas porta cables se los hizo eléctricamente continuos y conectados a tierra. Se consideró también que las juntas de unión deberán presentar una resistencia máxima de  $0.00033 \Omega$  al pasar una corriente de 30 Amp DC a través de ellas a temperatura ambiente. Todo lo descrito anteriormente se muestra en el Anexo G correspondiente al armado y empotrado de canaletas tipo escalera para guía del cableado.

En cuanto a la implementación de elementos eléctricos – electrónicos en el tablero para el funcionamiento de los equipos electrónicos siemens se muestra en el anexo H., así también su distribución final.

#### **4.1.12 Ejecución de trabajos cableado de conductores.**

Para mayor facilidad se pasa cables independientes para cada elemento de consumo con su respectiva marca y etiqueta tanto al inicio como al fin del conductor se deja pasado un metro a la distancia real para posibles emergencias

Materiales necesarios:

- Cable
- Amarras plásticas.
- Cinta Taype
- Marcadores.

Herramientas necesarias:

- Taladro
- Brocas
- Flexómetros.
- Escuadras.

#### **4.1.13 Ensamblaje.**

Cable de fuerza 4x10 AWG.



**Figura 4. 50. Cableado conductores.**  
Fuente. Elaborado por el autor.

Cable pasado dentro de la caja de tomas.



**Figura 4. 51. Cableado a gabinetes.**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Tapa de ductos de cemento, levantados.



**Figura 4. 52. Destapando ductos**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Cable profi-bus.



**Figura 4. 53. Cable profi-bus**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

Accesorios para un mejor trabajo.



**Figura 4. 54. Accesorios**  
**Fuente. Elaborado por el autor.**

La automatización empieza con un análisis y chequeo de herramientas necesarias para el trabajo electromecánico, así como los diferentes equipos de protección personal y una planificación ordenada

## **4.2 Implementación**

### **4.2.1 Parametrización de arrancadores suaves**

Lo que respecta a la parametrización de arrancadores suaves WEG SSW06 cabe indicar que este equipo electrónico es un producto industrial de gran acogida por su buen desempeño en la hora de controlar los arranques de motores asíncronos.

Con el uso del arrancados se evitó los choques mecánicos en la carga y picos de corriente en la red, con esto se ayuda a la vida útil del motor, dentro de las muchas aplicaciones de este arrancador está el control de bombas optimiza el torque para arrancar como para parar suavemente.

Para la puesta en marcha después de haber seguido en orden su conexionado de control y fuerza pasamos a la parametrización, tomando en cuenta las cuantificaciones de mayor relevancia. Colocar el valor de frecuencia.

- Tiempo de aceleración
- Tiempo de desaceleración
- Voltaje placa del motor
- Corriente placa del motor
- Frecuencia placa del motor
- RPM placa del motor
- Modo de control del arrancador
- Parámetros e acceso
- Corriente del arrancador
- Factor de potencia
- Activación de alarmas
- Contador de arranque

Pantalla estado inicial



**Figura 4. 55. Inicio de parametrización**  
**Fuente: Elaborado por el autor. (2018)**

## Inicio parametrización



**Figura 4. 56. Parametrización inicial.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

## Parametrización ejemplo. Corriente del motor



**Figura 4. 57. Parametrización corriente del motor**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

## Parametrización ejemplo. Tensión de trabajo



**Figura 4. 58. Parametrización de tensión.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

#### **4.2.2 Parametrización Interfaz HMI**

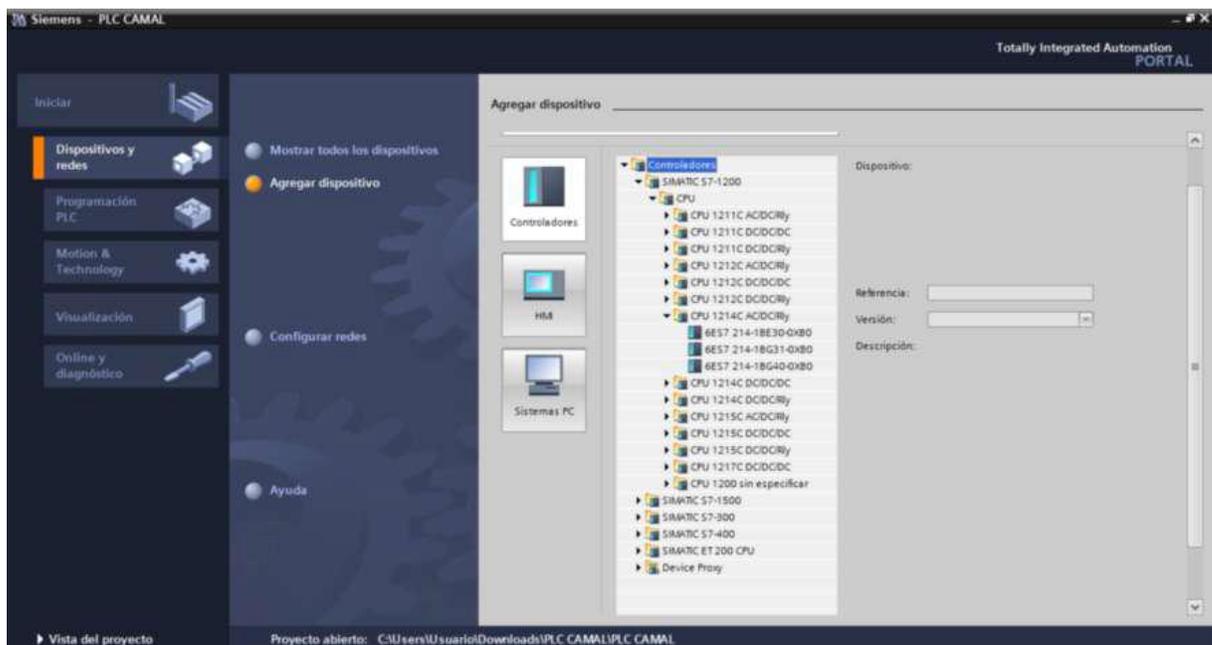
Dentro de las funciones de parametrización del dispositivo existen varias formas en esta oportunidad se mostrara paso a paso la parametrización del dispositivo desde un medio externo.

#### **4.2.3 Cargar un proyecto desde un medio externo**

Esta función está disponible en combinación con una imagen de panel de operador compatible con Win CC (TIA Portal) V14 o superior. Así que en el ordenador debe tener instalado tia portal una vez instalado este programa se da doble click y se carga, el tiempo varía dependiendo las condiciones de su equipo.

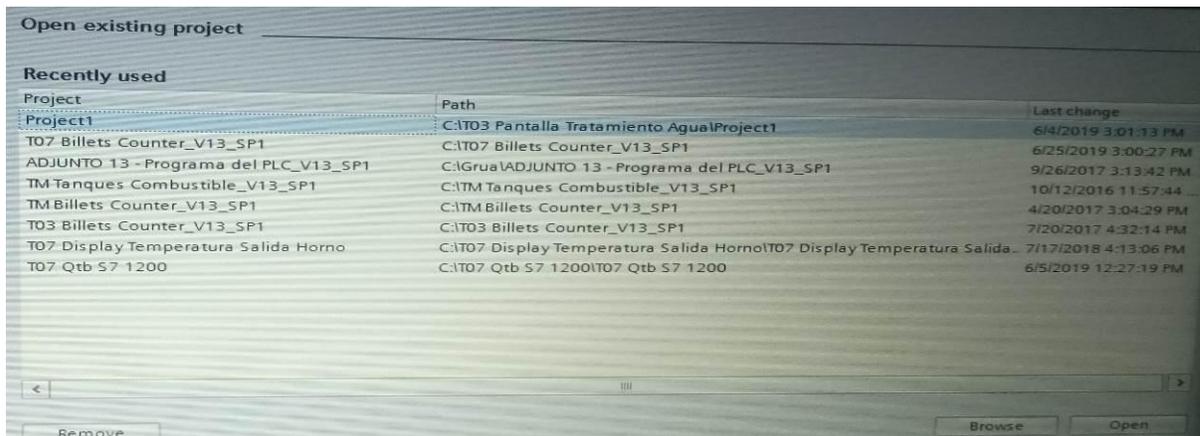


**Figura 4. 59. Pantalla inicio interfaz.**  
**Fuente: Elaborado por el autor. (2018)**



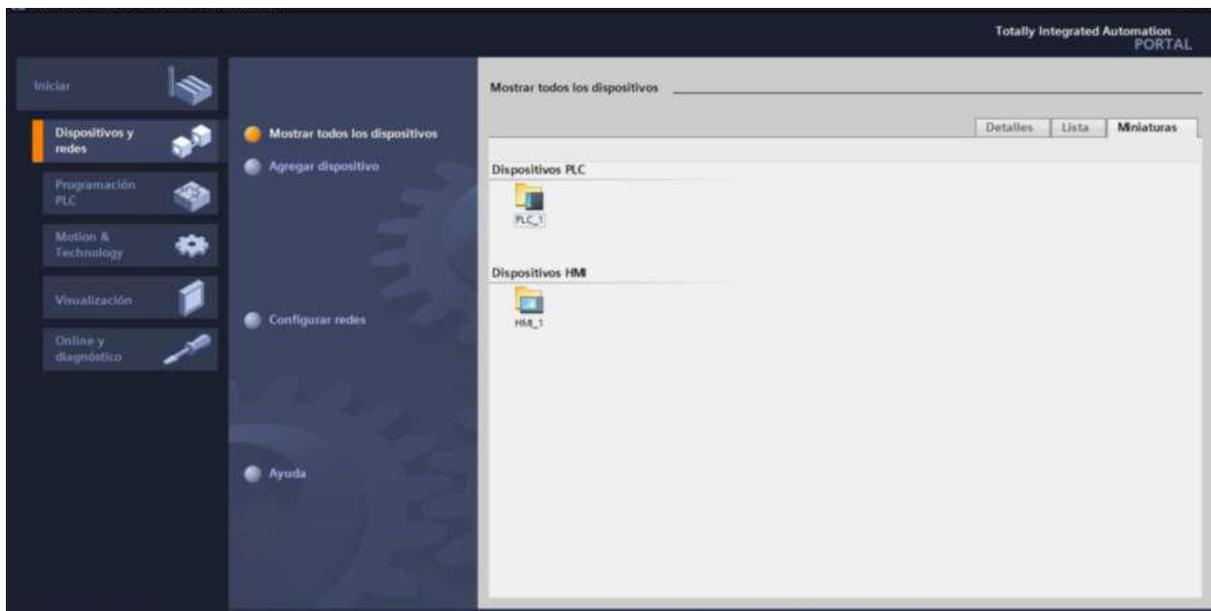
**Figura 4. 60. Inicio Tía Portal.**  
**Fuente: Elaborado por el autor. (2018)**

Toque el icono "Iniciar". Para dar inicio con la parametrización del proyecto, si ya tiene un proyecto comenzado puede escoger abrir un proyecto existente, caso contrario escoge la opción crear proyecto.



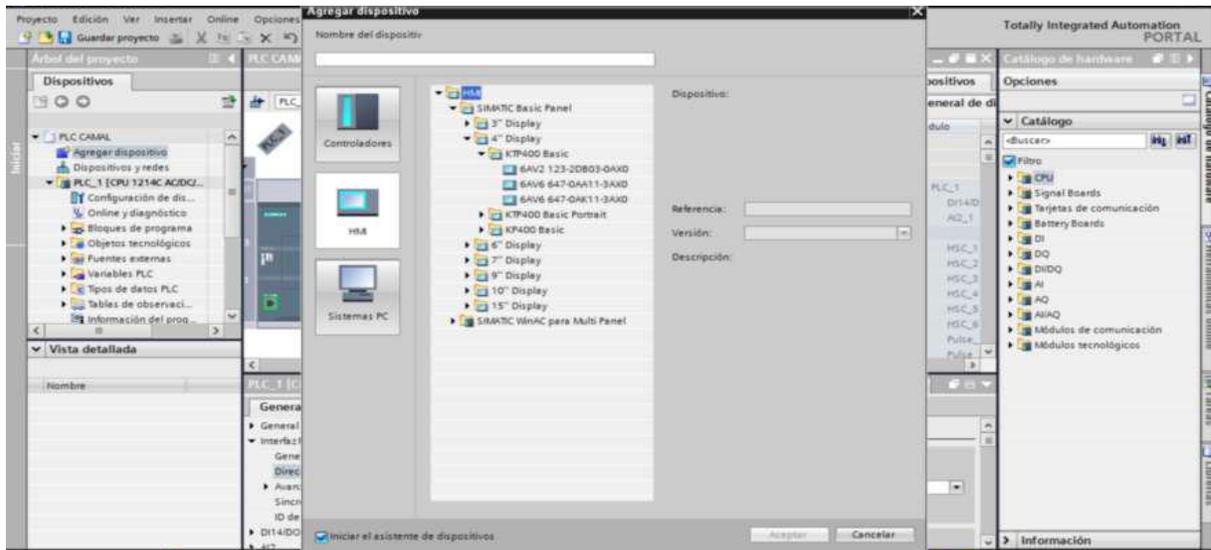
**Figura 4. 61. Buscando el proyecto.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

Dependiendo de la opción anterior que se allí escogido se cargara el proyecto en el panel de operador desde un medio de almacenamiento externo. Según se pulse en Migrar aparecerá la siguiente pantalla, en el cual habrá que especificar las diferentes rutas del programa;



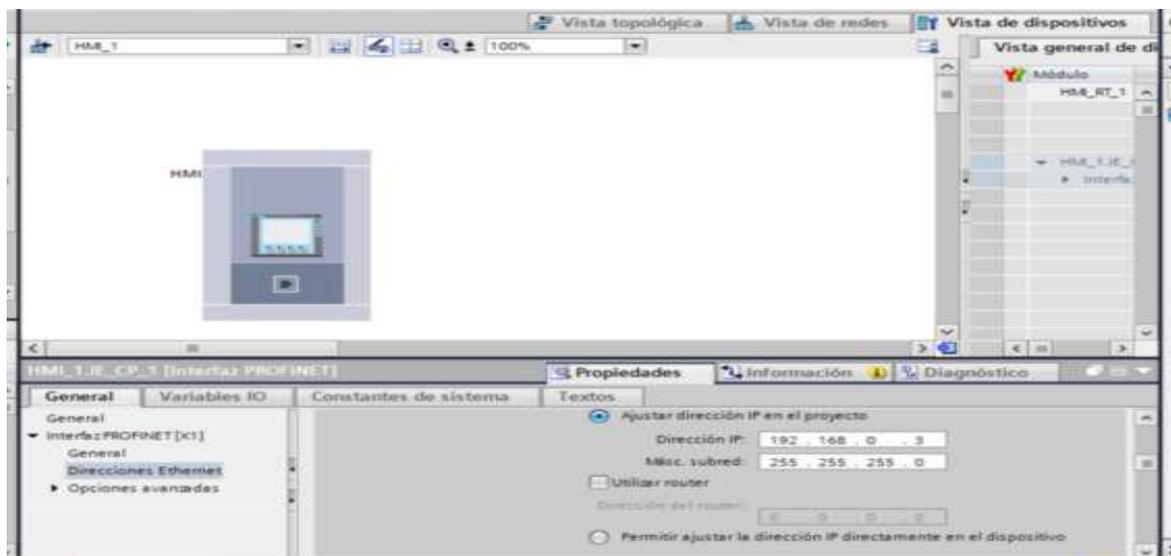
**Figura 4. 62. Selección del proyecto.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

Ruta origen del programa, en este apartado indico la ruta donde se encuentra el programa a traducir



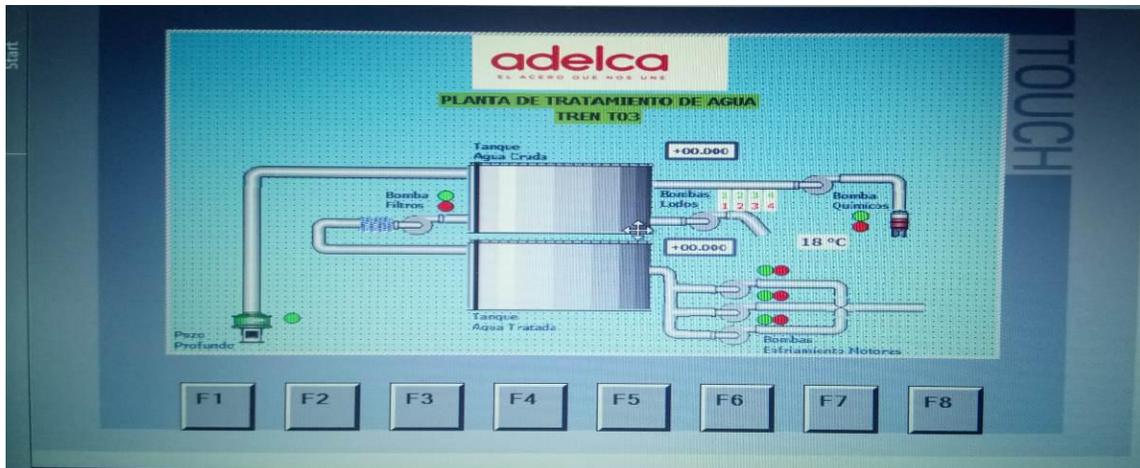
**Figura 4. 63. Ruta del proyecto.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

Una vez establecida la dirección doy en aceptar y espero



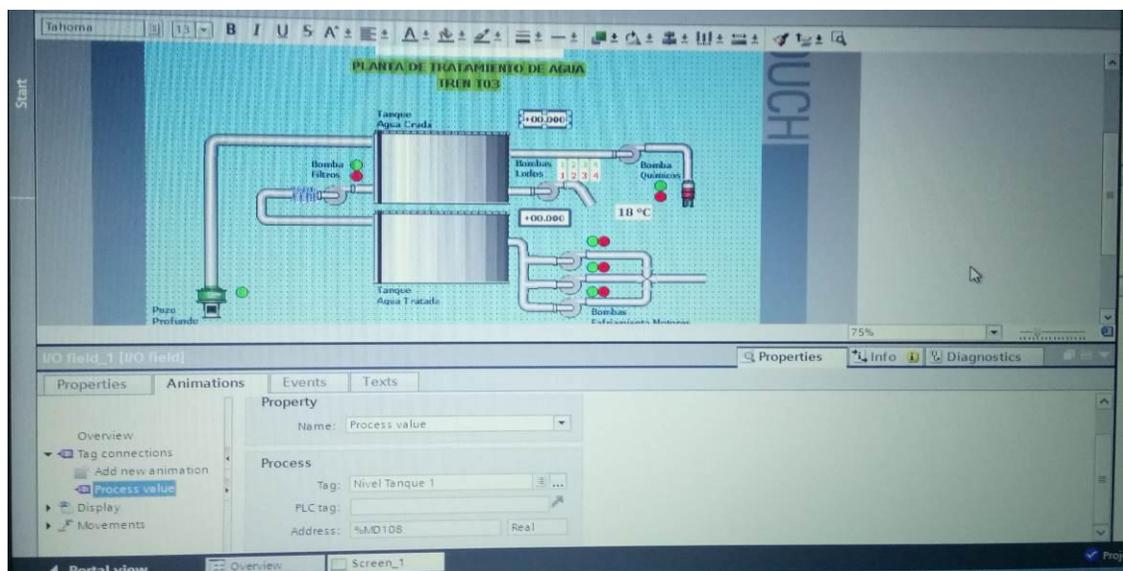
**Figura 4. 64. Dirección del proyecto.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

Se abre la plantilla base que se está trabajando.



**Figura 4. 65. Pantalla que se está editando.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

Y se continúa animando la pantalla que se desea que aparezca.



**Figura 4. 66. Animación de pantalla.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

#### 4.2.4 Cambiar la dirección IP y el nombre de dispositivo de un controlador para poder enlazar con el PLC.

1. Toque el icono "Service & Commissioning".



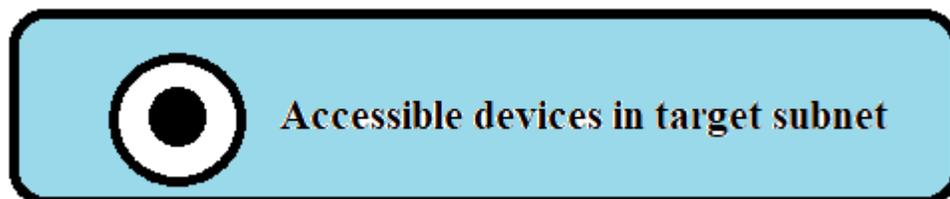
**Figura 4. 67. Inicio**  
Fuente: Elaborado por el autor.

2. Pulse el botón "Assign PLC Address".



**Figura 4. 68. Botón de acceso.**  
Fuente: Elaborado por el autor.

3. Indique la dirección MAC de un controlador o seleccione la búsqueda automática:



**Figura 4. 69. Dirección**  
Fuente: Elaborado por el autor.

4. Si ha seleccionado la búsqueda automática, en la siguiente ventana se muestra una lista de todos los controladores encontrados.

c01xbplcxb1214cxbv27232  
Type: S7-1200 / Mac: 08-00-06-05-91-41 / IP: 172.16.0.142

**Figura 4. 70. Tipos de controladores**  
Fuente: Elaborado por el autor.

Seleccione un controlador de la lista.

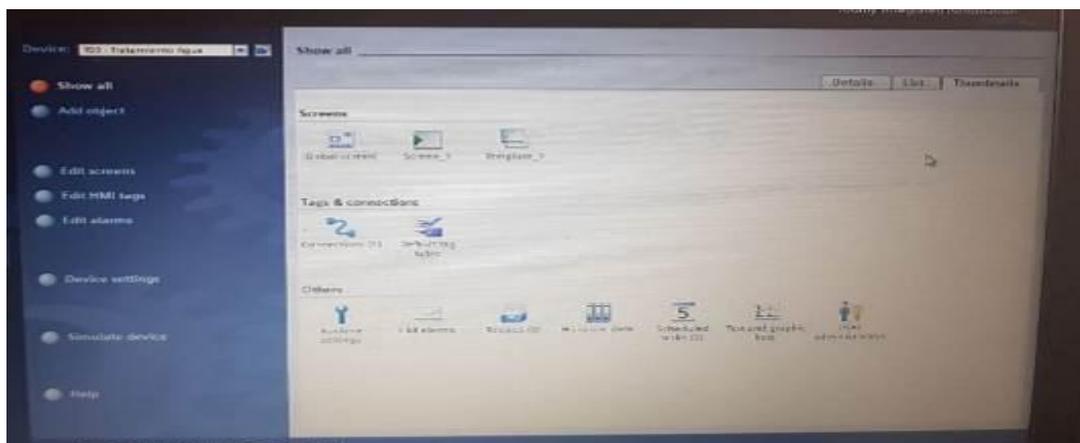
5. Cambie la dirección IP y el nombre de dispositivo del controlador seleccionado.

**IP address** **172.16.0.142**

**Figura 4. 71. Dirección**  
Fuente: Elaborado por el autor.

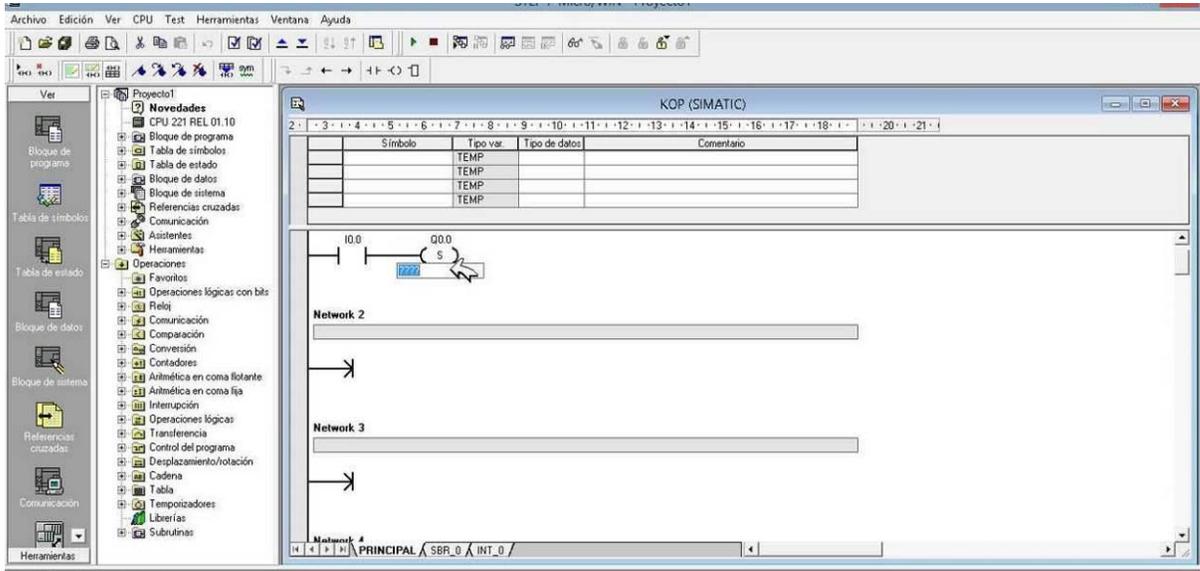
6. Confirme pulsando el botón "Aceptar".

La dirección IP mostrada y el nombre de dispositivo se asignan al controlador. Elija el medio de almacenamiento en el que se encuentra la copia de seguridad de los datos.



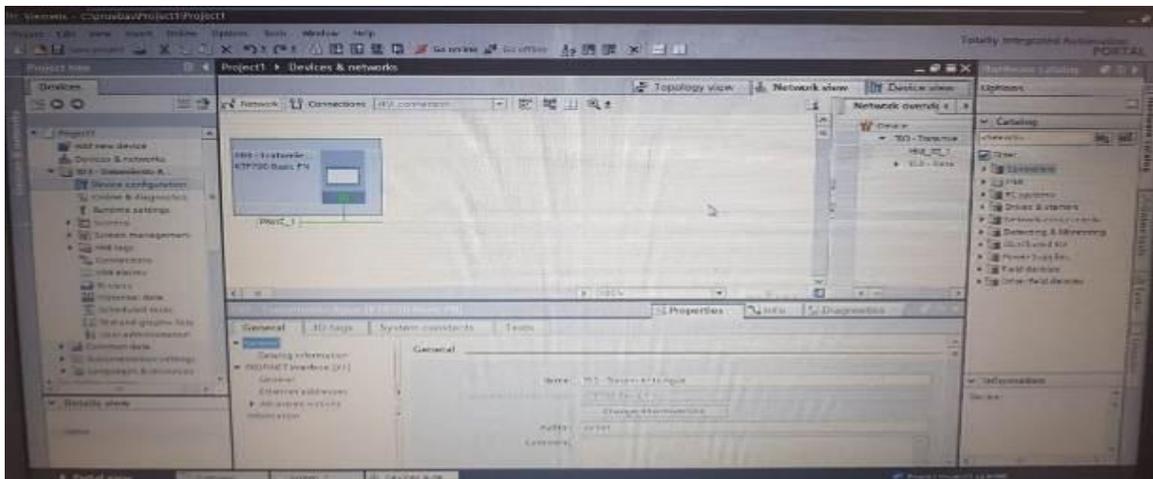
**Figura 4. 72. Modo de almacenamiento.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

Sobrescribir las recetas del panel de operador con las recetas del proyecto.



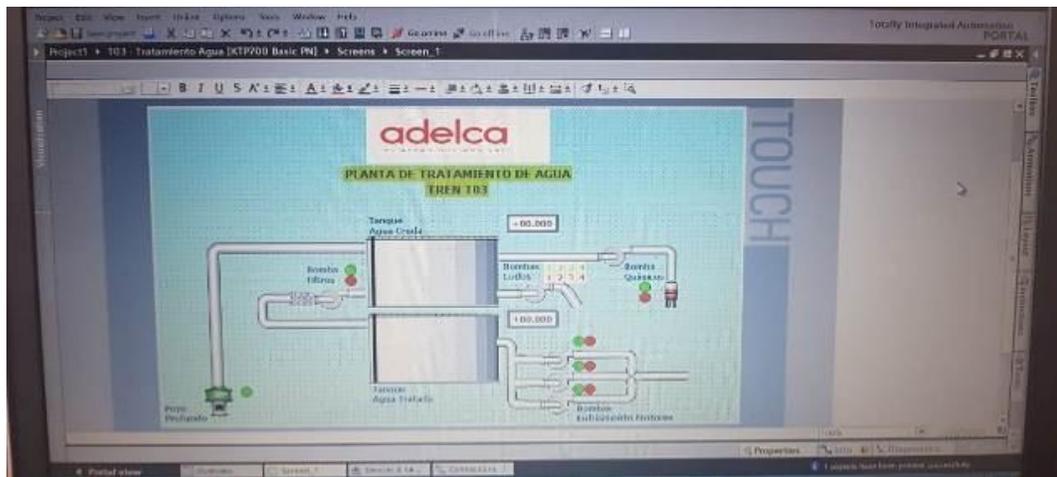
**Figura 4. 73. Ventana inicial**  
**Fuente: Elaborado por el autor. (2018)**

Actualizar el firmware del panel de operador si la versión de firmware del panel de operador es incompatible con la versión de firmware del proyecto.



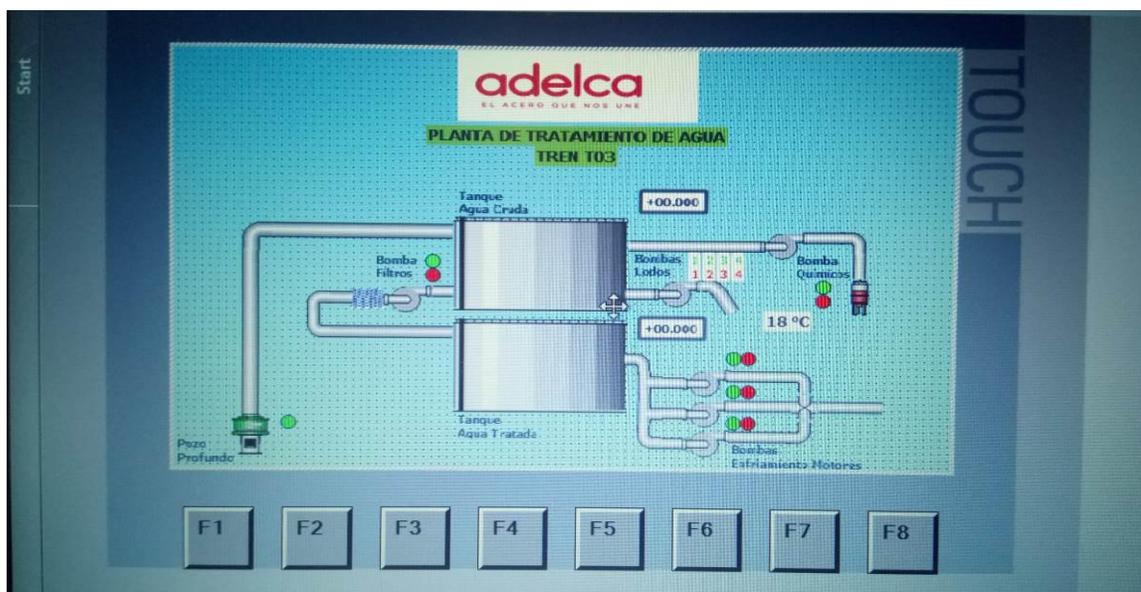
**Figura 4. 74. Tía portal.**  
**Fuente: Elaborado por el autor. (2018)**

Una vez cargado los comandos ejecuto y voy probando las variables que quiero que aparezcan en el touch.



**Figura 4. 75. Tía portal plantilla**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

El proyecto se carga en el panel de operador.



**Figura 4. 76. Vista pantalla general.**  
Fuente: Elaborado por el autor. (2018)

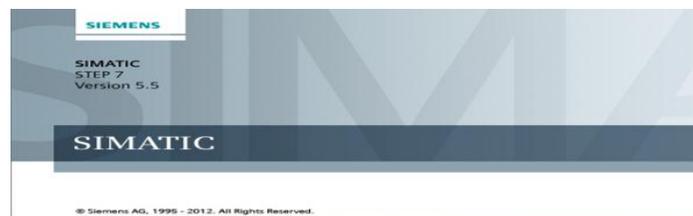
#### 4.2.5 Step 7, Software de programación del PLC Siemens S7

Pasos para abrir el programa. Damos doble click en el icono.



**Figura 4. 77. Icono de inicio**  
**Fuente: Programa Step 7 (2018)**

Esperamos que se cargue.



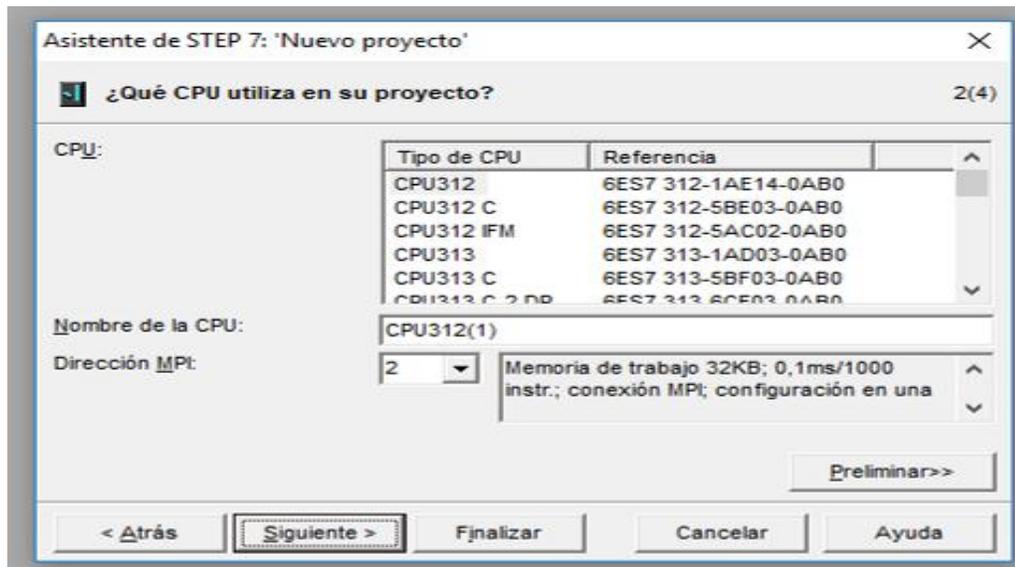
**Figura 4. 78. Cargando el programa**  
**Fuente: Programa Step 7 (2018)**

Pantalla de inicial para nuevo proyecto le damos en siguiente



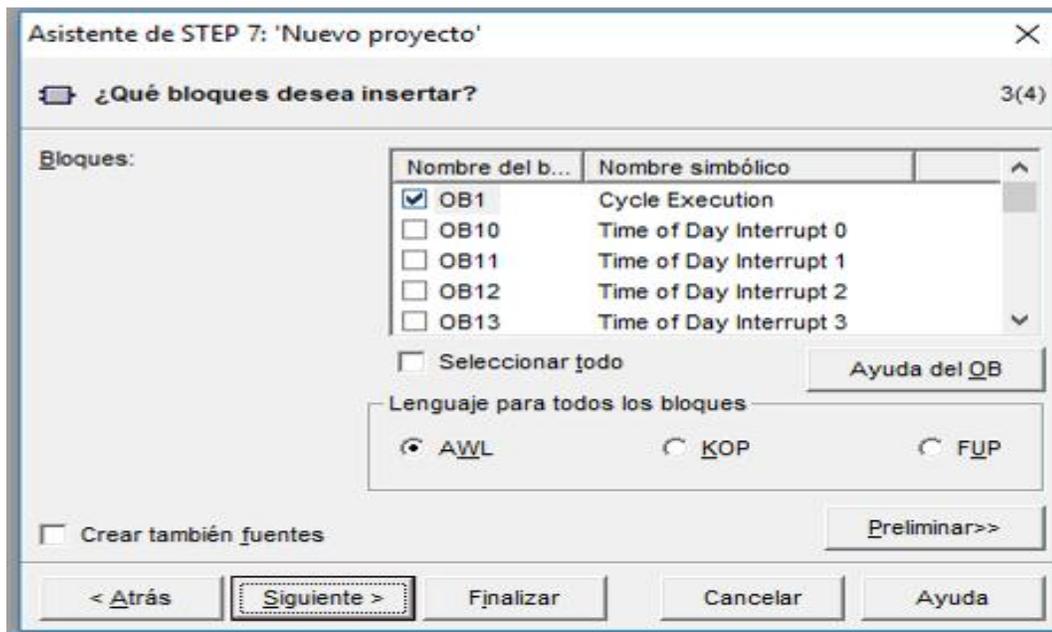
**Figura 4. 79. Nuevo proyecto**  
**Fuente: Programa Step 7 (2018)**

Escogemos la CPU con la que se desee trabajar y damos siguiente



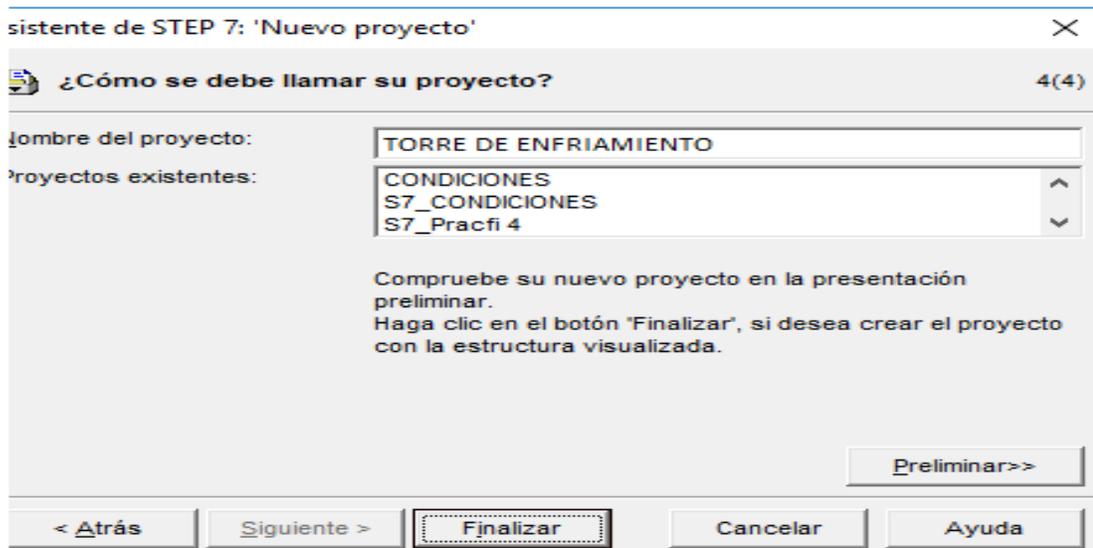
**Figura 4. 80. Tipo de CPU**  
Fuente: Programa Step 7 (2018)

Escogemos el lenguaje de programación y damos siguiente



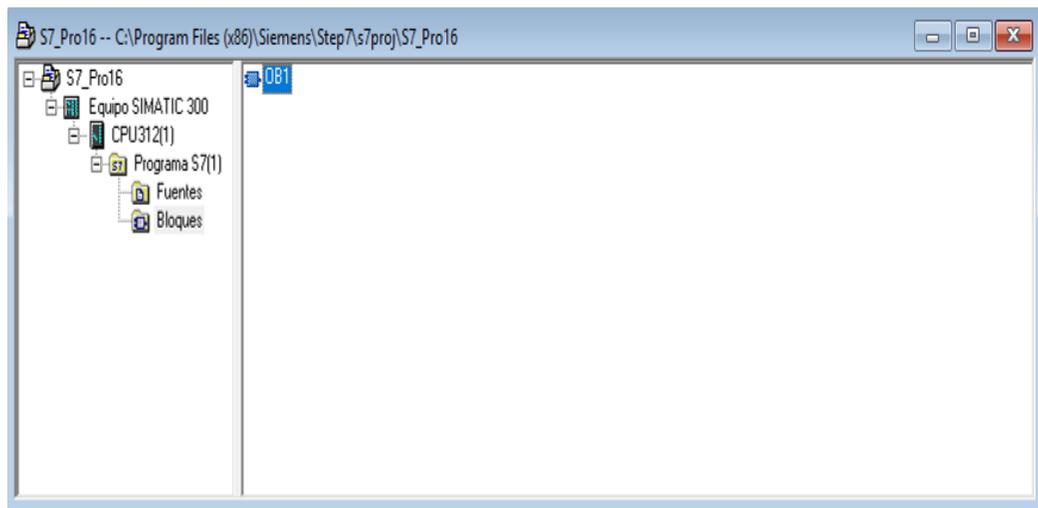
**Figura 4. 81. Lenguaje de programación.**  
Fuente: Programa Step 7 (2018)

Damos el nombre deseado para el programa y finalizamos.



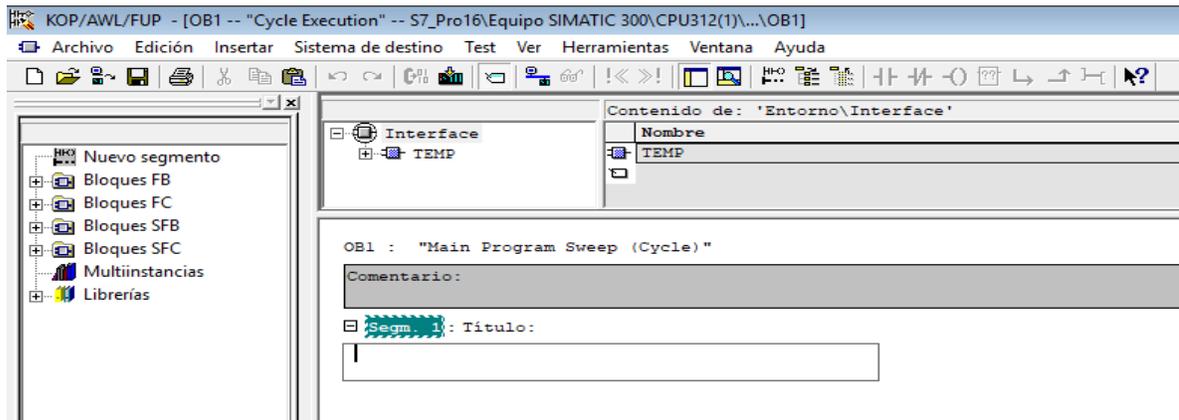
**Figura 4. 82. Abrimos el proyecto**  
Fuente: Programa Step 7 (2018)

Anexo I.2. Abrimos el bloque OB1



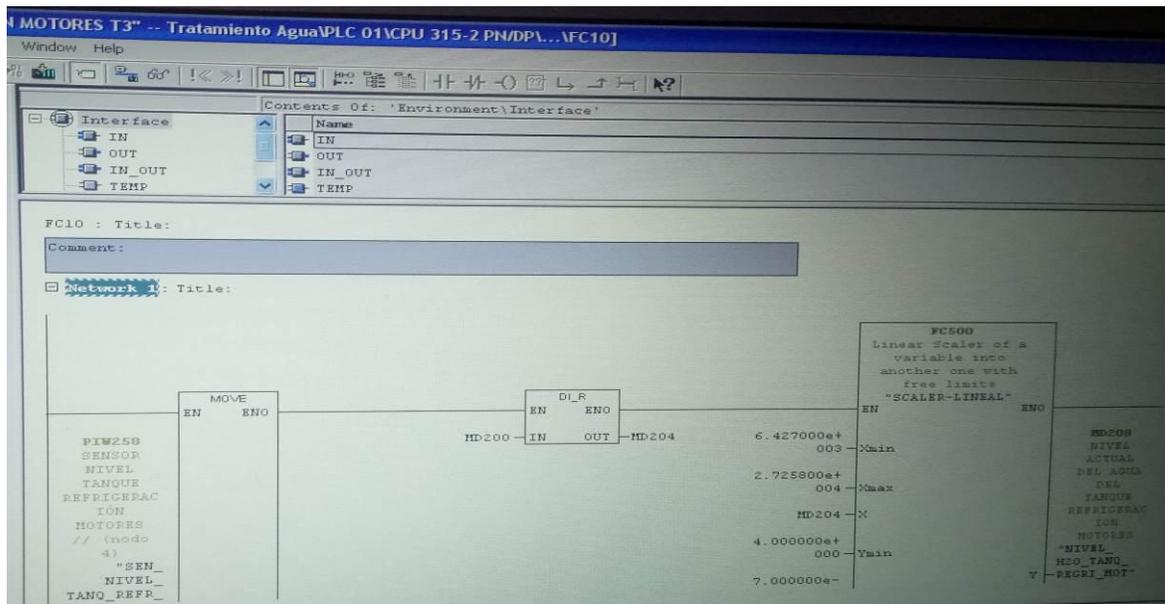
**Figura 4. 83. Bloque de programación.**  
Fuente: Programa Step 7 (2018)

Pantalla inicial para la programación.



**Figura 4. 84. Pantalla de inicio de programación.**  
**Fuente: Programa Step 7 (2018)**

Se muestra parte de la programación de condiciones en los anexos se adjuntará la programación completa.



**Figura 4. 85. Parte de la programación.**  
**Fuente: Programa Step 7 (2018)**

### 4.3. Pruebas de funcionamiento

En este capítulo se realizaron las pruebas de funcionamiento y de monitoreo de la automatización de la torre de enfriamiento del tren de laminación t03 en la empresa Adelca acería del Ecuador; para así garantizar el correcto funcionamiento de elementos y dispositivos en una determinada etapa del proceso.

A continuación, se muestra la secuencia de trabajo en modo automático del sistema de refrigeración de agua.



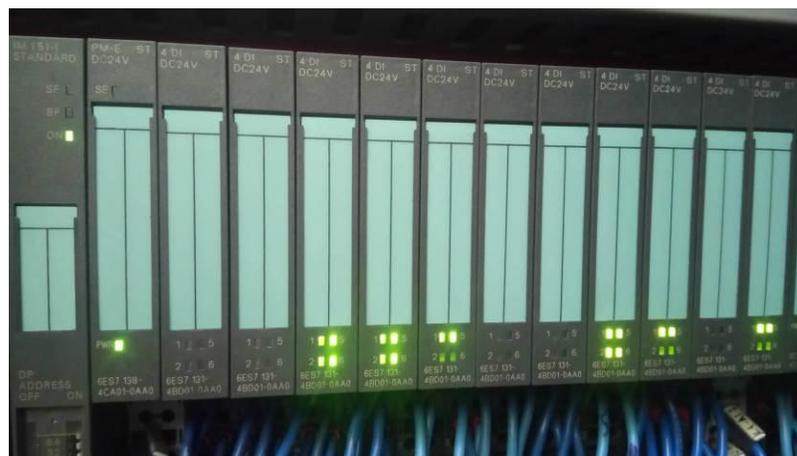
**Figura 4. 86. Esperando selección**  
**Fuente: Elaborado por el autor.**

Se coloca el selector en modo automático, y el sensor de agua ubicado en las piscinas confirmara su funcionamiento si tiene el nivel de agua necesario. Permitiendo que bomba rompa su inercia y entre en la rampa de arranque.



**Figura 4. 87. Selección de automático**  
Fuente: Elaborado por el autor.

Terminado el tiempo de la rampa si hay algún problema de alimentación saldrá una alarma E02, que es perdida de tensión caso contrario se confirma la activación tanto en los módulos digitales.



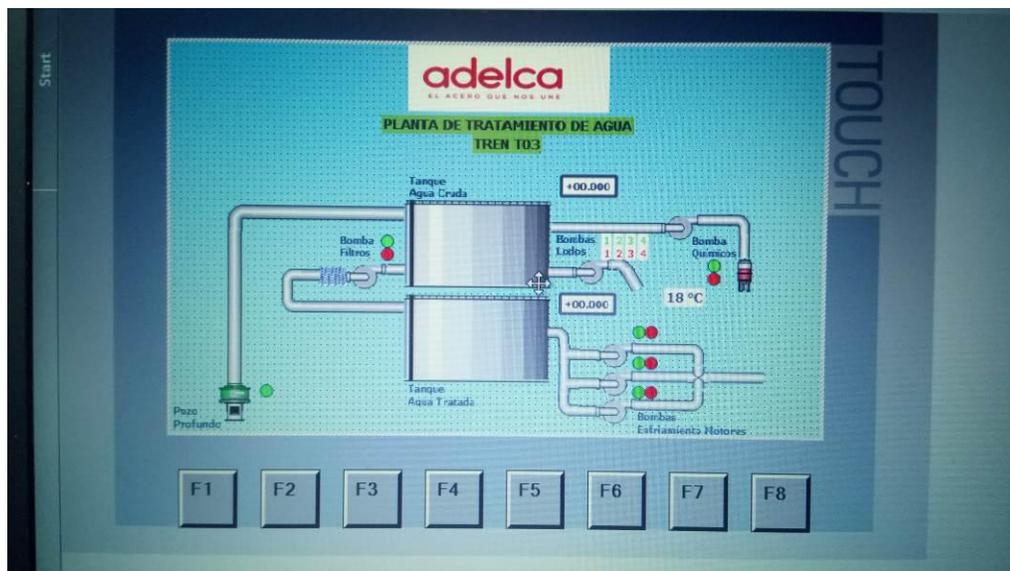
**Figura 4. 88. Activación módulos**  
Fuente: Elaborado por el autor.

Como en la luz de color verde que se muestra en el tablero local como en el tablero de arrancadores suaves.



**Figura 4. 89. Confirmación de arranque**  
Fuente: Elaborado por el autor.

Sobre todo, lo podemos autentificar en la touch panel donde el juego de led no indica cual equipo está trabajando y cual equipo no lo está. Al que la temperatura del agua que está ingresando en ese momento al tanque de agua dato que también es reflejado en la touch.



**Figura 4. 90. Visualización del funcionamiento**  
Fuente: Elaborado por el autor.

#### 4.4. Análisis de resultados.

Uno de los análisis del presente proyecto es evaluar el funcionamiento de la automatización con respecto al funcionamiento antiguo basando este punto en la información recogida en el capítulo 2, en donde se cataloga el estado de los materiales los cuales ya tenían un tiempo de vida útil caducado ya que sobrepasan los diez años de trabajo perdiendo su continuidad en repuestos y capacidad para acoplarse a nuevas versiones, permitiendo paradas por su mal funcionamiento.

A continuación, se hace una comparación de del tablero antiguo con los nuevos tableros.

**Tabla 4.7 . Comparación del antes y del después.**

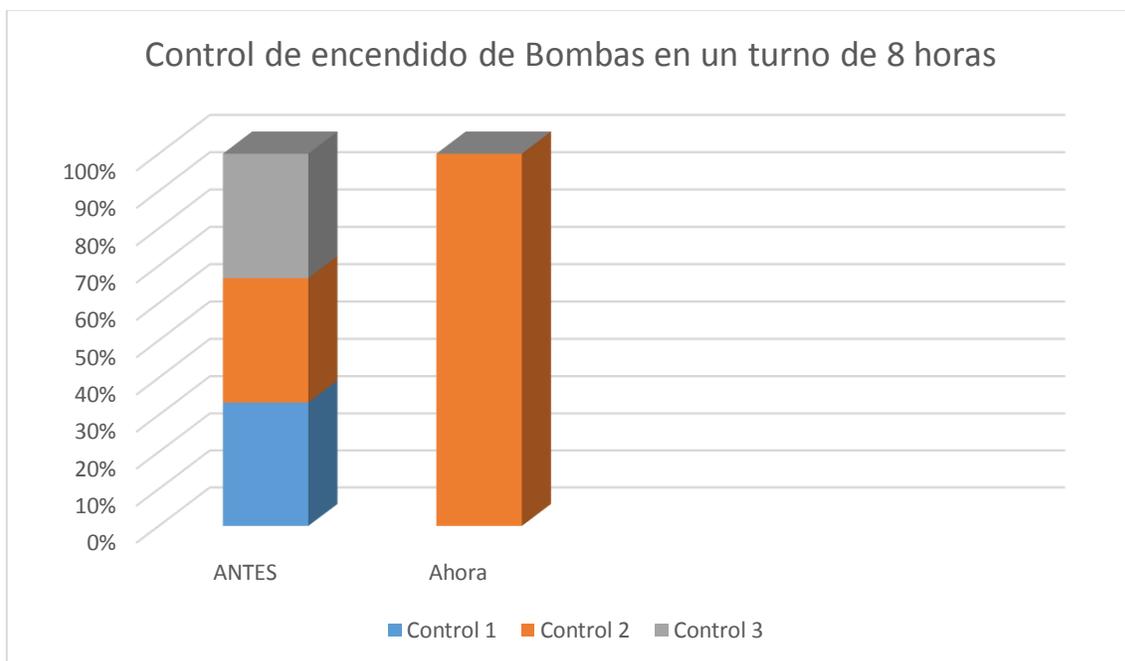
DISPOSITIVO/ CONFIGURACIÓN	SISTEMA ANTIGUO		SISTEMA AUTOMATIZADO	
	Posee: SI/ NO	Estado/ Funcionamiento	Posee: SI/ NO	Estado/ Funcionamiento
Breaker	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Relé térmico	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Conductores	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Pulsadores	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Contactores	SI	Obsoleto	SI	Excelente
Protecciones cerámicas	SI	Obsoleto	NO	-----
Gabinete metálico	SI	Obsoleto	SI	Excelente
PLC	NO	-----	SI	Excelente
Pantalla HMI	NO	-----	SI	Excelente
Touch panel	NO	-----	SI	Excelente
Lógica cableada	SI	Obsoleto	NO	-----
Lógica programada	NO		SI	Excelente

**Fuente: Elaborado por el autor.**

Por cosas como las escritas anteriormente se realizó la automatización de la torre implantando nuevos circuitos, nuevos autómatas que tienen la facilidad de adaptarse a la nueva tendencia tecnológica, reemplazando el uso del accionamiento manual (recurso humano) por un sistema automático con lógica programada

Se implanto un controlador lógico programable el cual controla la torre de enfriamiento y sus elementos, el mismo que se encuentra en un tablero de control. Enlazado al resto de equipos que también cuenta con sus respectivas protecciones para evitar daños por sobre corrientes, sobre voltajes o sobrecargas.

Se implementó una Interfaz Hombre- Máquina mediante la cual se conoce el estado de operación de la torre de enfriamiento. Reduciendo así la participación del recurso humano en la activación del proceso al iniciar un turno de producción.



**Figura 4. 91. Control de encendido de bombas**  
**Fuente: Elaborado por el autor.**

NOVEDADES EQUIPOS DE FORMA GENERAL DE DAÑOS										
	ANTES					AHORA				
	DAÑOS POR MES					DAÑOS POR MES				
EQUIPO	VOL	AMP	CAUSA	RESPON SABLE	% PARADAS	VOL	AMP	CAUSA	RESPON SABLE	% PARADAS
BOMBAS DE REFRIGERACION	440V	60AMP	FALLA CONTROL	Electrico	70%	440V	60AMP	FALLA CONTROL	Electrico	0%
BOMBAS DE LODOS	220 V	5 AMP	S/N	Electrico	0%	220 V	5 AMP	S/N	Electrico	0%
BOMBAS DE QUIMICOS	220 V	3 AMP	PERDIDA DE FASE	Electrico	30%	220 V	3 AMP	S/N	Electrico	0%
BOMBAS DE FILTROS	220 V	32 AMP	PERDIDA DE FASE	Electrico	30%	220 V	32 AMP	S/N	Electrico	0%
DATOS DE FUNCIONAMIENTO SISTEMA ANTIGUO VS SISTEMA MODERNO										
	ANTES					AHORA				
TIPO CONTROL	MANUAL					MANUAL - AUTOMATICO				
FUNCIONAMIENTO	INDIVIDUAL					INDIVIDUAL - COLECTIVO				
TOMA DE DECISIONES	CRITERIO HUMANO					PLC, CONDICIONADO				
MONITOREO	TRES VECES TURNO 8 HORAS					UNA VEZ AL INICIAR LA PRODUCCION				
CONTROL DAÑOS	CRITERIO HUMANO					INFORMACION TOUCH				
ARRANQUE	CONTACTOR, DIRECTO					POR TIEMPO RAMPA				
CONSUMO	TRE VECES NOMINAL					NOMINAL				
PARADA	POR INERCIA					POR TIEMPO DE RAMPA				

Figura 4. 91. Tabla de comparaciones  
Fuente: Elaborado por el autor.

---

## CONCLUSIONES

- Se logró automatizar el funcionamiento de la torre de enfriamiento del tren de laminación t03 permitiendo agilizar el inicio de su funcionamiento haciéndolo técnicamente más eficiente acorde a las crecientes exigencias tecnológicas.
- Se ingresó nuevas condiciones de funcionamiento dentro de un autómata programable el cual controla de forma automática el funcionamiento de la torre de enfriamiento y sus componentes gracias al control de niveles, datos que proporcionan los sensores ultrasónicos así como la visualización de la temperatura de ingreso al tanque gracias a su respectivo sensor. .
- Se desarrolló una interfaz para observar la funcionalidad de la automatización en un tiempo real, visualizando su estado, así como la de los equipos activados, todo en un mismo lugar.
- Se diseñó un nuevo sistema de control mediante un PLC y sensores que permite al operador una mayor tranquilidad y mayor confort al momento de realizar sus actividades, respaldado por la innovación tecnológica que acelera el tiempo de ejecución de órdenes.
- Se implementó el proyecto de automatización y se comprobó el buen desempeño y compatibilidad del PLC con los equipos de maniobra sin afectar el rendimiento propio ni el rendimiento del resto de procesos.

## **Recomendaciones**

Realizar pasado lo primeros quince días un ajuste general de los contactos de todos los elementos y posterior a esto definir cada seis meses una limpieza y control de los elementos de maniobra para garantizar el correcto funcionamiento de la automatización.

De manera ocasional comprobar el funcionamiento de las condiciones programadas en el PLC, ya que se encuentra trabajando en un área expuesta a la contaminación de polvillo mecánico y así precautelar el buen funcionamiento ya que el buen estado de los autómatas nos garantiza el bienestar de los demás.

Probar continuidad en los cables para descartar fuga de voltaje a así como pérdidas en la señal revisando que el valor medido sea lo más similares en cada alcance realizado de forma individual y grupal para evitar la caída del sistema.

Realizar una inducción para la presentación del Touch al personal operador que sea lo más comprensible posible, donde la información del proceso sea clara y sencilla.

Actualizar conocimientos sobre nuevas tecnologías para poder acoplar a la automatización del resto de procesos creando procesos comunicados entre si.

---

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta, R. (2016). Controladores Lógicos Programables PLC'S. Investigaciones Técnicas Academia EDU. Disponible en [https://www.academia.edu/27549569/CONTROLADORES\\_L%C3%93GICOS\\_PROGRAMABLES\\_PLC\\_S](https://www.academia.edu/27549569/CONTROLADORES_L%C3%93GICOS_PROGRAMABLES_PLC_S)

Bello. (2016). Sistemas de captación en desaladoras de agua de mar (I). Tomas abiertas. Disponible en <https://www.iagua.es/blogs/mario-miguel-bello/sistemas-captacion-desaladoras-agua-mar>

Bruzos, T. (2015). Bombas de impulsión.

DIIEEC . (2016). Controladores Industriales Inteligentes. Departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y de control . Disponible en [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE\\_6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE_6_1_1.pdf)

Disponible en <https://mx.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/axial-fan.html>

Disponible en <http://www.sabelotodo.org/aparatos/bombasimpulsion.html>

GRUNDFOS. (2018). Ventilador Axial.

[https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/soluciones/Documents/314%20SCE%20-%20CF%20-%20S7300.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/soluciones/Documents/314%20SCE%20-%20CF%20-%20S7300.pdf).

Metaelectro . (2016). Bandejas Portacables: Electrocanales o canaletas. Presentación de portacables y soportes estructurales. Disponible en <http://www.esacero.com/wp-content/uploads/2017/03/METALECTRO-CATALOGO-DIGITAL.pdf>

PIASISA. (2017). PLC y HMI. Disponible en <http://www.piasisa.com/plc-y-hmi/>

RALCO. (2016). Rellenos para Torres de refrigeración. Presentación y fundamentos de los Rellenos FILL. Disponible en <http://www.ralcoeuropa.eu/catalogo/rell.php>

Releco. (2016). Relés; Aplicaciones prácticas. Disponible en [https://releco.de/es/Reles-MRC/C4-A4x\\_es.pdf](https://releco.de/es/Reles-MRC/C4-A4x_es.pdf).

SICK. (2016). Ultrasonic sensors: Ultimate ultrasonic sensor solution from SICK. Product Information on. Disponible en [https://cdn.sick.com/media/docs/4/64/464/Product\\_information\\_Ultrasonic\\_Sensors\\_UM30\\_UM18\\_UM12\\_UC30\\_UC12\\_UC4\\_en\\_IM0052464.PDF](https://cdn.sick.com/media/docs/4/64/464/Product_information_Ultrasonic_Sensors_UM30_UM18_UM12_UC30_UC12_UC4_en_IM0052464.PDF)

SICK. (2017). Sensores de distancia : Precisión en tareas de medición. Visión General de Productos Sensor Intelligence. Disponible en [https://cdn.sick.com/media/docs/3/53/053/Product\\_overview\\_Distance\\_Sensors\\_Precision\\_for\\_Measuring\\_Tasks\\_es\\_IM0073053.PDF](https://cdn.sick.com/media/docs/3/53/053/Product_overview_Distance_Sensors_Precision_for_Measuring_Tasks_es_IM0073053.PDF)

SIEMENS. (2012). Documentación didáctica SIEMENS SIMATIC Disponible en [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S7300.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S7300.pdf).

---

SIEMENS. (2016). Soluciones en la industria de la Automatización: Documentación didáctica Disponible en

SIEMENS. (2017). Controladores SIMATIC. La solución innovadora para todas las tareas de automatización. Disponible en [https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure\\_simatic-controller\\_overview\\_es.pdf](https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-controller_overview_es.pdf)

SPX . (2016). Torre de enfriamiento: Datos técnicos y especificaciones. SPX cooling technologies. Disponible en [ww.diaterm.cl/sistema/file\\_productos/26052014164623.pdf](http://ww.diaterm.cl/sistema/file_productos/26052014164623.pdf)

SPX. (2015). Guía de referencia de las piezas de la torre de enfriamiento: OEM piezas para MARLEY torres de enfriamiento y enfriadores de líquido. Disponible en [https://www.aquapura.cr/contenido/wp-content/uploads/2016/06/Catalogo\\_repuestos\\_para\\_Torres\\_Marley.pdf](https://www.aquapura.cr/contenido/wp-content/uploads/2016/06/Catalogo_repuestos_para_Torres_Marley.pdf)

WEG. (2010). Sistemas de Automatización Industrial. Disponible en [https://www.weg.net/catalog/weg/EC/es/Automatizaci%C3%B3n-Industrial/Sistemas-de-Automatizaci%C3%B3n-Industrial/c/GLOBAL\\_WDC\\_AUT\\_AS#](https://www.weg.net/catalog/weg/EC/es/Automatizaci%C3%B3n-Industrial/Sistemas-de-Automatizaci%C3%B3n-Industrial/c/GLOBAL_WDC_AUT_AS#).

WEG. (2018). SSW06 Arrancador Suave Disponible en <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb5/h2f/WEG-SSW06-50076433-es.pdf>.

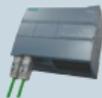
## **ANEXOS**

## Anexo A. Detalles y especificaciones Sensor de ultrasonido Tipo (UM30-215113)

	 <p style="text-align: center;"><b>UM30</b></p>	<b>Características</b>
	<p style="text-align: center;">La solución universal a los problemas</p>	
<b>Resumen de los datos técnicos</b>		
<b>Alcance de trabajo</b>	30 mm ... 6.000 mm	
<b>Alcance máximo</b>	8.000 mm	
<b>Resolución</b>	≥ 0,18 mm	
<b>Precisión de repetición</b>	± 0,15%	
<b>Salida analógica</b>	1 x 4 mA ... 20 mA (≤ 500 Ω) / 1 x 0 V ... 10 V (≥ 100 kΩ)	
<b>Salida conmutada</b>	1 PNP 1 NPN 2 PNP 2 NPN 1 en contrafase PNP/NPN	
<b>IO-Link</b>	✓ , V1.1 (Datos de proceso, parametrización, diagnóstico, almacenamiento de datos)	
<b>Salida de emisión</b>	Recto	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición fiable con independencia del color, la transparencia y el brillo del material, así como de la luz artificial</li> <li>• Distancia de conmutación de hasta 8.000 mm</li> <li>• Dispone de una pantalla para configurar el sensor de forma rápida y flexible</li> <li>• Resistente a la suciedad, al polvo, a la humedad y a la niebla</li> <li>• Amplia gama de interfaces, incluyendo IO-Link</li> <li>• Ajuste de la sensibilidad</li> </ul>

## Anexo B. Detalles y especificaciones de la familia S7 de PLC Siemens

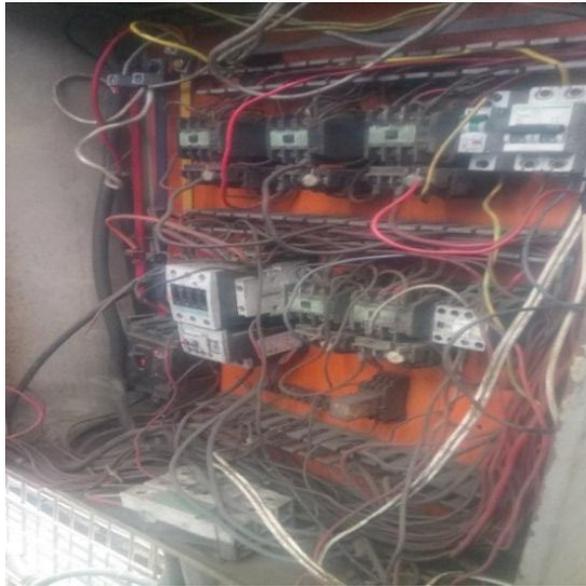
# Guía de selección

Controladores modulares SIMATIC				
	S7-1200	ET 200 con CPU		S7-300
				
<b>Familia de productos SIMATIC</b>		ET 200S	ET 200pro	
Descripción breve	Controlador modular compacto para soluciones de automatización discretas y autónomas	Sistema periférico modular y descentralizado con inteligencia local con grado de protección IP20		Controladores modulares para soluciones de automatización manufacturera en las gamas baja a media
Gama	• 5 CPUs compactas	• 3 CPU estándar • 2 CPUs de seguridad	• 1 CPU estándar • 2 CPUs de seguridad	• 7 CPUs estándar • 7 CPUs compactas • 5 CPUs de seguridad • 2 CPUs tecnológicas • 1 CPU tecnológica de seguridad
Repuestos garantizados a largo plazo	10 años	10 años	10 años	10 años
Rango de temperatura	-20 ... 60 °C 1)	0 ... 60 °C 2)	0 ... 55 °C	0 ... 60 °C 2)
<b>Rendimiento</b>				
Tiempo proces. operación de bit, min.	0,085 µs	0,06 µs	0,025 µs (IM154-8FX)	0,004 µs (CPU 319)
<b>Memoria</b>				
Memoria de trabajo, máx.	125 Kbyte (CPU 1217C)	192 Kbyte 5)	512 Kbyte 6)	2 Mbyte (CPU 319), 2,5 Mbyte (CPU 319F)
Memoria de carga/masa, máx.	4 Mbyte (CPU 1217C)	Micro Memory Card 8 Mbyte		Micro Memory Card 8 Mbyte
Respaldo, máx.	Programa y datos vía SIMATIC Memory Card (exenta de mantenimiento)	Programa y datos vía Micro Memory Card (exenta de mantenimiento)		Programa y datos vía Micro Memory Card (exenta de mantenimiento)
<b>Periferia</b>				
Área de direcciones E/S, máx.	1024 / 1024 Byte	2048 / 2048 Byte	2048 / 2048 Byte	8192 / 8192 Byte
Centralizada · E/A integradas en CPU	■			■ (CPU compacta)
· Módulos de E/S conectados a la CPU	■	■	■	■
Descentralizada · Módulos de E/S conectados a PROFIBUS	■	■	■	■
· Módulos de E/S conectados a PROFINET	■	■	■	■
<b>Funciones tecnológicas</b>				
Bloques de función cargables	■	■	■	■
Funciones básicas integradas en la CPU	■			■ (CPU compacta)
Módulos especiales enchufables a nivel central	■	■	■	■
Controlador tecnológico especial				■ (CPUs tecnológicas) 7)
Modo isócrono		■ (PN-CPU)	■	■
<b>Seguridad/disponibilidad</b>				
Seguridad positiva	en preparación	■ (CPUs F)	■ (CPUs F)	■ (CPUs F) 7)
Alta disponibilidad				
Cambios de configuración durante el funcionamiento (CiR)				
Inserción/extracción de E/S durante el funcionamiento (hot swapping)		■		
<b>Funciones HMI</b>				
Integradas				
<b>Funciones PC</b>				
Integración C/C++/C#/Visual Basic				
Adquisición y registro histórico de datos	■			
Ampliabilidad con hardware estándar de PC				
Integración de hardware/software estándar de PC				
<b>Ingeniería</b>				
Software de configuración/programación	STEP 7 Basic V1.2 en TIA Portal, STEP 7 Professional V1.2 en TIA Portal			STEP 7 / STEP 7 Professional, V5.x o sup.; STEP 7, V11 o sup. en TIA Portal
Lenguajes de programación	KOP, FUP, SCL			KOP (LD), FUP (FBD), AWL (IL), S7-Graph (SFC), S7-SCL (ST), S7-HiG
Configuración de funciones HMI integradas				
<b>Comunicación</b>				
MPI		■	■	■
PTP	■ (omunic. serie basada en signos)			■ (también vía CP)
AS-Interface	■ (vía CP con STEP 7 V11 SP2)			■ (vía CP)
PROFIBUS	■	■	■	■ (también vía CP) 4)
PROFINET IO	■	■ (CPUs PN)	■	■ (también vía CP)
Otras opciones integradas				

Controladores basada en PC SIMATIC				
57-400	57-1500	WinAC RTX (F)	57 modular Embedded Controller	SIMATIC Paquetes IPC227D
				
Controladores modulares para soluciones de automatización manufacturera y de procesos en el rango de potencia de medio a alto	El controlador modular para aplicaciones de automatización discreta de gama media a alta	Controlador 57 como controlador por software para PC con sistema operativo Windows (Windows XP, Windows Embedded Standard, Windows 7)	Embedded Controller en diseño 57-300 (sin ventilador ni disco duro) con Windows XP Embedded Standard y controlador por software y HMI	PC en perfil DIN Embedded (sin ventilador ni disco duro) con Windows Embedded Standard, controlador por software y HMI
<ul style="list-style-type: none"> <li>10 CPUs estándar</li> <li>3 CPUs de seguridad</li> <li>4 CPUs de alta disponibilidad (también de seguridad)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 CPUs estándar con display (diagonal de hasta 6,1 cm)</li> <li>otros en preparación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 controlador por software: WinAC RTX</li> <li>1 variante de seguridad WinAC RTX F (primer controlador por software en tiempo real de seguridad del mundo para soluciones de automatización basadas en Windows hasta SIL3, PL e, cat. 4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controladores basados en PC en las variantes siguientes:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>sistema operativo preinstalado</li> <li>adicionalmente con WinAC RTX (F)</li> <li>adicionalmente con HMI WinCC flexible/WinAC RTX</li> </ul> </li> <li>1 variante de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 plataforma de hardware</li> <li>variante de seguridad</li> <li>3 variantes de equipo con diversas posibilidades de ampliación</li> <li>Diseño personalizado/producto OEM (consultar)</li> </ul>
10 años	10 años		5 años	5 años
0 ... 60 °C II	0 ... 60 °C	Dependiente del PC	0 ... 50 °C	0 ... 55 °C
0,018 µs (CPU 417)	0,01 µs (CPU 1516)	0,004 µs (Pentium IV, 2,4 GHz, en función del PC)	0,004 µs (Intel CoreDuo 1,2 GHz)	
30 Mbyte (CPU 417)	6 Mbyte (programa 1 Mbyte, datos 5 Mbyte)	Memoria central del PC 2)	1 Gbyte RAM	512 Kbyte ... 2 Gbyte RAM
Memory Card	2 Gbyte (vía Memory Card)	Memoria de masa PC	Tarjeta Compact Flash de 4 Gbyte	Tarjeta Compact Flash de 2, 4, 8, 16 Gbyte o SSD de 50 Gbyte (high Endurance) o SSD de 80 Gbyte (estándar)
64 Mbyte	Programa y datos vía SIMATIC Memory Card (exenta de mantenimiento)	Todos los datos con SAI/UPS 3)	Datos de control (512 Kbyte de SRAM) sin SAI/UPS, todos los datos con SAI/UPS	Datos de control (128 Kbyte de MRAM) sin SAI, todos los datos con SAI
16384 / 16384 Byte	32 / 32 Kbyte	16384 / 16384 Byte	16384 / 16384 Byte	16384 / 16384 Byte
	en preparación			
■	■	■ 1)	■	■ (vía PCIe, ODK)
■	■	■	■ (vía CP 5603)	
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■ (CPUs F110)	en preparación	■	■	■
■ (CPUs F110)				
■				
■				
		■ (instalable en PC)	■ (S7-mEC-HMI/RTX)	■ (paquete con WinCC RT Advanced)
		■ (vía ODK)	■ (vía ODK)	■ (vía ODK)
	■	■ (volumenes de datos muy grandes)	■ (grandes volúmenes de datos)	■ (grandes volúmenes de datos)
		■ (depende del PC)	■ (máx. 4 tarjetas PCI-104)	■ (máx. 1 tarjeta PCIe)
		■ (vía ODK, OPC)	■ (vía ODK, OPC)	■ (vía ODK, OPC)
A Portal	STEP 7 Professional, V12 o sup. en TIA Portal			STEP 7 / STEP 7 Professional
app, CFC	KOP (LD), FUP (FBD), ABL (IL), S7-Graph (SFC en preparación, S7-SCL (ST)		WinCC flexible (opcional)	KOP
				WinCC RT Advanced
■				
■ (vía CP)	■ (vía CM)	■ (vía CP descentralizado)	■ (vía EM PC)	■ (vía CP descentralizado)
■ (también vía CP)	■	■ (vía CP en PC)	■ (vía CP 5603)	
■ (también vía CP)	■	■ (vía CP en PC)	■	■
■ (CPUs P10)	PROFINET (CPU 1516)	Interfases de PC	Industrial Ethernet, USB	Industrial Ethernet, USB, RS232, DVI-D
		■ SI	■ SI	■ SI

1) Vía tarjetas de RF o I/O

2) Dependiendo de la configuración

**Anexo C. Gabinete eléctrico de control antiguo.**

Fuente: Elaborado por el autor.

**Anexo D. Gabinete eléctrico de control antiguo primer intento de mejora.**

Fuente: Elaborado por el autor.

**Anexo E. Presupuesto efectuado para el desarrollo del proyecto**

BREAKER TRIFASICO		LUZ PILOTO	
Tipo	3VL1706-1DD33-0AA0	Tipo	QTY - 3SB6216-6AA20-1AA0
Intensidad (Amp)	50 -63 Regulable	Intensidad (m A)	20
Marca	Siemens	Marca	Siemens
Dimensiones	157.5 mm, 104.5 mm, 106.5 mm	Base	Empotrable
Base	Empotrable	Voltaje	220
Cantidad	3	Entrada	
TOTAL USD	240	Color	Verde
RELÉS		Cantidad	10
		TOTAL	30
		USD	
RELEÉS		LUZ PILOTO	
Tipo	C9 - A41X	Tipo	QTY - 3SB6216-6AA20-1AA0
Intensidad (Amp)	5	Intensidad (m A)	20
Marca	Releco	Marca	Siemens
Voltaje Bobina	24 V DC	Base	Empotrable
Dimensiones	21x28x37,5	Voltaje	220
Numero Pines	14	Entrada	
Cantidad	12	Color	Rojo
TOTAL USD	96	Cantidad	10
BASES PARA RELÉS		TOTAL	30
		USD	
Tipo	S9 - M	SELECTOR TRES POSICIONES	

Marca	Releco	Tipo	3SB6400 - 1AA10 - 1BA0
Base	Riel Dim	Intensidad (Amp)	10
Dimensiones	22,5x75x46,5	Marca	Siemens
Numero Pines	14	Base	Empotrable
Cantidad	12	Cantidad	20
TOTAL USD	84	TOTAL USD	200
TRANSFORMADOR MINI LOGO POWER FA LOGO 2,5 A		BORNERA	
Tipo	6EP1332-1SH43.	Tipo	LCIE02 ATEX 0039U
Intensidad (Amp)	2.5	Intensidad (Amp)	125
Marca	Siemens	Marca	Legrand
Base	Riel Dim	Para cable	14 a 0 AWG
Voltaje Entrada	120-230 V AC	Base	Riel Dim
Voltaje Salida	24 V DC	Cantidad	50
Dimensiones	72x90x55x72x130mm	TOTAL USD	150
Cantidad	4	BORNERA PARA PROTECCIÓN	
TOTAL USD	80	Intensidad (Amp)	125
ARRANCADOR SUAVE SSW06		Marca	Legrand
Tipo	SSW060060T2257SSZ	Para cable	14 a 0 AWG
Intensidad (Amp)	60	Base	Riel Dim
Marca	WEG	Cantidad	30

Base	Empotrable	TOTAL USD	90
Voltaje Entrada	220 / 575		
Dimensiones	2x370x132x244 mm		
Cantidad	3		
TOTAL USD	9000		

**Fuente: Elaborado por el autor. (2018)**

### Continuación Presupuesto efectuado para el desarrollo del proyecto

CABLE		STARFIX PUNTA	
Intensidad (Amp)	100	Marca	3M
Marca	Resifle	Para Calibre	18 AWG
Calibre	1/0 AWG	Color	Rojo
Color	Negro	Cantidad	200
Cantidad	20 Metros	STARFIX PUNTA	
CABLE		Marca	3M
Intensidad (Amp)	32	Para Calibre	16 AWG
Marca	Resifle	Color	Negro
Calibre	10 AWG	Cantidad	200
Color	Negro	STARFIX PUNTA	
Cantidad	50 Metros	Marca	3M
TOTAL USD	56	Para Calibre	14 AWG
CABLE		Color	Gris
Intensidad (Amp)	12	Cantidad	200
Marca	Resifle	STARFIX PUNTA	
Calibre	18 AWG	Marca	3M

Color	Azul	Para Calibre	10 AWG
Cantidad	100 Metros	Color	Verde
TOTAL USD	28	Cantidad	200
CABLE		STARFIX PUNTA	
Intensidad (Amp)	18	Marca	3M
Marca	Resifle	Para Calibre	12 AWG
Calibre	18 AWG	Color	Naranja
Color	Verde / Amarillo	Cantidad	200
Cantidad	100 Metros	TOTAL USD	72
TOTAL USD	28	MACHUELOS	
CABLE		Tipo	M4
Intensidad (Amp)	18	Cantidad	1
Marca	Resifle	Tipo	M6
Calibre	18 AWG	Cantidad	1
Color	Verde / Amarillo	Tipo	M8
Cantidad	100 Metros	Cantidad	1
TOTAL USD	28	TOTAL USD	18
REMACHES POP		AMARAS PLASTICAS	
Medidas	3/16 x 1 pulgada	Tipo	10 cm
Cantidad	200 Unidades	Cantidad	100
TOTAL USD	20	Tipo	25 cm
STARFIX PUNTA		Cantidad	100
Marca	3M	Tipo	50 cm
Para Calibre	4 AWG	Cantidad	100
Color	Negro	TOTAL USD	10410
Cantidad	200		

**Fuente: Elaborado por el autor. (2018)**

Anexo F. Plan de actividades automatización de la torre de enfriamiento del tren de laminación T03,

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	2018					2019
								T1	T2	T3	T4	T1	
1		<b>PLAN DARWIN ALBAN</b>	72 días	sáb 28/04/18	lun 06/08/18		Darwin Albán						
2		Definir el proceso de funcionamiento de la torre de enfriamiento mediante un control de temperatura y sensores de nivel.	8 días	sáb 28/04/18	mar 08/05/18		Darwin Albán						
3		Buscar información ampliada sobre torres de enfriamiento sustentadas en estudios científicos.	8 días	sáb 28/04/18	mar 08/05/18		Darwin Albán						
4		Diseñar la interface HMI para que permita al operador la visualización el control y monitoreo del funcionamiento de la torre desde dos lugares.	9,75 días	mié 09/05/18	mar 22/05/18		Darwin Albán						
5		Definir los requerimientos del sistema	1 día	mié 09/05/18	mié 09/05/18		Darwin Albán						
6		Conocer los dispositivos de control	1 día	mié 09/05/18	jue 10/05/18	5	Darwin Albán						
7		Interconexión del sistema	3 días	jue 10/05/18	mar 15/05/18	6	Darwin Albán						
8		Desarrollo del algoritmo.	2 días	mar 15/05/18	jue 17/05/18	7	Darwin Albán						
9		Pruebas del sistema de control y monitoreo	3 días	jue 17/05/18	mar 22/05/18	8	Darwin Albán						

Proyecto: Diagrama de trabajo, Fecha: lun 18/02/19	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin				

Página 1

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	2018					2019
								T1	T2	T3	T4	T1	
10		<b>Implementar un nuevo sistema de accionamiento y control para el funcionamiento de la torre de enfriamiento</b>	36 días	mié 23/05/18	mié 11/07/18		Darwin Albán						
11		Identificar y señalar los circuitos de accionamiento actuales	1 día	mié 23/05/18	mié 23/05/18		Darwin Albán						
12		Verificar las condiciones de funcionamiento actuales	1 día	mié 23/05/18	jue 24/05/18	11	Darwin Albán						
13		Buscar y seleccionar dispositivos eléctricos electrónicos acorde a las necesidades de trabajo	2 días	jue 24/05/18	lun 28/05/18	12	Darwin Albán						
14		Enviar la lista de materiales aprobada al departamento de adquisición	1 día	lun 28/05/18	mar 29/05/18	13	Darwin Albán						
15		Ejecutar trabajos electromecánicos	20 días	mié 30/05/18	mar 26/06/18	14	Darwin Albán						
16		Inventario y verificación técnica del material solicitado y posibles cambios	2 días	mar 26/06/18	jue 28/06/18	15	Darwin Albán						
17		Implementación de elementos eléctricos- electrónicos en un tablero para el funcionamiento de la implementación	5 días	vie 29/06/18	jue 05/07/18		Darwin Albán						
18		Pruebas de accionamientos sin carga o en vacío	1 hora	vie 06/07/18	vie 06/07/18		Darwin Albán						

Proyecto: Diagrama de trabajo, Fecha: lun 18/02/19	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin				

Página 2

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	2018					2019						
								T1	T2	T3	T4	T1							
19		Tendido de cables eléctricos y conexiones	2 días	sáb 07/07/18	lun 09/07/18		Darwin Albán												
20		Conexión de voltajes principales a los diferentes sistemas implementados	1 día	lun 09/07/18	mar 10/07/18	19													
21		Pruebas de accionamiento en conjunto de lo implementado y corrección de posibles cambios	1 día	mar 10/07/18	mié 11/07/18	20	Darwin Albán												
22		Documentacion	35 días	mié 23/05/11	mié 11/07/11														
73		Verificar el funcionamiento de la implementación de acuerdo a lo requerido.	7 días	jue 12/07/18	vie 20/07/18		Darwin Albán												
74		Revisar el correcto funcionamiento de los elementos autómatas adquiridos	1 día	jue 12/07/18	jue 12/07/18														
75		Verificación de señales de llegada y salida del HMI en interacción del mismo con el sistema de fuerza	1 día	vie 13/07/18	vie 13/07/18														
76		Prueba de funcionamiento preliminar	2 días	sáb 14/07/18	lun 16/07/18														
77		Corrección a posibles modificaciones	3 días	mar 17/07/11	jue 19/07/18														
78		Entrega de documento para revisión y correcciones	12 días	vie 20/07/18	lun 06/08/18		Darwin Albán												
79		Corrección y mejoras del documento	4 días	vie 20/07/18	mié 25/07/18														
80		Aprobación del documento	4 días	jue 26/07/18	mar 31/07/18														

Proyecto: Diagrama de trabajo, Fecha: lun 18/02/19	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

Página 3

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	2018					2019						
								T1	T2	T3	T4	T1							
81		Entrega de documento final.	4 días	mié 01/08/18	lun 06/08/18		Darwin Albán												

Proyecto: Diagrama de trabajo, Fecha: lun 18/02/19	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

Página 4

**Anexo G. Manual de uso.**

# ADELCA

## ACERIAS DEL ECUADOR

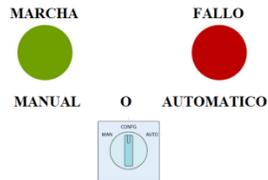
### TORRE DE ENFRIAMIENTO T03

#### FUNCIONAMIENTO

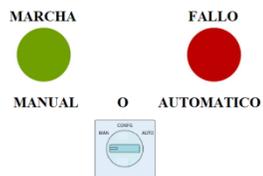
La presente información tiene como fin dar a conocer el funcionamiento de los diferentes equipos que trabajan directamente eh indirectamente con la torre de enfriamiento del tren de laminación del T-03 y que han sido involucrados en el tema de automatización.

- BOMBAS DE LODOS
- BOMBA DE LOS FILTROS
- BOMBAS DE QUIMICOS
- BOMBAS DE REFRIGERACION DE LOS MOTORES.

#### FUNCIONAMIENTO BOMBAS DE LODOS



#### MODO MANUAL



Las bombas de lodos tienen un control independiente para cada una de ellas que en modo manual dependerá del criterio de cada operador para su funcionamiento colectivo eh individual.

#### LUZ PILOTO VERDE.



La luz de color verde, se encenderá una vez que termine de arrancar el equipo mostrando una luz continua sin parpadeo. Esto para el funcionamiento en manual y automático.

### **LUZ PILOTO ROJA INTERMITENTE.**

#### **ADVERTENCIA**



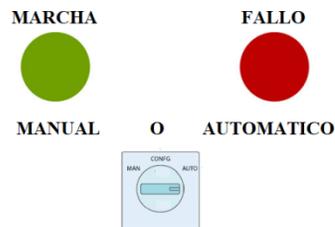
La luz de color roja, intermitente se encenderá indicando que el equipo esta seleccionado en forma manual. Este o no en marcha la luz continuara parpadeando.

### **LUZ PILOTO ROJA FIJA.**



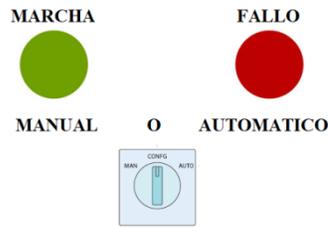
La luz de color roja fija, se encenderá indicando que existe una avería dentro del sistema de accionamiento. Sin importar que este en modo manual o automático.

### **MODO AUTOMATICO**



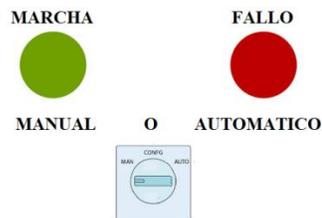
(NO DEFINIDO)

## **FUNCIONAMIENTO BOMBA DE FILTROS**



Las bombas de filtros cuentan con un sistema de funcionamiento automático controlado por los autómatas dentro de las condiciones definidas. Y un sistema de accionamiento manual basado su funcionamiento al criterio del operador.

## **MODO MANUAL**



La bomba de filtros tiene un control manual que será activado a criterio del operador para su funcionamiento individual.

## **LUZ PILOTO VERDE.**



La luz de color verde, se encenderá una vez que termine de arrancar el equipo mostrando una luz continua sin parpadeo. Esto para el funcionamiento en manual y automático.

## **LUZ PILOTO ROJA INTERMITENTE.**

**ADVERTENCIA**



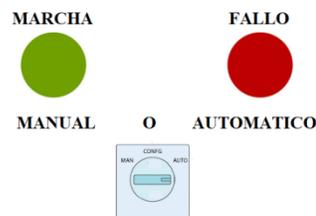
La luz de color roja, intermitente se encenderá indicando que el equipo esta seleccionado en forma manual. Este o no en marcha la luz continuara parpadeando.

## **LUZ PILOTO ROJA FIJA.**



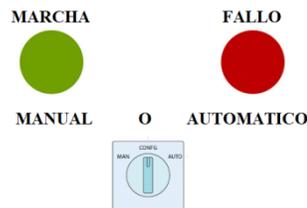
La luz de color roja fija, se encenderá indicando que existe una avería dentro del sistema de accionamiento. Sin importar que este en modo manual o automático.

## **MODO AUTOMATICO.**



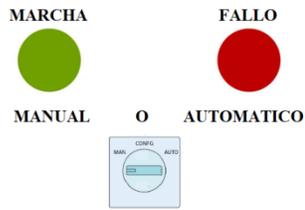
En esta modalidad la bomba de filtros entrara en funcionamiento una vez que el sensor de ultrasonido que se encuentra en la piscina uno (etapa inicial de paso de agua), indique que el nivel este bajo solicitando que se encienda la bomba de los filtros para igualar su nivel.

## **FUNCIONAMIENTO BOMBA DE QUIMICOS**



Las bombas de químicos cuentan con un sistema de funcionamiento automático controlado por los autómatas dentro de las condiciones definidas. Y un sistema de accionamiento manual basado su funcionamiento al criterio del operador.

## **MODO MANUAL**



Las bombas de químicos tienen un control manual que será activado a criterio del operador para su funcionamiento individual.

### **LUZ PILOTO VERDE.**



La luz de color verde, se encenderá una vez que termine de arrancar el equipo mostrando una luz continua sin parpadeo. Esto para el funcionamiento en manual y automático.

### **LUZ PILOTO ROJA INTERMITENTE.**

**ADVERTENCIA**



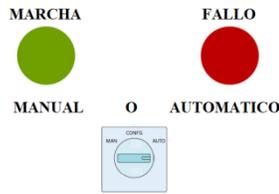
La luz de color roja, intermitente se encenderá indicando que el equipo esta seleccionado en forma manual. Este o no en marcha la luz continuara parpadeando.

### **LUZ PILOTO ROJA FIJA.**



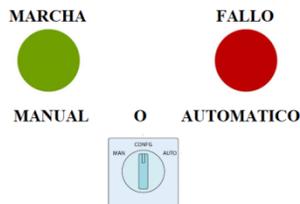
La luz de color roja fija, se encenderá indicando que existe una avería dentro del sistema de accionamiento. Sin importar que este en modo manual o automático.

### **MODO AUTOMATICO**



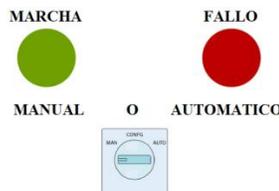
En esta modalidad la bomba de químicos entrara en funcionamiento una vez que el sensor de ultrasonido que se encuentra en la piscina ocho (etapa final de paso de agua), indique que el nivel este bajo solicitando que se encienda la bomba de pozo profundo entonces trabajaran a la par con la activación de esta bomba.

### **FUNCIONAMIENTO BOMBAS DE REFRIGERACION DE LOS MOTORES**



Las bombas de refrigeración de los motores cuentan con un sistema de funcionamiento automático controlado por los autómatas dentro de las condiciones definidas. Y un sistema de accionamiento manual basado su funcionamiento al criterio del operador.

#### **MODO MANUAL**



Las bombas de refrigeración de las cajas tienen un control independiente para cada una de ellas, así también están controladas de dos tableros, el tablero local ubicado junto a la torre de enfriamiento, y el tablero de los arrancadores suaves ubicado en la sala nueva de bombas donde en modo manual desde el tablero de los arrancadores suaves ya es responsabilidad del operador ya que las bombas trabajaran exista o no la presencia de nivel agua, sin importar la posición del selector en el tablero local ubicado en la torre de enfriamiento.

### **LUZ PILOTO VERDE.**



La luz de color verde se encenderá una vez que se confirme la selección de marcha, mostrando una luz continua sin parpadeo. Esto para el funcionamiento en manual y automático.

### **LUZ PILOTO ROJA INTERMITENTE.**



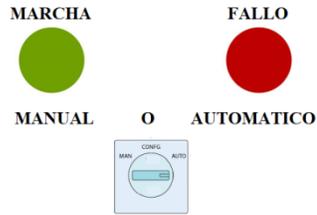
La luz de color rojo intermitente se encenderá indicando que está controlado por el plc en forma automática.

### **LUZ PILOTO ROJA FIJA.**



La luz de color rojo fija se encenderá indicando que existe una avería dentro del tablero local o en el tablero de los arrancadores suaves, en el sistema de accionamiento. Sin importar que este en modo manual o automático.

### **MODO AUTOMATICO**



En esta modalidad las bombas de refrigeración entraran en funcionamiento una vez que el sensor de ultrasonido que se encuentra en la piscina uno (salida de agua a los diferentes servicios), indique la presencia del nivel de agua.

Al sobre pasar la distancia de 4 metros desde el sensor hacia el agua en modo automático las bombas no se encenderán, ya que se entiende que a esa medida los tanques están vacíos.

Al colocar en automático el selector en el tablero de los arrancadores suaves (sala nueva de bombas) el operador podrá prender o apagar las bombas desde el tablero local ubicado en la torre de enfriamiento.

## **Anexo H. programación.**