



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN EN UNA
CALDERA PIROTUBULAR, PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN
DE LAS PISCINAS, EN LA QUINTA RECREACIONAL PACIFIC GARDEN
SOLDELOP CÍA. LTDA”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero (a) en Electromecánica

Autores:

Miranda Martínez Elieser Natanael

Rivera Guaña Tania Graciela

Director:

Ing. MSc. Barbosa Galarza José Efrén

Latacunga - Ecuador

2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Miranda Martínez Elieser Natanael y Rivera Guaña Tania Graciela, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN EN UNA CALDERA PIROTUBULAR, PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE CALEFACCION DE LAS PISCINAS, EN LA QUINTA RECREACIONAL PACIFIC GARDEN SOLDELOP CÍA. LTDA”, siendo el Ing. MSc. Barbosa Galarza José Efrén director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales”

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....

Miranda Martínez Elieser Natanael

1500635626

.....

Rivera Guaña Tania Graciela

0503072589

AVAL DEL DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN EN UNA CALDERA PIROTUBULAR, PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE LAS PISCINAS, EN LA QUINTA RECREACIONAL PACIFIC GARDEN SOLDELOP CÍA. LTDA”, de Miranda Martínez Elieser Natanael Y Rivera Guaña Tania Graciela, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 12 de Julio del 2016

El Director

.....
Ing. MSc. Barbosa Galarza José Efrén

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,

Génesis de la Carrera de INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA;

Rigambre de la ciencia y la tecnología al servicio de la sociedad,

Arco Iris esparcido en la milenaria cultura del pueblo ancestral.

Diamante celosamente cuidado por nuestra gloriosa universidad;

Ecuador encuentra en tus egresados, como los escogidos del saber;

Cuna de intelectuales, yunque donde se forjan las generaciones.

Imán estratégico del desarrollo armónico e integral de su pueblo;

Mármol acrisolado que irradia principios y valores estudiantiles,

Incienso de la verdad, el amor, la razón y meditación académica;

Emblema esparcido en el universo de neuronas generacionales,

Néctar de vida compartido por maestros en cada área académica;

Tamiz de perfección permanente en la trayectoria universitaria,

Obelisco de los sueños estudiantiles en función de la sociedad...

Con mucho afecto y aprecio al amigo y tutor Ing. Efrén Barbosa, por compartir sus sabias enseñanzas y guía en este proyecto académico para plasmar en la práctica y alcanzar el sueño de una titulación, anhelo de nuestras familias.

Elieser

DEDICATORIA

“Siempre hay un mañana y la vida nos da otra oportunidad para hacer las cosas bien, pero por si me equivoco y hoy es todo lo que nos queda, me gustaría decirte cuanto te quiero, que nunca te olvidaré”. Gabriel García Márquez

A mis padres:

Ana Lucía Martínez Alvarado

Luis Alfonso Miranda Napo;

Que: *en todo momento inculcaron los valores más preciados para la vida en el hogar, la familia y la sociedad, forjando una personalidad de autoestima y de servicio para bienestar personal en función de la sociedad.*

A mi esposa: *Paola Alexandra López Jácome;*

Que: *ha sido el impulso en toda mi carrera, y el pilar fundamental para consecución de nuevas metas tanto profesionales como personales, brindándome todo su amor de manera incondicional, en los momentos felices y tristes.*

A mis familiares: *Micaela, Jonatán, Cristian, Carlos, Laura, Juan, Diana, Max, Irene, Omar*

Que: *son el paraguas de la comprensión, la guía y orientación en todos los procesos de nuestra vida del hogar y los estudios; han incentivado el calendario de vida, proyectando su experiencia para alcanzar metas y objetivos que se han hilvanado en nuestro universo neuronal...*

Elieser

AGRADECIMIENTO

El presente Proyecto de Investigación Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Mi eterna gratitud a la prestigiosa UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI en especial a la CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA por haberme abierto las puertas para prepararme humana y profesionalmente.

A mi tutor Ing. Efrén Barbosa quien con su apoyo y conocimiento me incentivo a la culminación del proyecto.

Gracias Hijo mío Aarón, por llegar en el momento indicado eres mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, y me impulsas a cada día superarme en la carrera de ofrecerte siempre lo mejor.

Tía querida Mariana Dios te pague por todo el esfuerzo y sacrificio que has hecho para que pueda alcanzar este gran logro en mi vida, gracias por el apoyo que me has brindado más que mi tía eres mi madre.

Tío Aníbal, Rodrigo y Brayan primos queridos gracias por su cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

A mis tíos Luis y Jorge por sus palabras de aliento para que culminara esta etapa de mi vida profesional.

Tania

DEDICATORIA

Este Proyecto de Investigación Dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi Hijo querido Aarón porque eres el motivo de mi superación, todo el esfuerzo y sacrificio es para ti, sangre de mi sangre, pedacito de Cielo, Regalo más lindo que me ha dado Dios.

Al Amor de mi vida Rolando por ayudarme en la culminación de mi carrera para nuestro futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos tenido momentos difíciles siempre ha estado brindándome su amor, cariño y comprensión.

A mi tía Mariana y mi Tío Aníbal por todo el apoyo brindado por sus palabras de aliento para no decaer y seguir adelante para cumplir mis sueños.

Tania

INDICE DE CONTENIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. Título del proyecto:	1
1.2. Fecha de inicio:	1
1.3. Fecha de finalización:	1
1.4. Lugar de ejecución:	1
1.5. Unidad Académica que auspicia:	1
1.6. Carrera que auspicia:	1
1.7. Equipo de trabajo:	1
1.8. Coordinadores del proyecto:	2
1.9. Áreas de conocimiento	3
1.10. Líneas de investigación	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
6. OBJETIVOS	6
6.1. General	6
6.2. Específicos	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1. Calderas de vapor	8
8.3. Seguridad en una caldera de vapor	8
8.4. Dispositivos de seguridad obligatorios	9
8.6. Controlador Lógico Programable Simatic S7-1200	10
8.7. Comparativa entre modelos de CPU	11
8.8. CPU 1214C 6ES7214-1AG40-0XB0	12
8.9. Capacidad de expansión de la CPU	12
8.10. Módulo de entradas digitales 8DI 24Vdc S7 1200 6ES7221 1BF30 0XB0	13
8.11. Signal Board RTD (SB 1231 6ES7231 5PA30 0XB0)	13
8.12. Fuente de alimentación PS 307; 5 A; (6ES7307-1EAx0-0AA0)	14
8.13. Simatic KTP400B Basic panel color 4" 6AV2123 2DB03 0AX0	15
8.14. Válvula Solenoide	16

8.15.	Válvulas para agua caliente y vapor.	17
8.16.	Sensor de Temperatura. Termoresistencia PT 100.....	17
8.17.	Software de programación STEP 7	18
8.18.	Consumo de diésel de la caldera.....	18
8.19.	Consumo de energía eléctrica del cuarto de máquinas.....	20
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	22
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	23
10.1.	Tipo de investigación	23
10.2.	Técnicas.....	24
10.3.	Descripción general del funcionamiento del sistema de calefacción en Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda.....	24
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	28
11.1.	Análisis de E/S requeridas para la programación del PLC.....	28
11.2.	Selección del módulo de entradas digitales	31
11.3.	Selección de la signal board para temperatura.....	32
11.4.	Selección de la fuente de alimentación DC.....	33
11.5.	Selección de la Pantalla HMI.....	34
11.6.	Selección del sensor de temperatura	34
11.7.	Selección de la electroválvula	37
11.8.	Selección de pulsadores	37
11.9.	Selección de la protección del circuito de control del proceso de automatización. ...	39
11.10.	Selección de los fusibles para el circuito de control.	41
11.11.	Selección del calibre del conductor para el circuito de control	41
11.12.	Selección de relés de interface.	42
11.13.	Selección del breaker para el circuito de potencia.....	42
11.14.	Selección del contactor para el circuito de control	45
11.15.	Programación del proceso automático	46
11.16.	Montaje e instalación del proceso automático	56
11.17.	Pruebas de funcionamiento del sistema automático	62
11.18.	Análisis comparativo del proceso calefacción.	64
12.	IMPACTOS.....	66
13.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	67
14.	CONCLUSIONES	69
15.	RECOMENDACIONES	69
16.	BIBLIOGRAFIA	70
17.	ANEXOS	74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Dispositivos de seguridad.....	9
Figura 2: Calderas Pirotubulares.....	10
Figura 3: Módulo PLC s7 1200.....	11
Figura 4: Esquema de conexión CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7 214-1AG40-0XB0)	12
Figura 5: Esquema de conexión del Módulo de 8DI.....	13
Figura 6: Esquema de conexión Signal Board RTD	14
Figura 7: Esquema de conexión de PS 307; 5 A.....	15
Figura 8: Siemens Simatic HMI.....	16
Figura 9: Electroválvula Asco para vapor.....	17
Figura 10: Curva característica de una PT100 común.	18
Figura 11: Múltiple del Sistema de Vapor	25
Figura 12: Tablero de mando sin la implementación.....	25
Figura 13: Manómetro de Presión del Caldera	26
Figura 14: Intercambiador de Calor – Válvula de paso de vapor.....	26
Figura 15: Filtro de agua– Válvulas de paso de agua	27
Figura 16: Circuito RTD.	35
Figura 17: Circuito RTD.	38
Figura 18: Portafusible.....	41
Figura 19: Relé de interface	42
Figura 20: Contactor de control de 22A.....	46
Figura 21: Segmento 1: Control recirculación.....	46
Figura 22: Segmento 2: Suministro de agua	49
Figura 23: Segmento 3: Control de temperatura.....	50
Figura 24: Segmento 4: Control tablero.....	51
Figura 25: Segmento 5: Control bomba de diésel HMI.....	52
Figura 26: Segmento 6: Encendido de la caldera a partir de la pantalla HMI	52
Figura 27: Segmento 7: Encendido duchas desde la pantalla HMI.....	53
Figura 28: Segmento 8: Designación de salidas.....	53
Figura 29: Instalación del CPU en un raíl Din.....	56
Figura 30: Instalación de la Signal Board rtd en la CPU.....	57

Figura 31: Preparación para la conexión del módulo de entradas digitales.....	57
Figura 32: Conexión del módulo de entradas digitales a la CPU.	58
Figura 33: Creación de conexiones mecánicas y eléctricas para el módulo DI	58
Figura 34: Instalación del PLC.	59
Figura 35: Conexiones eléctricas	60
Figura 36: Armado de la electroválvula.....	61
Figura 37: Armado de la electroválvula.....	61
Figura 38: Pantalla de usuario en el panel HMI.....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos específicos, actividades y metodología.....	7
Tabla 2: Contabilidad de horas de funcionamiento del caldero durante 30 días.....	18
Tabla 3: Demanda unitaria del proceso de calefacción.	20
Tabla 4: Facturas de consumo del proceso de calefacción.....	21
Tabla 5: Operacionalización de variables	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6: Entradas digitales	29
Tabla 7: Análisis de entradas analógicas.....	29
Tabla 8: Salidas digitales.....	30
Tabla 9: Número de entradas y salidas necesarias para la implementación.....	30
Tabla 10: Hoja de datos resumida del PLC.....	31
Tabla 11: Hoja de datos resumida del módulo de entradas digitales.	32
Tabla 12: Hoja de datos resumida del módulo RTD.	32
Tabla 13: Hoja de datos resumida de la fuente de alimentación	34
Tabla 14: Hoja de datos resumida de la fuente de alimentación	34
Tabla 15: Datos Técnicos Temperatura en relación a la resistencia de una PT100	35
Tabla 16: Calibre de conductores AWG	37
Tabla 17: Descripción de la electroválvula	37
Tabla 18: Descripción del pulsador NA y NC	39
Tabla 19: Potencia en VA de los elementos de control.....	39
Tabla 20: Descripción del pulsador NA y NC	41
Tabla 21: Calibre de conductores AWG	42
Tabla 22: Potencia nominal de los motores que intervienen en el proceso de calefacción.....	43

Tabla 23: Datos técnicos breaker	45
Tabla 24: Datos técnicos contactor de 22A	45
Tabla 25: Valores de las facturas julio 2016, y proyección anual	64
Tabla 26: Comparativa de costos sin implementación y con implementación	65
Tabla 27: Comparativa de costos sin implementación y con implementación	66
Tabla 28: Presupuesto del proyecto: Elementos S7 1200	67
Tabla 29: Elementos varios	68
Tabla 30: Equipos de oficina	68
Tabla 31: Elementos varios	68
Tabla 32: Presupuesto total	69

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN EN UNA CALDERA PIROTUBULAR, PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE CALEFACCION DE LAS PISCINAS, EN LA QUINTA RECREACIONAL PACIFIC GARDEN SOLDELOP CIA. LTDA”

Autores:

Miranda Martínez Elieser Natanael

Rivera Guaña Tania Graciela

RESUMEN

Con el avance de la ciencia y la tecnología, día a día nos encontramos con nuevos proyectos y propuestas, que es indispensable actualizarse académicamente para fortalecer el desarrollo dinámico en cada una de las áreas de producción, servicio, entre otras actividades en la dinamización de la economía de los pueblos.

En las instalaciones de Pacific Garden no existe un proceso automático que permita medir y controlar la temperatura de las piscinas; como consecuencia de esto, los elementos que intervienen en el proceso de calefacción consumen energía eléctrica innecesaria; ya que si la piscina alcanza el nivel de temperatura deseado por el operador, no es necesario que todas las maquinas continúen funcionando, caso contrario se estaría consumiendo energía eléctrica y combustibles sin control, y esto involucra pérdidas económicas para la empresa.

Es por esto que se realiza la implementación de un proceso automático para la calefacción de las piscinas utilizando un controlador lógico programable y una pantalla HMI, ya que son poderosas herramientas que controlan y monitorean procesos industriales en forma eficiente.

Con la implementación se logra medir, controlar, visualizar y modificar la temperatura de la piscina, además el proceso automático permite controlar los tiempos de operación de los elementos que intervienen en el proceso de calefacción, ahorrando energía eléctrica, combustible.

Palabras clave: Controlador, control, eficiencia, proceso, temperatura.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ACADEMIC UNIT OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

TITLE: "IMPLEMENTATION OF A PROCESS AUTOMATION IN A FIRE-TUBE BOILER, TO CONTROL THE HEATING SYSTEM OF THE POOLS IN THE QUINTA RECREACIONAL PACIFIC GARDEN SOLDELOP CIA. LTDA"

Authors:

Miranda Martínez Elieser Natanael

Rivera Guaña Tania Graciela

ABSTRACT

With the Advancement of science and technology, everyday we find new projects and proposals, it is essential to upgrade academically and to strengthen the development of each areas of production, service and other activities in the revitalization for the economy of the countries.

Pacific Garden is a leisure Center, that not have an automatic process to measure and control pool's temperature; as a result, the elements involved in the process of heating electricity are consuming energy and fuel unnecessarily; because if the pool temperature reaches the level desired by the operator, it is not necessary that all machines continue working, otherwise they would be consuming electricity and fuel uncontrolled, and this involves waste money and time for the company.

For this reason, It's necessary to make the implementation of an automated process for heating swimming pools, It is performed by using a programmable logic controller and HMI screen, they are powerful tools that control industrial processes efficiently.

With the implementation, the system is able to measure, control, view and modify the temperature of the pool, also the automatic process allows to control the operation time of the elements involved in the process of heating, saving electricity, and fuel.

Keywords: Controller, control, efficiency, interface, temperature.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título del proyecto:

Implementación de un proceso de automatización en una caldera pirotubular, para controlar el sistema de calefacción de las piscinas, en la quinta recreacional Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda.

1.2. Fecha de inicio:

Septiembre 2015

1.3. Fecha de finalización:

Julio 2016

1.4. Lugar de ejecución:

Sector Mirasierra, cantón Quito, provincia de Pichincha.

1.5. Unidad Académica que auspicia:

Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

1.6. Carrera que auspicia:

Ingeniería en Electromecánica

1.7. Equipo de trabajo:

Datos personales

Nombres:	José Efrén
Apellidos:	Barbosa Galarza
Cédula de identidad:	0501420723
Fecha de nacimiento:	11 de septiembre de 1965
E- mail:	ebarbosa@cotopaxi.com.ec

Estudios realizados

Estudios primarios: Escuela "Isidro Ayora"
Estudios secundarios: Instituto Superior "Vicente León"
Estudios superiores: Escuela Politécnica Nacional

Títulos obtenidos

Bachiller Especialización Físico Matemático.
Estudios Superiores en Física y Matemáticas.
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones.
Maestría en Ingeniería Industrial.

1.8. Coordinadores del proyecto:**Datos personales**

Nombres: Elieser Natanael
Apellidos: Miranda Martínez
Cédula de identidad: 1500635626
Fecha de nacimiento: 07 de agosto de 1989
E- mail: e-lie-123@hotmail.com

Estudios realizados

Estudios primarios: Escuela "Rubén Cevallos"
Estudios secundarios: Instituto Tecnológico Superior "Juan XXIII"

Títulos obtenidos

Bachiller Especialización Mecánica Automotriz.

Datos personales

Nombres: Tania Graciela
Apellidos: Rivera Guaña
Cédula de identidad: 0503072589
Fecha de nacimiento: 07 de agosto de 1990
E- mail: rtaniagraciela@yahoo.com

Estudios realizados

Estudios primarios: Escuela Fiscal Mixta “Cristóbal Colon”
Estudios secundarios: Colegio Nacional “Experimental Salcedo”

Títulos obtenidos

Bachiller Especialización Físico Matemático

1.9. Áreas de conocimiento

El área de conocimiento requerido para el desarrollo de este proyecto de investigación obedece a las siguientes ramas: Automatización, Control Industrial

1.10. Líneas de investigación

Línea 4: Procesos industriales.

Las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permiten mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial.

Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privada, con el fin de contribuir el desarrollo socioeconómico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto denominado: “**Implementación de un proceso de automatización en una caldera pirotubular, para controlar el sistema de calefacción de las piscinas, en la quinta recreacional Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda.**”, se realizó con la finalidad de brindar a los propietarios, un sistema que les permita controlar y manipular de una forma automática y sencilla la temperatura a través en un Touch Panel.

Con la automatización de un PLC S7-1200 se podrá controlar la temperatura en la piscina, mediante las señales que emita el sensor de temperatura. En el caso de las bombas de recirculación y suministro, tendrán encendido y apagado automático, además un tiempo destinado para que intercalen el trabajo; así mismo, se va a controlar los sensores de nivel de combustible, para realizar el tanqueo de forma oportuna. Los sensores emiten las señales hacia el PLC; este a su vez, procesa la información y las señales de salida se dirigen hacia los actuadores del proceso; toda la información de funcionamiento se puede visualizar a través de una pantalla táctil.

El proceso de automatización dispone de un control exacto de temperatura; y, esta variable se puede visualizar y modificar en la pantalla táctil.

La metodología utilizada en el desarrollo del proyecto estuvo basada en la observación, análisis, síntesis y aplicación de conocimientos. El método que se aplicó, fue el método lógico; este basa en la experiencia, observación y en los hechos.

Las técnicas aplicadas en la investigación fueron: la técnica documental y bibliográfica que permite la recopilación de la información necesaria en el sustento de los procesos; así como la técnica de campo que favorece el contacto directo con el objeto de estudio.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El trabajo investigativo ha otorgado una amplia visión, y se identificó la necesidad de proporcionar un sistema de control automático debido a que el sistema de calentamiento de la piscina de la Quinta recreacional Pacific Garden, es por accionamiento manual; el operador

debe encender y apagar el caldero para calentar la piscina. No existe un sistema realimentado de control de temperatura.

Con la implementación de un Controlador Lógico Programable, un Touch Panel, se pretenden automatizar y mejorar el proceso de calefacción de la piscina, además controlar los tiempos de trabajo de la caldera, bombas, y actuadores que intervienen en el proceso de calefacción. La investigación tiene un elevado interés, tanto para los investigadores como para los propietarios de la Quinta Recreacional Pacific Garden.

La utilización de equipos electrónicos y digitales son de mucha relevancia en el campo tecnológico ya que mediante la programación adecuada de estos elementos se logra controlar y modificar variables como la temperatura y tiempos de funcionamiento, además el PLC S7-1200 tiene la capacidad para incrementar módulos de expansión.

A través de la automatización de este sistema se puede implementar en otros sitios que requieran un control adecuado de temperatura y un control eficiente en el proceso de calefacción.

Por consiguiente, es viable la ejecución del proyecto, ya que gran parte de las aplicaciones para el calentamiento de la piscina se requieren de procesos automatizados, para tener un control confiable y aumentar la eficacia del sistema; reduciendo de esta manera pérdidas de tiempo y dinero.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

La propuesta tiene gran interés para los propietarios de la Quinta Recreacional Pacific Garden; pues, con el aporte científico de las distintas áreas de ingeniería se automatizará el caldero; esto, solucionará los problemas de calentamiento en la piscina. Los autores, con el conocimiento que genera el desarrollo de la tesis, obtendremos el Título Profesional respectivo.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La Quinta Recreacional Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda., actualmente cuenta con un sistema de calefacción manual. El encendido de la caldera lo realiza un operario a media noche cada fin de semana; así mismo, el operario cierra la válvula que permite el flujo de vapor cuando la temperatura de la piscina alcanza el nivel deseado. Es necesario afirmar que la medición de la temperatura se hace con un termómetro de mercurio. Durante 30 días del calendario se observa que se enciende el sistema de calefacción los sábados y domingos, es decir 4 sábados y 4 domingos, de esta manera se contabilizó periodos exactos de tiempo de operación del caldero; 12 horas para el sábado y 8 horas para el domingo.

La causa de inconformidad, es la inexistencia de un sistema que pueda controlar y visualizar la temperatura en la piscina; además, el descontento de los propietarios por la falta de control de operación de todos los elementos que intervienen en el proceso de calefacción de la piscina. Es necesario puntualizar, que mediante entrevista con los operarios de las máquinas, se obtuvo información de que por falta de control de tiempos de operación del sistema existe consumos innecesarios de combustible, además horas de funcionamiento de máquinas eléctricas innecesarias.

La estrategia de solución al problema, es la implementación de un proceso automático, mediante la implementación de un PLC, que recibe las señales de los sensores de temperatura, procesar la información y envía una señal de salida a los actuadores del proceso. En este caso, cuando la electroválvula recibe la señal del controlador, permite o cierra el flujo de vapor. La modificación del valor de temperatura de las piscinas se controla mediante un Touch Panel, que es accesible a los operadores.

6. OBJETIVOS

6.1. General

Implementar un proceso de automatización en una caldera pirotubular, para controlar el sistema de calefacción de las piscinas, en la quinta recreacional Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda.

6.2. Específicos

- ◆ Analizar el estado actual de operación del sistema de calefacción.
- ◆ Seleccionar los dispositivos y equipos idóneos para la automatización
- ◆ Diseñar un interfaz hombre máquina (HMI) para el control y monitoreo del proceso de calefacción.
- ◆ Determinar una correcta distribución y localización de los equipos a instalarse.
- ◆ Realizar pruebas de funcionamiento del proceso automático.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

La tabla 1 muestra la interrelación entre las actividades tareas y objetivos

Tabla 1: Objetivos específicos, actividades y medios de verificación.

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Analizar el estado actual de operación del sistema de calefacción.	Visita al lugar de la investigación, Observación, Entrevista a los operarios	Conocimiento del funcionamiento actual.	Estado actual del sistema
Seleccionar los dispositivos y equipos idóneos para la automatización	Características básicas de los equipos	Adecuada adquisición de equipos a implementar	Lista de materiales necesarios para la implementación
Diseñar un interfaz hombre máquina (HMI) para el control y monitoreo del proceso de calefacción.	Obtener datos del número de entradas y salidas digitales y análogas para la estructuración del software	Mostrar y monitorear en tiempo real el control del sistema de calefacción	Visualización de las variables mediante pantallas con objetos animados Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso mediante botones
Determinar una correcta distribución y localización de los equipos a instalarse.	Adecuada distribución de los elementos y equipos	Disposición ordenada de elementos y equipos en el tablero de mando o control	Tablero de distribución Eléctrico.

Realizar pruebas de funcionamiento del proceso automático.	Operación y manejo de protocolos de pruebas	Verificación de buen funcionamiento de proceso automático	Sistema de control actual en óptimas condiciones
--	---	---	--

Elaborado por: Los investigadores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Calderas de vapor

Fenercom (2013) afirma que: “Técnicamente, una caldera de vapor es todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte, en este caso, vapor de agua” (pág. 53).

Por tal razón es importante el tratamiento del agua en la vida útil, el rendimiento y la seguridad en las calderas.

El aseguramiento de la calidad del agua de alimentación y del agua de caldera se consigue cumpliendo con los requerimientos de las normas que definen los parámetros involucrados en el tratamiento del agua.

8.2. Terminología de la capacidad o producción de calderas.

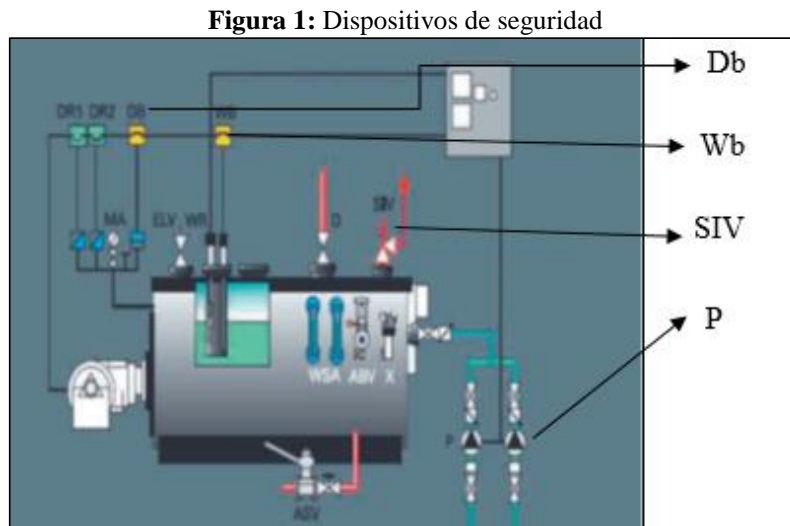
La capacidad o la potencia de caldera puede expresarse en HP (caballos de potencia), kg/hora, libras/hora, kcalorías/hora, BTU/hora y para calderas centrales, la capacidad de generación tan grande puede darse en megavatios de electricidad. (Kohan, 2000, pág. 11)

Comúnmente la capacidad de las calderas de vapor en el medio industrial también se las expresa en BPH, que sus siglas en inglés significan British Horse Power

8.3. Seguridad en una caldera de vapor

Los dispositivos de seguridad son elementos que van a permitir funcionar correctamente a una caldera de vapor.

La figura 1 muestra los dispositivos obligatorios de seguridad en una caldera; los cuales son importantes para evitar posibles accidentes o daños de la caldera.



Fuente: Guía básica de calderas industriales (Fenercom, 2013)

8.4. Dispositivos de seguridad obligatorios.

Su función principal es la de bloquear el quemador, cuando los parámetros admisibles de funcionamiento hayan sido rebasados. Son los siguientes:

- ◆ **SIV válvulas de seguridad:** protección básica contra un exceso de la presión máxima.
- ◆ **Wb Limitador de nivel mínimo de agua:** protege la caldera ante la falta de agua.
- ◆ **Db Presostato de seguridad:** protege la caldera contra el incremento de presión.
- ◆ **P Bomba de alimentación.** Su función es la de restablecer periódicamente el nivel del agua de la caldera. El encendido y apagado de dicha bomba se realiza por medio de los reguladores de nivel conectados a las sondas PZ, PW.

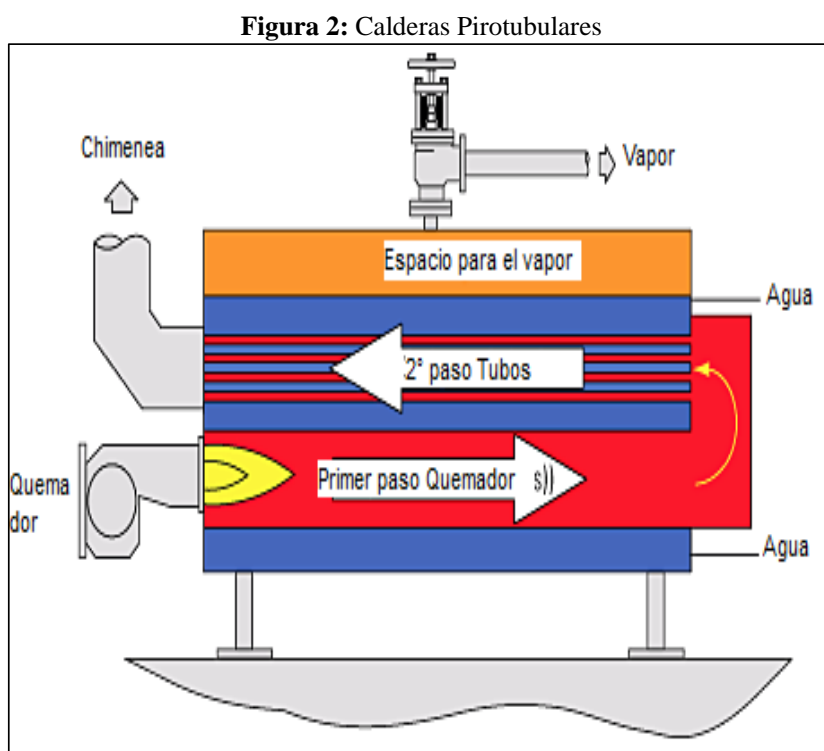
Se aconseja que la temperatura ideal del agua de alimentación esté comprendida entre los 102 y los 105 °C, y nunca inferior a 60 °C. Sus características deben respetar los requisitos de la norma UNE-En 12.953-10.

8.5. Calderas Pirotubulares

Las calderas Pirotubulares se caracterizan porque la llama de la combustión se forma dentro de cada hogar cilíndrico de la caldera, pasando los humos generados por el interior de los tubos de los pasos siguientes, para ser conducidos a la chimenea de evacuación. (Scribd, 2010, pág. 12)

Se puede añadir que de acuerdo a las características de construcción de las calderas pirotubulares, también reciben el nombre de calderas de tubos de humo.

En la figura 2 se puede visualizar esquemáticamente el funcionamiento de una caldera pirotubular.



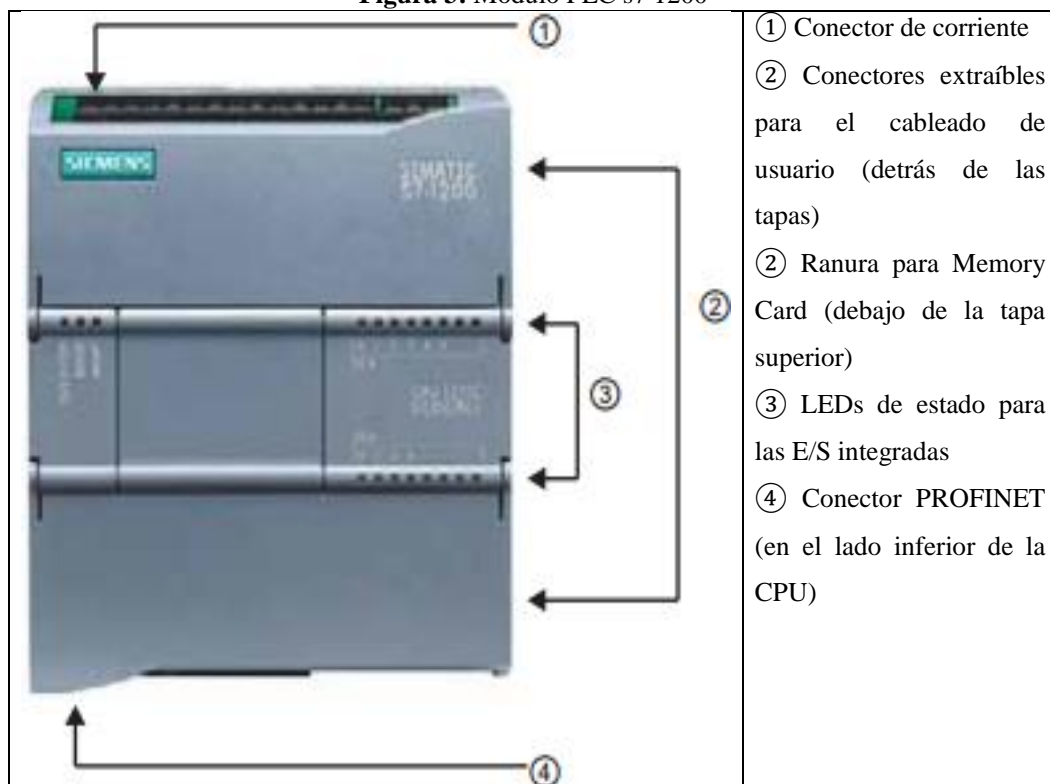
8.6. Controlador Lógico Programable Simatic S7-1200

El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y de tamaño reducido para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. (Siemens, 2015, pág. 25).

Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 resultan idóneos para controlar tareas sencillas y complejas.

La figura 3 describe los elementos principales que forman parte de la CPU del S7 1200.

Figura 3: Módulo PLC s7 1200



Fuente: Simatic S7 Controlador Lógico Programable (Siemens, 2009)

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones.

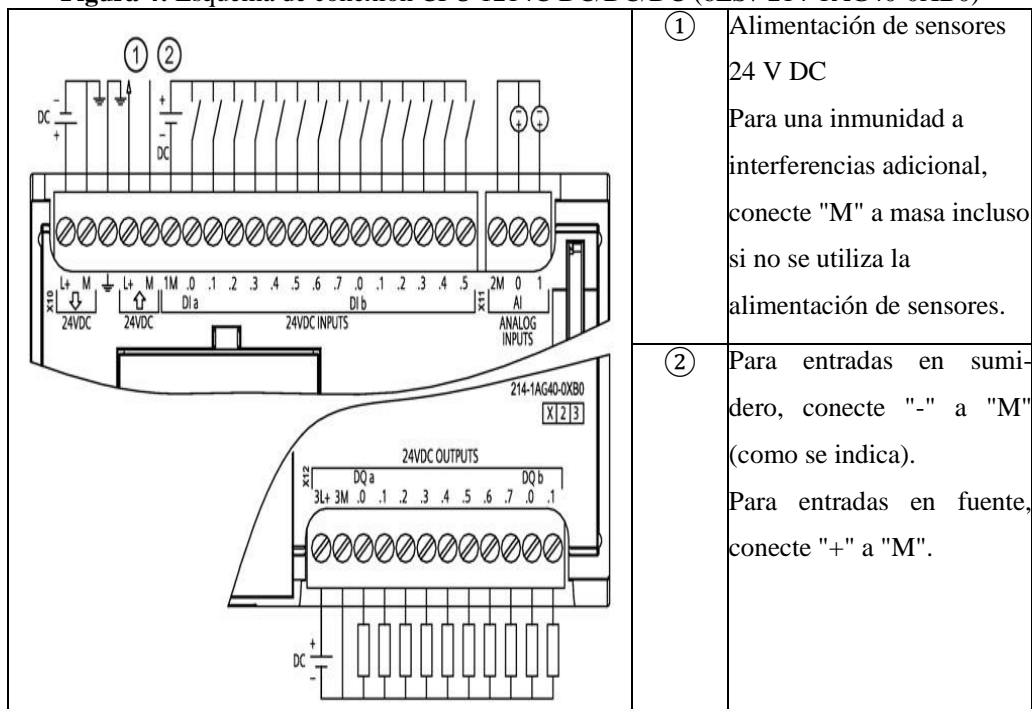
8.7. Comparativa entre modelos de CPU

Existe una variedad de modelo de CPU del PLC S7, la cual se presenta en una tabla comparativa presentada en el (ANEXO: 01)

8.8. CPU 1214C 6ES7214-1AG40-0XB0

La figura 4 describe la forma de conectar la CPU 1214C DC/DC/DC.

Figura 4: Esquema de conexión CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7 214-1AG40-0XB0)



Fuente: Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. (Siemens, 2015)

La asignación de pines de conectores para CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7 214-1AG40- 0XB0 se puede visualizar en el (ANEXO: 02)

8.9. Capacidad de expansión de la CPU

La familia S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación. En forma general los módulos de ampliación del S7 1200 se podrá observar en el (ANEXO: 03).

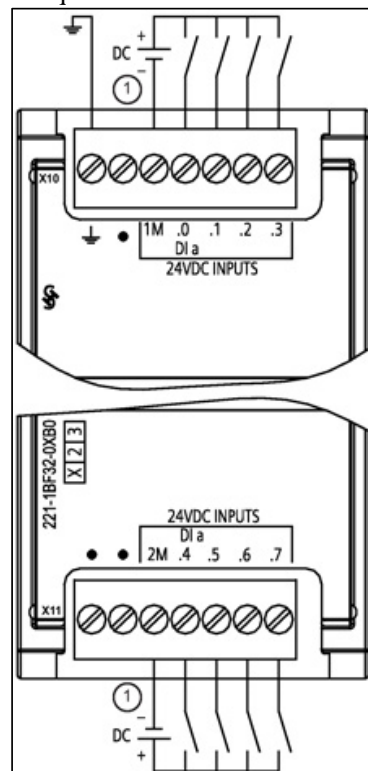
La capacidad de expansión de la CPU 1214C es una cualidad importante, ya que se puede agregar otros elementos o nuevas funciones al proceso con solo adquirir el modulo adecuado.

8.10. Módulo de entradas digitales 8DI 24Vdc S7 1200 6ES7221 1BF30 0XB0

Los módulos de señales permiten obtener más entradas y salidas en el caso que se requiera para los procesos de automatización.

Las conexiones del módulo de 8 entradas digitales, son esquematizadas en la figura 5.

Figura 5: Esquema de conexión del Módulo de 8DI



Fuente: Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. (Siemens, 2015)

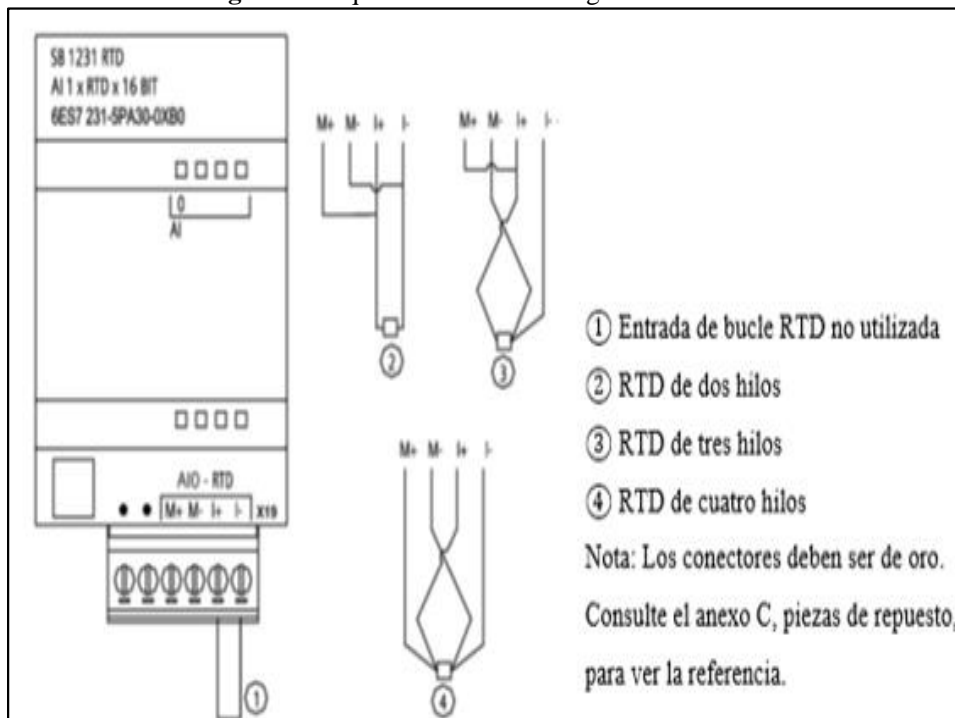
La asignación de pines de conectores para SM 1221 DI 8 x 24 VDC (6ES7 221-1BF32-0XB0) se puede visualizar en el (ANEXO: 04)

8.11. Signal Board RTD (SB 1231 6ES7231 5PA30 0XB0)

La Signal Board analógica SB 1231 RTD mide el valor de la resistencia conectada a las entradas de la Signal Board. El tipo de medición puede elegirse entre "resistor" y "resistor térmico". (Siemens, 2015, pág. 1276).

La Signal Board SB 1231 RTD soporta mediciones con base en conexiones de 2, 3 y 4 hilos que van al sensor de resistencia; como se puede observar en la figura 6.

Figura 6: Esquema de conexión Signal Board RTD



Fuente: Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. (Siemens, 2015)

La asignación de pines de conectores para Signal Board RTD (SB 1231 6ES7231 5PA30 0XB0) se puede visualizar en el (ANEXO: 05)

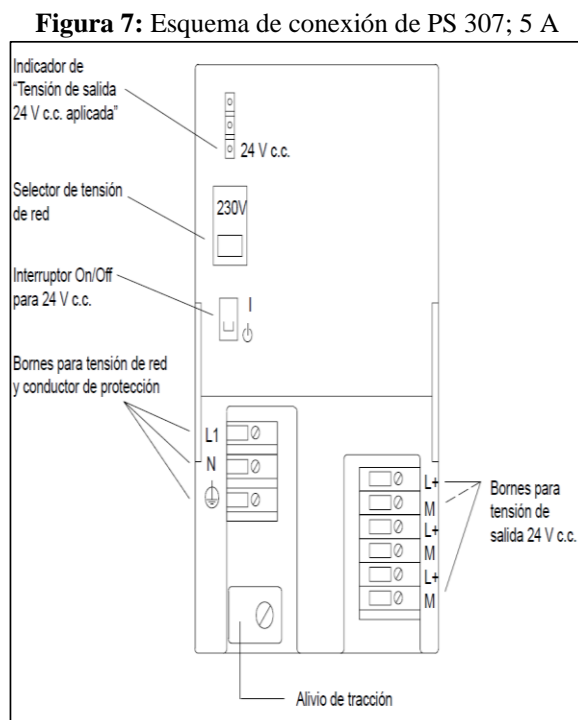
Así mismo, la asignación para selección para la SB 1231 RTD se puede visualizar en el (ANEXO: 06)

8.12. Fuente de alimentación PS 307; 5 A; (6ES7307-1EAx0-0AA0)

La fuente de alimentación es necesaria para la alimentación de la CPU, módulos de señales, Signal Boards, módulos de comunicación, paneles operadores HMI.

Hay que mencionar que los sensores, actuador y otros elementos de control, podrán ser alimentados desde la fuente, tomando en cuenta el voltaje y corriente de operación.

La figura 7 muestra los elementos principales que contiene un módulo de alimentación.



Fuente: Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. (Siemens, 2015)

Los datos técnicos de PS 307; 5 A (6ES7307-1EA00-0AA0) se puede visualizar en el (ANEXO: 07)

8.13. Simatic KTP400B Basic panel color 4" 6AV2123 2DB03 0AX0

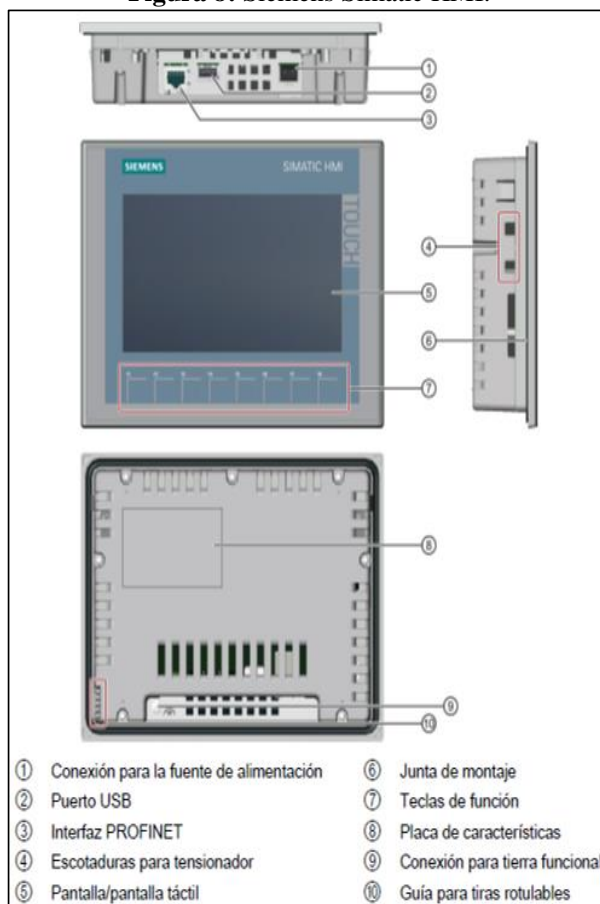
Los SIMATIC HMI Basic Panels incorporan pantalla táctil para el control básico por parte del operador y tareas de control. Todos los paneles ofrecen el grado de protección IP65 y certificación CE, UL, cULus y NEMA 4x. (Siemens, 2014, pág. 11).

Es importante recalcar que la conectividad mediante cable Ethernet facilita la conexión de la pantalla HMI con el PLC; la programación se lleva a cabo con la nueva versión de software de WinCC en el TIA Portal.

Las pantallas HMI poseen un entorno amigable, que puede ser operado por cualquier persona, sin necesidad de poseer conocimientos técnicos de automatización.

La figura 8 muestra las vistas y elementos principales de una pantalla HMI de 7 pulgadas.

Figura 8: Siemens Simatic HMI.



Fuente: Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. (Siemens, 2015)

Los datos técnicos de la pantalla KTP400B Basic panel color 4" 6AV2123 2DB03 0AX0, se puede visualizar en el (ANEXO: 08)

8.14. Válvula Solenoide

Es un dispositivo electromecánico que se energiza o des-energiza para abrir o cerrar un orificio de paso y permitir o bloquear el flujo de aire, agua, aceite, gases inertes, combustibles, vapor, etc. (Asco, 2016, pág. 2)

Por las condiciones investigadas en varios catálogos de diferentes fabricantes se puede concluir que las electroválvulas están diseñadas para el control unidireccional y son eficientes para el control de fluidos limpios.

8.15. Válvulas para agua caliente y vapor.

Las válvulas solenoides para agua caliente y vapor, son construidas con materiales especiales para soportar las condiciones más demandantes de los sistemas que trabajan con este tipo de fluidos (autoclaves, intercambiadores de calor, lavadoras industriales, quemadores, prensas de vulcanizado, etc) (Asco, 2016, pág. 8)

La selección adecuada y mantenimiento de una electroválvula, permite obtener rendimientos óptimos de funcionamiento de la misma, además se alarga la vida útil de la electroválvula.

La tabla de datos técnicos para la selección del tipo de válvula para vapor se encuentra en el (ANEXO: 09)

Figura 9: Electroválvula Asco para vapor



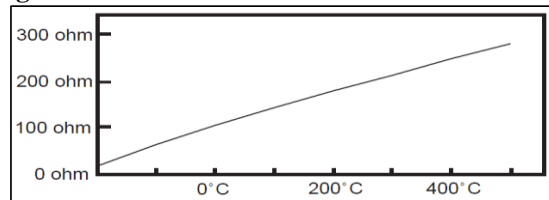
Fuente: Catalogo Asco Express. (Asco, 2016)

8.16. Sensor de Temperatura. Termoresistencia PT 100

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Los valores resistivos de las Pt100 varían en función de la temperatura 0 °C tienen un valor de 100 ohm, a mas temperatura su valor aumenta y por debajo de cero su valor disminuye.

La figura 10 muestra la curva característica para la selección de las termoresistencias PT100. La curva describe la resistencia en función del cambio de temperatura

Figura 10: Curva característica de una PT100 común.



Fuente: Catalogo Asco Express. (Asco, 2016)

8.17. Software de programación STEP 7

STEP 7 ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos HMI. Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla.

8.18. Consumo de diésel de la caldera

De acuerdo al análisis experimental durante 46 días calendario se observó que el consumo de diésel fue de 1000 Galones; considerándose que en los 46 días solo se prendió el caldero los sábados y domingos, es decir 6 sábados y 6 domingos, así mismo se contabilizo periodos exactos de tiempo de operación del caldero; 12 horas para el sábado y 8 horas para el domingo, la tabla 2 muestra las horas de funcionamiento del proceso de calefacción.

Tabla 2: Contabilidad de horas de funcionamiento del caldero durante 30 días

HORAS DE CONSUMO DE DIESEL Y ENERGIA ELÉCTRICA DURANTE 30 DIAS

Día	Nro. Días Hábiles (Fines de semana)	Horas	Total de Horas
Sábados	4	12	48
Domingos	4	8	32
			80

Elaborado por: Los investigadores

La ecuación 1 muestra la forma de calcular el costo por 1 Horas de funcionamiento de la caldera.

$$Cf = \frac{\text{Galones consumidos}}{1 \text{ mes}} * \frac{\text{USD}}{\text{Galon}} * \frac{\text{Mes}}{\text{Horas de funcionamiento}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Datos:

Consumo de diésel tras el experimento = 830 Galones

Costo del Galón de Diésel para Pacific Garden = 1.03 USD

Costo del funcionamiento del caldero en relación al consumo de combustible en 1 hora = Cf

$$Cf = \frac{830 \text{ Galones}}{1 \text{ mes}} * \frac{1.03 \text{ USD}}{\text{Galon}} * \frac{1 \text{ mes}}{80 \text{ horas}}$$

$$Cf = 10.68 \text{ USD/hora}$$

Considerando que el costo de funcionamiento del caldero en relación al consumo de combustible es de 10.68 USD/hora entonces:

El consumo de combustibles al año, se puede visualizar resolviendo la ecuación 2:

$$2) \quad \text{Consumo de Combustible Anual} = \frac{Cf}{\text{semana}} * 52 \text{ semanas} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Consumo de Combustible Anual} = 555.36 \text{ USD}$$

Costo de Trabajador encargado de encendido y apagado del caldero = 20USD/SEMANA; lo cual se observa en la ecuación 3:

$$\text{Costo de trabajador Anualmente} = \frac{20}{\text{semana}} * 52 \text{ semanas} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Costo de trabajador Anualmente = 1040 USD

Costo de trabajador Mensual = 86.66 USD

8.19. Consumo de energía eléctrica del cuarto de máquinas

Para realizar la demanda unitaria del consumo de las máquinas y elementos que intervienen en el proceso de calefacción de las piscinas de Pacific Garden, se realiza mediciones de corriente y se hace un análisis del porcentaje de funcionamiento de estos elementos durante 1 hora. La tabla 3 muestra la demanda de energía unitaria de los elementos para la calefacción.

Tabla 3: Demanda unitaria del proceso de calefacción.

DEMANDA DE CONSUMO EN 1 HORA								
ITEM	ELEMENTOS DEL PROCESO DE CALEFACCIÓN			I/medida	Voltaje	P/consumida	F/uso/hora	DMU
	DESCRIPCION	CANT.	P/nominal (W)	(A)	(V)	(W)	(%)	(W)
1	QUEMADOR DE LA CALDERA	1	746	2	220	647	100%	647
2	BOMBA DE RECIRCULACION ACTIVA	1	2.238	7	220	2.265	100%	2.265
3	BOMBA DE SUMINISTRO ACTIVA	1	2.238	7	220	2.265	8%	181
4	BOMBA DE RECIRCULACION INACTIVA	1	2.238	7	220	2.265	0%	0
5	BOMBA DE SUMINISTRO INACTIVA	1	2.238	7	220	2.265	0%	0
6	BOMBA DE COMBUSTIBLE	1	373	2,4	110	224	1%	2
7	SENSORES, ACTUADORES, CIRCUITO DE	1	150	0,7	220	154	70%	108

CONTROL							
CONSUMO DEL CUARTO DE MAQUINAS W/h							3.203
CONSUMO DEL CUARTO DE MAQUINAS kW/h							3,2

Elaborado por: Los investigadores

El consumo de energía eléctrica para consumidores industriales en el Ecuador en 2016 es 0.091 USD por kW/hora. (Arconel 2016).

La factura emitida el 3 mayo del 2016, describe un valor a pagar de 210.49 USD, pero este valor involucra toda la energía eléctrica que consume el complejo recreacional. Según la tabla 2, el proceso de calefacción se mantiene en operación durante 80 horas por semana, durante 1 año 4160 horas. Entonces el consumo anual se puede calcular con la ecuación 4:

$$C_{E/AÑO} = C_{CM} * C_{\frac{kW}{hora}} * \frac{HORAS}{AÑO} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Datos:

$C_{E/AÑO}$ = Costo de energía anual

$C_{\frac{kW}{hora}}$ = Costo del KW/h industrial en el ecuador = 0.091 USD

C_{CM} = Consumo cuarto de máquinas = 3.2kW/hora

$$C_{E/AÑO} = 3.2 \frac{kW}{hora} * 0.091 \text{ USD} * 4160 \text{ horas}$$

$$C_{E/AÑO} = 1211.39 \text{ USD}$$

$$C_{E/Mensual} = 100.94 \text{ USD}$$

La tabla 4 muestra los valores correspondientes al mes de mayo del 2016; de consumo de energía eléctrica, combustible y operación.

Tabla 4: Facturas de consumo del proceso de calefacción

Cuarto de Máquinas	
--------------------	--

Detalle	Factura Mensual antes de la implementación	Proyección Anual
Energía eléctrica	210,49 USD	2525.88 USD
Diésel	854,90 USD	10258.80 USD
Operario	86.66 USD	1039.92 USD
Costo total	1152.36 USD	13824.68 USD

Elaborado por: Los investigadores

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Mediante la implementación de un proceso automático en la quinta recreacional Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda. Permitirá controlar la temperatura de confort en las piscinas; a través de la apertura y cierre de la electroválvula solenoide, que permite el control del flujo de vapor y agua hacia el intercambiador de calor.

Tabla 5: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTOS
Temperatura	Control de temperatura para el confort en las piscinas	Grado centígrado (°C)	<p>Cree indispensable el control de la temperatura en las piscinas.</p> <p>Considera necesario la visualización de las variables del control en el Touch Panel.</p> <p>Cree que es conveniente automatizar el encendido y apagado del caldero y bombas.</p> <p>Considera necesario que el proceso de automatización debe existir un mando manual.</p>	PT 100
Flujo de vapor Flujo de agua	Controlar la cantidad de vapor y flujo que circula por la tubería mediante el cierre o apertura en forma automática de la solenoide	Flujo de vapor Caudal Caudal	<p>Cree que mediante el control de vapor que atraviesa por la tubería se reducirán los costos de energía eléctrica y combustible.</p> <p>La solenoide será capaz de evitar el paso de vapor cuando la piscina alcance la temperatura deseada.</p>	Flujo metro

Elaborado por: Los investigadores

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Tipo de investigación

10.1.1. Aplicada

El tipo de investigación es aplicada debido a que está orientada a conocer las necesidades que existe en la Quinta Recreacional Pacific Garden.

Una de ellas y la más primordial es la inexistencia del control de temperatura en la piscina y accionamiento automático de los elementos que intervienen en el proceso de calefacción.

La falta de control de horas de funcionamiento del proceso, genera un consumo excesivo de combustible y energía eléctrica, es por esta razón que mediante la automatización con un PLC S7-1200 y una pantalla HMI se pretende mejorar y controlar todo el proceso.

El trabajo de investigación corresponde a una modalidad de proyecto factible o de intervención, ya que la propuesta de la implementación es económicamente viable para solucionar los posibles problemas del sistema de calefacción.

10.1.2. De campo

La investigación se realizó en el lugar donde se origina el problema, es decir en la Quinta Recreacional Pacific Garden Soldelop. Se observa que el sistema de calefacción no tiene un control automático.

10.1.3. Bibliográfica

Fomenta en la búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica e información bibliográfica sobre el tema especificado, además ayudó en el desarrollo del conocimiento del problema.

10.2. Técnicas.

Es importante que para cualquier investigación se utilice una serie de técnicas que permitan obtener los datos necesarios para tomar una acción. Para este caso de investigación se ha escogido las siguientes técnicas:

10.2.1. Lectura científica:

Es utilizada en el marco teórico de la investigación, ya que permite al investigador realizar una valoración de carácter científico de la información bibliográfica realizada.

10.2.2. Observación.

Se podrá tomar en consideración todas las situaciones visibles en el encendido y apagado del caldero pirotubular y en el manejo en el control de la temperatura.

10.2.3. Medición.

Permite recopilar información mediante la toma de datos con los instrumentos adecuados como la utilización de la pinza amperimétrica para verificar la cantidad de voltaje y amperaje que circula por el sistema.

10.3. Descripción general del funcionamiento del sistema de calefacción en Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda.

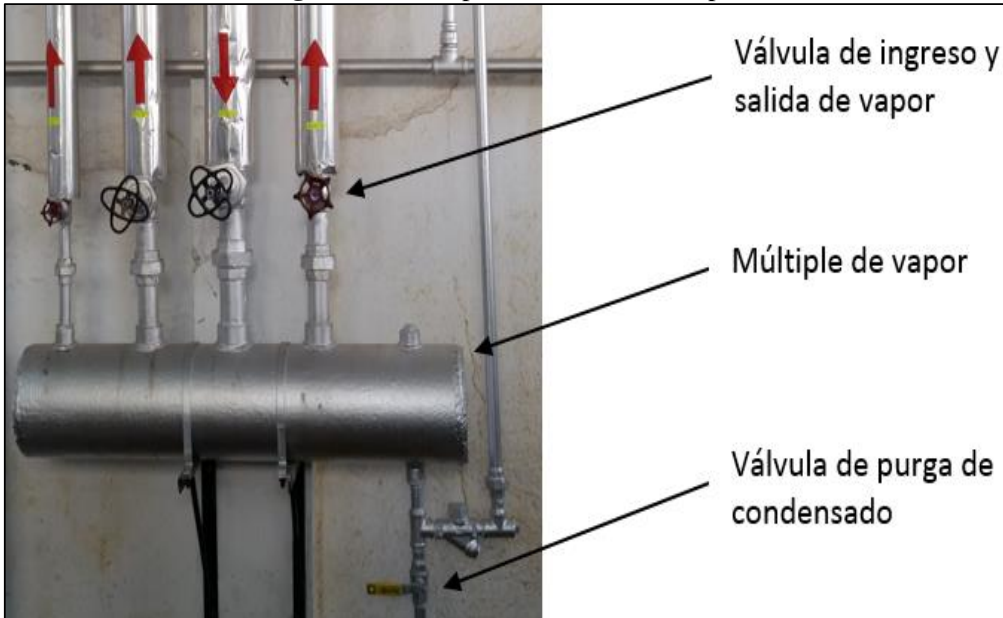
El sistema de calefacción de las instalaciones de Pacific Garden, tiene un ciclo de funcionamiento constante los 7 días de la semana durante los meses de julio y agosto. El resto de meses del año, el sistema funciona regularmente los días viernes sábado y domingo.

El sistema se enciende manualmente a las 12:00 de la madrugada de acuerdo a los siguientes pasos.

- a) Procedimiento de purga del múltiple principal de vapor.

La figura 11 describe los elementos que se conectan al manifull o múltiple de vapor.

Figura 11: Múltiple del Sistema de Vapor



Elaborado por: Los Investigadores

- b) Encendido de la bomba de combustible 1, mediante pulsante.
 c) Encendido de la bomba de alimentación 2 de agua hacia el interior del caldera.
 d) Encendido de las bombas de recirculación 4 de agua
 e) Encendido del caldera.

La disposición de los pulsadores de mando del proceso de calefacción sin la implementación del proceso automático se puede visualizar en la figura 12.

Figura 12: Tablero de mando sin la implementación.



Elaborado por: Los Investigadores

- f) Espera de 10 minutos hasta que la presión en el caldera llegue a 25 PSI.

La figura 13 muestra el manómetro de presión de la caldera; el cual sirve para observar la presión de trabajo de la caldera.

Figura 13: Manómetro de Presión del Caldera

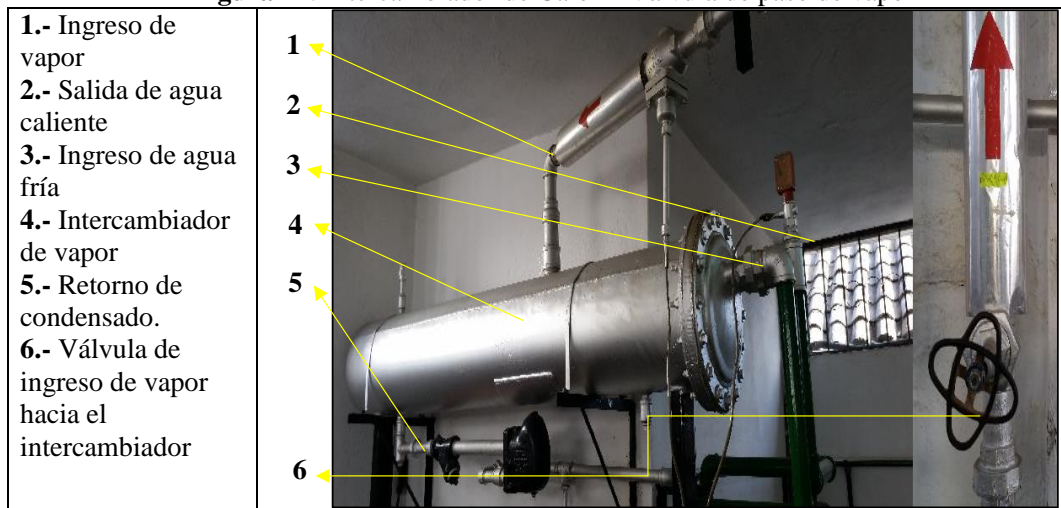


Elaborado por: Los Investigadores

- g) Apertura manual de la válvula que permite el paso del vapor hacia el intercambiador de calor

La figura 14 muestra y describe el nombre de los elementos que intervienen en el proceso de intercambio de calor, además se visualiza la línea de vapor a partir de la válvula de salida del manifold de vapor hacia el intercambiador de calor.

Figura 14: Intercambiador de Calor – Válvula de paso de vapor



Elaborado por: Los Investigadores

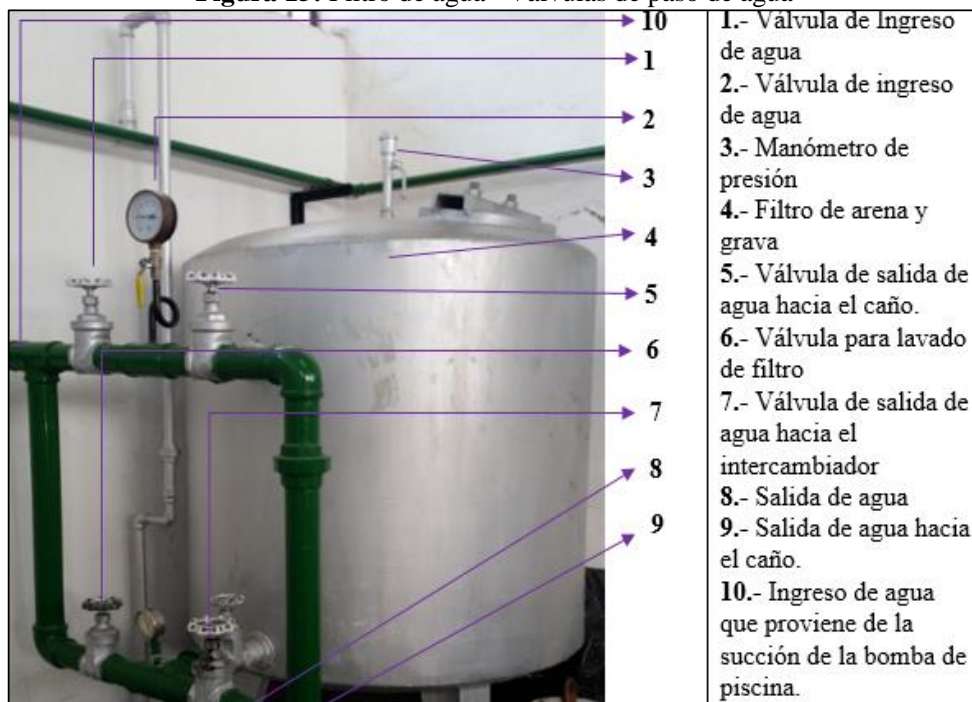
Después de 6 horas de funcionamiento se procede a:

- h) Encender por segunda vez la bomba de combustible ya que el tanque de almacenamiento de combustible no posee sensor de límite inferior.
- i) Apagar la bomba de recirculación 4.
- j) Encender la bomba de recirculación 5.
- k) Accionar el selector de cambio de bomba de alimentación, para que entre en funcionamiento la bomba de alimentación 3.
- l) Apagar la bomba de recirculación 5 durante 3 minutos (accionar válvulas para aspiración de piscinas).
- m) Encender bomba de recirculación 5.
- n) Procedimiento de aspiración de las piscinas.
- o) Apagar la bomba de recirculación 5 (accionar válvulas para limpieza de filtros).

Es importante primero apagar la bomba de recirculación, y después accionar las válvulas; caso contrario las válvulas pueden sufrir averías, por la presión de agua

La figura 15 describe los elementos que intervienen en el proceso de filtrado de agua de la piscina.

Figura 15: Filtro de agua– Válvulas de paso de agua



Elaborado por: Los Investigadores

- p) Encendido de bomba para limpieza de filtros.
- q) Apagado de Bomba de recirculación 5 (Accionar válvulas para funcionamiento regular).
- r) Encendido de Bomba de recirculación 5.
- s) Verificar manualmente con las manos la temperatura de la piscina, y realizar arranques y paros del caldera cuando la temperatura está fuera del confort de los clientes
- t) Los procedimientos a realizarse en forma manual por parte de un operario durante el día son: Encender y apagar las bombas de recirculación en forma alternada.
- u) Apagado del sistema manualmente.

Los días en los que no se enciende la caldera, se realizan encendidos periódicos de las bombas de recirculación, acompañados del proceso de aspiración de la piscina y limpieza del filtro principal.

El análisis realizado por parte de los investigadores concluyo en la idea de diseñar e implementar un sistema automático que permita controlar la temperatura de la piscina, así mismo controlar automáticamente encendido/apagado/funcionamiento de bombas de recirculación, alimentación de agua y alimentación de combustible.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

11.1. Análisis de E/S requeridas para la programación del PLC.

11.1.1. Entradas Digitales

De acuerdo a la descripción del funcionamiento actual del sistema de calefacción, es importante realizar el análisis de todas las señales de entrada al controlador lógico programable.

La tabla 6 muestra el análisis de las entradas digitales necesarias para la implementación del proceso automático

Tabla 5: Entradas digitales

ENTRADAS DIGITALES REQUERIDAS		
Símbolo	Dirección	Tipo
"Paro de Emergencia"	%I0.0	Booleano
"Control de tablero"	%I0.1	Booleano
"Control HMI"	%I0.2	Booleano
"Nivel alto/bajo"	%I0.3	Booleano
"Sensor tanque de diésel"	%I0.4	Booleano
"Arranque B1 recirculación tablero"	%I0.5	Booleano
"Arranque B2 recirculación tablero"	%I0.6	Booleano
"B1 suministro tablero"	%I0.7	Booleano
"B2 suministro tablero"	%I1.0	Booleano
"Arranque suministro tablero"	%I1.1	Booleano
"Arranque bomba diésel tablero"	%I1.2	Booleano
"Arranque caldera tablero"	%I1.3	Booleano
"Parada caldera tablero"	%I1.4	Booleano
"Parada bomba diésel tablero"	%I1.5	Booleano
"Parada B1 recirculación tablero"	%I8.0	Booleano
"Parada B2 recirculación tablero"	%I8.1	Booleano
"Parada suministro tablero"	%I8.2	Booleano
"Térmico B1 recirculación"	%I8.3	Booleano
"Térmico B2 recirculación"	%I8.4	Booleano
"Térmico B1 suministro"	%I8.5	Booleano
"Térmico B2 suministro"	%I8.6	Booleano
"Térmico bomba diésel"	%I8.7	Booleano

Elaborado por: Los Investigadores

Los símbolos de las entradas descritas en la Tabla 03, son los mismos símbolos a tomarse en cuenta en la programación de controlador lógico programable y pantalla HMI.

11.1.2. Entradas Analógicas

En la tabla 7 se observa el análisis de las entradas analógicas necesarias para la implementación del proceso automático

Tabla 6: Análisis de entradas analógicas

SALIDAS DIGITALES REQUERIDAS		
Símbolo	Dirección	Tipo
"Entrada analógica, sensor de temperatura"	%IW80	Palabra

Elaborado por: Los Investigadores

11.1.3. Salidas Digitales

La tabla 8 describe el análisis de las salidas digitales necesarias para la implementación del proceso automático

Tabla 7: Salidas digitales

SALIDAS DIGITALES REQUERIDAS		
Símbolo	Dirección	Tipo
"Habilitar suministro"	%Q0.0	Booleano
"Bomba recirculación 1"	%Q0.1	Booleano
"Bomba recirculación 2"	%Q0.2	Booleano
"Bomba suministro 1"	%Q0.3	Booleano
"Bomba suministro 2"	%Q0.4	Booleano
"Bomba diésel"	%Q0.5	Booleano
"Encendido duchas agua caliente"	%Q0.6	Booleano
"Solenoide calentamiento piscina"	%Q0.7	Booleano
"Encendido de la caldera"	%Q1.0	Booleano

Elaborado por: Los Investigadores

El número de entradas y salidas totales para la implementación del proceso, se plantea en la tabla 9.

Tabla 8: Número de entradas y salidas necesarias para la implementación

ENTRADAS Y SALIDAS REQUERIDAS	
Descripción	Numero
Entradas Digitales	22
Entradas Analógicas	1
Salidas Digitales	9

Elaborado por: Los Investigadores

Al realizar el análisis de entradas y salidas del sistema, se plantea la adquisición de los elementos siguientes:

- ◆ Controlador lógico programable
- ◆ Módulo de entradas digitales
- ◆ Módulo de 1 entrada analógica de temperatura

- ◆ Fuente de alimentación DC
- ◆ Pantalla HMI
- ◆ Electroválvula solenoide
- ◆ Sensor de temperatura
- ◆ Protecciones para el sistema automático
- ◆ Cable de control y elementos varios

11.1.4. Selección del controlador lógico programable

Para la implementación del sistema automático se necesitan 22 entradas digitales, 1 entrada analógica de temperatura, y 9 salidas digitales; el PLC adecuado para la implementación es el PLC S7 1200 1214C.

En la tabla 9 se mencionan las características primordiales del controlador S7 1200

Tabla 9: Hoja de datos resumida del PLC.

PLC S7 1200 1214C	
Paquete de programación	STEP 7 V13 o Superior
Tensión de alimentación	24V DC
Potencia Activa	12VA
Entradas Digitales	14
Intensidad entradas	0.2A
Salidas Digitales	10
Intensidad Salidas	0.2A
Entradas Analógicas	2 (0-10V DC)
Nro de Módulos max.	3 Módulos de comunicación, 1 Signal Board, 8 Módulos de Señales

Fuente: Controlador lógico programable S7 1200. Manual del sistema. (Siemens, 2015)

Debido a que el PLC descrito anteriormente no admite más de 10 entradas digitales; es imprescindible la adquisición de un módulo adicional de 8 entradas digitales.

11.2. Selección del módulo de entradas digitales

Las entradas necesarias para la implementación del sistema automático son 22 y el PLC seleccionado ofrece 14 entradas digitales; las 8 entradas faltantes se obtienen mediante la adquisición de un módulo de señales adicional de 8 entradas digitales. Se podría implementar un módulo de más capacidad, con el fin de contar con entradas disponibles para futuras implementaciones; pero por motivos económicos se implementará el módulo de 8 entradas.

El módulo de entradas digitales a implementar se describe en la tabla 10 con las siguientes características:

Tabla 10: Hoja de datos resumida del módulo de entradas digitales.

MÓDULO ENTRADAS DIGITALES SM 1221	
Tensión de alimentación	24V DC
Potencia activa	1.5VA
Consumo	100mA
Entradas Digitales	8

Elaborado por: Los Investigadores

Cabe mencionar que el caso que se requiera en el futuro más entradas, la CPU admite 8 módulos de señales.

11.3. Selección de la signal board para temperatura

La implementación del sistema requiere un sensor de RTD para obtener señales de temperatura de la piscina; esta señal se procesa en la CPU y envía la señal a la electroválvula de la línea de vapor. La apertura o cierre de la electroválvula permite controlar la cantidad de vapor que ingresa al intercambiador de calor. Entonces el modulo adecuado para el control de la temperatura se observa en la tabla 12 con las siguientes características.

Tabla 11: Hoja de datos resumida del módulo RTD.

MÓDULO ENTRADA ANALÓGICA RTD SB 1231	
Tensión de alimentación	24V DC
Consumo	5mA
Potencia activa	0.5VA
Entradas Analógicas	8
Resistencia de entrada	Termoresistencia de Platino

Resistencia	100ohm
-------------	--------

Elaborado por: Los Investigadores

11.4. Selección de la fuente de alimentación DC

Para alimentar el S7-1200, el módulo de señales, el módulo de temperatura y la pantalla HMI con 24 Vdc, es importante la adquisición de una fuente DC.

Para calcular la intensidad de corriente de salida de la fuente, se aplica la ecuación 5:

$$I_F = (I_{PLC} + I_{SM8DI} + I_{SB} + I_{HMI})K_F \quad (\text{Ecuación 5})$$

Datos:

I_{PLC} = Intensidad de corriente que consume el PLC

I_{SM8DI} = Intensidad de corriente que consume el módulo de 8 entradas digitales

I_{HMI} = Intensidad que consume la pantalla HMI

I_{SB} = Intensidad de corriente que consume el módulo de temperatura RTD

I_F = Intensidad de salida de la fuente

K_F = Factor de seguridad = 1,25

$$I_F = (0.5A + 0.1A + 0.1A + 0.125A)1.25$$

$$I_F = (0.825A)1.25$$

$$I_F = 1.03A$$

La fuente necesaria para la alimentar el circuito de automatización es de 1.03A; pero se adquiere una fuente de 5A, debido a que la diferencia de costos en comparación con la fuente de 2A es mínima.

Cabe indicar que la sobredimensión de la fuente soportaría la conexión de módulos adicionales S7 1200, sensores y actuadores que operen al mismo nivel de voltaje que la

fuelle. En la tabla 12 se observa las características principales de una fuente de alimentación de 24Vdc.

Tabla 12: Hoja de datos resumida de la fuente de alimentación

FUENTE DE ALIMENTACIÓN PS 307	
Tensión de Nominal	24V DC
Intensidad de salida	5A
Potencia activa	65VA
Tensión de Entrada	120/230 Vac

Fuente: Sistemas de automatización. (Siemens, 2004, págs. 2-8)

11.5. Selección de la Pantalla HMI

Para la visualización de la variable a controlar, que es la temperatura, así mismo para el control de encendido y apagado de todos los elementos del sistema de automatización es necesario añadir una pantalla HMI, la cual permite la fácil manipulación de la variable a controlar. Mediante la pantalla de puede ingresar la temperatura que se desea obtener en la piscina, así mismo, se puede programar a elección de operador el encendido y apagado de todo el sistema de calefacción. La pantalla HMI se describe en la tabla 14 con las siguientes características.

Tabla 13: Hoja de datos resumida de la pantalla HMI

SIMATIC HMI, KTP400 BASIC	
Paquete de programación	STEP 7 V13
Tensión de alimentación	24V DC
Potencia Activa	3VA
Consumo	125mA
Dimensión de la pantalla	4 pulgadas
Comunicación	Ethernet
Mando	Teclas/Táctil

Elaborado por: Los Investigadores

11.6. Selección del sensor de temperatura

Para medir la temperatura del agua de las piscinas de Pacific Garden, es necesario instalar un sensor de temperatura, el cual envía la señal al controlador; que a su vez mediante el actuador controla la temperatura del sistema a elección de los operadores.

El rango de temperatura que requieren las piscinas es entre 25 °C y 33 °C. Esta selección de temperatura la elige el operador, dependiendo de la temperatura ambiente o la demanda de usuarios de las piscinas.

Las mediciones en el sistema se realiza por inmersión en agua; por consiguiente la longitud correcta de inmersión es entre 8 y 10 veces el diámetro del sensor.

La tabla 15 describe la variación de la resistencia de una PT100 cuando varia la temperatura de censado

Tabla 14: Datos Técnicos Temperatura en relación a la resistencia de una PT100

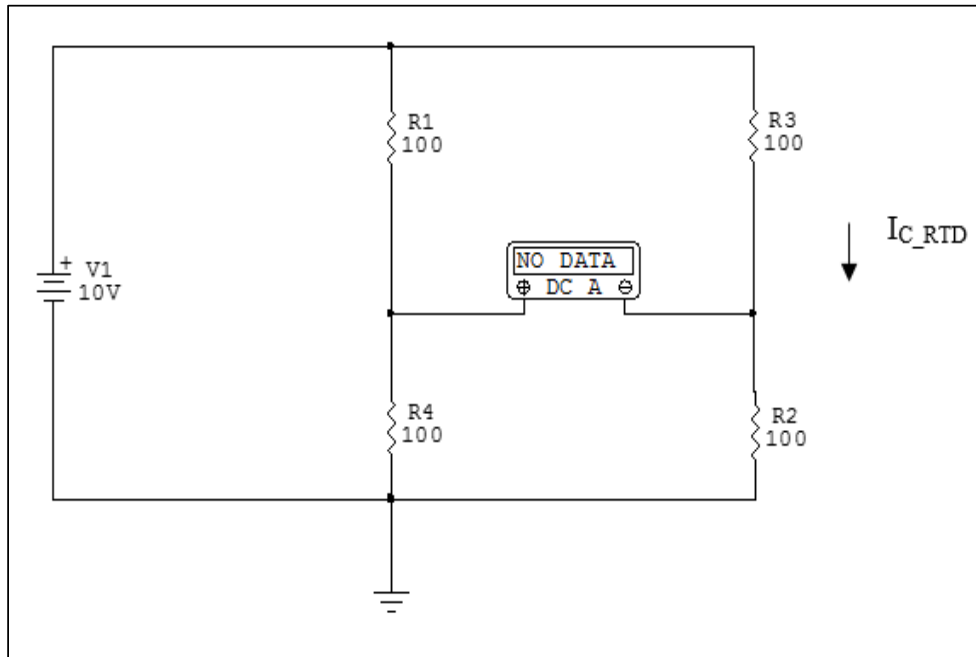
°C	0	1	2	3	4	5
	Valores de Resistencia en Ohmios					
0	100,0	100	101	101	102	102
10	104	104	105	105	105	106
20	108	108	109	109	109	110
30	112	112	112	113	113	114
40	116	116	116	117	117	117
50	119	120	120	121	121	121
60	123	124	124	124	125	125

Fuente: Sensores de temperatura. (Arian, 2016)

Para seleccionar el cable adecuado que se conecta desde la Pt100 hacia el módulo RTD de temperatura es necesario calcular la corriente del circuito de temperatura.

La figura 16 esquematiza el circuito de conexión de un a termoresistencia.

Figura 16: Circuito RTD.



Elaborado por: Los Investigadores

Para calcular la intensidad de corriente del circuito RTD se aplica la ecuación 6:

$$I_{C_RTD} = \frac{V_{M_RTD}}{R_2 + R_3} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Datos:

I_{C_RTD} = Intensidad de corriente circuito RTD temperatura

V_{M_RTD} = Voltaje del módulo RTD de temperatura = 10Vdc

R_3 = Resistencia circuito PT 100 = 100ohm

R_2 = Resistencia circuito PT 100 = 100ohm

$$I_{C_RTD} = \frac{10Vdc}{100\Omega + 100\Omega}$$

$$I_{C_RTD} = 0.05A$$

Debido a que la corriente que circula por la PT100 es baja se plantea la utilización del cable UTP clase 5 que es un grupo de 4 pares conductores 24AWG

La tabla 16 describe las características del cable utp clase 5. Cable que será usado en la conexión de la PT100 con el módulo RTD de temperatura

Tabla 15: Calibre de conductores UTP clase 5

CABLE UTC CLASE 5	
Resistencia máxima del conductor en temperatura de 20°C	9,38 Ohms/100m
Desequilibrio de la resistencia	5%
Capacidad de desequilibrio del par con relación a tierra	330 pF/100m
Resistencia en frecuencia de 0,772-100 MHz	85-115 Ohms
Capacidad de operación máxima	5,6 nF/m
Prueba por chispa	2,5 kV

Fuente: Características generales de los conductores eléctricos. (Electrocables, 2016)

11.7. Selección de la electroválvula

Es imprescindible que la electroválvula sea de bronce ya que es un sistema de vapor, así mismo tiene que ser una válvula de 2 direcciones (2/2), normalmente cerrada. Se abre la válvula cuando se energiza la bobina. En la tabla 17 se menciona las características de la electroválvula solenoide

Tabla 16: Descripción de la electroválvula

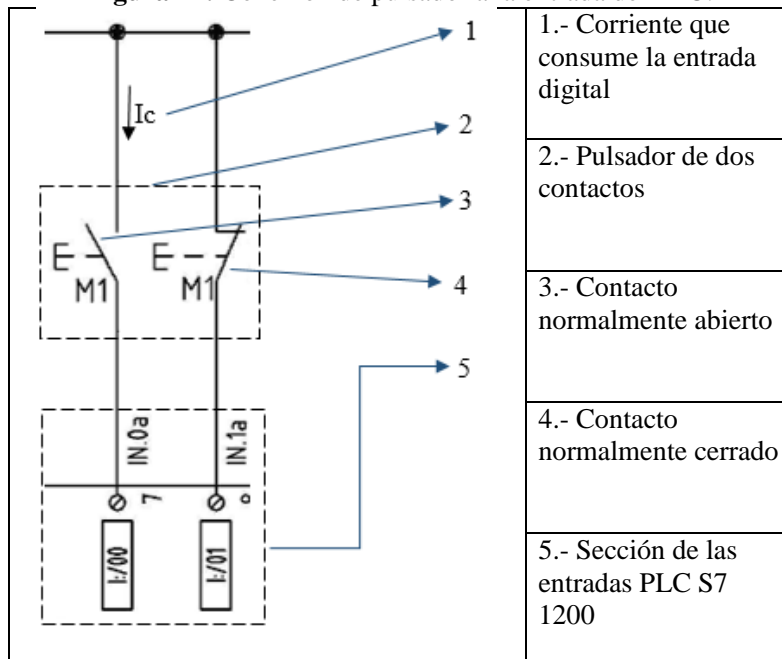
ELECTROVALVULA SOLENOIDE	
Diámetro	1 pulgada
Presión mínima	5PSI
Presión máxima	150PSI
Máxima Temperatura	178 Grados Celsius
Material del cuerpo	Bronce
Voltaje de la Bobina	220V

Elaborado por: Los Investigadores

11.8. Selección de pulsadores

El sistema de calentamiento funciona actualmente mediante un interruptor sencillo para iluminación, lo cual no es adecuado para el control de la temperatura de las duchas. Es urgente la implementación de un pulsador de 2 contactos, 1 normalmente abierto (arranque) y un normalmente cerrado (paro). Este pulsador se instala en el tablero de control del sistema de calefacción; así mismo este pulsador interviene en la activación de la entrada digital del PLC para el control de las duchas; en la figura 19 se puede observar el esquema de conexión de los pulsadores de 2 posiciones.

Figura 17: Conexión de pulsador a la entrada del PLC.



Elaborado por: Los Investigadores

Para seleccionar el pulsador adecuado es necesario calcular la corriente que circula por la entrada digital. Según el catálogo de Siemens $P_C = 0.0096VA$. (Siemens, 2009, pág. 1159).

Para calcular la corriente de la entrada digital se aplica la ecuación 7:

$$I_C = \frac{P_C}{V_{DC}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Datos:

I_C = Intensidad de corriente de la entrada digital del PLC

P_C = Potencia consumida = 0.0096

V_{DC} = Voltaje de alimentación = 24Vdc

$$I_C = \frac{0.0096VA}{24Vdc}$$

$$I_C = 4mA$$

La tabla 18 describe las características principales del pulsador de dos contactos.

Tabla 17: Descripción del pulsador NA y NC

PULSADOR NA Y NC	
Color	Verde y rojo
Inscripción	I-O
Material	Metálico
Contacto	1 Abierto NA y 1 cerrado NC
Tensión Máxima	440V
Intensidad a 220V	4,5A

Elaborado por: Los Investigadores

La corriente que soporta este pulsador es 4A, su sobredimensionamiento provee robustez mecánica a la entrada digital del PLC.

Es recomendable adquirir pulsadores con luces piloto; ya que permiten visualizar la activación de las entradas del PLC.

11.9. Selección de la protección del circuito de control del proceso de automatización.

La protección del circuito de control permite aumentar la seguridad del circuito al se conecta todos los elementos implementados para la automatización, como son: PLC, electroválvula, sensor de temperatura, pantalla HMI, módulo de entrada analógica RTD, módulo de entradas digitales, y otros sensores.

La tabla 19 presenta la potencia activa de todos los elementos que intervienen en el circuito de control.

Tabla 18: Potencia en VA de los elementos de control.

Elementos	Potencia (VA)
PLC	12
Electroválvula	10.1
Sensor PT100	1.2
Pantalla HMI	3
Módulo RTD	0.5

Fuente de alimentación	65
Módulo de entradas digitales	1.5
Otros sensores	10

Elaborado por: Los Investigadores

Para calcular la potencia del circuito de control se aplica la ecuación 8:

$$P_{C.control} = P_{plc} + P_{electrovalvula} + P_{Pt100} + P_{HMI} + P_{modulo\ rtd} + P_{fuente} + P_{modulo\ entradas\ digitales} + P_{otros\ sensores} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Datos:

$I_{C.control}$ = Intensidad de corriente del circuito de control

$P_{C.control}$ = Potencia consumida por el circuito de control

V_{AC} = Voltaje de alimentación = 220Vac

$$P_{C.control} = (12 + 10.1 + 1.2 + 3 + 0.5 + 65 + 1.5 + 10)VA$$

$$P_{C.control} 103.3VA$$

Para calcular la corriente del circuito de control se aplica ecuación 9:

$$I_{C.control} = \frac{P_{C.control}}{V_{AC}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$I_{C.control} = \frac{103.3VA}{220Vac}$$

$$I_{C.control} = 0.47A$$

Siemens (2004) que manifiesta que: “Para proteger la línea de red (entrada) de la fuente de alimentación PS 307; 25 recomendamos un automático magneto térmico de Intensidad nominal a 230 V c.a.: 6A” (pág. 2-6).

La tabla 20 indica tres características de la protección magneto térmica

Tabla 19: Descripción de la protección magneto térmica

PROTECCION MAGNETO TÉRMICA	
Bornes	4
Tensión Máxima	440V
Intensidad a 220V	6A

Elaborado por: Los Investigadores

11.10. Selección de los fusibles para el circuito de control.

En la Ecuación 5, se calcula que la corriente del circuito de control es 0.47A más un valor no aproximado de 0.3A para el consumo de sensores y ciertos actuadores, como es el caso de las electroválvulas.

Por consiguiente se sobredimensiona el fusible a 1A, la sobredimensión es por seguridad y robustez mecánica.

La figura 18 muestra un porta fusibles con capacidad de carga de hasta 32 amperios.

Figura 18: Portafusible.



Elaborado por: Los Investigadores

11.11. Selección del calibre del conductor para el circuito de control

La corriente que circula por el circuito de control está en el orden de los miliamperios: por consiguiente el cable a usarse será un calibre 18AWG; esta medida es común en el armado del circuito de control.

En la tabla 21 se puede ver las características principales del cable flexible 18AWG

Tabla 20: Características de conductor 18AWG

Calibre AWG	Sección mm ²	Nro. De Hilos por diámetro en mm	Capacidad de Corriente en amperios
18	0,823	12x0,30	7

Fuente: Características generales de los conductores eléctricos. (Electrocables, 2016)

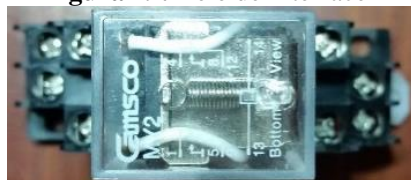
11.12. Selección de relés de interface.

Se usan generalmente para proteger las salidas del PLC; esto quiere decir que cada salida del PLC activa una bobina de un pequeño relé, y este relé a su vez activa la bobina de los contactores del circuito de fuerza.

Se podría decir que los relés de interface son un puente de protección entre las salidas del PLC y los actuadores.

La figura 19 es una foto tomada del relé de interface con su respectiva base para raíl din.

Figura 19: Relé de interface



Elaborado por: Los Investigadores

11.13. Selección del breaker para el circuito de potencia

Para la selección del breaker, el cálculo se va a dividir en tres partes: motores trifásicos de inducción, motores monofásicos.

La tabla 22 representa los valores reales de potencia nominal de los motores que intervienen en el proceso de calefacción.

Tabla 21: Potencia nominal de los motores que intervienen en el proceso de calefacción

TIPO DE MOTOR	DETALLE	POTENCIA (HP)
Motores Trifásicos	Bomba de Recirculación 1	3
	Bomba de Recirculación 2	3
	Bomba de alimentación 1	3
	Bomba de alimentación 2	3
	Quemador	1
Motor Monofásico	Bomba de diésel	0,5

Elaborado por: Los investigadores

Para calcular la potencia total trifásica en Hp, simplemente se suman todas las potencias; esto se expresa con la ecuación 10:

$$P_{TT} = P_{N-BR1} + P_{N-BR2} + P_{N-A1} + P_{N-BA2} + P_{N-MQ} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Datos:

P_{N-BR1} = Potencia nominal bomba de recirculación 1 = 3HP

P_{N-BR2} = Potencia nominal bomba de recirculación 2 = 3HP

P_{N-BA1} = Potencia nominal bomba de alimentación 1 = 3HP

P_{N-BA2} = Potencia nominal bomba de alimentación 2 = 3HP

P_{N-MQ} = Potencia nominal motor del quemador = 1HP

P_{TT} = Potencia trifásica total

$$P_{TT} = 3HP + 3HP + 3HP + 3HP + 1HP$$

$$P_{TT} = 13HP$$

Para calcular la potencia total trifásica en vatios, se usa la ecuación 11:

$$P_{TT} = \frac{13HP}{HP} * 746W \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$P_{TT} = 9698W$$

Para calcular la Intensidad de corriente de línea trifásica se aplica ecuación 12:

$$I_L = \frac{P_{TT}}{V_{AT} * f_p * \sqrt{3}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Datos:

I_L = Intensidad de corriente de línea trifásica

V_{AT} = Voltaje de alimentación trifásica = 220V

F_p = Factor de potencia = 0.8

P_{TT} = Potencia trifásica total

$$I_L = \frac{9698VA}{220V * 0.8 * \sqrt{3}}$$

$$I_L = 31.85A$$

Para calcular la potencia total monofásica en watios, se aplica la ecuación 13:

$$P_{TM} = \frac{1HP}{HP} * 746W \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$P_{TM} = 746W$$

Para calcular la Intensidad de corriente de línea monofásica se aplica la ecuación 14:

$$I_{LM} = \frac{P_{TT}}{V_{AM}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Datos:

I_{LM} = Intensidad de corriente de línea monofásica

V_{AM} = Voltaje de alimentación monofásica = 120V

F_p = Factor de potencia = 0.8

P_{TM} = Potencia total monofásica

$$I_{LM} = \frac{746VA}{120V}$$

$$I_L = 6.21A$$

Considerando que la Intensidad de los motores trifásicos es de 31.85A, y la intensidad de corriente monofásica para el motor de la bomba de diésel es de 6.21A, el breaker presenta en la tabla 23.

Tabla 22: Datos técnicos breaker

BREAKER DEL TABLERO DE MANDO	
Bornes	6
Tensión	220V
Intensidad a 220V	50A

Elaborado por: Los investigadores

El breaker seleccionado es de 50A; el sobredimensionamiento de la protección ofrece robustez mecánica y capacidad para futuras ampliaciones en el cuarto de máquinas.

11.14. Selección del contactor para el circuito de control

Para el encendido de todo el circuito de control se usa un contactor de 22A. La tabla 24 muestra las características principales del contactor.

Tabla 23: Datos técnicos contactor de 22A

CONTACTOR CIRCUITO DE CONTROL	
Bornes	8
Polos	3
Contacto Auxiliares	1 Normalmente Abierto
Tensión	220V
Intensidad a 220V	22A

Elaborado por: Los investigadores

La figura muestra la imagen del contactor de 22A, utilizado para encender o apagar el circuito de control.

Figura 20: Contactor de control de 22A



Elaborado por: Los Investigadores

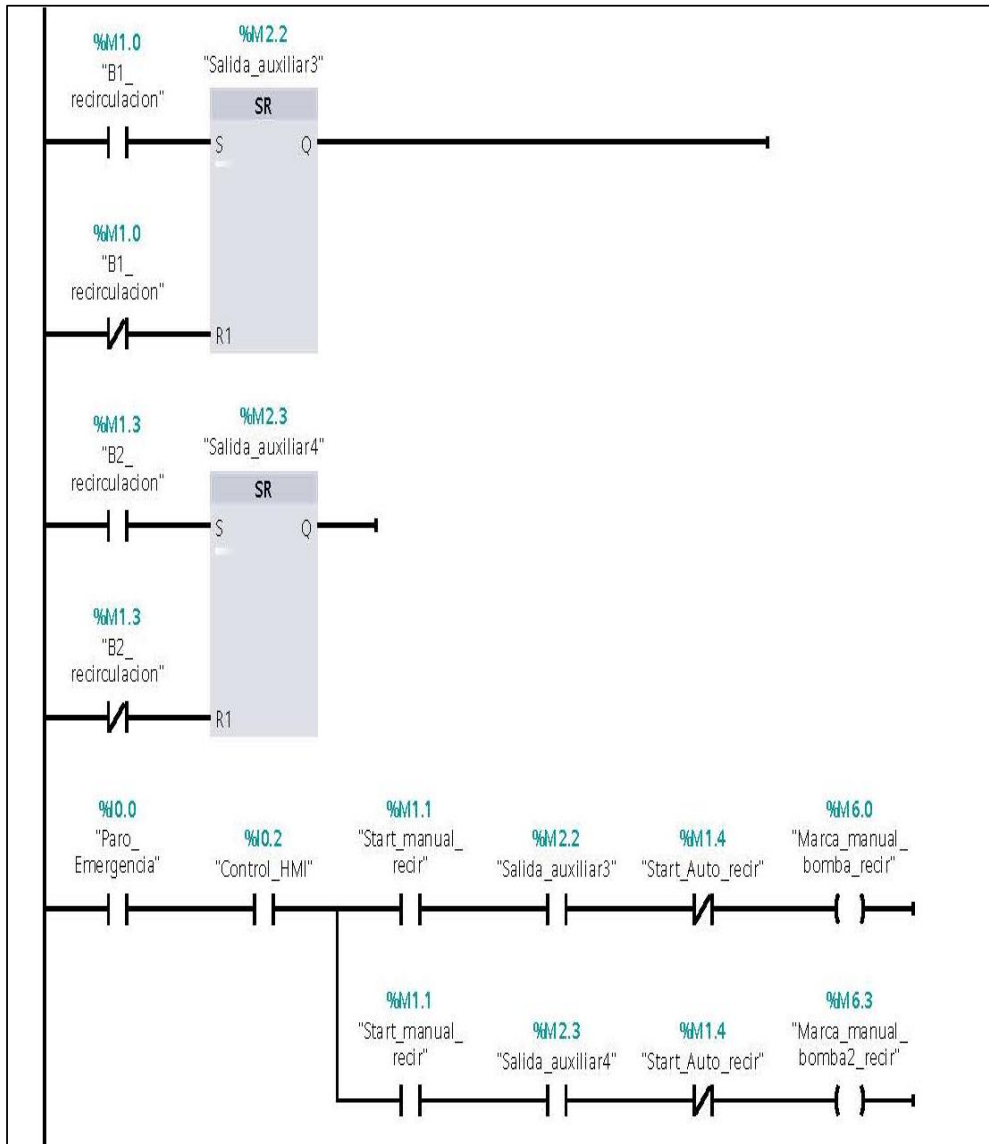
11.15. Programación del proceso automático

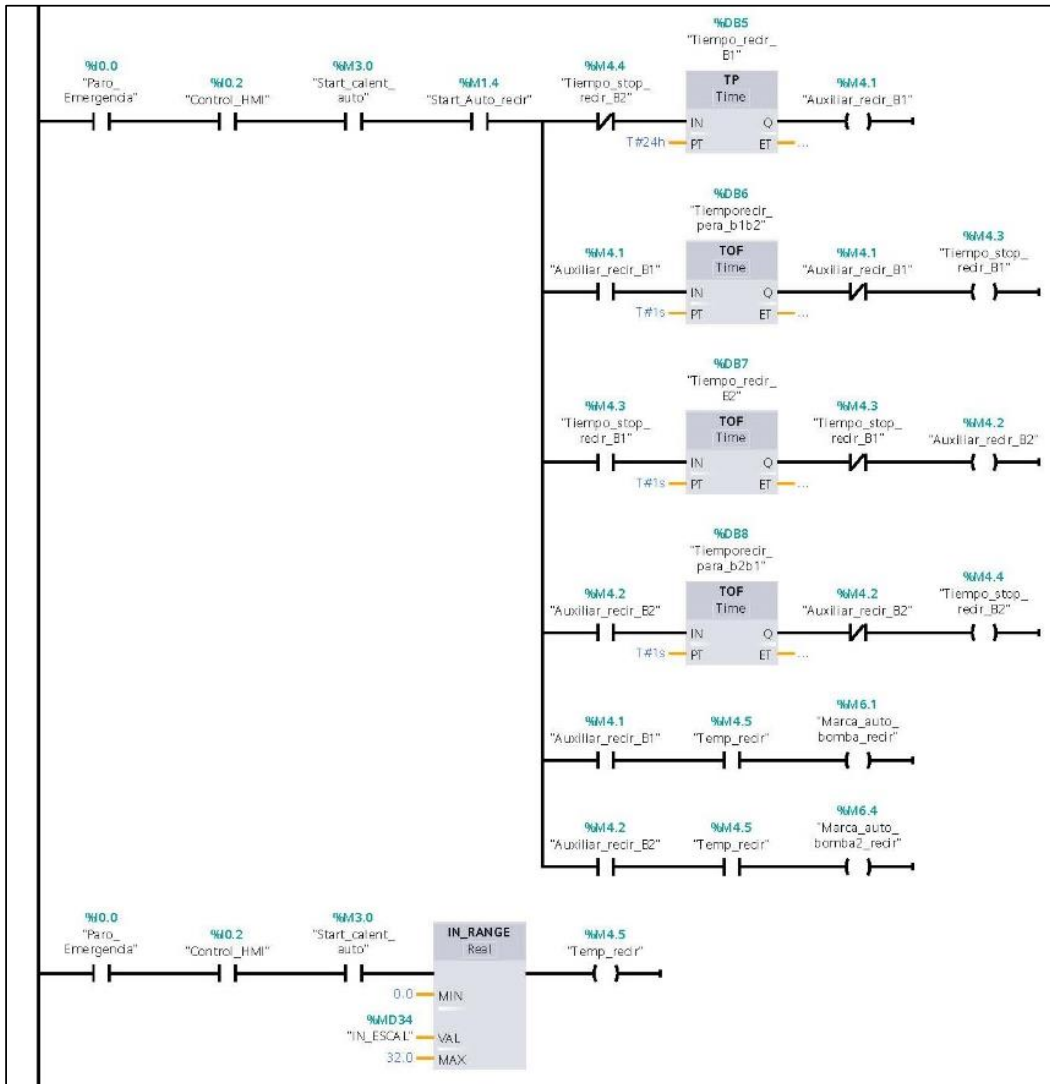
11.15.1. Segmento 1: Control recirculación

- ◆ Control de arranque de las bombas de recirculación.
- ◆ Control de arranque de las bombas de recirculación.
- ◆ Modo manual por medio de la HMI.
- ◆ Se utiliza la función SR (flip-flop activación y desactivación)
- ◆ Modo automático por medio de la HMI.
- ◆ Se utiliza temporizadores para la secuencia de encendido de dos bombas, las mismas trabajarán un lapso de 11h 59 min 54 seg. En los 4 segundos faltantes se realizará el intercambio de trabajo.
- ◆ TP (impulso) y TOF (arranque temporizador como arranque a la desconexión) son las funciones utilizadas para la secuencia mencionada.

La figura 21 se muestra el segmento 1 que corresponde a la programación del control de la recirculación de agua de las piscinas. El software de programación es el Tía Portal.

Figura 21: Segmento 1: Control recirculación





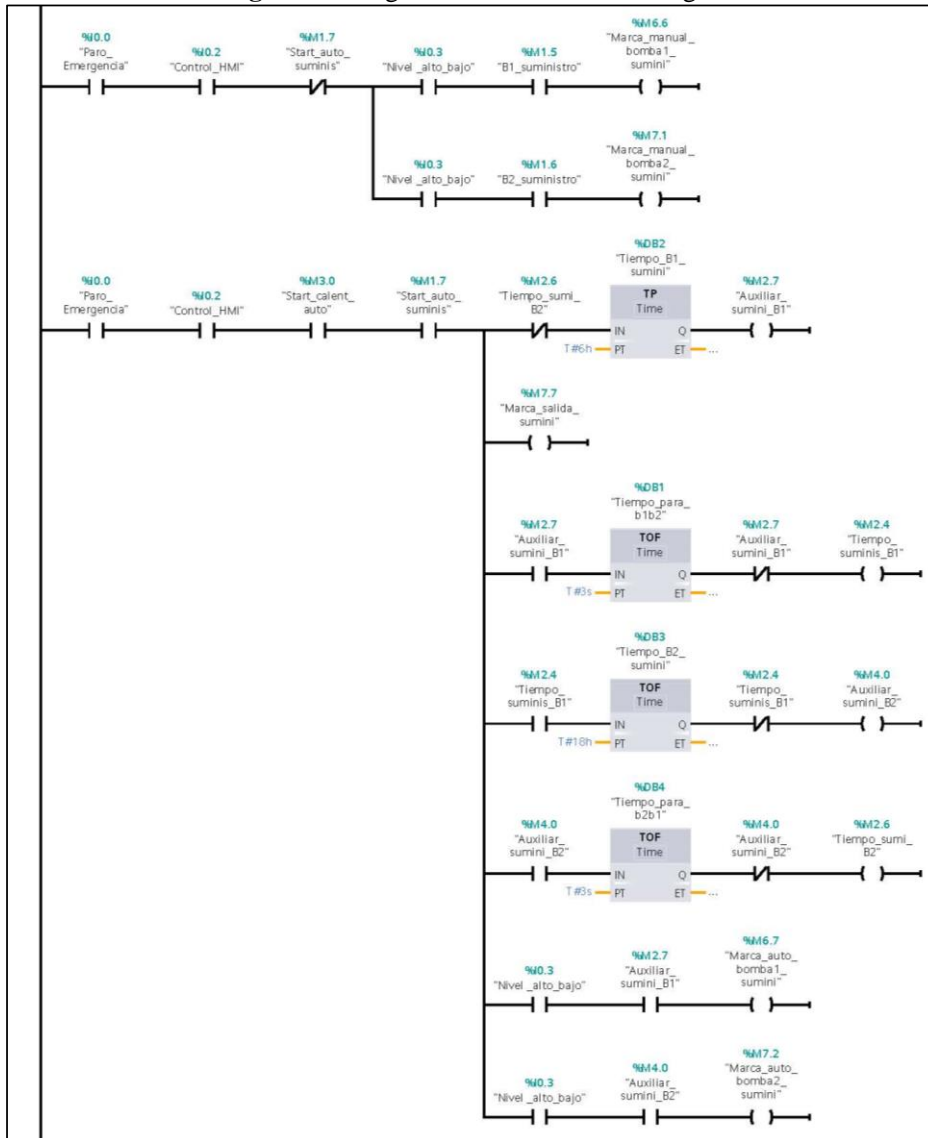
Elaborado por: Los Investigadores

11.15.2. Segmento 2: Suministro de agua

- ◆ Modo Manual.- El encendido o apagado de las bombas está controlado por el sensor de nivel de la caldera.
- ◆ Modo Automático.- Simplemente consta de un sistema de intervalo de tiempo en la funcionalidad de las bombas. La caldera consta de dos bombas para el suministro de la misma funcionaran alternadamente 11h 59min 56seg con un lapso de 4seg para la secuencia.

La figura 22 muestra el segmento 2 que corresponde a la programación del control del suministro de agua hacia el interior de la caldera.

Figura 22: Segmento 2: Suministro de agua



Elaborado por: Los Investigadores

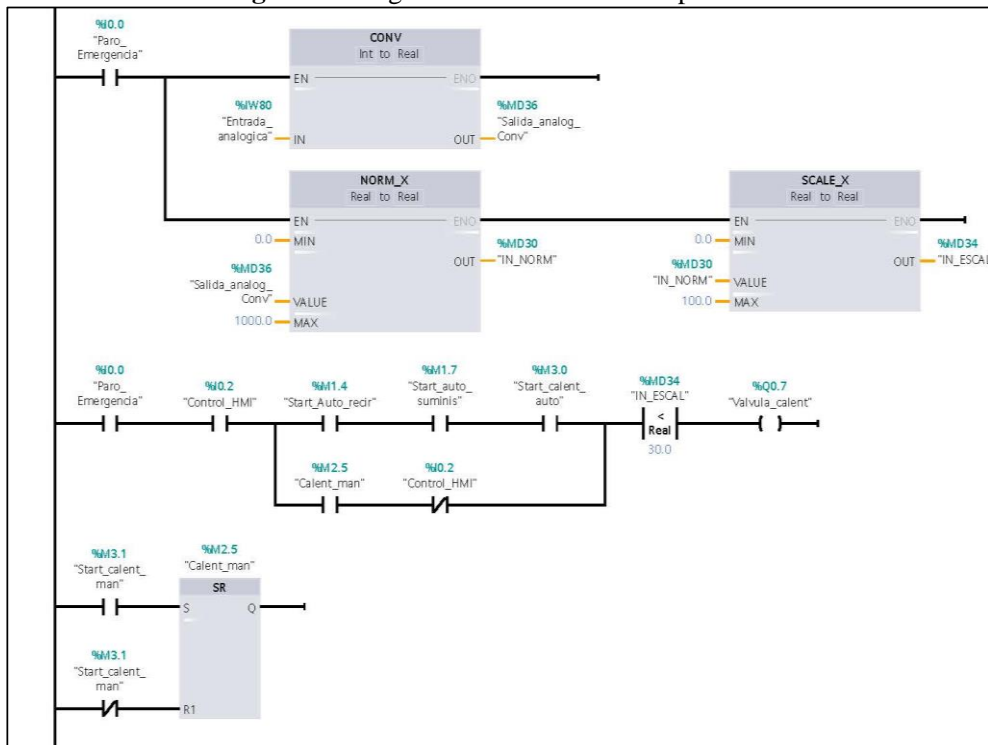
11.15.3. Segmento 3: Control de temperatura

- ◆ Se convierte la señal de entrada analógica de int a real, por consiguiente se utiliza la función normalizada para mapear la escala emitida por la pt100 y finalmente una escalar para definir el rango de medición en °C.

- ◆ Para controlar la temperatura se utiliza la función de comparación menor que el segundo el cual será el valor seteado.

La figura 23 muestra el segmento 3 que corresponde a la programación del control de temperatura de las piscinas.

Figura 23: Segmento 3: Control de temperatura



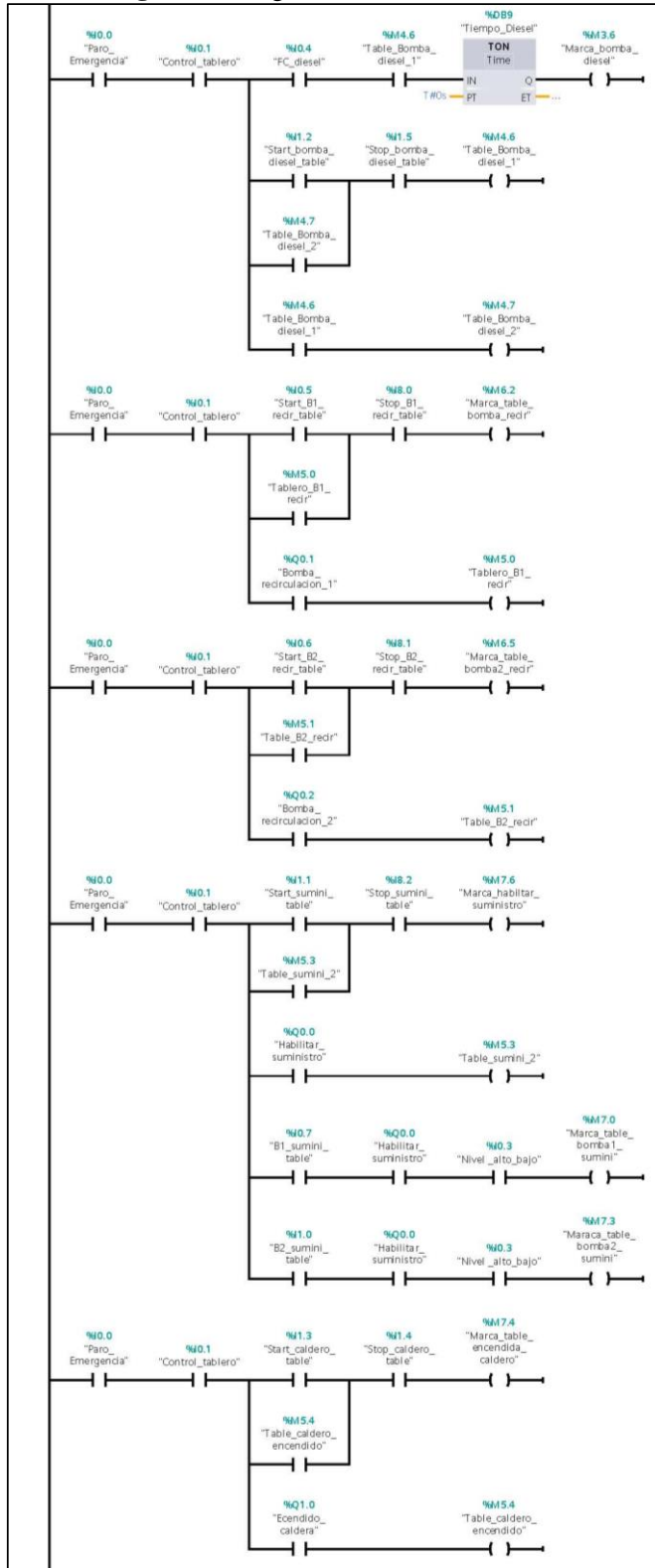
Elaborado por: Los Investigadores

11.15.4. Segmento 4: Control de proceso desde el tablero

- ◆ El tablero consta de pulsadores arranque y paro para la activación de las bombas tanto del suministro, recirculación y diésel.
- ◆ Cada pulsador se derivó a las entradas del PLC y su módulo de expansión. Se realizó mediante contactos y bobinas.
- ◆ Para los arranques se realizó con auto enclavamientos y paros un pulso de corte.

La figura 24 se muestra el segmento 4 que corresponde a la programación del control del proceso desde el tablero.

Figura 24: Segmento 4: Control tablero



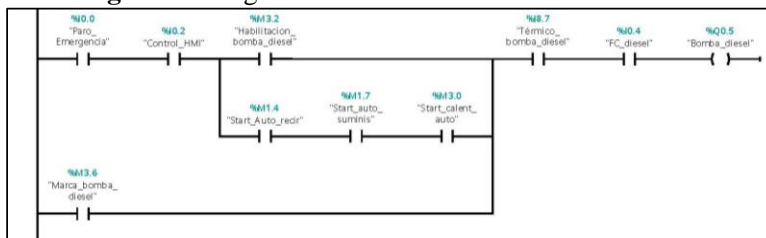
Elaborado por: Los Investigadores

11.15.5. Segmento 5: Control bomba de diésel

- ◆ Control de la bomba de diésel se realiza mediante marcas designadas a la HMI y entradas digitales.

La figura 25 muestra el segmento 5 que corresponde a la programación del control de la bomba de abastecimiento de diésel a partir de la pantalla HMI..

Figura 25: Segmento 5: Control bomba de diésel HMI



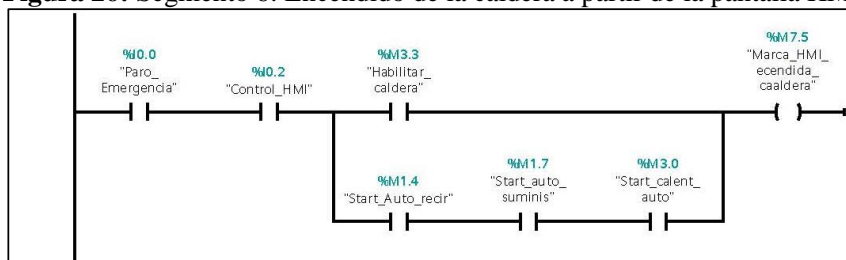
Elaborado por: Los Investigadores

11.15.6. Segmento 6: Encendido de la caldera HMI

- ◆ Control de la bomba de diésel se realiza mediante marcas designadas a la HMI y entradas digitales.

La figura 26 muestra el segmento 6 que corresponde a la programación del control de encendido de la caldera a partir de la pantalla HMI.

Figura 26: Segmento 6: Encendido de la caldera a partir de la pantalla HMI



Elaborado por: Los Investigadores

11.15.7. Segmento 7: Encendido duchas HMI

- ◆ Control encendido de duchas mediante marcas designadas a la HMI y entradas digitales.

La figura 27 se muestra el segmento 7 que corresponde a la programación del control de encendido de las duchas a partir de la pantalla HMI.

Figura 27: Segmento 7: Encendido duchas desde la pantalla HMI

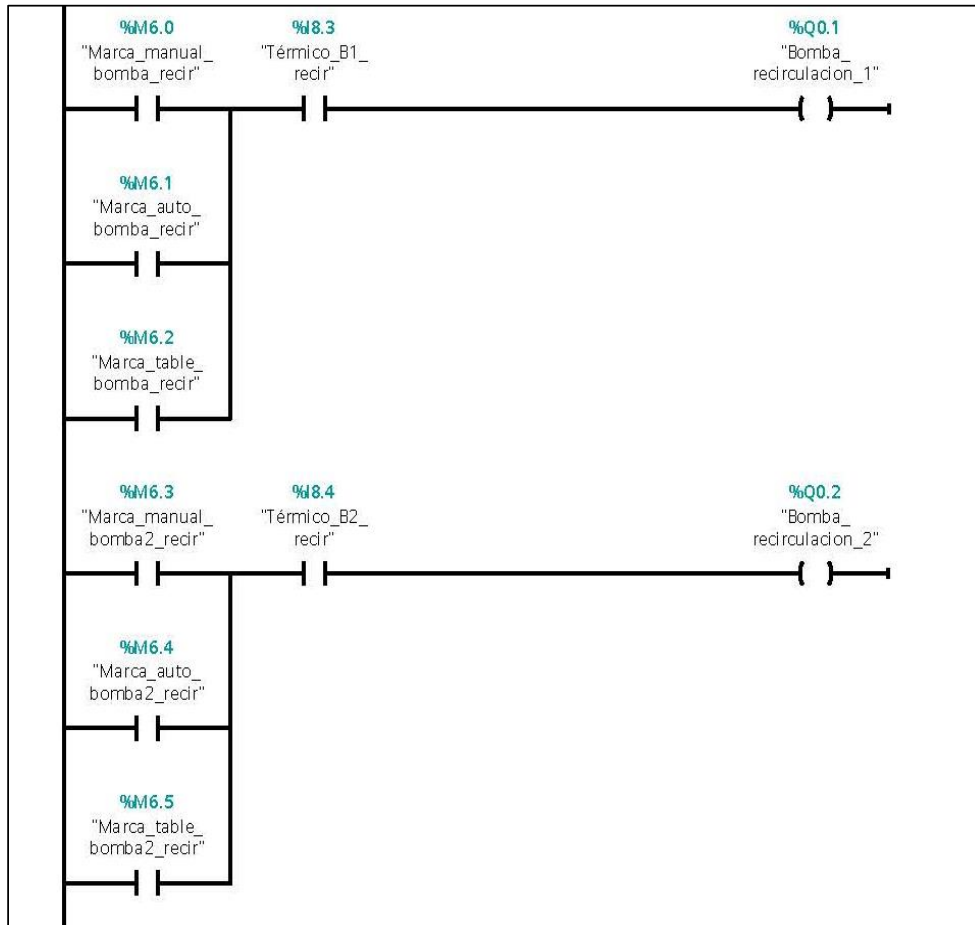


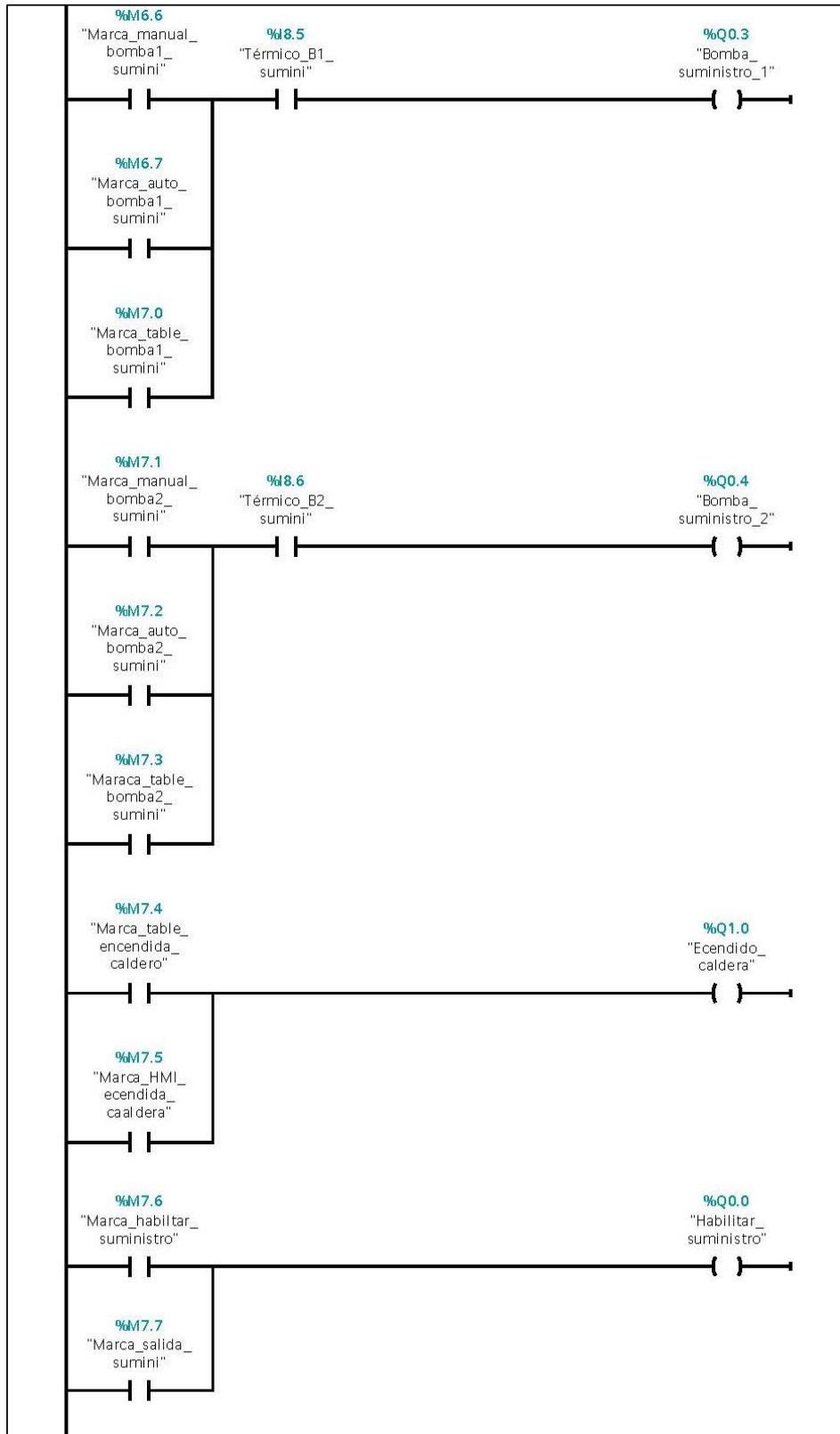
Elaborado por: Los Investigadores

11.15.8. Segmento 8: Designación de salidas

La figura 28 muestra el segmento 8 que corresponde a la programación del control de la visualización y activación de las salidas.

Figura 28: Segmento 8: Designación de salidas





Elaborado por: Los Investigadores

11.16. Montaje e instalación del proceso automático

Para realizar este montaje se toma en cuenta ciertos aspectos como verificar que los dispositivos S71200 estén alejadas de fuentes de calor, alta tensión e interferencias.

Se considera la implementación de canaleta corrugada y amarras para el cableado, con el fin de mantener una distribución idónea de los cables de control y fuerza.

El montaje e instalación del proceso de automatización se realiza de la siguiente manera:

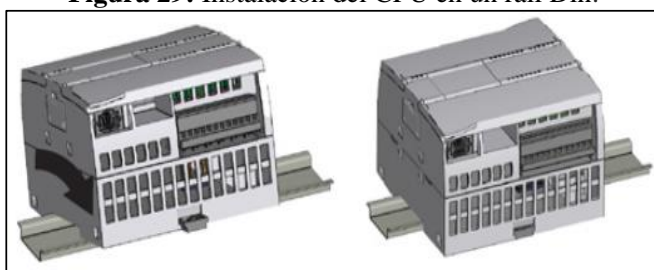
Las dimensiones de montaje y desmontajes se pueden visualizar en el (ANEXO: 10).

11.16.1. Procedimiento de la instalación de la Cpu en el raíl Din.

- a) Tomar precauciones de que el CPU y todo el equipamiento S7-1200 estén desconectados de la tensión eléctrica.
- b) Enganchar la CPU por el lado superior del perfil.
- c) Extraer el clip de fijación en el lado inferior de la CPU de manera que asome por encima del perfil.
- d) Girar la CPU hacia abajo para posicionarla correctamente en el perfil.
- e) Oprimir los clips hasta que la CPU encaje en el perfil.

La figura 29 muestra la forma de instalar el S7 1200 en el raíl din.

Figura 29: Instalación del CPU en un raíl Din.



Elaborado por: Los investigadores

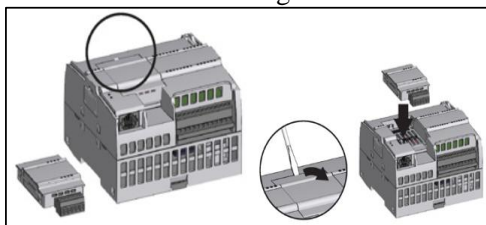
11.16.2. Procedimiento de montaje de la Signal Board RTD

Hay que asegurarse de que la CPU esté desconectados de la tensión eléctrica.

- a) Retirar las cubiertas de bloque de terminales superior e inferior de la CPU.
- b) Insertar un destornillador en la ranura arriba de la CPU en el lado posterior de la tapa.
- c) Suavemente levantar la tapa de la CPU.
- d) Colocar el módulo recto en su posición de montaje en el lado superior de la CPU.
- e) Presionar firmemente el módulo hasta que encaje en su posición.
- f) Por último colocar las tapas de los bloques de terminales.

La figura 30 muestra, la forma de conectar el módulo RTD

Figura 30: Instalación de la Signal Board rtd en la CPU.



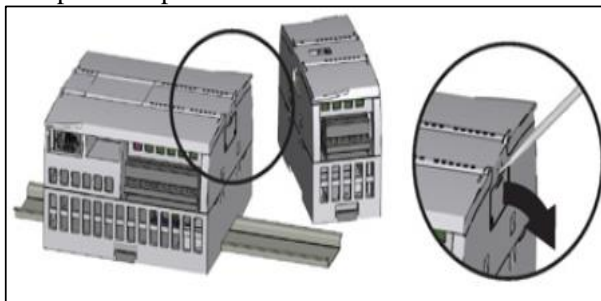
Elaborado por: Los investigadores

11.16.3. Procedimiento de montaje del módulo de entradas digitales

- a) Retirar la tapa del conector en el lado derecho de la CPU:
 - Con un destornillador se retiró el lado superior de la tapa.
- b) Es indispensable guardar la tapa para poder reutilizarla. Retirar las cubiertas de bloque de terminales superior e inferior de la CPU.

La figura 31 indica el lugar en el que se realiza con la conexión del módulo RTD en la CPU.

Figura 31: Preparación para la conexión del módulo de entradas digitales.



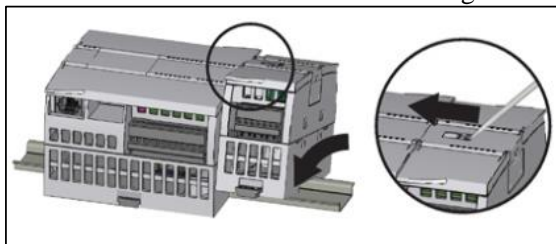
Elaborado por: Los investigadores

Conexión del módulo de entradas digitales a la CPU

- c) Colocar el módulo de entradas digitales junto a la CPU.
- d) Enganchar el módulo de entradas digitales por el lado superior del raíl DIN.
- e) Extraer el clip de fijación inferior para colocar el módulo de entradas digitales sobre el raíl DIN.
- f) Girar el módulo de entradas digitales hacia abajo hasta su posición junto a la CPU y se oprimió el clip de fijación inferior para enclavar el módulo de entradas digitales en el raíl DIN.

La figura 32 indica el método de realizar las conexiones entre el módulo de señales y la CPU.

Figura 32: Conexión del módulo de entradas digitales a la CPU.

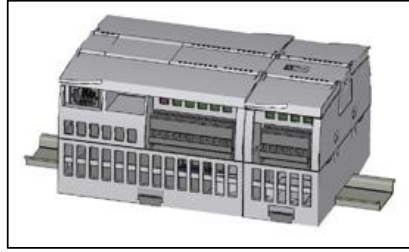


Elaborado por: Los investigadores

Al extender el conector de bus se crean las conexiones mecánicas y eléctricas para el módulo de entradas digitales.

- g) Colocando un destornillador junto a la lengüeta en el lado superior del módulo de entradas digitales y desplazando la lengüeta por completo hacia la izquierda se logra que se creen las conexiones mecánicas y eléctricas, como se puede observar en la figura 33.

Figura 33: Creación de conexiones mecánicas y eléctricas para el módulo DI



Elaborado por: Los investigadores

11.16.4. Procedimiento de montaje la pantalla Simatic KTP400B

Después de realizar el recorte del armario en donde va ir ubicada la pantalla, se debe procede a seguir los siguientes pasos. La disposición de los conductores de montaje de la pantalla táctil se puede visualizar en el Anexo 10. Plano del circuito de control

- a) Colocar la pantalla por delante en el recorte de montaje. Inmediatamente introducir el panel en la cavidad del armario
- b) Se procedió a enroscar un prisionero unas pocas vueltas en el orificio roscado del tensionador.
- c) Colocar los tensionadores con el fin de mantener una buena sujeción

La figura 34 muestra la instalación del PLC y módulos en el tablero de control del proceso de calefacción de las piscinas de Pacific Garden.

Figura 34: Instalación del PLC.



Elaborado por: Los investigadores

11.16.5. Conexiones Eléctricas.

Se realiza las conexiones eléctricas de los elementos de control a implementarse. Es importante ajustar correctamente los cables a cada elemento. Resulta difícil encontrar averías por cables flojos, en el momento que todos los cables están conectados. La disposición de los conductores de montaje del circuito de control se puede visualizar en el Anexo 10. Plano del circuito de control. La figura 35 muestra el proceso de conexionado eléctrico.

Figura 35: Conexiones eléctricas



Elaborado por: Los investigadores

Se considera la implementación de canaleta corrugada y amarras para el cableado, con el fin de mantener una distribución idónea de los cables de control y fuerza.

El montaje e instalación del proceso de automatización se realiza de la siguiente manera:

11.16.6. Montaje electroválvula.

Es importante conectar la electroválvula cerca de un filtro, a fin de evitar el paso de partículas residuales al interior de la misma.

La limpieza periódica del filtro es ideal para asegurar un mayor tiempo de vida.

Para ajustar la electroválvula usar 2 llaves de tubo, aplicando solo el torque necesario para forzar al material

Es importante mencionar que se planificó realizar una conexión doble de tubería de la línea de vapor por donde está ubicada la electroválvula. La conexión doble permite usar la función manual del proceso de calefacción; con el fin de realizar cambios o mantenimiento de la electroválvula. La ubicación de la electroválvula se puede visualizar en el Anexo 10. Diagrama de vapor.

La figura 36 muestra el armado de la electroválvula.

Figura 36: Armado de la electroválvula.



Elaborado por: Los investigadores

11.16.7. Implantación de la programación en el PLC.

Se realiza la transferencia de la información de la programación desde la computadora hacia el PLC utilizando un cable Ethernet.

En la figura 37 se observa la transferencia de archivos de programación al PLC

Figura 37: Transferencia de la programación hacia el PLC.



Elaborado por: Los investigadores

11.17. Pruebas de funcionamiento del sistema automático

Al finalizar la instalación y programación de todos los elementos requeridos para la automatización del proceso de calentamiento de la piscina de Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda.

Es imprescindible aplicar un protocolo de pruebas con el fin verificar que todo el sistema funcione perfectamente sin presentar fallas; entonces el protocolo aplicado fue el siguiente.

11.17.1. Verificación de puestas a tierra de los elementos de control.

Verificar minuciosamente si cada uno de los dispositivos implementados, tienen su correcta conexión a tierra.

Este procedimiento se realiza con el fin proteger a los equipos de posibles sobrecargas que podrían averiarlos.

11.17.2. Ajuste de tornillos

Es importante revisar todos los tornillos que sujetan las conexiones, tanto del sistema de fuerza como de control, con el fin de evitar fallas por cable suelto, o fallas por sulfatación en conexiones, lo que provocaría caída de voltaje, en consecuencia pérdidas de energía.

11.17.3. Verificación del circuito de seguridad. Fusibles y relés térmicos

La verificación de los elementos encargados de la protección de los equipos es primordial. Se debe a verificar todos los fusibles del sistema, así mismo las protecciones térmicas de los motores.

Es importante recomendar que se debe poseer fusibles de repuestos, para el cambio de los mismo en el caso de se produzca fallas eléctricas; de esta manera se evita los paros de procesos de funcionamiento.

11.17.4. Prueba del circuito de potencia

Las pruebas realizadas en el circuito de fuerza fueron exitosas, obteniéndose el correcto encendido de la bomba de combustible, bombas de alimentación de agua a la caldera, bombas de recirculación.

11.17.5. Prueba del circuito de control

Las pruebas que se realizan en el esquema de control tienen éxito, y estas se realizan cambiando los tiempos de operación de las bombas y válvulas a ser controladas.

De esta manera se pudo verificar el control ON/OFF de la válvula solenoide, al recibir señales de diferentes temperaturas del agua de la piscina.

Además se verifica las el mando automático del proceso de automatización. En la figura 38 se puede observar las pantallas del panel HMI.

Figura 38: Pantalla de usuario en el panel HMI



Elaborado por: Los investigadores

11.17.6. Puesta en marcha

El nuevo sistema implementado inicio operaciones el 29 de Junio del 2016, manteniéndose hasta el momento sin ninguna anomalía.

11.18. Análisis comparativo del proceso calefacción.

Con la implementación del sistema se reduce las horas de trabajo y el consumo de combustible; entonces se reduce los gastos tanto de energía eléctrica como de diésel. La tabla 25 describe los valores de las facturas correspondientes al mes de julio del 2016, referente al consumo de energía eléctrica, combustible y operario del proceso de calefacción.

Tabla 24: Valores de las facturas julio 2016, y proyección anual

Cuarto de Máquinas		
Detalle	Factura Mensual después de la implementación	Proyección Anual
Energía eléctrica	195,18 USD	2342.16 USD
Diésel	810,67 USD	9728.04 USD
Operario	0	0
Costo total	1090.36 USD	12070.20 USD

Elaborado por: Los investigadores

Se puede deducir que gracias a la implementación que se disminuye el 7% de los costos de consumo.

La tabla 26 muestra una comparativa de costos del proceso de calefacción.

Tabla 25: Comparativa de costos sin implementación y con implementación

Detalle	Sin la implementación	Con la implementación	Sin la implementación	Con la implementación	Costo Total en 2 años sin la implementación	Costo Total en 2 años con la implementación
	Primer Año	Primer Año	Segundo Año	Segundo Año		
Inversión		3241,82 UDS		0		
Costo Trabajador	1040 USD	0	1144 USD			
Consumo de Combustible	10258.80 USD	9728.04 USD	11284.68 USD	10700.84 USD		
Consumo de energía eléctrica.	2525.88 USD	2342.16 USD	2778.46 USD	2576.37 USD		
	13824.68 USD	15312.02 USD	15207 USD	13277.21 USD	29031.68 USD	28589.23 USD

Elaborado por: Los investigadores

Esta tabla nos demuestra que la implementación de un sistema de automatización para la caldera de las instalaciones de Pacific Garden Soldelop Cía. Ltda. es viable ya que al segundo año se puede observar ahorro de recursos económicos; hay que recalcar que el ahorro más significativo, es el costo del operario; ya que los días que se enciende el caldero, el operario lo

hace desde las 10pm y las 2 de la madrugada. Este costo de operación de la caldera se suprime totalmente gracias a la automatización del proceso; ya que desde la pantalla HMI se puede programar encendidos de todo el sistema.

Así mismo la implementación permite un control exacto de la temperatura de las piscinas; esto provee a los propietarios la tranquilidad de ofrecer un servicio de confort en las piscinas de la quinta recreacional.

Es importante mencionar el trabajo de investigación ha logrado plasmarse en las líneas de investigación de automatización al controlar automáticamente la temperatura y eficiencia energética, ya que existe un ahorro económico

Con los datos de la tabla 26 se puede calcular el ahorro energético en 1 año con la implementación del proceso automático. La tabla 27 describe la proyección de ahorro anual después de implementación.

Tabla 26: Proyección de ahorro anual después de la implementación

Cuarto de Máquinas		
Detalle	Ahorro anual	Porcentaje
Energía eléctrica	183.72 USD	31%
Diésel	530.76 USD	10%
Operario	1040.00 USD	59%
Costo total	1090.36 USD	100%

Elaborado por: Los investigadores

12. IMPACTOS

12.1. Impacto económico.- Mediante los datos obtenidos en el consumo en energía, durante un mes antes de la automatización según la planilla de energía eléctrica es de 1859 KW/H de 07h00-22h00 con un pago de 163,59 USD y 670 KWH de 22h00-07h00 con un valor a cancelar de 46,9\$ se cancela un total de 210.49 USD. Mientras tanto que un mes después de la automatización se obtiene una disminución en las tarifas obteniendo los siguientes valores

1673 KW/H de 07h00-22h00 con un pago de 147,21 USD y 603 KWH de 22h00-07h00 con un valor a cancelar de 47.97 USD, con un gasto total de 195.18 USD en el consumo mensual.

Con respecto al diésel el consumo es de 830 Galones a 1,03 USD por galón de diésel con un pago de 854.90 USD mensual antes de la automatización, mientras que después de la automatización hay un consumo de 787.05 Gal con un gasto de 810.67 USD.

Así mismo antes de la automatización se necesitaba 86.66 USD mensual, por concepto del operación del proceso de calefacción; por consiguiente con el sistema implementado; ya no es necesario este costo, pues el proceso es automático y se puede programar el encendido del proceso desde la pantalla HMI. Según la tabla 27 puede observar el porcentaje de ahorro después de 1 año de la instalación del proceso.

13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

La tabla 28 muestra los precios de los elementos S7 1200 a implementar.

Tabla 27: Presupuesto del proyecto: Elementos S7 1200

ELEMENTOS S7 1200 Y PANTALLA HMI				
Ítem	Artículo	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	CPU 1214C D/CDC/DC 6ES7214-1AG40-OXBO Simatic S7-1200	1	565,00 USD	565,00 USD
2	Fuente de poder S7307-1EA00-0AA0 PS307 5A	1	290,00 USD	290,00 USD
3	KTP400B Basic panel color 4". 6AV2123-2DB03-0AX0	1	604,00 USD	604,00 USD
4	Signal Board RTD 1231 6ES72315PA300XB0	1	150,00 USD	150,00 USD
5	Módulo de entradas 8DI 24VDC S71200 6ES7221-1BF30-0XB0	1	290,00 USD	290,00 USD
Sub Total				1.899,00 USD
IVA 14%				265,86 USD
Total				2.164,86 USD

Elaborado por: Los investigadores

La tabla 29 muestra los precios del grupo sensor actuador, y elementos varios como por ejemplo cable, amarras, tape, pulsadores, selectores etc.

Tabla 28: Elementos varios

ELEMENTOS VARIOS				
Ítem	Artículo	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Sensor PT100	1	50,00 USD	50,00 USD
2	Válvula solenoide de 1 Pulg	1	350,00 USD	350,00 USD
3	Varios	1	400,00 USD	400,00 USD
			Sub Total	800,00 USD
			IVA 14%	112,00 USD
			Total	912,00 USD

Elaborado por: Los investigadores

La tabla 30 muestra los gastos de oficina.

Tabla 29: Equipos de oficina

EQUIPOS DE OFICINA				
Ítem	Artículo	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Internet	80	0,60 USD	48,00 USD
2	Resma de papel	1	4,20 USD	4,20 USD
3	Impresiones b/n	250	0,05 USD	12,50 USD
4	Impresiones a color	100	0,15 USD	15,00 USD
			Sub Total	79,70 USD
			IVA 14%	11,16 USD
			Total	90,86 USD

Elaborado por: Los investigadores

La tabla 31 muestra los gastos de transporte y alimentación

Tabla 30: Elementos varios

OTROS GASTOS				
Ítem	Artículo	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Alimentación	1	35,00 USD	35,00 USD
2	Transporte	1	30,00 USD	30,00 USD
			Sub Total	65,00 USD
			IVA 14%	9,10 USD
			Total	74,10 USD

Elaborado por: Los investigadores

La tabla 32 muestra los gastos de transporte y alimentación

Tabla 31: Presupuesto total

PRESUPUESTO TOTAL	
Detalle	Subtotal
Elementos S7 1200 y Simatic HMI	2.164,86 USD
Elementos Varios	912,00 USD
Equipos de Oficina	90,86 USD
Otros Gastos	74,10 USD
Total	3.241,82 USD

Elaborado por: Los investigadores

Del presupuesto de inversión para la implementación los investigadores asumen el 50%; el restante 50% los asume Pacific Garden.

14. CONCLUSIONES

La implementación del proceso automático de calefacción, logra mantener la temperatura constante en las piscinas a 30 °C, siendo esta variable de fácil manipulación mediante la pantalla táctil.

La visualización, control, manipulación, y modificación proceso de calefacción desde la pantalla HMI permite obtener un monitoreo total del proceso.

La proyección anual estimada después de la implementación del proceso, obtiene un ahorro de 1754.48 USD, de este valor 31% se refiere al ahorro combustible, 10% del ahorro de energía eléctrica, y 59% de ahorro en el costo de operario del proceso. Es importante puntualizar que estos valores son calculados, no son medidos.

El sistema automático posee comando manual y automático, facilitando la operación del sistema; de esta forma los operadores que no posean entrenamiento en el uso del sistema automático, podrían operar el sistema manualmente desde el tablero del cuarto de máquinas.

15. RECOMENDACIONES

Es imprescindible no descuidar el monitoreo del sistema por parte de los operadores, ya que los sistemas que poseen recipientes a presión con altas temperaturas requieren revisiones periódicas de todas las variables que intervienen en el funcionamiento del caldera, ya que los accidente en recipientes a presión pueden provocar pérdidas humanas. Además se debe realizar mantenimientos programados de las trampas de vapor con el fin de evitar retornos de vapor por las tuberías de condensado.

Se debe realizar periódicamente el proceso de purga en el manífull de vapor, con el fin de evitar la acumulación de condensado. Así mismo es imprescindible purgar la columna de agua del sensor de nivel de agua de la caldera, con el fin de evitar posibles acumulaciones de residuos, que provocarían lecturas erróneas de nivel de agua.

Para conseguir una mejora en la eficiencia de transferencia de calor del intercambiador se recomienda cubrir los ventanales del cuarto de máquinas, así mismo es necesaria la implantación de recubrimiento térmico tanto en el intercambiador de calor como en el manífull de vapor; con el fin de evitar la pérdida de calor por la interacción del aire frío con las tuberías.

Se recomienda la implantación de electroválvulas en las entradas y salidas del filtro general agua, con el fin de automatizar el proceso de aspiración de la piscina y limpieza del filtro; de esta manera el sistema sería completamente automático.

16. BIBLIOGRAFIA

Abad, V. (2002). *Diseño y construcción de un control para calderos*. Obtenido de EPN DIGITAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11504>

Alvaro, A. (2016). *Rehabilitación y automatización del caldero Columbia CT-6 de la planta piloto de Ingeniería Química y Agroindustrial*. Obtenido de EPN DIGITAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15172>

- Arian. (2016). *Control y automatización*. Recuperado el 02 de 07 de 2016, de <http://www.arian.cl>: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- Asco. (2016). *Catalogo Asco express*. Recuperado el 04 de 07 de 2016, de Emerson Industrial Automation: <http://www.asco.com/ASCO%20Asset%20Library/asco-express-guide-mex.pdf>
- Asme. (2010). *Codigo ASME 2010 para calderas y recipientes a presión*. Recuperado el 01 de 07 de 2016, de American Society of Mechanical Engineers: www.scribd.com
- Balseca Y Duque. (2010). *Diseño e implementación de un sistema Scada para la administración y control de los calderos de aceite térmico de la empresa Pinturas Cóndor S.A.* Obtenido de EPN DIGITAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2229>
- Bonilla, G. (2016). *Componentes de una caldera*. Recuperado el 01 de 07 de 2016, de SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/314508263/Partes-de-Una-Caldera-Pirotubular#download>
- Cachiguango, M. y. (2013). *Implementación y automatización de un sistema de control de alarmas en el caldero principal de la empresa. Grupo Superior ubicada en la parroquia de Guayllabamba*. Obtenido de EPN DIGITAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6367>
- Electrocables. (2016). *Características generales de los conductores eléctricos*. Recuperado el 01 de 07 de 2016, de Disensa Ecuador: http://disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf
- Fenercom. (2013). *Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid*. Recuperado el 01 de 07 de 2016, de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf>

- Guemisa. (2016). *Sensores de temperatura*. Recuperado el 01 de 07 de 2016, de Productos Guemisa: <http://www.guemisa.com/hrtemp/docus/sondas.pdf>
- Kohan, A. (2000). *Manual de Calderas. Principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas*. Recuperado el 30 de 06 de 2016, de www.mcgraw-hill.es
- Lascano, M. y. (2012). *Diseño y construcción de un módulo de automatización con pantalla táctil, aplicado al control de temperatura*. Recuperado el 02 de 07 de 2016, de Repositorio Digital ESPOCH: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3066/1/25T00200.pdf>
- Rivera, F. (2006). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de vapor para la planta ferrero del ecuador utilizando PLC*. Obtenido de EPN DIGITAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/325>
- Scribd. (2010). *Curso completo de calderas a vapor*. Recuperado el 01 de 07 de 2016, de SCRIBD.
- Scribd. (30 de 06 de 2016). *Calderas. Difusión de nuevas prácticas y nuevas tecnologías en calderas*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/27236735/Curso-Completo-de-Calderas>
- SCRIBD. (30 de 06 de 2016). *Manuales y diagramas*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/235602240/Operacion-de-Calderas-Manualesydiagramas-blogspot-com>
- Siemens. (2004). *Sistemas de automatización. Datos de los módulos*. Obtenido de www.siemens.com.
- Siemens. (2009). *Simatic S7 Controlador Lógico Programable*. Recuperado el 03 de 07 de 2016, de Siemens España:

<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Siemens. (2014). *Paneles de operador basic panels 2nd generation*. Recuperado el 01 de 07 de 2016, de Siemens: www.siemens.com

Siemens. (01 de 2015). Controlador programable S7-1200. Manual de sistema. NÜRNBERG, ALEMANIA.

Trujillo, F. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura generada por un caldero a diesel en el complejo turístico El Molino*. Obtenido de EPN DIGITAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7311>

Vargas, D. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de control de combustión y monitoreo de gases generados en el caldero 3 del IESS hospital de Ambato*. Obtenido de EPN DIGITAL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7167>

17. ANEXOS

ANEXO 1: Comparativa entre modelos de CPU S7 1200

Función		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75		110 x 100 x 75	130 x 100 x 75	150 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	50 KB	75 KB	100 KB	125 KB	150 KB
	Carga	1 MB		4 MB		
	Remane	10 KB				
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas	8 entradas/6 salidas	14 entradas/10 salidas		
	Analogí	2 entradas			2 entradas/2 salidas	
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas	1024 bytes				
	Salidas (Q)	1024 bytes				
Área de marcas (M)		4096 bytes		8192 bytes		
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2	8		
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1				
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3				
Contadores rápidos	Total	Se han configurado un máximo de 6 para usar cualquier entrada integrada o de SB.				
	1 MHz	-				De Ib.2 a Ib.5
	100/180 kHz	De Ia.0 a Ia.5				
	30/120	--	De Ia.6 a Ia.7	De Ia.6 a Ib.5	De Ia.6 a Ib.1	
200						
Salidas de impulso ²	Total	Se han configurado un máximo de 4 para usar cualquier salida integrada o de SB				
	1 MHz	--				De Qa.0 a Qa.3
	100 kHz	De Qa.0 a Qa.3				De Qa.4 a Qb.1
	20 kHz	--	De Qa.4 a Qa.5	De Qa.4 a Qb.	--	
Memory Card		SIMATIC Memory Card (opcional)				
Tiempo de respaldo del reloj de		20 días típ./12 días mín. a 40 °C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)				
Puerto de comunicación Ethernet PROFINET		1			2	
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales		2,3 µs/instrucción				
Velocidad de ejecución		0,08 µs/instrucción				

¹ La velocidad más lenta se aplica cuando el HSC está configurado para para el modo de operación en cuadratura.

² Para modelos de CPU con salidas de relé, se debe instalar una Signal Board (SB) digital para emplear las salidas de impulsos.

³ Se dispone de hasta 200 kHz con la SB 1221 DI x 24 VDC 200 kHz y la SB 1221 DI 4 x 5 VDC 200 kHz.

Los diferentes modelos de CPU ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones

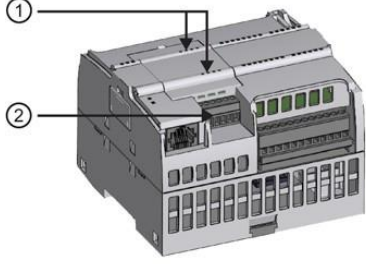
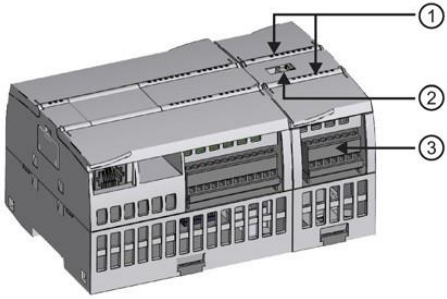
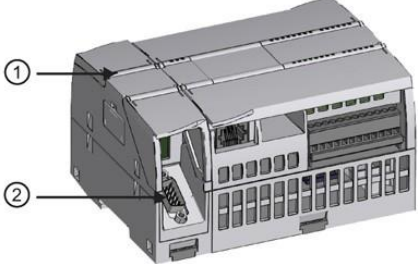
ANEXO 2: Asignación de pines de conectores para CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7 214-1AG40-0XB0).

Pin	X10	X11 (oro)	X12
1	L+ / 24 V DC	2 M	3L+
2	M / 24 V DC	AI 0	3M
3	Tierra funcional	AI 1	DQ a.0
4	Salida sensor L+ / 24 V DC	--	DQ a.1
5	Salida sensor M / 24 V DC	--	DQ a.2
6	1M	--	DQ a.3
7	DI a.0	--	DQ a.4
8	DI a.1	--	DQ a.5
9	DI a.2	--	DQ a.6
10	DI a.3	--	DQ a.7
11	DI a.4	--	DQ b.0
12	DI a.5	--	DQ b.1
13	DI a.6	--	--
14	DI a.7	--	-
15	DI b.0	--	--
16	DI b.1	--	--
17	DI b.2	--	--
18	DI b.3	--	--
19	DI b.4	--	--
20	DI b.5	--	--

Nota

Las entradas analógicas que no se utilicen deben cortocircuitarse.

ANEXO 3: Módulos de ampliación S7-1200.

Tipo de módulo	Descripción
<p>La CPU soporta una placa de ampliación tipo plug-in:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una Signal Board (SB) proporciona E/S adicionales a la CPU. La SB se conecta en la parte frontal de la CPU. • Una placa de comunicación (CB) permite agregar un puerto de comunicación adicional a la CPU. • Una placa de batería (BB) ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo real. 	 <p>① LEDs de estado en la SB</p> <p>② Conector extraíble para el cableado de usuario</p>
<p>Los módulos de señales (SM) agregan funciones a la CPU. Los SM se conectan en el lado derecho de la CPU.</p> <ul style="list-style-type: none"> • E/S digitales • E/S analógicas • RTD y termopar • Maestro SM 1278 IO-Link 	 <p>① LEDs de estado</p> <p>② Lengüeta de desplazamiento del conector de bus</p> <p>③ Conector extraíble para el cableado de usuario</p>
<p>Los módulos de comunicación (CM) y los procesadores de comunicaciones (CP) agregan opciones de comunicación a la CPU, p. ej. para la conectividad de PROFIBUS o RS232/RS485 (para PtP, Modbus o USS) o el maestro AS-i. Un CP ofrece funcionalidades para otros tipos de comunicación, como conectar la CPU a través de una red GPRS, IEC, DNP3, o WDC.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La CPU soporta hasta tres CMs o CPs • Cada CM o CP se conecta en el lado izquierdo de la CPU (o en el lado izquierdo de otro CM o CP) 	 <p>① LEDs de estado</p> <p>② Conector de comunicación</p>

ANEXO 4: Asignación de pines SM 1221 8DI.

Tabla A- 110 Asignación de pines de conectores para SM 1221 DI 8 x 24 VDC (6ES7 221-1BF32-0XB0)

Pin	X10	X11
1	Tierra funcional	Sin conexión
2	Sin conexión	Sin conexión
3	1M	2M
4	DI a.0	DI a.4
5	DI a.1	DI a.5
6	DI a.2	DI a.6
7	DI a.3	DI a.7

ANEXO 5: Asignación de pines de conectores para SB 1231 RTD 6ES72315PA300XB0

Tabla A- 234 Asignación de pines de conectores para SB 1231 AI 1 x 16 bits RTD (6ES7 231-5PA30-0XB0)

Pin	X19 (oro)
1	Sin conexión
2	Sin conexión
3	AI 0 M+/RTD
4	AI 0 M-/RTD
5	AI 0 I+/RTD
6	AI 0 I-/RTD

ANEXO 6: Asignación para selección para la SB 1231 RTD

Tabla A- 235 Rangos y precisión de los diferentes sensores soportados por los módulos RTD

Coefficiente de temperatura	Tipo de RTD	Rango de saturación mínimo ¹	Rango nominal límite inferior	Rango nominal límite superior	Rango de saturación máximo ²	Precisión de rango normal a 25 °C	Precisión de rango normal entre -20 °C y 60 °C
Pt 0,003850 ITS90 DIN EN 60751	Pt 100 climatiz.	-145,00 °C	-120,00 °C	-145,00 °C	-155,00 °C	±0,20 °C	±0,40 °C
	Pt 10	-243,0 °C	-200,0 °C	850,0 °C	1000,0 °C	±1,0 °C	±2,0 °C
	Pt 50	-243,0 °C	-200,0 °C	850,0 °C	1000,0 °C	±0,5 °C	±1,0 °C
	Pt 100						
	Pt 200						
	Pt 500						
Pt 0,003902 Pt 0,003916 Pt 0,003920	Pt 100	-243,0 °C	-200,0 °C	850,0 °C	1000,0 °C	±0,5 °C	±1,0 °C
	Pt 200						
	Pt 500						
	Pt 1000						
Pt 0,003910	Pt 10	-273,2 °C	-240,0 °C	1100,0 °C	1295 °C	±1,0 °C	±2,0 °C
	Pt 50	-273,2 °C	-240,0 °C	1100,0 °C	1295 °C	±0,8 °C	±1,6 °C
	Pt 100						
	Pt 500						
Ni 0,006720 Ni 0,006180	Ni 100	-105,0 °C	-60,0 °C	250,0 °C	295,0 °C	±0,5 °C	±1,0 °C
	Ni 120						
	Ni 200						
	Ni 500						
	Ni 1000						
LG-Ni 0,005000	LG-Ni 1000	-105,0 °C	-60,0 °C	250,0 °C	295,0 °C	±0,5 °C	±1,0 °C
Ni 0,006170	Ni 100	-105,0 °C	-60,0 °C	180,0 °C	212,4 °C	±0,5 °C	±1,0 °C
Cu 0,004270	Cu 10	-240,0 °C	-200,0 °C	260,0 °C	312,0 °C	±1,0 °C	±2,0 °C
Cu 0,004260	Cu 10	-60,0 °C	-50,0 °C	200,0 °C	240,0 °C	±1,0 °C	±2,0 °C
	Cu 50	-60,0 °C	-50,0 °C	200,0 °C	240,0 °C	±0,6 °C	±1,2 °C
	Cu 100						
Cu 0,004280	Cu 10	-240,0 °C	-200,0 °C	200,0 °C	240,0 °C	±1,0 °C	±2,0 °C
	Cu 50	-240,0 °C	-200,0 °C	200,0 °C	240,0 °C	±0,7 °C	±1,4 °C
	Cu 100						

¹ Los valores de RTD inferiores al valor del rango de saturación mínimo se notifican como -32768.

² Los valores de RTD superiores al valor del rango de saturación máximo se notifican como +32768.

ANEXO 7: Datos técnicos de la fuente PS 307; 5A 6ES73071EA000AA0

Datos técnicos de PS 307; 5 A (6ES7307-1EA00-0AA0)

Dimensiones, peso		Magnitudes características	
Dimensiones A x A x P (en mm)	80 x 125 x 120	Clase de protección según CEI 536 (DIN VDE 0106, parte 1)	I, con conductor de protección
Peso	aprox. 740 g	Dimensionamiento del aislamiento	250 V c.a.
Magnitudes de entrada		• tensión nominal de aislamiento (24 V resp. L1)	
Tensión de entrada		• ensayado con	2.800 V c.c.
• valor nominal	120 V/230 V c.a.	Separación eléctrica segura	circuito SELV
Frecuencia de red		Compensación de cortes de red (para 93 V ó 187 V)	mín. 20 ms
• valor nominal	50 Hz ó 60 Hz	• tasa de repetición	mín. 1 s
• margen admisible	de 47 Hz a 63 Hz	Rendimiento	87 %
Intensidad de entrada, valor nominal	2 A	Potencia absorbida	138 W
• a 120 V	1 A	Disipación	típ. 18 W
• a 230 V			
Intensidad al conectar (a 25 °C)	45 A	Diagnóstico	
I^2t (con pico de intensidad al conectar)	1,2 A ² s	Indicador "Tensión de salida aplicada"	sí, LED verde
Magnitudes de salida			
Tensión de salida			
• valor nominal	24 V c.c.		
• margen admisible	24 V ± 5 %, soporta funcionamiento en vacío		
• tiempo de subida	máx. 2,5 s		
Intensidad de salida			
• valor nominal	5 A no conectable en paralelo		
Protección contra cortocircuitos	electrónica, no precisa rearme de 1,1 a 1,3 x I _N		
Rizado residual	máx. 150 mV _{pp}		

ANEXO 8: Datos técnicos de la Simatic HMI KTP400B

hoja de datos del producto

6AV2123-2DB03-0AX0



SIMATIC HMI, KTP400 BASIC, BASIC PANEL,
MANDO POR TECLAS/TACTIL,
PANTALLA TFT 4", 65536 COLORES,
INTERFAZ PROFINET,
CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/ STEP7
BASIC V13,
CONTIENE SW OPEN SOURCE QUE SE CEDE
GRATUITAMENTE VER EN EL CD ADJUNTO

Display	
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de pantalla	4,3 in
Achura del display	95 mm
Altura del display	53,9 mm
Nº de colores	65536
Resolución (píxeles)	
Resolución de imagen horizontal	480
Resolución de imagen vertical	272
Retroiluminación	
MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	20000 h
Retroiluminación variable	Sí
Elementos de mando	
Teclado	
Nº de teclas de función	4
Teclas con LED	No
Teclas del sistema	No
Teclado numérico/alfanumérico	
Teclado numérico	Sí ; Teclado en pantalla

Teclado alfanumérico	Sí ; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
Como pantalla táctil	Sí
Diseño/montaje	
Montaje vertical (formato retrato) posible	Sí
Montaje horizontal (formato apaisado) posible	Sí
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	24 V DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	125 mA
Intensidad transitoria de cierre A ² s	0,2 A ² s
Potencia	
Consumo, típ.	3 W
Procesador	
Tipo de procesador	
X86	No
ARM	Sí
Memoria	
Flash	Sí
RAM	Sí
Memoria de usuario	10 Mbyte
Tipo de salida	
Acústica	
Zumbador	Sí
Altavoz	No
Hora	
Reloj	
Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
Reloj por software	Sí
Respaldado	Sí
Sincronizable	Sí
Interfaces	
N.º de interfaces RS 485	0
N.º de interfaces USB	1 ; hasta máx. 16 GB
Número de slot para tarjetas SD	0

ANEXO 9: Datos técnicos para la selección de electroválvula solenoide para vapor ASCO

Diámetro de conexión (in)	Orificio interno (in)	CV Factor de Flujo	Presión de operación diferencial (PSD)			Máxima temperatura del fluido (°F) (°C)		Modelo	Material del cuerpo	Material de sellos e interiores	Voltaje de la bobina	Potencia eléctrica (W)	Aprobaciones			Ká de reconstrucción	Bobina de reemplazo	Peso aprox. (lbs)
			min.	max.	agua caliente	vapor	vapor						UL	CSA	FM			
2/2 Normalmente Cerrada																		
1/4	5/32	0.52	0	210	110	210	344	8263H300	BR	PTFE	120/60, 110/50	10.1	●	●	-	325029	238810-032-D*	1.8
		0.52	0	210	110	210	344	8263H300	BR	PTFE	240/60, 220/50	10.1	●	●	-	325029	238810-058-D*	1.8
3/8	1/2	1.2	1	-	125	-	353	822G070	BR	PTFE	120/60, 110/50	6.1	●	-	-	304030	238410-032-D*	2.4
		2.5	1	-	80	-	324	822G064	BR	PTFE	120/60, 110/50	6.1	●	-	-	304030	238210-032-D*	2.4
3/8	1/2	4.4	5	150	125	210	353	822G043	BR	EPDM y/o PTFE	120/60, 110/50	10.1	●	●	-	323468	238810-032-D*	2.2
		2.5	1	-	80	-	324	822G066	BR	PTFE	120/60, 110/50	6.1	●	-	-	304030	238210-032-D*	3.2
1/2	3/8	2.5	1	-	80	-	324	822G066	BR	PTFE	240/60, 220/50	6.1	●	-	-	304030	238210-058-D*	3.2
		4.7	5	150	125	210	353	822G046	BR	EPDM y/o PTFE	120/60, 110/50	10.1	-	-	-	323468	238810-032-D*	2.2
	4.7	5	150	125	210	353	822G046	BR	EPDM y/o PTFE	24/60	10.1	-	□	-	323468	238810-005-D*	2.2	
	4.7	5	150	125	210	353	822G046	BR	EPDM y/o PTFE	240/60, 220/50	10.1	-	□	-	323468	238810-058-D*	2.2	
	4.7	5	150	125	210	353	EP8220G406	BR	EPDM y/o PTFE	120/60, 110/50	10.1	-	□	-	323468	238814-032-D*	2.2	
	3.6	2	-	125	-	353	822G047	BR	PTFE	120/60, 110/50	10.1	●	-	-	304032	238810-032-D*	3.2	
	4	0	100	-	210	-	8210G004HW	BR	EPDM	120/60, 110/50	10.1	●	-	-	302306	238610-032-D*	3.2	
	4	5	125	-	210	-	8210G003HW	BR	EPDM	120/60, 110/50	6.1	●	-	-	302305	238210-032-D*	3.2	
	4	5	125	-	210	-	8210G002HW	BR	EPDM	240/60, 220/50	6.1	●	-	-	302305	238210-058-D*	3.2	
	4	5	100	-	150	-	8210G002HW	BR	EPDM	24/DC	11.6	●	-	-	302401	238710-006-D*	3.2	
3/4	3/4	5	0	100	-	210	-	8210G005HW	BR	EPDM	120/60, 110/50	10.1	●	-	-	302308	238610-032-D*	3.4
		8.8	5	150	125	210	353	822G0409	BR	EPDM y/o PTFE	120/60, 110/50	10.1	●	●	-	323471	238810-032-D*	2.6
		8.8	5	150	125	210	353	822G0409	BR	EPDM y/o PTFE	240/60, 220/50	10.1	●	●	-	323471	238810-058-D*	2.6
1	1	13.5	5	125	150	210	353	822G0025	BR	EPDM y/o PTFE	120/60, 110/50	10.1	●	●	-	304302	238810-032-D*	4.5
		13.5	5	125	150	210	353	822G0025	BR	EPDM y/o PTFE	240/60, 220/50	10.1	●	●	-	304302	238810-058-D*	4.5
		13.5	5	125	150	210	353	EP8220G025	BR	EPDM, PTFE o TFE/P	120/60, 110/50	10.1	□	-	-	304302	238814-032-D*	4.5
1 1/4	1 1/8	15	5	150	125	210	353	822G0027	BR	EPDM	120/60, 110/50	10.1	●	-	-	304302	238810-032-D*	6.0
		15	5	150	125	210	353	822G0027	BR	EPDM	240/60, 220/50	10.1	●	-	-	304302	238810-058-D*	6.0
1 1/2	1 1/4	22.5	5	150	125	210	353	822G0029	BR	EPDM	120/60, 110/50	10.1	●	-	-	304303	238810-032-D*	7.5
2	1 3/4	43	5	150	125	210	353	822G0031	BR	PTFE	120/60, 110/50	10.1	●	-	-	306807	238810-032-D*	10.0
2/2 Normalmente Abierta																		
1/2	9/16	4	5	150	125	210	353	822G0093	BR	PTFE	120/60	16.1	●	-	-	310416	272810-032-D*	2.30
3/4	3/4	5	5	150	125	210	353	822G0095	BR	PTFE	120/60	16.1	●	-	-	310416	272810-032-D*	3.6
1	1	13.5	5	150	125	210	353	822G0097	BR	PTFE	120/60	16.1	●	-	-	310403	272810-032-D*	5.5

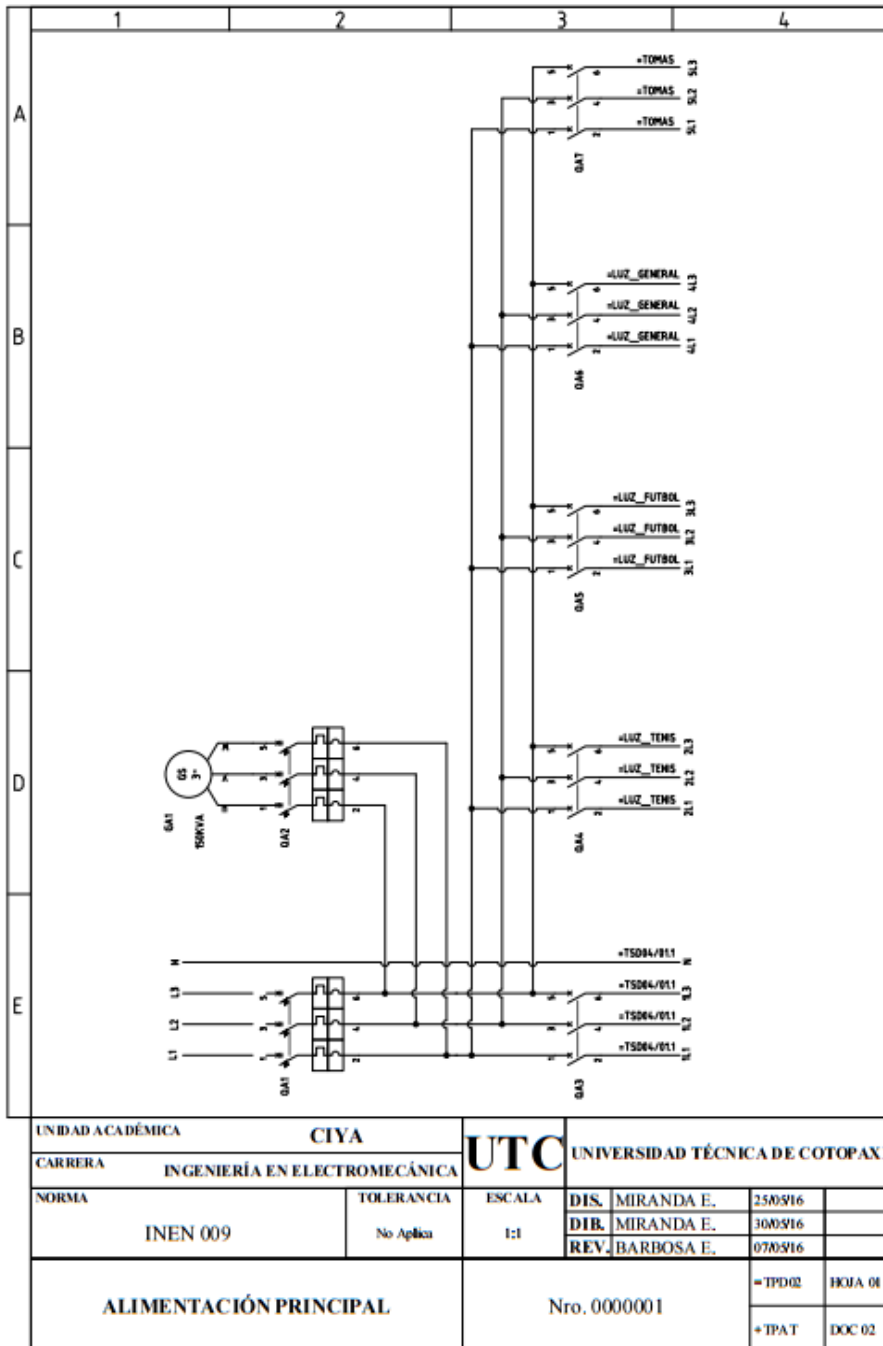
① Bobina clase H con mayor capacidad para temperatura ambiente (350°F ó 180°C).

② Una vez abierta a alta presión, la válvula se mantendrá abierta con una presión mínima de 3 PSI a la entrada.

③ Consultar tabla de conversión de °F a °C página 20.

ANEXO 10. PLANOS. ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN						
DOC.	DENOMINACIÓN	CÓDIGO DE INSTALACIÓN	LUGAR DE MONTAJE	Nro. HOJAS		
01	Índice	=Contenido	+	1		
02	Alimentación Principal	=TPD02	+TPAT	2		
03	Circuito de Fuerza	=TSD03	+ASTPC	2		
04	Circuito de Control	=TSD04	+ASTPC	2		
05	Diagrama de Vapor	=DVD05	+CM	2		

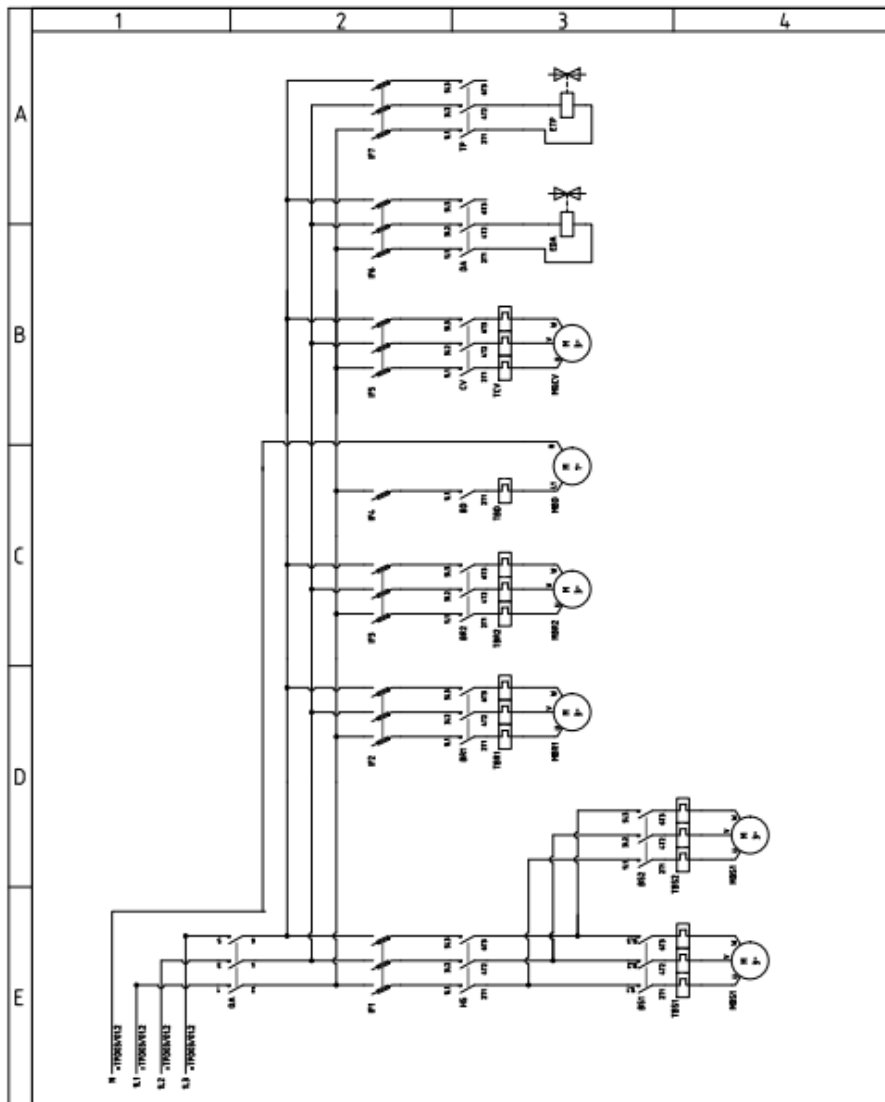
UNIDAD ACADÉMICA		CIVA		UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA					
NORMA	INEN 009	TOLERANCIA	No Aplica	ESCALA	1:1	DIS. MIRANDA E.	25/05/16
						DIB. MIRANDA E.	30/05/16
						REV. BARBOSA E.	07/05/16
ÍNDICE				Nro. 0000001		=Contenido	HOLA 01
						+	DOC 01



UNIDAD ACADÉMICA		CIYA		UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA					
NORMA		TOLERANCIA		ESCALA	DIS.	MIRANDA E.	25/05/16
INEN 009		No Aplica		1:1	DIB.	MIRANDA E.	30/05/16
					REV.	BARBOSA E.	07/05/16
ALIMENTACIÓN PRINCIPAL				Nro. 0000001		= TPD02	FKUA 01
						= TPAT	DOC 02

LISTA DE ELEMENTOS ALIMENTACIÓN PRINCIPAL					
Nro.	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	NOMBRE	OBSERVACIONES	
1	QA1	Doyuntor principal. Red eléctrica	Doyuntor		
2	QA2	Doyuntor principal. Generación	Doyuntor		
3	L1,L2,L3	Alimentación trifásica del medidor	Línea trifásica		
4	N	Neutro			
5	GA1	Generador trifásico de 1500.VA	Generador		
6	QA3	Doyuntor alimentación caldero	Doyuntor		
7	QA4	Doyuntor alimentación luz tenis	Doyuntor		
8	QA5	Doyuntor alimentación luz fútbol	Doyuntor		
9	QA6	Doyuntor alimentación Luz general	Doyuntor		
10	QA7	Doyuntor alimentación tomacorrientes	Doyuntor		

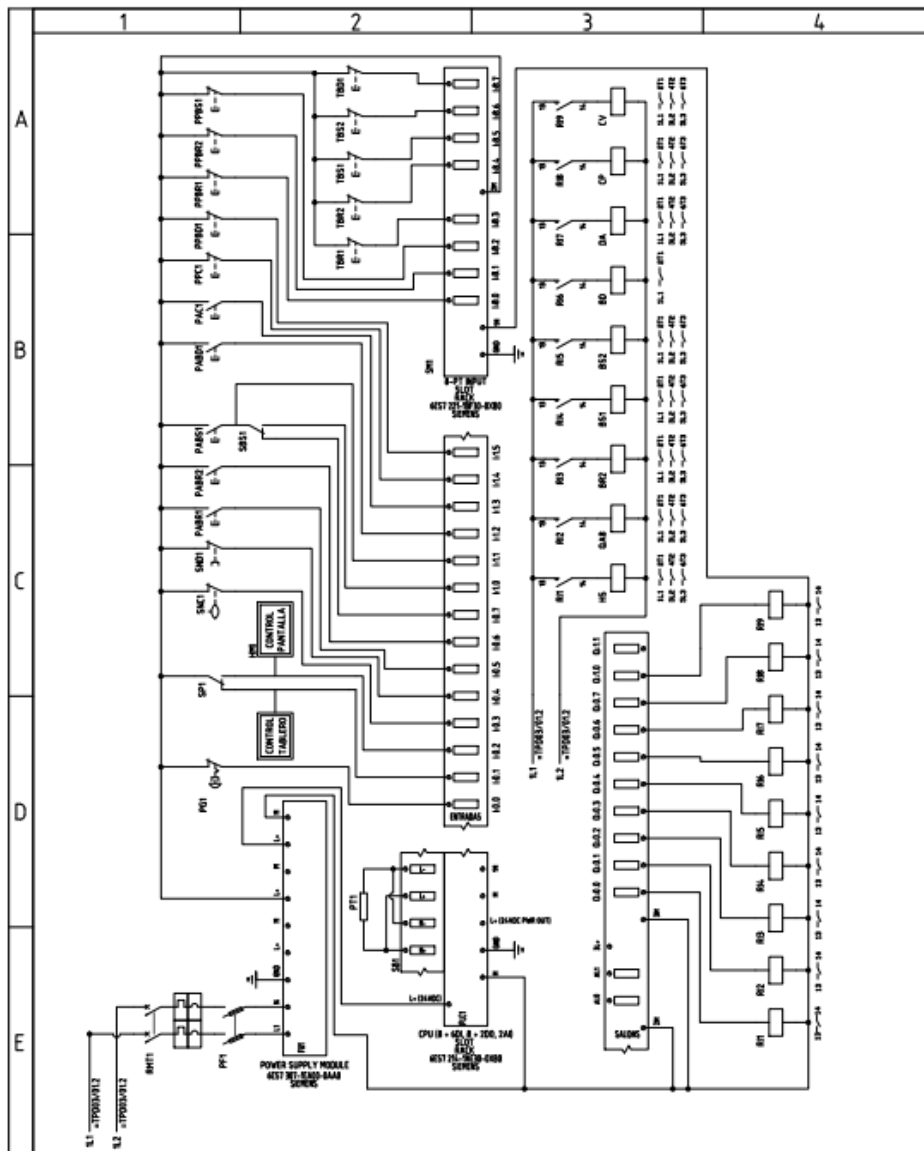
UNIDAD ACADÉMICA		CIYA	UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA				
NORMA		TOLERANCIA	ESCALA	DIS.	MIRANDA E.	25/05/16
INEN 009		No Aplica	1:1	DIB.	MIRANDA E.	26/05/16
				REV.	BARBOSA E.	07/05/16
ALIMENTACIÓN PRINCIPAL			Nro. 0000001	+TPD02	FOLIA 02	
				+TPAT	DOC 02	



UNIDAD ACADÉMICA		CIYA		UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA						
NORMA		TOLERANCIA		ESCALA		DIS.	MIRANDA E.	25/03/16
INEN 009		No Aplica		1:1		DIB.	MIRANDA E.	30/03/16
						REV.	BARBOSA E.	07/03/16
CIRCUITO DE FUERZA				Nro. 0000001		+TSD01	HOJA 01	
						+ASTPC	DOC 03	

LISTADO DE ELEMENTOS CIRCUITO DE FUERZA						
Nro.	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	NOMBRE	OBSERVACIONES		
1	QA	Contacto principal tablero caldera	Contacto			
2	IF1	Fusible Suministro	Interruptor fusible			
3	IF2	Fusible recirculación	Interruptor fusible			
4	IF3	Fusible recirculación	Interruptor fusible			
5	IF4	Fusible bomba diésel	Interruptor fusible			
6	IF5	Fusible caldera	Interruptor fusible			
7	IF6	Fusible piscina	Interruptor fusible			
8	IF7	Fusible duchas	Interruptor fusible			
9	HS	Contacto habitación suministro	Contacto			
10	BS1, BS2	Contactores suministro 1 y 2	Contacto			
11	TBS1	Térmico bomba de suministro 1	Relé Térmico			
12	TBS2	Térmico bomba de suministro 2	Relé Térmico			
13	MBS1	Motor de bomba suministro 1	Motor Trifásico			
14	MBS2	Motor de bomba suministro 1	Motor Trifásico			
15	BR1	Contacto Recirculación 1	Contacto			
16	THR1	Térmico de recirculación 1	Relé Térmico			
17	MHR1	Motor de bomba de recirculación 1	Motor Trifásico			
18	MHR2	Motor de bomba de recirculación 1	Motor Trifásico			
19	BD	Contacto alimentación combustible	Contacto			
20	TBD	Térmico alimentación combustible	Relé Térmico			
21	MBD	Motor de bomba de diésel	Motor monofásico			
22	CV	Contacto caldera	Contacto			
23	TCV	Térmico caldera	Interruptor fusible			
24	MQCV	Motor quemador caldera	Interruptor fusible			
25	DA	Contacto duchas de agua caliente	Interruptor fusible			
26	EDA	Electroválvula duchas	Interruptor fusible			
27	TP	Contacto temperatura piscina	Interruptor fusible			
28	ETP	Electroválvula temperatura piscina	Interruptor fusible			

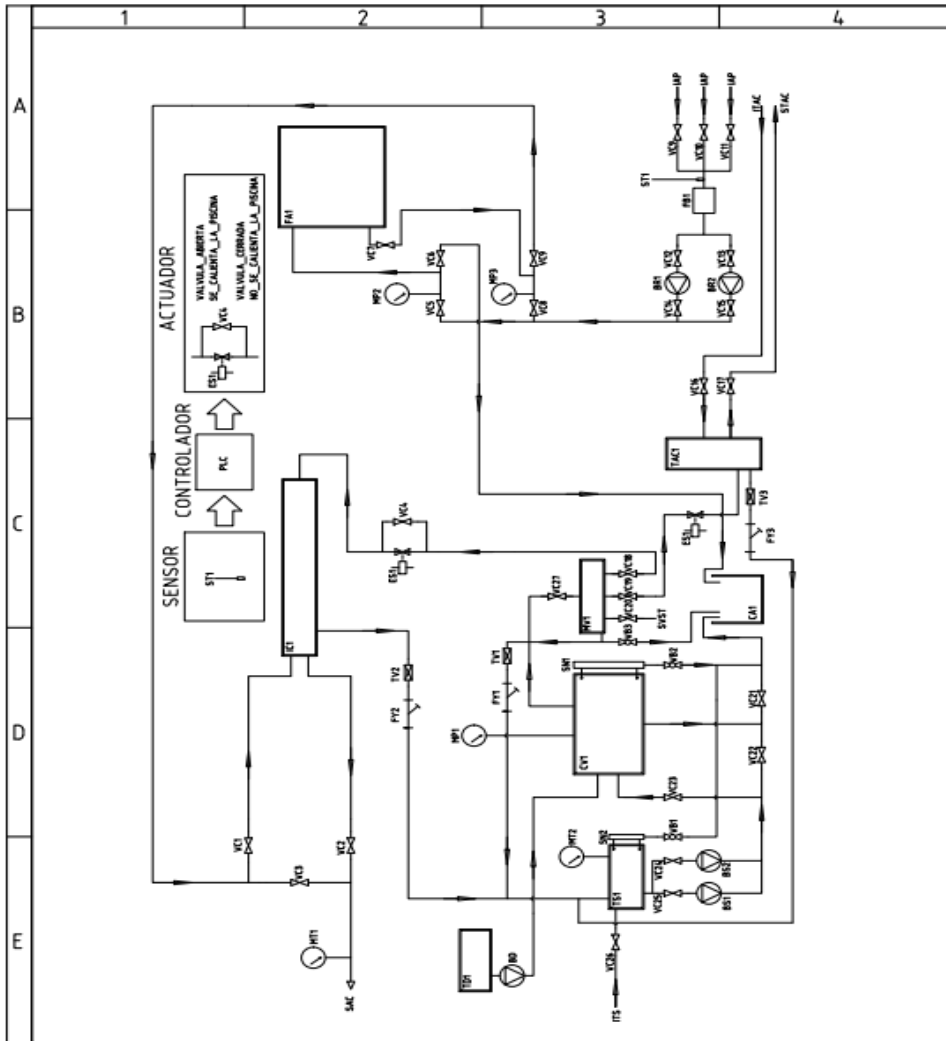
UNIDAD ACADÉMICA	CIYA		UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
CARRERA	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA					
NORMA	TOLERANCIA	ESCALA	DIS.	MIRANDA E.	2505/16	
	No Aplica	1:1	DIR.	MIRANDA E.	3005/16	
			REV.	BARBOSA E.	0705/16	
CIRCUITO DE FUERZA			Nro. 0000001		+TPD03	1801A 02
					+ASTPC	DOC 03



UNIDAD ACADÉMICA		CIYA		UTC UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA				
NORMA		TOLERANCIA	ESCALA	DIS.	MIRANDA E.	25/05/16
INEN 009		No Aplica	1:1	DIB.	MIRANDA E.	30/05/16
				REV.	BARBOSA E.	07/05/16
CIRCUITO DE CONTROL		Nro. 0000001		-TSD04	HOJA 01	
				+ASTPC	DOC 04	

LISTADO DE ELEMENTOS CIRCUITO DE CONTROL						
Nro.	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	NOMBRE			
1	PLC1	Controlador Lógico Programable	CPU v7 1200 1214C			
2	SM1	Módulo de Entradas Digitales	SM 7221			
3	SBI	Módulo de Entrada Analógica RTD	SB 1231 RTD			
4	FU1	Fuente de Alimentación	PS 307			
5	HMI	Pantalla Interfaz Hombre Maquina	KTP 400B			
6	RI	Relés de interfaz	Relés			
7	BS	Bobina contactor habilitación suministro	Bobina de contactor			
8	BR1	Bobina contactor recirculación 1	Bobina de contactor			
9	BR2	Bobina contactor recirculación 2	Bobina de contactor			
10	BS1	Bobina contactor suministro 1	Bobina de contactor			
11	BS2	Bobina contactor suministro 2	Bobina de contactor			
12	BD	Bobina contactor diésel	Bobina de contactor			
13	DA	Bobina contactor ductas de agua caliente	Bobina de contactor			
14	CP	Bobina contactor calentamiento piscina	Bobina de contactor			
15	CV	Bobina contactor caldera de vapor	Bobina de contactor			
16	GND	Conexión a tierra	Tierra			
17	IL1	Línea de alimentación	Línea trifásica			
18	IL2	Línea de alimentación	Línea trifásica			
19	RMT1	Relé magnetotérmico, Protección de control	Relé			
20	PF1	Portafusible	Fusible			
21	PG1	Pulsador de paro general	Pulsador NC			
22	SP1	Selector Manual/Automático	Selector de 2 posición			
23	SNC1	Contacto de nivel caldera	Contacto del sensor			
24	SND1	Contacto de nivel diésel	Contacto del sensor			
25	PABR1	Pulsador arranque bomba de recirculación 1	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
26	PABR2	Pulsador arranque bomba de recirculación 2	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
27	PABS1	Pulsador arranque bomba de suministro 1	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
28	PABD1	Pulsador arranque bomba de suministro 2	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
29	PAC1	Pulsador arranque caldera	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
30	PPC1	Pulsador paro caldera	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
31	SBS1	Selector bombas de suministro	Selector de 2 posición			
32	PPBD1	Pulsador paro bomba de suministro 1	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
33	PPBR1	Pulsador paro bomba de recirculación 1	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
34	PPBR2	Pulsador paro bomba de recirculación 2	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
35	PPBS1	Pulsador paro bomba de suministro 1	Pulsador 2 posiciones INO, INC			
36	TBR1	Relé Térmico Bomba de recirculación 1	Relé Térmico			
37	TBR2	Relé Térmico Bomba de recirculación 2	Relé Térmico			
38	TBS1	Relé Térmico Bomba de suministro 1	Relé Térmico			
39	TBS2	Relé Térmico Bomba de suministro 2	Relé Térmico			
40	TBD1	Relé Térmico Bomba de diésel	Relé Térmico			

UNIDAD ACADÉMICA		CIYA		UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA				
NORMA		TOLERANCIA	ESCALA	DIB.	MIRANDA E.	25/05/16
INEN 009		No Aplica	1:1	DIB.	MIRANDA E.	30/05/16
				REV.	BARBOSA E.	07/05/16
CIRCUITO DE CONTROL			Nro. 0000001		+TPD04	BOMA 02
					+ASTPC	DOC 04



UNIDAD ACADÉMICA		CIYA		UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA			DIS.	MIRANDA E.	2.505/16
NORMA		TOLERANCIA		ESCALA	DIB.	MIRANDA E.	3.005/16
INEN 009		No Aplica		1:1	REV.	BARBOSA E.	0.705/16
DIAGRAMA DE VAPOR				Nro. 0000001		=DVD05	HOJA 01
						+CM	DOC 05

LISTADO DE ELEMENTOS DIAGRAMA DE VAPOR				
Nro.	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	NOMBRE	OBSERVACIONES
1	ES1	Solenóide	Electroválvula	Control Duchas de agua caliente
2	ES2	Solenóide	Electroválvula	Control Temperatura piscina
3	MT1	Manómetro de temperatura	Manómetro	
4	MT2	Manómetro de temperatura	Manómetro	
5	MP1	Manómetro de presión	Manómetro	Caldera
6	MP2	Manómetro de presión	Manómetro	Bombas de recirculación
7	MP3	Manómetro de presión	Manómetro	Bombas de recirculación
8	BS1	Suministro de agua	Bomba	
9	BS2	Suministro de agua	Bomba	
10	BD	Suministro diésel	Bomba	
11	BR1	Recirculación agua	Bomba	
12	BR2	Recirculación agua	Bomba	
13	TD1	Almacenamiento de diésel	Tanque	
14	TS1	Almacenamiento suministro	Tanque	
15	CA1	Desfogue de agua	Caflo	
16	TAC1	Almacenamiento de agua	Tanque	
17	FA1	Filtro para agua	Filtro de arenas	
18	IC1	Intercambio de calor	Intercambiador	
19	FB1	Filtro para agua de las bombas	Filtro tipo malla	
20	SN1	Medición de nivel	Sensor de nivel	Caldera
21	SN2	Medición de nivel	Sensor de nivel	Tanque de suministro
22	TV	Trampa de vapor	Trampa de vapor	
23	FY	Filtro de vapor	Filtro en Y	
24	VB	Válvula para vapor	Válvula de bola	
25	VC	Válvula para vapor	Válvula de compuerta	
26	SAC	Salida de agua caliente	Tubería de hierro SCH 40 2"	
27	ITS	Ingreso de agua	Tubería de hierro SCH 40 3/4"	Tanque de suministro
28	SVST	Salida de vapor	Tubería de hierro SCH 40 3/4"	Vapor hacia el Sauna y Tanco
29	ITAC	Entrada de agua	Tubería de hierro SCH 40 3/4"	Tanque de agua caliente
30	STAC	Salida de agua	Tubería de hierro SCH 40 3/4"	Tanque de agua caliente

UNIDAD ACADÉMICA		CIYA		UTC	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
CARRERA		INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA					
NORMA		TOLERANCIA	ESCALA	DIS.	MIRANDA E.	25/05/16	
INEN 009		No Aplica	1:1	DIB.	MIRANDA E.	30/05/16	
				REV.	BARBOSA E.	07/05/16	
DIAGRAMA DE VAPOR		Nro. 0000001		+DVD05	BOJA 02		
				+CM	DOC 05		

ANEXO 11. MANUAL DE OPERACION SISTEMA DE CALEFACCION PACFIC GARDEN SOLDELOP CIA. LTDA.

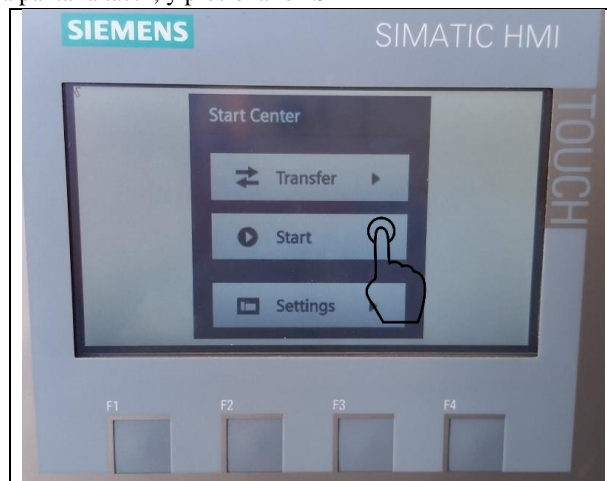
OPERACIÓN AUTOMÁTICA

1. Seleccionar el pulsador en la posición mando por pantalla.



Comentario [LL1]:

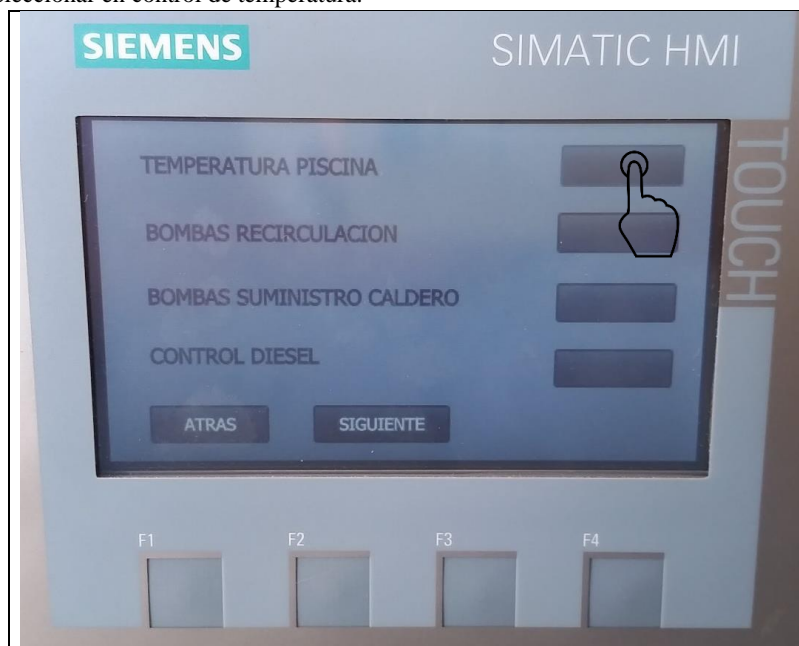
2. Dirigirse a la pantalla táctil, y presionar en START



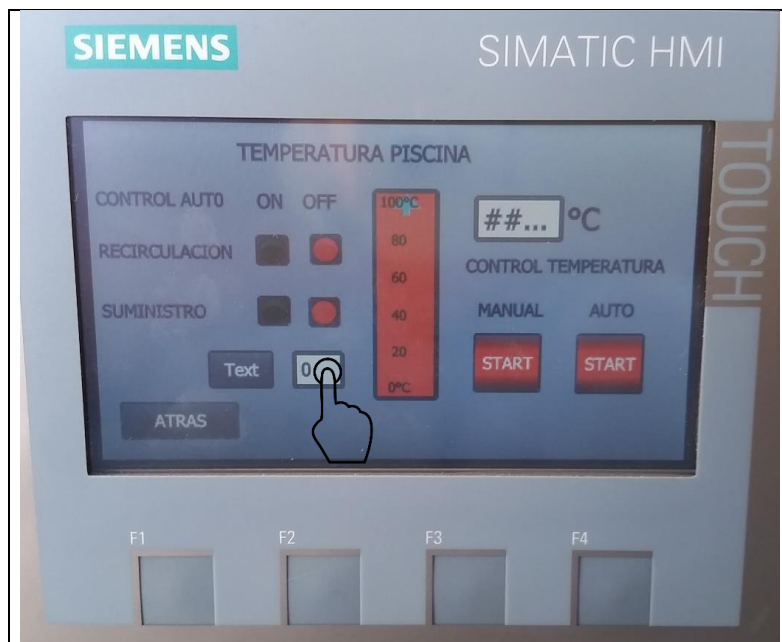
3. Presionar INICIO.



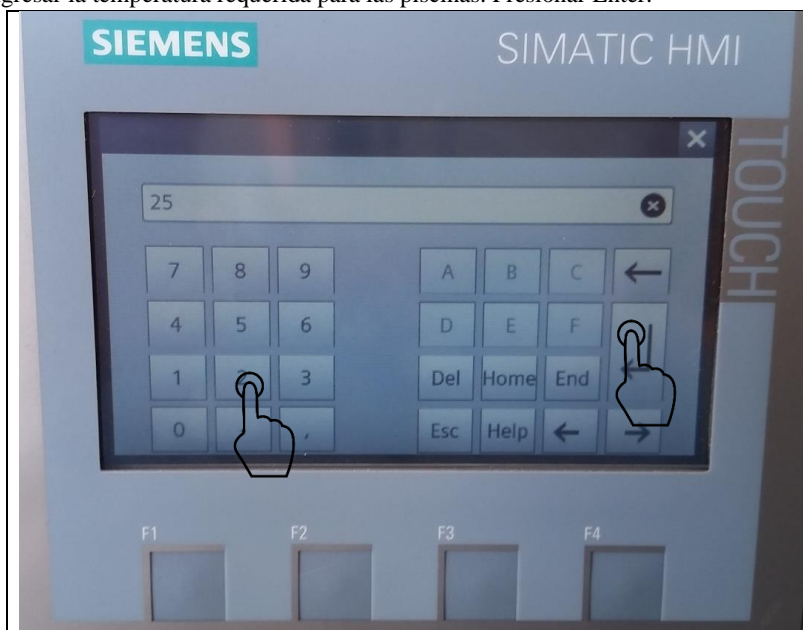
4. Seleccionar en control de temperatura.



5. Presionar en la celda de text para ingresar la temperatura que se desee.

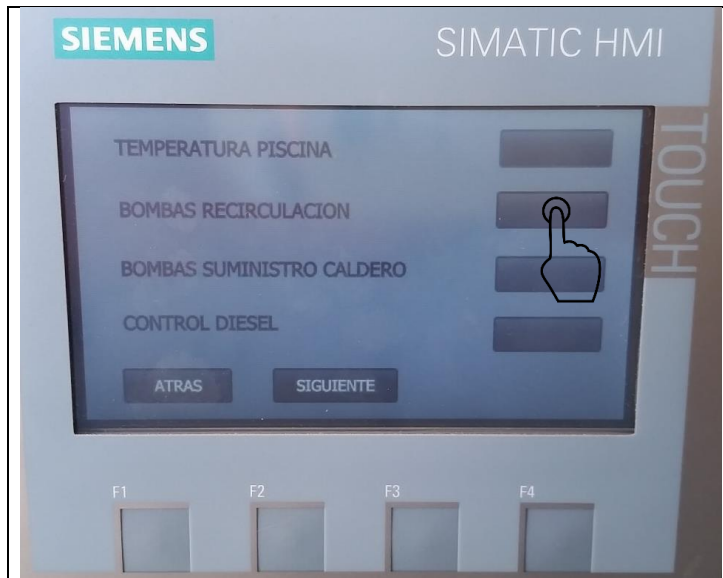


6. Ingresar la temperatura requerida para las piscinas. Presionar Enter.

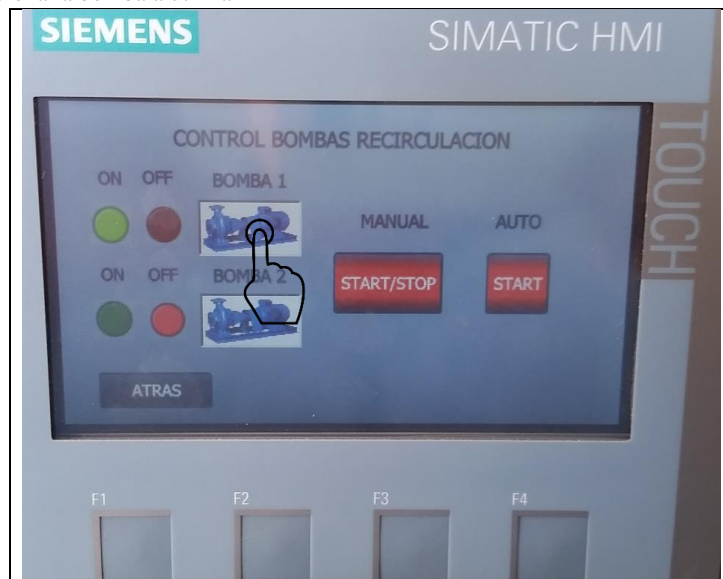


OPERACIÓN AUTOMÁTICA RECIRCULACION PARA LIMPIEZA SEMANAL DE PISCINA

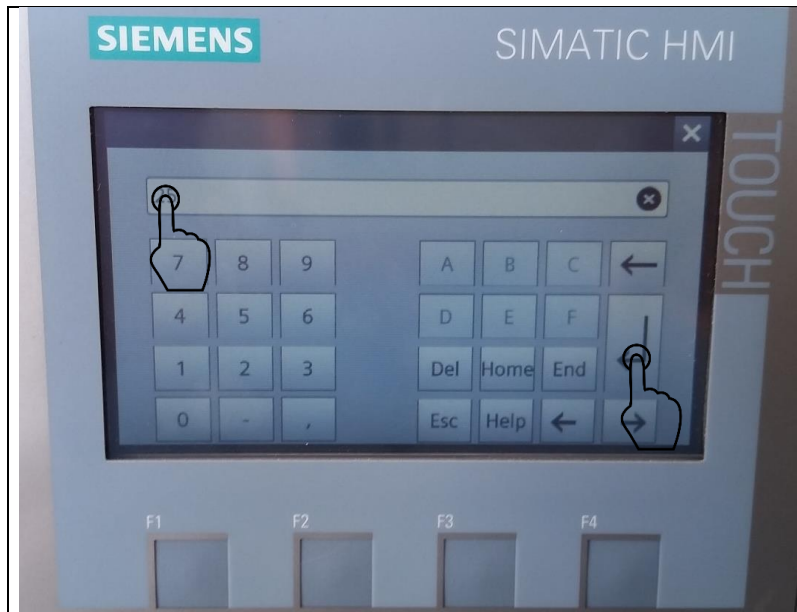
1. Hasta el paso 3, se debe hacer lo mismo que el mando automático de temperatura. Presionar en bombas de recirculación.



2. Selecciona la bomba a utilizar



3. Ingresar el tiempo de funcionamiento y presionar enter



4. Presionar en Start para que el sistema recircule automáticamente

