



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO DEL PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DEL CONTROL Y MONITOREO DEL SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA SI
PLÁSTICOS**

Autor

Oscar Santiago Llano Ruiz

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería
mecánica

Medellín, Colombia

2021



DISEÑO DEL PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL Y
MONITOREO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA SI
PLÁSTICOS

Oscar Santiago Llano Ruiz

Informe de práctica como requisito para optar el título de:
Ingeniero mecánico

Asesor interno:

Silvio Andrés Salazar Martínez

MSc Ingeniero mecánico

Asesor externo:

Gustavo Adolfo Villacob Martínez

Ingeniero de mantenimiento

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería mecánica

Medellín, Colombia

2021

DISEÑO DEL PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL Y MONITOREO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA SI-PLÁSTICOS

TABLA DE CONTENIDO

1	Resumen	3
2	Introducción	4
3	Objetivos.....	5
3.1	Objetivo general.....	5
3.2	Objetivos específicos.....	5
4	Marco teórico	6
4.1	Generalidades de la inyección de plástico	6
4.2	Proceso de inyección de plástico SIP	7
4.3	Sistema de refrigeración de agua	8
4.3.1	Chiller	9
4.3.2	Torre de enfriamiento.....	9
4.3.3	Bomba de agua.....	10
4.3.4	Tanques de almacenamiento	10
4.4	Automatización.....	10
4.4.1	Software TIA Portal	11
4.5	Sensores	11
4.5.1	Sensor PT100 RTD.....	11
4.5.2	Sensor de nivel magnético.....	12
4.6	Diseño y desarrollo del proyecto	12
5	Metodología.....	14
5.1	Proceso de diseño	14
5.2	Diagnóstico de la situación actual.....	14
5.3	Cronograma de trabajo	14
5.4	Selección y ubicación de los elementos necesarios.....	15
5.5	Cotizaciones y consolidado de ofertas.....	15
5.6	Programación y simulaciones	16

6	Resultados y análisis.....	17
6.1	Planeación	17
6.1.1	Sistema de torres de enfriamiento	17
6.1.2	Sistema de chillers	17
6.1.3	Identificación de oportunidades de mejoran en la planta	17
6.2	Desarrollo del concepto	18
6.3	Diseño a nivel sistema	19
6.4	Diseño de detalle.....	19
6.4.1	Elementos principales de automatización y ensamble de gabinete eléctrico.....	19
6.4.2	Accesorios para el transporte de señales hasta el gabinete.....	21
6.4.3	Componentes para instalación física de los sensores	23
6.4.4	Consolidado total de los componentes.....	23
6.4.5	Elaboración del programa piloto PLC	24
6.5	Pruebas y refinamiento	32
7	Conclusiones	33
8	Referencias.....	34
9	Anexos	35
9.1	Anexo A	36
9.2	Anexo B.....	37

1 RESUMEN

El actual informe tiene como finalidad presentar el diseño del proyecto para la implementación de la automatización del sistema de refrigeración de SI-Plásticos, empresa donde se han presentado ciertas dificultades a la hora de operar las inyectoras de plástico y sus respectivos equipos periféricos, debido a que hay momentos en que las torres de enfriamiento o chillers, equipos usados para enfriar el agua, no realizan de manera correcta su trabajo, las bombas fallan o no ejercen suficiente presión para alimentar los equipos de refrigeración, y se eleva la temperatura del agua haciendo que las máquinas se alarmen o se produzcan piezas no conformes. Además, en ocasiones los tanques de almacenamiento de agua se rebosan lo que también provoca paros en la empresa y pérdida económica. Para resolver dichos problemas, se estudiaron los antecedentes y posteriormente se definieron estrategias para solucionar estas dificultades. Se recomienda instalar sensores de temperatura en diferentes puntos de los circuitos y fijar los sets point para que trabaje correctamente las máquinas, además, situar sensores de nivel en los tanques de almacenamiento donde se tienen ciertos valores mínimos y máximos. Esto irá conectado a un PLC que monitoreará dichos valores, mostrándolos en pantalla HMI y eventualmente alarmando a los operarios de mantenimiento mediante balizas visuales y sonoras.

Con este sistema de monitoreo y control se atacarán los problemas y fallos de manera anticipada a que ocurran paros en la producción, alargando la vida útil de los equipos y máquinas y llevando un mejor control sobre la producción.

2 INTRODUCCIÓN

SI-3 es una sociedad de empresas conformada por COLAUTO, SI PLÁSTICOS y SI ENSAMBLES, estas dos últimas se encuentran ubicadas en Zona Franca, Rionegro; SI Plásticos (SIP) es una compañía productora de piezas plásticas inyectadas con capacidad desde 150 a 1100 toneladas de inyección y con la más alta tecnología, por su parte SI Ensamblés (SIE) fabrica espumas en poliuretano, sillines y cargadores USB para motocicletas, ensambles y sub-ensambles de partes fabricadas por SI3 con CKD o partes suministradas por el cliente.

Actualmente, para mantener la alta capacidad de inyección de plástico en SIP, se cuenta con 7 inyectoras y gran variedad de moldes según lo requiera el cliente. Uno de los procesos primordiales en el desarrollo de los productos, es el enfriamiento tanto de la máquina en sí (aceites hidráulicos), como de los moldes, atemperadores, deshumidificadores y demás componentes de las inyectoras.

Se busca controlar y monitorear algunas variables del sistema como lo son temperatura y nivel, generando alarmas o avisos según los requerimientos que se dispongan en el proyecto y así evitar fallas, paros o mantenimientos correctivos tanto en los componentes del sistema de aguas, como en las inyectoras de plástico como tal.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Realizar el estudio del diseño de un sistema para monitorear el proceso de enfriamiento de agua, con la cual se refrigeran diferentes puntos claves en el procedimiento de inyección de SIP.

3.2 Objetivos específicos

- Estudiar y analizar los antecedentes del sistema de refrigeración de agua de SIP.
- Crear un cronograma de actividades para la implementación del proyecto de sistema de control y monitoreo del proceso de enfriamiento de agua.
- Identificar y seleccionar los elementos con los que se va a trabajar de acuerdo con las necesidades de la empresa.
- Definir ubicación y distribuciones de los elementos requeridos para implementar el sistema.
- Cotizar los elementos requeridos con diferentes proveedores nacionales e internacionales.
- Realizar la programación del sistema en el programa TIA Portal V14 de Siemens.
- Hacer simulaciones de funcionamiento del sistema de control y monitoreo del proceso de enfriamiento de agua de SIP.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Generalidades de la inyección de plástico

Hoy en día se ve la necesidad de moldear materiales para crear elementos con prácticamente cualquier forma, en la vida moderna, el plástico se ha convertido en una de las materias primas más indispensables para el hombre.

La técnica más popular para fabricar piezas de plástico es el proceso de moldeo por inyección. Ya que hay una gran variedad de formas en las que se pueden moldear este material, aun cuando tenga un alto grado de complejidad, además de ser un proceso rápido y eficiente.

El principio de moldeo es muy simple y básicamente es una máquina que funde el material plástico y luego lo inyecta en un molde con la forma deseada. Es un proceso que requiere perfecta sincronización de tiempos y movimientos. Este proceso se ilustra de mejor manera en la Figura 1 donde se tienen los siguientes pasos:

- 1. Unidad de alimentación:** El proceso inicia en una tolva con gránulos de plástico y alimenta la unidad de inyección por medio de un dosificador.
- 2. Unidad hidráulica:** El material fundido avanza a través del husillo de la unidad inyectora; este husillo es impulsado por un sistema hidráulico y provoca un movimiento axial del barril y las aspas en un flujo sin fin.
- 3. Unidad de inyección:** El polímero es fundido por medio del calor generado por unas resistencias que cubren la longitud del tornillo, este fluido es inyectado dentro del molde a través de la boquilla ejerciendo la presión suficiente para que se llene y solidifique el material.
- 4. Unidad de moldeo:** Se basa en una prensa hidráulica que consiste en dos placas porta moldes (una fija y la otra móvil), las cuales provocan una unión hermética de ambas partes del molde y así formar la cavidad de la pieza y resistir las altas presiones que se aplican cuando el polímero es inyectado en el molde.
- 5. Molde:** Es la parte más importante de la máquina de inyección, pues es donde la pieza de plástico tomará su forma y acabado. Consta de dos partes que van sujetos en las prensas porta moldes y cada una de ellas tiene una cavidad que se llenará con fluido del polímero caliente. [1]

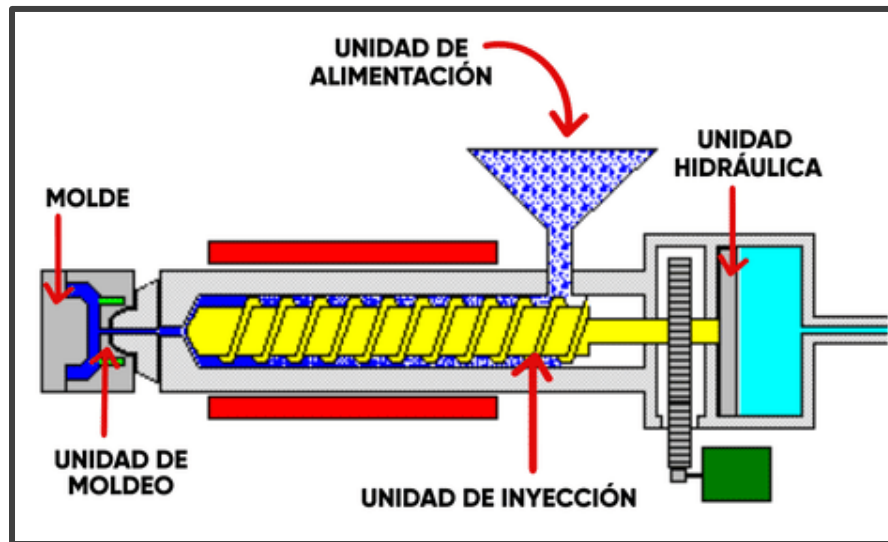


Figura 1. Proceso de inyección de plástico [1]

4.2 Proceso de inyección de plástico SIP

La empresa SI Plásticos dentro de sus instalaciones cuenta con un total de 7 inyectoras de diferente tamaño o capacidad de fuerza de cierre de las prensas de los moldes, que van desde 150 hasta las 1100 toneladas de fuerza de cierre [2]. Cada una de estas máquinas cuentan con los siguientes equipos periféricos:

- **Atemperador:** Funcionan controlando la temperatura en el interior de los moldes, y así se obtiene una pieza inyectada con un mejor acabado y evitando defectos indeseables.
- **Deshumidificador:** En muchas referencias de las piezas a producir, se requiere deshumidificar la materia prima para garantizar la ausencia de humedad y así obtener mejores acabados en los productos terminados, este proceso se hace mediante un deshumidificador.
- **Tolva de carga:** Es el equipo que se encarga de dosificar los tornillos de inyección de manera controlada, y asegurando un correcto mezclado de la materia prima y los pigmentos del material.
- **Robot de extracción:** Para hacer el proceso más automatizado, se cuenta con un robot de extracción neumático que extrae las piezas de los moldes según el programa que se introduzca en el mando.

Las inyectoras y los equipos periféricos se pueden observar en la Figura 2, y en la parte posterior de la bodega se cuenta con el sistema de refrigeración de agua.



Figura 2. Planta de SI-Plásticos [2]

4.3 Sistema de refrigeración de agua

En diferentes procesos internos de las inyectoras se requiere trabajar con agua relativamente fría, por lo que se cuenta con un sistema de refrigeración de agua; el sistema hidráulico y el enfriamiento regulado de los moldes, son algunos de estos procesos.

Para garantizar la temperatura del agua, las industrias de plástico generalmente cuentan con chillers o torres de enfriamiento para refrigerar el agua cuando sale del proceso de inyección a una temperatura determinada, bombas de agua que ayudan al desplazamiento del agua por las tuberías y además tanques de almacenamiento de agua habitualmente de 1000, 2000 y/o 3000 L (Figura 3).



Figura 3. Equipos del sistema de enfriamiento

4.3.1 Chiller

Un enfriador de agua o Chiller, como comúnmente se le llama, es un caso especial de máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua. El evaporador tiene un tamaño menor que el de los enfriadores de aire, y la circulación del agua se hace desde el exterior mediante bombeo mecánico.

Estos equipos pueden enfriarse con agua, con aire o por evaporación, por tal motivo son sistemas muy utilizados para acondicionar grandes instalaciones, edificios de oficinas y sobre todo aquellas que necesitan simultáneamente climatización y agua caliente sanitaria (ACS), por ejemplo, hoteles y hospitales. Pero también sirven en industrias en las que los procesos para disipar calor de equipos y reactores es una necesidad apremiante. [3]

4.3.2 Torre de enfriamiento

Una torre de enfriamiento es una máquina térmica utilizada para enfriar agua, mediante la evaporación de un pequeño porcentaje de la misma agua que se enfría (enfriamiento evaporativo) Figura 4.

Dicha evaporación se estimula con una corriente de aire y con la atomización del agua recirculada. La cantidad de calor extraído para enfriar el agua depende de las condiciones climáticas del sitio de operación (altura sobre el nivel del mar, temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo. [4]

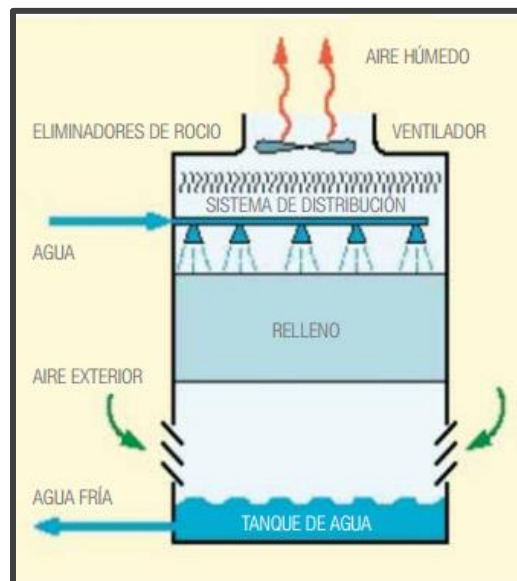


Figura 4. Esquema torre de enfriamiento [4]

4.3.3 Bomba de agua

Se denomina bomba de agua al dispositivo que consigue convertir la energía mecánica que posibilita su accionar en energía de un fluido incompresible que ella misma consigue desplazar. Cuando aumenta la energía del fluido (el agua), además logra incrementar su presión, su altura o su velocidad.

También llamadas bombas hidráulicas, las bombas de agua se utilizan para desplazar el líquido desde un sitio de menor altitud o presión hacia un lugar con mayor altitud o presión. Esto quiere decir que una bomba de agua puede ayudar a sacar agua de un pozo o a llevar el agua hacia los pisos más altos de un edificio [5].

4.3.4 Tanques de almacenamiento

Para el sistema de enfriamiento de agua, se tiene 2 tanques de 3000 L de polietileno lineal 100 % virgen, uno de ellos almacena el agua fría que va directamente a las inyectoras mientras que el otro almacena el agua caliente que viene del proceso y se envía a los chillers para así continuar con el proceso [6].

4.4 Automatización

La automatización industrial se define de muchas maneras; sin embargo, existe un concepto que la explica muy bien. Dicho término puede entenderse como la aplicación de diversas tecnologías para controlar y monitorear un proceso.

Básicamente lo que busca la automatización industrial es simplificar los procesos, reducir la mediación humana, obtener registro de los eventos y por supuesto, reducir costos. Lo anterior se obtiene gracias a la principal ventaja que poseen las soluciones que para ello se emplean, son módulos capaces de operar de manera individual o en plena armonía con sus pares o sistemas similares. Asimismo, son unidades que se actualizan con facilidad y totalmente escalables; además se adaptan perfectamente a necesidades y facilidades de las construcciones [7].

Por otro lado, para automatizar un proceso se necesita un "computador" o PLC que monitoree y controle todas las variables, los módulos para las entradas y salidas de las señales, ya sean digitales o análogas, una fuente de poder, la pantalla HMI con la que interactúan las personas, los sensores que captan las variables y envían las señales al control, los actuadores o alarmas que envía el PLC y los demás elementos para interconectar todos estos elementos.

4.4.1 Software TIA Portal

El programa TIA Portal (por sus siglas en inglés "Totally Integrated Automation") es un sistema de ingeniería de última generación que ha desarrollado la compañía para que los usuarios puedan llevar a cabo la ingeniería, puesta en marcha, operación y monitorización de todos los componentes de automatización y accionamientos a través de una única plataforma de control [8].

Es considerado como una herramienta que integra diferentes softwares de SIEMENS, como son: El SIMATIC STEP 7, el WinCC y componentes y módulos para soluciones de automatización basadas en PC con SIMATIC. Con esto se pretende realizar una mejor planificación, procesamiento y operación de proyectos de automatización.

En cuanto a la programación, el TIA Portal se basa en varios tipos de lenguaje, el FBS, el KOP y AWL. Usualmente se utiliza el KOP o diagrama de contactos; donde se divide la programación segmentos y estados según lo requiera el cliente [9].

Además, permite programar para PLC's desde las versiones más antiguas como el S7-300 hasta versiones actuales como el S7-1200.

4.5 Sensores

4.5.1 Sensor PT100 RTD

El PT100 es un sensor de temperatura que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Este sensor PT100 es el corazón sensible a la temperatura de cualquier termómetro de resistencia Figura 5. Aparte de la forma de montaje, son sus características las que básicamente determinan las propiedades técnicas de medida del sensor.

En un extremo está el elemento sensible (Sensor RTD) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal) [10].



Figura 5. PT100 RTD

4.5.2 Sensor de nivel magnético

Los Indicadores de Nivel Magnético (MLI) (Figura 6) han revolucionado el mercado de la indicación visual global al ofrecer una alternativa más segura, confiable y de alta visibilidad. Utilizando una combinación del principio ya probado de flotabilidad junto con los beneficios ofrecidos por magnetismo, los MLI pueden adaptarse prácticamente a cualquier arreglo de conexión de proceso en un recipiente y cualquier tipo de líquido.

Dentro de la cámara hay un flotador que contiene un grupo interno de imanes. Un aumento o una caída del fluido en el tanque de proceso corresponde a un cambio similar dentro de la cámara. En respuesta al movimiento de nivel, el flotador consecuentemente se mueve hacia arriba o hacia abajo.

Sujetado a la parte externa de la cámara y en total aislamiento del líquido de proceso existe un indicador visual empleando bien sea una serie de banderas giratorias o un seguidor acoplado magnéticamente al flotador que parece flotar en el aire. Dando así una señal lógica de 1 o 0 [11].

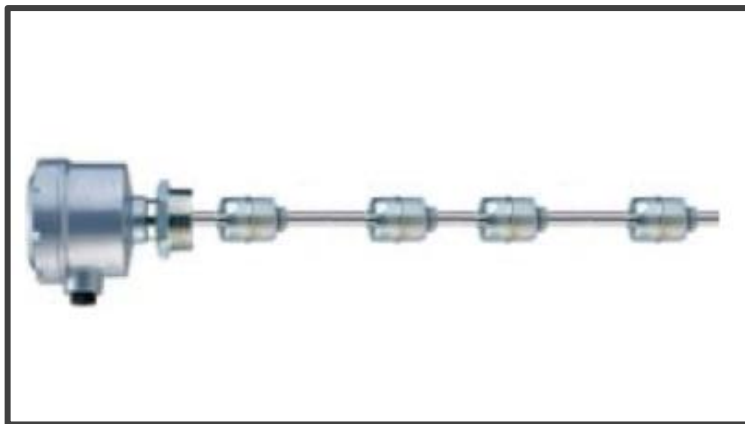


Figura 6. Sensor de nivel de switch magnético

4.6 Diseño y desarrollo del proyecto

El proceso genérico de desarrollo del producto consta de seis fases, como se ilustra en la Figura 7. El proceso se inicia con una fase de planeación, que es el vínculo con actividades avanzadas de desarrollo en investigación y tecnología. La salida de la fase de planeación es la declaración de la misión del proyecto, que es la entrada requerida para empezar la fase de investigación del concepto y que sirve como guía para el equipo de desarrollo. La conclusión del proceso de desarrollo del producto es el lanzamiento del producto en sí, en cuyo momento éste queda disponible en el mercado para su adquisición. Las 6 fases para un proceso genérico de un producto son:

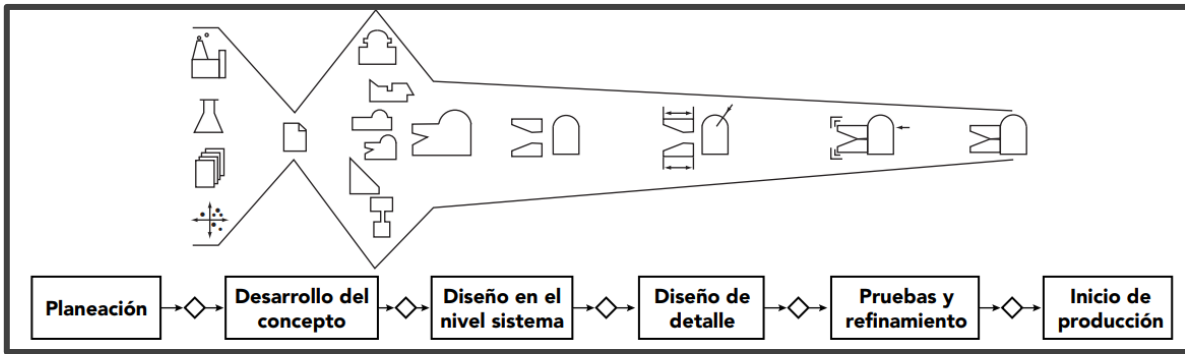


Figura 7. Proceso genérico del desarrollo de un producto [10]

1. **Planeación:** A veces se conoce como “fase cero” ya que precede a la aprobación del proyecto y lanzamiento del proceso real de desarrollo del producto. La fase comienza por la identificación de las oportunidades y estrategias corporativas, evaluación de los avances y objetivos del mercado.
2. **Desarrollo del concepto:** En esta fase se identifican las necesidades del mercado objetivo, se generan y evalúan conceptos alternativos del producto y uno o más conceptos se seleccionan para el desarrollo y pruebas adicionales. Un concepto es una descripción de la forma, función y características de un producto, y por lo general está acompañado por un conjunto de especificaciones, un análisis de productos de la competencia y una justificación económica del proyecto.
3. **Diseño a nivel sistema:** La fase de diseño a nivel sistema incluye la definición de la arquitectura del producto y la descomposición del producto en subsistemas y componentes. Los planes iniciales para el sistema de producción y el esquema de ensamble final para el sistema de producción suelen definirse también durante esta fase. La salida de esta fase por lo general comprende un diseño geométrico del producto, una especificación funcional de cada uno de los subsistemas del producto y un diagrama de flujo preliminar del proceso para el ensamble final.
4. **Diseño de detalle:** Esta fase incluye la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes únicas del producto y la identificación de todas las partes estándar a ser adquiridas de proveedores.
5. **Pruebas y refinamiento:** Las pruebas y refinamiento comprende la construcción y evaluación de versiones múltiples de preproducción del producto, primeros prototipos y evaluación exhaustiva de la forma interna de todo lo hecho hasta ahora.
6. **Inicio de producción:** Aquí, el producto se hace usando el sistema de producción pretendido. El propósito del inicio es capacitar al personal y resolver cualquier problema en los procesos de producción. [12]

5 METODOLOGÍA

5.1 Proceso de diseño

En el proceso definido de desarrollo, se definieron y se siguieron pasos precisos y detallados, para el proyecto de monitoreo del sistema de refrigeración de agua, se abordaron detalladamente 5 de 6 fases del proceso genérico del desarrollo de un producto, se identificaron los requerimientos, necesidades y oportunidades de mejora en el asunto, una vez aprobado el proyecto se planeó y se crearon cronogramas de trabajo para ejecutar las actividades planeadas detalladamente. Luego se desarrollaron alternativas para suplir las necesidades, se describieron la forma, función y características de los productos; posteriormente, se dividieron los sistemas en subsistemas y componentes, facilitando así el esquema del ensamble final. Luego se realizó un estudio en detalle de las especificaciones, geometrías, materiales y tolerancias de todas las partes del proyecto y por último se ejecutaron pruebas y simulaciones virtuales del proyecto, dando por terminado el objetivo principal de este trabajo.

5.2 Diagnóstico de la situación actual

Para la implementación del sistema de control y monitoreo del sistema de refrigeración de agua de SI-Plásticos, inicialmente, y con ayuda del asesor externo, se estudió los antecedentes de la planta, que fallos, paros o averías se han identificado debido a alteraciones de las condiciones del agua que refrigera el proceso y se analizó las posibles situaciones que pueden ocurrir por falta de una oportuna intervención de los operarios de mantenimiento en el sistema de bombas o equipos de refrigeración y se encontraron los siguientes aspectos:

Luego de que se identificaron estos antecedentes, se procedió a investigar acerca de los sistemas de enfriamiento, tanto las torres de enfriamiento como los chillers y se aclararon dudas de como trabajaban estos circuitos.

5.3 Cronograma de trabajo

Una vez analizados todos los antecedentes, junto a los demás ingenieros de mantenimiento, se tomó la decisión de llevar a cabo el sistema de automatización y monitoreo del sistema de refrigeración de agua, donde se establecieron las actividades enunciadas en la Tabla 1 y se formuló el cronograma que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1. Lista de actividades planeadas

ÍTEM	ACTIVIDAD
1	Identificación y selección de los elementos y accesorios para llevar a cabo la ejecución el proyecto de control y monitoreo.
2	Cotización de los componentes necesarios.
3	Consolidado de ofertas.
4	Programación y digitalización del sistema de automatización.
5	Simulaciones finales y del proyecto.

Tabla 2. Cronograma de actividades

ÍTEM	SEMANAS																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	█	█	█	█	█	█	█																			
2							█	█	█	█																
3											█	█	█													
4													█	█	█	█	█	█	█							
5																		█	█	█	█	█	█			

5.4 Selección y ubicación de los elementos necesarios

Una vez se tuvo claro el cronograma de actividades para automatizar el sistema de enfriamiento de agua, se realizó la investigación de los elementos que se requieren para llevar a cabo el proyecto, se socializó con los ingenieros y los operarios de mantenimiento estos equipos y finalmente se definieron cuáles eran los más adecuados a la necesidad establecida inicialmente. Además, se precisaron los lugares donde iban a ir instalados los sensores en las tuberías y/o tanques de agua.

5.5 Cotizaciones y consolidado de ofertas

Luego de tener definidos los elementos necesarios, se envió los requerimientos a 3 diferentes proveedores, dos locales y uno internacional. Se les envió las necesidades detalladas y además hicieron visitas a la empresa para aclarar diferentes dudas con respecto al proyecto. Posteriormente se realizó el consolidado de ofertas y se envió al líder del área

para su posterior aprobación, sin embargo, debido al crecimiento de la empresa en la adquisición de nuevos proyectos, el sistema de automatización quedó pausado por lo que se tomó la decisión de llegar hasta la programación y simulaciones en el trabajo.

5.6 Programación y simulaciones

Se tomó la decisión de automatizar con equipos marca "Siemens" por lo que las programaciones y simulaciones se llevaron a cabo en las plataformas de la misma marca, el programador TIA Portal V14 y el simulador S7-PLCSIM, llevando a cabo programas con conectores lógicos y posteriormente las simulaciones mediante una pantalla HMI.

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Planeación

Como parte inicial del proyecto, se realizó la investigación de los antecedentes de la planta, los circuitos de refrigeración, con que equipos trabaja y como trabajan.

6.1.1 Sistema de torres de enfriamiento

El sistema cuenta con dos torres de enfriamiento de 50 y 75 toneladas de refrigeración, sin embargo, los dos equipos desempeñan la misma función según lo requiera la planta ya que solo trabaja una torre y la otra descansa y así se va intercambiando cada 15 días. Luego de que se enfría el agua a temperatura ambiente, una bomba centrífuga de 5,5 HP de potencia (hay dos bombas, pero solo trabaja una y a los 15 días trabaja la otra) aumentan la presión para hacer circular el agua por todo el circuito de las máquinas y realizar el enfriamiento que se requiere y posteriormente, y con la misma presión que ejerce esta bomba el agua retorna a la torre de enfriamiento cumpliendo el ciclo.

6.1.2 Sistema de chillers

En el caso de que las inyectoras requieran agua a una temperatura menor a la que da las torres de enfriamiento (10-15 °C) la empresa SI-Plásticos cuenta con 2 chillers de 10 toneladas de capacidad de refrigeración cada uno. Similar a las torres de enfriamiento, mientras un chiller funciona, el otro está en reposo. El proceso inicia cuando el chiller enfría el agua y se almacena en un tanque de 3000 L (tanque de agua fría) y luego mediante una bomba de 7,5 HP de potencia (hay dos bombas similares y trabajan alternadamente) se incrementa la presión del agua para llevarla a que ejecute el proceso de enfriamiento en las máquinas y con esta misma presión llega a otro tanque de almacenamiento de 3000 L (tanque de agua caliente) y de allí otra bomba de 2 bombas de 1 HP de potencia cada una, llevan el agua de nuevo al chiller para comenzar de nuevo el proceso de refrigeración.

6.1.3 Identificación de oportunidades de mejoran en la planta

Investigando inicialmente los problemas e inconvenientes que se presenta principalmente en los equipos que requieren refrigeración por agua, no se logró encontrar información documentada por lo que se recurrió a hacer un sondeo a los operarios y los líderes de área con más experiencia y se encontró que generalmente se presentan las siguientes dificultades:

- Las piezas se deforman debido a un mal proceso de enfriamiento

- El tamaño de grano con el que se enfría el material de las piezas inyectadas no es el adecuado, causando defectos en las piezas y teniendo lotes de piezas no conformes.
- Los moldes se dañan debido a un flujo de agua con temperatura diferente a la ideal, además los accesorios como mangueras, acoples, uniones, entre otros, tienden a deteriorarse.
- Los dosificadores de materia prima deben de tener la temperatura del agua en el rango predeterminado, si está por fuera, el equipo se alarma.
- Las máquinas que requieren en su funcionamiento aceite hidráulico deben refrigerarse constantemente o podría provocar averías o paros.
- Las bombas hidráulicas no deben trabajar en vacío porque se deterioran y pueden sufrir daños severos.
- El sistema mecánico que mide el nivel de las torres de enfriamiento no son lo suficientemente confiables y en repetidas ocasiones se ha visto que o se baja demasiado el nivel del agua o, por el contrario, se sobrepasa de lo normal y hay mucha pérdida.

6.2 Desarrollo del concepto

A partir de estos análisis, se emprendió en la búsqueda de los elementos necesarios para automatizar y monitorear el sistema de refrigeración con ayuda de los ingenieros y operarios de mantenimiento, donde básicamente se monitoreará 4 puntos de temperatura en el circuito de las tuberías, 1 sensor a la salida del tanque de agua fría, 2 sensores para cada uno de los chillers (son circuitos independientes) y otro sensor para la salida de las torres de enfriamiento. A parte de la variable de temperatura, se piensa monitorear el nivel de los tanques de almacenamiento de agua, tanto para los de agua fría y caliente, como las dos piscinas de las torres de enfriamiento. El diseño de la distribución y ubicación de dichos sensores en un esquema general se presenta en el **anexo A**, donde se expone la ubicación de los sensores en la red hidráulica, y se esclarece el panorama de los ciclos de refrigeración, donde las líneas azules se refieren a tubería con agua fría o agua hacia máquinas y las líneas rojas son conductos con agua caliente o agua desde máquinas.

Además de los sensores, es necesario llevar las señales a un tablero de control, que se compondrá básicamente por un computador o PLC con sus módulos de entradas y salidas, una fuente de energía, una pantalla de interacción, relés, protecciones o breakers, borneras, baliza, el tablero o armario y demás fungibles y accesorios para las conexiones eléctricas. Este tablero se funcionará por medio de un programa que se carga en el software TIA Portal y se contemplan los requerimientos de la empresa.

Asimismo, los sensores deben de tener sus respectivos accesorios para la instalación física, que también se tuvieron en cuenta en las solicitudes de cotización que se hicieron efectivas.

6.3 Diseño a nivel sistema

En general, se desea monitorear dos variables físicas, temperatura y nivel; para la instalación de estos sensores es necesario contar con algunos accesorios que servirán como acople en las tuberías y en los tanques de agua. Luego de leer estas variables físicas, los sensores envían las señales a un tablero de control por medio de cables, tubería EMT para la protección de los cables y algunos accesorios para fijar dichos tubos. El tablero de control cuenta con equipos especializados para la automatización, el PLC con sus respectivos módulos de entradas y salidas, la fuente de poder, las protecciones o breakers, la pantalla HMI, y demás componentes que se detallan a continuación.

En síntesis, el proyecto de automatización se divide en los siguientes subsistemas:

- Elementos principales de automatización y ensamble de gabinete eléctrico
- Accesorios necesarios para el transporte de señales hasta el gabinete
- Componentes requeridos para la instalación física de los sensores.
- Elaboración de programa piloto del PLC

6.4 Diseño de detalle

Este apartado de diseño de detalle se divide en dos ejes fundamentales, selección y cotización de los elementos necesarios para el proyecto y programación y simulación del código en TIA Portal.

6.4.1 Elementos principales de automatización y ensamble de gabinete eléctrico

Hay gran cantidad de marcas de PLC y equipos de automatización en Colombia, Mitsubishi, Allen-Bradley, Bosch, Siemens son unas de ellas. A pesar de las excelentes prestaciones de calidad y servicio que brindan todas las referencias se escogió la marca Siemens, su precio competitivo en el mercado, su facilidad en la programación, y por ser uno de los equipos más vendidos en el mercado a nivel nacional, son una de las razones por las que se eligió dicha marca.

El PLC SIMATIC S7-1200 es la referencia de PLC marca Siemens más apta para monitorear las variables mencionadas, ya que posee la memoria suficiente y las entradas y salidas necesarias del sistema. Este PLC va acompañado de una fuente de alimentación marca Siemens, tiene una salida de 4 amperios

a 24 VDC lo que la hace apta para los componentes que requieren dicha cantidad de voltios (los equipos de automatización requieren normalmente 24 V). Las señales que envían los sensores de temperatura se denominan señales análogas que requieren un módulo especial para captarlas, y, por otro lado, las señales que envían los sensores de nivel se denominan digitales; así, se requiere 3 módulos, 2 de digitales (entradas y salidas) y 1 de entradas análogas, marca Siemens.

La pantalla HMI es el equipo con el que interactúa el humano con la máquina, por lo que siempre es preferible tener un tamaño adecuado, una conexión actualizada al PLC y una definición óptima para percibir bien las imágenes, la referencia más adecuada es la SIMATIC HMI, KTP700 Basic, que tiene un tamaño de 7" y es una de las mejores en cuanto a la relación calidad/precio.

Al hablar de las variables físicas, se tiene que mencionar los sensores que medirán dichas señales. En el caso de la temperatura, debido a que se maneja una temperatura entre 10 y 30 °C una PT100 sería la ideal. Mientras que, para la variable de nivel, los switches magnéticos funcionan a la perfección ya que entregan diferentes niveles del agua a un precio más económicos que los sensores análogos.

Por último, el gabinete eléctrico se compone además de diferentes accesorios como relés de interfaz de 1 W, adecuado para las señales que se envían desde los sensores, breakers de 1 y 4 amperios que protegen la fuente y los equipos de automatización, cable calibre 18 AWG que es el ideal para transportar señales eléctricas debido a su pequeño diámetro, borneras, riel omega, terminales, canaletas que generalmente suelen ser genéricas. El armario de marca Rittal y sus accesorios soportan de forma correcta todos los componentes y por último la baliza de 1 color con indicador sonoro de marca Siemens nos indica cuando hay una falla.

Estos accesorios con sus respectivas referencias se especifican en la Tabla 3, donde se detalla cada uno de los componentes y la cantidad necesaria de estos. El proveedor elegido por temas de economía, atención prestada por parte de los asesores y calidad de sus productos fue "Elico Group" un distribuidor local de la ciudad de Medellín que brinda excelente atención a sus clientes.

Elico Group ofrece estos elementos, garantía de sus componentes, y asesoría en caso de ser necesaria con un valor de **\$ 14.809.832**.

Tabla 3. Componentes necesarios para automatizar

NOMBRE	CANTIDAD	NOTA
SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta DC/DC/DC, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10V DC, alimentación: DC 20,4-28,8V DC, Memoria de programas/datos 100 KB	1	PLC
SITOP PSU100C 24 V/4 A Fuente de alimentación estabilizada entrada: AC 120-230 V (DC 110-300 V) salida: DC 24 V/4 A	1	Fuente de voltaje
SIMATIC S7-1200, módulo de entradas digitales SM 1221, 16 DI, DC 24V, Sink/Source	1	Módulo 16 DI
SIMATIC S7-1200, módulo de salidas digitales SM 1222, 8 DO, DC 24V, Transistor 0,5 A	1	Módulo 8 DO
SIMATIC S7-1200, módulo de entradas analógicas, SM 1231 RTD, 8xAI módulo RTD	1	Módulo 8 AI RTD
SIMATIC HMI, KTP700 Basic, Basic Panel, Manejo con teclado/táctil, pantalla TFT de 7", 65536 colores, Interfaz PROFINET, configurable a partir de WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13, incluye software Open Source, que se cede gratuitamente ver CD adjunto	1	Pantalla HMI 7"
Sensor de temperatura PT100, roscada para acople al proceso 1/2 NPT	4	Sensor PT100 (0-100°C)
Juego de 4 Suiches de nivel magnéticos, ensamblados sobre tubería en acero inoxidable altura: 1,8m	2	Sensor de nivel digital de 4 posiciones
Juego de 2 Suiches de nivel magnéticos, ensamblados sobre tubería en acero inoxidable altura: 0,25m	2	Sensor de nivel digital de 2 posiciones
Relés de interfaz de entrada con bornes relé, 1 W, dorado duro borne de tornillo 24 V DC Ancho de la caja 6,2 mm Corriente térmica 6A	18	Relés
Miniature circuit breaker 230/400 V 10kA, 1-pole, C, 1 A	7	Breaker
Miniature circuit breaker 240/415 V 10kA, 1-pole, C, 4A	1	Breaker
Bornera torn 32 a/750v 4mm2 x 10 und	40	Puentes para señales
Riel omega	2	Fijación de los elementos
Terminal pin hueco ama 18 AWG	5	Terminales para los cables
Canaleta ranurada 60 x 40	2	Protecciones
Baliza con led intermitente rojo y elemento zumbador	1	Alarma
AX Armario Compacto Rittal 800x1000x300, RAL7035	1	Gabinete
SZ Soporte para fijación mural, p/ AX/KX	1	Soporte gabinete
Diseño tablero y planos	1	Diseño de tablero con planos

6.4.2 Accesorios para el transporte de señales hasta el gabinete

Por otro lado, se necesitan algunos fungibles o accesorios para llevar las señales que dan los sensores directamente al gabinete eléctrico.

Principalmente, el cable encauchetado calibre 18 es el que se encarga de llevar las señales de los sensores a los equipos, tanto de 3 hilos (salida de las PT100) como de 5 (salida de los sensores de nivel). Por otro lado, la tubería EMT es la que protege los cables eléctricos de la intemperie, por lo que se cotizan con los respectivos accesorios, uniones, curvas, terminales, conduletas, prensa estopas. Además, se debe tener cajas de paso para poder realizar mantenimientos a los sistemas y poder desenergizar los equipos fácilmente. Por último, es necesario soportes y rieles para instalar eficazmente las tuberías EMT, con sus respectivos tornillos, y grapas.

Se expone el resumen de estos elementos en la Tabla 4 donde el proveedor que mejor ofrece estos elementos es "Tiendas S.A", un distribuidor local de Medellín con antecedentes en el grupo SI-3.

Tabla 4. Componentes necesarios para llevar las señales al gabinete eléctrico

NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD
Cable encauchetado centelsa 3x18 awg	39	m
Cable encauchetado centelsa 5x18 awg	15	m
Tubo emt de 1/2"	5,5	m
Tubo emt de 1 1/4"	8,5	m
Terminal emt 1/2"	4	Und
Terminal emt 1 1/4"	4	Und
Conduleta tee emt 1 1/4"	1	Und
Conduleta lb 1 1/4"	1	Und
Prensa estopa pg11	6	Und
Conduit flex 2"	3	m
Terminal conduit flex 2"	4	Und
Caja termoplastica 15x15x10 cm / aprox	2	Und
Riel chanel 4x4	2	m
Riel chanel 4x2	2	m
Soporte para riel chanel	4	Und
Unión emt 1 1/4"	12	Und
Unión emt 1/2"	10	Und
Abrazadera emt 1/2" de 2 alas	10	Und
Abrazadera emt 1 1/4" de 2 alas	10	Und
Tornillo y chazos (para abrazaderas)	100	Und

El precio total que ofrece este proveedor para la totalidad de los elementos es de **\$ 879.490**.

6.4.3 Componentes para instalación física de los sensores

Por último, se deben adecuar los sensores en las tuberías y/o tanques de almacenamiento de agua, por lo que se cotizaron accesorios como reducciones o acoples y el proveedor que entrega una mejor oferta es "Internacional ferretera", distribuidor local de la ciudad de Medellín y con historial de compras en el grupo empresarial.

Para interrumpir las tuberías de agua y fijar los sensores, se necesitan Tee con salidas hembras de material inoxidable para evitar la oxidación y garantizar durabilidad de estos elementos, adaptadores macho para fija las reducciones y así fijar las PT100 que tienen una salida de ½" NPT. Finalmente, los sensores de nivel se fijan mediante un flanche o brida PVC.

La Tabla 5 muestra dichos accesorios y cantidades de estos.

Tabla 5. Componentes necesarios para instalación física de los sensores

NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD
Tee hhh 1 1/2" npt inox	2	Und
Tee hhh 2" npt inox	2	Und
Adaptador macho 1 1/2" pvc presión	4	Und
Adaptador macho 2" pvc presión	6	Und
Reducción bushing inox 1 1/2"x1/2" npt	3	Und
Reducción bushing inox 2"x1/2" npt	3	Und
Flanche pvc 1" npt hh	4	Und

Para un total de **\$ 684.102** que ofrece este proveedor.

6.4.4 Consolidado total de los componentes

En síntesis, se presenta un consolidado a los líderes del área como lo muestra la Tabla 6, sin embargo, a pesar de que se le dio visto bueno al proyecto, por temas de crecimiento en otros proyectos principales, el plan de automatización quedó relegado para un futuro; por ende, se continuó con el diseño y programación de este, adelantando para un futuro la culminación de este propósito.

Tabla 6. Consolidado económico total del proyecto

CONSOLIDADO PROYECTO AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO SIP		
CATEGORÍA	PROVEEDOR	TOTAL
Suministros automatización	Elico Group	\$ 14.809.832,00
Instal. Física sensores	Internacional ferretera	\$ 684.102,00
Instal. De señales a tablero	Tiendas S.A	\$ 879.490,00
TOTAL		\$ 16.373.424,00

6.4.5 Elaboración del programa piloto PLC

Para presentar un proyecto más consolidado y seguro, se realizó la programación del PLC para monitorear las variables requeridas.

Para realizar la programación del PLC, se hizo uso del programa TIA Portal V14 de la marca Siemens y se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Se configura las entradas análogas para entradas de 0-10 V y una frecuencia de 60 Hz.
- Se configuró el bloque "Complete restart" que inicia la simulación como si todo estuviera en un modo reposo.
- Se introdujeron las variables requeridas con su respectiva configuración (booleana, entera, real, etc.)
- Se crearon uno a uno los bloques de programación teniendo en cuenta las variables a controlar y los parámetros tanto de entrada como de salida, suponiendo además que se trabajará en condiciones normales y temperaturas ambientes de la ciudad de Rionegro.
- Se tuvo en cuenta botones para inicio, paro de emergencia y reinicio de alarmas.
- Solo hay una salida que va directa a la baliza visual y sonora.
- Cada sensor cuenta con unos parámetros para establecer estados dentro del programa.

La creación del código de programación se expone detalladamente a continuación:

- Se abre el TIA Portal, crear un proyecto, se asigna un nombre y se abre la vista de proyecto. Luego se agrega el dispositivo, en este caso se usará CPU 314C-2 DP con la referencia 6ES7 314-6CG03-0AB0 que funciona de forma similar al PLC SIMATIC S7-1200, como lo muestra la Figura 8.

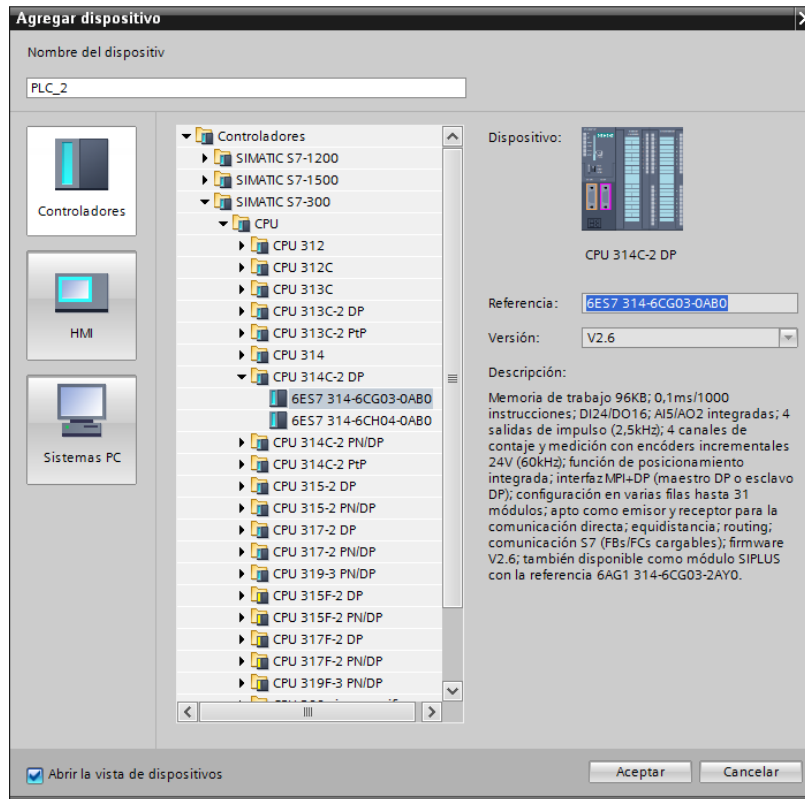


Figura 8. Selección de PLC

- Ahora, se crean los nombres, los tipos y las direcciones de las variables, como se muestra en la Figura 9, donde las variables start, stop, reset alarm, hace referencia a las entradas digitales que envía cada botón físico. “N” hace referencia a los sensores de nivel y el porcentaje es la cantidad de agua que detecta dentro del tanque (esta señal es digital). Por otro lado. El sensor de temperatura “T” entrega señales análogas, donde se cuenta con variables virtuales que hacen referencia a baja o alta según el set point que requiera el proceso. Las variables que mencionan balizas hacen referencias a los estados y salidas para activar dicho elemento y poder alarmar al personal técnico que hay una falla. Las demás variables se refieren a temas virtuales y hacen que el código funcione de manera correcta y poder simular el programa.
- El bloque “COMPLETE RESTART” inicializa el programa haciendo que siempre que se inicie el código, arranque en el “Estado apagado” como lo muestra la Figura 10.

Variables PLC					Variables PLC				
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección		Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección
1	Start	Tabla de variabl...	Bool	%I24.0	32	T1 Alta	Tabla de variables e..	Bool	%M1.5
2	Stop	Tabla de variables e..	Bool	%I24.1	33	T2 Baja	Tabla de variables e..	Bool	%M1.6
3	N1 10%	Tabla de variables e..	Bool	%I24.2	34	T2 Alta	Tabla de variables e..	Bool	%M1.7
4	N1 50%	Tabla de variables e..	Bool	%I24.3	35	T3 Baja	Tabla de variables e..	Bool	%M2.0
5	N1 90%	Tabla de variables e..	Bool	%I24.4	36	T3 Alta	Tabla de variables e..	Bool	%M2.1
6	N2 10%	Tabla de variables e..	Bool	%I24.5	37	T4 Baja	Tabla de variables e..	Bool	%M2.2
7	N2 50%	Tabla de variables e..	Bool	%I24.6	38	T4 Alta	Tabla de variables e..	Bool	%M2.3
8	N2 90%	Tabla de variables e..	Bool	%I24.7	39	Baliza On	Tabla de variables e..	Bool	%M2.4
9	N3 10%	Tabla de variables e..	Bool	%I25.0	40	Inicio	Tabla de variables e..	Bool	%M10.0
10	N3 90%	Tabla de variables e..	Bool	%I25.1	41	Paro	Tabla de variables e..	Bool	%M10.1
11	N4 10%	Tabla de variables e..	Bool	%I25.2	42	Reseteo alarma	Tabla de variables e..	Bool	%M10.2
12	N4 90%	Tabla de variables e..	Bool	%I25.3	43	T1 Real	Tabla de variables e..	Real	%MD20
13	Reset alarm	Tabla de variables e..	Bool	%I25.4	44	T2 Real	Tabla de variables e..	Real	%MD24
14	Entrada análoga T1	Tabla de variables e..	Int	%IW752	45	T3 Real	Tabla de variables e..	Real	%MD28
15	Entrada análoga T2	Tabla de variables e..	Int	%IW754	46	T4 Real	Tabla de variables e..	Real	%MD32
16	Entrada análoga T3	Tabla de variables e..	Int	%IW756	47	Ret_val1	Tabla de variables e..	Word	%MW200
17	Entrada análoga T4	Tabla de variables e..	Int	%IW758	48	Ret_val2	Tabla de variables e..	Word	%MW202
18	Baliza	Tabla de variables e..	Bool	%Q124.0	49	Ret_val3	Tabla de variables e..	Word	%MW204
19	Estado apagado	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	50	Ret_val4	Tabla de variables e..	Word	%MW206
20	Estado encendido	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	51	Bipolar 4	Tabla de variables e..	Bool	%M255.3
21	Nivel 1 10%	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	52	Bipolar 3	Tabla de variables e..	Bool	%M255.4
22	Nivel 1 50%	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3	53	Bipolar 2	Tabla de variables e..	Bool	%M255.5
23	Nivel 1 90%	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4	54	Bipolar 1	Tabla de variables e..	Bool	%M255.6
24	Nivel 2 10%	Tabla de variables e..	Bool	%M0.5	55	Inicializador	Tabla de variables e..	Bool	%M255.7
25	Nivel 2 50%	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6					
26	Nivel 2 90%	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7					
27	Nivel 3 10%	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0					
28	Nivel 3 90%	Tabla de variables e..	Bool	%M1.1					
29	Nivel 4 10%	Tabla de variables e..	Bool	%M1.2					
30	Nivel 4 90%	Tabla de variables e..	Bool	%M1.3					
31	T1 Baja	Tabla de variables e..	Bool	%M1.4					

Figura 9. Variables del código

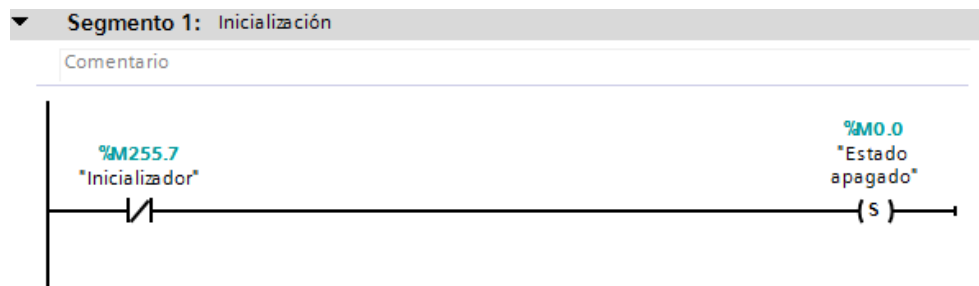


Figura 10. Bloque “COMPLETE RESTART”

- Ahora, en el bloque principal, se empieza suponiendo que un operario va a presionar el botón “Start” y se entra al “Estado encendido” mientras que otro bloque posee el botón “Stop” y pasa de estado encendido a apagado, como se expone en la Figura 11.
- Luego, para la variable de nivel de los tanques, se entra a un estado dependiendo del porcentaje de agua en el tanque (10, 50 y 90%), para las variables N1 y N2 (Figura 12), y para los tanques 3 y 4 se detectan dos estados 10 y 90% de nivel de tanque (Figura 13)

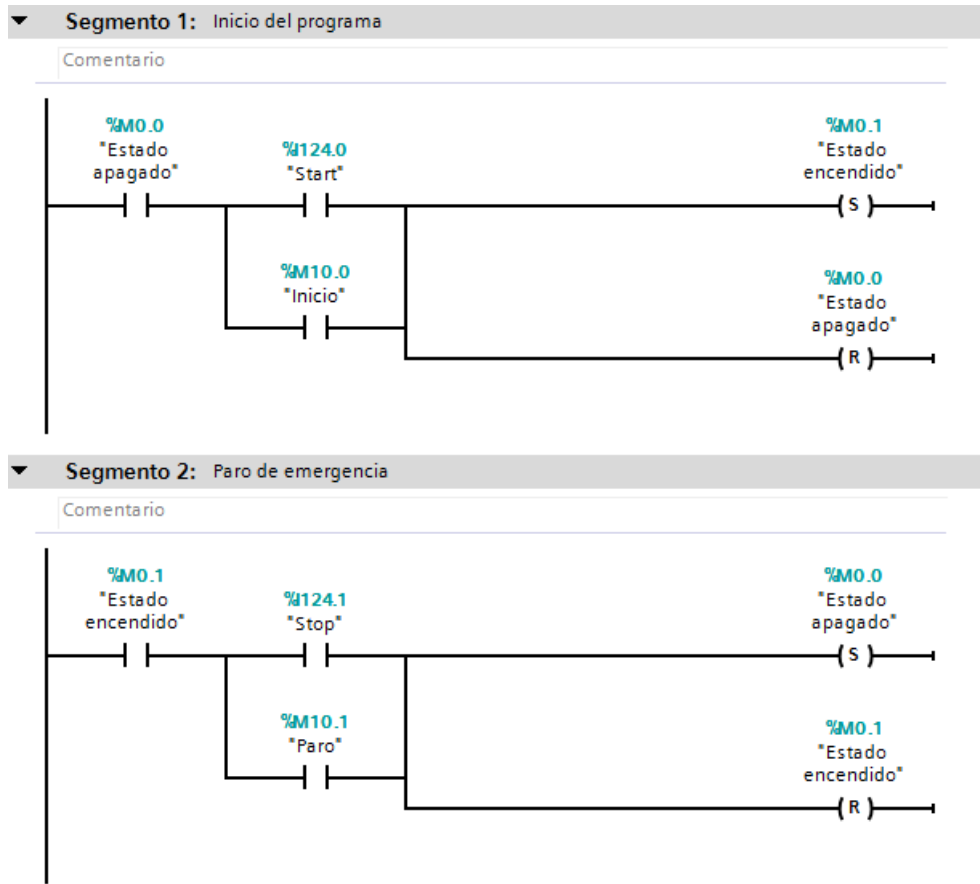


Figura 11. Bloques de inicio y paro

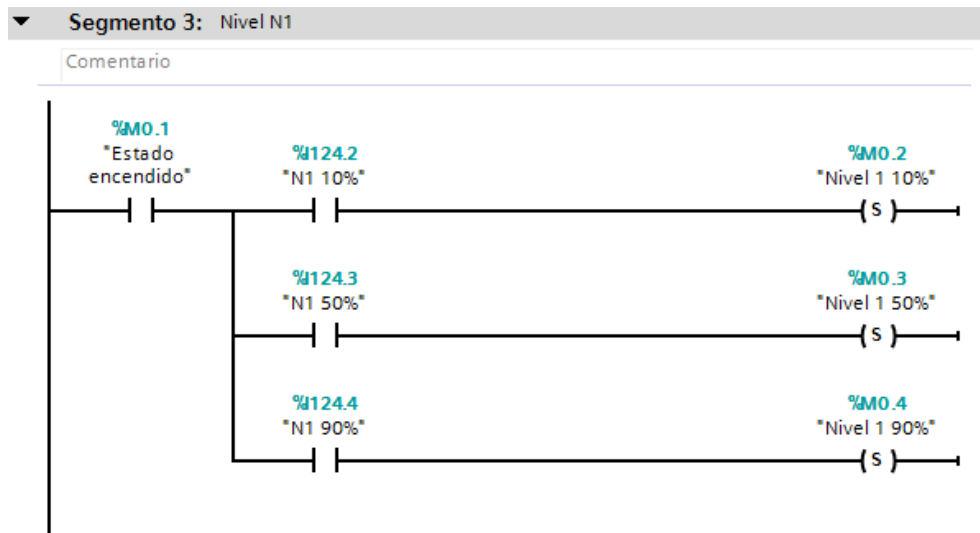


Figura 12. Sensor de nivel 1 y 2

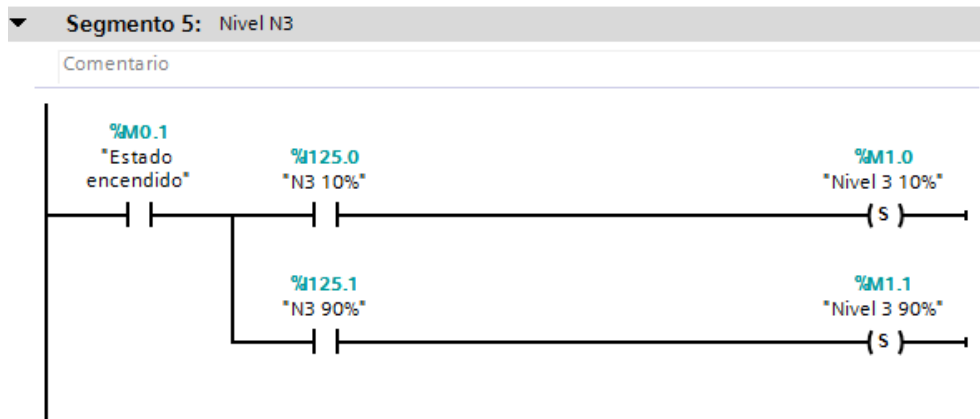
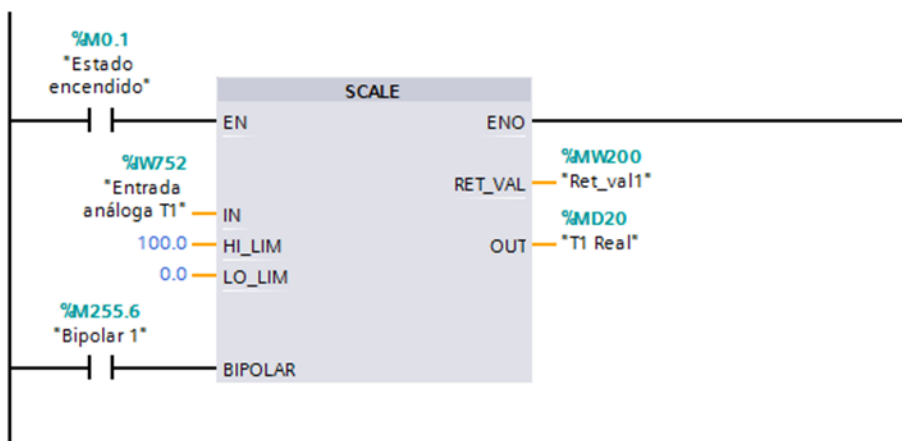


Figura 13. Sensor de nivel 3 y 4

- Después, se debe procesar la variable temperatura, la Figura 14 (similar para los 4 sensores) expone en el segmento 7 se guarda la entrada de la variable analógica “entera” y se convierte a variable “real” de 0 a 100 °C que sensa generalmente las PT100. En el segmento 8 y 9, se compara el valor de la variable real, ya sea baja o alta temperatura (de acuerdo con el set point establecido por la planta) y se entra a un estado de temperatura “Alta” o “Baja”
- Ahora se activa la baliza, según el estado en que se encuentren las variables mencionadas anteriormente, como lo muestra la Figura 15.
- Luego de que el PLC se encuentre en el estado “Baliza On”, se debe enviar la señal de salida, tal como lo muestra la Figura 16.
- Por último, se debe reiniciar este estado mediante el botón físico “Reset alarm” esto una vez identificada y reparada la falla que está indicando el sistema, la Figura 17 muestra el código para este paso.

▼ Segmento 7: Temperatura T1

Comentario



▼ Segmento 8: T1 Baja

Comentario



▼ Segmento 9: T1 Alta

Comentario



Figura 14. Procesamiento de la temperatura

Segmento 19: Baliza On

Comentario

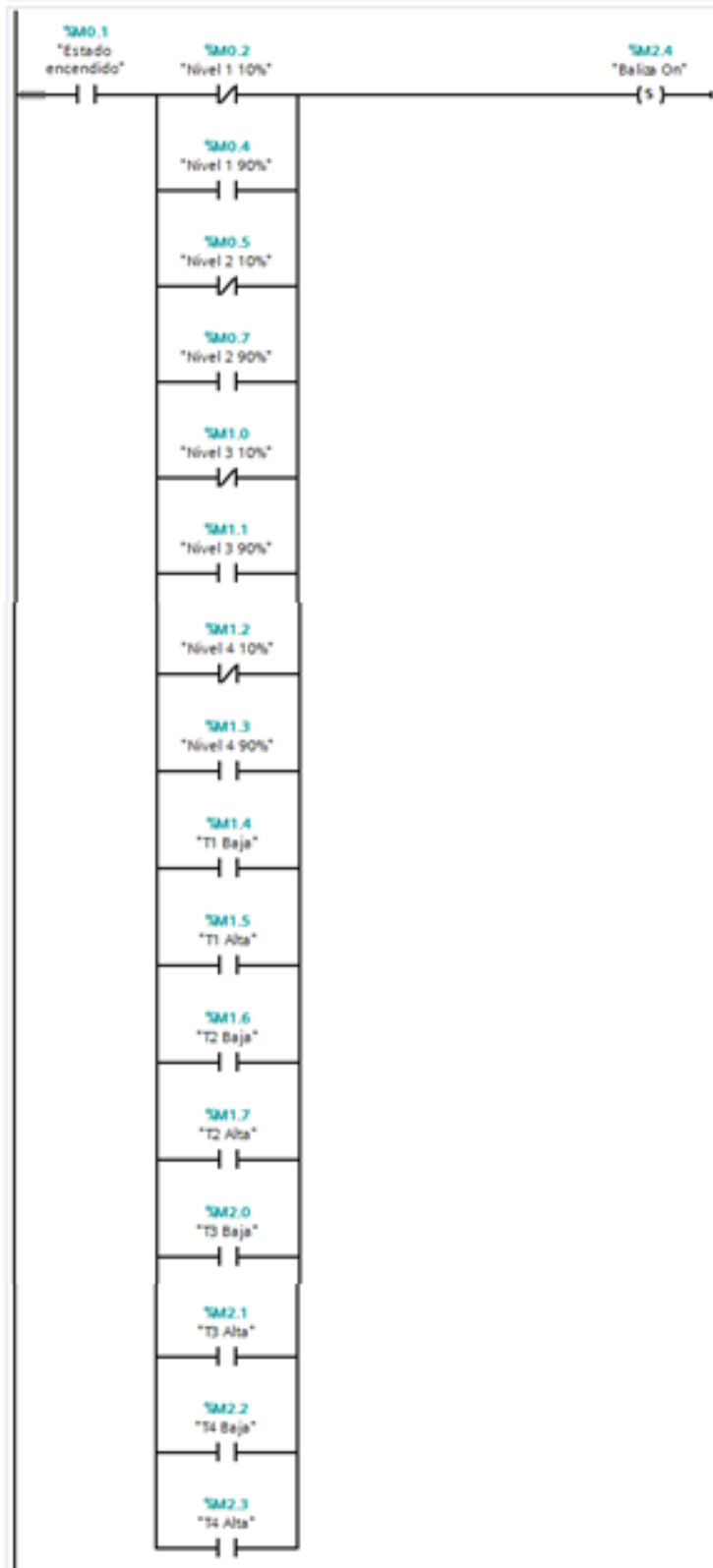


Figura 15. Activación de baliza

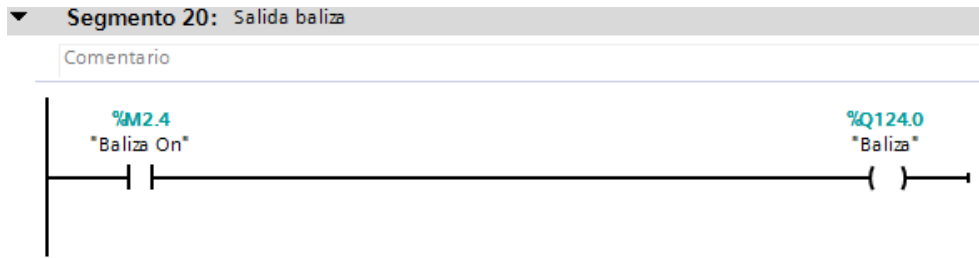


Figura 16. Salida baliza

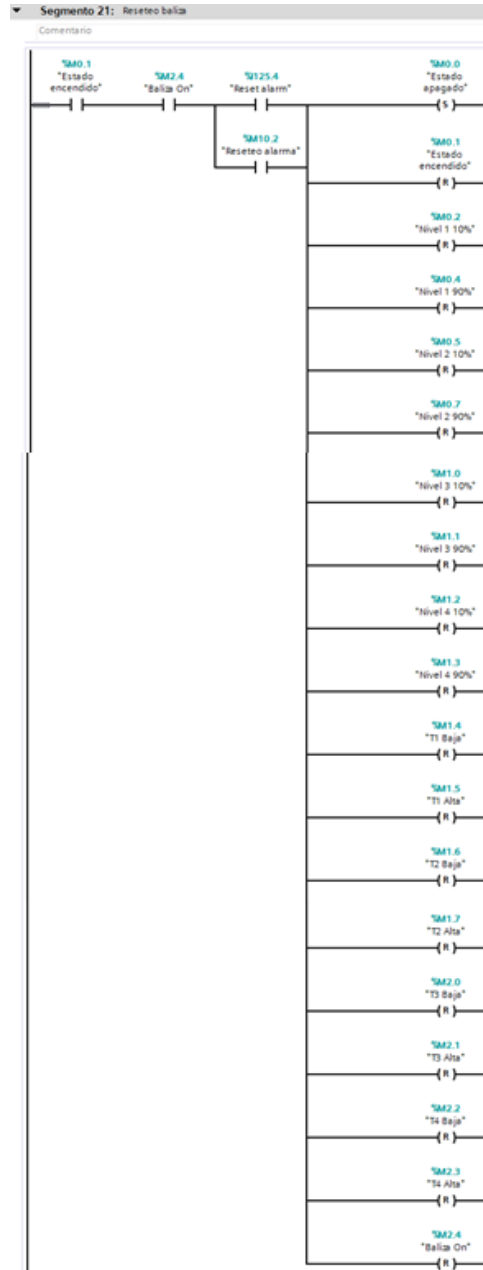


Figura 17. Reinicio de baliza

6.5 Pruebas y refinamiento

Para la interacción humano-máquina, se contempla instalar una pantalla HMI de 7" que es lo suficientemente grande para las variables que se desean manejar desde allí, esta pantalla va conectada directamente al PLC y también debe ser programada teniendo en cuenta algunos factores como:

- Se tiene en cuenta la saturación de la pantalla a la hora de insertar imágenes o cuadros de texto dentro de ella.
- Se programan botones y/o pilotos con animaciones según lo que se quiera mostrar.
- Se presentarán 3 pantallas principales, una pantalla de inicio, una para monitorear los niveles de agua en los tanques y la última para observar la temperatura en los diferentes puntos.

Algunos ejemplos del prototipo de las simulaciones se encuentran en el **anexo B**, verificando su correcto funcionamiento y dando paso a ideas a la hora cuando se desee realizar las instalaciones físicas del proyecto.

7 CONCLUSIONES

- Se realizó a satisfacción los estudios pertinentes para tomar la decisión de implementar el proyecto, encontrando motivos como paros de máquinas, daño en los componentes de las piezas y los equipos, lotes de piezas no conformes las razones principales para ejecutar dicha automatización.
- Se llevó a cabo el cronograma planteado inicialmente, cumpliendo atentamente el tiempo estipulado de la práctica académica y las actividades planteadas.
- En compañía de los ingenieros y operarios de mantenimiento, se investigaron cuáles eran los mejores equipos y sensores, la marca de estos y la calidad que deberían tener para realizar un proyecto satisfactorio, duradero y confiable.
- Se encontraron los mejores sitios para instalar los sensores y equipos electrónicos, buscando siempre aumentar la confiabilidad del proceso y reduciendo costos de inversión. Se pasó de plantear inicialmente 6 sensores temperatura a 4, reducción de longitudes de cables para llevar las señales y reducción en la cantidad de accesorios.
- Se ejecutaron diferentes procesos de cotizaciones para cada uno de los elementos que se requerían para llevar a cabo el proyecto, buscando variedad de proveedores, hasta se encontró un distribuidor internacional, y finalmente se eligieron a los proveedores cuidadosamente para reducir los costos del proyecto a un total de \$ 16.373.424, dando idea a la buena gestión por parte del equipo de mantenimiento ya que se aprobó el proyecto después de un largo tiempo.
- Debido a que se postergó para un futuro el proyecto, se realizaron programaciones previas y simulaciones satisfactorias, para dar claridad y mostrar la transparencia del proyecto.

8 REFERENCIAS

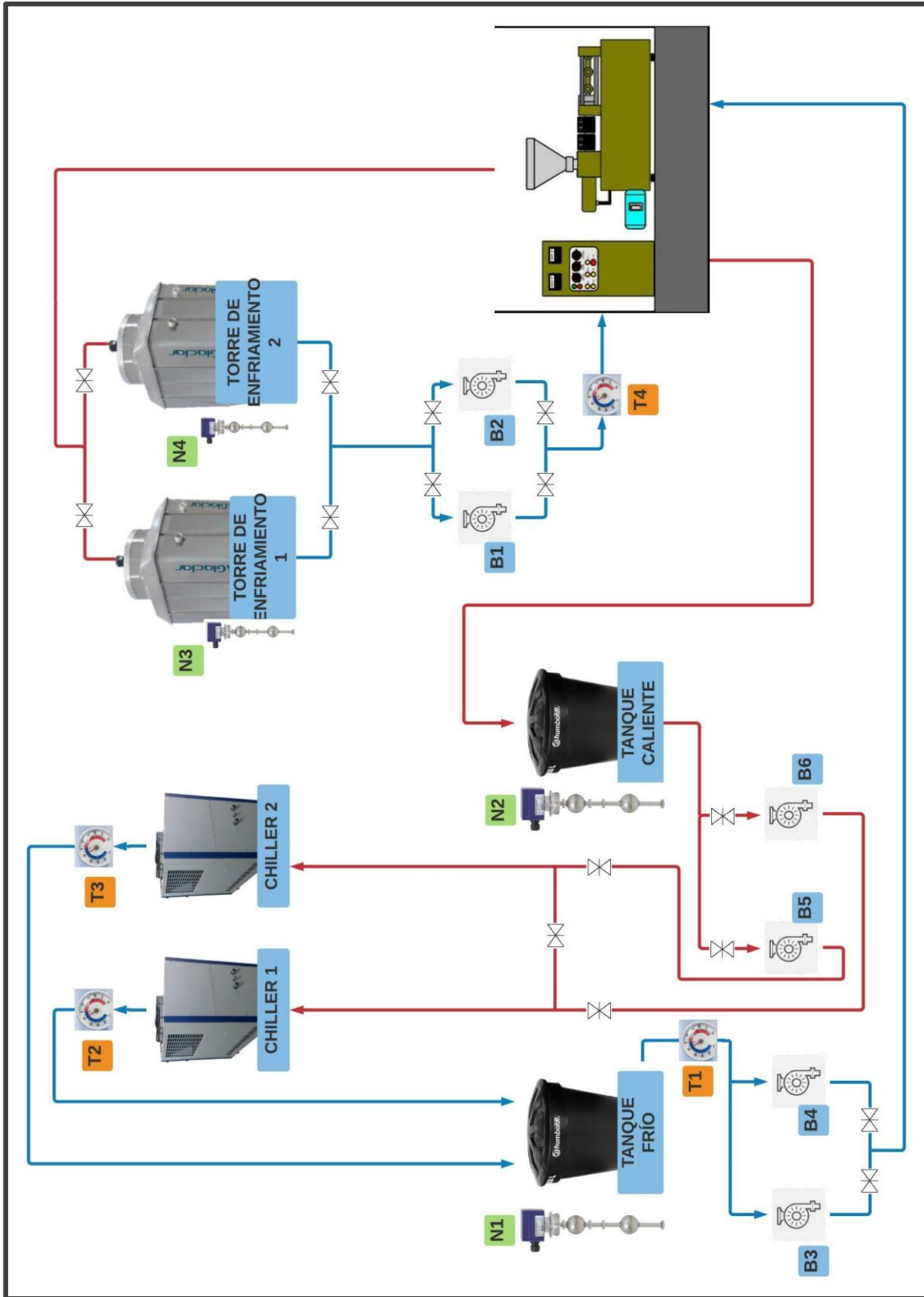
- [1] Vargas, P. (2019, 7 mayo). Qué es el moldeo por inyección de plástico. PRIVARSA. <https://www.privarsa.com.mx/moldeo-por-inyeccion-de-plastico/>
- [2] SI-3. (2020). S.I Plásticos – SI-3. <https://www.si-3.tech/es/s-i-plasticos/index.html>
- [3] Rivera-Mata, E. (2017, 23 octubre). Chiller enfriado por aire y Chiller enfriado por agua: ¿Cuáles son las diferencias? Froztec. <https://blog.froztec.com/chiller-enfriado-por-aire-y-chiller-enfriado-por-agua-cuales-son-las-diferencias>
- [4] dmln. (2016, 20 junio). ¿Qué es una torre de... Glaciar Ingeniería? <https://glaciaringeneria.com.co/torre-enfriamiento/>
- [5] Pérez, J., & Merino, M. (2016). Definición de bomba de agua — Definicion.de. <https://definicion.de/bomba-de-agua/>
- [6] Rotoplast. (2016). Tanques Rotoplast y Acuaplast | Rotomoldeo en Colombia Tanques Plasticos En Colombia Rotoplast. <https://www.rotoplast.com.co/tanques-rotoplast-y-acuaplast/>
- [7] ¿Qué es la automatización industrial? -. (2017, 9 octubre). Tecnelec - UPS Colombia y Automatización industrial. <https://tecnelec.com.co/la-automatizacion-industrial/>
- [8] García, D. (2013, 28 agosto). Siemens explica el concepto TIA Portal a sus clientes - infoPLC. <https://www.infopl.net/noticias/item/254-siemens-explica-el-concepto-tia-portal-a-sus-clientes>
- [9] Mejía, J. G., & Álvarez, J. (2017). TIA PORTAL APLICACIONES DE PLC (1.a ed.). Instituto Tecnológico Metropolitano. <https://fondoeditorial.itm.edu.co/libros-electronicos/tia-portal/mobile/index.html#p=4>
- [10] ¿Qué es un sensor PT100? (2021, 2 junio). Sistemas de Regulación y Control, S.L.U., Especialistas en temperatura y control de procesos. <https://srcsl.com/que-es-un-sensor-pt100/#:%7E:text=El%20PT100%20es%20un%20sensor,de%20cualquier%20term%C3%B3metro%20de%20resistencia.>
- [11] Indicador de nivel magnético | Magnetrol. (2019). Magnetrol. <https://www.magnetrol.com/es/indicador-de-nivel-magnetico>
- [12] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos (5.a ed.). McGraw-Hill Education.

9 ANEXOS

A continuación, se listan los anexos que se presentan en conjunto con el presente informe:

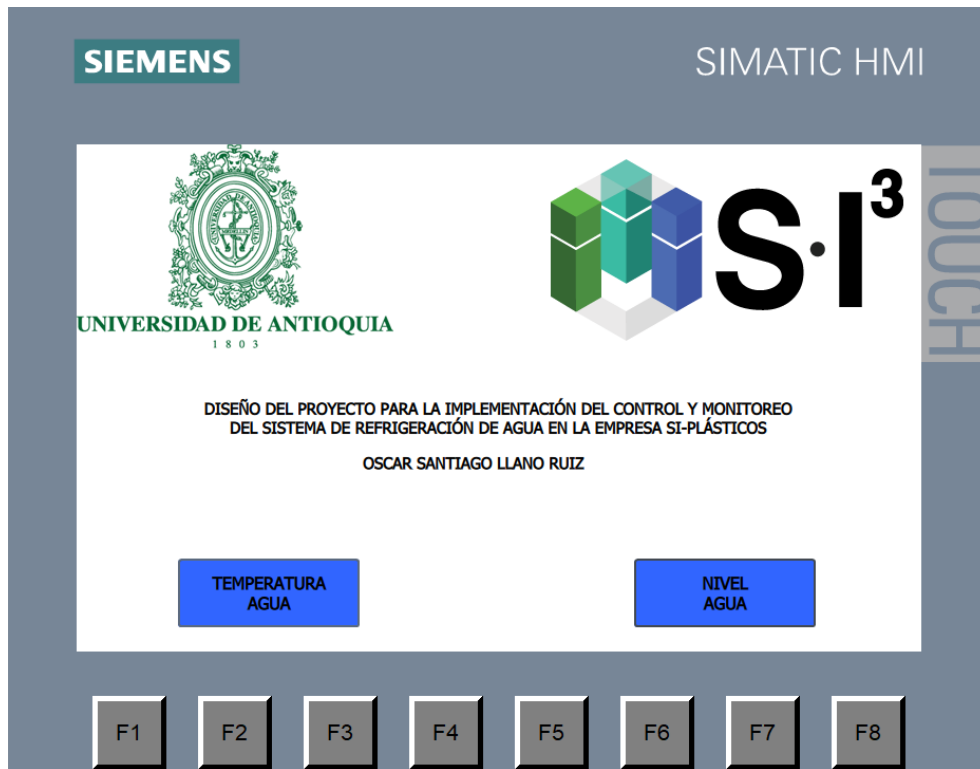
- **Anexo A:** Esquema de la ubicación de los sensores de temperatura y nivel en la red de enfriamiento de agua.
- **Anexo B:** Ejemplos de simulación del programa del PLC y la pantalla HMI.

9.1 Anexo A

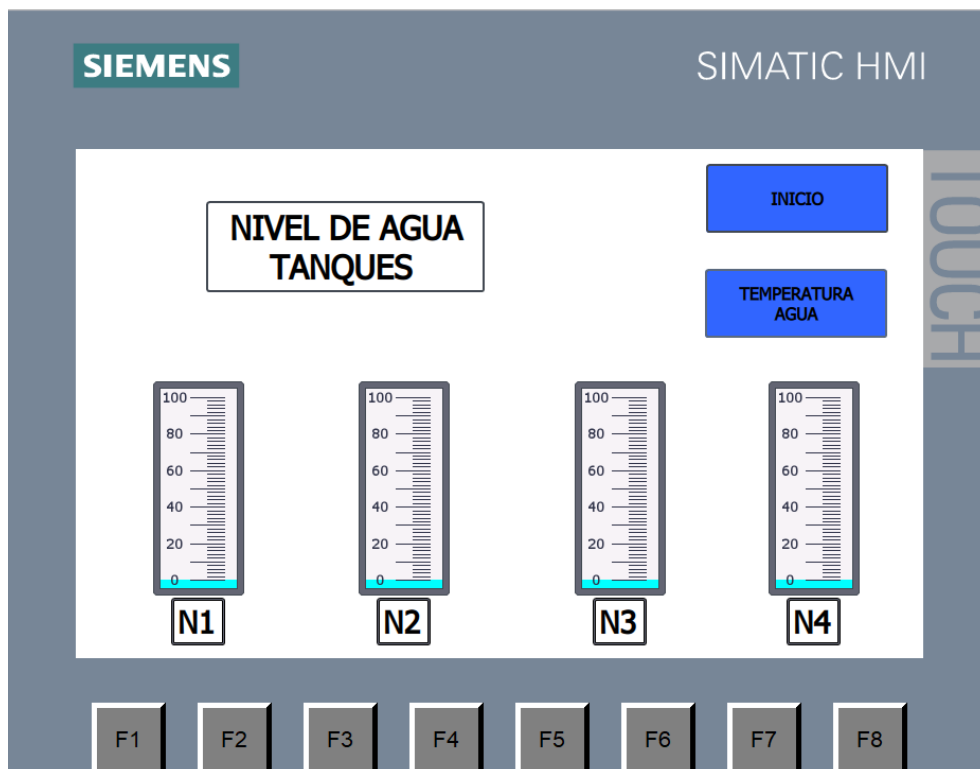


9.2 Anexo B

- Imagen principal de la pantalla HMI



- Imagen de nivel de agua en los tanques



- Imagen de temperatura del agua

