



**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL DE LAS TORRES DE  
ENFRIAMIENTO DEL SISTEMA DE  
SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA  
EMPRESA IOCE, C.A.**

**Autor:** Edmundo Minguet

C.I. 21.454.948

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LAS TORRES DE  
ENFRIAMIENTO DEL SISTEMA DE SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA  
EMPRESA IOCE, C.A.**

**Empresa:** IOCE, C.A.

**Autor:** Edmundo Minguet  
C.I. 21.454.948

San Diego, Octubre de 2017



### **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero Zeida M. Molina portadora de la cédula de identidad N° 7.047.761, en mi carácter de tutor del trabajo de pasantía presentado por el ciudadano Minguet H Edmundo R., portador de la cédula de identidad N° 21.454.948, titulado PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO DEL SISTEMA DE SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA IOCE, C.A., presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los veintitrés días del mes Octubre del año dos mil diecisiete.

Ing. Zeida M. Molina

C.I.: 7.047.761

San Diego, Octubre de 2017

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	pp
<b>INDICE GENERAL</b> .....	iv
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	vi
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>INDICE DE IMÁGENES</b> .....	viii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO</b>	
<b>I LA EMPRESA</b> .....	<b>3</b>
1.1 Razón social y ubicación .....	3
1.2 Reseña histórica .....	3
1.3 Procesos .....	4
1.4 Productos elaborados .....	6
1.5 Misión .....	6
1.6 Visión .....	6
1.7 Valores .....	7
1.8 Política de calidad .....	7
1.9 Política de seguridad, salud higiene y ambiente .....	7
1.10 Estructura organizacional general de la empresa .....	8
1.10.1 Organigrama del departamento de mantenimiento .....	8
1.10.2 Funciones del departamento de mantenimiento .....	9
1.10.3 Actividades desarrolladas durante el periodo de las pasantías .....	10
<b>II EL PROBLEMA</b> .....	<b>11</b>
2.1 Planteamiento del problema .....	11
2.2 Formulación del problema .....	13
2.3 Objetivos de la investigación .....	13
2.3.1 Objetivo general .....	13
2.3.2 Objetivos específicos .....	13
2.4 Justificación de la investigación .....	13
2.5 Alcance .....	14
<b>III MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>15</b>
3.1 Antecedentes de la investigación .....	15
3.2 Bases teóricas .....	17

<b>IV FASES METODOLOGICAS .....</b>	<b>23</b>
4.1 Fase I: Diagnosticar el funcionamiento de las torres de enfriamiento .....	23
4.2 Fase II: Determinar los requerimientos para la automatización .....	23
4.3 Fase III: Diseñar el sistema de automatización y control de las torres .....	24
<b>V RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
5.1 Fase I: Diagnosticar el funcionamiento actual de las torres .....	25
5.2 Fase II: Determinar los requerimientos para la automatización .....	30
5.2.1 Evaluación de las variables requeridas por el proceso. ....	30
5.2.2 Determinación de la instrumentación de campo.....	34
5.2.3 Configuración de los módulos I/O .....	39
5.3 Fase III: Diseñar el sistema de automatización y control de las torres .....	40
5.3.1 Diseño del sistema de automatización y control. ....	41
5.3.2 Programación estructurada de la lógica de control.....	47
5.3.3 Desarrollo de una interfaz gráfica empleando un sistema SCADA .....	51
5.3.4 Elaboración de planos de ingeniería. ....	54
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>57</b>
 <b>ANEXOS</b>	
<b>A. GUION ENTREVISTA A OPERADORES .....</b>	<b>58</b>
<b>B. CODIGO DEL PROGRMA .....</b>	<b>59</b>
<b>C. PLANOS DE INGENIERIA.....</b>	<b>91</b>
 <b>APENDICES</b>	
<b>A. CARACTERISTICAS PLC S7-300 315-2 PN/DP .....</b>	<b>98</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>pp</b>
<b>1</b>	Listado de variables en torres de enfriamiento de proceso.....	31
<b>2</b>	Listado de variables de las torres de enfriamiento del sistema de vacío .....	33
<b>3</b>	Instrumentación de campo.....	34
<b>4</b>	Computo de variables .....	39
<b>5</b>	Módulos Requeridos.....	39

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>pp</b>
1	Organigrama general de la empresa IOCE, C.A. ....	8
2	Organigrama del departamento de mantenimiento. ....	9
3	Pirámide de automatización .....	12
4	Torre de enfriamiento tipo tiro mecánico inducido.....	18
5	CPU 315-2-PN/DP .....	21
6	Conjunto válvula, actuador y posicionador Festo .....	35
7	Interruptor de nivel de agua .....	36
8	Sensor de temperatura RTD .....	36
9	Transmisor PH 5081 Rosemount .....	37
10	Conjunto válvula de control, actuador .....	37
11	Posicionador SMART FY301 .....	38
12	Transmisor de presión 2051 Rosemount.....	38
13	Vista de dispositivos.....	40
14	Diagrama de torres de enfriamiento del proceso.....	41
15	Diagrama de torres de enfriamiento del vacío .....	42
16	Diagrama de flujo de la lógica de control (inicialización y selección) .....	43
17	Diagrama de flujo de la lógica de control (activación de torres) .....	44
18	Diagrama de flujo de la lógica de control (control de temperatura) .....	45
19	Diagrama de flujo de la lógica de control (control de presión y PH).....	46
20	FC1 CAL_TEMP .....	48
21	FB1 CHECK .....	48
22	FB7 PH.....	49
23	FB6 RUN_TORRE .....	50
24	Interfaz de ingreso al sistema .....	52

25	Interfaz menú principal .....	52
26	Interfaz torres de enfriamiento del proceso.....	53
27	Interfaz torres de enfriamiento del vacío.....	54

## INDICE DE IMAGENES

<b>IMAGEN</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>pp</b>
1	Torres de enfriamiento del proceso .....	26
2	Torres de enfriamiento del proceso (Bombas y Dosificador).....	26
3	Torres de enfriamiento del sistema de vacío .....	27
4	Torres de enfriamiento del sistema de vacío (Conexiones).....	28
5	Ventilador de torre de enfriamiento del sistema de vacío .....	28

## INTRODUCCIÓN

Desde la revolución industrial hasta la actualidad, la automatización, supervisión y control de plantas, máquinas y procesos industriales ha tomado mucha importancia, a tal grado de ser considerada indispensable en la industria de hoy en día. Esto debido a que la misma, tiene como principal objetivo recopilar toda la información disponible en el proceso, para posteriormente procesarla, organizarla y obtener como resultado, un proceso con un mejor rendimiento y optimización de todos los recursos disponibles.

Uno de los principales elementos presentes en una automatización es el controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (*Programmable Logic Controller*) o por autómatas programables, siendo este, no solo el dispositivo capaz de controlar toda la lógica cableada *on/off*, sino que también puede realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas, además de poder compartir información con otros elementos, siendo estos, aspectos muy importantes en el crecimiento de una industria.

El presente informe, plantea una solución a la problemática descrita por la empresa IOCE, C.A. relativa a las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales. Dichas torres presentan un rendimiento de operación muy variable, puesto que las tareas de supervisión y control son realizadas de forma manual por el operador, lo que genera un bajo rendimiento en el servicio y a su vez pérdidas y baja calidad en los productos ofrecidos por la empresa, en función de lo cual el pasante sugiere la automatización y control del proceso aplicando tecnologías tales como el uso de PLC, y sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), las cuales modernizarán el proceso haciéndolo más eficiente y menos vulnerable ante posibles fallas. Este informe está estructurado en cinco capítulos tal como se describe a continuación:

Capítulo I: La empresa. Se describe brevemente la organización, su ubicación, procesos básicos, productos elaborados, entre otros; de igual forma su misión, visión, valores, estructura organizacional y las actividades desarrolladas por el pasante.

Capítulo II: El problema. Se presenta el planteamiento del problema y la formulación de la problemática, punto de partida para apreciar el objetivo general, al igual que los específicos, la justificación, alcance y limitaciones.

Capítulo III: Marco referencial conceptual. Contiene las bases teóricas en las cuales se sustenta la investigación, el cual reúne algunos antecedentes y fundamentos teóricos, que ayudaran a resolver la situación planteada.

Capítulo IV: Fases metodológicas. Se describen las fases necesarias para desarrollar la propuesta planteada en concordancia con los objetivos específicos.

Capítulo V: Resultados. Muestra los resultados obtenidos en el desarrollo de cada una de las fases planteadas en el capítulo IV, partiendo desde la investigación sobre el funcionamiento del proceso en estudio, luego el diseño de la lógica de control, dimensionamiento de variables y dispositivos para culminar con la presentación de una interfaz gráfica de supervisión y control de las torres.

Finalmente, se presentan en las conclusiones los logros obtenidos por el pasante durante la realización de la pasantía, así como también las recomendaciones o requisitos que se deben tener en cuenta para el momento de la implementación en físico, Culmina el informe con la presentación de la bibliografía, apéndices y anexos que dan soporte al presente trabajo de pasantías.

## **CAPITULO I**

### **LA EMPRESA**

#### **1.1 Razón social y ubicación**

IOCE, C.A. es una industria dedicada a la refinación de aceites vegetales para el consumo humano. Está ubicada en la zona agro industrial el Recreo, parcela N<sup>a</sup> 118, Valencia, Carabobo. Rif: J-29771753-6.

#### **1.2 Reseña histórica**

Ante la creciente demanda de aceites vegetales refinados en el país, un grupo de empresarios estableció la Industria Oleaginosa del Centro (IOCE) C.A, empresa que se fundó el 6 de junio del año 2009, destinada al procesamiento y transformación de aceites y grasas vegetales crudas en aceites comestibles, con el objetivo de posicionarse en el área de servicios de refinación y fraccionamiento dentro del sector alimenticio de Venezuela.

El proyecto, que comenzó en el año 2007, se estableció en un terreno de 10.000 m<sup>2</sup>, de la urbanización Agro-Industrial El Recreo de Valencia, y en abril de 2009 este se concretó, gracias a la alianza de personas conocedoras de la industria del aceite y con la importación de equipos, que fueron desmantelados y trasladados un año antes de su fundación.

La primera etapa de la planta abarcó la edificación de la torre de pretratamiento y blanqueo, así como la recuperación y acondicionamiento de 11 tanques de aproximadamente 240 toneladas cada uno, la cual finalizó en agosto del 2011 y dio paso a las pruebas de la refinería.

Para esa fecha la empresa contaba con 47 personas entre personal administrativo, técnico y obrero, surgiendo como una planta de refinación de aceite Refinado, Blanqueado y Desodorizado (RBD) y fraccionamiento de aceites vegetales, empleando tecnología y procesos conforme a las mejores prácticas internacionales para generar productos de la mejor

calidad, con una capacidad instalada de refinación de 300 toneladas métricas al día, operando tres turnos diarios.

La empresa concluyó la segunda etapa de la refinería en el año 2015 con la torre de fraccionamiento, la cual cuenta con un filtro prensa y tres cristalizadores que dan como resultado la Oleína y la Estearina orientadas a las industrias que laboran grasas y mantecas, mientras que la tercera fase que abarca la construcción del edificio administrativo y la finalización del área de almacén se encuentra en vía de desarrollo.

Para el Director y Gerente del Departamento de Ingeniería y Proyectos, Ing. Frenny Terán, IOCE, C.A. es una empresa que tiene como objetivo principal posicionarse a nivel nacional, y convertirse en pioneros en la producción de aceite de palma refinado.

Hoy en día la empresa cuenta con varios clientes, entre los que destacan empresas transnacionales como Cargill de Venezuela, Pepsico de Venezuela, Nestlé Purina, Alimentos Polar y Colgate entre otras, por lo que desea seguir fortaleciendo su equipo técnico, integrado por un valioso capital humano. “Somos pequeños pero conocidos entre los grandes”, así lo expreso el vocero de la organización.

A la fecha, IOCE, C.A. cuenta con más de 90 empleados distribuidos en 10 departamentos, los cuales dan vida a una organización cuya producción se caracteriza por su calidad e inocuidad, además de un gran deseo de crecimiento y consolidación dentro del sector productivo de alimentos.

### **1.3 Procesos**

IOCE, C.A. cuenta con tres procesos principales dedicados al manejo de aceites y grasas de origen vegetales, entre los cuales se presentan los siguientes:

- **Blanqueo:** Representa el inicio del proceso de refinación del aceite crudo. Comprende tres fases: Pretratamiento, Blanqueo y Filtración, vale destacar que este proceso de blanqueo funciona de manera continua y automatizada. El proceso comienza primeramente haciendo pasar el aceite crudo por la unidad de secado. Luego, se incrementa su temperatura haciéndolo pasar a través de un intercambiador

de placas e inmediatamente hasta el tanque de precipitación, en él se mezcla el aceite crudo con una solución ácida. El mismo posee agitación continua, para garantizar la correcta homogeneización del aceite con el ácido. Una vez que el aceite pretratado sale del tanque de precipitación, se dosifica con sílice y/o tierras de blanqueo, para posteriormente pasar al tanque de mezclado de tierra. Finalmente, el aceite blanqueado sin presencia de tierras, pasa alternativamente por dos filtros de seguridad, antes de ser descargado en un tanque pulmón y de allí ser enviado al proceso de refinación física.

- **Refinación Física:** El aceite blanqueado se hace pasar a un intercambiador de placas para aumentar su temperatura y hacerlo pasar por un desaireador. Una vez que el aceite es llevado a su temperatura final, es cuando entra a la columna de desacidificación. En este equipo es donde se retiran cerca del 95% de los ácidos grasos libres mediante la vaporización de los mismos al ser sometidos bruscamente a una presión de vacío. Los vapores de ácidos grasos removidos son enviados por la parte superior de esta columna al sistema de condensación de ácidos grasos. El aceite, al cual le fueron removidos la mayor parte de los ácidos grasos, sale por el fondo de la pre columna, a la misma temperatura de entrada y es enviada por gravedad finalmente al desodorizador. Una vez que el aceite desodorizado sale del equipo desodorizador, es bombeado y enfriado parcialmente en contracorriente con el aceite que alimenta al sistema y que proviene del desaireador. Por último, el producto final es descargado en forma continua a los tanques de almacenamiento de RBD, luego de haber pasado a través de los filtros de pulido final en el cual se les elimina las posibles trazas de impurezas y sólidos en suspensión.
- **Fraccionamiento:** El proceso de fraccionamiento del aceite de palma implica dos pasos principales: La cristalización y la filtración. Durante la cristalización, los triglicéridos del aceite de palma se funden a diferentes temperaturas, fraccionando el aceite en componentes líquidos y sólidos. El carácter de los cristales producidos depende de la temperatura, el tiempo y la agitación utilizados durante el proceso. El

aceite de palma fraccionado luego pasa por un proceso de filtración, dividiendo el aceite en oleína líquida y estearina sólida de palma.

#### **1.4 Productos elaborados**

IOCE, C.A. genera una serie de productos derivados del aceite de palma africana, útiles a su vez como materia prima en diferentes sectores de la industria como son: Alimentos, concentrados para animales, pinturas, jabón, entre otros. Los productos generados se presentan a continuación:

- Aceite de palma RBD.
- Estearina de palma.
- Oleína de palma.
- Mezclas de oleína y estearina de palma.
- Ácidos Grasos.

#### **1.5 Misión**

IOCE, C.A. es una empresa que produce grasas y aceites vegetales bajo los más estrictos parámetros de calidad, garantizando en todo momento la inocuidad de nuestros productos, apoyados por procesos con tecnología de punta, generando compromiso a través del desarrollo de nuestra gente y su familia, adaptándonos a los cambios a través de la mejora continua, fortaleciendo el trabajo en equipo; para así, satisfacer a los clientes y generar rentabilidad a sus accionistas, bajo un clima de respeto a las normas de seguridad, salud, higiene y ambiente.

#### **1.6 Visión**

Queremos ser una empresa líder a nivel nacional e internacional, en el sector industrial y consumo masivo de grasas y aceites vegetales, destacando por la calidad e inocuidad de los productos y en compromiso de nuestra gente, siendo percibida como una organización altamente competitiva en el mercado laboral.

## 1.7 Valores

- **Honestidad:** Demostrar en todo momento congruencia entre lo que pensamos y hacemos, cumpliendo con los compromisos y obligaciones, teniendo especial cuidado con los bienes económicos, materiales y humanos. Actuando con responsabilidad en el contexto familiar, social, laboral y ambiental.
- **Sentido de pertenencia:** Reconocernos como parte integrante de la empresa, sintiendo orgullo por sus éxitos y sincera inquietud por las dificultades que atraviese nuestra organización, estando dispuestos a dar lo mejor de nosotros, para alcanzar las metas.
- **Compromiso con la calidad y la inocuidad:** Que todo cuanto hagamos sea bajo los mejores estándares para garantizar la satisfacción de nuestros clientes tanto internos como externos, buscando mejorar continuamente, garantizando la inocuidad de los productos, la seguridad de nuestra gente y especial cuidado con el medio ambiente.
- **Trabajo en equipo:** Trabajar unidos y comprometidos para la consecución de los objetivos de nuestra organización, generando un clima de respeto, cooperación y comunicación efectiva como principal fortaleza del éxito de nuestra empresa.

## 1.8 Política de calidad

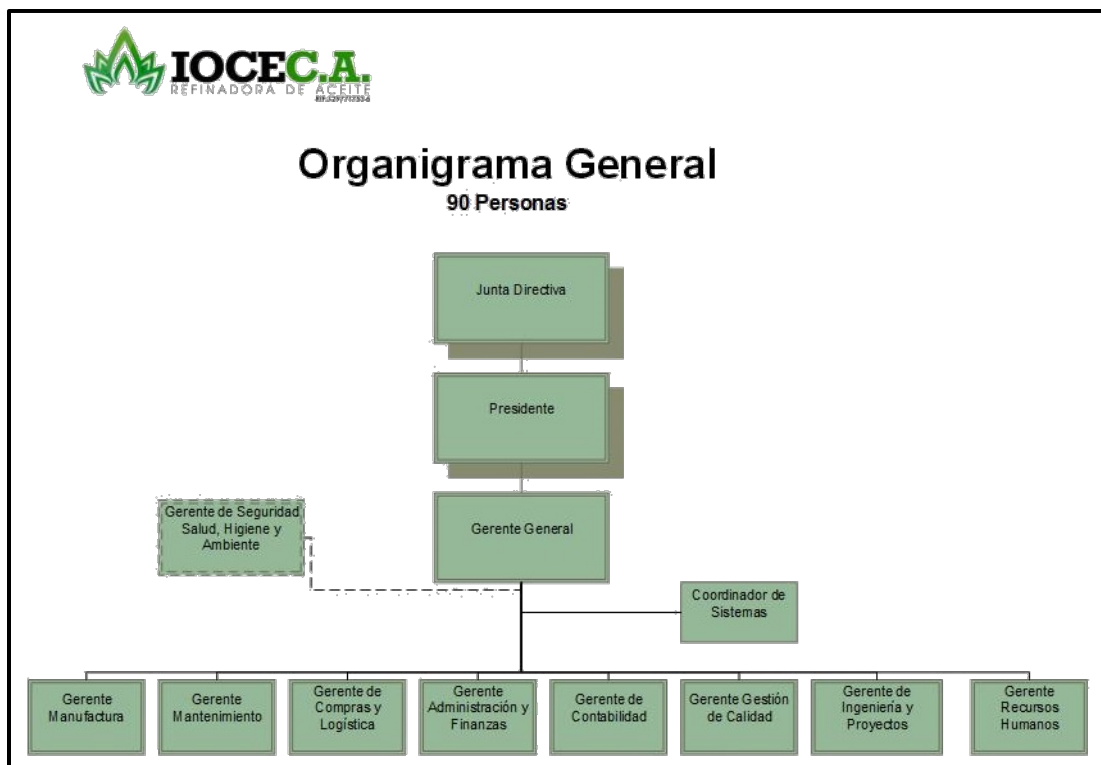
Cumplir día a día con las necesidades y exigencias de nuestros clientes internos y externos, a través de procesos de mejora continua, comunicación efectiva y un constante entrenamiento de nuestra gente, asumiendo compromiso y responsabilidad en el trabajo, con la inocuidad de nuestros productos y con la seguridad, salud, higiene y ambiente.

## 1.9 Política de seguridad, salud higiene y ambiente

Desarrollar una cultura de prevención de accidentes, enfermedades ocupacionales y contaminación ambiental; que garanticen la integridad física y el desarrollo intelectual, armónico de nuestra gente y la comunidad, cumpliendo con los requerimientos legales en materia ambiental y de seguridad.

## 1.10 Estructura organizacional general de la empresa

En la figura 1, se observa la estructura organizacional general de la empresa, donde se aprecia que todas las gerencias operativas responden a los lineamientos establecidos por la directiva y gerencia general, para el logro de los objetivos y políticas de seguridad, calidad e inocuidad descritos en la sección anterior.

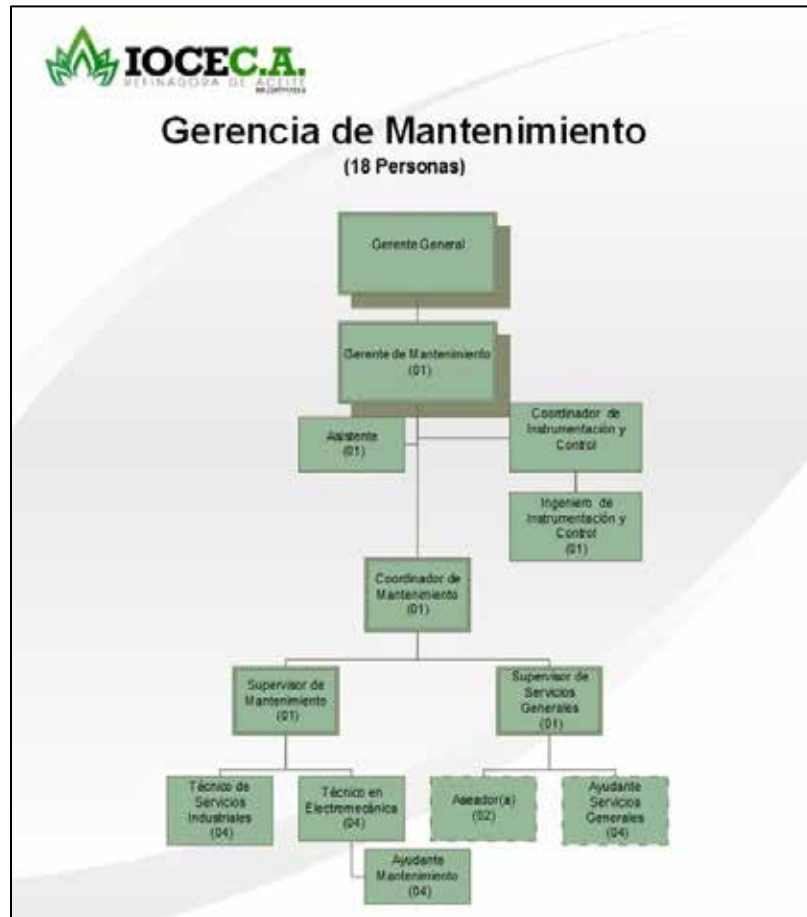


**Figura 1 Organigrama general de la empresa IOCE, C.A.**

Fuente: IOCE, C.A. 2017

### 1.10.1 Organigrama del departamento de mantenimiento

En la figura 2, se presenta la estructura interna del departamento de mantenimiento, donde se centra el mantenimiento industrial aplicado a los equipos y se apoya en la coordinación de instrumentación y control para el automatismo de los mismo. Es en este departamento donde se realizaron las pasantías.



**Figura 2 Organigrama del departamento de mantenimiento.**  
Fuente: IOCE, C.A. 2017

### 1.10.2 Funciones del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento se encarga de proporcionar un oportuno y eficiente servicio en materia de mantenimiento industrial preventivo y correctivo de las instalaciones, garantizando un funcionamiento continuo de los equipos e instrumentos utilizados en el proceso productivo, cumpliendo con las políticas de seguridad, calidad e inocuidad de la organización.

### **1.10.3 Actividades desarrolladas durante el periodo de las pasantías**

En el Departamento de Mantenimiento, específicamente en la Coordinación de Instrumentación y Control, fue donde el pasante realizó diferentes actividades relacionadas con su carrera, además de la elaboración de una propuesta de automatismo para las torres de enfriamiento de agua ubicadas en el área de servicios industriales de la empresa.

Entre las principales actividades realizadas por el pasante, a fin de obtener la mayor cantidad de información para poder realizar la elaboración de la propuesta, así como también adquirir experiencia en campo se presentan las siguientes:

- Estudio básico del proceso productivo, a fin de entender el comportamiento y funciones que debe realizar los diferentes equipos e instrumentos.
- Interacciones con elementos instrumentales de campo, esto con la visión de poner en práctica, todas aquellas teorías vistas en la casa de estudio.
- Análisis de los requerimientos para la elaboración de la propuesta planteada por la empresa.
- Estudio de las características de los diferentes equipos e instrumentos existentes en el área.
- Investigar las nuevas funcionalidades que pueden prestar los PLC en la actualidad.
- Lectura e interpretación de los planos eléctricos de control y fuerza existentes en las torres de enfriamiento.

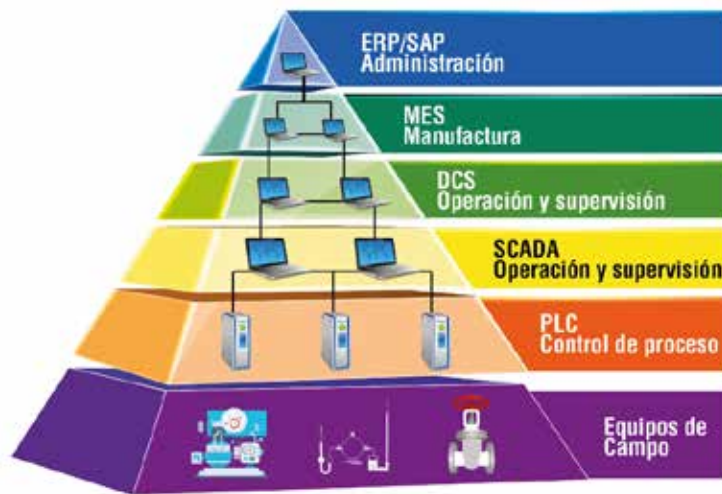
## CAPITULO II

### EL PROBLEMA

#### 2.1 Planteamiento del problema

Hoy en día es casi imposible no pensar en lo importante e indispensable que es la automatización en la industria, pues ofrece sistemas más seguros, eficientes y competitivos. Uno de los dispositivos claves en un proceso de automatismo es el PLC, este nos permite un sinnúmero de funcionalidades que complementado con sistemas SCADA, forman una herramienta, que brinda mucha información y detalles sobre el proceso involucrado. Es por ello, que las redes de comunicación industrial adquieren gran importancia, pues permiten comunicar entre sí y de una manera segura, diferentes equipos industriales, basados en los últimos estándares de comunicación y buses de campo, entre los cuales se destacan, PROFIBUS, DEVICENet, COMPOBUS y sus protocolos como el HART, Fieldbus, MODBUS.

Este conjunto de tecnologías, quedan representado en la llamada pirámide de automatización, (ver figura 3) donde se tienen seis niveles tecnológicos que se pueden encontrar en un entorno industrial. El primer nivel o nivel de campo, está conformado por dispositivos físicos presentes en la industria, como actuadores y sensores. El segundo nivel o nivel de control incluye los dispositivos controladores o autómatas como los PLC. El tercer nivel o nivel de supervisión corresponde a los sistemas SCADA y HMI por sus siglas en inglés (*Human Machine Interface*). Los niveles posteriores se corresponden al nivel de planificación donde se encuentran los Sistemas de Ejecución de Manufactura MES, Operación y Supervisión DCS y por último en la cúspide la pirámide tenemos el nivel de gestión, o Sistema de Planificación de los Recursos Empresariales o ERP.



**Figura 3 Pirámide de automatización**

Fuente: [ustabuca.edu.co](http://ustabuca.edu.co) 2017

En esta línea de acción la empresa IOCE, C.A., en su afán de buscar mejores resultados y beneficios, ha ido automatizando progresivamente sus sistemas de control. Tal es el caso de las torres de enfriamiento de agua, las cuales son empleadas por el proceso productivo para la disminución de la temperatura del aceite RBD en el proceso de refinación, dicho conjunto se encuentra sub-dividido en dos grupos, ubicados en diferentes puntos dentro de la planta. El primer grupo es utilizado por el sistema de refinación física, mientras que el segundo grupo forma parte del enfriamiento del sistema de vacío, ambos grupos no disponen de control automatizado, generando una forma de operar, supervisar y controlar totalmente manual y en sitio por el operador de turno del área de servicios industriales.

Esta forma de operar presenta debilidades pues no dispone de: Registros de eventos y variables, notificación de fallas, ajuste automático de la variable temperatura, correcta dosificación de químicos para evitar la formación de algas y bacterias, ni un de panel HMI o monitor SCADA donde se pueda supervisar y realizar control remoto sobre los diferentes elementos finales de control. Por otro lado, se genera pérdidas de tiempo y desgaste físico a los operadores que deben realizar actividades poco productivas y repetitivas.

Además, hay que sumarle, a los aspectos descritos en el párrafo anterior y que suelen ser los propios del proceso, que debido a la falta de automatismo se genera un mal uso y empleo de los recursos energéticos (eléctricos e hidráulicos), siendo estos muy importantes tanto para la empresa como para el planeta, si pensamos en tener un futuro verde y ecológico.

## **2.2 Formulación del problema**

Por las razones descritas anteriormente surge la siguiente interrogante, ¿Cómo se puede mejorar el control de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A. a fin de aumentar el rendimiento, la calidad y mejorar las condiciones de trabajo?

## **2.3 Objetivos de la investigación**

### **2.3.1 Objetivo general**

Proponer la automatización y control de las torres de enfriamiento, del sistema de servicios industriales en la empresa IOCE, C.A.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar el funcionamiento actual de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.
- Determinar los requerimientos para la automatización y control de la operación de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.
- Diseñar el sistema de automatización y control de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.

## **2.4 Justificación de la investigación**

Llevar a cabo esta propuesta de automatización y control, dentro de las operaciones de la empresa, contribuirá en gran medida a un aumento del rendimiento de las torres de enfriamiento, debido a que se remplazará una operación y control manual por una automatizada, con funciones y capacidades tecnológicas de vanguardia. Cumpliendo así con uno de los principales objetivos de la organización como lo es tener una planta, la cual sea

capaz de hacer uso de las nuevas tecnologías para ofrecer productos y servicios de excelente calidad, a la vez que se mejoran las condiciones de trabajo, se reducen los tiempos de respuestas antes posibles averías, y disminuyen los costos referentes al mantenimiento de las mismas.

## **2.5 Alcance**

El alcance de esta propuesta incluye el diseño, programación, comunicación y simulación de un sistema de control enteramente automatizado, el cual pueda ser implementado en las torres de enfriamiento de agua de la empresa IOCE, C.A. a fin de tener un sistema más confiable y seguro, lo cual conllevará a un mayor rendimiento.

En cuanto al diseño se busca elaborar un sistema totalmente práctico y de fácil operación, basándose en una programación estructurada, organizada y metódica. Es importante resaltar que la empresa, requiere se utilicen autómatas de la marca SIEMENS®, específicamente de la serie CPU S7-300, ya que, por un lado, se dispone de una CPU en inventario y por otro, se desea mantener un estándar dentro de la planta, puesto que existen otros procesos con los mismos equipos.

Además, como parte de las exigencias de la empresa, se utilizará el software de programación y desarrollo propio de SIEMENS®; el portal de Automatización Totalmente Integrado (TIA) versión 14 sp1, siendo la plataforma de desarrollo para la programación del autómata, mientras que para la interfaz del sistema SCADA, se empleará el *System Platform Wonderware*, el cual contendrá en su diseño las últimas tendencias que se manejan en la industria. Por último, se ejecutará una simulación en donde se pueda demostrar el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados.

## CAPITULO III

### MARCO REFERENCIAL

El marco teórico referencial de la investigación, debe contener los elementos, base y fundamentos de orden teórico, que giran en torno al planteamiento del problema y sirven para dar respuestas o soluciones. Según Bavaresco (2006) “El marco teórico referencial, brinda a la investigación un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permiten abordar el problema dentro de un ámbito donde éste cobre sentido.”

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de la investigación se refieren a todos aquellos estudios que anteceden al nuestro, es decir, aquellas investigaciones donde se hayan manejado las mismas variables o se hallan propuestos objetivos similares, en tal sentido Arias (2006) define los antecedentes de la investigación como “los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones”

Se revisaron diversos trabajos relacionados con el presente informe, mencionando a continuación aquellos que se consideraron resaltantes:

Zerpa y Sandoval (2015), en su trabajo titulado “**Desarrollo de experiencias didácticas basadas en la programación estructurada con PLC Siemens y la inclusión de una red multipunto MPI para la asignatura de automatización industrial de la Universidad José Antonio Páez**”, presentado para optar al título de Ingenieros Electrónicos, desarrollaron diversas experiencias didácticas, donde se demuestran las características y posibilidades de los PLC Siemens ® S7-300 y su integración con los HMI Siemens ® y sistemas SCADA. Estas experiencias se basaron en un proceso real realizado en una maqueta a escala, a fin de familiarizarse con sus fundamentos teóricos-prácticos.

La misma fue tipificada bajo el enfoque de proyecto factible debido a que tienen como propósito satisfacer una necesidad de la institución mediante el desarrollo de una herramienta dinámica, para la asignatura de automatización industrial.

Esta investigación es de mucha utilidad ya que en ella se emplean algunos dispositivos y lenguajes como lo son el PLC S7-300, el WinCC, y el TIA los cuales son base fundamental para el presente proyecto. Además del tratamiento y manejo de la variable temperatura.

Seguidamente, Gómez (2015), en su trabajo titulado **“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control distribuido a través de la nube, de micro-unidades de regulación de humedad y temperatura para invernaderos.”**, presentado en la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, Ecuador, para optar por el título de Ingeniero Electrónico; comprende la implementación de un sistema de control de parámetros de humedad y temperatura en el interior de un invernadero a escala. Su principal objetivo consiste en evaluar un sistema de control en la nube, siendo esta una herramienta muy actual y de gran utilidad para los agricultores.

La metodología utilizada en este trabajo se enmarca en el método cuantitativo de diseño experimental puesto que implica medición numérica, análisis de datos, ajustes y pruebas del funcionamiento del proyecto. Resulta muy enriquecedor esta información pues está orientado al manejo de datos de forma remota “La nube”, concepto cada vez más empleado en las industrias, la aplicación de esta tecnología en el presente trabajo se posiciona en lo que hoy en día se conoce como el internet de las cosas, resultando muy visionario y atractivo para las industrias que desean la integración total de sus procesos como es el caso de IOCE, C.A.

Finalmente, Acosta y Matthey (2012), en su trabajo titulado **“Diseño e implementación de un sistema de control para la automatización de una maquina envasadora en la compañía alimentos Linomega C.A.”**, presentado en la Universidad de Nueva Esparta, Venezuela, para optar por el título de Ingeniero Electrónico, el cual tuvo como propósito solventar los problemas presentes en la maquina envasadora “Alfa” en la compañía Alimentos Linomega C.A. ubicada en Guatire, Estado Miranda. El proyecto presentado sustituirá el antiguo método de lógica de control a relé, por la implementación de un controlador lógico programable de la marca Moeller® de la línea Easy 819-AC-RC, además

del módulo de expansión Easy 618-AC-RE. Estos dispositivos son denominados Relés de Control Inteligente RLC, los cuales trabajan de la misma manera que los PLC.

Este proyecto se ubica como un proyecto factible. El cual dispone de las soluciones a una determinada situación. Los aportes de este trabajo de grado son muy importantes en el presente informe, ya que el objetivo planeado fue diseñar e implementar un sistema de control con la finalidad de sustituir el control de lógica cableada por un sistema basado en lógica programada mediante el uso de un RLC, caso similar al que se plantea en el presente trabajo.

### **3.2 Bases teóricas**

Las bases teóricas son el soporte principal que permite desarrollar los aspectos conceptuales del tema de estudio, en él se amplía la descripción del problema, por medio de teorías, paradigmas, estudios, etc., integrando la teoría con la investigación. Según Arias (2006), las bases teóricas están formadas por “...un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado”.

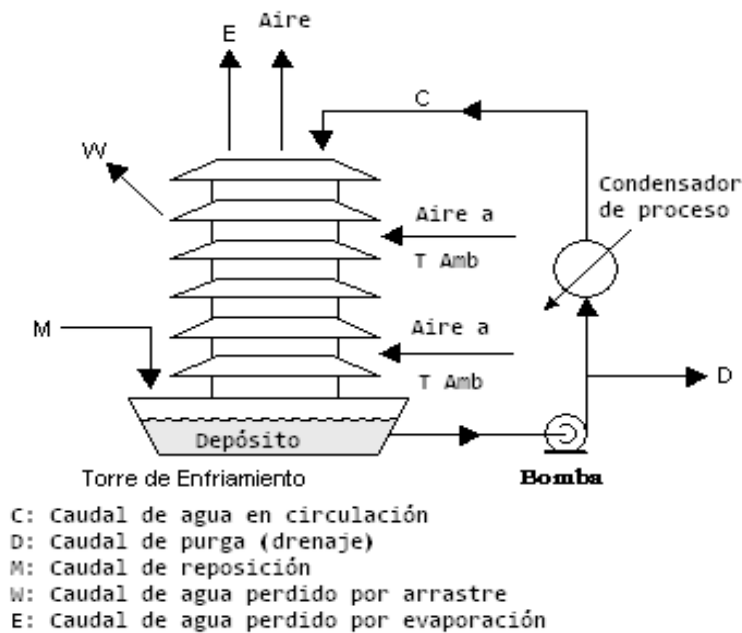
A continuación, se presentan las bases teóricas que sustentan la presente investigación.

#### **3.2.1 Torres de enfriamiento**

Según Salas (2017), en documento publicado en la página de la Facultad Ingeniería de la Universidad de los Andes de Venezuela, define que las torres de enfriamiento son un tipo de estructura que tienen como finalidad quitar el calor de una corriente de agua caliente, mediante aire seco y frío, que circula por la torre. El agua caliente puede caer en forma de lluvia, el intercambio de calor con el aire frío, vaporiza una parte de ella, eliminándose de la torre en forma de vapor de agua. Se emplean para enfriar agua en grandes volúmenes, siendo este el medio más económico para hacerlo, si se compara con otros equipos de enfriamiento como los intercambiadores de calor donde el enfriamiento ocurre a través de la pared.

Existen distintos tipos de torres de enfriamiento. Las hay para la producción de agua de proceso, que sólo se puede utilizar una vez antes de su descarga, pero también hay torres

de enfriamiento, en donde el agua puede reutilizarse en el proceso. A manera de ejemplo, se explicará el funcionamiento de una torre tipo tiro mecánico inducido (Ver figura 4).



**Figura 4 Torre de enfriamiento tipo tiro mecánico inducido**

Fuente: Mbeychok, 2011

En una torre de enfriamiento de tipo tiro mecánico inducido, el agua bombeada desde el depósito de la torre es el agua refrigerante encaminada a través de enfriadores del proceso y los condensadores en una instalación industrial. El agua fría absorbe calor de las corrientes calientes del proceso que necesitan ser enfriadas o condensadas, y el calor absorbido calienta el agua circulante (C). El agua calentada vuelve a la cima de la torre de refrigeración y cae en chorros finos, presentando gran superficie para su enfriamiento con el aire sobre el material de relleno dentro de la torre. A medida que gotea, entran en contacto con el aire que sube por la torre.

Este contacto provoca que una pequeña cantidad de agua sea perdida por arrastre del viento (W) y otra parte del agua (E) por evaporación. El calor necesario para evaporar el agua

se deriva de la propia agua, que enfría el agua a su regreso al depósito original y en donde queda a disposición para volver a circular. El agua evaporada deja las sales que lleva disueltas entre el grueso del agua que no ha sufrido la evaporación, lo que hace que la concentración de sales se incremente en el agua de refrigeración circulante. Para evitar que la concentración de sales en el agua llegue a ser demasiado alta, una parte del agua es retirada (D) para su vertido. Se suministra al depósito de la torre nuevo contingente de agua fresca (M) para compensar las pérdidas por el agua evaporada, el viento, y el agua retirada.

### **Clasificación de las torres de enfriamiento**

Las torres de enfriamiento se clasifican según la forma de suministro de aire en:

- **Torres de circulación natural:**
  - **Atmosféricas:** El movimiento del aire depende del viento y del efecto aspirante de los aspersores. Se utiliza en pequeñas instalaciones. Depende de los vientos predominantes para el movimiento del aire.
  - **Tiro natural:** El flujo del aire necesario se obtiene como resultado de la diferencia de densidades, entre el aire más frío del exterior y húmedo del interior de la torre. Utilizan chimeneas de gran altura para obtener el tiro deseado. Debido a las grandes dimensiones de estas torres se utilizan flujos de agua de más de 200 000 gpm. Es muy utilizado en las centrales térmicas.
- **Torres de tiro mecánico:** El agua caliente que llega a la torre es rociada mediante aspersores que dejan pasar hacia abajo el flujo del agua a través de unos orificios. El aire utilizado en la refrigeración del agua es extraído de la torre de cualquiera de las formas siguientes:
  - **Tiro inducido:** El aire se succiona a través de la torre mediante un ventilador situado en la parte superior de la torre. Son las más utilizadas en las industrias.
  - **Tiro forzado:** El aire es forzado por un ventilador situado en la parte inferior de la torre y se descarga por la parte superior.

- **Torres de flujo cruzado:** El aire entra por los lados de la torre fluyendo horizontalmente a través del agua que cae. Estas torres necesitan más aire y tienen un coste de operación más bajo que las torres a contracorriente.

IOCE, C.A. dispone de dos torres de tipo tiro inducido forzado y tres torres de flujo cruzado, las mismas son empleadas tanto por el proceso de refinación y blanqueo como por el sistema de enfriamiento del vacío, es por ello que las mismas serán el objeto de estudio para la presente propuesta de automatización.

### **3.2.2 Autómata S7-300 CPU (315-2 PN/DP)**

Siemens ® (2017), en su página de información de productos, describe al CPU SIMATIC S7-300 como uno de los equipos con mayor impacto en el ámbito industrial. Potentes módulos centrales con interfaz industrial ethernet/PROFINET, constituyen este excelente dispositivo.

El S7-300 se puede configurar de forma modular, por ello se encuentran disponibles una amplia gama de módulos, tanto para estructuras centralizadas, como para estructuras descentralizadas con ET-200M. Su diseño modular, permite ahorrar espacio de instalación. Una amplia gama de módulos puede utilizarse para expandir el sistema centralizado o crear estructuras descentralizadas de acuerdo a la tarea, permitiéndole al usuario disponer de un stock de componentes a un bajo costo.

El software necesario para la programación puede ser; la herramienta de software STEP 7 V5.5, o por medio de la nueva interfaz de desarrollo TIA Portal. Estos programas facilitan la programación del código, empleando lenguajes como el KOP (Diagrama en escalera), AWL (Lista de instrucciones), FUP (Bloques de función lógica) y GRAFCET (Diagrama de bloques funcional),

La CPU 315-2-PN/DP mostrada en la figura 5, fue la CPU de la familia S7-300, seleccionada por la empresa para este proyecto, tal como se indicó en el alcance del informe. Esta CPU dispone de las siguientes novedades:



**Figura 5 CPU 315-2-PN/DP**

Fuente: Siemens ®, 2017

**Microprocesador:** El procesador alcanza un tiempo de procesamiento de aprox. 50 ns por instrucción binaria y de 450 ns por operación en coma flotante.

**Memoria:** 384 Kbyte de RAM (lo que equivale a aprox. 128 K de instrucciones); esta gran capacidad de la memoria RAM ofrece suficiente espacio para alojar los programas de envergadura del proceso requerido por los usuarios, por otro lado, las *SIMATIC Micro Memory Cards* (con un máx. 8 Mbyte) permiten guardar proyectos (incluyendo símbolos y comentarios) en la CPU pudiéndose utilizar para archivar datos y gestionar recetas.

**Expansibilidad flexible:** Dispone hasta un máximo de 32 módulos (en configuración de 4 bastidores).

**Interfaz combinada MPI/DP:** El primer puerto MPI/DP integrado puede establecer hasta 16 conexiones simultáneas con el S7-300/400, la estación de programación (PG), el PC o el panel de operador (OP). De las cuales una está reservada de forma fija para la PG y otra para el OP.

La interfaz MPI permite interconectar en una red sencilla 32 CPU's como máximo, por medio de lo que se denomina "comunicación por datos globales". Esta interfaz puede reconfigurarse de puerto MPI a puerto DP.

**Interfaz PROFIBUS DP:** Esta puede usarse como maestro DP o como esclavo DP. Los esclavos PROFIBUS DP pueden funcionar de forma simultánea en este puerto. Soporta por completo la norma PROFIBUS DP V1. Esto mejora las posibilidades de diagnóstico y parametrización de esclavos normalizados DP V1.

**Interfaz Ethernet:** El segundo puerto integrado de la CPU 315-2 PN/DP es una interfaz PROFINET con switch de 2 puertos basada en Ethernet TCP/IP. Es compatible con los protocolos siguientes:

Comunicación S7 para el intercambio de datos entre autómatas SIMATIC.

Comunicación PG/OP para programación, puesta en marcha y diagnóstico vía STEP 7.

Comunicación PG/OP para conexión a HMI y SCADA.

Comunicación TCP/IP, UDP e ISO-on-TCP (RFC1006) abierta vía PROFINET.

Servidor SIMATIC NET OPC.

El apéndice A, presenta todas las características técnicas de esta CPU.

## CAPITULO IV

### FASES METODOLOGICAS

Las fases metodológicas comprenden una estructura paso a paso del seguimiento minucioso de los objetivos específicos ya establecidos, con los que se pretende cumplir la meta final de esta investigación, de esta forma se establecieron las siguientes fases:

#### **4.1 Fase I: Diagnosticar el funcionamiento actual de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.**

Como fase inicial se realizará un diagnóstico sobre el actual funcionamiento de las torres, a través de la observación, y consultas sobre el proceso al personal que las opera, con el propósito de recolectar datos e información necesaria para entender las características propias del funcionamiento de las torres, haciendo énfasis en la forma de operar, supervisar y controlar toda la lógica cableada. De igual forma se estudiará toda la instrumentación instalada.

#### **4.2 Fase II: Determinar los requerimientos para la automatización y control de la operación de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.**

Una vez realizado el diagnóstico previo sobre el funcionamiento de las torres, se procederá con la determinación de los requerimientos necesarios para la elaboración de la automatización y control sobre el sistema de enfriamiento, para ello se abordarán los siguientes puntos:

- Evaluación de las variables requeridas por el proceso.
- Determinación de la instrumentación de campo necesaria en el proceso.
- Configuración de los módulos I/O y comunicación necesarios para el proceso.

### **4.3 Fase III: Diseñar el sistema de automatización y control de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.**

Finalmente, en esta fase se realizará el diseño y desarrollo de la programación de las torres de enfriamiento, para ello se procederá con las siguientes actividades:

- Diseño del sistema de automatización y control.
- Programación estructurada de la lógica de control.
- Desarrollo e integración de una interfaz gráfica empleando un sistema SCADA.
- Elaboración de planos de ingeniería.

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS**

Para dar cumplimiento a los objetivos establecidos y las fases planteadas en el capítulo IV se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo del presente informe de pasantías en el cual se planteó la automatización y control de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.

#### **5.1 Fase I: Diagnosticar el funcionamiento actual de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.**

Mediante observación directa del proceso bajo estudio, realizado desde la segunda a la cuarta semana del mes de mayo del presente año, y utilizando como elemento de recolección de datos un blog de notas personal, el pasante pudo comprobar que el funcionamiento de las torres de enfriamiento, se basa en un sistema de control manual, operado por el personal de servicios industriales que se encuentre de turno, en conjunto con los analistas y supervisores del departamento de manufactura, para un total de cuatro operadores. Este sistema tiene como función, disminuir la temperatura del agua empleada para la refrigeración tanto del sistema de vacío, como, el del proceso de refinación del aceite, por lo que podemos dividir las torres en dos grupos:

**Torres de enfriamiento del proceso:** Este es un conjunto de tres torres de tipo flujo cruzado, destinadas a disminuir la temperatura del aceite una vez culminado el proceso de pretratamiento, blanqueado y refinado, el cual durante el proceso alcanza una temperatura máxima de 220 °C, posterior a esta se debe disminuir a una temperatura de almacenamiento la cual en promedio se encuentra a unos 55 °C. En la imagen 1, se aprecian las torres de este primer conjunto, ubicadas en el área de servicios industriales e identificadas de izquierda a derecha como **Torre N° 1, 2 y 3.**



**Imagen 1 Torres de enfriamiento del proceso**

Fuente: Minguet, 2017

Estas tres torres en operación normal trabajan de forma alternadas, y a su vez poseen una redundancia ante fallos o cuando sea necesario realizar un mantenimiento programado. En la imagen 2, se puede apreciar las bombas de agua, así como la distribución de tuberías del circuito de refrigeración. Además, se encierra dentro de un círculo amarillo, el sistema actual de dosificación de químicos para la prevención de algas y microorganismos que puedan afectar la calidad del agua y equipos.



**Imagen 2 Torres de enfriamiento del proceso (Bombas y Dosificador)**

Fuente: Minguet, 2017

**Torres de enfriamiento del sistema de vacío:** Este grupo está formado por dos torres de tipo tiro inducido, destinadas a la disminución de la temperatura de los vapores generados por el sistema de vacío, el cual no debe superar los 41 °C, pues superado el mismo el rendimiento del sistema de vacío disminuye considerablemente, generando fluctuaciones que afectan la calidad del producto. En la imagen 3, se muestran las torres empleadas en dicho proceso e identificadas de derecha a izquierda como **Torre N° 1 y 2**.



**Imagen 3 Torres de enfriamiento del sistema de vacío**

Fuente: Minguet, 2017

Al igual que las torres de proceso, se cuenta con un sistema de redundancia pues se disponen de 2 torres. En la imagen 4, se puede apreciar las bombas de agua, así como las conexiones de entrada y salida del circuito de refrigeración. Estas estructuras son relativamente nuevas en planta, por lo que, a diferencia del caso anterior, estas no disponen aún de un sistema de dosificación de químicos que ayuden a estabilizar la alcalinidad del agua, o lo que es lo mismo, la capacidad de neutralizar ácidos, que aguas abajo son los causantes del deterioro interno de los equipos (impulsores, tuberías, válvulas, entre otros).



**Imagen 4 Torres de enfriamiento del sistema de vacío (Conexiones)**

Fuente: Minguet, 2017

Ambos grupos de torres emplean el principio de transferencia de calor por convección, donde el agua proveniente del sistema de vacío o proceso de refinación, una vez ingresada a las torres, por la parte superior, comienza su descenso en forma de gotas, las cuales entra en contacto con las corrientes de aire según el caso horizontal o vertical, provocando el fenómeno de enfriamiento por evaporación. Este flujo de aire es generado por ventiladores los cuales se ubican para las torres de enfriamiento del proceso, a un lateral de la estructura, tal como se mostró en la imagen 1; mientras que, para las torres de enfriamiento del sistema de vacío, se ubican en la parte superior de la estructura, tal como se puede apreciar en la imagen 5.



**Imagen 5 Ventilador de torre de enfriamiento del sistema de vacío**

Fuente: Minguet, 2017

Otro de los resultados obtenidos durante esta fase, fue el determinar la ocurrencia de fallas respecto al control y monitorización de las torres, las cuales ameritan ser corregidas puesto que afectan considerablemente la estabilidad de la planta específicamente el sistema de vacío el cual se genera por medio de eyectores; si el agua proveniente de la torre, no mantienen una temperatura inferior a los 41 °C, los vapores dentro de los eyectores no se podrán condensar apropiadamente, generando una disminución de arrastre de los ácidos grasos, mientras que para el caso de las torres de enfriamiento del proceso, si las mismas no logran disminuir la temperatura del proceso de refinación del aceite a una de almacenamiento, el mismo tiende a peroxidarse lo que provocaría la pérdida de la producción y el envío del aceite a reproceso.

En ambos grupos de torres, las fallas en lo que a nivel de instrumentación y control se pudieron observar, son las siguientes:

- No se disponen de un lazo de control de temperatura.
- No se tienen ningún tipo de alarma visual o sonora en caso de avería.
- No se registra las variaciones de la temperatura en el tiempo.
- En caso de reconexión eléctrica se pierde el estado de operación.
- El sistema de dosificación de químicos presenta deficiencia.

Por otro lado, mediante entrevistas individuales (ver modelo guion en el anexo A) con cada uno de los operadores del área, se pudo conocer que además de las fallas o deficiencias detectadas durante el diagnóstico, las torres de enfriamiento del sistema de vacío requieren de un sistema de estabilización del PH y control de microorganismos, así como también la necesidad de mejorar el sistema de control de nivel del agua y temperatura, en ambos grupos de torres. Estas entrevistas reafirman lo observado por el investigador.

En cuanto a la instrumentación o dispositivos instalados solo se observaron los necesarios para la manipulación y protección eléctrica de los motores (bombas y ventiladores), afirmando una vez más, que las torres solo disponen de una lógica de control manual.

## **5.2 Fase II: Determinar los requerimientos para la automatización y control de la operación de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.**

Descrito el proceso de manipulación y forma de operar las torres, así como también las fallas presentes; se procede con la evaluación de las variables requeridas, así como también la selección de la instrumentación, equipos y módulos I/O, necesarios para el desarrollo de la propuesta.

Los módulos de expansión y dispositivos de control estarán basados en el uso del CPU **315-2 PN/DP (315-2EH14-0AB0)** indicado por la empresa y descrito sus razones en el capítulo 2, “Alcance”.

### **5.2.1 Evaluación de las variables requeridas por el proceso.**

Todo proceso, que vaya a ser objeto de una automatización, requiere de un paso importante como lo es listar la cantidad de entradas y salidas (digitales y/o analógicas) que se requerirán para cumplir con el objetivo planteado.

En el presente informe, habiendo estudiado en la fase 1, el funcionamiento y necesidades de mejora en las torres de enfriamiento, se procede a listar las variables necesarias para luego poder realizar la lógica de control que se aplicara en las torres. En este punto se hace énfasis en que debido a que el proceso solo se controla de forma manual, se tienen algunas señales que pueden ser traducidas y convertidas en variables de estado del proceso, como es el caso de las sobre carga en los motores, pero otras tendrán que ser incorporadas, tal como las variables de posición de válvulas, nivel de agua en las torres, presión en el circuito de agua, PH en las piscina y temperatura del agua.

En la tabla1, Listado de variables en torres de enfriamiento de proceso, se presentan las variables (nombre, descripción, identificación (salida o entrada) y el tipo (discreto o analógico)), requeridas para el diseño del sistema de control en las torres de enfriamiento del proceso.

**Tabla 1 Listado de variables en torres de enfriamiento de proceso**

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Entrada/Salida</b>	<b>Tipo</b>
L_MV1	Motor ventilador N°-1	Salida	Discreta
L_MV2	Motor ventilador N°-2	Salida	Discreta
L_MV3	Motor ventilador N°-3	Salida	Discreta
L_MB1	Motor Bomba N°-1	Salida	Discreta
L_MB2	Motor Bomba N°-2	Salida	Discreta
L_MV1_OL	Indicador de Sobrecarga MV N°-1	Entrada	Discreta
L_MV2_OL	Indicador de Sobrecarga MV N°-2	Entrada	Discreta
L_MV3_OL	Indicador de Sobrecarga MV N°-3	Entrada	Discreta
L_MB1_OL	Indicador de Sobrecarga MB N°-1	Entrada	Discreta
L_MB2_OL	Indicador de Sobrecarga MB N°-2	Entrada	Discreta
L_LB1	Nivel Bajo Torre N°-1	Entrada	Discreta
L_LB2	Nivel Bajo Torre N°-2	Entrada	Discreta
L_LB3	Nivel Bajo Torre N°-3	Entrada	Discreta
L_VI1	Válvula de entrada torre N°-1	Salida	Discreta
L_VI2	Válvula de entrada torre N°-2	Salida	Discreta
L_VI3	Válvula de entrada torre N°-3	Salida	Discreta
L_VO1	Válvula de salida torre N°-1	Salida	Discreta
L_VO2	Válvula de salida torre N°-2	Salida	Discreta
L_VO3	Válvula de salida torre N°-3	Salida	Discreta
L_VR	Válvula de Regeneración	Salida	Discreta
L_VI1_PC	Posición cerrada VI torre N°-1	Entrada	Discreta
L_VI2_PC	Posición cerrada VI torre N°-2	Entrada	Discreta
L_VI3_PC	Posición cerrada VI torre N°-3	Entrada	Discreta
L_VI1_PO	Posición abierta VI torre N°-1	Entrada	Discreta
L_VI2_PO	Posición abierta VI torre N°-2	Entrada	Discreta
L_VI3_PO	Posición abierta VI torre N°-3	Entrada	Discreta

Fuente: Minguet, 2017

**Tabla 1 Cont**

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Entrada/Salida</b>	<b>Tipo</b>
L_VO1_PC	Posición cerrada VO torre N°-1	Entrada	Discreta
L_VO2_PC	Posición cerrada VO torre N°-2	Entrada	Discreta
L_VO3_PC	Posición cerrada VO torre N°-3	Entrada	Discreta
L_VO1_PO	Posición abierta VO torre N°-1	Entrada	Discreta
L_VO2_PO	Posición abierta VO torre N°-2	Entrada	Discreta
L_VO3_PO	Posición abierta VO torre N°-3	Entrada	Discreta
L_BD	Bomba de dosificación	Salida	Discreta
L_Modo_A	Selector modo Automático	Entrada	Discreta
L_TI	Temperatura Entrada agua	Entrada	Analógica
L_TO	Temperatura Salida agua	Entrada	Analógica
L_PH	PH del agua	Entrada	Analógica
L_PI	Presión de salida	Entrada	Analógica
L_VF	Válvula regulada recirculación	Salida	Analógica

Fuente: Minguet, 2017

Continuando con la presentación del listado de variables, en la tabla 2, Listado de variables de las torres de enfriamiento del sistema de vacío, se presentan las variables a emplear en las torres de enfriamiento del sistema de vacío. En este punto, es importante recordar, que debido a que el proceso en ambas torres es igual, se tendrán similitudes en cuanto a la descripción de las mismas, sin embargo, para evitar confusiones, cada variable al inicio de su nombre se identifica para el caso de las torres de enfriamiento del proceso con la letra “L”, y para las torres de enfriamiento del vacío con la letra “S”. Se utiliza en este caso la misma nomenclatura usada para la tabla 1, (nombre, descripción, identificación (salida o entrada) y el tipo (discreto o analógico)).

**Tabla 2 Listado de variables de las torres de enfriamiento del sistema de vacío**

Nombre	Descripción	Entrada/Salida	Tipo
S_MV1	Motor ventilador N°-1	Salida	Discreta
S_MV2	Motor ventilador N°-2	Salida	Discreta
S_MB1	Motor Bomba N°-1	Salida	Discreta
S_MB2	Motor Bomba N°-2	Salida	Discreta
S_MV1_OL	Indicador de Sobrecarga MV N°-1	Entrada	Discreta
S_MV2_OL	Indicador de Sobrecarga MV N°-2	Entrada	Discreta
S_MB1_OL	Indicador de Sobrecarga MB N°-1	Entrada	Discreta
S_MB2_OL	Indicador de Sobrecarga MB N°-2	Entrada	Discreta
S_LB1	Nivel Bajo Torre N°-1	Entrada	Discreta
S_LB2	Nivel Bajo Torre N°-2	Entrada	Discreta
S_VI1	Válvula de entrada torre N°-1	Salida	Discreta
S_VI2	Válvula de entrada torre N°-2	Salida	Discreta
S_VO1	Válvula de salida torre N°-1	Salida	Discreta
S_VO2	Válvula de salida torre N°-2	Salida	Discreta
S_VR	Válvula de Regeneración	Salida	Discreta
S_VI1_PC	Posición cerrada VI torre N°-1	Entrada	Discreta
S_VI2_PC	Posición cerrada VI torre N°-2	Entrada	Discreta
S_VI1_PO	Posición abierta VI torre N°-1	Entrada	Discreta
S_VI2_PO	Posición abierta VI torre N°-2	Entrada	Discreta
S_VO1_PC	Posición cerrada VO torre N°-1	Entrada	Discreta
S_VO2_PC	Posición cerrada VO torre N°-2	Entrada	Discreta
S_VO1_PO	Posición abierta VO torre N°-1	Entrada	Discreta
S_VO2_PO	Posición abierta VO torre N°-2	Entrada	Discreta
S_BD	Bomba de dosificación	Salida	Discreta
S_Modo_A	Selector modo Automático	Entrada	Discreta
S_TI	Temperatura Entrada agua	Entrada	Analógica

Fuente: Minguet, 2017

**Tabla 2 Cont**

Nombre	Descripción	Entrada/Salida	Tipo
S_TO	Temperatura Salida agua	Entrada	Analógica
S_PH	PH del agua	Entrada	Analógica
S_PI	Presión de salida	Entrada	Analógica
S_VF	Válvula regulada recirculación	Salida	Analógica

Fuente: Minguet, 2017

### 5.2.2 Determinación de la instrumentación de campo necesaria en el proceso.

Una vez establecidas las variables a emplear, las mismas deberán disponer de la instrumentación adecuada para transmitir la información, del campo al CPU. La tabla 3, instrumentación de campo, lista cada dispositivo con su descripción y cantidad. Estos dispositivos propuestos no se encuentran instalados en las torres por que será requerido su adquisición e instalación al momento de realizar la implementación.

**Tabla 3 Instrumentación de campo**

Ítem	Descripción	Cant.
01	Electroválvula 3/2 MFH Festo ® 24VDC	12
02	Posicionador SRBC Festo ® MW22A-1W	10
03	Actuador Giratorio DFPD Festo	12
04	Interruptor de nivel de agua (Flotante)	5
05	Sensor de temperatura RTD “PT-100”	4
06	Transmisor de temperatura SITRANS TH100 siemens ®	4
07	Transmisor de PH 5081 Rosemount ®	2
08	Posicionador de válvula 4-20 mA SMART ® FY301	2
09	Válvula de globo regulada Fisher EW diámetro = 4”	2
10	Transmisor de presión 2051 Rosemount ®	2

Fuente: Minguet, 2017

Detallando un poco más las funciones de cada dispositivo o elemento final de control se tienen que el primer, segundo y tercer ítem de la tabla 3, forman el conjunto de válvulas con actuador neumático y posicionador (abierto/cerrado), el cual restringirá el paso del agua a la salida y entrada de cada torre. A manera de ejemplo, la figura 6 hace referencia a un conjunto como el descrito anteriormente. Actualmente en las torres solo se encuentran instaladas válvulas tipo mariposa, a las cuales se les acoplaría a los elementos de control propuesto.



**Figura 6 Conjunto válvula, actuador y posicionador Festo**

Fuente: Festo ®, 2017

Seguidamente el cuarto ítem describe un interruptor de nivel, el cual emitirá información sobre el nivel del agua de cada una de las torres (ver figura 7). Este dispositivo solo emitirá una respuesta booleana donde es “1” para nivel correcto y “0” para nivel de operación no alcanzado. Este elemento indicador no se encuentra disponible en las torres.



**Figura 7 Interruptor de nivel de agua**

Fuente: directindustry.es, 2017

Los ítems cinco y seis forman el instrumento de medición de la temperatura tanto a la entrada y como a la salida de agua de la torre, se emplean dos por torre con el objetivo de obtener una diferencia entre lo entregado y lo recibido, pudiendo de esta forma evaluar el rendimiento de cada grupo de torres. En la figura 8, se muestra el sensor con el transmisor de temperatura propuesto.



**Figura 8 Sensor de temperatura RTD**

Fuente: tcdirect.co.uk, 2017

El ítem siete, corresponde al transmisor de PH a dos hilos, Rosemount ® el cual será el encargado de evaluar la calidad y acidez del agua de las torres, en la figura 9, se puede apreciar el modelo propuesto. Se contemplaron dos ejemplares ubicados en cada circuito de agua de cada torre.



**Figura 9 Transmisor PH 5081 Rosemount**

Fuente: Rosemount ®, 2017

Los ítems ocho y nueve forman el conjunto de la válvula de control, la cual está constituida por la válvula y un posicionador con actuador neumático. Esta válvula está destinada a mantener la presión de trabajo requerida por el sistema, su función principal consistirá en poner en recirculación el agua del circuito, a medida que la presión aumente. La figura 10, muestra el actuador con la válvula y la figura 11, el posicionador necesario para el control de regulación.



**Figura 10 Conjunto válvula de control, actuador**

Fuente: Emerson.com, 2017



**Figura 11 Posicionador SMART FY301**

Fuente: smar.com, 2017

Finalmente, el ítem diez, es un transmisor de presión manométrica con una señal de salida a dos hilos, el mismo será empleado para realizar el control proporcional de la válvula de control en la modalidad de recirculación del circuito de agua, manteniendo una presión de trabajo estable, la figura 12 muestra el modelo referencial del transmisor.



**Figura 12 Transmisor de presión 2051 Rosemount**

Fuente: Rosemount, 2017

### 5.2.3 Configuración de los módulos I/O y comunicación necesarios para el proceso.

En base al listado de las variables empleadas en cada grupo de torre, se establece en la tabla 4, computo de variables, la agrupación y cantidad por cada tipo, simplificado la búsqueda y selección de los módulos necesarios.

Tipo	Modo	Cantidad
Discreta	Entrada	<b>36</b>
Discreta	Salida	<b>23</b>
Analógica	Entrada	<b>07</b>
Analógica	Salida	<b>02</b>
<b>Total</b>		<b>66</b>

Fuente: Minguet, 2017

Establecidas la cantidad de variables por modo y tipo, se seleccionaron los módulos de I/O más adecuados a las necesidades de la propuesta. En la tabla 5, módulos requeridos, se detalla la cantidad de variables por tipo, el modelo referencial y la marca.

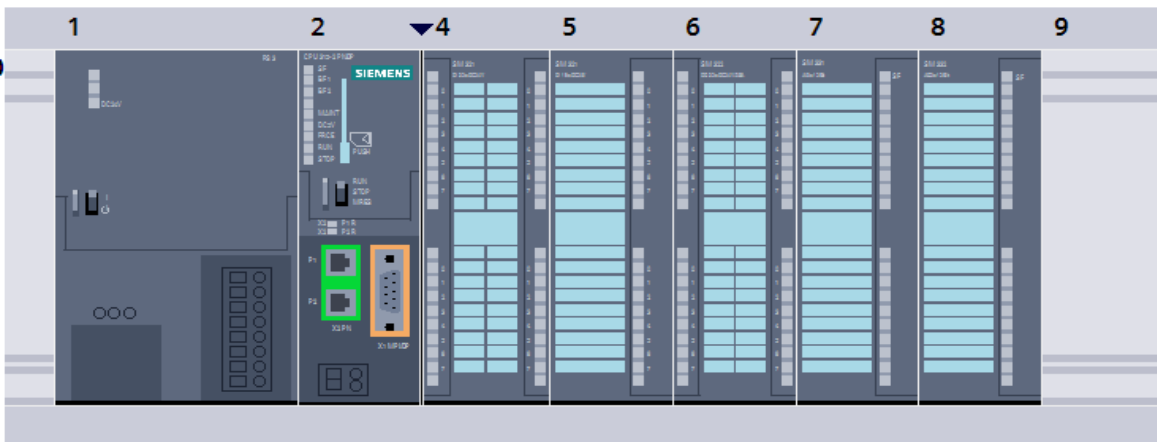
Ítem	Variables	Modulo	Marca
01	DI 32X24VDC	6ES7-321-IBL00-0AA0	Siemens
02	DI 16X24VDC	6ES7-321-7BH01-0AB0	Siemens
03	DO 32X24VDC 0,5A	6ES7-322-IBH01-0AA0	Siemens
04	AI 8X12BIT	6ES7-331-7KF02-0AB0	Siemens
05	AO 2x12BIT	6ES7 332-5HB01-0AB0	Siemens
05	PS-307-10A	6ES7-307-1KA02-0AA0	Siemens

Fuente: Minguet, 2017

Esta línea de acción concluye con la distribución del CPU 315-2 PN/DP y los módulos listados en la tabla 5, para ello en la figura 13, vista de dispositivos, se ubican en un riel DIN

modelo 6ES7390-1AE80-0AA0 especial para CPUs S7-300, cada dispositivo en el siguiente orden:

1. Fuente de poder PS-307.
2. CPU 315-2 PN/DP.
3. Reservado para módulo de comunicación adicional.
4. Módulo de 32 entradas discretas.
5. Módulo de 16 entradas discretas.
6. Módulo de 32 salidas discretas.
7. Módulo de 8 entradas analógicas
8. Módulo de 2 salidas analógicas.



**Figura 13 Vista de dispositivos**

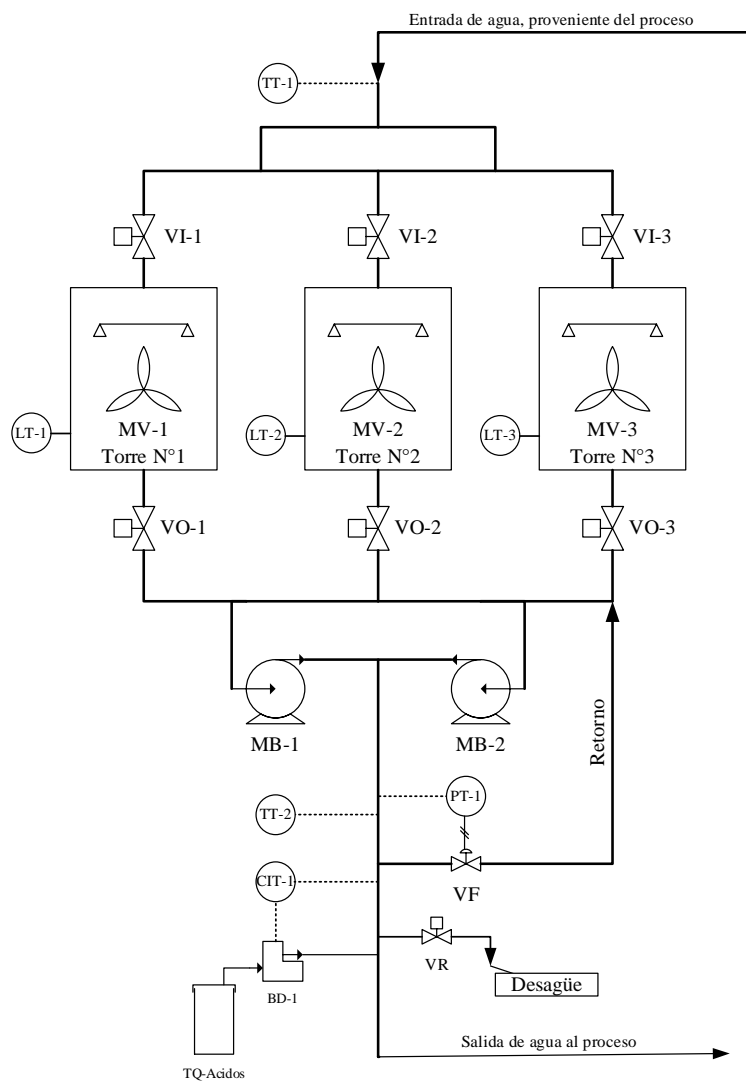
Fuente: Minguet, 2017

### **5.3 Fase III: Diseñar el sistema de automatización y control de las torres de enfriamiento del sistema de servicios industriales de la empresa IOCE, C.A.**

En esta fase final, se presenta el diseño de la automatización la cual fue el objeto de estudio, a su vez se muestra un diagrama con la lógica de control, así como también, las pantallas del sistema SCADA durante el proceso de compilación y simulación, finalmente los planos de ingeniería con los diferentes esquemas de conexión de control y potencia, y la distribución de dispositivos en el tablero.

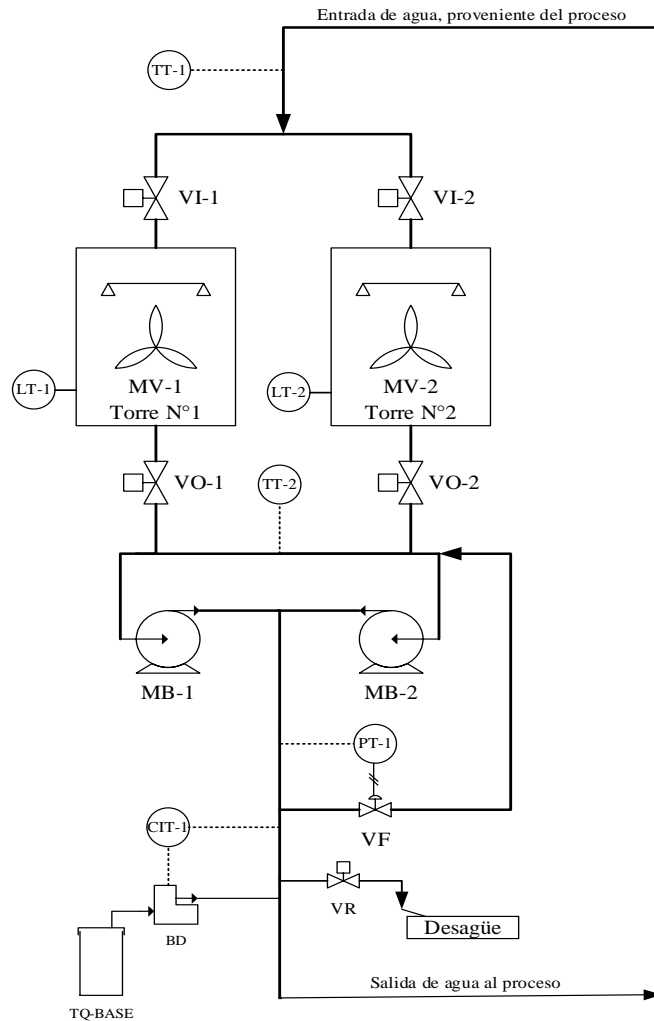
### 5.3.1 Diseño del sistema de automatización y control.

Para facilitar la comprensión del funcionamiento de las torres de enfriamiento, en la figura 14, diagrama de torres de enfriamiento del proceso, y en la figura 15, diagrama de torres de enfriamiento del sistema de vacío, se muestra la interconexión entre los distintos instrumentos de transmisión (temperatura, nivel, presión, PH), las válvulas de control (on/off y regulables), las tuberías y los equipos de potencia (motores).



**Figura 14 Diagrama de torres de enfriamiento del proceso**

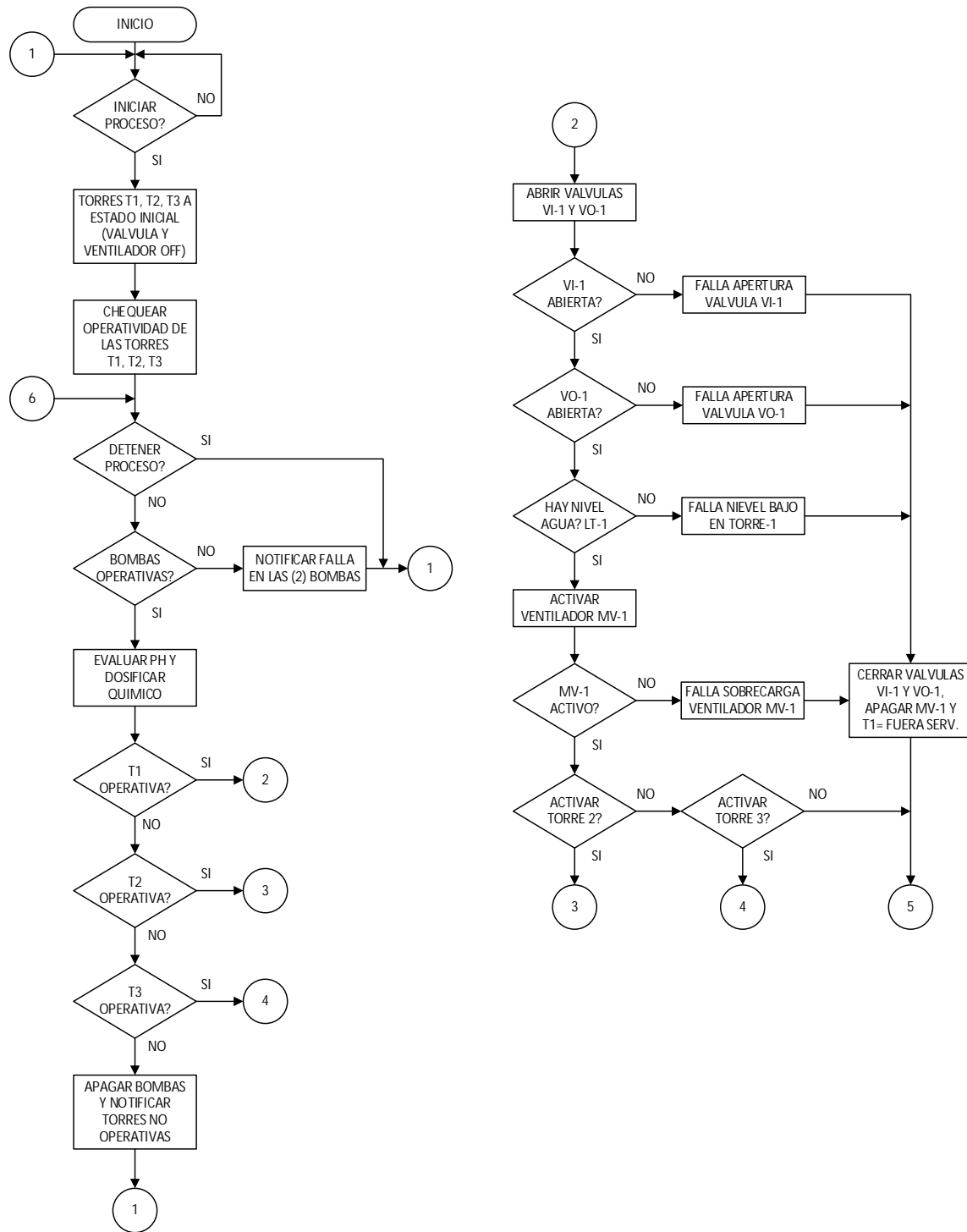
Fuente: Minguet, 2017



**Figura 15 Diagrama de torres de enfriamiento del vacío**

Fuente: Minguet, 2017

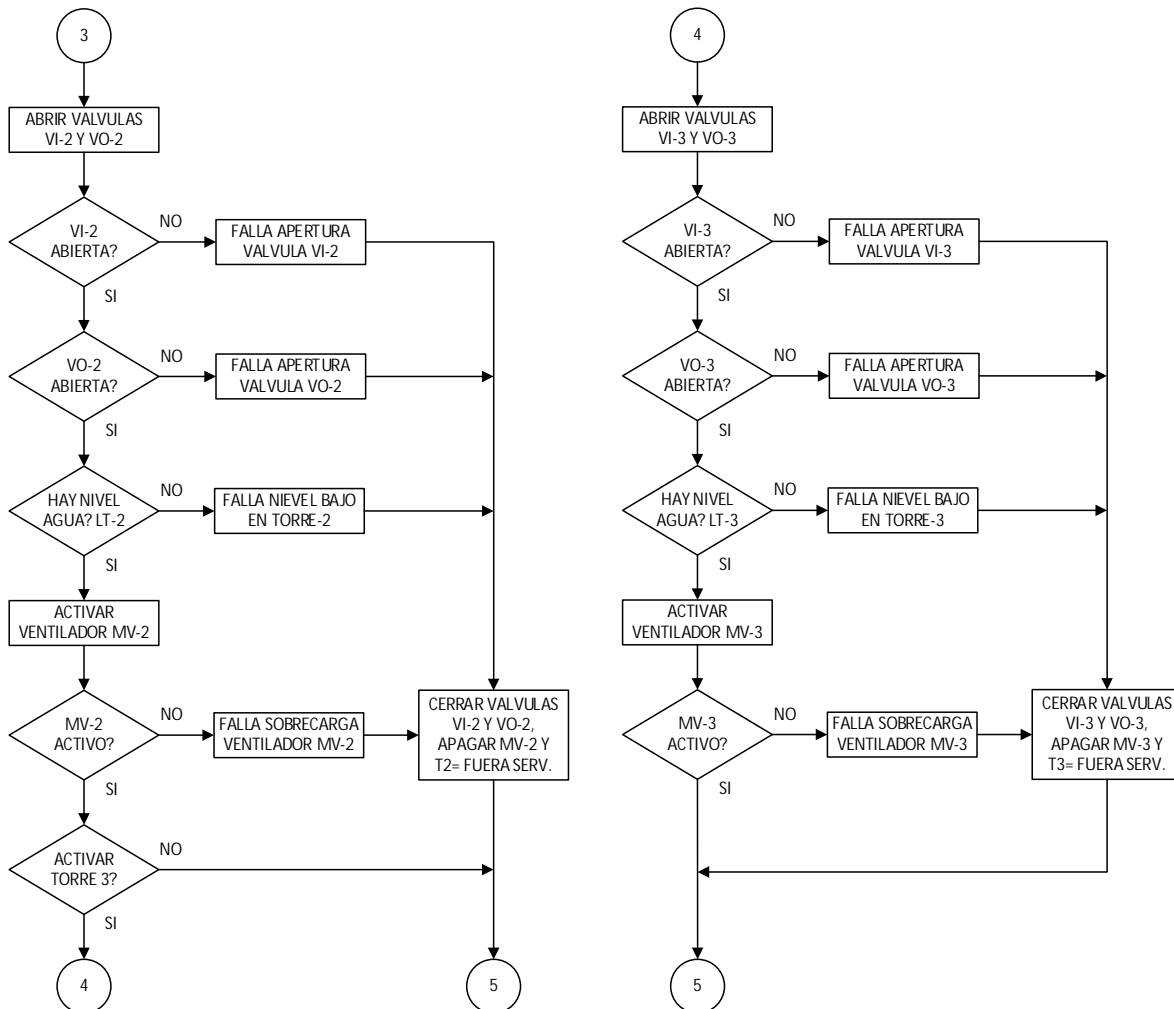
Continuando con el diseño de la lógica de control, se presenta el diagrama de flujo de la programación del CPU, figuras 16, 17 y 18. La secuencia inicia en la figura 16, colocando todo el sistema a su estado inicial, todo apagado y válvulas cerradas, seguidamente se verifica la operatividad de las torres (válvulas, nivel de agua y ventiladores), paso siguiente, se verifica si hay alguna bomba disponible para su posterior activación, completada la rutina de chequeo e inicialización se procede con la activación de la torre que se encuentre en estado operativa, comenzando siempre en orden ascendente la selección.



**Figura 16 Diagrama de flujo de la lógica de control (inicialización y selección)**

Fuente: Minguet, 2017

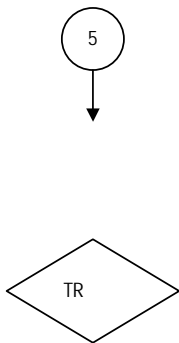
El punto de inicio “2” del diagrama de bloques mostrado en la figura 16, corresponde al proceso de arranque de la torre, el mismo parte desde una orden de apertura de válvulas, luego se verifica si las válvulas abrieron, en caso afirmativo se activa el ventilador y posteriormente se pregunta si es necesario activar una segunda torre, que puede ser la torre 2 o la torre 3, esto varía según la disponibilidad de las mismas. Esta configuración de operación, se describe de igual forma para el punto de inicio “3” y “4” detallados en el diagrama mostrado en la figura 17.



**Figura 17 Diagrama de flujo de la lógica de control (activación de torres)**

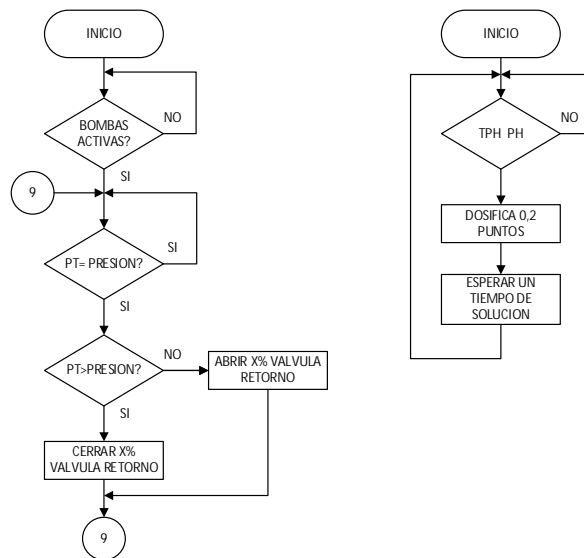
Fuente: Minguet, 2017

Activada la torre, se llega al punto de inicio “5” detallado en el diagrama mostrado en la figura 18, donde se inicia con el encendido de las bombas bien sea la bomba 1 o la 2 esto variara según la disponibilidad. Encendida la bomba, se realiza una operación aritmética en donde se evalúa la diferencia entre la temperatura de salida y la temperatura de set-point contra el delta de temperatura establecido por el operador, a medida que la temperatura aumente esta diferencia será cada vez mayor superando en múltiplos de dos y tres el delta establecido; por cada salto en múltiplo se activa una torre adicional hasta alcanzar para el caso de las torres de proceso el máximo de tres torres en operación.



En caso de ocurrir alguna falla, la misma identifica el problema y tiene pre-establecida una acción, bien sea de control para corregir, o notificación mediante alertas audiovisuales. Los diagramas de flujo presentados, son aplicables tanto para las torres de enfriamiento del proceso, como para las torres de enfriamiento del sistema de vacío. Para este último caso, como la tercera torre no existe actualmente, por medio de la programación del código se establecerá su estado como fuera de servicio.

Finalmente, el diseño de la lógica de control culmina con los diagramas de flujo mostrados en la figura 19, teniendo en su parte izquierda, un control proporcional para el manejo de la presión requerida en el sistema. Esta lógica se inicia siempre y cuando este activa alguna de las bombas, seguidamente se compara la presión actual con la requerida, en caso de presentar diferencia se abre o cierra de forma proporcional la válvula de retorno. Concluyendo en la parte derecha de la figura 19, se detalla el control de PH del agua, el cual compara el PH recibido por la señal del transmisor contra el valor configurado por el operador, en caso de presentar un bajo PH “agua acida”, se añadirá de forma proporcional un producto base como el bicarbonato sódico, con lo cual se consigue aumentar su alcalinidad hasta encontrar un equilibrio. El PH para un agua estable debe estar alrededor de 7,6 puntos.



**Figura 19 Diagrama de flujo de la lógica de control (control de presión y PH)**

Fuente: Minguet, 2017

### 5.3.2 Programación estructurada de la lógica de control

Una programación estructurada, es una forma de programación organizada, la cual consiste en la ejecución cíclica de un bloque principal como lo es el OB1 para autómatas Siemens, este bloque realiza llamadas a bloques de función (FB o FC) donde se alojarán fragmentos del código realizado. El uso de este tipo de programación facilita una rápida comprensión del programa, y la corrección de fallas en poco tiempo pues se analiza una parte del código en vez del programa completo.

Es por ello que, en la presente propuesta la programación fue realizada bajo esta modalidad, empleando un tipo de lenguaje bastante conocido en el campo industrial, como lo es el lenguaje escalera o KOP, como se conoce en Siemens. En cuanto a la herramienta para el diseño se utilizó la herramienta TIA portal V14 sp1.

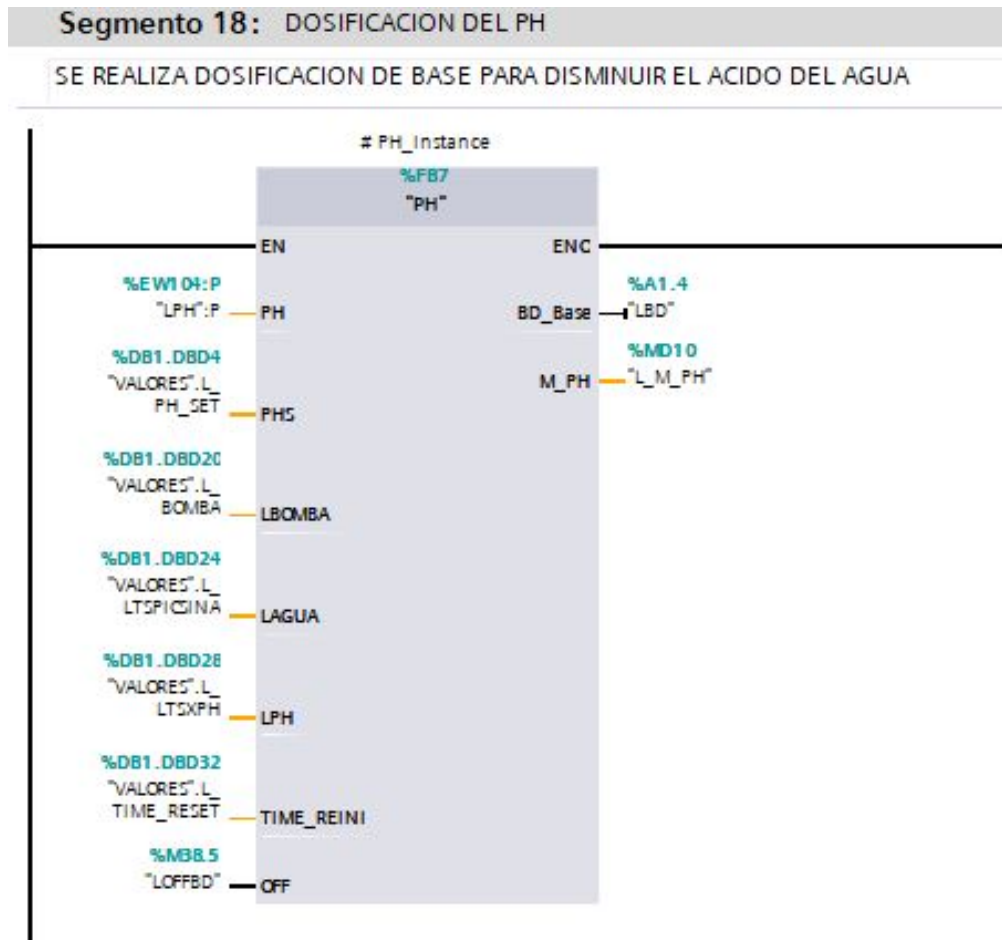
El código del CPU, presenta en el bloque OB1, cuatro segmentos, el primero de ellos hace referencia al bloque función “Proceso”, este bloque, contienen toda la secuencia de operación del grupo de torres de enfriamiento del proceso. Seguidamente el segmento 2 realiza un llamado al bloque función “Vacío” dentro de este bloque se tiene toda la secuencia de operación de las torres de enfriamiento del vacío. Ambos grupos presentan el mismo comportamiento en cuanto a lógica se refiere, pero con valores de parámetros diferentes. Los segmentos restantes solo contemplan la lógica de apagado.

El anexo B, código de programa, muestra en detalle el código descrito, sin embargo, para una mayor comprensión se explicarán a continuación, las funciones de mayor relevancia presentes en el código:

**FC1 CAL\_TEMP** (ver figura 20), es un bloque de función sin memoria el cual solo realiza el escalamiento de las variables de temperatura de entrada y salida del proceso, seguidamente toma el valor resultado del escalamiento de la temperatura de salida y saca la diferencia contra el valor del setpoint, generando a la salida un delta de temperatura, el cual será posteriormente empleado por el bloque de selección de torres, por otro lado el resultado del escalamiento de la temperatura de ingreso solo se utiliza para visualización y graficas de rendimiento de trabajo.



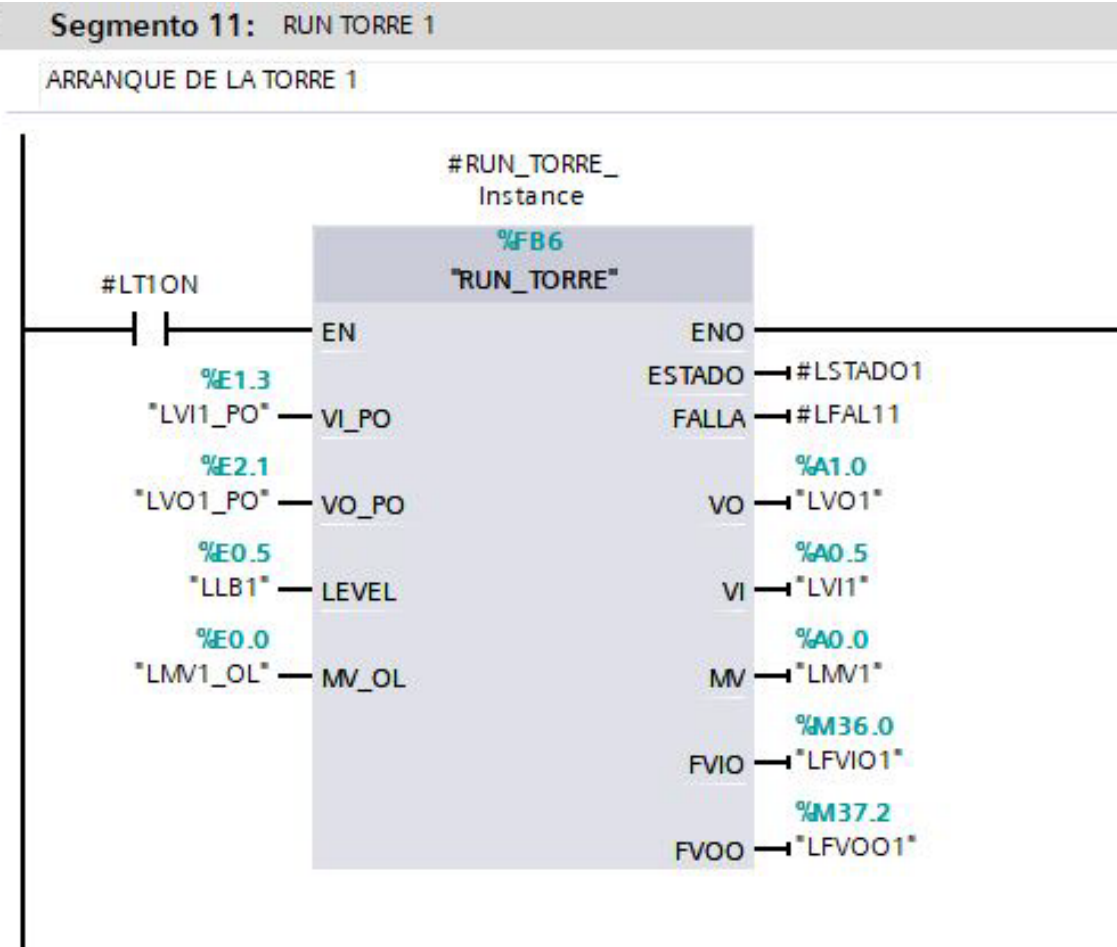
**FB7 PH** (ver figura 22), este bloque recibe la señal de la variable PH, la cual conjuntamente con otros parámetros, como lo son el volumen de agua en litros presentes en el circuito de torres, la capacidad de la bomba de dosificación en l/h y la relación de dosificación para la base o aditivo que se vaya a usar en el momento. Estos últimos parámetros se encuentran guardados en el bloque DB1 “Valores”. Para la presente propuesta este bloque solo realiza la adición de la base para aumentar el PH, en caso contrario, que se necesite es disminuirla se deberá reprogramar este bloque. Es importante resaltar que en el proceso las torres bajo estudio tienden a presentar es un bajo PH.



**Figura 22 FB7 PH**

Fuente: Minguet, 2017

**FB6 RUN\_TORRE** (ver figura 23), es el bloque encargado de realizar el arranque de la torre, partiendo del estado de “operativa” de la misma, si es afirmativo emite la acción de apertura de válvulas, seguidamente se espera un tiempo de ejecución y se verifica si la tarea de apertura se realizó correctamente, en caso de presentar falla se emite una orden de desactivación de torre y apagado tanto de válvulas como del ventilador, este bloque siempre estará evaluando la posición de las válvulas, nivel de agua correcto y estado de operatividad del motor del ventilador.



**Figura 23 FB6 RUN\_TORRE**

Fuente: Minguet, 2017

### **5.3.3 Desarrollo e integración de una interfaz gráfica empleando un sistema SCADA**

En esta etapa, se desarrolló la interfaz de la lógica programada en el PLC a la que tendrá acceso el operador de turno del área de servicios industriales, conjuntamente con el supervisor y analista de producción. Dicha interfaz brindará una forma de operar remotamente el proceso, pudiéndose conocer en todo momento el estado de operatividad de cada torre, ver además las tendencias o variaciones a lo largo del tiempo que presenta la variable de interés, en este caso la temperatura. Así como, las fallas que se han generado, ayudando a simplificar el trabajo de operación, supervisión y mantenimiento, y garantizando la calidad del servicio lo que a su vez se traducirá en garantizar la calidad del producto final.

EL programa SCADA utilizado para el diseño y ejecución de la interfaz es el Intouch 2014 R2 de la empresa española Wonderware®, una herramienta bastante completa, robusta y ampliamente usada en la industria. Además del SCADA fue requerido, para el proceso de simulación, el programa SIMATIC PLCSIM (simulador del CPU S7-300 315-2 PN/DP), el NetToPLCsim (interfaz de comunicación entre el PLC virtual y DASSIDirect), y el DASSIDirect 1.0 (Interfaz de comunicación entre Intouch y NetToPLCsim).

La interfaz cuenta con colores neutro en general y colores resaltantes para alarmas y eventos de importancia, basando su diseño en los últimos estándares en cuanto a diseño de SCADA se refiere, por lo que resulta amigable e intuitivo para el operador. La resolución de pantalla para la correcta visualización es de 1366x768 pixeles.

El SCADA inicia con la validación del usuario (operador o supervisor), este primer paso define el nivel de acceso, que para el caso del operador tendrá algunas funciones avanzadas inhabilitadas mientras que el supervisor tendrá el control total de la aplicación. Entre algunas funciones consideradas avanzadas podemos mencionar el volumen en litros, tiempos de acción de las válvulas, entre otras funciones. Esta pantalla contempla el nombre del programa, el logo de la empresa, así como su nombre y actividad comercial, fecha y hora. La figura 24, Interfaz de ingreso al sistema, muestra la captura de pantalla realizada a la aplicación.



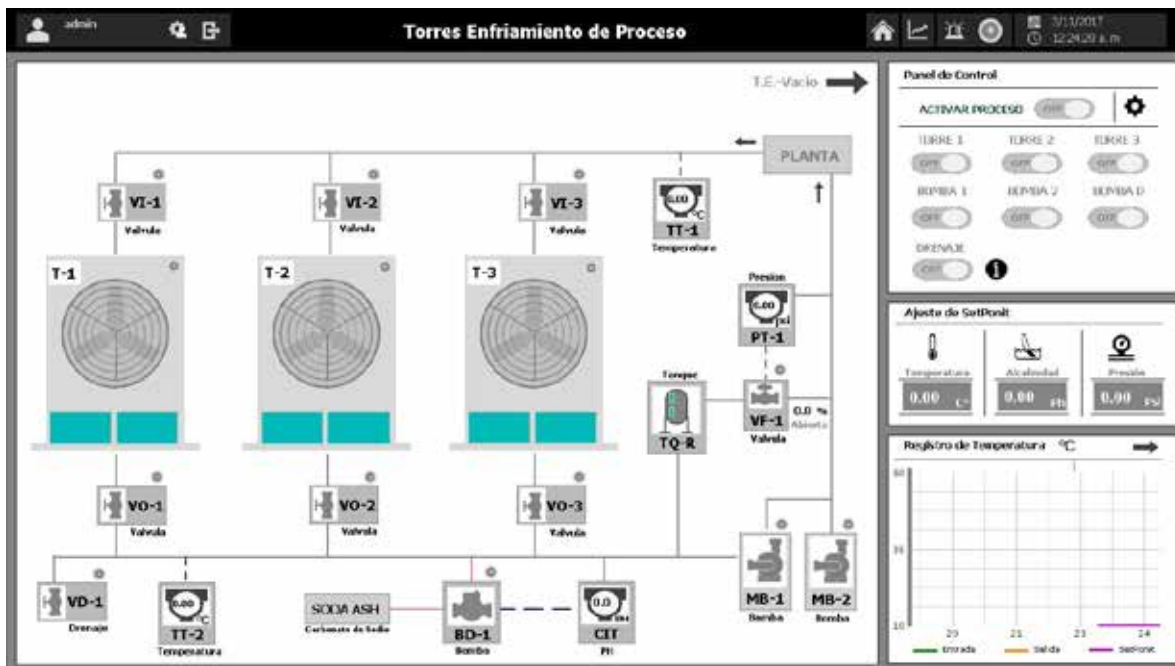
**Figura 24 Interfaz de ingreso al sistema**  
Fuente: Minguet, 2017

Seguidamente, llegamos a la pantalla de menú, donde el usuario podrá seleccionar el proceso que desea monitorear, controlar o configurar, (ver figura 25) esta pantalla dispone de una barra superior para la navegación e información del usuario iniciado, indicando además la hora y fecha, alarmas activas, título del proceso y enlaces directos al menú principal e historial de alarmas.



**Figura 25 Interfaz menú principal**  
Fuente: Minguet, 2017

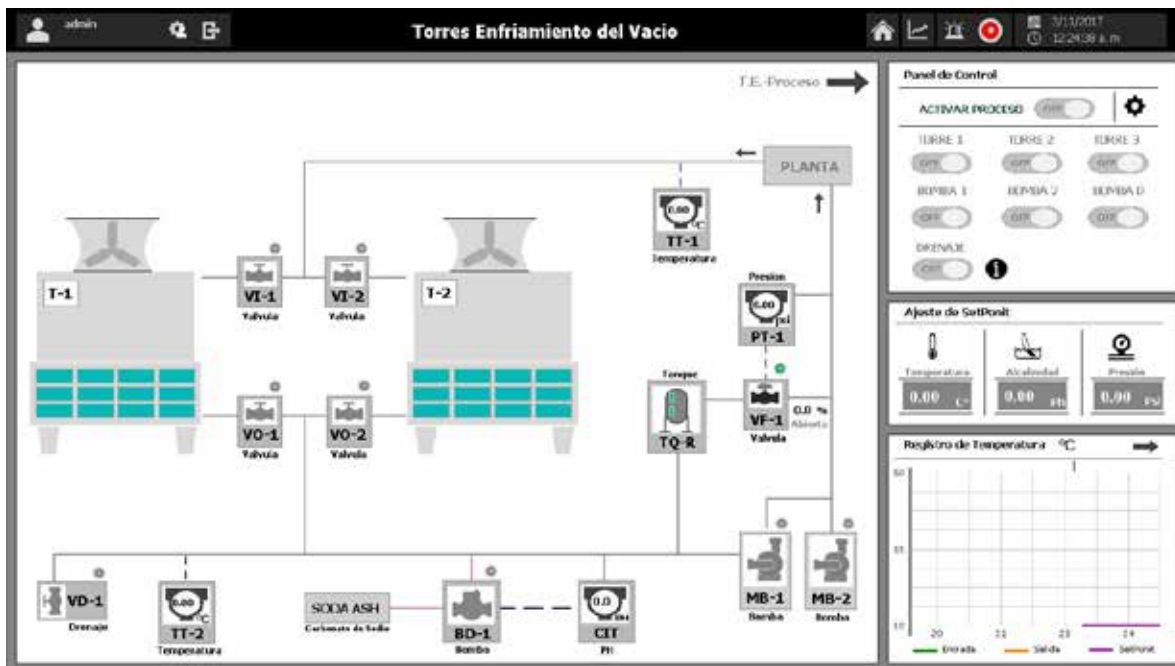
Al seleccionar la primera opción del menú, la cual se identifica con el icono de una torre de enfriamiento tiro cruzada y etiquetada “proceso” observamos la pantalla mostrada en la figura 26, Torres de enfriamiento del proceso. Esta pantalla tiene tres áreas una principal donde solo se visualiza el proceso, la segunda área, ubicada en el lateral superior derecho y etiquetada como panel de control, tiene los botones de acción para la manipulación y control de cada torre, bomba de agua y dosificación, así como la activación del drenaje. Dentro del mismo panel hay un icono en forma de engranaje, el cual despliega el menú de configuración de parámetros del proceso como lo son; la temperatura, el valor del PH y la presión. Concluye esta con la tercera área titulada registro de temperatura, esta es una gráfica tendencia que describe el comportamiento de la variable en un periodo de una hora.



**Figura 26** Interfaz torres de enfriamiento del proceso

Fuente: Minguet, 2017

Finalmente tenemos en la figura 27, Torres de enfriamiento del vacío, la pantalla para el manejo del segundo grupo de torres, de igual forma que la pantalla anterior “figura 26” se dispone de tres áreas; proceso, control y tendencias, las cuales realizan las mismas funciones ya descrita, pero con parámetros diferentes.



**Figura 27 Interfaz torres de enfriamiento del vacío**

Fuente: Minguet, 2017

### 5.3.4 Elaboración de planos de ingeniería.

Finalmente, se elaboraron los planos de ingeniería, los cuales están conformados por dos grupos (potencia y control) y se pueden apreciar en el anexo C. Cabe destacar que los planos de potencia no fueron elaborados sino facilitados por el Ing. Fernando Botello coordinador de instrumentación y control el cual perteneciente al departamento de Mantenimiento. Los mismos sirvieron de apoyo para la realización del segundo grupo de planos “control”, en estos se detallan las conexiones de entrada y salida de los diferentes módulos indicados previamente y que forman parte de la presente propuesta.

## CONCLUSIONES

La culminación de este informe de pasantías satisface las expectativas generadas al comienzo de este proyecto, en cuanto a diseño, elaboración y simulación de la programación realizada para el mejoramiento de las torres de enfriamiento de la empresa IOCE, C.A. Durante el desarrollo de las fases planteadas, el pasante pudo diagnosticar la problemática que se presentaba en la empresa en cuanto al control y manipulación de las torres, por medio de observación directa sobre el proceso y entrevistas con los operadores y supervisores del área, evidenciando la necesidad de realizar una implementación de control basada en un PLC, el cual fue un requerimiento realizado por IOCE, C.A., y dando uso al dicho CPU es el 315-2 PN/DP de Siemens ®, también sugerido por la empresa.

Seguidamente se determinaron las variables involucradas en el proceso, la instrumentación y equipos de campo, al igual que la configuración de los módulos de entradas y salidas discretas y analógicas. Como tercera y última fase se presentó una lógica de control representada mediante diagramas de flujos, Una programación estructurada para ser usada por el CPU seleccionado, destacando el uso del lenguaje escalera, lo cual facilita la lectura e entendimiento por personal del área. Finalmente, la fase concluye con el diseño y configuración de una interfaz que ayudará a supervisar, monitorear y controlar las torres de enfriamiento.

En otro orden de ideas, es preciso mencionar que el objeto estudio fue de gran provecho y beneficio para el pasante, ya que el mismo amplió sus conocimientos en cuanto a torres de enfriamiento se refiere, sus tipos, ventajas, desventajas, y aplicaciones, entre otras. Al igual que la experiencia obtenida con el manejo de las diferentes herramientas de softwares como lo fueron el TIA Portal, Intouch Wonderware, PLCSIM y Autocad. Se concluye finalmente que la propuesta ofrecida por el pasante cumplió con el objetivo general el cual consistió en la propuesta de una automatización y control de las torres de enfriamiento, del sistema de servicios industriales en la empresa IOCE, C.A. al igual que con los objetivos específicos.

## RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta las experiencias obtenidas durante la investigación, estudio y diseño se recomiendan tomar las siguientes medidas al momento de la implantación:

- Realizar la instalación de las electroválvulas, actuadores rotativos y posicionadores en cada una de las válvulas que se encuentran actualmente en sitio.
- Adquirir, instalar y configurar los módulos de entradas y salidas (analógicas y discretas) indicados en la fase II.
- Adquirir, instalar y configurar los sensores y transmisores de temperatura, PH, presión, y el interruptor de nivel en cada grupo de torres según ubicación presentada en los diagramas de las figuras 14 y 15.
- Realizar la instalación de un punto de red ethernet para establecer la comunicación entre el PLC y el sistema SCADA. Tomando en consideración las normas para tendido de cable estructurado en entornos industrial.
- Disponer de un computador en las siguientes características: salida de video con una resolución de 1366x768 pixeles, RAM 4GB o superior, DDH 500GB o superior, adaptador de red 100 Mbs y procesador dual core o superior, para la instalación del sistema SCADA
- Incluir dentro del cronograma de manteniendo preventivo los dispositivos de instrumentación, así como verificar, el correcto funcionamiento de cada módulo y CPU, con el objetivo de alargar el tiempo de vida útil de los equipos de control, de esta forma también se garantiza la continuidad de operación en la prestación del servicio de enfriamiento al proceso productivo de la empresa IOCE, C.A.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta y Matthey (2012), **Diseño e implementación de un sistema de control para la automatización de una maquina envasadora en la compañía alimentos Linomega C.A.** Trabajo de grado. Universidad de Nueva Esparta,

Arias, F (2006), **El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica** (6ta edición). Caracas, Venezuela. Editorial Episteme.

Bavaresco, A. (2006), **Proceso Metodológico en la Investigación.** (Cómo hacer un diseño de investigación). Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia. (6ta. edición).

Gómez (2015), **Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control distribuido a través de la nube, de micro-unidades de regulación de humedad y temperatura para invernaderos.** Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador

Rosemount (2017), **Transmisor de presión 2051** <http://www2.emersonprocess.com/es-es/brands/rosemount/pressure/pressure-transmitters/2051-pressure-transmitters/pages/index.aspx>

Rosemount (2017), **Transmisor de PH 5081**, <http://www2.emersonprocess.com/es-ES/brands/rosemountanalytical/Liquid/Instruments/5081/Pages/index.aspx>

Salas C (2017), **Torres de enfriamiento, tipos y clasificación. Universidad de los Andes de Venezuela** <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/csalas/OPIV/torres1.pdf>

Siemens ® (2017), **CPUs S7-300**, <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/cpu/Pages/Default.aspx>

SMART (2017), **Posicionador FY301**, <http://www.smar.com/en/product/fy301-smart-valve-positioner>

Zerpa y Sandoval (2015), **Desarrollo de experiencias didácticas basadas en la programación estructurada con PLC Siemens y la inclusión de una red multipunto MPI para la asignatura de automatización industrial de la universidad José Antonio Páez** Universidad José Antonio Páez.

## **ANEXO A**

### **Guion entrevista operadores**

- 1) ¿Cuánto tiempo de experiencia tienes trabajando con torres de enfriamiento?
- 2) ¿Cómo describiría usted que es la operación y manipulación de las torres?
- 3) ¿Qué fallas considera usted que presentan las torres, en cuanto automatización se refiere?
- 4) ¿Qué mejoras consideras, son necesarias realizar para mejorar el funcionamiento de las torres?

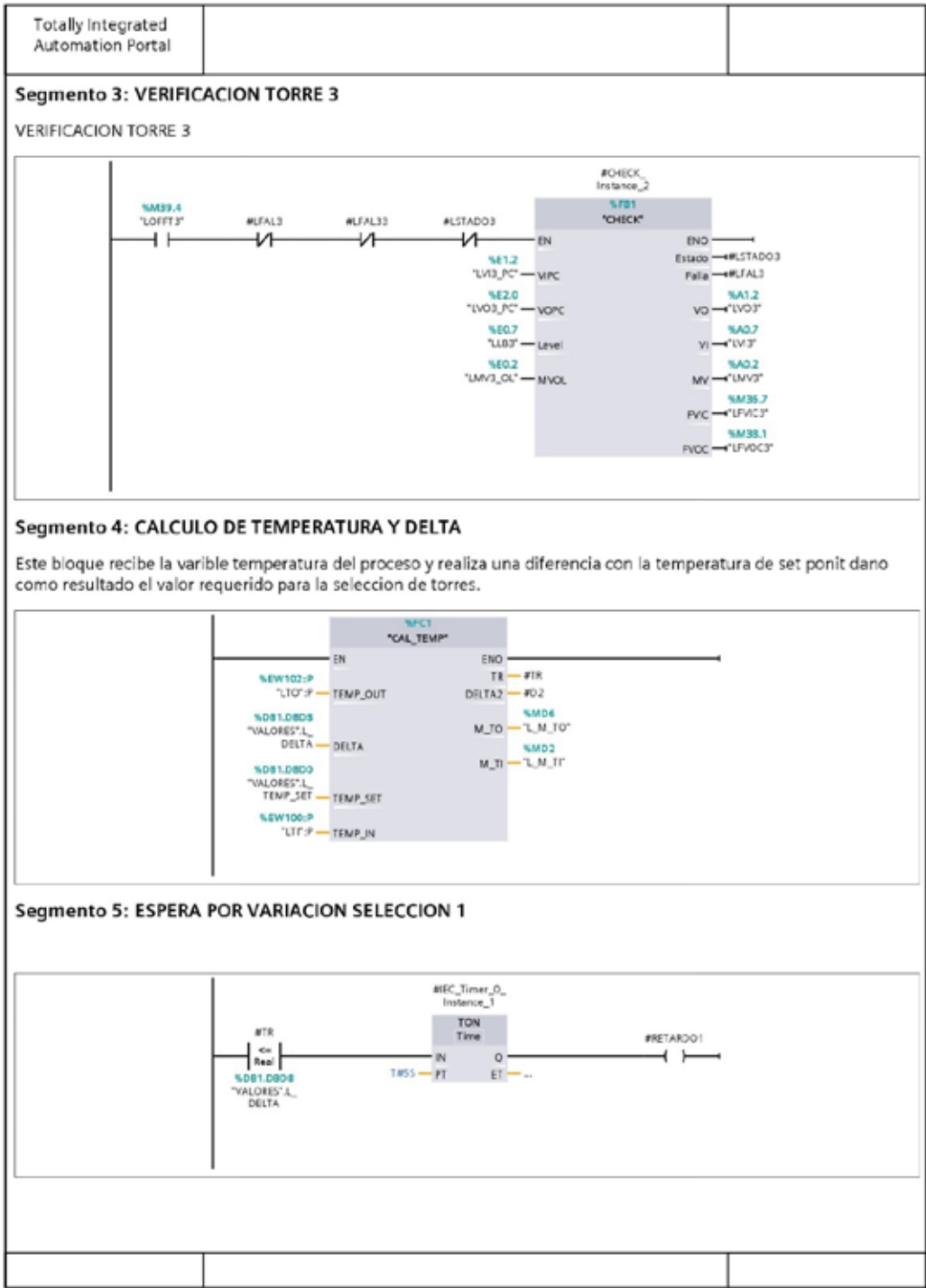
## ANEXO B

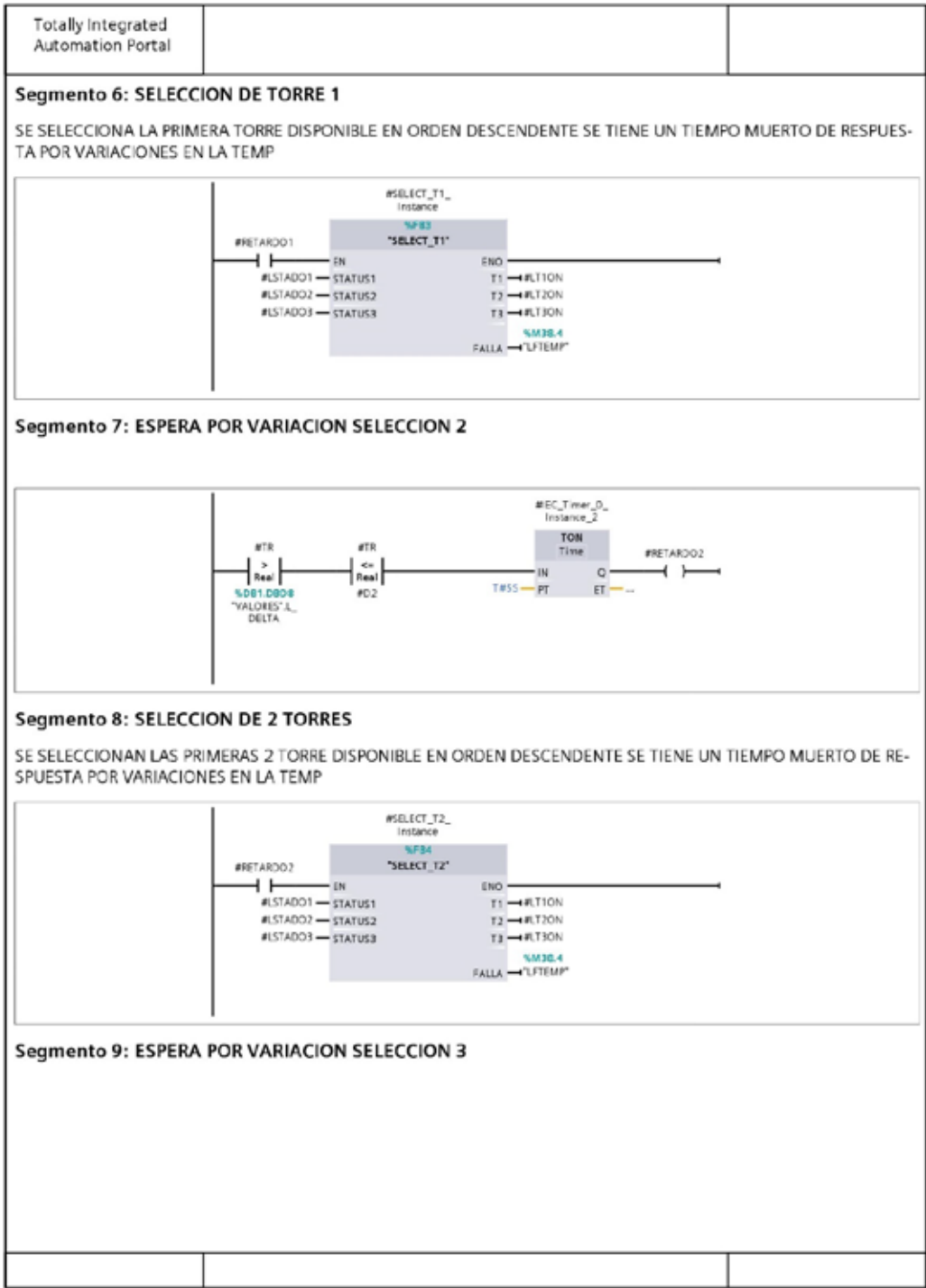
### Código de Programa

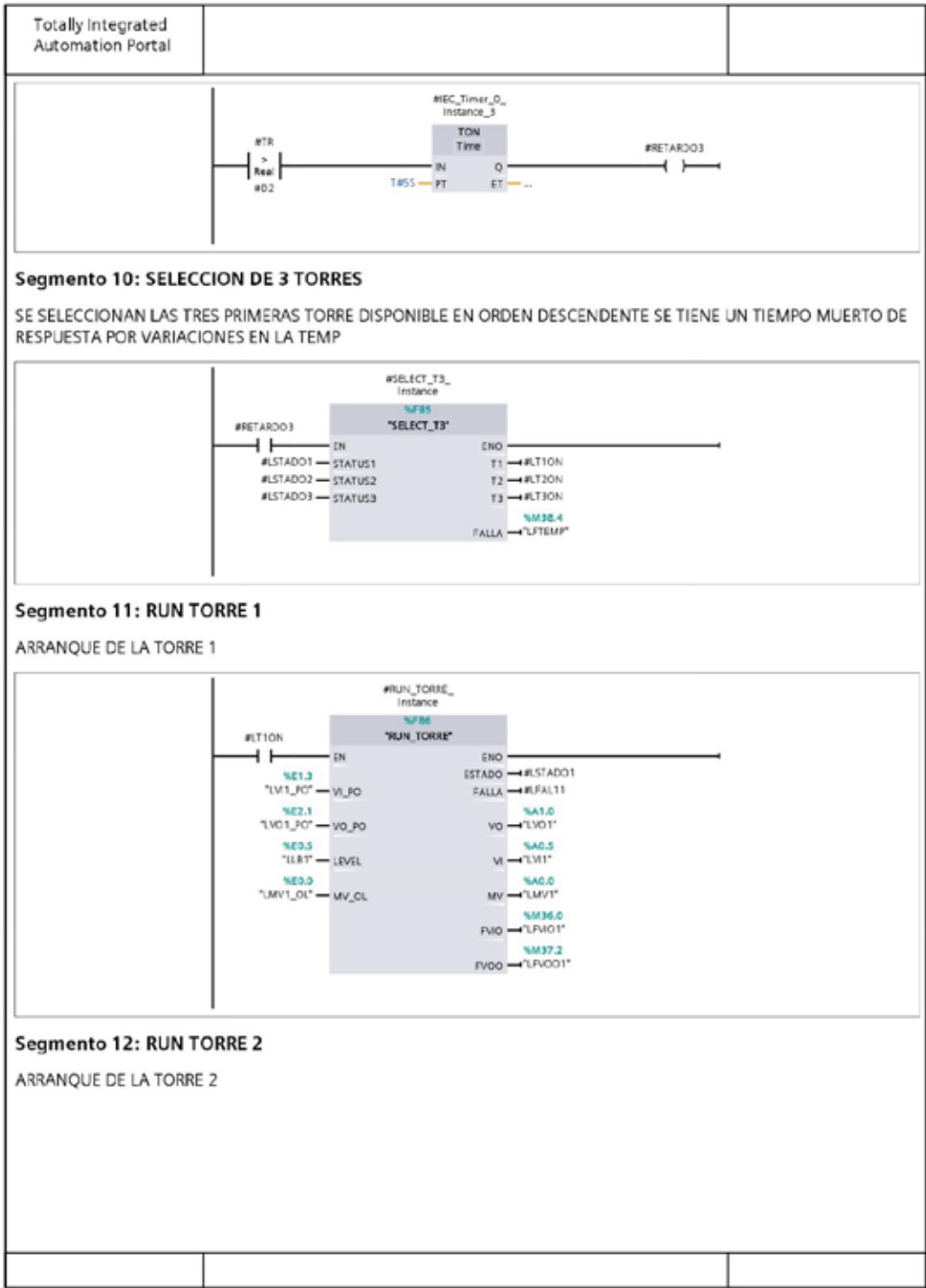
Totally Integrated Automation Portal																																																																	
<p><b>Main [OB1]</b></p> <p><b>Main Propiedades</b></p> <p><b>General</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Nombre</td> <td>Main</td> <td style="width: 25%;">Número</td> <td>1</td> <td style="width: 25%;">Tipo</td> <td>OB</td> </tr> <tr> <td>Idioma</td> <td>KOP</td> <td>Numeración</td> <td>Manual</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Información</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Título</td> <td>"Main Program Sweep (Cycle)"</td> <td style="width: 25%;">Autor</td> <td></td> <td style="width: 25%;">Comentario</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Familia</td> <td></td> <td>Versión</td> <td>0.1</td> <td>ID personalizada</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Nombre</th> <th style="width: 25%;">Tipo de datos</th> <th style="width: 25%;">Valor predet.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">▼ Temp</td> </tr> <tr><td>OB1_EV_CLASS</td><td>Byte</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_SCAN_1</td><td>Byte</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_PRIORITY</td><td>Byte</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_OB_NUMBR</td><td>Byte</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_RESERVED_1</td><td>Byte</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_RESERVED_2</td><td>Byte</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_PREV_CYCLE</td><td>Int</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_MIN_CYCLE</td><td>Int</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_MAX_CYCLE</td><td>Int</td><td></td></tr> <tr><td>OB1_DATE_TIME</td><td>Date_And_Time</td><td></td></tr> <tr><td>Constant</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p><b>Segmento 1:</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> </div> <p><b>Segmento 2:</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> </div> <p><b>Segmento 3:</b></p>			Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP	Numeración	Manual			Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizada		Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	▼ Temp			OB1_EV_CLASS	Byte		OB1_SCAN_1	Byte		OB1_PRIORITY	Byte		OB1_OB_NUMBR	Byte		OB1_RESERVED_1	Byte		OB1_RESERVED_2	Byte		OB1_PREV_CYCLE	Int		OB1_MIN_CYCLE	Int		OB1_MAX_CYCLE	Int		OB1_DATE_TIME	Date_And_Time		Constant		
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB																																																												
Idioma	KOP	Numeración	Manual																																																														
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario																																																													
Familia		Versión	0.1	ID personalizada																																																													
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.																																																															
▼ Temp																																																																	
OB1_EV_CLASS	Byte																																																																
OB1_SCAN_1	Byte																																																																
OB1_PRIORITY	Byte																																																																
OB1_OB_NUMBR	Byte																																																																
OB1_RESERVED_1	Byte																																																																
OB1_RESERVED_2	Byte																																																																
OB1_PREV_CYCLE	Int																																																																
OB1_MIN_CYCLE	Int																																																																
OB1_MAX_CYCLE	Int																																																																
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time																																																																
Constant																																																																	

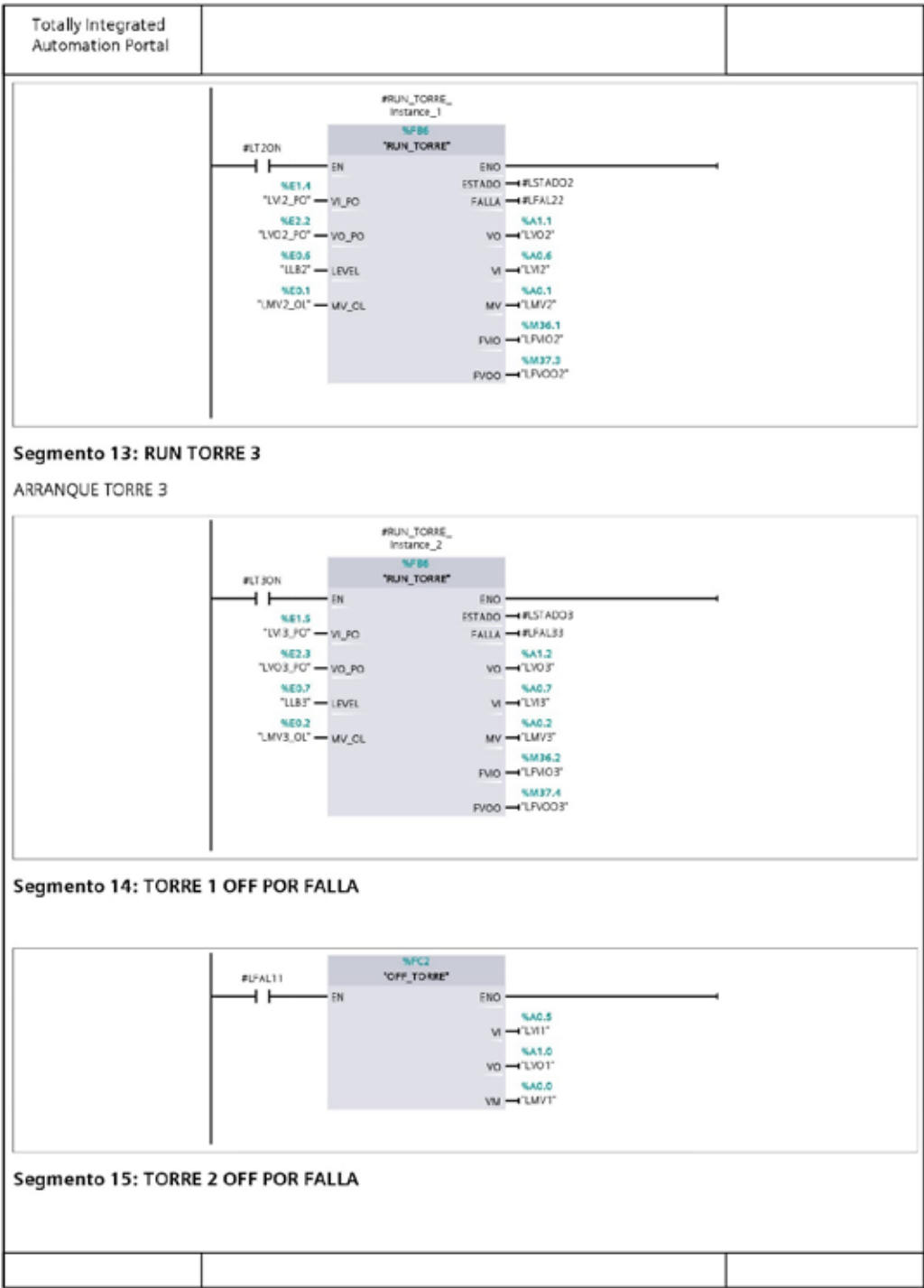
Totally Integrated Automation Portal					
<b>PROCESO [FB2]</b>					
<b>PROCESO Propiedades:</b>					
<b>General</b>					
Nombre	PROCESO	Número	2	Tipo	FB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
<b>Información</b>					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
<b>Nombre</b>					
		<b>Tipo de datos</b>		<b>Valor predet.</b>	
Input					
Output					
InOut					
▼ Static					
▼ CHECK_Instance		"CHECK"			
▼ Input					
VIPC		Bool		false	
VOPC		Bool		false	
Level		Bool		false	
MVCL		Bool		false	
▼ Output					
Estado		Bool		false	
Falla		Bool		false	
VO		Bool		false	
VI		Bool		false	
MV		Bool		false	
FVIC		Bool		false	
FVOC		Bool		false	
InOut					
▼ Static					
▼ IEC_Timer_0_Instance		TON			
▼ Input					
IN		Bool		false	
PT		Time		T#OMS	
▼ Output					
Q		Bool		false	
ET		Time		T#OMS	
InOut					
▼ Static					
STATE		Byte		16#0	
STIME		Time		T#OMS	
ATIME		Time		T#OMS	
▼ CHECK_Instance_1		"CHECK"			
▼ Input					

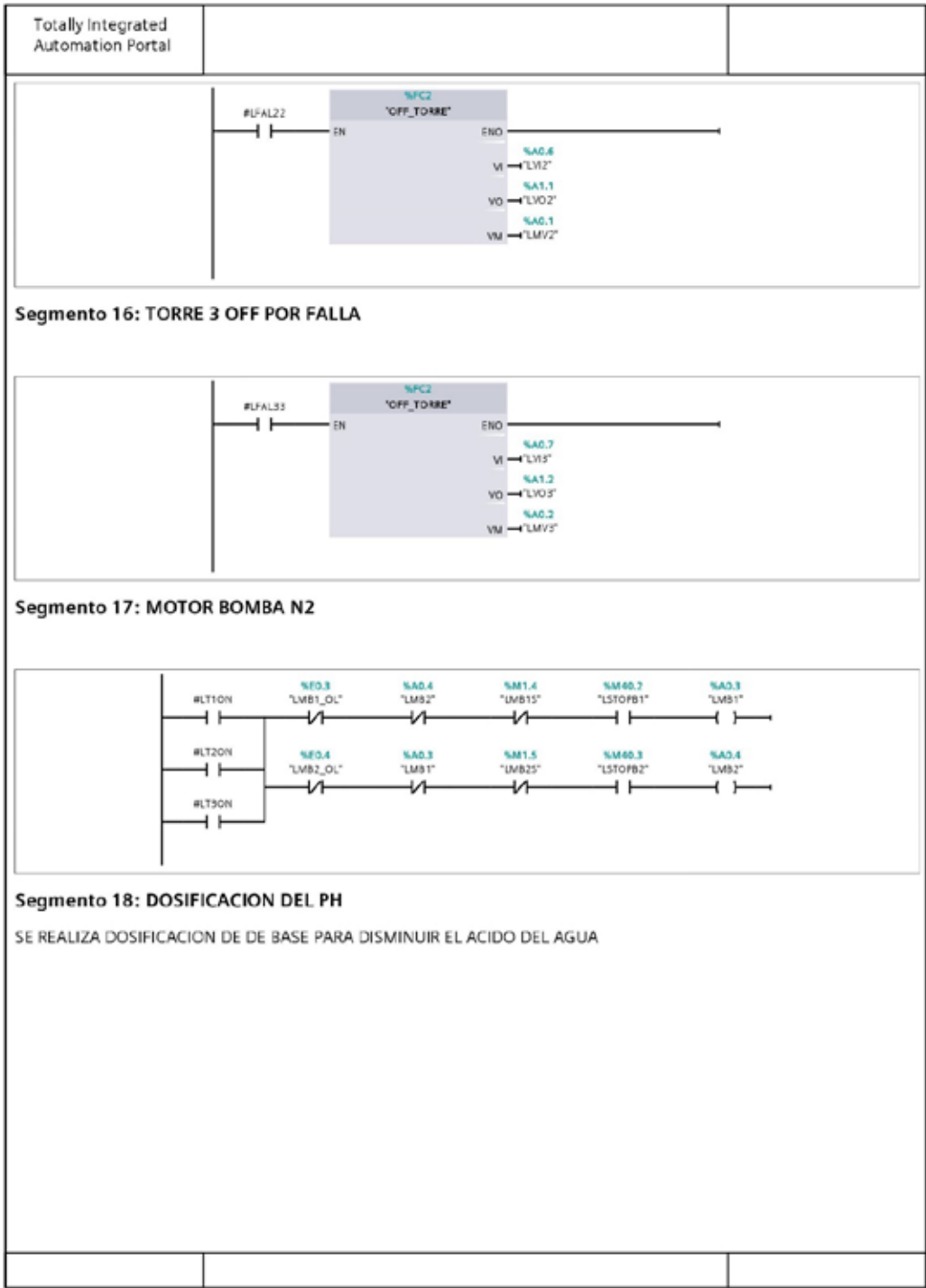
Totally Integrated Automation Portal			
<b>Nombre</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Valor predet.</b>	
LSTADO3	Bool		
LFAL1	Bool		
LFAL2	Bool		
LFAL3	Bool		
LFAL11	Bool		
LFAL22	Bool		
LFAL33	Bool		
LT1ON	Bool		
LT2ON	Bool		
LT3ON	Bool		
Constant			
<b>Segmento 1: VERIFICACION TORRE 1</b>			
Bloque funcion para el analisis de estado de operatividad de la torre, se verifica posicion de valvulas estado del nivel y fallas en ventilador			
<b>Segmento 2: VERIFICACION TORRE 2</b>			
VERIFICACION TORRE 2			

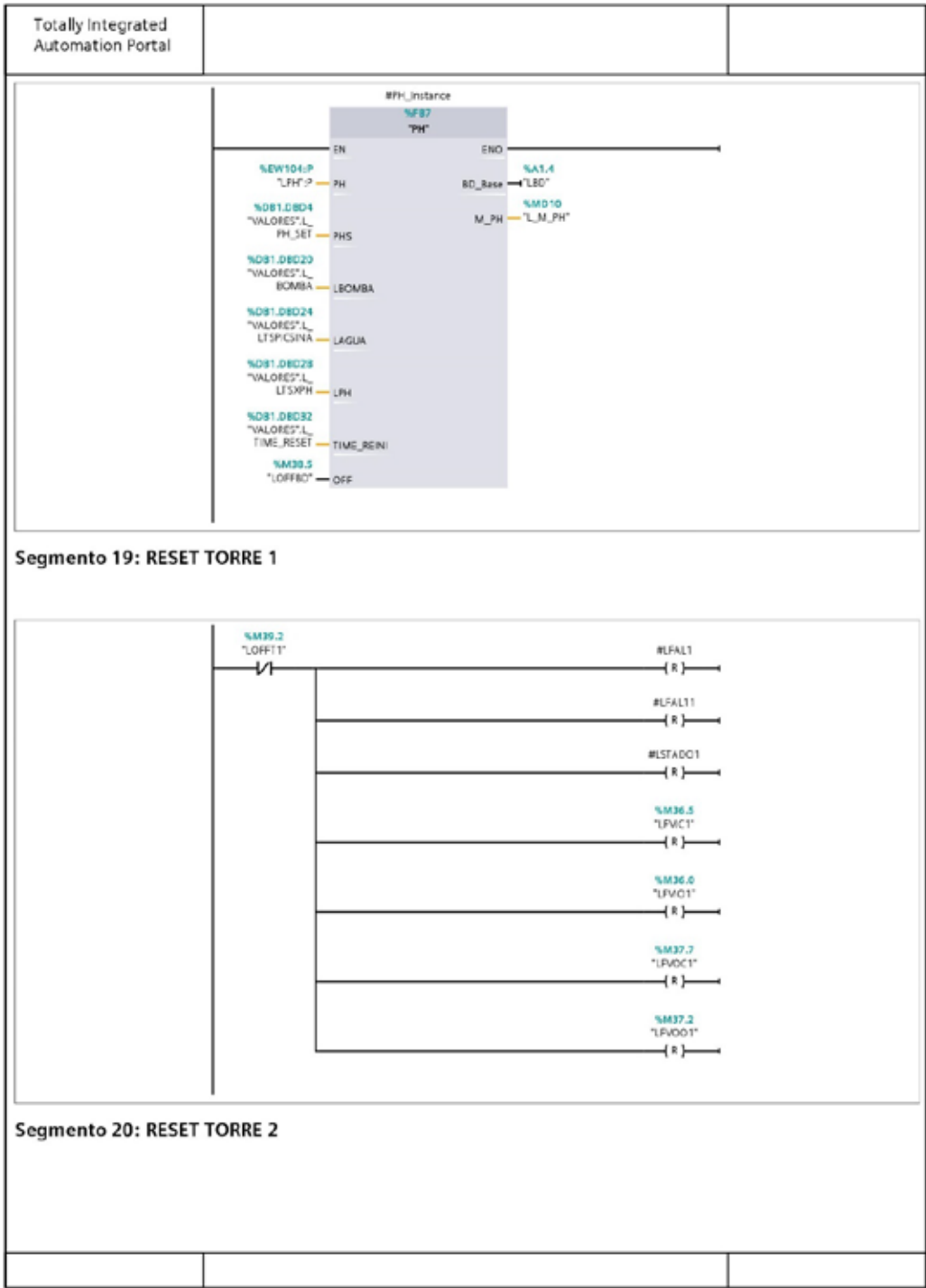




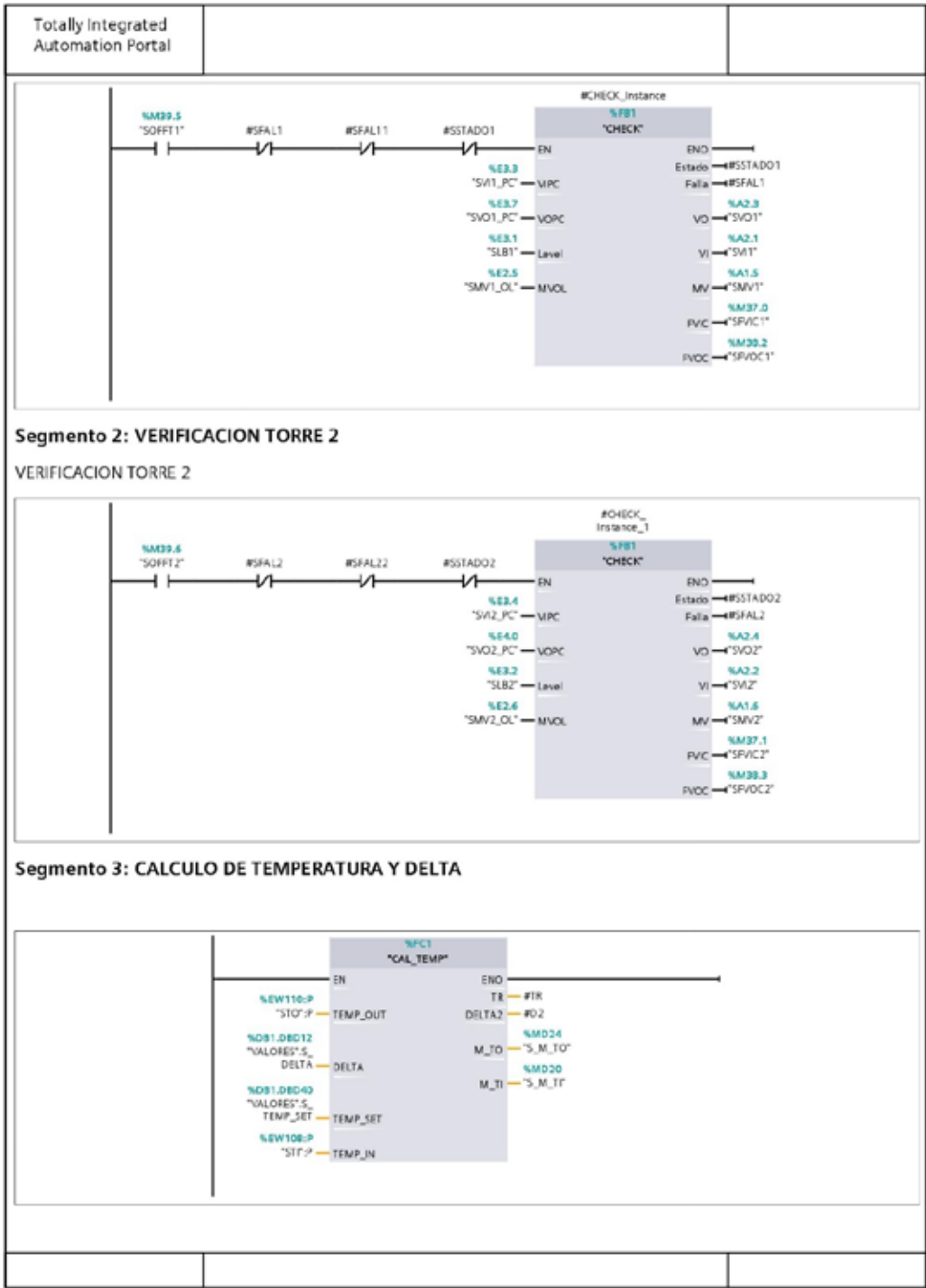


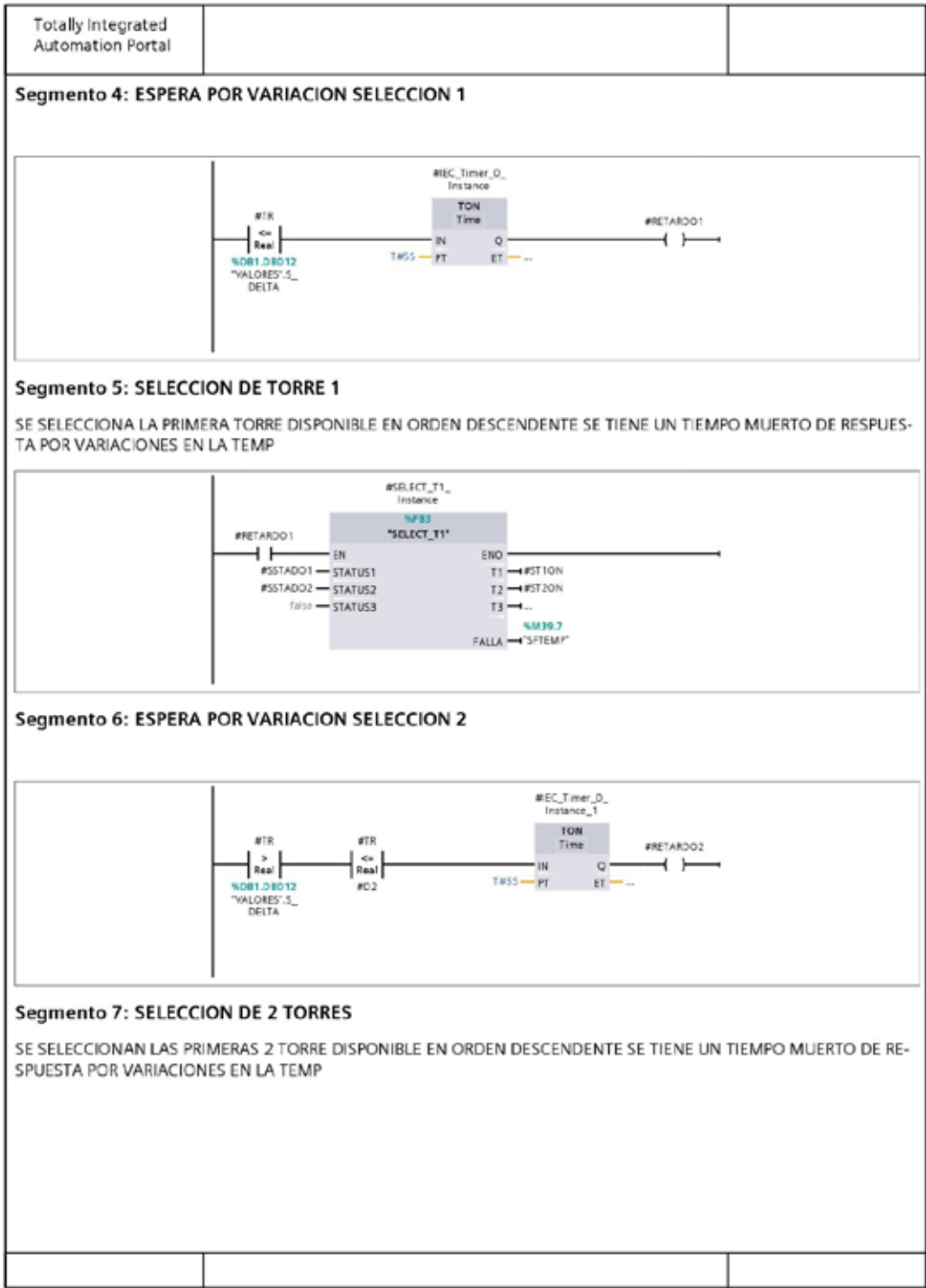


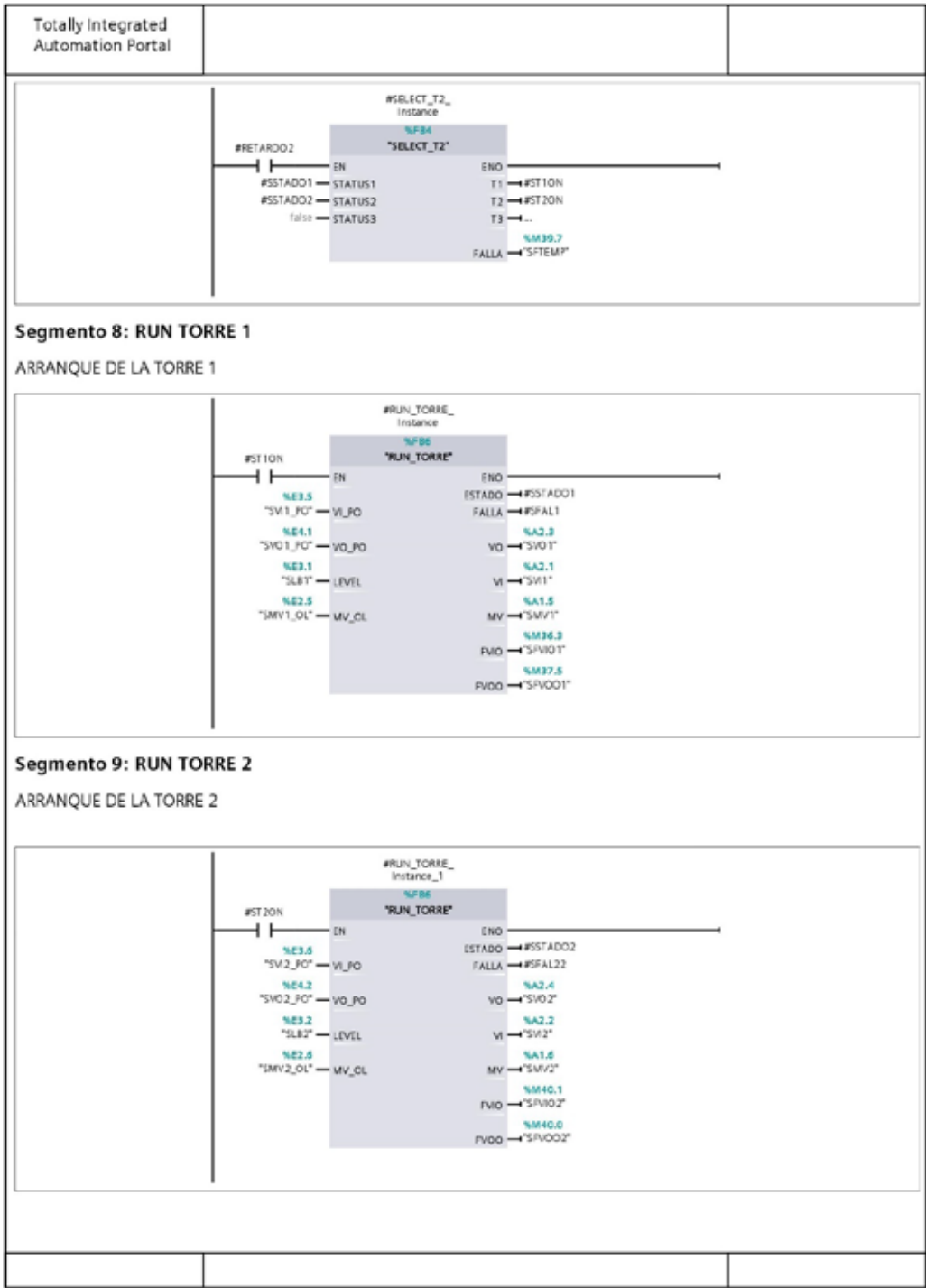


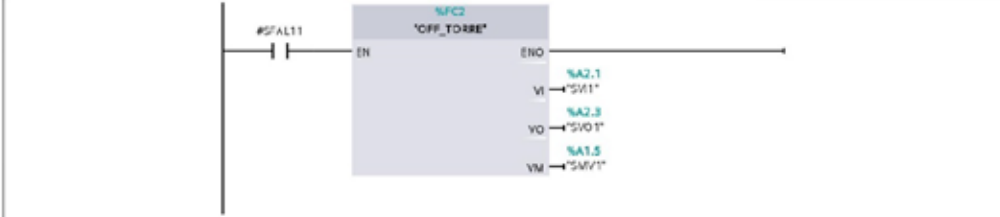




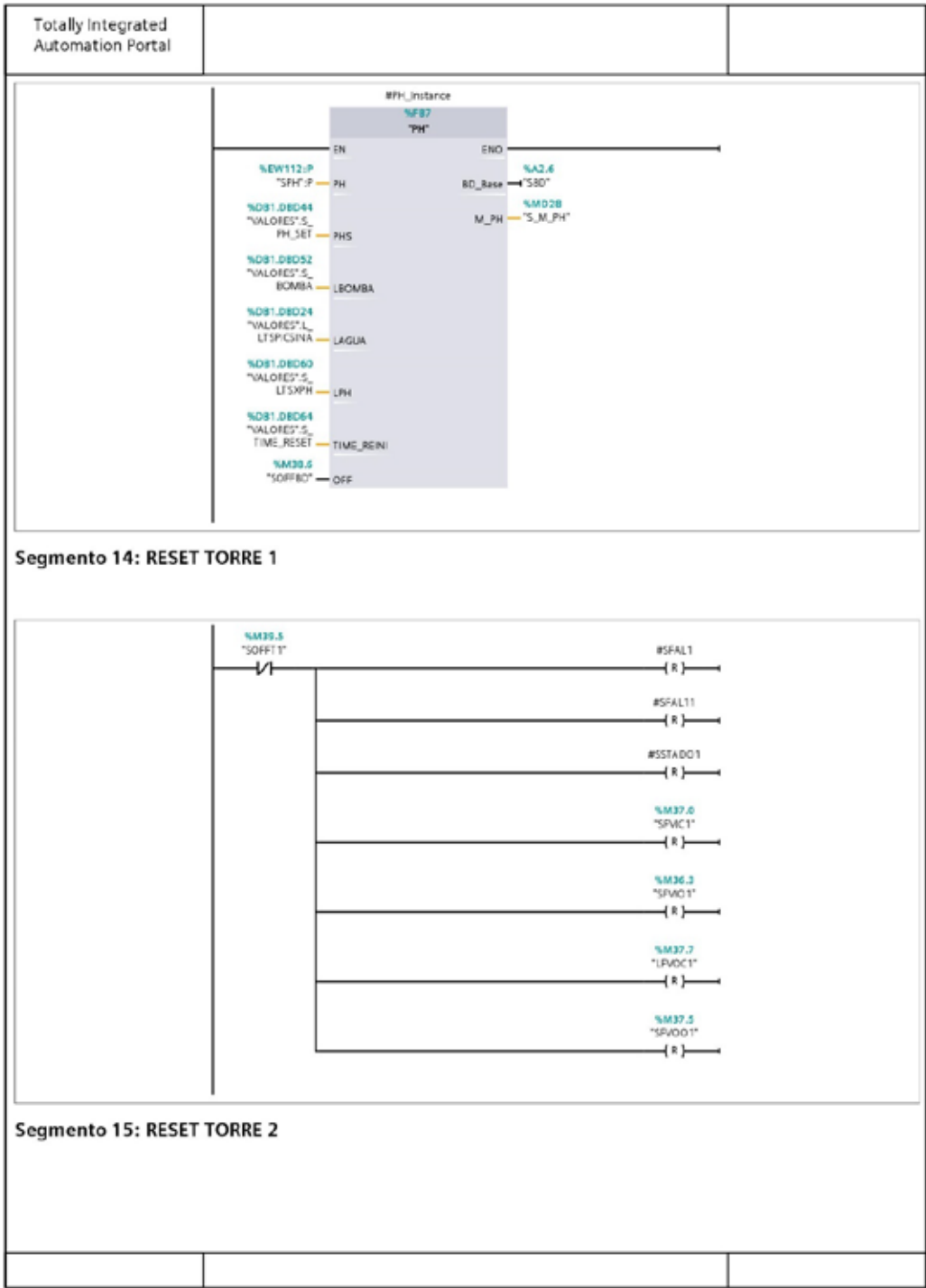
Totally Integrated Automation Portal			
<b>VACIO [FB8]</b>			
<b>VACIO Propiedades</b>			
<b>General</b>			
Nombre	VACIO	Número	8
Idioma	KOP	Numeración	Automático
		Tipo	FB
<b>Información</b>			
Título		Autor	
Familia		Versión	0.1
		Comentario	ID personalizada
<b>Nombre</b>			
		<b>Tipo de datos</b>	<b>Valor predet.</b>
Input			
Output			
InOut			
▼ Static			
▼ CHECK_Instance		"CHECK"	
▼ Input			
VIPC		Bool	false
VOPC		Bool	false
Level		Bool	false
MVCL		Bool	false
▼ Output			
Estado		Bool	false
Falla		Bool	false
VO		Bool	false
VI		Bool	false
MV		Bool	false
FVIC		Bool	false
FVOC		Bool	false
InOut			
▼ Static			
▼ IEC_Timer_0_Instance		TON	
▼ Input			
IN		Bool	false
PT		Time	T#OMS
▼ Output			
Q		Bool	false
ET		Time	T#OMS
InOut			
▼ Static			
STATE		Byte	16#0
STIME		Time	T#OMS
ATIME		Time	T#OMS
▼ CHECK_Instance_1		"CHECK"	
▼ Input			







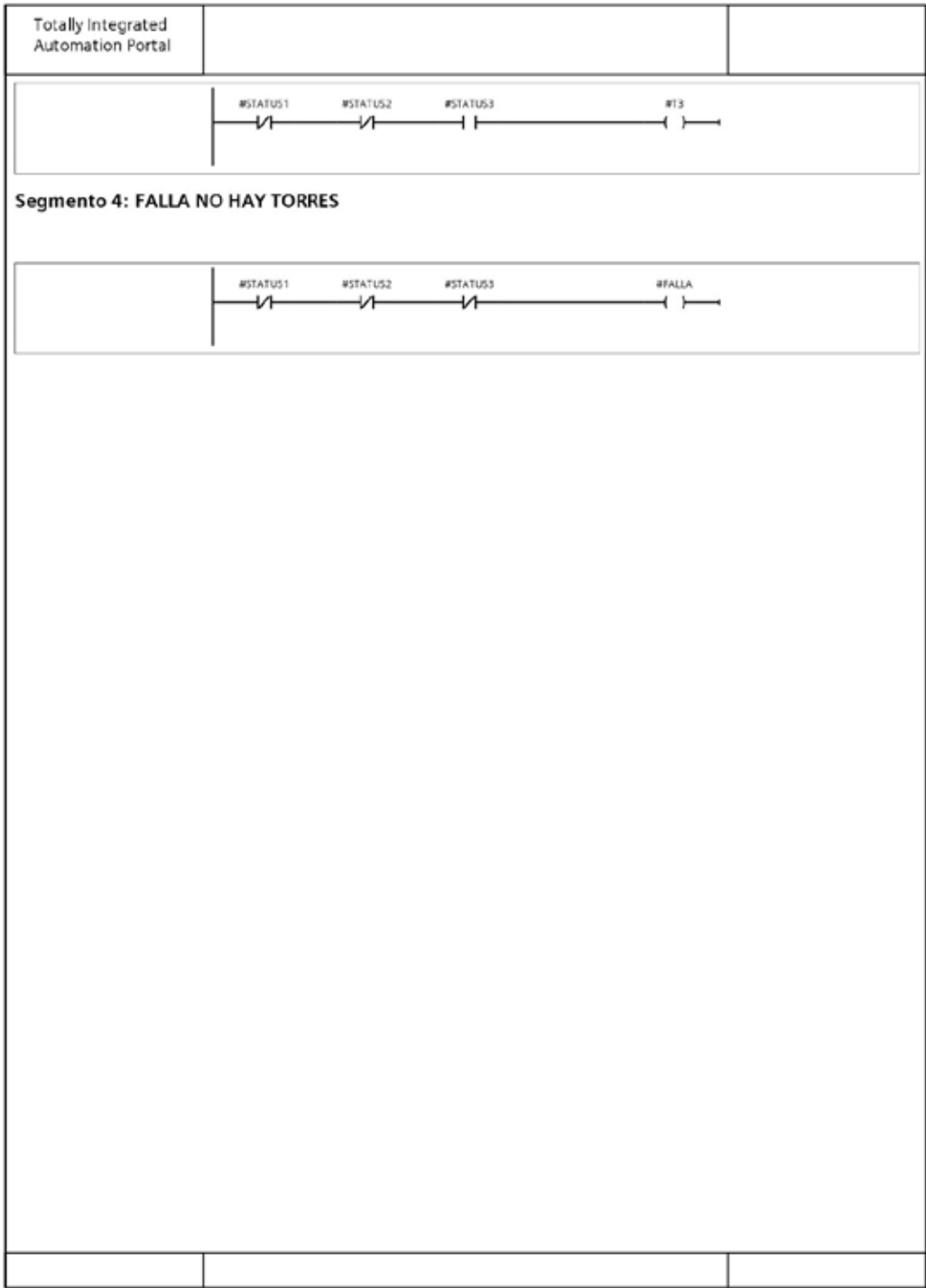
Totally Integrated Automation Portal		
<b>Segmento 10: TORRE 1 OFF POR FALLA</b>		
		
<b>Segmento 11: TORRE 2 OFF POR FALLA</b>		
		
<b>Segmento 12: MOTOR BOMBA N2</b>		
		
<b>Segmento 13: DOSIFICACION DEL PH</b> SE REALIZA DOSIFICACION DE DE BASE PARA DISMINUIR EL ACIDO DEL AGUA		



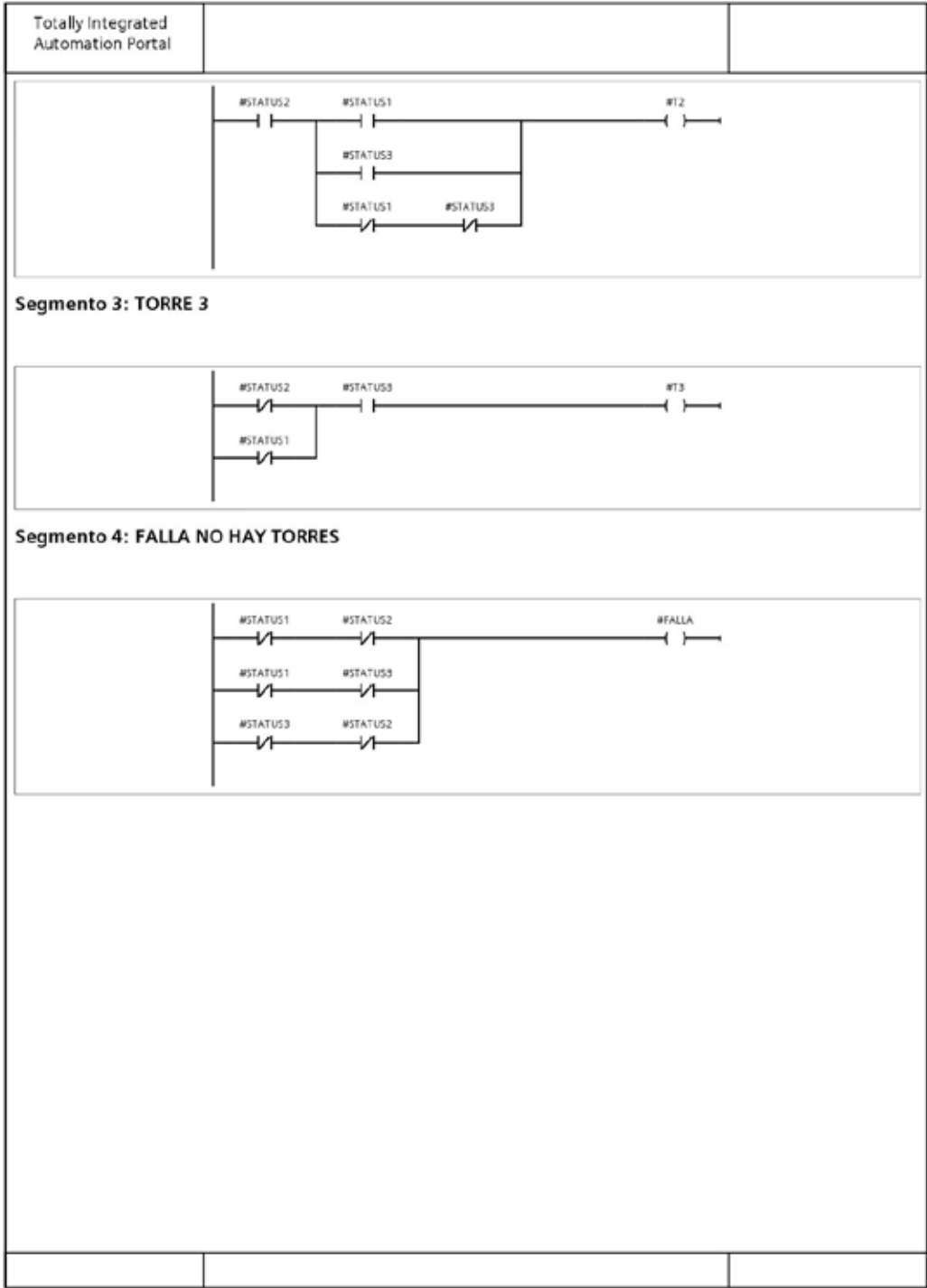
Totally Integrated Automation Portal					
<b>PROCESO_DB [DB3]</b>					
<b>PROCESO_DB Propiedades</b>					
<b>General</b>					
Nombre	PROCESO_DB	Número	3	Tipo	DB
Idioma	DB	Numeración	Automático		
<b>Información</b>					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
<b>Nombre</b>					
<b>Tipo de datos</b>					
<b>Valor de arranque</b>					
<b>Remanencia</b>					
Input					
Output					
InOut					
▼ Static					
▼ CHECK_Instance		"CHECK"			True
▼ Input					
VIPC	Bool	false			True
VOPC	Bool	false			True
Level	Bool	false			True
MVCL	Bool	false			True
▼ Output					
Estado	Bool	false			True
Falla	Bool	false			True
VO	Bool	false			True
VI	Bool	false			True
MV	Bool	false			True
FVIC	Bool	false			True
FVOC	Bool	false			True
InOut					
▼ Static					
▼ IEC_Timer_0_Instance		TON			True
▼ Input					
IN	Bool	false			True
PT	Time	T#0MS			True
▼ Output					
Q	Bool	false			True
ET	Time	T#0MS			True
InOut					
▼ Static					
STATE	Byte	16#0			True
STIME	Time	T#0MS			True
ATIME	Time	T#0MS			True
▼ CHECK_Instance_1		"CHECK"			True
▼ Input					

Totally Integrated Automation Portal			
<b>VACIO_DB [DB2]</b>			
<b>VACIO_DB Propiedades</b>			
<b>General</b>			
Nombre	VACIO_DB	Número	2
Idioma	DB	Numeración	Automático
		Tipo	DB
<b>Información</b>			
Título		Autor	
Familia		Versión	0.1
		Comentario	ID personalizada
<b>Nombre</b>			
<b>Tipo de datos</b>			
<b>Valor de arranque</b>			
<b>Remanencia</b>			
Input			
Output			
InOut			
▼ Static			
▼ CHECK_Instance	"CHECK"		True
▼ Input			
VIPC	Bool	false	True
VOPC	Bool	false	True
Level	Bool	false	True
MVCL	Bool	false	True
▼ Output			
Estado	Bool	false	True
Falla	Bool	false	True
VO	Bool	false	True
VI	Bool	false	True
MV	Bool	false	True
FVIC	Bool	false	True
FVOC	Bool	false	True
InOut			
▼ Static			
▼ IEC_Timer_0_Instance	TON		True
▼ Input			
IN	Bool	false	True
PT	Time	T#OMS	True
▼ Output			
Q	Bool	false	True
ET	Time	T#OMS	True
InOut			
▼ Static			
STATE	Byte	16#0	True
STIME	Time	T#OMS	True
ATIME	Time	T#OMS	True
▼ CHECK_Instance_1	"CHECK"		True
▼ Input			

Totally Integrated Automation Portal					
<b>VALORES [DB1]</b>					
<b>VALORES Propiedades</b>					
<b>General</b>					
Nombre	VALORES	Número	1	Tipo	DB
Idioma	DB	Numeración	Automático		
<b>Información</b>					
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
<b>Nombre</b>		<b>Tipo de datos</b>		<b>Valor de arranque</b>	<b>Remanencia</b>
▼ Static					
L_TEMP_SET		Real		30.0	True
L_PH_SET		Real		7.2	True
L_DELTA		Real		2.0	True
S_DELTA		Real		2.0	True
L_PRECION_SET		Real		20.0	True
L_BOMBA		Real		7.0	True
L_LTSPICSINA		Real		1000000.0	True
L_LTSXPH		Real		2.0E-08	True
L_TIME_RESET		Time		T# 55	True
TIEMPO_VALVE		Time		T# 55	True
S_TEMP_SET		Real		30.0	True
S_PH_SET		Real		7.2	True
S_PRECION_SET		Real		20.0	True
S_BOMBA		Real		7.0	True
S_LTSPICSINA		Real		1000000.0	True
S_LTSXPH		Real		2.0E-08	True
S_TIME_RESET		Time		T# 55	True



Totally Integrated Automation Portal						
<h2 style="margin: 0;">LIBRERIA</h2> <h3 style="margin: 0;">SELECT_T2 [FB4]</h3>						
<b>SELECT_T2 Propiedades</b>						
<b>General</b>						
Nombre	SELECT_T2	Número	4	Tipo	FB	
Idioma	KOP	Numeración	Automático			
<b>Información</b>						
Título			Autor			
Familia			Versión	0.1	Comentario ID personalizada	
<b>Nombre</b>			<b>Tipo de datos</b>		<b>Valor predet.</b>	
▼ Input						
STATUS1			Bool		false	
STATUS2			Bool		false	
STATUS3			Bool		false	
▼ Output						
T1			Bool		false	
T2			Bool		false	
T3			Bool		false	
FALLA			Bool		false	
InOut						
Static						
Temp						
Constant						
<b>Segmento 1: TORRE 1</b>						
<pre> graph LR     S1[STATUS1] --- S2[STATUS2]     S2 --- T1[T1]     S2 --- P1(( ))     P1 --- S3[STATUS3]     P1 --- S2S3[STATUS2 --- STATUS3]     </pre>						
<b>Segmento 2: TORRE 2</b>						



Totally Integrated Automation Portal																																																																																
<h2 style="margin: 0;">LIBRERIA</h2> <h3 style="margin: 0;">SELECT_T3 [FB5]</h3> <p><b>SELECT_T3 Propiedades</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="6">General</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 15%;">Nombre</td> <td style="width: 20%;">SELECT_T3</td> <td style="width: 15%;">Número</td> <td style="width: 15%;">5</td> <td style="width: 15%;">Tipo</td> <td style="width: 20%;">FB</td> </tr> <tr> <td>Idioma</td> <td>KOP</td> <td>Numeración</td> <td>Automático</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th colspan="6">Información</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Título</td> <td></td> <td>Autor</td> <td></td> <td>Comentario</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Familia</td> <td></td> <td>Versión</td> <td>0.1</td> <td>ID personalizada</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="width: 40%;">Nombre</th> <th style="width: 30%;">Tipo de datos</th> <th style="width: 30%;">Valor predet.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">▼ Input</td> </tr> <tr> <td>STATUS1</td> <td>Bool</td> <td>false</td> </tr> <tr> <td>STATUS2</td> <td>Bool</td> <td>false</td> </tr> <tr> <td>STATUS3</td> <td>Bool</td> <td>false</td> </tr> <tr> <td colspan="3">▼ Output</td> </tr> <tr> <td>T1</td> <td>Bool</td> <td>false</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>Bool</td> <td>false</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>Bool</td> <td>false</td> </tr> <tr> <td>FALLA</td> <td>Bool</td> <td>false</td> </tr> <tr> <td>InOut</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Static</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temp</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Constant</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Segmento 1: TORRE 1</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> </div> <p><b>Segmento 2: TORRE 2</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> </div> <p><b>Segmento 3: TORRE 3</b></p>			General						Nombre	SELECT_T3	Número	5	Tipo	FB	Idioma	KOP	Numeración	Automático			Información						Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizada		Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	▼ Input			STATUS1	Bool	false	STATUS2	Bool	false	STATUS3	Bool	false	▼ Output			T1	Bool	false	T2	Bool	false	T3	Bool	false	FALLA	Bool	false	InOut			Static			Temp			Constant		
General																																																																																
Nombre	SELECT_T3	Número	5	Tipo	FB																																																																											
Idioma	KOP	Numeración	Automático																																																																													
Información																																																																																
Título		Autor		Comentario																																																																												
Familia		Versión	0.1	ID personalizada																																																																												
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.																																																																														
▼ Input																																																																																
STATUS1	Bool	false																																																																														
STATUS2	Bool	false																																																																														
STATUS3	Bool	false																																																																														
▼ Output																																																																																
T1	Bool	false																																																																														
T2	Bool	false																																																																														
T3	Bool	false																																																																														
FALLA	Bool	false																																																																														
InOut																																																																																
Static																																																																																
Temp																																																																																
Constant																																																																																

Totally Integrated Automation Portal					
<b>LIBRERIA</b>					
<b>RUN_TORRE [FB6]</b>					
<b>RUN_TORRE Propiedades</b>					
<b>General</b>					
<b>Nombre</b>	RUN_TORRE	<b>Número</b>	6	<b>Tipo</b>	FB
<b>Idioma</b>	KOP	<b>Numeración</b>	Automático		
<b>Información</b>					
<b>Título</b>		<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>	ACTIVACION DE TORRES
<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizada</b>	
<b>Nombre</b>					
		<b>Tipo de datos</b>		<b>Valor predet.</b>	
▼ Input					
VI_PO		Bool		false	
VO_PO		Bool		false	
LEVEL		Bool		false	
MV_OL		Bool		false	
▼ Output					
ESTADO		Bool		false	
FALLA		Bool		false	
VO		Bool		false	
VI		Bool		false	
MV		Bool		false	
FV/O		Bool		false	
FVDO		Bool		false	
InOut					
▼ Static					
▼ iEC_Timer_0_Instance		TON			
▼ Input					
IN		Bool		false	
PT		Time		T#OMS	
▼ Output					
Q		Bool		false	
ET		Time		T#OMS	
InOut					
▼ Static					
STATE		Byte		16#0	
STIME		Time		T#OMS	
ATIME		Time		T#OMS	
▼ iEC_Timer_0_Instance_1		TON			
▼ Input					
IN		Bool		false	
PT		Time		T#OMS	
▼ Output					
Q		Bool		false	



Totally Integrated Automation Portal			
<b>LIBRERIA</b>			
<b>PH [FB7]</b>			
<b>PH Propiedades</b>			
<b>General</b>			
Nombre	PH	Número	7
Idioma	KOP	Numeración	Automático
		Tipo	F8
<b>Información</b>			
Título		Autor	
Familia		Versión	0.1
		Comentario ID personalizada	
<b>Nombre</b>		<b>Tipo de datos</b>	<b>Valor predet.</b>
▼ Input			
PH		Int	0
PHS		Real	0.0
LBOMBA		Real	0.0
LAGUA		Real	0.0
LPH		Real	0.0
TIME_REINI		Time	T#Oms
OFF		Bool	false
▼ Output			
BD_Base		Bool	false
M_PH		Real	0.0
InOut			
▼ Static			
▼ IEC_Timer_0_Instance		TP	
▼ Input			
IN		Bool	false
PT		Time	T#OMS
▼ Output			
Q		Bool	false
ET		Time	T#OMS
InOut			
▼ Static			
STATE		Byte	16#0
STIME		Time	T#OMS
ATIME		Time	T#OMS
▼ IEC_Timer_0_Instance_1		TOF	
▼ Input			
IN		Bool	false
PT		Time	T#OMS
▼ Output			
Q		Bool	false
ET		Time	T#OMS
InOut			

Totally Integrated Automation Portal		
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Static		
STATE	Byte	16#0
STIME	Time	T#OMS
ATIME	Time	T#OMS
▼ IEC_Timer_0_Instance_2	TOF	
▼ Input		
IN	Bool	false
PT	Time	T#OMS
▼ Output		
Q	Bool	false
ET	Time	T#OMS
InOut		
▼ Static		
STATE	Byte	16#0
STIME	Time	T#OMS
ATIME	Time	T#OMS
▼ Temp		
False	Bool	
ERROR	Word	
PH2	Real	
PHR	Real	
PHR2	DInt	
LXP	Real	
T1	Real	
TS	Real	
TS_INT	DInt	
TTIME	Time	
PAUSA	Bool	
DD	Bool	
Constant		

**Segmento 1: Conversión del valor del PH**

```

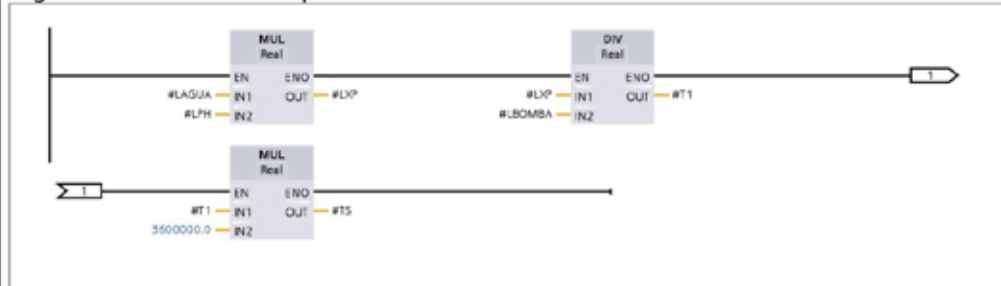
graph LR
    subgraph Network
        direction LR
        S[SCALE] --- M[MOVE]
    end
    S -- OUT --> M -- IN
    S -- IN --> PH["#PH"]
    S -- HI_LIM --> H["14.0"]
    S -- LO_LIM --> L["0.0"]
    S -- BIPOLAR --> B["#False"]
    S -- RET_VAL --> RV["RET_VAL"]
    S -- ERROR --> E["ERROR"]
    S -- OUT --> PHR["#PH-R"]
    M -- IN --> PHR
    M -- OUT1 --> MPH["#M_PH"]
  
```

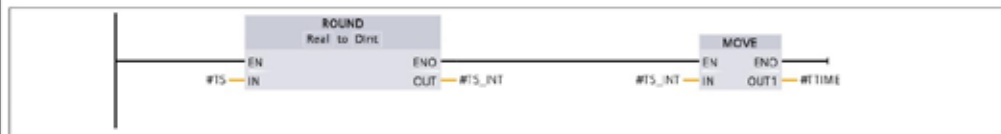
**Segmento 2: Calculo del tiempo de dosificación**

Se calcula el tiempo que debe estar encendida la bomba para dosificar la cantidad necesaria de base para subir el PH en 0,1

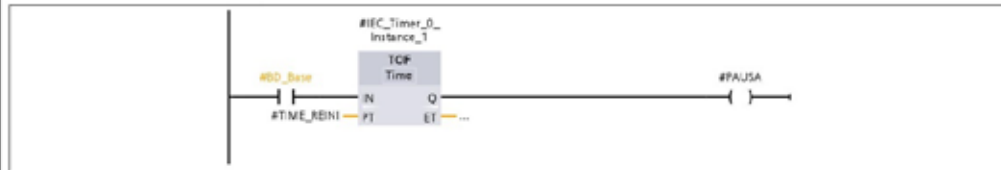
**Segmento 2: Calculo del tiempo de dosificacion**



**Segmento 3:**



**Segmento 4: Control de pausa**

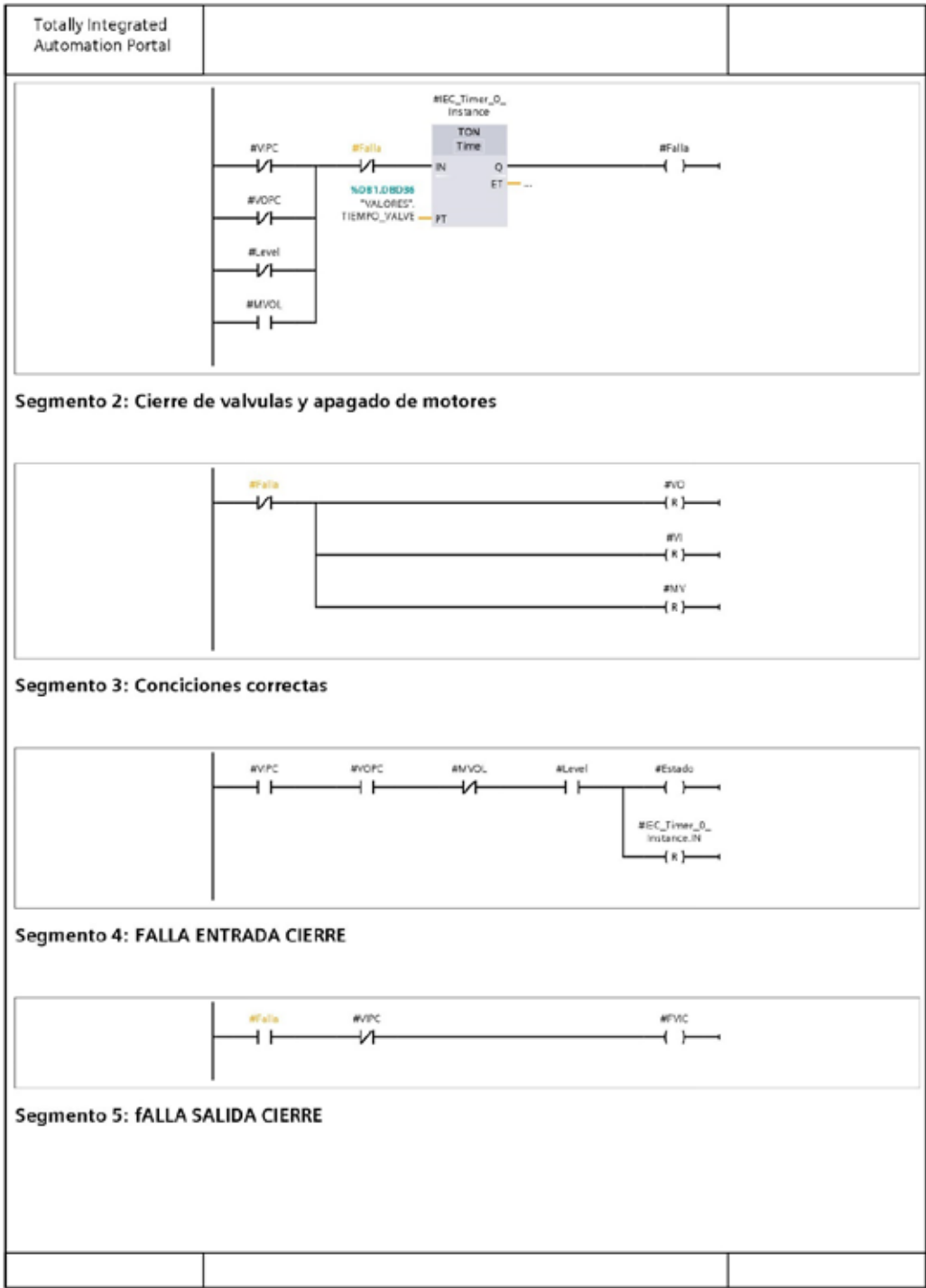


**Segmento 5: Agua Acida**

Agua mas acida que alcalina se procede a adicionar base para disminuir acidez

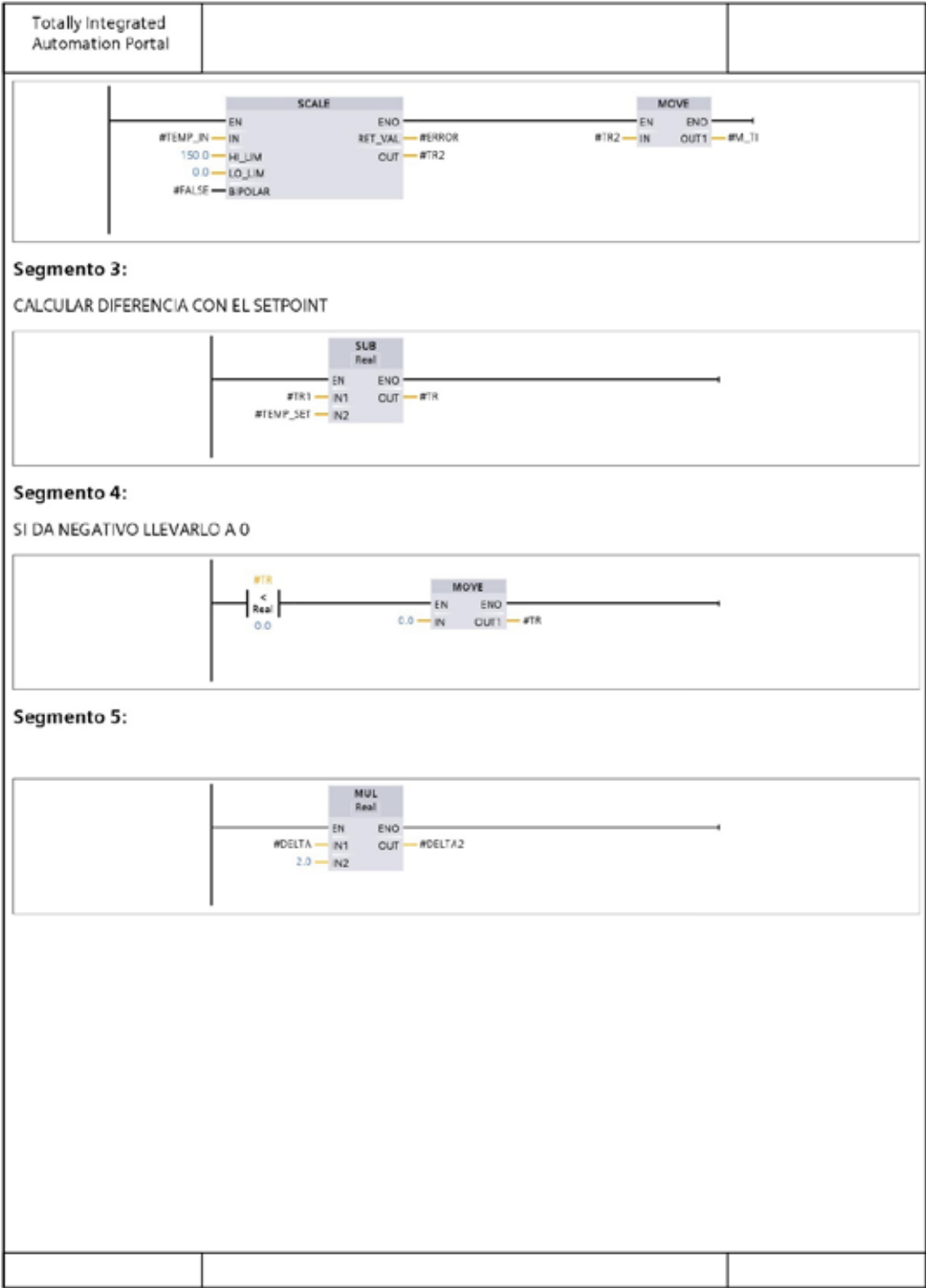


Totally Integrated Automation Portal			
<b>LIBRERIA</b>			
<b>CHECK [FB1]</b>			
<b>CHECK Propiedades</b>			
<b>General</b>			
Nombre	CHECK	Número	1
Idioma	KOP	Numeración	Automático
		Tipo	FB
<b>Información</b>			
Título		Autor	
Familia		Versión	0.1
		Comentario	
		ID personalizada	
<b>Nombre</b>	<b>Tipo de datos</b>		<b>Valor predet.</b>
▼ Input			
VIPC	Bool		false
VOPC	Bool		false
Level	Bool		false
MVOL	Bool		false
▼ Output			
Estado	Bool		false
Falla	Bool		false
VO	Bool		false
VI	Bool		false
MV	Bool		false
PV/C	Bool		false
FVOC	Bool		false
InOut			
▼ Static			
▼ IEC_Timer_0_Instance	TON		
▼ Input			
IN	Bool		false
PT	Time		T#OMS
▼ Output			
Q	Bool		false
ET	Time		T#OMS
InOut			
▼ Static			
STATE	Byte		16#0
STIME	Time		T#OMS
ATIME	Time		T#OMS
Temp			
Constant			
<b>Segmento 1: Tiempo de verificación inicial</b>			



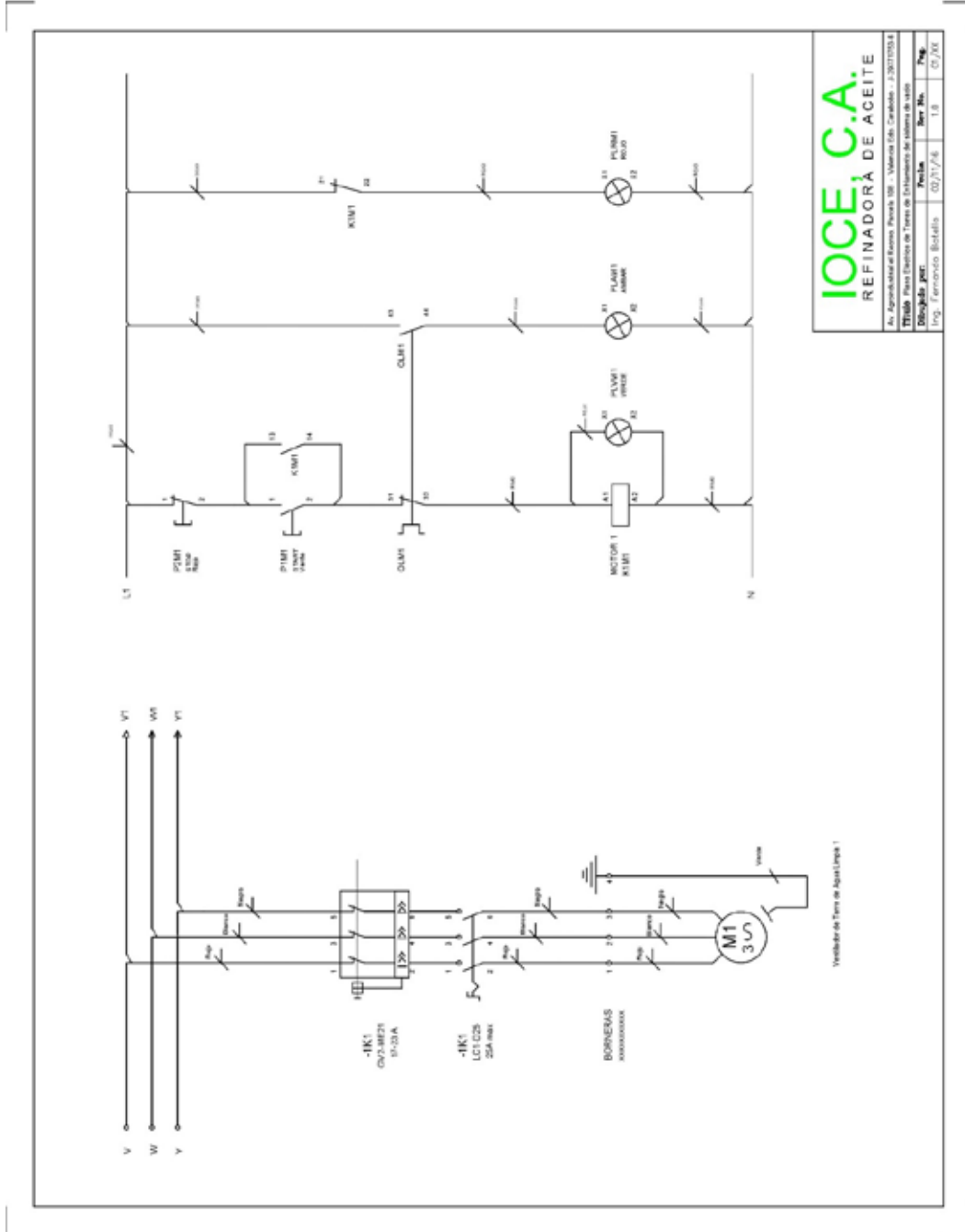
Totally Integrated Automation Portal			
<b>LIBRERIA</b>			
<b>OFF_TORRE [FC2]</b>			
<b>OFF_TORRE Propiedades</b>			
<b>General</b>			
Nombre	OFF_TORRE	Número	2
Idioma	KOP	Numeración	Automático
		Tipo	FC
<b>Información</b>			
Título		Autor	
Familia		Versión	0.1
		Comentario	
		ID personalizada	
<b>Nombre</b>		<b>Tipo de datos</b>	<b>Valor predet.</b>
Input			
▼ Output			
VI		Bool	
VO		Bool	
VM		Bool	
InOut			
▼ Temp			
OFF		Bool	
Constant			
▼ Return			
OFF_TORRE		Void	
<b>Segmento 1:</b>			

Totally Integrated Automation Portal					
<b>LIBRERIA</b>					
<b>CAL_TEMP [FC1]</b>					
<b>CAL_TEMP Propiedades</b>					
<b>General</b>					
Nombre	CAL_TEMP	Número	1	Tipo	FC
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
<b>Información</b>					
Título		Autor		Comentario	CALCULOS DE TEMPERATURA
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	
<b>Nombre</b>	<b>Tipo de datos</b>		<b>Valor predet.</b>		
▼ Input					
TEMP_OUT	Int				
DELTA	Real				
TEMP_SET	Real				
TEMP_IN	Int				
▼ Output					
TR	Real				
DELTA2	Real				
M_TO	Real				
M_TI	Real				
InOut					
▼ Temp					
FALSE	Bool				
ERROR	Word				
TR1	Real				
TR2	Real				
Constant					
▼ Return					
CAL_TEMP	Void				
<b>Segmento 1: ESCALAR VARIABLE DE TEMPERATURA</b>					
<pre> graph LR     subgraph SCALE         EN1[EN]         IN1[IN]         HI_LIM[HI_LIM 150.0]         LO_LIM[LO_LIM 0.0]         FALSE[#FALSE]         RET_VAL[RET_VAL]         ERROR[ERROR]         OUT[OUT #TR1]     end     subgraph MOVE1         EN2[EN]         IN2[IN #TR1]         OUT1[OUT1 #M_TO]     end     subgraph MOVE2         EN3[EN]         OUT2[OUT2 #M_TI]     end     RET_VAL --&gt; EN2     ERROR --&gt; EN3   </pre>					
<b>Segmento 2: ESCALAR VARIABLE DE TEMPERATURA</b>					



## ANEXO C

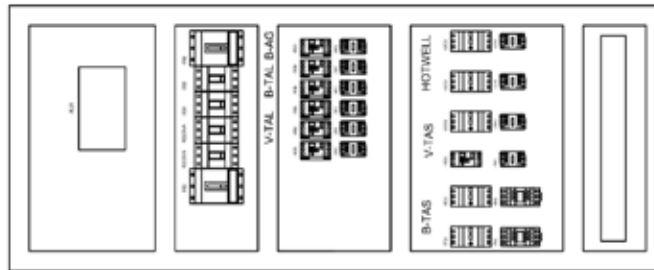
### Planos de potencia y control



**IOCE, C.A.**  
REFINADORA DE ACEITE

As. Agrícola de Ezeiza, Pte. 108 - Maternidad, Cdad. Canelas - 22011033 A  
**Título:** Plano Circuito de Torno de Tratamiento de cadena de aceite  
**Dibujado por:**                       
**Fecha:** 02/11/48 **Lib. No.:** 13 **Folio:** 07/08

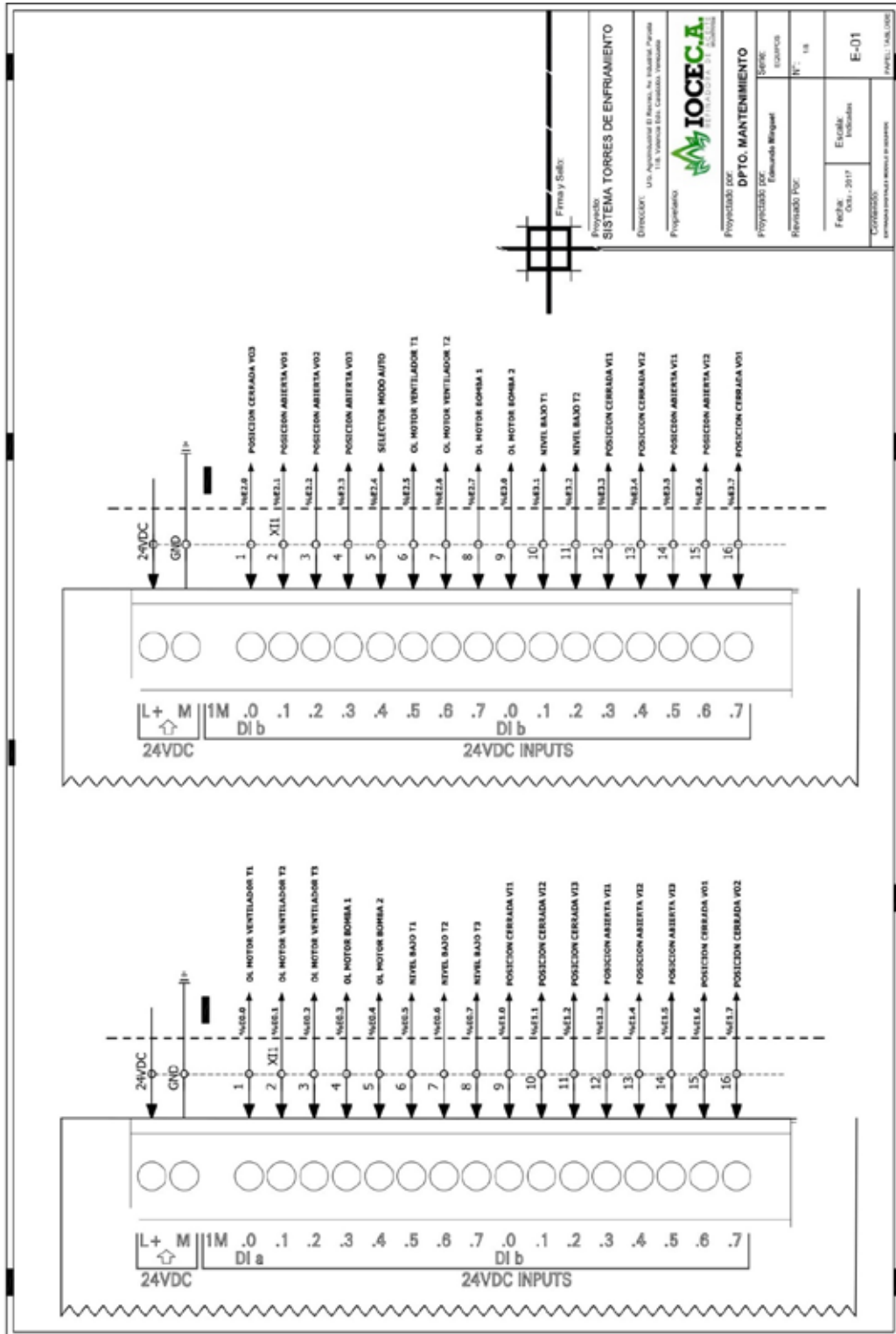




Leyenda	Descripción
-0Q0	MCCB 400A, Breaker Principal
-0Q1	MCB 160A, Bombas de Torres de Agua Sucia Nro. 01 & Nro. 02
-0Q4	MCB 100A, Bombas de HOTWELL Nro. 01 & Nro.02
-0Q5	MCB 100A, Ventiladores de Torres de Agua Limpia Nro. 1, 2, 3 & A.G.
-0Q6	MCB 160A, Ventiladores de Torres de Agua Sucia Nro 01 & Nro. 02
-1Q1	GV2ME10 (4-6,3A) Ventilador de Torre Agua Limpia Nro. 01
-1K1	LC1D09, 120VAC
-2Q1	GV2ME10 (4-6,3A), Ventilador de Torre Agua Limpia Nro. 02
-2K1	LC1D09, 120VAC.
-3Q1	GV2ME10 (4-6,3A), Ventilador de Torre Agua Limpia Nro. 03
-3K1	LC1D09, 120VAC
-4Q1	GV2ME22 (20-25A), Bomba de Torre Agua Limpia Nro. 01
-4K1	LC1D12, 120VAC
-5Q1	GV2ME22 (20-25A), Bomba de Torre Agua Limpia Nro. 02
-5K1	LC1D12, 120VAC
-6Q1	GV2ME14 (6-10A), Bomba de ACIDOS GRASOS
-6K1	LC1D12, 120VAC
-7Q1	GV3ME80 (56-80A), Bomba de Torre Agua Sucia Nro. 01
-7K1	LC1D50A, 120VAC
-8Q1	GV3ME80 (56-80A), Bomba de Torre Agua Sucia Nro. 02
-8K1	LC1D50A, 120VAC
-9Q1	GV3P40 (30-40A), Ventilador Torre Agua Sucia Nro. 01
-9K1	LC1D38, 120VAC
-10Q1	GV3P40 (30-40A), Ventilador Torre Agua Sucia Nro. 02
-10K1	LC1D38, 120VAC
-11Q1	GV3P40 (30-40A), Bomba de HOTWELL Nro. 01
-11K1	LC1D38, 120VAC
-12Q1	GV3P40 (30-40A), Bomba de HOTWELL Nro. 02
-12K1	LC1D38, 120VAC

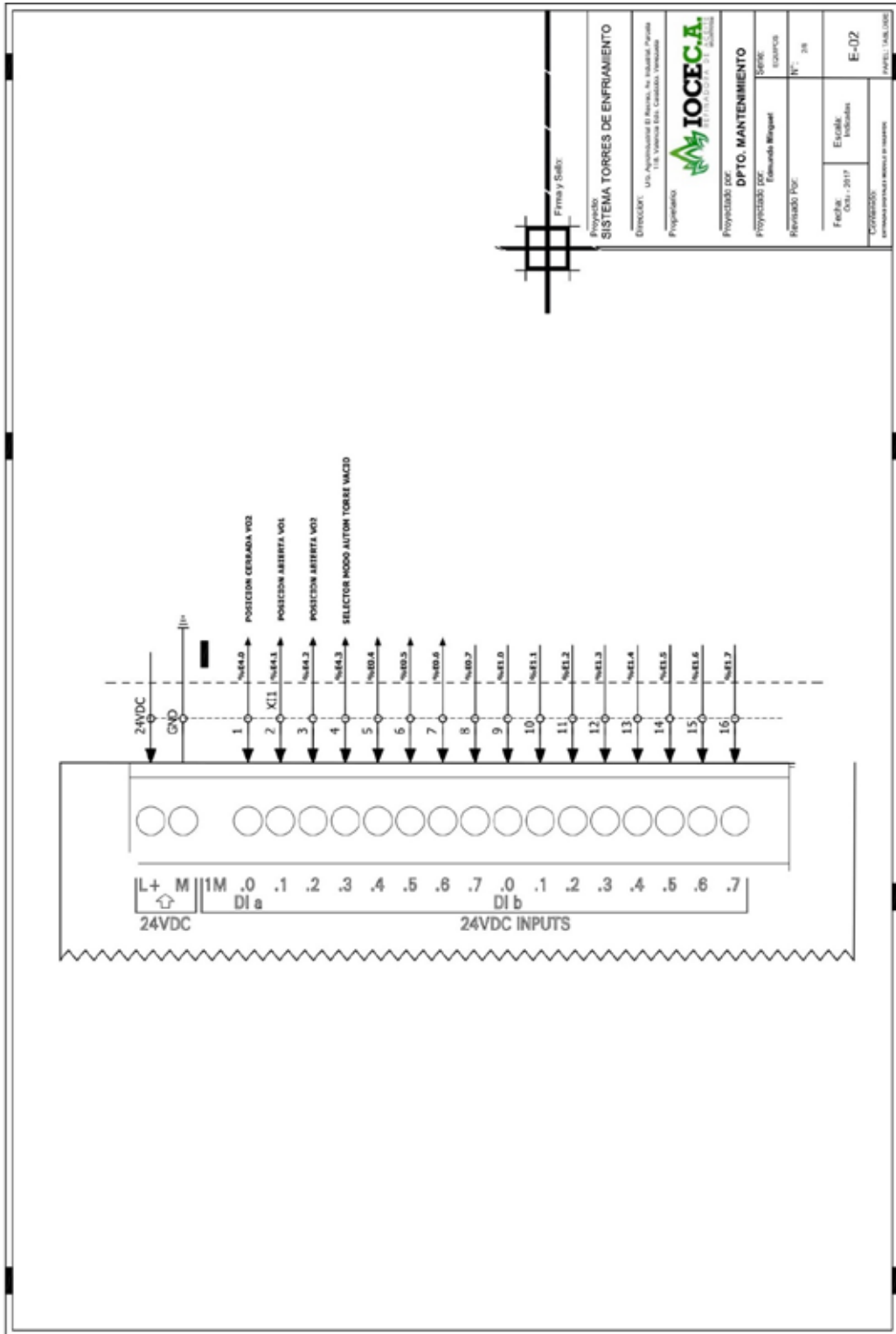
**IOCE, C.A.**  
REFINADORA DE ACEITE

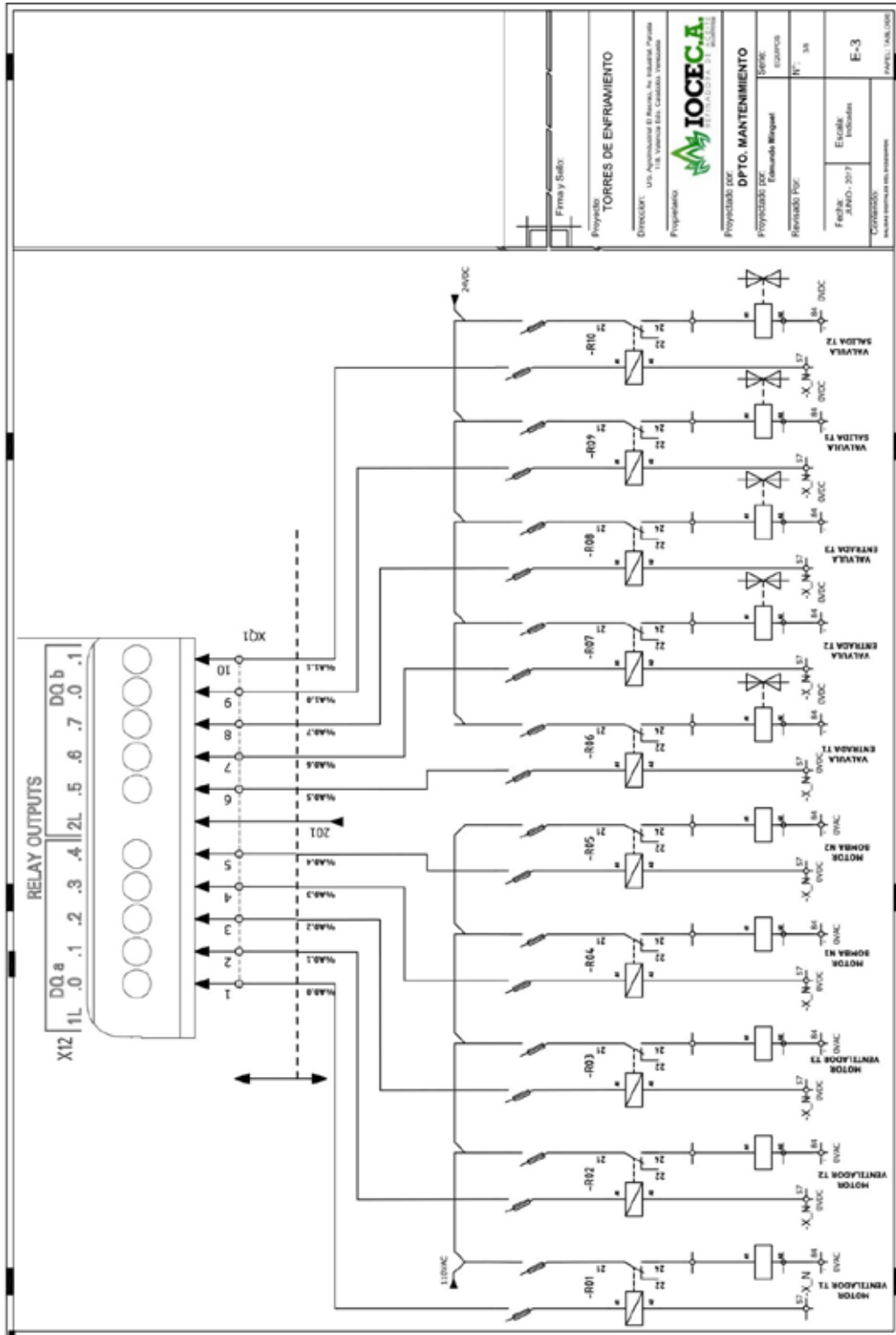
Av. Agromotriz el Barro, Parada 108 - Valencia Edo, Carabobo - J20071703-0  
 Titulo Plano Electrico de Distribucion en sistema de potencia  
 Elaborado por: Fecha: Rev. No. Pág.  
 Ing. Fernando Boteño 02/11/16 1.0 07/1X



Firma y Sello:

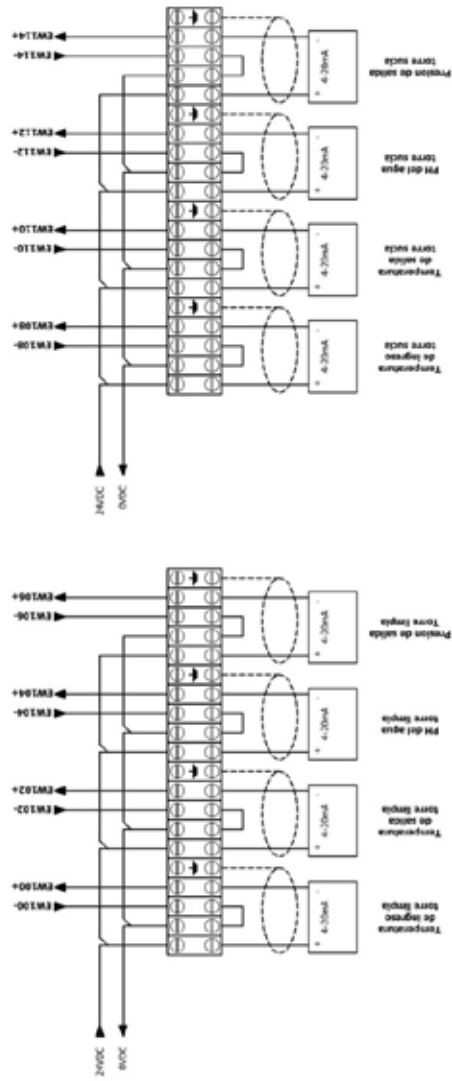
Proyecto:  
**SISTEMA TORRES DE ENFRIAMIENTO**  
 Direccion: U.S. Asociacion El Recreo, Av. Industrial Parque  
 118, Venturita Edo. Carabobo Venezuela  
 Proprietario: **IOCECA**  
 RETRANSMISORA DE TELEVISION  
 Proyectado por:  
**DPTO. MANTENIMIENTO**  
 Proyectado por:  
 Edmundo Ringuel  
 Revisado por:  
 N°:  
 18  
 Fecha:  
 Oct., 2017  
 Escala:  
 Inducida  
 E-01  
 C:\PROYECTOS\118 TORRES DE ENFRIAMIENTO





Firma y Sello:	
Proyecto: TORRES DE ENFRIAMIENTO	
DIRECCIÓN: U.S. Asociados & Ingenieros, Inc. Industrial Parque 118, Veneranda Esq. Cuchumal, Venezuela	
Propietario: IOCECA S.A. INDUSTRIAL PARQUE	
Proyectado por: DPTO. MANTENIMIENTO	
Proyectado por:	Edmundo Miquel
Revisado por:	Nº: 38
Fecha: JUNIO - 2017	Estado: Inicial
CODIGO: E-3	
Escala: 1:100	

**MODULO DE ENTRADA ANALÓGICA**



Firma y Sello:

Proyecto: TORRES DE ENFRIAMIENTO

DIRECCIÓN: U.S. Asociación El Berrero, Av. Industrial Parque 118, Valencia Edo. Carabobo, Venezuela



Proyectado por: DPTO. MANTENIMIENTO

Proyectado por: Edmundo Bernal

Revisado por: N° 48

Fecha: JUNIO - 2017

Escala: 1:1

E-4

PROYECTO: TORRES DE ENFRIAMIENTO





