



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL  
CONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO EN LAS DUCHAS  
Y CLIMATIZACIÓN DEL SAUNA Y TURCO EN LA PISCINA  
INSTITUCIONAL DE LA ESPOCH**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

JESUS ANDRES GUZMAN ORELLANA

JUAN CARLOS NUÑEZ AGUALONGO

Riobamba - Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL  
CONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO EN LAS DUCHAS  
Y CLIMATIZACIÓN DEL SAUNA Y TURCO EN LA PISCINA  
INSTITUCIONAL DE LA ESPOCH**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES: JESUS ANDRES GUZMAN ORELLANA**

**JUAN CARLOS NUÑEZ AGUALONGO**

**DIRECTOR: Ing. JHONNY MARCELO OROZCO RAMOS**

Riobamba - Ecuador

2023

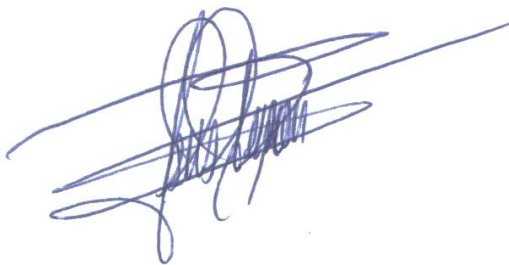
**©2023, Jesus Andres Guzman Orellana; & Juan Carlos Nuñez Agualongo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluye la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Jesus Andres Guzman Orellana y Juan Carlos Nuñez Agualongo declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de julio del 2023



**Jesus Andres Guzman Orellana**

**060406033-5**






**Juan Carlos Nuñez Agualongo**

**060396641-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO EN LAS DUCHAS Y CLIMATIZACIÓN DEL SAUNA Y TURCO EN LA PISCINA INSTITUCIONAL DE LA ESPOCH**, realizado por los señores: **JESUS ANDRES GUZMAN ORELLANA** y **JUAN CARLOS NUÑEZ AGUALONGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud que el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Homero Almendariz Punte <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-07-28
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-07-28
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-07-28

## DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi familia quienes son mis pilares en especial a mi padre José Luis Guzmán quien me enseñó a nunca darme por vencido, a Elenita quien considero como mi madre, gracias por acogerme como su hijo, su ejemplo de superación me permitió llegar a esta meta, a mis hermanos Luis, Jesy y Mary quienes fueron mi inspiración en mi vida académica. Mi hermano Mario quien siempre creyó en mí, nunca renegó, siempre estuvo ahí aconsejándome y esperándome con mi comida. Mi más profundo amor para Erica, mi futura esposa, quien confió en mis capacidades, ella fue una parte muy esencial y muy importantes para que yo termine mi carrera, ella día a día me motivo a seguir adelante a pesar de las circunstancias que se presentaron en el trayecto. Los amo a todos.

Jesus

.  
A mi familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, quienes me han apoyado a lo largo de mi vida y me ha dado una vida llena de amor y cariño, por darme las pautas necesarias para seguir el camino correcto. Dedico de manera especial para mi madre Marita y a mi mamita Delia pues ellas fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional

Juan

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos a toda mi familia quienes fueron los que día a día me motivaron a seguir adelante. A mis amigos y mis amigas quienes compartimos momentos de estudio, investigación y diversión. A mis jefes quienes me acogieron para laborar en sus establecimientos para que yo pudiera lograr culminar con mis estudios, a mis queridos docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por transmitir todo su conocimiento, especialmente a mi director y asesor con su vocación para enseñar, su integridad, ética me aconsejaron y aportaron a mi vida personal y profesional.

Jesus

Agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y sabiduría, El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial a la carrera de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa institución, a los docentes por sus conocimientos, experiencias y valores impartidos a lo largo de la preparación de nuestra profesión. Finalmente agradezco a todos los familiares, amigos y personas que de una u otra manera me apoyaron para culminar con éxito un logro tan importante en mi vida.

Juan

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. <b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.1. <b>Antecedentes</b> .....	2
1.2. <b>Planteamiento del problema</b> .....	3
1.3. <b>Justificación</b> .....	4
1.4. <b>Objetivos</b> .....	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. <b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1. <b>Antecedentes de investigación</b> .....	6
2.2. <b>Automatización</b> .....	7
2.3. <b>Pirámide de automatización</b> .....	8
2.3.1. <i>Nivel 0</i> .....	8
2.3.2. <i>Nivel 1</i> .....	9
2.3.3. <i>Nivel 2</i> .....	9
2.3.4. <i>Nivel 3</i> .....	9
2.3.5. <i>Nivel 4</i> .....	10
2.4. <b>Definición de sistemas SCADA</b> .....	10
2.4.1. <i>Arquitectura SCADA</i> .....	11
2.5. <b>Lenguaje de Programación</b> .....	12
2.5.1. <i>Python</i> .....	12
2.5.2. <i>Matlab</i> .....	13
2.5.3. <i>Java</i> .....	13



2.6.	Tarjetas de desarrollo .....	14
2.7.	IOT .....	16
2.8.	Definición y principios de Sistema de bombeo .....	17
2.8.1.	<i>Tipos Sistemas de bombeo</i> .....	17
2.8.2.	<i>Sistemas de bombeo centrífugo</i> .....	18
2.8.3.	<i>Sistemas de bombeo sumergible</i> .....	18
2.8.4.	<i>Sistemas de bombeo solar</i> .....	18
2.9.	Instrumentación de campo.....	19
2.9.1.	<i>Baño turco</i> .....	21
2.10.	Actuadores.....	22
2.10.1.	<i>Módulo Max6675</i> .....	22
2.11.	Sensores .....	23

### CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO .....	24
3.1.	Enfoque.....	24
3.2.	Alcance.....	24
3.3.	Diseño.....	24
3.4.	Tipo de investigación .....	24
3.4.1.	<i>Investigación de campo</i> .....	24
3.4.2.	<i>Investigación Documental</i> .....	25
3.5.	Método de investigación .....	25
3.5.1.	<i>Método inductivo</i> .....	25
3.5.2.	<i>Método deductivo</i> .....	25
3.6.	Técnicas e instrumentos .....	25
3.6.1.	<i>Técnica de Observación</i> .....	25
3.6.2.	<i>Instrumento de investigación</i> .....	26
3.7.	Propuesta y diseño de sistema .....	27
3.8.	Requerimientos del sistema .....	27
3.9.	Consolidación general del sistema a implementar .....	28
3.9.1.	<i>Hardware</i> .....	29
3.9.2.	<i>Software</i> .....	29
3.10.	Arquitectura general del sistema .....	30
3.11.	Análisis de la situación actual .....	31
3.11.1.	<i>Funcionamiento del centro de distribución de agua caliente</i> .....	32
3.11.2.	<i>Análisis hídrico actual</i> .....	34

3.11.3.	<i>Formula de volumen del cilindro</i> .....	35
3.11.4.	<i>Pérdidas Fricción Agua Fría (Entrada)</i> .....	35
3.11.5.	<i>Pérdidas Fricción Agua caliente (Salida)</i> .....	37
3.11.6.	<i>Pérdidas por accesorios agua fría</i> .....	38
3.11.7.	<i>Pérdidas por accesorios agua caliente</i> .....	39
3.11.8.	<i>Caudal de entrada Agua fría</i> .....	39
3.11.9.	<i>Caudal de salida Agua caliente</i> .....	39
3.11.10.	<i>Análisis actual del tablero del cuarto de bombas</i> .....	40
3.11.11.	<i>Diagramas de funcionamiento del cuarto de bombas</i> .....	41
3.11.12.	<i>Funcionamiento del centro de zonas húmedas</i> .....	45
3.11.13.	<i>Análisis actual del tablero de las zonas húmedas</i> .....	47
3.12.	<b>Desarrollo de la implementación del sistema SCADA</b> .....	49
3.12.1.	<i>Definición de variables</i> .....	49
3.12.2.	<i>Hardware de pasarela con el entorno físico HMI</i> .....	50
3.12.3.	<i>Tarjeta Arduino Mega</i> .....	51
3.13.	<b>Software de desarrollo</b> .....	52
3.13.1.	<i>Selección del lenguaje de programación</i> .....	52
3.14.	<b>Selección de la plataforma IOT</b> .....	54
3.15.	<b>Implementación del sistema SCADA</b> .....	56
3.15.1.	<i>Diseño de interfaz gráfica</i> .....	56
3.15.2.	<i>Parámetros de diseño HMI</i> .....	57
3.15.3.	<i>Bosquejo de la pantalla</i> .....	60
3.15.4.	<i>Creación de áreas de trabajo de la interfaz</i> .....	61
3.15.5.	<i>Creación y superposición de imágenes para el área de trabajo</i> .....	62
3.15.6.	<i>Programación de nivel de agua</i> .....	62
3.15.7.	<b>Comunicación entre Python y Excel</b> .....	64
3.16.	<b>Implementación de los componentes del sistema</b> .....	65
3.16.1.	<i>Sensores y actuadores del cuarto de bombas</i> .....	65
3.16.1.1.	<i>Breaker</i> .....	66
3.16.1.2.	<i>Relé encapsulado 8 pines</i> .....	67
3.16.1.3.	<i>Detector de nivel</i> .....	68
3.16.1.4.	<i>Diagrama eléctrico de los niveles de agua sensores de temperatura</i> .....	69
3.16.2.	<i>Sensores y actuadores de las zonas húmedas</i> .....	72
3.16.3.	<i>Modulo transmisor Max6675</i> .....	72
3.16.4.	<i>Termocupla tipo K</i> .....	73
3.16.5.	<i>Termómetro digital</i> .....	74
3.16.6.	<i>Timer secuencial</i> .....	75

3.16.7.	<i>Sensores y actuadores del tablero general</i> .....	75
3.16.8.	<i>Módulo relé de Arduino</i> .....	76
3.16.9.	<i>Hardware complementario</i> .....	76
3.16.10.	<i>Asignación de entradas y salidas en el microcontrolador</i> .....	78
3.17.	<b>Vinculación entre Hardware y Software</b> .....	79
3.17.1.	<i>Comunicación entre Python y Arduino</i> .....	82
3.18.	<b>Prueba del sistema SCADA</b> .....	84

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	87
4.1.	<b>Aplicación informática</b> .....	87
4.1.1.	<i>Interfaz gráfica monitoreo del sistema SCADA</i> .....	88
4.1.2.	<i>Interfaz gráfica control del sistema SCADA</i> .....	90
4.1.3.	<i>Interfaz gráfica de la adquisición de datos del sistema SCADA</i> .....	92
4.2.	<b>Consumo de agua caliente en las duchas</b> .....	95
4.3.	<b>Análisis de la configuración timer</b> .....	97
4.3.1.	<i>Pruebas de funcionamiento para el timer</i> .....	100
4.3.2.	<i>Validación del entorno web en Ubidots</i> .....	102
4.3.3.	<i>Validación de la comunicación de la interfaz con Ubidots</i> .....	103
4.4.	<b>Evaluación económica</b> .....	104
4.4.1.	<i>Análisis de costos de equipos</i> .....	104
4.4.2.	<i>Análisis de costos de materiales</i> .....	105
4.4.3.	<i>Costo total del sistema SCADA</i> .....	106

CONCLUSIONES	.....	107
--------------	-------	-----

RECOMENDACIONES	.....	108
-----------------	-------	-----

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b>	Ficha de Instrumento de investigación.....	26
<b>Tabla 3-2:</b>	Componentes del tablero electrónico del cuarto de bombas .....	40
<b>Tabla 3-3:</b>	Componentes del tablero electrónico de las zonas húmedas.....	48
<b>Tabla 3-4:</b>	Variables de estudio .....	49
<b>Tabla 3-5:</b>	Cuadro comparativo de familias de tarjetas de desarrollo.....	50
<b>Tabla 3-6:</b>	Características técnicas principales de Arduino Mega 2560 .....	52
<b>Tabla 3-7:</b>	Lenguajes de programación seleccionado .....	53
<b>Tabla 3-8:</b>	Plataforma seleccionado.....	55
<b>Tabla 3-9:</b>	Descripción de los elementos del cuarto de bombas .....	66
<b>Tabla 3-10:</b>	Características técnicas principales del módulo relé encapsulado 8 pines .....	67
<b>Tabla 3-11:</b>	Características técnicas principales del módulo relé encapsulado 8 pines .....	68
<b>Tabla 3-12:</b>	Características técnicas principales del detector de nivel alto o bajo.....	69
<b>Tabla 3-13:</b>	Características técnicas principales del detector de nivel alto o bajo.....	69
<b>Tabla 3-14:</b>	Descripción de los elementos de las zonas húmedas.....	72
<b>Tabla 3-15:</b>	Características del módulo Max 6675 .....	73
<b>Tabla 3-16:</b>	Características de la termocupla tipo K.....	74
<b>Tabla 3-17:</b>	Características técnicas principales del termómetro digital .....	74
<b>Tabla 3-18:</b>	Características técnicas principales del Timer secuencial.....	75
<b>Tabla 3-19:</b>	Características técnicas principales del módulo relé Arduino.....	76
<b>Tabla 3-20:</b>	Características técnicas principales de los materiales complementarios.....	77
<b>Tabla 3-21:</b>	Asignación de entradas y salidas en el microcontrolador.....	79
<b>Tabla 3-22:</b>	Ventajas y desventajas de la librería Pyfirmata.....	82
<b>Tabla 3-23:</b>	Ventajas y desventajas de la librería Pserial.....	83
<b>Tabla 4-1:</b>	Descripción de los componentes de la interfaz gráfica supervisión .....	89
<b>Tabla 4-2:</b>	Descripción de los botones de control de la interfaz gráfica control.....	90
<b>Tabla 4-3:</b>	Descripción de los botones de control de la interfaz gráfica de adquisición.....	93
<b>Tabla 4-4:</b>	Consumo de agua en horas.....	95
<b>Tabla 4-5:</b>	Consumo de agua en semanas .....	96
<b>Tabla 4-6:</b>	Opciones de temperatura .....	97
<b>Tabla 4-7:</b>	Opciones de configuración de timer.....	99
<b>Tabla 4-8:</b>	Respuestas de comunicación entre la interfaz y Ubidots .....	104
<b>Tabla 4-9:</b>	Lista de costos de equipos .....	105
<b>Tabla 4-10:</b>	Costos de materiales.....	105
<b>Tabla 4-11:</b>	Costos total del sistema SCADA.....	106

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Pirámide de Automatización .....	8
<b>Ilustración 2-2:</b>	Esquema básico del sistema SCADA.....	10
<b>Ilustración 2-3:</b>	Elementos hardware sistema SCADA.....	11
<b>Ilustración 2-4:</b>	Raspberry Pi 3 .....	14
<b>Ilustración 2-5:</b>	Stellaris Launchpad LM4F120.....	15
<b>Ilustración 2-6:</b>	Arduino mega.....	15
<b>Ilustración 2-7:</b>	Calentador a gas .....	20
<b>Ilustración 2-8:</b>	Bomba de Calor.....	20
<b>Ilustración 2-9:</b>	Panel Solar. ....	21
<b>Ilustración 2-10:</b>	Bomba de Vapor Eléctrico .....	21
<b>Ilustración 2-11:</b>	Resistencia eléctrica tubular .....	22
<b>Ilustración 2-12:</b>	Modulo Max6675.....	23
<b>Ilustración 2-13:</b>	Sensor de Nivel .....	23
<b>Ilustración 3-1:</b>	Consolidación general del sistema SCADA.....	28
<b>Ilustración 3-2:</b>	Arquitectura general del sistema .....	30
<b>Ilustración 3-3:</b>	Componentes área de distribución de agua caliente ESPOCH .....	32
<b>Ilustración 3-4:</b>	Diagramas de flujo del área de distribución ESPOCH.....	33
<b>Ilustración 3-5:</b>	Tanque de almacenamiento de agua caliente. ....	34
<b>Ilustración 3-6:</b>	Tableteo Eléctrico del cuarto de bombas .....	40
<b>Ilustración 3-7:</b>	Diagrama bomba D .....	42
<b>Ilustración 3-8:</b>	Diagrama del ciclo del agua .....	43
<b>Ilustración 3-9:</b>	Diagrama del calentamiento del agua .....	44
<b>Ilustración 3-10:</b>	Diagrama de las bombas de calor.....	45
<b>Ilustración 3-11:</b>	Diagramas de flujo del área de zonas húmedas sauna- .....	46
<b>Ilustración 3-12:</b>	Diagramas de flujo del área de zonas húmedas turco.....	47
<b>Ilustración 3-13:</b>	Tableteo Eléctrico de las zonas húmedas .....	48
<b>Ilustración 3-14:</b>	Desarrollo de la implementación.....	49
<b>Ilustración 3-15:</b>	Arduino Mega 2560 .....	51
<b>Ilustración 3-16:</b>	Diagrama de flujo diseño de interfaz gráfica .....	57
<b>Ilustración 3-17:</b>	Parámetros de diseño de interfaz HMI .....	58
<b>Ilustración 3-18:</b>	Diseño de etiquetas I .....	58
<b>Ilustración 3-19:</b>	Interpretación de los tanques.....	58
<b>Ilustración 3-20:</b>	Diseño de menú principal.....	59
<b>Ilustración 3-21:</b>	Diseño de zonas de estudio .....	59

<b>Ilustración 3-22:</b>	Iconos representativos de las bombas de agua .....	60
<b>Ilustración 3-23:</b>	Manual de usuario .....	60
<b>Ilustración 3-24:</b>	Área de trabajo. ....	60
<b>Ilustración 3-25:</b>	Áreas de trabajo de cada ventana de desarrollo.....	61
<b>Ilustración 3-26:</b>	Diagrama de flujo monitoreo de nivel agua en tanques de almacenamiento de agua caliente. ....	64
<b>Ilustración 3-27:</b>	Indicadores de nivel .....	66
<b>Ilustración 3-28:</b>	Breaker .....	67
<b>Ilustración 3-29:</b>	Relé encapsulado de 8 pines.....	68
<b>Ilustración 3-30:</b>	Detector de nivel .....	68
<b>Ilustración 3-31:</b>	Luz piloto (azul).....	69
<b>Ilustración 3-32:</b>	Diagrama general de nivel.....	70
<b>Ilustración 3-33:</b>	Diagrama general de temperatura.....	71
<b>Ilustración 3-34:</b>	Diagrama general de nivel.....	72
<b>Ilustración 3-35:</b>	Módulo MAX 6675 .....	73
<b>Ilustración 3-36:</b>	Termocupla tipo K .....	74
<b>Ilustración 3-37:</b>	Termómetro digital.....	74
<b>Ilustración 3-38:</b>	Timer secuencial .....	75
<b>Ilustración 3-39:</b>	Tablero general.....	75
<b>Ilustración 3-40:</b>	Diagrama de instalación de entradas y salidas señales sistema SCADA. ..	78
<b>Ilustración 3-41:</b>	Sistema SCADA proceso de sauna y turco .....	80
<b>Ilustración 3-42:</b>	Sistema SCADA proceso de distribución de agua caliente.....	80
<b>Ilustración 3-43:</b>	Distancia entre el área de estudio y panel de control .....	81
<b>Ilustración 3-44:</b>	Diagrama de instalación de entradas y salidas señales sistema SCADA. ..	82
<b>Ilustración 3-45:</b>	Funcionamiento de zona de distribución de agua del sistema SCADA. ....	85
<b>Ilustración 3-46:</b>	Funcionamiento de zonas húmedas sistema SCADA .....	86
<b>Ilustración 3-47:</b>	Funcionamiento de adquisición de datos del sistema SCADA .....	86
<b>Ilustración 4-1:</b>	Consolidación general del sistema SCADA.....	87
<b>Ilustración 4-2:</b>	Interfaz de supervisión SCADA.....	88
<b>Ilustración 4-3:</b>	Descripción del funcionamiento ventana de supervisión .....	89
<b>Ilustración 4-4:</b>	Interfaz de control del sistema SCADA. ....	90
<b>Ilustración 4-5:</b>	Descripción de funcionamiento de control de temperatura.....	91
<b>Ilustración 4-6:</b>	Descripción de funcionamiento de control de Bombas.....	92
<b>Ilustración 4-7:</b>	Adquisición de datos .....	93
<b>Ilustración 4-8:</b>	Interfaz de adquisición. ....	94
<b>Ilustración 4-9:</b>	Comparación de datos .....	94
<b>Ilustración 4-10:</b>	Grafica de consumo de agua en horas .....	96

<b>Ilustración 4-11:</b>	Grafica de consumo de agua en horas .....	97
<b>Ilustración 4-12:</b>	configuración de la bomba de vapor. ....	98
<b>Ilustración 4-13:</b>	Grafica temperatura VS tiempo.....	98
<b>Ilustración 4-14:</b>	Funcionamiento de la bomba. ....	99
<b>Ilustración 4-15:</b>	Grafica de comparación. ....	101
<b>Ilustración 4-16:</b>	Grafica de comparación. ....	101
<b>Ilustración 4-17:</b>	Plataforma de Ubidots.....	102
<b>Ilustración 4-18:</b>	Grafica de consumo de agua en plataforma de Ubidots .....	102
<b>Ilustración 4-19:</b>	Datos históricos del Sauna en la plataforma Ubidots.....	103
<b>Ilustración 4-20:</b>	Históricos de variables enviadas desde la interfaz .....	103

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** INSPECCIÓN INICIAL DE LOS REQUERIMIENTOS
- ANEXO B:** INSTALACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA
- ANEXO C:** PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO
- ANEXO D:** PROGRAMACIÓN DEL MICRO CONTROLADOR
- ANEXO E:** MANUAL DE USUARIO



## RESUMEN

El presente proyecto describe la implementación de un sistema Scada, con el objetivo de controlar las estaciones de bombeo en las duchas y climatización del sauna y turco en la piscina. El proyecto empezó con una visita in situ para evaluar la situación actual de las instalaciones y determinar los requerimientos necesarios para el proyecto. En esta fase inicial, se identificarán las posibles áreas de mejora y se determinarán los puntos críticos que requieren atención. A través del estudio del arte, se definieron los parámetros para desarrollar la interfaz gráfica de control. Se identificaron las variables necesarias para el control y lectura de los equipos, así como la obtención de información relevante sobre los circuitos eléctricos. Arduino es el hardware central que actúa como pasarela, permitiendo una comunicación efectiva y bidireccional entre la interfaz de control y los equipos de potencia. Garantiza una supervisión y control eficientes en la piscina. Además, se optó por utilizar Python como el software de desarrollo para la interfaz gráfica de control debido a su naturaleza de código abierto, lo que proporciona flexibilidad, amplio soporte y facilidad de uso, lo que contribuye a una implementación exitosa y eficiente del sistema SCADA. Además, se incorporó un sistema de control remoto utilizando Internet de las cosas (IoT). La plataforma Ubidots es la encargada de recibir y gestionar los datos de temperatura y caudal, lo que permite un monitoreo eficiente. La implementación del sistema SCADA garantiza un control estable de las temperaturas, manteniendo 40 grados centígrados en el cuarto de turco y 80 grados centígrados en el cuarto de sauna, asegurando así condiciones óptimas de confort y seguridad para los usuarios. La interfaz humano-máquina ofrece una experiencia visual intuitiva para el personal operativo, facilitando la comunicación, el monitoreo y el control de los diferentes procesos en tiempo real.

**Palabras clave:** <SISTEMA SCADA>, <ESTACIÓN DE BOMBEO>, <CLIMATIZACIÓN>, <ARDUINO>, <INTERFAZ GRÁFICA>.

1690-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

This research describes the implementation of a Scada system, with the objective of controlling the pumping stations in the showers, heating and cooling of the sauna and steam baths in the swimming pool. The research began with an in situ inspection to evaluate the current situation of the facilities and to determine the detailed requirements for the project. In this first phase, potential areas for improvement were identified and critical points requiring attention were determined. Through the study of the art, the parameters for developing the graphical control interface were established. The necessary variables for the control and reading of the equipment were specified, as well as obtaining significant information about the electrical circuits. Arduino is the central hardware that operates as a gateway, allowing an effective and bidirectional communication between the control interface and the power equipment. It ensures efficient monitoring and control in the pool. In addition, Python was chosen as the development software for the control GUI due to its open source nature, which provides flexibility, broad support and ease of use, contributing to a successful and efficient implementation of the SCADA system. In addition, a remote control system was incorporated using the Internet of Things (IoT). The Ubidots platform is in charge of receiving and managing temperature and flow data, allowing for efficient monitoring. The implementation of the SCADA system ensures stable temperature control, maintaining 40 degrees Celsius in the steam room and 80 degrees Celsius in the sauna room, thus ensuring optimal comfort and safety conditions for users. The human-machine interface provides an intuitive visual experience for the operating personnel, facilitating communication, monitoring and control of the different processes in real time.

**Keywords:** <SCADA SYSTEM> <PUMPING STATION> <CLIMATIZATION>, <ARDUINO> <GRAPHIC INTERFACE>.



**Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.**

**C.I. 060311780-5**

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control conformados por indicadores luminosos, instrumentos de medida, sensores y pulsadores son remplazados por sistemas digitales que es representado por medio de una interfaz que se visualiza en la pantalla de un ordenador (García Eduardo, 2016, p. 7) Los sistemas SCADA se crearon para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado, sobre procesos distribuidos o descentralizados en áreas muy extensas, esto representa optimizar costos, puestas en marcha rápidas y eficientes, en tiempo real. Hoy en día con el desarrollo de las redes digitales, la definición se tiene que cambiar para incluir esta nueva forma de conectividad.

En los últimos años se ha realizado investigaciones, artículos científicos sobre la implementación y diseños del sistema SCADA, para la interacción de información entre instrumentos de campo y el sistema de control como propósito de obtener señales analógicas.

En la actualidad la comunicación industrial se maneja en su mayoría de los casos con dispositivos digitales, se presentan diferentes ventajas como: la rapidez en la transmisión, facilidad de guardar, capacidad de almacenamiento muy superior a la existente en años remotos. La transmisión de cada variable, dato o información se la realiza por un par de hilos y se transmiten de forma secuencial los datos por medio de un cable de comunicaciones llamado bus.(Vásconez Buñay,2019, p. 5)

El principal problema en la piscina de la ESPOCH es la falta de visualización de la temperatura en las zonas húmedas, las altas temperaturas que provoca sofocación y pueden causar daños a la salud. El presente proyecto técnico tiene el objetivo de observar e implementar un HMI (interfaz humano máquina) que se utilizará para el monitoreo control y supervisión de datos como: el nivel del agua y la temperatura del ambiente en tiempo real, aquello que contribuye a prolongar la vida útil de los equipos existentes.

La implementación del sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es un proceso que permite monitorear y controlar de manera remota los sistemas de bombeo y las zonas húmedas de la piscina institucional de la ESPOCH, recopila datos en tiempo real para una toma de decisiones instantáneas de los procesos instalados. La focalización de un sistema SCADA en la piscina institucional brindará mejores servicios a la comunidad politécnica en áreas académicas, de natación, y usos recreativos, es un pilar fundamental em el desarrollo tecnológico y mejora continua.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

El sistema SCADA forma parte de los procesos de automatización industrial, se presenta como una solución en el control y monitoreo de procesos en múltiples sectores industriales como el tratamiento de agua, industria petrolera, sistemas de climatización, iluminación, seguridad y gestión energética en edificios. La implementación del sistema genera también nuevas investigaciones, proyectos y artículos científicos.

La implementación tradicional de control y supervisión en sistemas industriales involucra el uso de paneles de control físicos y dispositivos de supervisión manual. Este enfoque exige la presencia de los operadores y supervisores en las áreas de control de los procesos. Las nuevas tecnologías implementadas para tareas de automatización conducen a la optimización, el mejoramiento en los sistemas de monitoreo industrial de forma más sencilla, desarrollado softwares que representa de manera gráfica las operaciones en pantallas de visualización aptos para comunicarse con los componentes del sistema existente en tiempo real y posibilita la toma de decisiones en línea. (Nicola Marcel, 2018, p. 16)

La participación entre la industria y la academia registra un desarrollo de entornos científicos y tecnológicos en las áreas de la automatización. En Ecuador, la educación se considera un derecho fundamental que ofrece oportunidades de desarrollo en el proyecto educativo, que fortalece la integración de acciones para formar individuos competentes en respuesta a las demandas de la sociedad.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), como entidad pública, no deberá mantener ingresos económicos por parte de personas particulares (Ley Orgánica De Educación Superior, 2018). El centro de educación física de la ESPOCH brinda sus instalaciones a la comunidad politécnica con fines académicos y deportivos.

De acuerdo a la aprobación por parte del consejo politécnico con resolución 089 (CP 2017) se manifiesta que: los estudiantes, docentes, empleados y trabajadores harán uso de las instalaciones de la piscina. El analista, el personal de mantenimiento tienen la responsabilidad de salvaguardar la infraestructura, la conservación y cuidado de los equipos de la piscina.

Las instalaciones de la piscina institucional constan de: turco, sauna, piscina semiolímpica y duchas de agua caliente. Estos componentes son controlados mediante sistemas semiautomáticos que requieren una asistencia manual por parte de los operarios para su funcionamiento.

En el proceso de mejora de los sistemas de la piscina institucional, se propone implementar un control basado en software de supervisión. No implica intervenir en los procesos existentes, se considera aplicar un sistema redundante y establecer una interfaz de monitoreo como enlace entre niveles de control y gestión en la piscina institucional.

## **1.2. Planteamiento del problema**

A pesar de formar parte de una unidad académica de educación superior, en la actualidad en las instalaciones de la piscina institucional carece de un sistema automatizado de registros y control de los procesos. El monitoreo de los sistemas de bombeo y la climatización de los cuartos de sauna y turco se realiza de forma manual por parte de los operarios, lo que impide tener un respaldo de información mediante un recurso tecnológico para la toma de decisiones.

En la infraestructura de la piscina institucional de la ESPOCH, se observa que solo el 50% de las instalaciones correspondientes a las zonas húmedas se encuentran operativas, no cuenta de un sistema de control de temperatura en las áreas de sauna y turco, las altas temperaturas generan incomodidad o sofocación a los usuarios.

En el consumo de agua caliente en las duchas en la zona de distribución se centra en la falta de indicadores y sensores de nivel en el tanque de almacenamiento. Esta carencia impide un monitoreo en tiempo real del nivel de agua caliente, dificulta la gestión eficiente de recursos, el mantenimiento oportuno, y la mejora en la experiencia del usuario.

La falta de un sistema SCADA limita a la red de bombeo, supervisar el consumo de agua y visualización de la temperatura en las zonas húmedas en tiempo real, además no existe una centralización de datos de las áreas en estudio que sea almacenado en un ordenador. Por lo que se plantea el problema: ¿De qué manera la implementación de un sistema SCADA mejorará las instalaciones de bombeo en las duchas y climatización de las zonas húmedas de la piscina institucional de la ESPOCH?

### **1.3. Justificación**

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo durante algunos años ha dado servicio a la comunidad en el campo deportivo, en lo que concierne a la piscina, no cuenta con un registro del consumo de agua caliente y carece de información de temperatura en las zonas húmedas.

Los factores a resaltar para la solución de estos problemas presentados en la piscina de la ESPOCH, son tener conocimientos teóricos prácticos de la automatización, programación e instalaciones eléctricas, además la innovación en los sistemas de control, resolución de problemas en los sistemas de operación y presentar otros campos bajo la perspectiva de mejorar la calidad del ambiente laboral.

La instalación de un visualizador de nivel físico en los tanques de almacenamiento de agua caliente garantiza un control del nivel de agua, la configuración de los sensores evita problemas de sobrellenado o falta de suministro. La instalación de los componentes hardware optimiza el uso de recursos y previene daños en el sistema de distribución.

La implementación de un software de control en las áreas de distribución de agua caliente brinda la capacidad de monitorear en tiempo real variables como temperatura, consumo de agua y presión. Con el análisis de registro de datos históricos permite la detección temprana de fallas y la toma de decisiones respaldadas en información del sistema.

El sistema SCADA facilita el diagnóstico de posibles problemas presentes durante la operación de los equipos, asegura el correcto funcionamiento del proceso. La visualización de los sensores de temperatura, el cierre o apertura del sistema de bombeo, se visualizará y se controlará mediante un panel de supervisión, donde el personal encargado de la piscina institucional podrá monitorear y modificar de acuerdo a las necesidades que pueda surgir.

Por ello, se ha visto en la necesidad de elaborar el presente proyecto técnico: Implementación de un sistema SCACA para el control de las estaciones de bombeo en las duchas y climatización la sauna y turco en la piscina institucional de la ESPOCH.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Implementar un sistema SCADA para el control en las estaciones de bombeo en las duchas y la climatización de la sauna y turco en la piscina institucional de la ESPOCH

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Indagar el funcionamiento de las estaciones de bombeo en las instalaciones de la piscina.
- Seleccionar el hardware y software para la automatización de las estaciones de bombeo en las duchas y la climatización del sauna y turco.
- Implementar un sistema SCADA para las estaciones propuestas en la piscina Institucional de la ESPOCH.
- Generar una interfaz humano-máquina de acceso local y remoto para el control y monitoreo de los procesos.
- Permitir el acceso local y remoto al personal técnico para el control, supervisión, monitoreo y acceso a históricos de las variables de los procesos en estudio en tiempo real.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

Los sistemas SCADA se diseñaron para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado, sobre procesos industriales distribuidos sobre áreas geográficas muy extensas. Según el Centro de Información Técnica manifiesta que: “El Sistema SCADA es una herramienta de automatización y control industrial utilizado en los procesos que pueden controlar, monitorear, recopilar datos, analizar información y generar reportes”. Este concepto demuestra claramente que con un sistema SCADA, se puede producir ahorros significativos de tiempo y dinero como también evaluar los datos con el objetivo de solucionar posibles errores. (Almachi Erick, 2021, p. 17)

Durante la década pasada, se destacó la implementación del sistema SCADA en diversos entornos. En el caso específico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se llevó a cabo investigaciones que incluyeron el diseño de un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante. Este sistema ayudó a monitorear y controlar de manera eficiente el funcionamiento de la estación, el mismo que optimizó el suministro de agua. Esta implementación demuestra el papel crucial que el sistema SCADA realiza en la automatización y gestión de procesos en diferentes sectores. (Almachi Erick, 2021)

El proyecto publicado en la revista internacional de ciencia e ingeniería de control describe una arquitectura de sistemas SCADA basada en OPC (OLE for Process Control) y servidores web, junto con la integración de aplicaciones para la industria de control de procesos. Los sistemas SCADA se destacan como una herramienta moderna y ampliamente utilizada para el control y seguimiento de procesos tecnológicos. Esta propuesta de arquitectura permite una supervisión eficiente y una integración fluida de diferentes aplicaciones en el entorno de control de procesos industriales, lo que contribuye a mejorar la eficiencia y la seguridad en la operación de dichos sistemas. (Nicola Marcel, 2018, p. 13)

En la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en Guayaquil, se llevó a cabo una tesis que abordó el diseño e implementación de un sistema SCADA para el monitoreo del flujo y la temperatura en el sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agroindustria "Frutas de la Pasión". Este sistema SCADA ayudó a supervisar y controlar de manera eficiente el proceso de llenado aséptico, asegura la calidad del producto final y optimiza los parámetros de flujo y



temperatura. Esta tesis evidencia la utilidad y versatilidad de los sistemas SCADA en la optimización de procesos en la industria alimentaria.(Salazar Daniel, 2015)

En estas investigaciones se destacan aspectos técnicos y funcionales de la implementación de sistemas SCADA. En los distintos tipos de industrias, la persona interactúa directamente con los procesos de producción sin tener que correr riesgos en la planta, estos sistemas facilitan el mando y permiten la toma de decisiones de forma autónoma desde un puesto de mando. Así es, los sistemas SCADA son una herramienta de automatización industrial que tiene un impacto significativo.

Estos softwares permiten visualizar de forma gráfica los procesos productivos en una pantalla, mostrar alarmas y avisos para facilitar el control y manejo completo del proceso. Esto proporciona una retroalimentación en tiempo real, lo que ayuda a los operadores a tomar decisiones informadas ya realizar ajustes precisos en el sistema. El sistema SCADA mejora la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad de los procesos industriales al brindar una supervisión y control detallados (Núñez J, 2019, p. 5).

Los sistemas SCADA constituyen hoy en día elementos indispensables en las plantas industriales, proporciona la capacidad de mantener la eficiencia, el procesamiento de datos necesarios para tomar decisiones más acertadas y la notificación de problemas en las instalaciones. (Vascones Beatriz, 2019, p. 5)

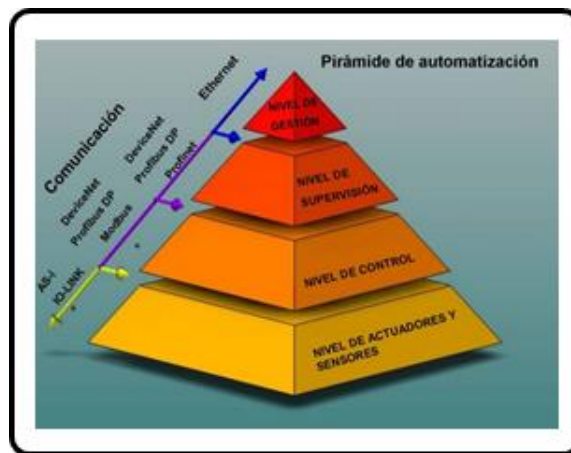
## **2.2. Automatización**

La automatización es el uso de los sistemas de control y las tecnologías de la información para reducir la necesidad del trabajo humano en la producción de bienes y servicios. Sus principales ventajas son: sustituir a trabajadores en ambientes peligrosos, labores monótonas, o actividades que supongan mucho desgaste físico o que sobrepasen las capacidades físicas, la fuerza, la resistencia o la velocidad del ser humano, que mejora así la economía de las empresas y de la sociedad en general (Edwin García, 2020, p. 11). Es cierto que la automatización, incluye los sistemas de control y las tecnologías de información, no tiene como objetivo reemplazar completamente a las personas en todos los casos. En muchos escenarios, se prescindirá de la intervención humana para tomar decisiones, resolver problemas complejos o adaptarse a situaciones inesperadas. La automatización tiene como objetivo principal mejorar la productividad, la uniformidad y la eficiencia de los procesos, brinda a las personas herramientas y sistemas que les permiten realizar tareas de manera más rápida, precisa y consistente. Al reducir la carga de trabajo manual repetitiva y ofrecer información en tiempo real, la automatización libera tiempo y recursos para que los

humanos se enfoquen en actividades que requieren habilidades más avanzadas, creatividad y toma de decisiones estratégicas.

### 2.3. Pirámide de automatización

La pirámide de la automatización muestra la forma como son integradas las tecnologías asociadas a la automatización industrial y la gestión de los procesos de producción. La ilustración 2-1 indica la forma como está organizada jerárquicamente en cinco niveles: procesos, control, monitoreo, sistema de ejecución de la producción (MES), sistema de gestión integral de la empresa (ERP).



**Ilustración 2-1:** Pirámide de Automatización  
Fuente: Micro automatización.

Es importante destacar que no se debe avanzar a niveles superiores si los inferiores no operan adecuadamente. Esta separación entre niveles es mucho más que un concepto y tiene implicaciones tanto en la organización de las empresas como en los flujos de información de los procesos. (Montes Daniel. 2021, p. 1)

#### 2.3.1. Nivel 0

Se trata del nivel mínimo de la jerarquía de automatización. En él se incluyen los actuadores, los sensores y los demás componentes físicos que componen una máquina. Un sensor es un dispositivo capaz de generar una señal eléctrica al detectar una variable física como proximidad, presencia, presión, temperatura, posición, nivel, velocidad, entre otros. Los actuadores son elementos que modulan el estado mecánico de un sistema. (Vásconez Beatriz, 2019, p. 11)

Dentro de este nivel existe el mayor número de componentes de una red industrial, pero, a su vez, estos elementos son los que tienen muy poca información que proporcionar, debido a que, al tratarse de sensores digitales on-off, la señal de interés será únicamente un 1 o 0 lógico que

representa su activación o desactivación , para sensores analógicos, su valor dependerá de la resolución del sensor (Zapata Mireya, 2021, p. 159)

### **2.3.2. Nivel 1**

Conforman máquinas de control numérico, robots industriales y las computadoras que interceden en los procesos productivos, en la pirámide de automatización este nivel se coloca en autómatas programables (PLC). Los controladores digitales constituyen sistemas destinados a ser utilizados en un entorno industrial para controlar, mediante entradas y salidas digitales o analógicas, diferentes tipos de maquinaria o procesos. (Brunete Alberto, 2018) La cantidad de elementos de control es mucho menor a la de sensores; sin embargo, cada vez se implementa procesos más complejos o con un mayor nivel de automatización, que requieren un mayor número de elementos y algoritmos cada vez más complejos. (Zapata Mireya, 2021, p. 160)

### **2.3.3. Nivel 2**

Está constituido por el Sistema de Monitoreo Control y Adquisición de Datos (Scada). Está conformado por toda la infraestructura de hardware y software requerida para la implementación de un sistema de monitoreo y control remoto del proceso. Su principal elemento es el cuarto de control central, desde donde se puede visualizar el funcionamiento parcial o total de un proceso industrial, y es la herramienta principal para identificar o modificar el estado de una planta industrial. (Zapata Mireya, 2021, p. 161) La adquisición y almacenamiento de datos entregados por los controladores digitales del nivel 1 se representa de forma gráfica las variables del proceso y se controlan por medio de alarmas. Con los comandos recibidos del Nivel 3, opera mediante controladores digitales y autónomos (dispositivos e instrumentos de campo). Su arquitectura es flexible y está dotada de capacidad de ampliación y ajuste para comunicarse con distintas marcas y tipos de controles digitales. (Brunete Alberto, 2018)

### **2.3.4. Nivel 3**

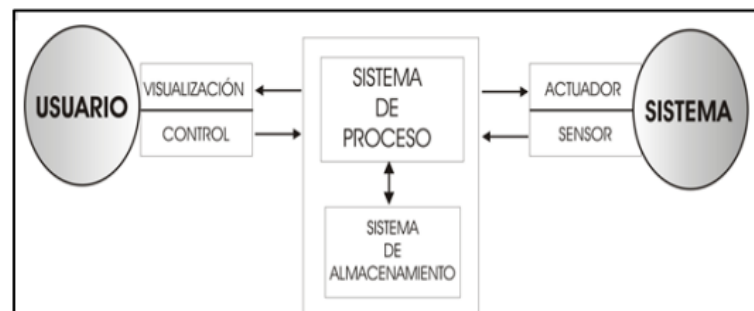
El tercer nivel de la pirámide de automatización se llama nivel de operación o de planificación; está formado por toda la parte administrativa y de gestión necesaria para la organización de un proceso industrial, es decir, es el encargado de la logística, adquisición de materia prima, almacenaje, entrega de productos terminados, cadena logística, talento humano, control de calidad, compras y contabilidad. Este nivel suele utilizar un sistema de gestión informática conocido como MES (Manufacturing Execution System) (Zapata Mireya, 2021, p. 162)

### 2.3.5. Nivel 4

Los sistemas para la administración de recursos empresariales ERP (Enterprise Resource Management) son una colección de módulos de software relacionados con la recolección, almacenamiento y disposición centralizado de la información. La gerencia puede monitorear, controlar en tiempo real los procesos y le posibilita tomar decisiones sobre pedidos, planes de envío basados en la información real adquiridos por los sistemas. (Brunete Alberto, 2018)

## 2.4. Definición de sistemas SCADA

Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es una plataforma de control y adquisición de datos que permite supervisar, controlar y gestionar de manera centralizada procesos industriales. Utiliza tecnologías de comunicación para recopilar datos en tiempo real, monitorear dispositivos y realizar acciones de control basadas en parámetros predefinidos, que mejora la eficiencia y seguridad de los procesos industriales. En la ilustración 2-2 indica mediante un esquema las partes del sistema SCADA (Quevedo Diego, 2020, p. 17)



**Ilustración 2-2:** Esquema básico del sistema SCADA

Fuente: Quevedo Diego, 2020.

Los sistemas SCADA comprenden varios subsistemas, como el de captación de datos, que se realiza mediante un PLC (Controlador Lógico Programable) o mediante placas de desarrollo que reciben señales y las envían hacia estaciones remotas mediante un determinado protocolo, utiliza un ordenador para captar información a través de un hardware especializado y transmitírsela a un ordenador por un puerto serial. En general, las tareas de supervisión y control suelen guardar más relación con el software SCADA. (Babayigit y Sattuf, 2019)

El colaborador tiene acceso a las pantallas de visualización del computador de las estaciones de forma remota. Adicional tiene comunicación de los estados que integra el sistema, estado de alarmas y toma decisiones de los equipos.

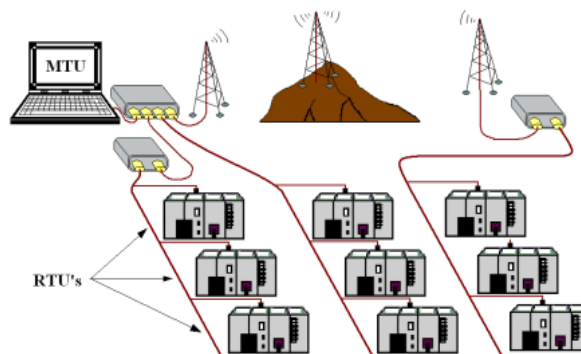
- Funciones del Sistema SCADA

El Sistema SCADA cumple las siguientes funciones: (Quevedo Diego, 2020, p. 18)

- Adquisición de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- Monitoreo, para observar desde un cuarto centralizado la evolución de las variables de control.
- Control, modifica la evolución del proceso mediante la interacción con los reguladores autónomos básicos, tanto directamente sobre el proceso a través de las salidas conectadas, como a través de la configuración de parámetros y límites de operación.

### 2.4.1. Arquitectura SCADA

La arquitectura SCADA consta de componentes de hardware y programas de software, en la ilustración 2-3 indica las partes del hardware que se incluye una "Unidad terminal remota (RTU)", una "Unidad terminal maestra (MTU)", actuadores y sensores, y el software incluye una "Interfaz hombre-máquina (HMI)", una base de datos central (Histórico) y otro software de usuario Este software proporciona una interfaz de comunicación entre el hardware y el software. ((Geeta Yadav, 2021, p. 4)



**Ilustración 2-3:** Elementos hardware sistema SCADA

Fuente: Udep, 2018.

- *RTU*: es responsable de recopilar datos e información en tiempo real de los sensores que están conectados al entorno físico mediante un enlace. Las RTU envía información a la MTU. Estos se encargan de transmitir los datos de estado actual de los dispositivos físicos asociados con el sistema. (Guerrero Luis, 2021, p. 3)
- *MTU*: es el tamaño máximo de datos que puede ser transmitido en una sola unidad en una red de comunicaciones. Especifica la capacidad máxima de carga útil en un paquete de datos y varía según el tipo de red y el protocolo utilizado. (Geeta Yadav, 2021, p. 4)
- *HMI*: proporciona una interfaz de comunicación entre el hardware SCADA y los componentes de software. Es responsable de controlar la información operativa SCADA, por

ejemplo, controlar, observar y comunicar entre varias RTU y MTU en forma de texto, estadísticas u otro contenido comprensible.(Guerrero Luis, 2021, p. 3)

- *Histórico*: se utiliza para acumular y almacenar datos de comunicación bidireccional, eventos y alarmas. Puede ser visto como una base de datos centralizada o un servidor ubicado en un lugar remoto, donde se registran y conservan registros históricos para su posterior análisis y referencia.(Geeta Yadav, 2021, p. 4)
- *La red de comunicación*: proporciona servicios de comunicación entre varios componentes en el marco de la red SCADA. El medio utilizado puede ser inalámbrico o cableado. En la actualidad, el medio inalámbrico se utiliza generalmente, para interconectar áreas de circulación geológica y zonas menos disponibles.(Vascones Beatriz, 2019, p. 14)

## **2.5. Lenguaje de Programación**

La evolución de la computación ha hecho posible el desarrollo de códigos que son incluidos en automóviles, aparatos electrodomésticos, cajeros automáticos, teléfonos inteligentes, etc. Los lenguajes de programación son órdenes o comandos que se combina para desarrollar programas de cómputo. Cada lenguaje de programación mantiene su propia escritura. (Villalba Carla, 2021, p. 20)

### **2.5.1. Python**

Python es un lenguaje de programación orientado a objetos, fácil de aprender, creado por Guido van Rossum, es un lenguaje que procesa datos numéricos o de texto(Caballero Leonardo, 2019), ideal para desarrollo de scripting y aplicaciones con estructura de datos de alto nivel. La elegante sintaxis y su tipado dinámico hacen que sea compatible con múltiples plataformas de desarrollo. (Python,2023)

Para (Caballero Leonardo, 2019) Python es un software libre utilizado en todas las plataformas y sistemas operativos habituales. Al poseer una licencia de código abierto posibilita usar y distribuir libremente, incluso se puede utilizar de forma comercial.

Al programar en Python es importante conocer y elegir las librerías como herramientas para el desarrollo de un interfaz humano máquina, las librerías de programación son conjuntos de archivos de código que se utiliza para desarrollar software. Su uso facilita a la programación y la comunicación de los diferentes softwares a utilizarse. (Hernández Sergio, 2019, p. 27)

Las librerías más importantes para desarrollar estas aplicaciones son:

- *Tkinter*: es una biblioteca de interfaz gráfica de usuario (GUI) para el lenguaje de programación Python. Permite crear ventanas, botones, cuadros de texto y otros elementos interactivos para aplicaciones de escritorio. Es una herramienta popular y fácil de usar para desarrollar interfaces gráficas en Python. (Tkinter 2023)
- *Pygame*: es una biblioteca para progreso 2D, en el lenguaje de programación Python, se basa en SDL, que es una biblioteca que brinda acceso de alto nivel al hardware. Este es un producto que opera en cualquier sistema operativo: Mac OS, Windows o Linux. SDL son bibliotecas en lenguaje C para la comisión de gráficos 2D. (Pygame, 2020)
- *PySerial*: es una librería que posibilita comunicarse a través de puerto serial (RS-232), esto puede ser muy útil para mandar o recibir datos de periféricos que sea comunes de manera que al ejecutarse en Python sea sencillo y sin tener que complicarse para nada con este tipo de programación. (Pyserial, 2020)
- *Pandas*: es una librería de código abierto que ofrece una sólida estructura que facilita la manipulación y tratamiento de datos. Pandas surgió como necesidad de crear una única librería donde el analista de datos pudiese tener en una misma herramienta todas las funcionalidades, como: cargar, modelar, analizar y manipular datos. (Pandas, 2020)

### 2.5.2. *Matlab*

Es un lenguaje de alto rendimiento para cálculos numéricos con vectores y matrices, se puede trabajar con números escalares (tanto reales como complejos), con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. Facilita construir funciones y programas matemáticos, de computación, desarrolla algoritmos, modelado, simulación, análisis de datos y creación de prototipos de visualización (Jalalvand Ali. 2019).

Las GUI (también conocidas como interfaces gráficas de usuario o interfaces de usuario) facilitan el manejo intuitivo de las aplicaciones de software mediante la ejecución de una interfaz que incluye controles como menús, barras de herramientas, botones y deslizantes. (Matlab, 2023)

### 2.5.3. *Java*

Java es un lenguaje de programación ampliamente utilizado para codificar aplicaciones web. Es una opción popular para los desarrolladores por ser un lenguaje multiplataforma, orientado a objetos y centrado en la red que se puede utilizar como una plataforma de desarrollo. Java es rápido, seguro y confiable para codificar aplicaciones móviles. Software empresarial son aplicaciones de macro datos y tecnologías del servidor. (Amazon Web Services, 2023)

Los framework en Java son utilizados para el desarrollo de aplicaciones gráficas a tiempo real, se comunican con la GPU, con el fin de enviar los datos que se necesita para renderizar y programar las interfaces gráficas. Una API de gráficos nos ofrece manejar funcionalidades del hardware y poder renderizar los escenarios de los proyectos, en la actualidad existe variedad de estas librerías, algunas de ellas multiplataforma. Además, no dependen del Sistema Operativo (SO). (Herrera Daniel, 2020, p. 20)

## 2.6. Tarjetas de desarrollo

Es una herramienta para el desarrollo de sistemas electrónicos digitales y analógicos, contienen controladores, microcontroladores que ejecuta una serie de instrucciones de acuerdo a lo determinado en una programación. (Ramírez Carlos, 2021, p. 20) En el mercado local las tarjetas de desarrollo más comercializadas son:

- *Raspberry Pi*: Es un miniordenador de buena capacidad que favorece conectar periféricos como: el mouse, pantalla, teclado entre otros; se presenta en varios modelos, cada uno de ellos caracterizado por el número de entradas, salidas, características y módulos; opera con el software principal Raspbian de la versión Debian, soporta sistemas operativos como GNU/Linux y la versión de Windows 10. En la ilustración 2-4, se puede observar una tarjeta Raspberry Pi 3. (Raspeberry Pi, 2018)

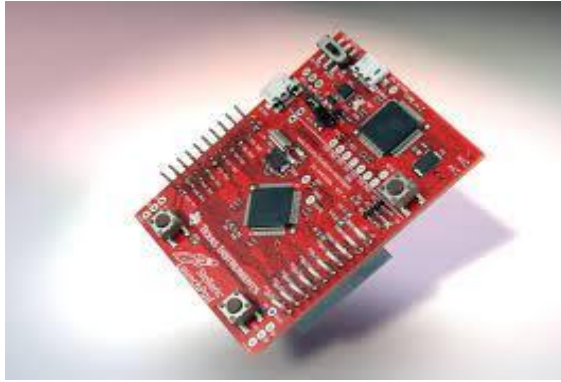


**Ilustración 2-4:** Raspberry Pi 3

**Fuente:** (López, 2020)

- *Stellaris Launchpaa*: es una tarjeta para microcontroladores ARM® Cortex™-M4F de Texas Instruments, en su diseño resalta un microcontrolador LM4F120H5QR, puerto USB y un módulo de hibernación, cuenta con botones programables por el usuario y leds RGB para aplicaciones personalizadas. Las regletas apilables de la Stellaris Launchpad LM4F120 se expande su funcionalidad muy fácilmente al interactuar con otros periféricos, en la figura 2-5 se aprecia una Stellaris Launchpad LM4F120 (Robiz.net, 2022).





**Ilustración 2-5:** Stellaris Launchpad LM4F120  
**Fuente:** (RASPBERRY PI, 2018)

- *El hardware y el software Arduino:* es de código abierto que facilita el uso para diseñadores y desarrolladores forma la base de Arduino, una plataforma de creación de productos electrónicos. La comunidad de creadores puede usar la plataforma para construir varias microcomputadoras de placa única para una variedad de propósitos. Además, los circuitos electrónicos vinculados a las entradas, salidas, analógicas y digitales se pueden agregar a esta placa para desarrollar procesos simples e inteligentes que pueda comunicarse entre sí con un ordenador. (Peña Claudio 2020, p. 14) En la ilustración 2-6 se identifica un Arduino mega.



**Ilustración 2-6:** Arduino mega  
**Fuente:** (Arduino Home)

- Tarjetas programables en el desarrollo de los sistemas SCADA

Las tarjetas lógicas programables están ganado espacio a nivel industrial, su aplicación trasciende áreas como son: Agricultura, Ganadería, Sistemas de aspersión, control de PH. Para el proyecto de un analizador de energía para monitorear los parámetros de tensión, corriente y temperatura, la comunicación entre el SCADA y los equipos de campo (Iglesias Kleber, 2020, p. 42) el uso de tarjetas lógicas programables con comunicación serial, se utiliza en protocolos Modbus RTU configurado a una velocidad de 19200 baudios.

De acuerdo con la pirámide de automatización los procesos de campo como son los sensores, motores, actuadores serán asignados a los pines de entrada de la tarjeta lógica programable y la

información de estos dispositivos serán leídos en forma de variables, procesados mediante código de programación y visualizados en tiempo real por el sistema SCADA, de acuerdo con los procesos establecidos los datos serán enviados a los diferentes dispositivos conectados remotamente (Martínez Francisco, 2022, p. 37)

## 2.7. IOT

En 1999 el británico Kevin Ashton, experto en innovación digital, define la tecnología IOT como objetos conectados entre sí e identificados por radiofrecuencia. A comparación de la primera etapa del internet que es la creación de información a partir de las personas y a continuación subirlas hacia la web. La segunda etapa se conoce como IOT, consiste en la creación de datos a partir de las cosas que se encuentra presentes en la vida cotidiana como ropa, artículos, casas, vehículos, de igual importancia en la industrial la creación datos a partir de sensores, actuadores, como resultado poder visualizar dicha información en tiempo real en el caso de conocer el estado los equipos, el monitoreo de fabricación en las líneas de producción o en la parte médica, el monitoreo del estado de salud de un paciente. (Pradyumna Gokhale, 2019, p. 41)

La arquitectura IOT genera una comunicación de ámbito físico y virtual, que crea una interacción en tiempo real. De este modo involucra muchos factores como redes, comunicación, procesos comerciales, seguridad y servidores que proporciona una interfaz web de gestión, de manera que reúne tecnologías de almacenamiento de información, conectividad, visualización de datos en tiempo real en dispositivos móviles o compatibles. (Pradyumna Gokhale, 2019, p. 41)

La plataforma de IOT brinda capacidades comunes al proporcionar un medio de comunicación con sensores, dispositivos, software, así como la evaluación de la información en tiempo real, capaces de conectarse a la nube para transferencia de datos, almacenamiento. Recibir todos los dispositivos integrados a la IOT de forma segura. (Mellado Jacob, 2020)

- *ThingSpeak*: es una plataforma de Internet of Things (IOT) que soporta almacenar datos de sensores en la nube y desarrollar aplicaciones IOT, también ofrece aplicaciones que al analizar y visualizar datos en MATLAB. Los datos de los sensores pueden ser enviados desde Arduino, Raspberry y otro. (Martínez Francisco, 2019)
- *Altair SmartCore*: es una plataforma de Internet de las cosas (IoT) que facilita la conectividad, gestión y análisis de datos de dispositivos IoT. Ofrece funcionalidades como la monitorización en tiempo real, la automatización de procesos y la generación de informes, facilita la implementación de soluciones IoT en diversos sectores industriales. (Martínez Francisco, 2019)

- *Ubidots*: es una plataforma IOT que brinda una comunicación basada en dispositivos globales que otorga el control, monitoreo y automatización de procesos de forma remota. Con respecto a las aplicaciones donde se ha implementado Ubidots se señala las áreas de la salud, energía, fabricación, transporte, etc. (Martínez Francisco, 2019)
- *Thinking things*: es una plataforma de Internet de las cosas (IoT) que ofrece soluciones para la monitorización y control de diferentes aspectos, como el consumo de energía, la calidad del aire y la seguridad. Esto posibilita la capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real, facilita la toma de decisiones y la optimización de recursos. (Martínez Francisco, 2019)

## **2.8. Definición y principios de Sistema de bombeo**

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que facilita el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumpla las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. Esta publicación se limita al estudio del transporte de fluidos newtonianos incompresibles, y específicamente de líquidos. (Aguayo Anthony, 2022, p. 18)

El funcionamiento de las estaciones de bombeo son conjuntos de estructuras que están formadas por una o diversas bombas. Cada bomba está formada por un conjunto de tuberías y de pozos de bombeo. Las tuberías son de dos tipos: de succión y de descarga. De esta manera, la tubería de succión absorbe el agua o el líquido para después, a través de la tubería de descarga, impulsarlo para distribuirlo por toda la red. En otras palabras, las estaciones de bombeo están orientadas a transportar el agua, a través de la presión, hacia punto de menor o mayor altitud. (SFA, 2023, p3)

### **2.8.1. Tipos Sistemas de bombeo**

En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente de agua debe estar ubicada en la parte alta para que el agua fluya a través de tuberías, se usa solo la fuerza de la gravedad. En los sistemas de agua por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, es necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento ubicados en elevaciones superiores a la ubicación inicial. Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente, los cuales existen diferentes tipos de sistemas:(Aguayo Anthony, 2022, p. 19)

### **2.8.2. *Sistemas de bombeo centrífugo***

Cuando se habla de un sistema de bombeo centrífugo, se está ante una bomba hidráulica, que transforma la energía mecánica del impulsor en energía cinética que será necesaria para ejercer presión sobre el líquido. Los sistemas de bombeo centrífugo suelen estar formados por un impulsor giratorio que está conectado a un eje. Este eje se encuentra también conectado a una fuente de energía. Gracias a este impulsor aumenta la velocidad del agua, facilita que el agua se descargue por la tubería; por lo que está diseñada para disminuir el caudal del agua y hacer que su velocidad se convierta en presión. (Vacca Engineering ,2020, p 12)

### **2.8.3. *Sistemas de bombeo sumergible***

Son sistemas que para utilizarlos se sumergen en el líquido y lleva un sistema eléctrico que está protegido para no filtrar el agua. Cuando se usa este tipo de bombas de agua se tiene que analizar cuál es el caudal máximo que puede generar, cuál es la longitud de la cuerda y la profundidad máxima que puede alcanzar la bomba. Son sistemas de bombeo que pueden generar una gran fuerza para hacer subir el agua debido a su falta de restricciones por la presión del aire exterior. (Vacca Engineering ,2020, p 14)

### **2.8.4. *Sistemas de bombeo solar***

Este tipo de sistemas de bombeo se caracteriza porque son sistemas que funcionan gracias a la acción del calor del sol. Son sistemas sostenibles porque no consumen de otras fuentes de energía y solo consumen energía procedente el sol. Estos sistemas suelen contar con un sistema de paneles solares que capta la energía del sol y la convierten en energía eléctrica. Esta energía se suministra a la bomba para que pueda funcionar. Son sistemas que tienen una enorme popularidad en las diferentes industrias porque son sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. (Vacca Engineering ,2020, p 15)

- Variables fundamentales del sistema de bombeo

La resolución de la mayor parte de los problemas de la dinámica de fluidos pasa a través de las ecuaciones de continuidad, cantidad de movimiento y energía. Estas ecuaciones se obtienen de aplicar la concepción Euleriana a la ley de conservación de masa, a la segunda ley de Newton y a la primera ley de Termodinámica, respectivamente(Cardona Cesar, 2021, p. 29). Entre las variables básicas más representativas son:

- *Volumen*: es una magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un cuerpo. Es una función derivada, que se multiplica las tres dimensiones. Además, es una magnitud física extensiva asociada a la propiedad de los cuerpos físicos de ser extensos. La unidad de medida de volumen en el Sistema Internacional de Unidades es el metro cúbico, aunque temporalmente también acepta el litro, que se utiliza comúnmente en la vida práctica. (Tanto Sánchez Mármol 1947, p.107)
- *Caudal*: es la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo. El caudal en un tiempo dado puede medirse por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones de cada sitio. (Arévalo Erick, 2007 p 4)
- *Presión*: se define como el valor absoluto de la fuerza por unidad de superficie a través de una pequeña superficie que pasa por ese punto y en el sistema internacional su unidad es el Pascal ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ). Mientras que, en el caso de los sólidos en reposo, las fuerzas sobre una superficie pueden tener cualquier dirección, en el caso de los fluidos en reposo la fuerza ejercida sobre una superficie debe ser siempre perpendicular a la superficie. (Khan Academy, 2023)
- *Pérdidas por fricción*: es cuando se bombea un fluido a través de una tubería, el fluido comienza a perder impulso debido a una disminución en la velocidad del fluido. Esta disminución de la velocidad se denomina pérdida por fricción en la tubería. La pérdida por fricción de la tubería ocurre debido a la fricción entre el fluido que se bombea y las paredes internas de la tubería. (Eddy Pump, 1984)

## 2.9. Instrumentación de campo

Los instrumentos de campo están constituidos por todos aquellos dispositivos que al realizar la automatización o control del sistema (PLC's, controladores de automatización o control procesos industriales, y actuadores en general) y son los encargados de la captación de información del sistema. (Boza Angelo 2021, p. 40)

- *Duchas*: es un dispositivo que, en la actualidad, forma parte de la higiene personal ordinario; las mismas que se pueden usar en cuartos de baño domésticos como en duchas públicas y se debe usar con obligatoriedad en las piscinas, donde debe utilizar antes de cada baño, para reducir de manera importante algunos problemas higiénicos y de salud asociados a esta instalación de ocio acuático. La ducha es un accesorio sumamente considerable en una piscina. Ducharse es obligatorio por cuestiones de higiene, se considera una señal de respeto para el resto de los bañistas que hacen uso también de la piscina. (Lliguichuzhca Edison, 2020) El no ducharse ocasiona una reacción química importante que puede afectar de manera directa a la salud. En el instante en que se ingresa al agua, el sudor y los restos de crema, desodorantes,

champús, geles de baño y demás productos de higiene personal entra en contacto con el cloro presente en el agua, lo que provoca la formación de un compuesto químico muy dañino, la cloramina. Este compuesto es el causante de que, después del baño, se tiene los ojos rojos e irritados, la piel seca y sensible. (Lliguichuzhca Edison, 2020)

- **Calentamiento de agua en piscinas semiolímpicas**

Existen diversos mecanismos en el mercado para calentar el agua de la piscina y mantenerla a la temperatura ideal. Estas soluciones dependen del presupuesto y la necesidad de los usuarios. Entre las más aplicadas son:(Monteros Jorge, 2020, p. 17)

- *Calentadores a gas:* como primordial recurso para su funcionamiento es el gas natural (propano), es un componente termodinámico que incrementa la temperatura del agua. Es una elección debido a la capacidad de calentar grandes cantidades de agua en minutos. (Monteros Jorge, 2020, p. 17) en la ilustración 2-7 se puede observar un calentador a gas.



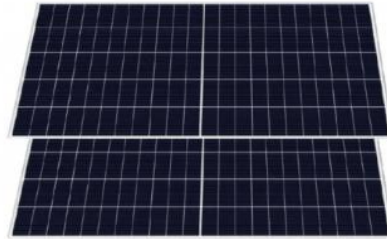
**Ilustración 2-7:** Calentador a gas  
Fuente: (Mott, 2006)

- *Bombas de Calor:* se basa en el principio de refrigeración por compresión de vapor, gracias a su mínimo requerimiento de energía eléctrica para extraer el calor del ambiente y transferir el calor al agua que produce agua caliente. El proceso de calentar el agua puede tardar más de otros sistemas. (Luis E. Parada 2022). El modelo instalado en la piscina de la Espoch se puede observar en la ilustración 2-8.



**Ilustración 2-8:** Bomba de Calor.  
Fuente: (SANDOROBOTICS, 2019)

- *Paneles Solares:* su fuente de energía proviene del sol, mediante la captación de la luz y calor, este sistema utiliza paneles que calienta el agua. Esta energía proviene de recursos renovables, es una opción responsable y amigable con el medio ambiente, aunque su eficiencia puede afectar porque depende de la ubicación y las condiciones climáticas. (Monteros Jorge, 2020, p. 55) Se puede observar un panel solar en la ilustración 2-9.



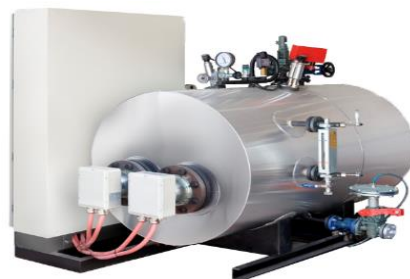
**Ilustración 2-9:** Panel Solar.  
Fuente: (Mott, 2006)

- **Climatización de zonas húmedas**  
La climatización de las zonas húmedas es conocida por albergar servicios de piscina, sauna, turco, hidromasajes relacionados con el consumo de agua con fines recreativos, deportivos o medicinales. (Chávez Juan, 2021, p. 24)

### 2.9.1. *Baño turco*

Es conocido como Hamam que consiste en un baño de vapor creado para generar limpieza y relajación del cuerpo, este baño no supera una temperatura de 70°C y la humedad es muy alta, por lo que muchas personas optan por este tipo de baños por los múltiples beneficios. (Álvarez Adrián, 2020, p. 34)

- *Generador de vapor eléctrico:* Su funcionamiento se basa en el principio de conversión de energía eléctrica en energía térmica, y a la vez vapor que no sea dañino al medio ambiente, de este modo se construye un sistema de transferencia térmica. (Velásquez Alejendo, 2020, p. 455). Se puede observar una bomba de vapor eléctrica en la ilustración 2-10



**Ilustración 2-10:** Bomba de Vapor Eléctrico  
Fuente: (USERS, 2014)

- *Baño Sauna:* consiste en permanecer semidesnudo en una habitación con temperatura de 70-100 grados y en ocasiones llega a 120 grados centígrados baja la humedad a un intervalo de 5 y 15%, con ello se genera la humedad, cabe recalcar que se debe permanecer en un tiempo de 5 a 15min y al salir del sitio hay que enfría el cuerpo. (Becerra Freddy, 2019, p. 13) La cultura finlandesa pide tomar un baño refrescante en un lago o en el océano, Si la exposición a altas temperaturas es prolongada, se produce una acumulación de calor en el cuerpo, aunque los mecanismos de termorregulación son muy efectivos durante los primeros cuatro minutos la temperatura de la piel sube violentamente hasta 40 grados centígrados, además es perjudicial para la salud (Szygula, 1999)

Una forma común de calentar la sauna es mediante resistencias eléctricas. Estas resistencias presentan oposición al flujo de electrones a través de un conductor. Cuanto menor sea la resistencia, mayor será el flujo de electrones y la liberación de energía en forma de calor. Por el contrario, una resistencia alta provoca colisiones entre electrones, lo que también genera calor. (Ticano Álvaro, 2019, p. 16) Se puede evidenciar una resistencia eléctrica tubular en la ilustración 2-11



**Ilustración 2-11:** Resistencia eléctrica tubular  
Fuente: (Ticano Álvaro, 2019)

## 2.10. Actuadores

Los actuadores son una parte importante de los dispositivos y la maquinaria industrial que ayudan a realizar movimientos físicos que convierte la energía, por lo general, eléctrica, neumática o hidráulica, en fuerza mecánica. Es el componente de cualquier máquina que facilita el movimiento. (Núñez Diego, 2021, p3)

### 2.10.1. Módulo Max6675

El módulo transmisor MAX6675 es un dispositivo que permite conectar una termocupla tipo K y realizar la conversión de la señal analógica a digital con una resolución de 12 bits en un rango de 0° a 1023°C. Cuenta con compensación de junta fría y utiliza la interfaz de comunicación



digital SPI, lo que lo hace compatible con diversos microcontroladores, como Arduino y PIC.

La ilustración 2-12 muestra el módulo MAX6675 en detalle. (Referencia: Lab Volt, 2020, p. 15)



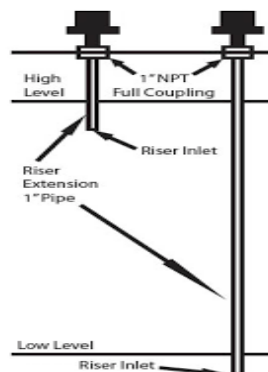
**Ilustración 2-12:** Modulo Max6675

Fuente: (Arduino Home)

## 2.11. Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta y mide cambios en su entorno físico o químico y convierte estos cambios en señales eléctricas o digitales para su posterior procesamiento y análisis. Los sensores son utilizados en una amplia variedad de aplicaciones para monitorear y controlar diferentes variables. (Cortes Thed, 2023, p 14)

*Los sensores de nivel de líquidos:* son dispositivos que activan alarmas cuando el líquido alcanza un nivel determinado en un recipiente. Su instalación busca automatizar el llenado de recipientes y obtener información en tiempo real sobre su capacidad. Estos sensores se utilizan en tanques, depósitos, cubas y tolvas, entre otros. En la ilustración 2-13 se muestra un ejemplo de un sensor de nivel que puede ser utilizado en un sistema SCADA. (Referencia: Aragonés Jesús Bausà, 2023, p. 23)



**Ilustración 2-13:** Sensor de Nivel

Fuente: Genuine Bindicator

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque

Esta investigación se desarrolla bajo el enfoque mixto, cuali-cuantitativo, consiste en recopilar, analizar e integrar investigaciones cuantitativas y cualitativas, cualitativo porque recopila y analiza datos no numéricos, como los aspectos integrados en la ficha de observación para comprender el estado del objeto de estudio. Cuantitativo porque se recurre a datos numéricos de medición que se integran en el sistema SCADA.

#### 3.2. Alcance

El presente proyecto es de tipo técnico, donde se maneja métodos sistemáticos de diseño para alcanzar los objetivos concernientes al mismo, que es implementar un sistema SCADA para el control del sistema de bombeo en las duchas y climatización del sauna y turco en la piscina institucional de la ESPOCH

#### 3.3. Diseño

Investigación Descriptiva -Explicativa. De acuerdo con la situación actual en las áreas de estudio, en la distribución de agua caliente a las duchas, se requiere de un control de nivel de agua en los tanques de abastecimiento de agua caliente, esto ayuda para futuros mantenimiento del tanque, donde sea necesario drenar toda el agua almacenada. El registro del consumo de agua en las duchas de la piscina institucional tiene relación con el tiempo de activación de la bomba de presión, la misma tiene un tiempo de funcionamiento para su posterior mantenimiento.

En el área de zonas húmedas existe la necesidad de un visualizador de temperatura en los exteriores de los cuartos de sauna y turco, al igual de registros de los niveles máximos y mínimos de temperatura y el control de forma remota. No cuenta con un control de la bomba de vapor del cuarto de turco y del sauna

#### 3.4. Tipo de investigación

##### 3.4.1. *Investigación de campo*

La observación inicial y directa se realizó en las instalaciones de la piscina institucional, de los procesos de distribución de agua caliente en las duchas y zonas húmedas. Esta observación

permitió obtener información relevante sobre el funcionamiento del sistema y el análisis hídrico actual de la distribución de agua caliente en dichas áreas.

### **3.4.2. *Investigación Documental***

La investigación pone énfasis en el tema relacionado al proyecto, clasifica la información en el diseño de interfaz humano-maquina, sistemas SCADA, microcontroladores, automatización, comunicación entre sensores, monitoreo, lenguajes de código abierto y el internet de las cosas (IOT). La información fue seleccionada de distintas fuentes de investigación, estudios académicos. Se garantiza el grado de seguridad y confiabilidad para el desarrollo del proyecto técnico, el mismo que se manejan métodos sistemáticos de diseño para alcanzar los objetivos.

## **3.5. Método de investigación**

### **3.5.1. *Método inductivo***

El análisis empieza desde la observación de lo particular a lo general, se utilizó este método en la investigación previo al análisis del sistema de distribución de agua caliente y zonas húmedas. La industria vincula los procesos de su maquinaria y la tecnología. El lenguaje de programación permite la elaboración de softwares de control de componentes mecánicos que realizan tareas repetitivas. El estudio permite cumplir los parámetros de diseño de un sistema SCADA.

### **3.5.2. *Método deductivo.***

Se utiliza este método mediante la observación de la ley general que es la ausencia de visualizadores de temperatura, para pasar a lo particular que son los problemas de salud de los usuarios, mediante el análisis y deducción de los lenguajes de programación de código libre y el desarrollo de software de monitoreo. Los sistemas SCADA representan mediante una interfaz gráfica los procesos industriales como el abastecimiento de agua, cambios de temperatura en las zonas húmedas, satisface las necesidades y exigencias de los usuarios.

## **3.6. Técnicas e instrumentos**

### **3.6.1. *Técnica de observación***

La observación realizada fue una investigación primaria dirigida a registrar el estado de los sensores de temperatura, que forman parte del objeto de estudio. Durante esta observación, se visualizaron y registraron las lecturas de los sensores para conocer su comportamiento y precisión

en la medición de la temperatura. Esta información es esencial para evaluar la confiabilidad y el rendimiento de los sensores en el sistema y tomar decisiones informadas sobre su calibración o posible sustitución

### 3.6.2. Instrumento de investigación

El instrumento de investigación utilizado fue una lista de verificación (CHECK LIST). Esta herramienta permitió registrar y evaluar el estado de cada uno de los componentes de los sistemas de distribución de agua caliente en las duchas y las zonas húmedas. A través de la lista de verificación, se inspeccionaron y anotaron detalles sobre los sensores de temperatura, válvulas, tuberías y otros elementos para analizar su funcionamiento, identificar posibles problemas y determinar si se requerían mejoras o ajustes en el sistema.

**Tabla 3-1:** Ficha de Instrumento de investigación

Ord.	Observación	Indicadores		
		Malo	Regular	Bueno
1.	Estado del sistema de distribución de agua caliente		x	
2.	Estado del tanque de almacenamiento		x	
3.	Estado del sistema de zonas húmedas		x	
4.	Estado de las instalaciones del Baño Turco		x	
5.	Estado de las Niquelinas			x
Ord.	Observación	Indicadores		
		Ausencia	Mal estado	Buen estado
6.	Indicador de nivel de agua	x		
7.	Control de la bomba de vapor		x	
8.	Indicador de temperatura	x		
Orden	Observación	Indicadores		
		Manual	Semi automático	Automático
9.	Funcionamiento del sistema en las zonas húmedas		x	
10.	Funcionamiento del sistema de bombeo de agua a las duchas		x	

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

La tabla 3-1 indica el check list como el instrumento de investigación, con la finalidad de registrar el estado de cada uno de los componentes de los sistemas de distribución de agua caliente de las duchas y las zonas húmedas. La lista proporciona un conjunto de elementos o aspectos a verificar,

donde se va a marcar o registrar el estado de cada componente según su condición actual. Esto da la capacidad de estandarizar la información de los factores, facilita el análisis y la identificación de posibles problemas o áreas de mejora en los sistemas de estudio.

### **3.7. Propuesta y diseño de sistema**

Para cumplir con las condiciones en el desarrollo del proyecto, se detallan conceptos de campo de la automatización. En la parte técnica se vincula los requerimientos del hardware y software, para tomar acciones en el diseño e implementación del proyecto. Se conceptualiza los elementos utilizados, sus características y también se presentan los diagramas electrónicos.

### **3.8. Requerimientos del sistema**

De acuerdo con la sustentación teórica se precisa las características, exigencias, elección de recursos y tecnologías que se deben cumplir para la ejecución del sistema SCADA, se presenta a continuación los siguientes requerimientos:

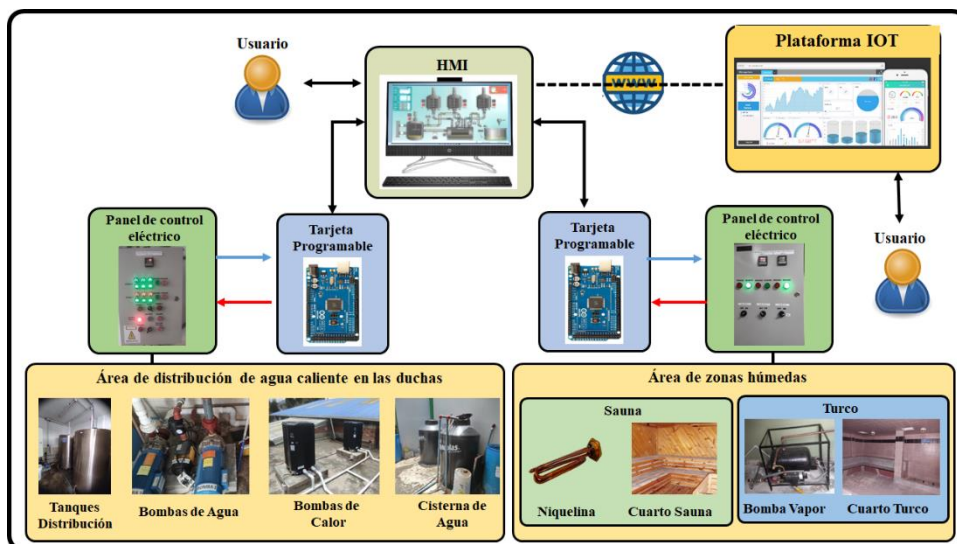
Para obtener una comprensión del estado actual del área de estudio, se requiere observar y una visita in situ. Durante esta visita, se recopila información detallada sobre las variables físicas relevantes en el proceso y se identifican los componentes ubicados en las zonas de estudio. Esta visita se considera un requisito fundamental para obtener un conocimiento preciso y completo del estado de los equipos del sistema que es estudiado.

- Es necesario llevar a cabo un estudio comparativo de diversos softwares utilizados en el desarrollo de interfaces hombre-máquina (HMI). Este estudio nos da la posibilidad de seleccionar la herramienta de software más apropiada para el diseño y desarrollo de la interfaz gráfica de control.
- La tarjeta programable seleccionada debe cumplir con protocolos de comunicación serial para asegurar un intercambio confiable de datos con otros dispositivos y software del sistema. Además, la tarjeta debe tener una cantidad adecuada de puertos de entrada/salida (E/S) digitales y analógicos para satisfacer las necesidades de adquisición y control de datos. Esto permitirá la conexión de sensores, actuadores y otros componentes importantes para el funcionamiento adecuado del sistema.
- Se requiere una interfaz gráfica de control como parte integral del sistema, debe ser desarrollada en un software libre. Esta interfaz debe tener la capacidad de monitorear en tiempo real los valores proporcionados por los sensores, así como almacenar y presentar de forma gráfica las variables físicas medidas.

- Para establecer una conexión del sistema SCADA a la nube se debe seleccionar una plataforma de IOT que permita el almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos recibidos.
- A fin de asegurar un desempeño adecuado, se requiere realizar pruebas de funcionalidad del software, se debe evaluar la eficiencia, el rendimiento y garantizar tiempos de respuesta óptimos de la adquisición de dato y asegurar el funcionamiento correcto del sistema.

### 3.9. Consolidación general del sistema a implementar

La consolidación de un sistema SCADA implica la integración de varios componentes mecánicos, actuadores, contactores que trabajan en conjunto con las entradas y salidas periféricas de las tarjetas programables para lograr una supervisión, control de los procesos de distribución de agua caliente a las duchas y temperatura de las zonas húmedas.



**Ilustración 3-1:** Consolidación general del sistema SCADA

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

La ilustración 3-1 muestra el funcionamiento esperado del sistema SCADA, desde la implementación de los componentes hardware, donde se instalará un sistema redundante al panel de control eléctrico individual en el área de estudio, las señales de lectura serán proporcionadas por los componentes ya instalados como bombas, tanques y niquelinas correspondientes a cada área.

El hardware propuesto para la instalación, comprende las tarjetas programables, todos los sensores y visualizadores de temperatura. El software que se pretende desarrollar se encarga de procesar y mostrar la información que se recopila desde los componentes hardware. Este software

estará diseñado para recibir los datos de los sensores, interpretarlos y presentarlos de forma clara y comprensible para los operadores o usuarios del sistema SCADA.

A continuación, se explica de manera más detallada el funcionamiento esperado del sistema SCADA:

### **3.9.1. Hardware**

- Las estaciones de estudio del sistema de distribución y zonas húmedas están compuestas por sensores que son dispositivos que detectan y convierten magnitudes físicas, como temperatura y nivel, en señales eléctricas o digitales. Estos sensores están conectados al sistema SCADA y proporcionaran datos en tiempo real sobre el estado de los procesos o equipos monitoreados. Los datos recopilados se envían al sistema SCADA para su procesamiento y visualización.
- Los relés se utilizan para realizar el control de encendido y apagado de los circuitos eléctricos de alta potencia o para la interconexión entre sistemas de control externos como son bombas de agua, bombas de vapor, niquelinas y bombas de calor.

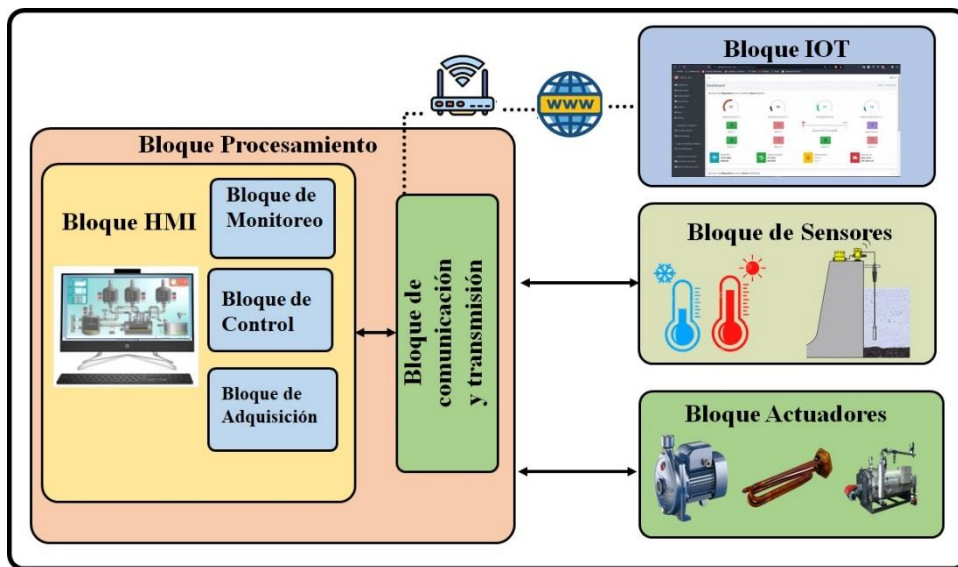
### **3.9.2. Software**

- El sistema SCADA muestra la información procesada en la interfaz HMI. Esta interfaz proporciona una representación visual de los procesos de distribución de agua caliente de las duchas y zonas húmedas en tiempo real. Los operadores pueden interactuar mediante los botones de la interfaz para realizar acciones de selección de bombas, encender o apagar las niquelinas, como también la bomba de vapor, ajustar parámetros temperatura o cambiar sus configuraciones.
- El almacenamiento de los datos facilita realizar análisis posteriores, identificar tendencias y patrones del consumo de agua caliente del sistema de las duchas. Estos análisis pueden ayudar a mejorar la eficiencia de los componentes y tomar decisiones basadas en datos para futuros programas de mantenimiento.
- La integración de un sistema SCADA y la IOT propicia la comunicación bidireccional entre los dispositivos y la plataforma central. Esto significa que se pueden enviar comandos y configuraciones desde la plataforma central a los dispositivos de campo para realizar ajustes o controlar el sistema. En la IOT, la visualización de los datos puede ser accesible a través de aplicaciones móviles o paneles de control web.

### 3.10. Arquitectura general del sistema

La arquitectura del sistema SCADA describe la estructura y el funcionamiento del sistema en un contexto amplio. Incluye componentes como dispositivos de adquisición de datos, controladores, interfaces de usuario y servidores de datos. Esta arquitectura autoriza la supervisión y control eficiente de los procesos, facilita la toma de decisiones y optimiza el rendimiento del sistema.

En la ilustración 3-2 se define la arquitectura general del sistema compuesto por 8 secciones para el sistema SCADA en las áreas del tanque de almacenamiento y las zonas húmedas.



**Ilustración 3-2:** Arquitectura general del sistema  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

Los bloques en conjunto forman parte fundamental en la operación del sistema, si en alguno de ellos ocurre una paralización o falla física compromete la comunicación del sistema y los componentes. Conforme a ello se describe a continuación cada sección de acuerdo con la arquitectura planteada

- *Bloque de procesamiento:* en un sistema SCADA incluye un bloque HMI, un bloque de comunicación y transmisión. Este bloque es responsable de transformar la lectura de sensores y actuadores en lenguaje de computadoras, establecer una pasarela con la tarjeta programable y autorizar el acceso a la plataforma IOT para visualizar y controlar los estados de los sensores y el consumo de agua.
- *Bloque HM:* brinda una interfaz gráfica que posibilita a los operadores supervisar y controlar los procesos en tiempo real, mientras que el bloque de comunicación y transmisión facilita la comunicación con los sensores y la transmisión de señales. Estos componentes trabajan en



conjunto para asegurar la adquisición de datos, el control de los procesos y la toma de decisiones informadas en un entorno SCADA.

- *Bloque de monitoreo:* supervisa las áreas de distribución de agua caliente de las duchas y las zonas húmedas, el bloque de monitoreo proporciona una salida de la etapa de procesamiento donde se muestra de manera local la información relevante, como la temperatura y el nivel de agua, así como la adquisición de información de las señales de las bombas.
- *Bloque de control y configuración:* en el sistema SCADA se encarga de recibir los datos de los sensores, procesarlos mediante algoritmos de control y generar las señales de control adecuadas para los actuadores. Además, ayuda la configuración de parámetros y ajustes del sistema para adaptarse a las necesidades del proceso.
- *Bloque de adquisición de información:* La fase de adquisición de la información dentro del sistema se refiere a la recopilación de los valores cuantificables de los sensores de temperatura y el encendido de la bomba. La información obtenida corresponde a la variación de la temperatura y el consumo de agua en un periodo de tiempo determinado. Estos datos son capturados y analizados en el bloque de procesamiento.
- *Bloque de comunicación – Trasmisión:* actúa como un enlace entre los actuadores y el sistema SCADA, envía comandos desde el SCADA a los actuadores para controlar su funcionamiento. Para lograr esto, utiliza diferentes tecnologías de comunicación, como protocolos de red o buses industriales, que son compatibles con los actuadores y posibilitan la transferencia de información. Son dispositivos que son compatibles con los actuadores y posibilitan la transmisión de datos.
- *Bloque de sensores y actuadores:* interactúan con una tarjeta electrónica programable en una secuencia lógica de funcionamiento. La conexión entre ellos se representa en un diagrama eléctrico, que indica la ubicación de los componentes electromecánicos. La secuencia de funcionamiento está almacenada digitalmente en un ordenador.
- *Bloques IOT* es una plataforma que proporciona servicios como registro y autenticación de dispositivos, análisis en tiempo real, almacenamiento en la nube y herramientas de visualización. Al integrarse con el sistema SCADA por medio del bloque de comunicación y trasmisión, la plataforma IOT facilita la gestión de datos y la generación de informes. Esto proporciona la capacidad de una supervisión y control más eficiente del proceso.

### **3.11. Análisis de la situación actual**

En base a la revisión de los elementos por medio del check list se obtiene los elementos que serán utilizados y los elementos que serán adicionados, se identifica: en la distribución de agua caliente a las duchas su proceso es semi automático, no cuenta con un indicador de nivel de agua para los

tanques de distribución, el funcionamiento del sistema es parcial y no existe un registro de consumo de agua caliente.

Las niquelinas del cuarto de sauna se encuentran en buen estado, su proceso es semi automático, no existe una visualización de la temperatura y un control de ambiente.

El turco cuenta con una bomba de vapor en mal estado, su funcionamiento es semi automático, no existe un visualizador de temperatura y un control de ambiente.

### 3.11.1. Funcionamiento del centro de distribución de agua caliente

En el área de distribución de agua caliente de las duchas se subdivide en 3 etapas que son: abastecimiento del líquido a los tanques de distribución, elevar la temperatura del líquido y distribución de agua caliente a las duchas. En la ilustración 3-3 se presenta los componentes ya instalados en el sistema de distribución de agua caliente a las duchas. Cuenta con tres bombas de agua, dos bombas de calor, una bomba de presión, dos tanques de almacenamiento de líquido, una válvula check y un reservorio.

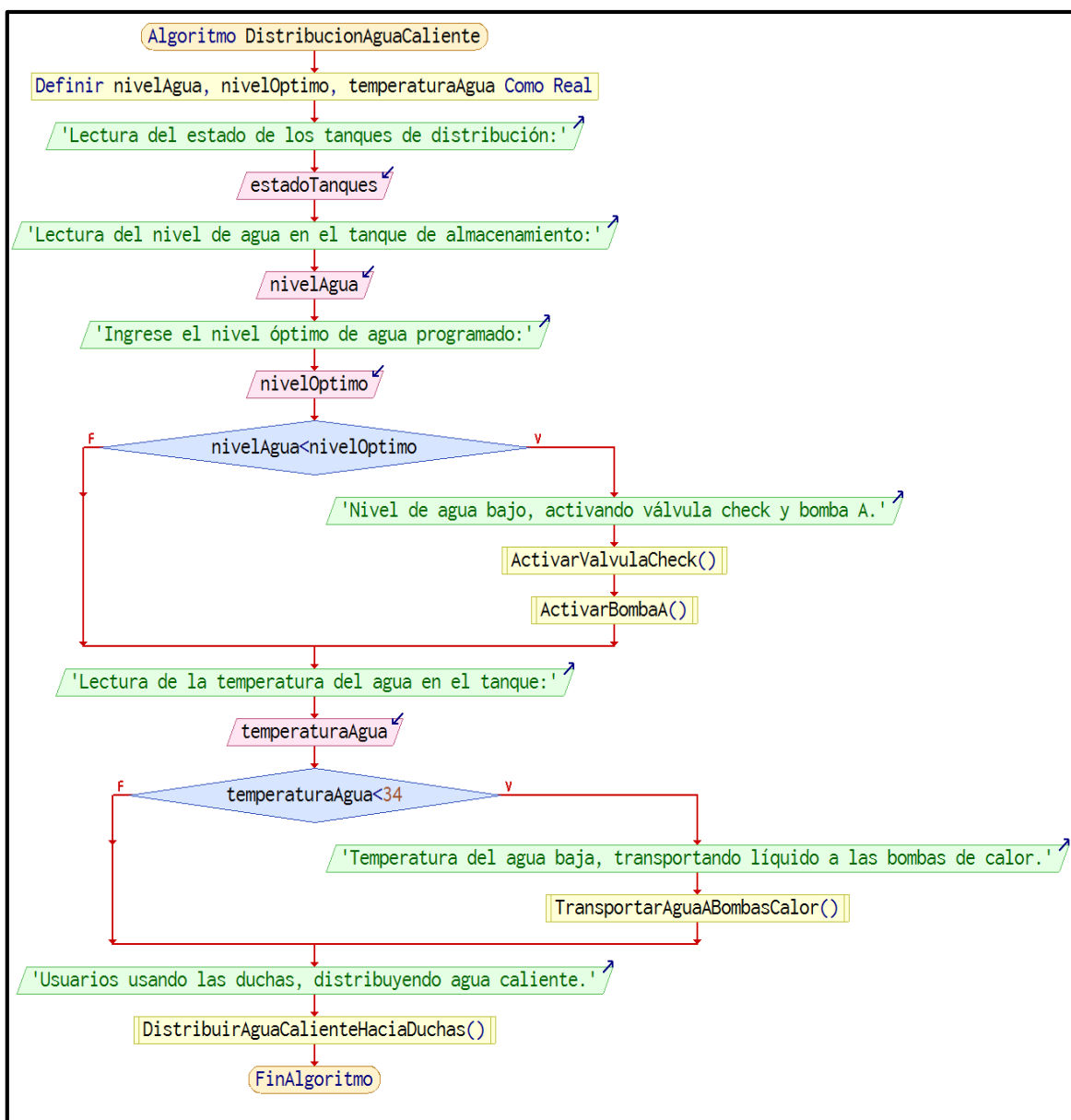


**Ilustración 3-3:** Componentes área de distribución de agua caliente ESPOCH  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

La ilustración 3-4 indica el diagrama de flujo del sistema de distribución de agua caliente a las duchas, el proceso de abastecimiento de agua inicia en los tanques de distribución, con la lectura del nivel de agua en el tanque de almacenamiento mediante un sensor de nivel capacitivo que indica el rango del líquido en el interior. Si el agua decae del nivel óptimo programado, activa a la válvula check y la bomba A, esto da la oportunidad del transporte del líquido y el no retorno.

El proceso de calentamiento de agua inicia con la lectura del sensor de temperatura en el interior del tanque, si la temperatura del agua es menor a 34°C, comienza un proceso de recirculación del agua, el líquido es transportado por las bombas B o C desde los tanques de distribución hacia las bombas de calor, las mismas que calentaran el líquido hasta los 39 grados centígrados.

La distribución de agua caliente hacia las duchas empieza cuando los usuarios hacen uso de las duchas, al momento de ingresar a las piscinas, uno de los reglamentos del centro establece que todos los usuarios deben hacer uso de las regaderas por motivos de desafección y para mantener limpia el agua de la piscina. La bomba de presión se encarga de la distribución de agua caliente hacia las duchas.



**Ilustración 3-4:** Diagramas de flujo del área de distribución ESPOCH.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

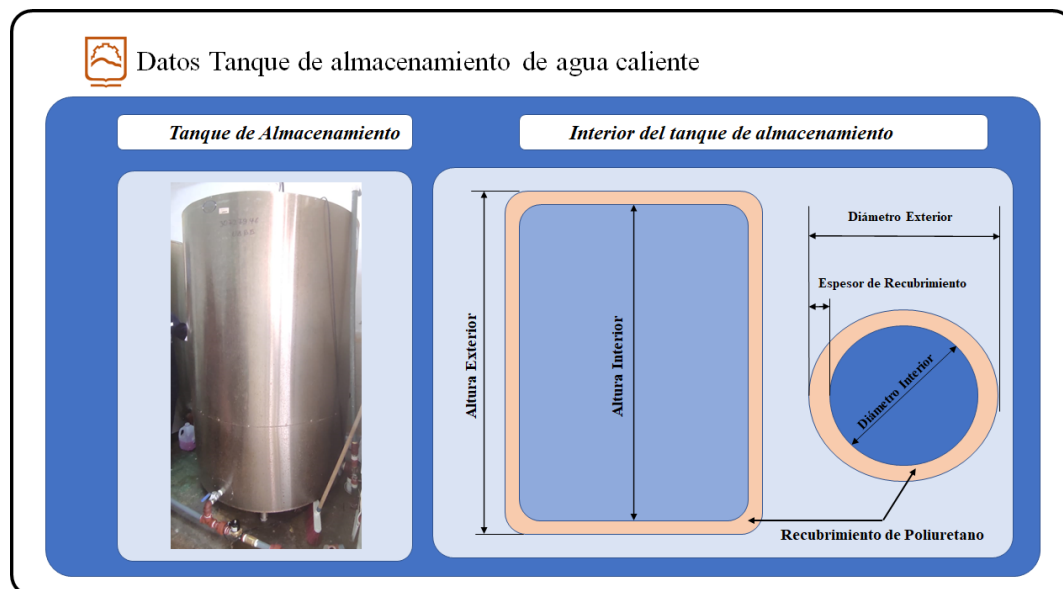
### 3.11.2. Análisis hídrico actual

Durante la visita in situ, se observó que el tanque de almacenamiento de distribución de agua caliente carece de documentación y diseño. Tras investigar con el fabricante, se determinó que los tanques están contruidos con una cámara interna de láminas de acero inoxidable 304, resistente a la corrosión. Además, se encontró que el tanque cuenta con un recubrimiento de poliuretano de 6 cm de espesor para mantener una temperatura óptima del líquido. En cuanto a sus dimensiones, el tanque tiene un diámetro exterior de 120 centímetros y una altura de 180 centímetros.

La información agrupada tiene como objetivos conocer la capacidad de abastecimiento del tanque, el caudal de entrada de agua fría y caudal de salida de agua caliente

Datos

Altura Exterior	H1: 180 cm
Radio Exterior	R1: 60 cm
Altura Interior	H2:168 cm
Radio Interior	R2:48 cm



**Ilustración 3-5:** Tanque de almacenamiento de agua caliente.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

La ilustración 3-5 muestra el tanque de almacenamiento vertical de color plateado, con una altura de 1,80 metros y un diámetro de 0,60 metros. En la parte superior, se encuentra una tapa hermética que posibilita el acceso al interior del tanque. En el lateral, hay una válvula de entrada para el

suministro de agua y una válvula de salida para su distribución. En la base del tanque, se encuentra una base sólida que proporciona estabilidad.

### **3.11.3. Formula de volumen del cilindro**

El volumen de un tanque de almacenamiento se refiere a la capacidad máxima de líquido que puede contener. Se calcula al multiplicar el área de la sección transversal del tanque por la altura del nivel de líquido. Esta medida es importante para determinar la capacidad de almacenamiento y para monitorear el llenado o vaciado del tanque. El volumen puede expresarse en litros, galones u otras unidades de volumen. Es crucial tener en cuenta el volumen máximo del recipiente para evitar en un futuro el desbordamiento o situaciones de riesgo en el almacenamiento de líquidos.

$$V = \pi * R^2 * H \quad (1)$$

$$V = \pi * R^2 * H2 \quad (2)$$

$$V = \pi * 48^2 * 168$$

$$V = 1216022,55 \text{ cm}^3$$

$$V = 1216,02 \text{ lt}$$

Se puede mencionar que el tanque de almacenamiento tiene una capacidad máxima de 1216,02 litros, lo que indica su capacidad de contener esa cantidad de líquido.

Se puede indicar que el caudal de salida de agua caliente para las duchas es de 19,80 litros por minuto, lo que muestra la cantidad de agua caliente que fluye a través del sistema de bombeo en un tiempo determinado.

### **3.11.4. Pérdidas Fricción Agua Fría (Entrada)**

Las pérdidas por fricción en el agua fría se refieren a la disminución de la presión y el flujo de agua debido a la resistencia que experimenta al pasar a través de tuberías, válvulas y accesorios. Estas pérdidas se producen por la rugosidad interna de los conductos y pueden afectar la eficiencia del sistema de suministro de agua fría. El diseño adecuado y el tamaño adecuado de las tuberías son importantes para minimizar estas pérdidas y garantizar un flujo óptimo de agua fría.

## **DATOS**

$$\text{Rugosidad}(\epsilon) = 0,015m$$

$$\text{Diametro}(D) = 0,166m$$

$$\text{Caudal}(Q) = 1,0998 \times 10^8 \frac{m^3}{l}$$

$$\text{Viscosidad del Agua}(v) = 1,02 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} \tag{5}$$

$$V = \frac{0,027766667 \frac{m^3}{l}}{\frac{\pi x (0,166m)^2}{4}}$$

$$V = 0,213 \frac{m}{s}$$

La velocidad del flujo de agua (V) es de 0.213 metros por segundo. Esta velocidad es un parámetro importante para determinar el comportamiento del flujo, como la presión y las pérdidas de fricción. Con una velocidad específica, se puede evaluar la eficiencia y el rendimiento del sistema de flujo de agua en diferentes aplicaciones.

$$Re = \frac{VD}{v} \tag{6}$$

$$Re = \frac{0,213 \frac{m}{s} x 0,166m}{1,02 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 34660.41 m$$

La conclusión es que el número de Reynolds (Re) para el flujo de agua es de 34,660.41 metros. Esto indica que el flujo se encuentra en el rango de flujo turbulento, lo que implica una mayor agitación y mezcla de fluido. Es importante considerar el valor de Re al diseñar sistemas de tuberías y para predecir el comportamiento del flujo de agua en diversas aplicaciones.

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log\left(\frac{\epsilon/D}{3,71} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) \right]^2} \tag{7}$$

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log\left(\frac{0,015m/0,166m}{3,71} + \frac{5,74}{34660.41^{0,9}}\right) \right]^2}$$

$$f = 0,1038 m$$

La conclusión es que el coeficiente de fricción (f) para el flujo de agua es de 0.1038 metros. Este valor es utilizado para calcular las pérdidas de fricción en las tuberías y determinar la resistencia al flujo. Un coeficiente de fricción más bajo indica una menor resistencia, lo que resulta en una mayor eficiencia en el sistema de flujo de agua.

### 3.11.5. Pérdidas Fricción Agua caliente (Salida)

Las pérdidas por fricción en el agua caliente se refieren a la disminución de presión y flujo de agua debido a la resistencia que experimenta al pasar por tuberías, válvulas y accesorios. Estas pérdidas son más pronunciadas en el agua caliente debido a su menor viscosidad en comparación con el agua fría. Para minimizar estas pérdidas y garantizar un flujo óptimo, es importante considerar el diseño adecuado de las tuberías y utilizar materiales de baja rugosidad interna.

#### DATOS

$$Rugosidad(\varepsilon) = 0,015m$$

$$Diametro(D) = 0,166m$$

$$Caudal(Q) = 1,0998 \times 10^8 \frac{m^3}{l}$$

$$Viscosidad\ del\ Agua(v) = 1,02 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} \tag{8}$$

$$V = \frac{1,188 \times 10^7 \frac{m^3}{l}}{\frac{\pi \times (0,166m)^2}{4}}$$

$$V = 5,489216792 \frac{m}{s}$$

La conclusión es que la velocidad del flujo de agua (V) es de 5.489216792 metros por segundo. Este valor indica la rapidez con la que el agua se desplaza a lo largo del sistema. Es importante considerar esta velocidad al diseñar, dimensionar las tuberías y equipos relacionados para garantizar un flujo adecuado.

$$Re = \frac{VD}{\nu} \tag{9}$$

$$Re = \frac{548921679.2 \frac{m}{s} \times 0,166m}{1,02 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 8,93 \times 10^{-3} m$$

El número de Reynolds (Re) para el flujo de agua es de  $8,93 \times 10^{-3}$  metros. Este valor indica que el flujo se encuentra en el rango de flujo laminar, lo que implica un flujo suave y ordenado. Es importante considerar el valor de Re al diseñar sistemas de tuberías y para predecir el comportamiento del flujo de agua en diversas aplicaciones donde el flujo laminar es deseado.

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log\left(\frac{\epsilon/D}{3,71} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) \right]^2} \quad (10)$$

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log\left(\frac{0,015m/0,166m}{3,71} + \frac{5,74}{8,93 \times 10^{-3 \cdot 0,9}}\right) \right]^2}$$

$$f = 0,22 m$$

El coeficiente de fricción (f) para el flujo de agua es de 0.22 metros. Este valor indica la resistencia al flujo en el sistema de tuberías. Un coeficiente de fricción más alto implica una mayor resistencia al flujo, lo que puede resultar en una disminución de la eficiencia del sistema. Es importante considerar el valor de f al diseñar y dimensionar las tuberías para garantizar un flujo óptimo del agua.

### 3.11.6. Pérdidas por accesorios agua fría

Para calcular las Pérdidas en la tubería de agua fría que corresponde desde la cisterna hasta el tanque de almacenamiento interviene los diferentes accesorios y la distancia que influyen para el cálculo

$$Hr = \left( \frac{\gamma L}{D} + \sum K \right) \frac{v^2}{2g} \quad (11)$$

$$Hr = \left( \frac{0,22 * 11}{0,166m} + 24,64 \right) \frac{0,213^2}{2(9.8)}$$

$$Hr = 0,090m$$



La pérdida por accesorios es evidente al ser el valor calculado de 0,090m esto influye en el caudal del agua para su óptimo funcionamiento

### **3.11.7. Pérdidas por accesorios agua caliente**

Las pérdidas por accesorios en el agua fría se refieren a la disminución de presión y flujo de agua debido a la presencia de diferentes componentes y accesorios en el sistema, como válvulas, codos y reducciones. Estos accesorios generan turbulencias y aumentan la resistencia al flujo, lo que resulta en pérdidas de presión. Es importante tener en cuenta estas pérdidas al diseñar y dimensionar el sistema de suministro de agua fría para garantizar un flujo adecuado y eficiente.

$$Hr = \left( \frac{\gamma L}{D} + \sum K \right) \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

$$Hr = \left( \frac{0,22 * 14}{0,198m} + 24,64 \right) \frac{5489216792^2}{2(9.8)}$$

$$Hr = 6,17 \times 10^{19}$$

La disminución por accesorios es evidente al ser el valor calculado de 6,17x10 esto influye en el caudal del agua caliente para su óptimo funcionamiento en las duchas

### **3.11.8. Caudal de entrada Agua fría**

Es impotente saber el caudal del agua fría para poder identificar desde el SCDA en la ventana de supervisión el tiempo de encendido la bomba B

$$Q = \frac{V(L)}{T(min)} \quad (13)$$

$$Q = \frac{2000(L)}{120(min)}$$

$$Q = 16,66 \frac{L}{min}$$

El volumen de agua que atraviesa por las inflaciones de la piscina de agua fría es de 16,66 litros por minuto, lo que es llenado del tanque en un tiempo determinado

### **3.11.9. Caudal de salida Agua caliente**

El caudal de salida de agua caliente para las duchas se refiere a la cantidad de agua caliente que fluye a través del grifo de la ducha por unidad de tiempo. Un caudal adecuado garantiza una experiencia de ducha confortable y satisfactoria, proporciona la cantidad suficiente de agua

caliente para cubrir las necesidades del usuario. Se mide en litros por minuto (l/min) y puede variar según el sistema de suministro de agua.

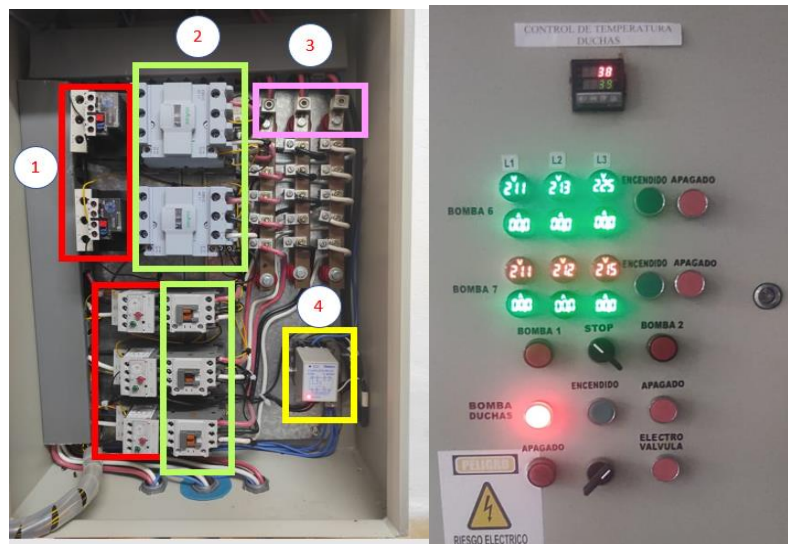
$$Q = \frac{V(L)}{T(min)} \quad (14)$$

$$Q = \frac{20(L)}{(1.01min)}$$

$$Q = 19,80 \frac{L}{min}$$

### 3.11.10. Análisis actual del tablero del cuarto de bombas

El análisis actual de los tableros eléctricos se enfoca en evaluar el estado y funcionamiento de los componentes eléctricos, como interruptores, fusibles y medidores de corriente, con el objetivo de asegurar un suministro eléctrico seguro y eficiente.



**Ilustración 3-6:** Tableteo Eléctrico del cuarto de bombas

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

La ilustración 3-6 representa el tablero eléctrico ubicado en el cuarto de máquinas de la piscina. En esta ilustración se pueden observar diferentes componentes eléctricos importantes para el sistema.

**Tabla 3-2:** Componentes del tablero electrónico del cuarto de bombas

Número	Descripción
1	Relés térmicos
2	Contactores
3	Fuente
4	Regulador de nivel conductivo

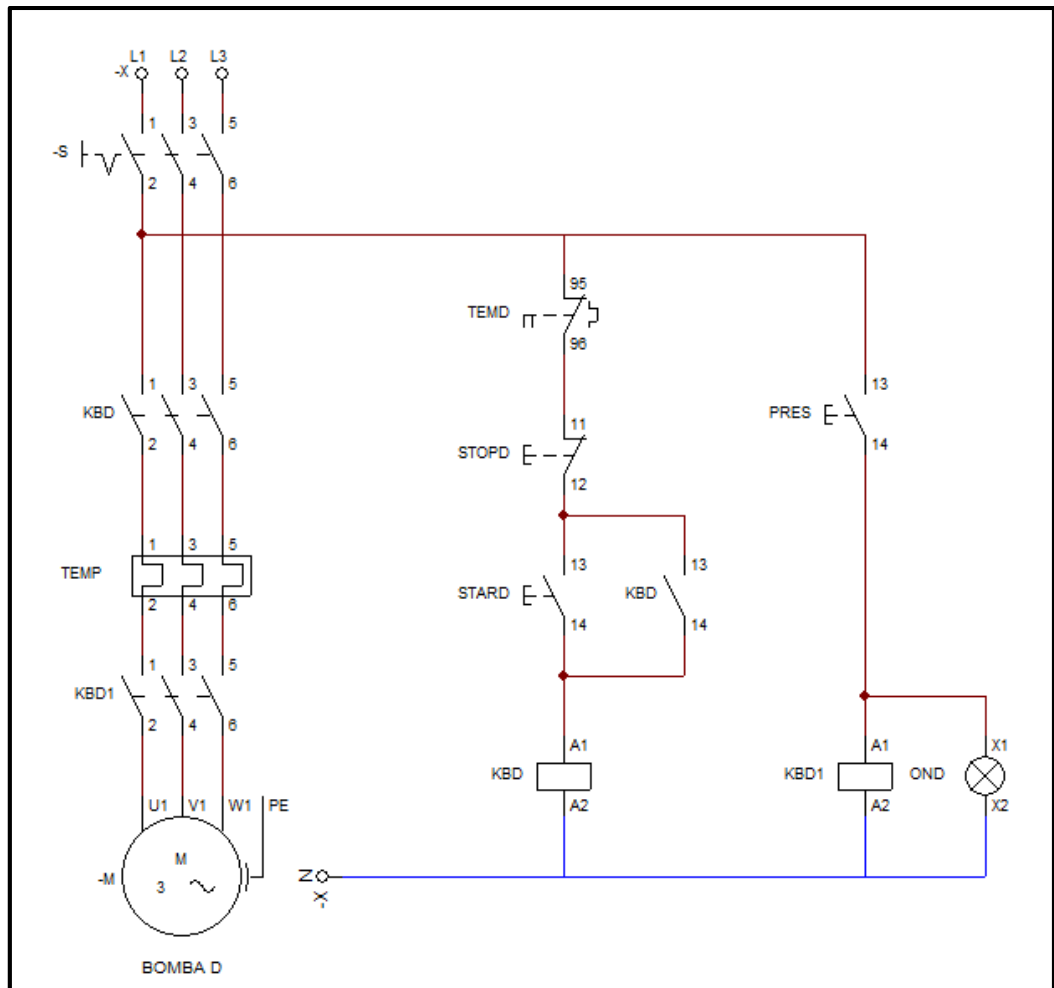
Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

En la tabla 3-2 se describe los componentes de un tablero eléctrico del área de distribución de agua caliente para controlar y proteger los equipos eléctricos y sistemas relacionados con la piscina y los componentes que incluyen son:

- *Relés térmicos:* Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores y equipos eléctricos de la piscina contra sobrecargas y sobrecalentamientos. Estos relés monitorean la corriente eléctrica y la temperatura de los equipos, en caso de detectar condiciones anormales, actúan para interrumpir el suministro eléctrico y proteger los equipos de daños.
- *Contactores:* Los contactores son interruptores electromagnéticos que facilita el encendido y apagado de los equipos eléctricos de la piscina. Estos contactores son utilizados para controlar las bombas de agua, los sistemas de filtrado, las luces y otros dispositivos eléctricos de la piscina. Al activarse, los contactores cierran los circuitos eléctricos y facilita que la corriente fluya hacia los equipos controlados.
- *Fuente de alimentación:* La fuente de alimentación suministra energía eléctrica al tablero como también a los equipos utilizados. Se emplea una fuente de alimentación de corriente alterna (CA) para alimentar los equipos de la piscina y proporcionar un suministro de energía confiable y estable.
- *Regulador de nivel conductivo:* El regulador de nivel conductivo es un dispositivo que se emplea para medir y controlar el nivel del agua caliente del tanque de almacenamiento. Se utiliza electrodos sumergidos en el agua para detectar el nivel. En función de la conductividad eléctrica del agua activa o desactiva contactores o relés para controlar el llenado o drenaje de la piscina y la activación de bombas.

### ***3.11.11. Diagramas de funcionamiento del cuarto de bombas***

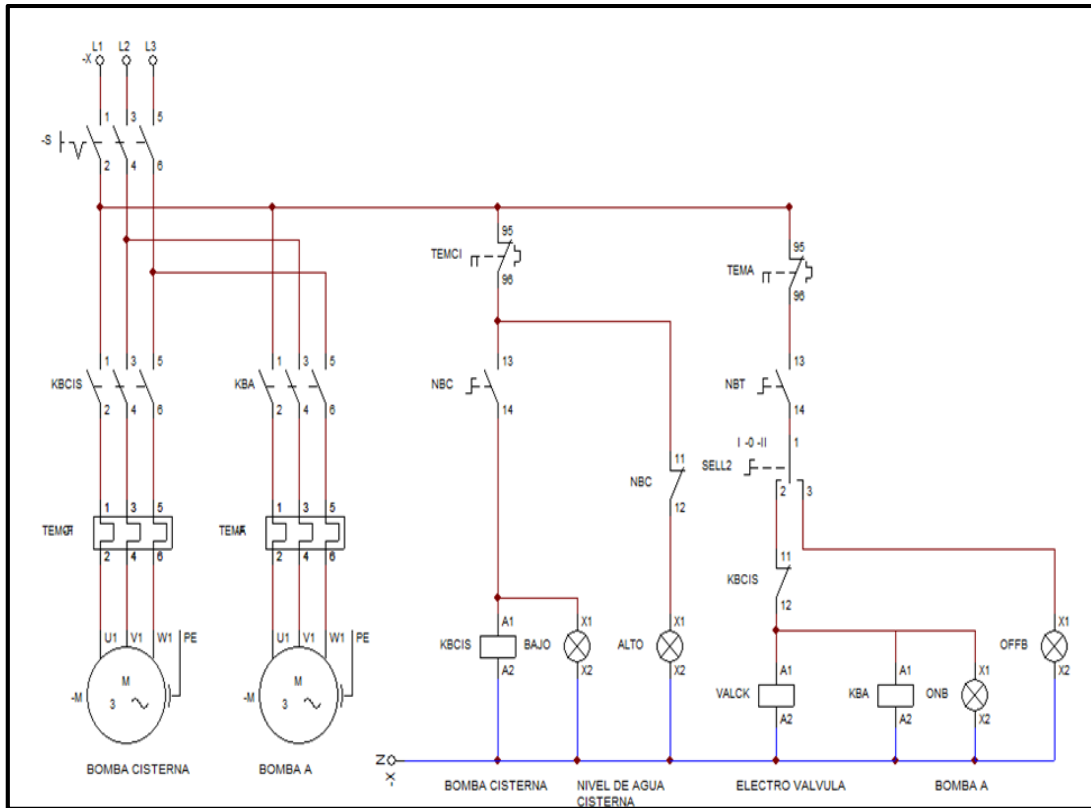
En la ilustración 3-7 se representa el funcionamiento del sistema eléctrico y de potencia que impulsa la bomba encargada de transferir agua desde el tanque de abatimiento hacia las duchas de la piscina institucional. El sistema se basa en una fuente de alimentación de corriente alterna (CA) que suministra energía eléctrica a la bomba. Un interruptor de encendido/apagado controla la activación de la bomba para iniciar o detener el flujo de agua.



**Ilustración 3-7:** Diagrama bomba D

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

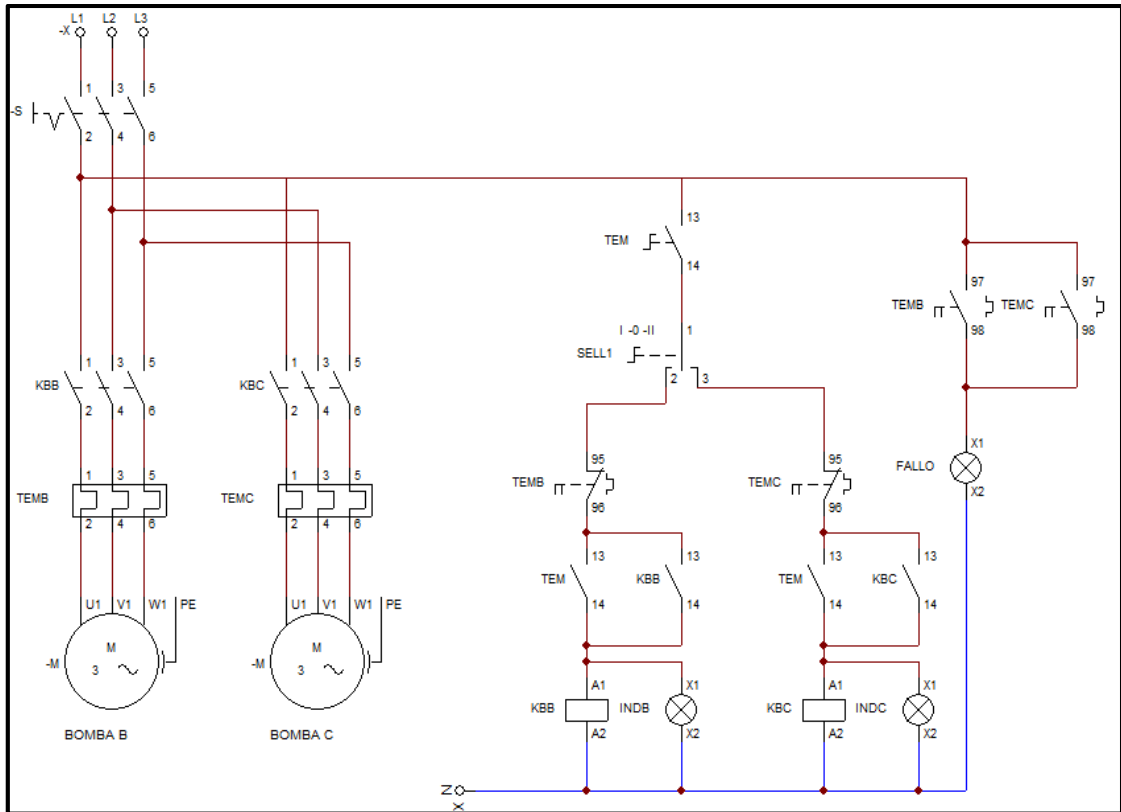
La ilustración 3-8 muestra el ciclo del agua desde la cisterna hasta el tanque de almacenamiento, utilizando un diagrama eléctrico y de potencia. En este ciclo, una bomba de abastecimiento se encuentra ubicada en la parte posterior de la piscina y es responsable de impulsar el agua desde la cisterna hacia el tanque de almacenamiento. El proceso comienza cuando la bomba A se activa y entra en funcionamiento, siendo accionada por una electroválvula que se encuentra en proximidad al tanque de almacenamiento. Esta electroválvula es un dispositivo que controla el flujo de agua y se encarga de activar la bomba cuando se necesita suministro de agua desde la cisterna. La bomba de abastecimiento, una vez activada, comienza a succionar el agua de la cisterna y la impulsa a través de un sistema de tuberías hacia el tanque de almacenamiento. El ciclo continúa hasta que el tanque de almacenamiento esté lleno o hasta que se alcance un nivel predefinido.



**Ilustración 3-8:** Diagrama del ciclo del agua

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

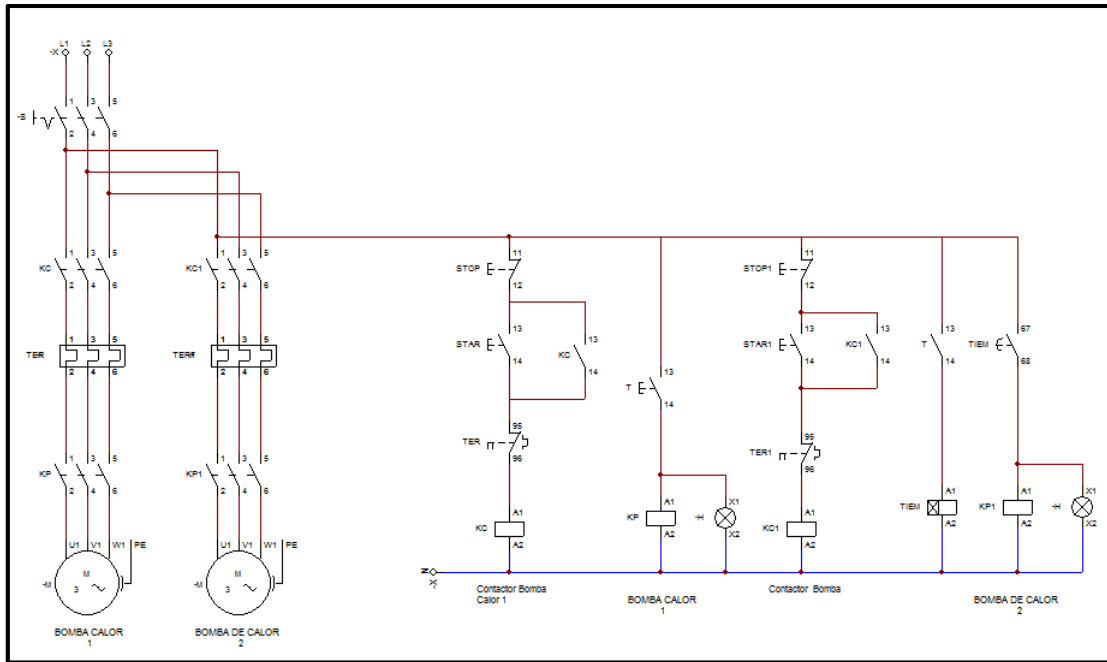
En la ilustración 3-9, se pueden identificar dos bombas, B y C, ambas destinadas a permitir el flujo del agua desde los tanques de almacenamiento hacia las bombas de calor. El circuito eléctrico presenta un selector que permite elegir entre la bomba B o C para su funcionamiento. Además, es importante destacar que las bombas están conectadas en un sistema trifásico. Esto garantiza una distribución óptima del calor y una regulación adecuada de la temperatura del agua para las duchas de la piscina, ajustándose según los requisitos particulares en cada situación.



**Ilustración 3-9:** Diagrama del calentamiento del agua

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 3-10, se muestra el diagrama eléctrico y de potencia que describe la conexión y funcionamiento de las bombas de calor 1 y 2. Ambas bombas están conectadas a una fuente trifásica y son accionadas mediante un pulsador. Además, Su funcionamiento está controlado por un sensor de temperatura que utiliza un temporizador para introducir un retardo en la conexión de las bombas y detenerlas cuando se alcanza la temperatura deseada para las duchas de la piscina institucional.



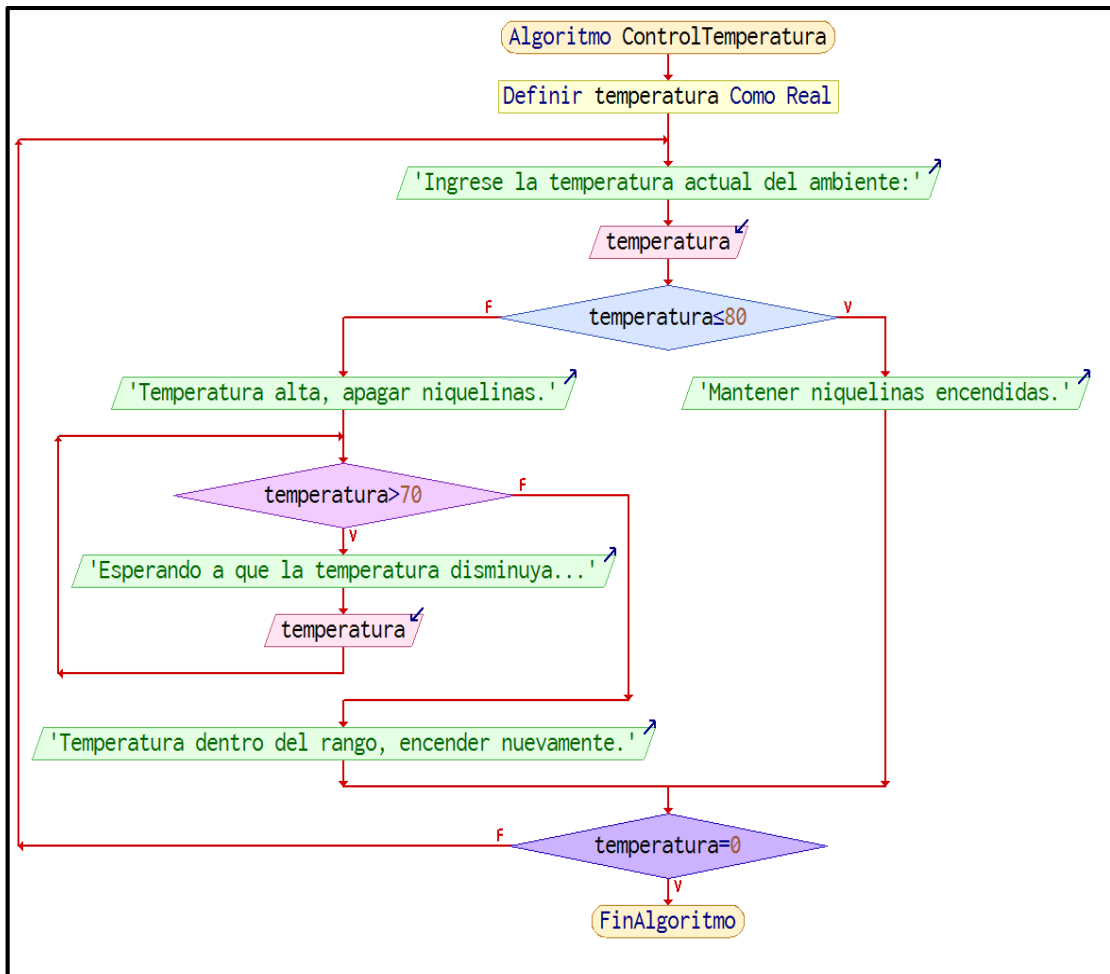
**Ilustración 3-10:** Diagrama de las bombas de calor

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

### 3.11.12. Funcionamiento del centro de zonas húmedas

El centro de zonas húmedas se divide de sauna y turco, el ambiente seco es una característica en el interior del sauna y los cuartos de turco, el ambiente se identifica por la presencia de vapor de agua constante.

En del sauna la presencia de calor y un ambiente seco se debe a su construcción con materiales aislantes, recubrimiento de madera en sus paredes y las niquelinas que son responsables de transformar energía eléctrica en energía térmica.

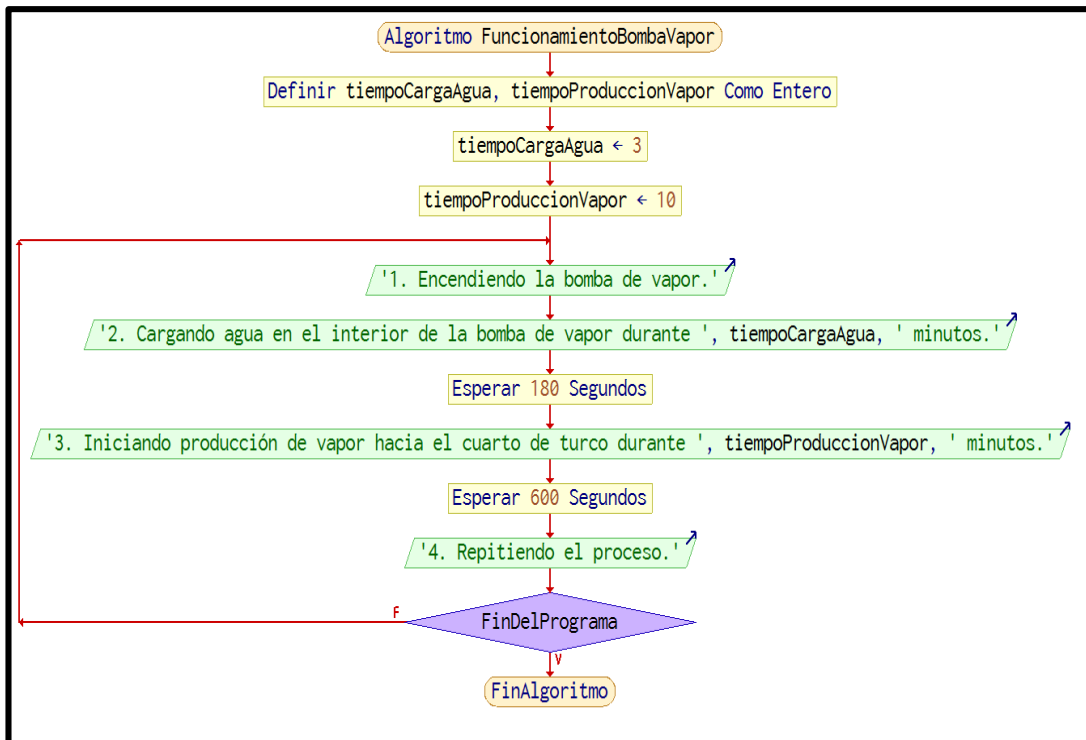


**Ilustración 3-11:** Diagramas de flujo del área de zonas húmedas sauna-  
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

En el diagrama de flujo ilustrado en la figura 3-11, se describe el ciclo de funcionamiento de las niquelinas del cuarto de sauna. Este ciclo se encuentra controlado por un sensor de temperatura. Cuando la temperatura del ambiente es igual o menor a 80°C, las niquelinas permanecerán encendidas para mantener la temperatura adecuada en el cuarto de sauna. En caso de que la temperatura exceda los 80°C, el sistema apagará las niquelinas y esperará a que la temperatura descienda a 70°C o menos, en el momento se volverán a encender para mantener la temperatura controlada. Este proceso se repetirá continuamente mientras el sistema esté en funcionamiento.

El turco se caracteriza por la presencia de calor y producción de vapor, su infraestructura consta con materiales aislantes, recubrimiento de cerámicos en sus paredes y una bomba de vapor de agua eléctrica, Es responsable de emanar vapor al cuarto de turco de manera constante mediante tubos de cobre.





**Ilustración 3-12:** Diagramas de flujo del área de zonas húmedas turco

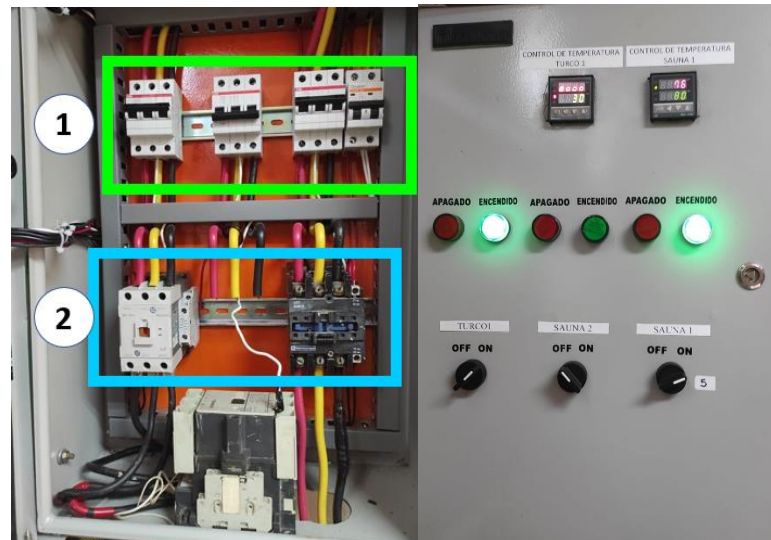
Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

En la ilustración 3-12 se describe por medio de un diagrama de flujo el ciclo de funcionamiento en el cuarto de turco. El funcionamiento depende de dos factores, el tiempo de cargar agua en el interior en el interior de la bomba de vapor y el tiempo de producir vapor.

La bomba de vapor carga agua en su interior en un tiempo aproximado de 3 minutos, en el proceso de abastecimiento de líquido queda suspendido la emanación de vapor, una vez cargado el agua, comienza la producción de vapor de la bomba hacia el cuarto de turco en un lapso de 10 minutos.

### 3.11.13. Análisis actual del tablero de las zonas húmedas

Los componentes en el tablero eléctrico que se muestra en la ilustración 3-13 laboran en forma conjunta en la piscina, se controlan de forma segura y eficiente para los equipos eléctricos, la protección contra sobrecargas y sobrecalentamientos, y el monitoreo y control adecuados del nivel de agua. Garantizan un funcionamiento confiable y seguro de los sistemas eléctricos de la piscina, brinda una experiencia óptima para los usuarios y mantiene los estándares de seguridad necesarios.



**Ilustración 3-13:** Tableteo Eléctrico de las zonas húmedas

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

**Tabla 3-3:** Componentes del tablero electrónico de las zonas húmedas

Número	Descripción
1	Breaker
2	Contactores

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

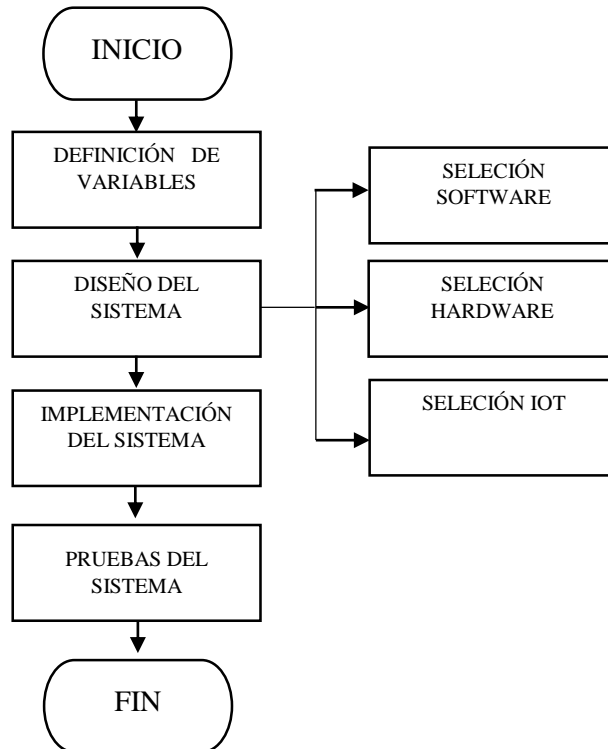
El tablero eléctrico de las zonas húmedas está compuesto por diversos componentes, en la tabla 3-3 se detalla cada uno. Se encuentran un breaker y contactores asociados al funcionamiento del sauna y el turco. Estos componentes desempeñan funciones clave en el sistema, como: el control de la energía eléctrica y la activación/desactivación de los equipos.

A continuación, se describen las características relevantes de estos componentes:

- *Breaker* es un interruptor de circuito que se utiliza para proteger el sistema eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos. En este caso, el breaker de 220V está instalado para manejar una mayor carga eléctrica y asegurar un suministro de energía adecuado para el funcionamiento de las zonas húmedas.
- *Contactador del sauna:* Los contactores son dispositivos electromagnéticos que posibilitan la regulación del flujo de corriente hacia otros dispositivos eléctricos. Los contactores se utilizan para activar y desactivar los componentes eléctricos del sauna, como las luces, el calentador, el ventilador, etc. Proporcionan un control seguro y eficiente del sistema eléctrico del sauna.
- *Contactador del turco:* Los contactores del turco desempeñan la función de controlar el suministro de corriente a los componentes eléctricos del turco. Como el generador de vapor, las luces, el sistema de control de temperatura, entre otros. Los contactores actúan para un funcionamiento seguro y eficiente del turco.

En conjunto, el tablero eléctrico con el breaker de 220V y los contactores asociados al sauna y al turco aseguran la distribución de energía controlada y segura, que proporciona el funcionamiento adecuado de estos equipos en una instalación de sauna y turco.

### 3.12. Desarrollo de la implementación del sistema SCADA



**Ilustración 3-14:** Desarrollo de la implementación  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

#### 3.12.1. Definición de variables

En el sistema de distribución de agua y zonas húmedas, es necesario identificar y listar todos los componentes físicos presentes, como sensores y actuadores. Cada componente debe estar asociado con variables que representen su estado o valor en el software de control. Estas variables pueden ser de tipo analógico, como temperatura o presión, o de tipo binario, indica el estado de encendido o apagado. Al definir estas variables, se establece una conexión entre los componentes físicos y el software de control, que otorga la posibilidad de una supervisión y control más eficiente del sistema de distribución de agua.

**Tabla 3-4:** Variables de estudio

Componentes	Descripción
<b>Bomba B</b>	Lectura / Control
<b>Bomba C</b>	Lectura / Control
<b>Bomba A</b>	Lectura
<b>Bomba de presión</b>	Lectura

<b>Niquelina Sauna</b>	Lectura / Control
<b>Bomba de Vapor</b>	Lectura / Control
<b>Nivel Alto</b>	Lectura
<b>Nivel Medio</b>	Lectura
<b>Nivel Bajo</b>	Lectura
<b>Bomba de Calor 1</b>	Lectura
<b>Bomba de calor 2</b>	Lectura
<b>Cisterna Llena</b>	Lectura
<b>Cisterna Vacía</b>	Lectura
<b>Temperatura Sauna</b>	Lectura / Control
<b>Temperatura Turco</b>	Lectura / Control

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

La Tabla 3-4 presenta las variables de estudio asociadas a cada componente en el sistema SCADA. Estas variables se utilizan para monitorear y controlar el estado y funcionamiento de los componentes. Para las bombas B, C, y la bomba de presión, se realizan lecturas y se tiene la capacidad de controlar su funcionamiento. La niquelina de la sauna y la bomba de vapor también son monitoreadas y controladas. Los niveles alto, medio y bajo, junto con las bombas de calor 1 y 2, la cisterna llena y vacía, y las temperaturas de la sauna y el turco, son variables que se leen para supervisar su estado. Estas variables son esenciales para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema SCADA.

### 3.12.2. Hardware de pasarela con el entorno físico HMI

La función principal de la pasarela en un entorno físico HMI es establecer la comunicación bidireccional entre el entorno físico y el sistema HMI. Actúa como un traductor de protocolos, para la transferencia de datos y comandos entre ambos sistemas. Para lograr esta comunicación, se utiliza tarjetas de desarrollo que facilita la conexión y el intercambio de información. En el mercado local, existen varios modelos de tarjetas de desarrollo disponibles. Un análisis comparativo entre estos modelos define los componentes ideales para la implementación del trabajo. Con un enfoque específico a la inserción de recursos tecnológicos en el dispositivo a implementarse en la tabla 3-5 se cita las principales características de las tarjetas de la familia Arduino, Stellaris y Raspberry

**Tabla 3-5:** Cuadro comparativo de familias de tarjetas de desarrollo

Características	Arduino	Stellaris	Raspberry Pi
Precio	Bajo	Moderado	Moderado
Facilidad de programación	Sí	Sí	Sí
Microcontrolador	AVR	ARM Cortex-M	ARM
Número de pines	Varía según el modelo	Varía según el modelo	Limitado
Compatibilidad	Amplia	Limitada	Amplia

Capacidad de procesamiento	Baja	Alta	Alta
Conectividad	Limitada	Amplia	Amplia
Módulos de comunicación	Amplio	Limitado	Limitado
Comunidad y recursos	Activa y abundante	Limitados	Activa y abundante
Capacidad de ejecutar SO	No	No	Sí
Interfaz gráfica	No	No	Sí

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

De acuerdo con la tabla 5-3, donde se presenta una comparativa general de las características de diferentes tarjetas, aunque estas pueden variar según los modelos específicos. En términos generales, la familia Arduino se destaca por su precio accesible, facilidad de programación, amplia compatibilidad con módulos de comunicación, disponibilidad de recursos y una comunidad activa. Estas cualidades hacen que Arduino sea una opción ideal para el desarrollo de proyectos, gracias a su habilidad para ser flexible, soporte y una base sólida para implementar soluciones eficientes y asequibles.

### 3.12.3. Tarjeta Arduino Mega

Basado en la tabla 6-3, se concluye, el Arduino Mega es el modelo más adecuado para la investigación debido a sus características y funcionalidades. Esta placa electrónica se basa en el microcontrolador ATmega2560 y ofrece una amplia gama de recursos. El Arduino Mega se utiliza como parte del bloque de procesamiento, su mayor número de entradas/salidas, abastece todas las señales de los componentes, controlar los actuadores, comunicar con el sistema HMI y la plataforma IOT. Su versatilidad, facilidad de programación y amplia comunidad de soporte hacen del Arduino Mega una opción ideal para la implementación de control y monitoreo en el sistema SCADA.



**Ilustración 3-15:** Arduino Mega 2560

**Fuente:** Store.arduino.cc

**Tabla 3-6:** Características técnicas principales de Arduino Mega 2560

Características	Rango
Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada min. y máx.	7-12V
Pines digitales de entrada/salida:	54 (15 proveen salida PWM)
Memoria flash	256 kb de los cuales 8 KB usados para gestor de arranque
Memoria SRAM	8KB
Memoria EEPROM	4KB

Fuente: (ARDUINO,2021)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

En la ilustración 3-15 se observan dos microcontroladores Arduino Mega y serán empleados para recibir/enviar señales desde los componentes ubicados en las áreas de estudio. Con el propósito de proteger estos Arduino, se utiliza una carcasa impresa en 3D elaborada con material de PVC. La función principal de esta carcasa es aislar la placa Arduino, evita el contacto con materiales conductivos como el gabinete metálico.

### 3.13. Software de desarrollo

Al seleccionar un software de desarrollo de interfaz HMI, es importante considerar su compatibilidad con la plataforma de desarrollo y satisfacer las necesidades específicas del proyecto. En el desarrollo de la interfaz gráfica el software debe tener la capacidad de integrar recursos gráficos, animaciones con el envío/recepción de comandos para el control, monitoreo y adquisición de datos. La elección de un software de desarrollo que se ajuste mejor a las habilidades y preferencias del programador garantiza una interfaz funcional que cumple con los requisitos del sistema SCADA.

#### 3.13.1. Selección del lenguaje de programación

Durante el análisis del software de desarrollo de HMI, se consideraron diferentes lenguajes de programación como Matlab, Java y Python. Se evalúan las características de cada uno, su popularidad y su eficiencia en relación con la complejidad de las actividades que el cliente desea cubrir. Además de la disposición de librerías es esencial para la interacción con los dispositivos y sensores del sistema, facilita la comunicación digital/analógica necesaria para su correcto funcionamiento. La evaluación realizada en la tabla 7-3 determina el lenguaje de programación más apropiado para el desarrollo del proyecto, asegura la creación de un software que cumpla con los requisitos y brinde una interfaz HMI eficiente y sólida.

A continuación, se presenta la tabla 3-7, la comparativa de las características de los lenguajes de programación Matlab, Java y Python para el desarrollo de interfaces HMI:

**Tabla 3-7:** Lenguajes de programación seleccionada

Características	Matlab	Java	Python
Soporte de GUI	Sí	Sí	Sí
Integración de recursos	Sí	Sí	Sí
Comunicación de dispositivos	Sí	Sí	Sí
Facilidad de programación	Sí	Requiere conocimientos avanzados	Sí
Comunidad y documentación	Amplia comunidad y documentación	Amplia comunidad y documentación	Amplia comunidad y documentación
Flexibilidad	Limitada	Alta	Alta
Eficiencia	Alta	Alta	Alta
Popularidad	Alta	Alta	Muy alta
Herramientas y librerías	Amplia variedad	Amplia variedad	Amplia variedad
Código Abierto	No	Sí (OpenJDK)	Sí
Pago de Licencias	Requiere licencia comercial	Algunas implementaciones son de pago	No es necesario

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

Es importante tener en cuenta que la elección del lenguaje de programación para el desarrollo de interfaces HMI depende de varios factores, como los requisitos del proyecto, la experiencia previa del equipo de desarrollo y las preferencias personales. Python es un lenguaje versátil, fácil de aprender, con una amplia comunidad de usuarios, se considera una excelente opción para el desarrollo de interfaces HMI, debido por ser un lenguaje Open Source, su flexibilidad, eficiencia, disponibilidad de herramientas y librerías especializadas.

La selección del lenguaje de programación para el desarrollo de interfaces HMI se basa en varios parámetros y criterios que incluyen:

**Requisitos del proyecto:** Se analizan las necesidades específicas del proyecto, como la complejidad de la interfaz, las funcionalidades requeridas y la integración con otros sistemas.

**Experiencia del equipo de desarrollo:** Se considera la experiencia y familiaridad del equipo de desarrollo con diferentes lenguajes de programación, lo que puede influir en la eficiencia y calidad del desarrollo.

Facilidad de aprendizaje: Se valora la facilidad de aprendizaje del lenguaje para que el equipo pueda adquirir las habilidades necesarias rápidamente.

Compatibilidad y flexibilidad: Se evalúa la capacidad del lenguaje para funcionar en diferentes plataformas y sistemas operativos, así como su flexibilidad para adaptar a los requisitos cambiantes del proyecto.

Eficiencia y rendimiento: Se considera la eficiencia del lenguaje en términos de velocidad de ejecución y uso de recursos, especialmente si la interfaz HMI requiere manejo de datos en tiempo real o alta carga de procesamiento.

En el caso de Python, es una excelente opción debido a que cumple con muchos de estos parámetros. Su versatilidad, facilidad de aprendizaje, comunidad activa y disponibilidad de herramientas y librerías especializadas para interfaces gráficas capacidades lo basarán en una elección sólida para el desarrollo de HMI, siempre y cuando se ajuste a los requisitos específicos del proyecto y las del equipo de desarrollo.

### **3.14. Selección de la plataforma IOT**

La selección de la plataforma de IOT adecuada desempeña un papel crucial en un sistema SCADA, debido a su importancia para la integración y el rendimiento. Una plataforma de IOT bien elegida facilita la conexión, una comunicación fluida de dispositivos y sensores en un entorno SCADA, asegura la captura y el análisis eficiente de datos en tiempo real. Además, la plataforma debe ser escalable adaptarse al crecimiento y expansión del sistema SCADA. La seguridad también es fundamental, con características como autenticación de dispositivos y encriptación de datos. La plataforma de IOT sólida y compatible con estándares abiertos garantiza la interoperabilidad con otros sistemas y aplicaciones, optimiza así la supervisión y el control de los procesos industriales, mejora la eficiencia operativa y asegura la protección de la infraestructura crítica.



**Tabla 3-8:** Plataforma seleccionado

Aspecto	ThingSpeak	Altair SmartCore	Ubidots	Thinking Things
<b>Facilidad de uso</b>	Fácil de usar y configurar, con una interfaz sencilla y amigable	Interfaz intuitiva y fácil de usar, adecuada para usuarios no técnicos	Interfaz intuitiva y amigable, con una curva de aprendizaje rápida	Interfaz sencilla y de fácil navegación, orientada a usuarios técnicos
<b>Características clave</b>	- Permite el almacenamiento y visualización de datos de sensores de forma gratuita.	- Ofrece análisis de datos avanzados y herramientas de visualización.	- Proporciona una amplia gama de integraciones y conectividad con hardware IOT.	- Se enfoca en el desarrollo rápido de prototipos y proyectos IOT personalizados.
<b>Escalabilidad</b>	Adecuado para proyectos pequeños y medianos, pero puede tener limitaciones en proyectos grandes	Escalable y adaptable a proyectos de cualquier tamaño	Escalable y compatible con proyectos de diferentes dimensiones	Escalable y diseñado para adaptarse a diferentes necesidades de proyecto
<b>Integraciones</b>	Ofrece integración con diversas plataformas y servicios, como MATLAB y Arduino	Compatible con una amplia variedad de dispositivos y plataformas IOT	Proporciona integraciones con múltiples servicios de terceros, como Google Cloud y Amazon Web Services	Tiene la capacidad de integrarse con diferentes plataformas y sistemas externos
<b>Soporte</b>	Dispone de documentación completa y una comunidad activa de usuarios	Ofrece soporte técnico a través de diferentes canales (correo electrónico, chat en vivo, etc.)	Ofrece soporte técnico y documentación en línea	Proporciona soporte técnico y recursos de aprendizaje en línea
<b>Costo</b>	Ofrece una versión gratuita con limitaciones, así como planes de pago según el uso y características adicionales	Proporciona una versión de prueba gratuita y planes de pago escalables según los requisitos del proyecto	Ofrece diferentes planes de precios, incluida una opción gratuita y planes de pago según el número de dispositivos y características	Ofrece diferentes planes de precios según el número de dispositivos y características

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

Después de analizar la tabla 3-8 sobre las características y funcionalidades de ThingSpeak, Altair SmartCore, Ubidots y Thinking Things,

Basado en la descripción proporcionada, se utilizaron varios parámetros y características para determinar que Ubidots es la mejor opción entre las plataformas ThingSpeak, Altair SmartCore y

Thinking Things: Interfaz intuitiva y amigable: Se valoró la facilidad de uso y la accesibilidad para usuarios técnicos y no técnicos.

Integraciones y conectividad con hardware IOT: Se requiere la capacidad de Ubidots para conectarse con diferentes dispositivos y plataformas IOT, lo que brinda mayor flexibilidad en la elección de hardware.

Escalabilidad y compatibilidad con proyectos de diferentes dimensiones: Se tuvo en cuenta que Ubidots puede adaptarse y crecer junto con el sistema SCADA a medida que se expande.

Soporte técnico y documentación en línea: Se resaltarán la disponibilidad de recursos de asistencia y aprendizaje que Ubidots ofrece para facilitar la implementación de soluciones IOT.

Estos parámetros permitieron realizar una evaluación detallada de las plataformas y, en última instancia, determinar que Ubidots es la opción más adecuada para satisfacer las necesidades del proyecto.

### **3.15. Implementación del sistema SCADA**

La implementación del sistema SCADA se lleva a cabo en dos secciones principales.

Primero, se realiza el diseño de la interfaz gráfica, donde se define cómo se visualizarán y controlarán los datos del sistema. Esto incluye la creación de pantallas, gráficos y controles interactivos para monitorear y gestionar los procesos.

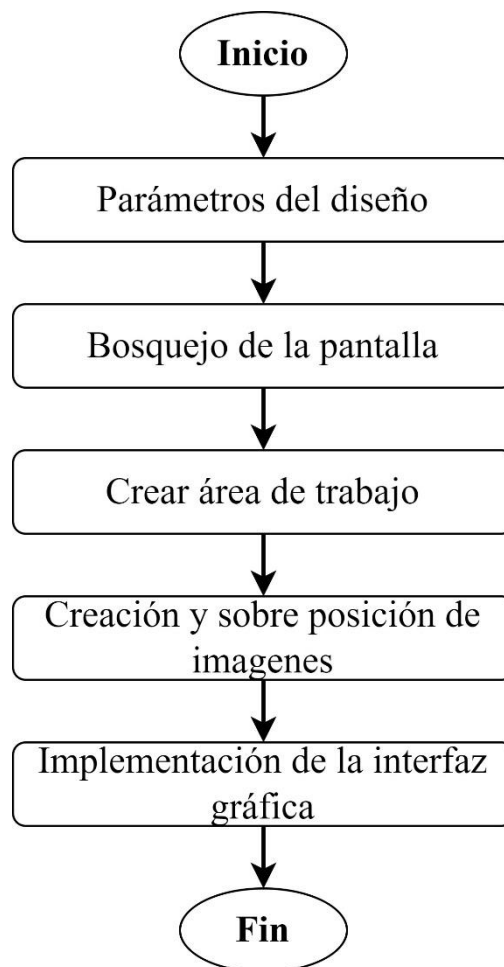
Segundo, se instaló los componentes del sistema. Esto implica la configuración de sensores para recopilar datos del entorno, así como el uso de un banco de relés para controlar dispositivos y actuadores. Estos componentes se integran con el sistema SCADA para ser supervisados y controlados.

Ambas secciones son fundamentales para la implementación exitosa del sistema SCADA, se combina la visualización de datos con la adquisición y control de componentes clave para una gestión eficiente y precisa de los procesos.

#### ***3.15.1. Diseño de interfaz gráfica***

El subsiguiente punto a tratar se detalla la comunicación entre el usuario y la interfaz gráfica por medio de un computador, se toma en cuenta que la interfaz debe ser fácil de operar y sea intuitiva en la inspección, control y adquisición de datos de los dispositivos asociados en el SCADA.

La ilustración 3-16 muestra el diseño de la interfaz gráfica, se planea los pasos ordenados y determinados en el diagrama de flujo.

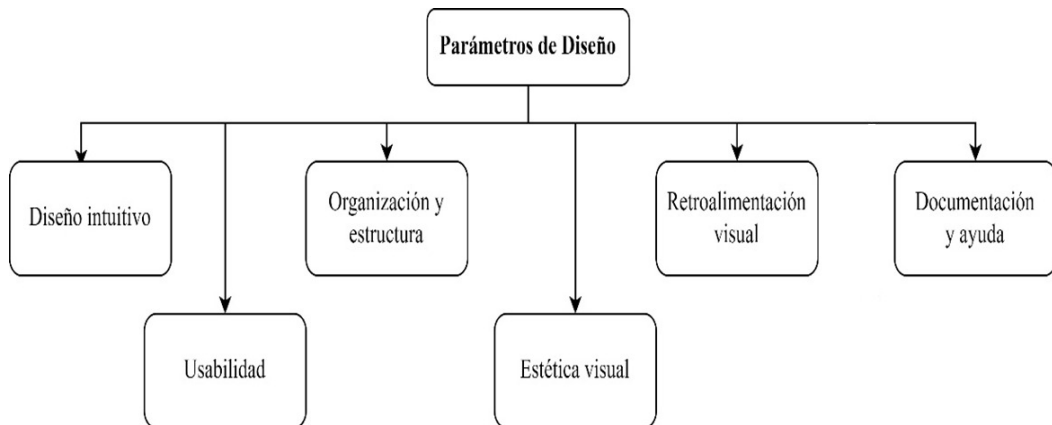


**Ilustración 3-16:** Diagrama de flujo diseño de interfaz gráfica

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

### **3.15.2. Parámetros de diseño HMI**

A partir de los componentes ya instalados, se procede a investigar el funcionamiento, los parámetros y las condiciones de trabajo de las áreas de estudio. Estos parámetros son necesarios para continuar con la implementación del sistema SCADA. Una interfaz bien diseñada puede mejorar la eficiencia y la experiencia del usuario al interactuar con el sistema de control. En la ilustración 13-3 detalla temas importantes a considerar en el diseño de la interfaz gráfica HMI son:



**Ilustración 3-17:** Parámetros de diseño de interfaz HMI

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

- *Diseño intuitivo:* La interfaz debe ser fácil de entender y navegar, utiliza una disposición lógica de elementos y controles. Se deben utilizar iconos y etiquetas claras para representar las funciones.

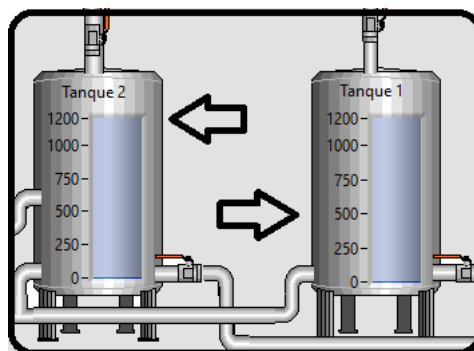
En la ilustración 3-18 muestra las etiquetas diseñadas para indicar las zonas húmedas.



**Ilustración 3-18:** Diseño de etiquetas I

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

- *Usabilidad:* La interfaz debe ser intuitiva y accesible para los usuarios. Se deben evitar elementos innecesarios o complicados que puedan confundir al operador. La información importante debe ser destacada y de fácil acceso. En la ilustración 3-19 muestra interpretación los tanques de distribución en la interfaz.



**Ilustración 3-19:** Interpretación de los tanques de distribución en la interfaz

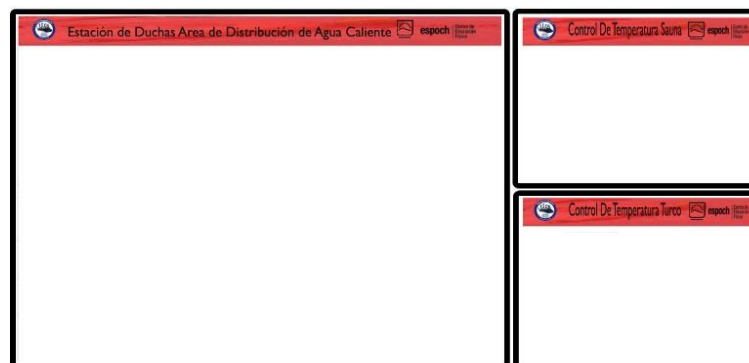
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

- *Organización y estructura:* La interfaz debe estar bien organizada, con una estructura jerárquica clara que facilite la navegación y la búsqueda de información. Se pueden utilizar pestañas, paneles desplegable y menús contextuales para agrupar y organizar los datos de manera lógica. En la ilustración 3-20 muestra el diseño de interfaz del menú principal del sistema.



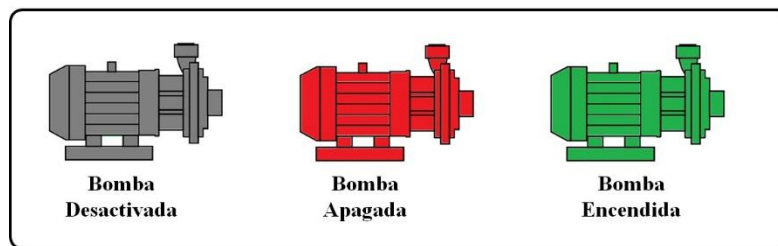
**Ilustración 3-20:** Diseño de menú principal  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

- *Estética visual:* El diseño visual de la interfaz debe ser atractivo y coherente con la identidad visual del área o el sistema. Se deben utilizar colores, fuentes y gráficos adecuados para transmitir la información de manera clara y agradable. En la ilustración 3-21 muestra las áreas de trabajo de las zonas de distribución de agua, sauna y turco



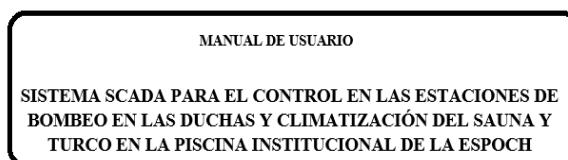
**Ilustración 3-21:** Diseño de zonas de estudio  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

- *Retroalimentación visual:* La interfaz debe proporcionar retroalimentación visual inmediata al usuario sobre las acciones realizadas y el estado del sistema. Se pueden utilizar indicadores visuales, animaciones y cambios de color para mostrar el estado de los elementos controlados y las operaciones realizadas. En la ilustración 18-3 muestra los estados de la bomba de agua en forma de iconos y serán representados en la interfaz.



**Ilustración 3-22:** Iconos representativos de las bombas de agua  
 Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

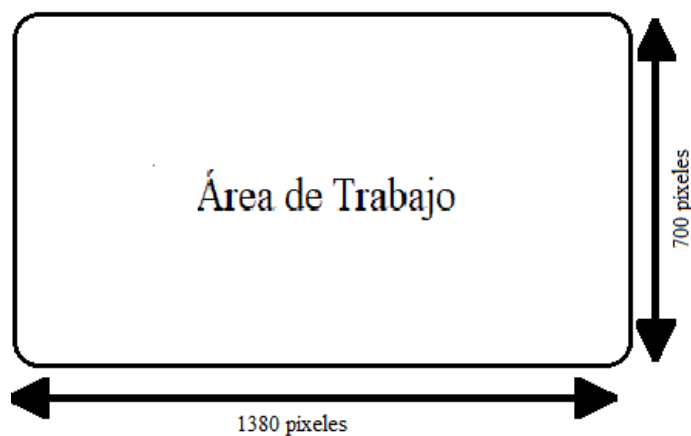
- *Documentación y ayuda:* Se debe proporcionar documentación clara sobre el funcionamiento de la interfaz y las funciones disponibles, en caso de actualizaciones, mantenimiento del sistema es necesario contar con una guía de funcionamiento. En la ilustración 3-23 muestra el manual de usuario del sistema SCADA implementado.



**Ilustración 3-23:** Manual de usuario  
 Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

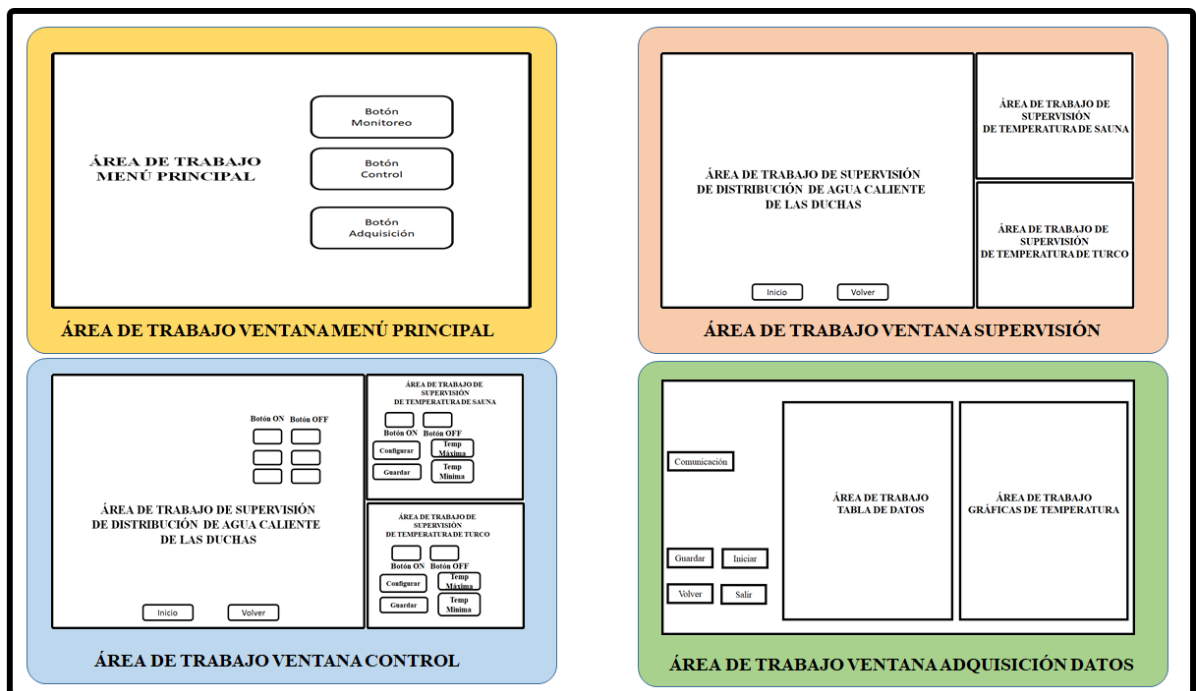
### 3.15.3. Bosquejo de la pantalla

Se selecciona un tamaño de ventana que se ajuste adecuadamente a los elementos de la interfaz, como botones, gráficos, tablas y paneles de control. Un tamaño de 1380x700 píxeles proporciona suficiente espacio de visualización para mostrar los elementos de la interfaz de manera clara y legible. En la ilustración 3-24 muestra el área de trabajo del sistema SCADA implementado.



**Ilustración 3-24:** Área de trabajo.  
 Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 3.15.4. Creación de áreas de trabajo de la interfaz



**Ilustración 3-25:** Áreas de trabajo de cada ventana de desarrollo.

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

Para la creación de áreas de trabajo es necesario trazar y especificar los controles que se va a colocar en la interfaz gráfica del sistema. En la ilustración 3-25 se indica cada una de las ventanas que se va a desarrollar en la interfaz gráfica. El área de trabajo de la ventana de menú principal despliega tres botones que actúan como enlaces hacia las ventanas de trabajo de la interfaz gráfica. El área de trabajo de la ventana de supervisión exhibe dos botones, "INICIO" y "STOP", que controla el inicio y detención de las operaciones supervisadas. Estos botones son ubicados de manera estratégica en el espacio de trabajo, integrándose armónicamente con la interfaz gráfica.

Por otro lado, en el área de control presenta un conjunto de 12 botones con funcionalidades específicas. Cuatro de ellos representan el encendido de componentes, mientras que otros cuatro indican el apagado correspondiente. Adicionalmente, se incluyen dos botones destinados a la configuración de la temperatura y otros dos para guardar la temperatura ingresada. Estos botones son dispuestos dentro del espacio de trabajo, se complementa la interfaz gráfica de manera coherente y ergonómica.

En el área de adquisición de datos, se observan dos paneles donde se muestran los datos de consumo de agua caliente, temperatura del sauna y temperatura del turco. También se incluye un botón de inicio para cargar y presentar los datos en los paneles correspondientes, un botón de

guardar para exportar los datos a un archivo de Excel, y un botón de comunicación para visualizar el estado de la bomba de presión.

### **3.15.5. Creación y superposición de imágenes para el área de trabajo**

Se asignan los espacios para la creación de la interfaz, crea las imágenes de acuerdo al alto y ancho establecido para cada una de ellas, en función del área planificada. Para la superposición de imágenes, se utiliza la librería TKINTER de Python para llamar y mostrar imágenes almacenadas en el directorio correspondiente.

En el encabezado del programa, se realiza la importación de TKINTER, que contiene todas las funciones necesarias para la creación y desarrollo de aplicaciones de escritorio, así como para la visualización de imágenes en la interfaz gráfica.

```
importe tkinter as tk
```

Se asigna una variable y se ejecuta el comando "PhotoImage", sirve como lector de imágenes en formato \*.png. La palabra clave "file" se utiliza para buscar la imagen en el directorio donde está almacenada.

```
#-----Cisterna-----  
img_cisterna_1=PhotoImage(file="final/Cisterna_llena.png")  
img_cisterna_2=PhotoImage(file="final/Cisterna_vacia.png")
```

A continuación, se crea una variable "label" para mostrar la imagen en la aplicación. Se utiliza el marco correspondiente para la visualización. La propiedad "image" se utiliza para asignar la variable que contiene la imagen. El atributo "borderwidth" se utiliza para eliminar los bordes del label "lbl\_cisterna\_1". Por último, la función "place" se utiliza para posicionar la imagen en los ejes X e Y. Es importante mencionar que la posición de las imágenes se trabaja en píxeles.

```
lbl_cisterna_1=Label(root,image=img_cisterna_1,borderwidth=0).place(x=714,y=608)
```

### **3.15.6. Programación de nivel de agua**

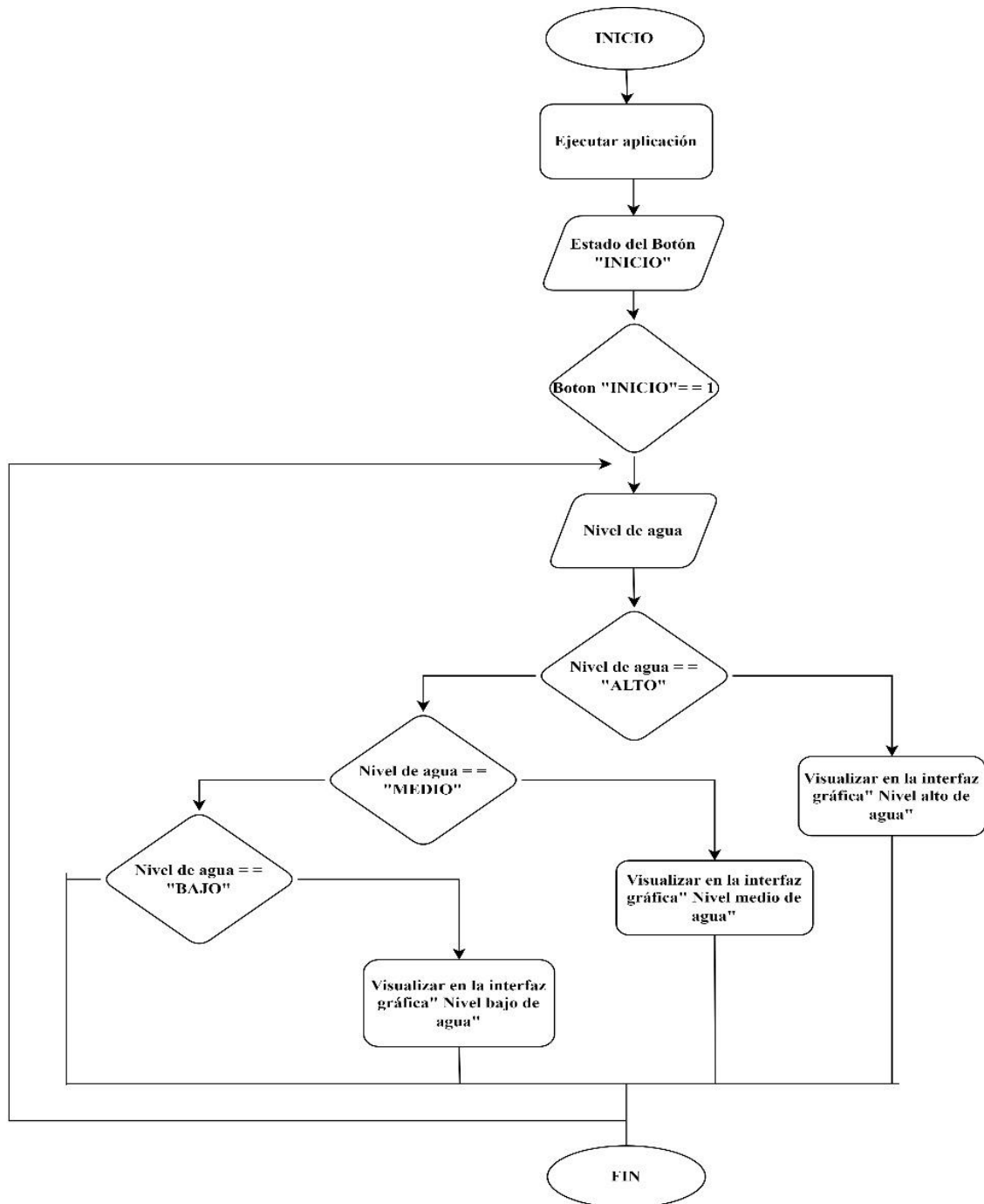
La programación depende de las señales de entrada que receipta el Arduino. De acuerdo con las señales formuladas por los sensores capacitivos de nivel de agua, se realiza un proceso lógico de interpretación y visualización en la interfaz gráfica.

La ilustración 22-3 indica las condiciones que debe ejecutarse para la visualización de los niveles de agua en los tanques de almacenamiento. La lectura de las señales se va a ejecutar solo cuando el usuario active el botón de "INICIO". La programación compara las señales de los sensores de



nivel capacitivos. Si el nivel de agua está por encima del sensor capacitivo envía una señal de 5 voltios a la tarjeta Arduino, caso contrario enviara un valor de “0”. Arduino asume los 5 voltios como “1” activación de la entrada y como “0” la entrada inhabilitada.

El ciclo empieza y pregunta “Si el nivel de agua está por encima del nivel Alto” se procede a ejecutar el comando de visualización de nivel de agua alto en la interfaz. “Si el nivel de agua está por encima del nivel medio”, se interpreta y se visualiza en la interfaz nivel medio, por último “si no cumple el nivel de agua con un nivel alto o nivel medio”, el nivel de agua está por debajo del nivel óptimo y se visualiza en la interfaz como nivel bajo.



**Ilustración 3-26:** Diagrama de flujo monitoreo de nivel agua en tanques de almacenamiento de agua caliente.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 3.15.7. Comunicación entre Python y Excel

En la función de la adquisición de datos del sistema SCADA, se emplea Python para gestionar y almacenar los valores correspondientes. Estos valores se almacenan en estructuras de listas, y su manejo eficiente. Para la exportación de datos específicos, se recurre a Microsoft Excel, reconocido como uno de los principales programas para la visualización y análisis de datos en el sistema SCADA.

Para utilizar esta herramienta, se requiere la instalación de un framework de manejo de datos. Al momento de exportar los datos en formato Excel, se emplea el método "to\_excel" del objeto dataframe. Mediante una cadena de texto, se especifica el archivo donde se desea almacenar los datos, indica la ubicación precisa donde se generarán los datos obtenidos del sistema SCADA.

### **3.16. Implementación de los componentes del sistema**

La implementación de los componentes del sistema se lleva a cabo para garantizar su funcionamiento efectivo dentro del sistema SCADA. Esto implica incorporar los sensores, actuadores y otros dispositivos necesarios en las áreas correspondientes, como bombas, tanques de almacenamiento, etc.

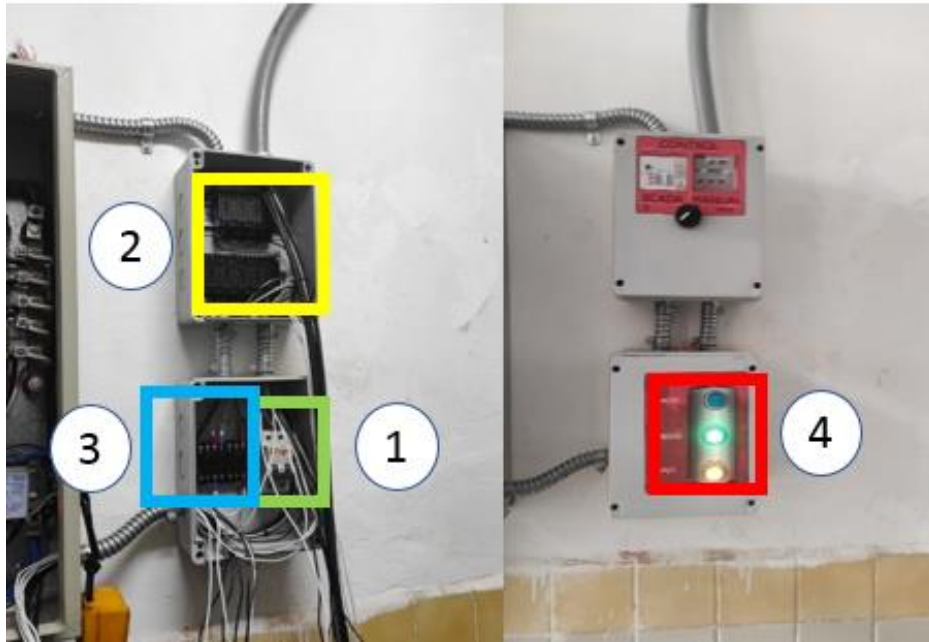
Además de la instalación, se realiza la configuración y calibración de los componentes para asegurar una medición de los sensores y un control adecuado. Esto implica establecer los parámetros, como rangos de medición, umbrales de alarma y configuraciones de comunicación.

Después de la implementación y configuración del hardware, se lleva a cabo la unión con el sistema SCADA, se debe asegurar una comunicación fluida entre los dispositivos y la interfaz gráfica. Esto brinda la capacidad de la supervisión en tiempo real, la recopilación de datos y la capacidad de controlar los componentes de forma remota.

La implementación de los componentes del sistema es esencial para lograr una operación eficiente y confiable del sistema SCADA, asegura un monitoreo preciso y una respuesta adecuada ante cualquier evento o cambio en las condiciones del proceso.

#### ***3.16.1. Sensores y actuadores del cuarto de bombas***

La ilustración 3-27 exhibe una representación visual de un panel de control que cuenta con dispositivos de conmutación y relés para la gestión del suministro eléctrico, así como un detector y un sensor de nivel diseñados para monitorear los niveles de agua del tanque de almacenamiento. Adicionalmente, se incluyen diodos emisores de luz (LEDs) que indican el estado: Alto, Medio, Bajo. Este panel centraliza las funciones de control y supervisión, posibilita la activación, desactivación y seguimiento preciso de los niveles, garantiza un funcionamiento seguro del sistema.



**Ilustración 3-27:** Indicadores de nivel

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

**Tabla 3-9:** Descripción de los elementos del cuarto de bombas

Número	Descripción
1	Breaker
2	Relés
3	Sensor de nivel
4	Led

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la tabla 3-9 se proporciona una descripción técnica de los componentes utilizados en la ilustración 21-3 del tablero eléctrico, A continuación, se va a describir cada uno de ellos:

#### 3.16.1.1. Breaker

El uso de un breaker en una caja de control que garantiza la seguridad y protección del sistema eléctrico. Este dispositivo actúa como un interruptor de circuito, corta automáticamente la corriente eléctrica en caso de sobrecargas o cortocircuitos, como se indica en la ilustración 3-28. Al activarse, el breaker interrumpe el flujo de energía, evita daños en los equipos y minimiza los riesgos de incendios o accidentes eléctricos.



**Ilustración 3-28:** Breaker

Fuente: Camsco. Com

**Tabla 3-10:** Características técnicas principales del módulo relé encapsulado 8 pines

Característica	Rango
Corriente nominal	10A - 4000 <sup>a</sup>
Voltaje nominal	120V - 690V
Capacidad de interrupción	10kA - 200kA
Número de polos	1P, 2P, 3P, 4P
Tipo de disparo	Térmico, magnético, combinado
Tamaño físico	Varios tamaños disponibles

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

La tabla 3-10 indica las especificaciones del breaker que cumplirá en la instalación de las áreas húmedas y la distribución de agua caliente. En contexto los equipos funcionan con una corriente alterna de 220 voltios. El breaker seleccionado garantiza una protección adecuada para estos equipos y las redes eléctricas asociadas a ellos.

#### 3.16.1.2. Relé encapsulado 8 pines

El uso de relés de 8 pines en el sistema SCADA se identifica en la ilustración 3-29, facilita que el controlador o microcontrolador pueda gestionar señales de menor voltaje o corriente para activar o desactivar los relés, mientras que los relés, a su vez, pueden manejar cargas de mayor potencia o voltaje. Estos relés se utilizan para activar o desactivar equipos eléctricos o electromecánicos, como bombas, luces, válvulas. La tabla 3-11 describen las principales características del relé encapsulado de 8 pines.



**Ilustración 3-29:** Relé encapsulado de 8 pines

Fuente: links.com

**Tabla 3-11:** Características técnicas principales del módulo relé encapsulado 8 pines

Características	Rango
Capacidad de contacto	28VDC/220 VAC 5 A
Resistencia de contacto y aislamiento	$\leq 50$ mili Ohmios y $\geq 100$ mili Ohmios
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Numero de pines	8

Fuente: (ELECTRÓNICA CARIBE, 2020)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 3.16.1.3. *Detector de nivel*

Los detectores de nivel alto y bajo son dispositivos utilizados para monitorear los niveles de líquido en un contenedor. En la ilustración 26-3 muestra el tipo de detector que se va a utilizar en la instalación y la tabla 3-12 detalla las características que se necesita para la integración de los detectores de nivel alto, medio y bajo en el sistema SCADA, los detectores facilitan el monitoreo continuo y preciso del nivel de líquido en los tanques. Esto brinda a los operadores una visibilidad completa de las condiciones del proceso.



**Ilustración 3-30:** Detector de nivel

Fuente: Argenia.com

**Tabla 3-12:** Características técnicas principales del detector de nivel alto o bajo

Características	Rango
Numero de sondas	1 a 5
Voltaje	5 VCD
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Numero de pines	8

Fuente:( Instruments International, 2022)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

- *Luz piloto* son indicadores visuales que se utiliza para señalar diferentes estados o condiciones en el sistema. En el contexto de los detectores de nivel, las luces piloto facilitan indicar si el nivel de líquido está por encima del umbral máximo (alto nivel), medio o por debajo del umbral mínimo (bajo nivel). Esto proporciona una visualización rápida y clara del estado del sistema. Como se indica en la ilustración 3-31, conjuntamente en la tabla 3-13 se describen las características principales



**Ilustración 3-31:** Luz piloto (azul)

Fuente: Camsco, 2022.

**Tabla 3-13:** Características técnicas principales del detector de nivel alto o bajo

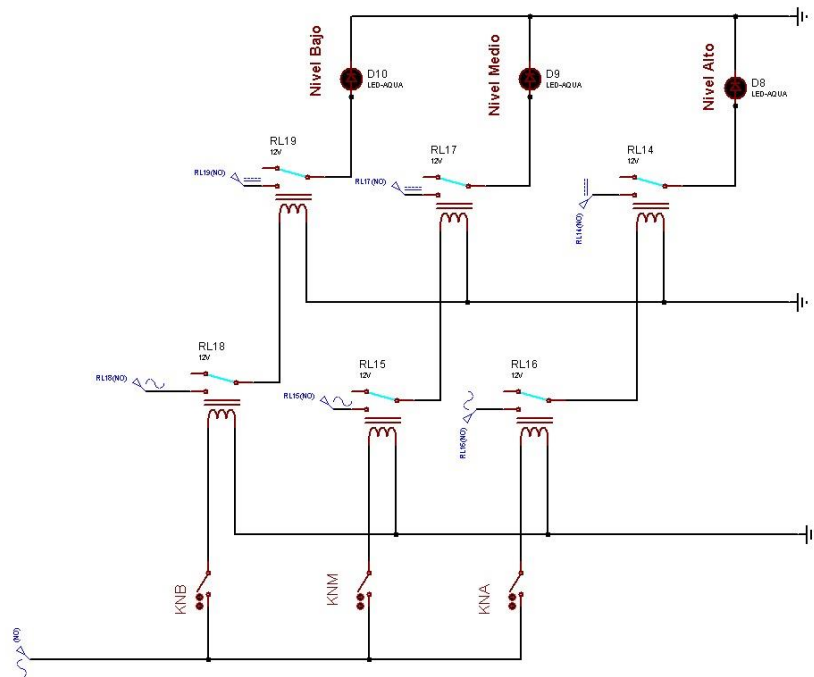
Características	Rango
Alimentación	220 V
Protección	IP40
Tipo de base	Plástica
Diámetro del cabezal	16 mm

Fuente:( Instruments International, 2022)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

#### 3.16.1.4. Diagrama eléctrico de los niveles de agua sensores de temperatura

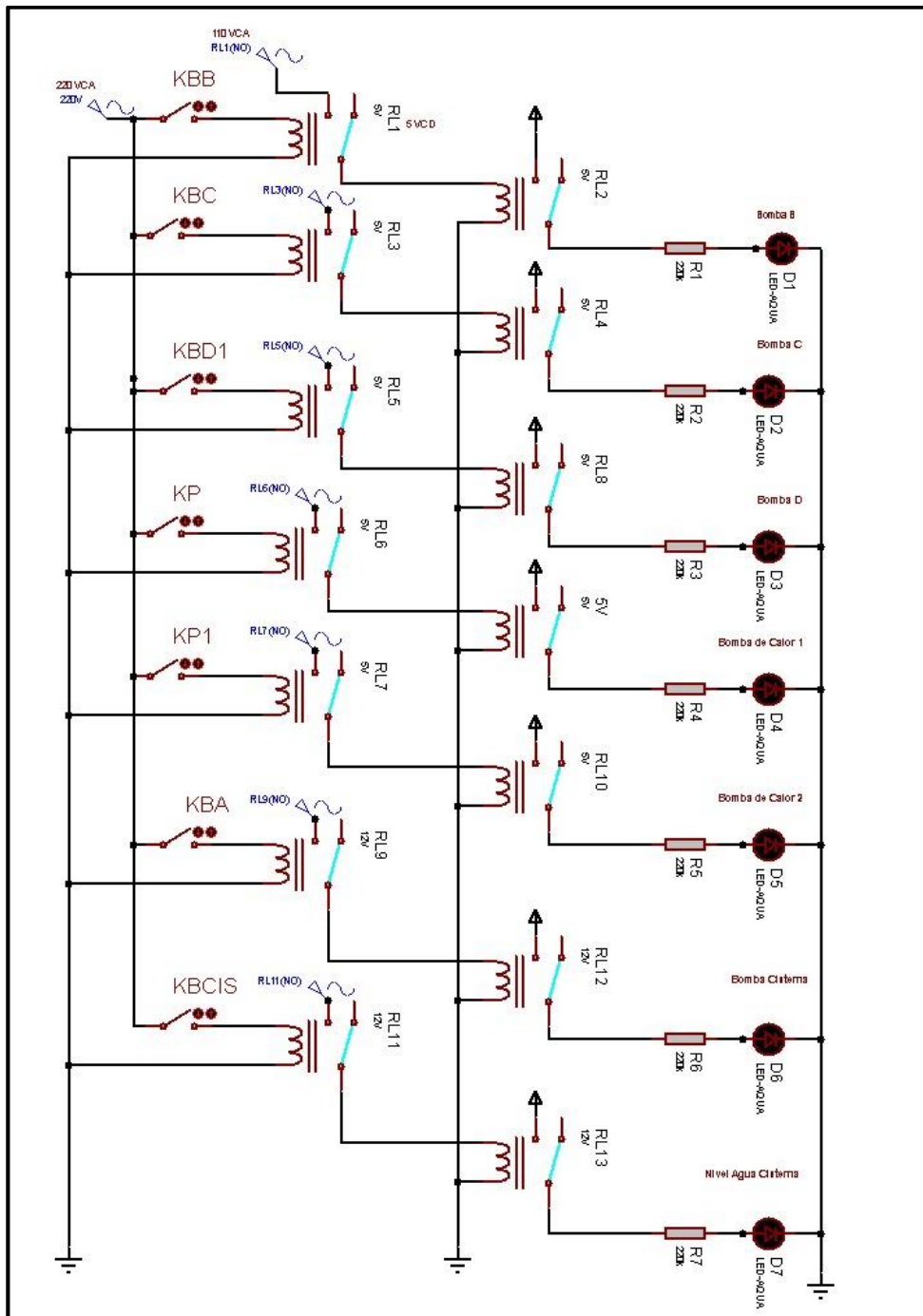
En la conexión de los relés que se encarga de transmitir las señales emitidas por los diferentes sensores tanto de temperatura como de nivel es necesario la conexión de los actuadores con el controlador mediante conductores eléctricos, para ello se diseñó un esquema de conexiones de 10 actuadores que transmiten las señales encendido/apago a la tarjeta electrónica (Arduino).



**Ilustración 3-32:** Nivel de agua  
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 3-32, se detalla el diagrama eléctrico que representa un sistema que incluye relés, sensores de nivel y LEDs para un tanque de almacenamiento. Los relés funcionan como conmutadores controlados eléctricamente que regulan el paso de corriente en el sistema. Los sensores de nivel detectan el nivel de agua en el tanque y envían señales eléctricas correspondientes. Los LEDs se utilizan como indicadores visuales para mostrar si el nivel de agua es alto, medio o bajo. En conjunto, este diagrama es una supervisión efectiva del nivel de agua en el tanque de almacenamiento mediante una interfaz visual clara y fácil de entender.



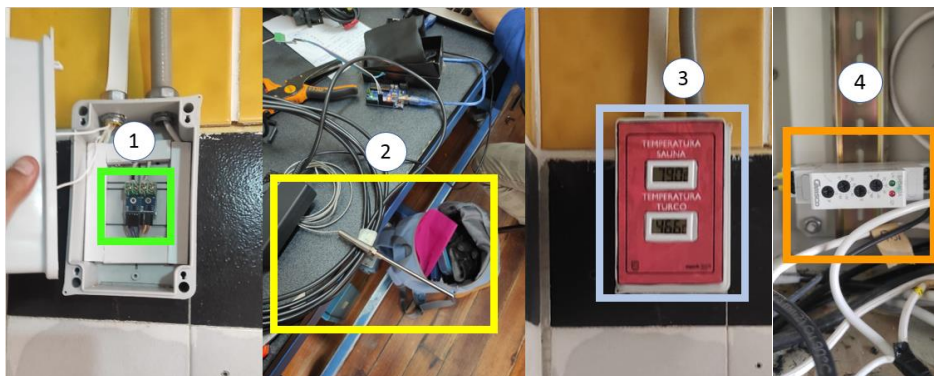


**Ilustración 3-33:** Diagrama general de señales  
 Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la figura 3-33, se especifica las conexiones ejecutadas entre los relés y los sensores de temperatura corresponde a las del sauna y turco, Las bombas se utilizan para la circulación de líquidos o para el suministro de agua. Los relés controlan el encendido y apagado de las bombas según las señales eléctricas recibidas. El tablero de control supervisa y controla el sistema en su totalidad. El control de temperatura asegura un ambiente adecuado y confortable en el sauna y el turco, regula la temperatura según las necesidades, además se tiene que llevar al tablero general las señales por medio del sistema SCADA mediante el microcontrolador (Arduino).

### 3.16.2. Sensores y actuadores de las zonas húmedas

La ilustración 3-34 muestra la integración de un módulo transmisor MAX6675 y una termocupla en conjunto con un visualizador digital. El módulo MAX6675 convierte las señales de la termocupla en datos digitales, logra una medición precisa de la temperatura. El visualizador entrega información a los usuarios que hacen uso de las zonas húmedas. Esta combinación de sensores y dispositivo de visualización brinda una solución confiable para mantener controlada la temperatura del sauna y turco.



**Ilustración 3-34:** Diagrama general de nivel  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

**Tabla 3-14:** Descripción de los elementos de las zonas húmedas

Número	Descripción
1	Modulo transmisor max6675
2	Termocupla
3	Termómetro digital
4	Timer Secuencia

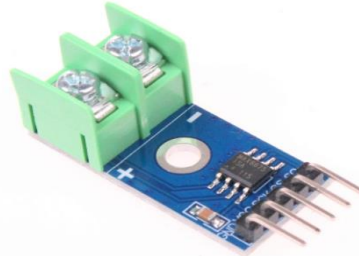
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la tabla 3-14 se proporciona una descripción técnica de los componentes utilizados en las zonas húmedas, como lo muestra la ilustración 31-3 del tablero eléctrico A continuación se describe cada componente:

### 3.16.3. Modulo transmisor Max6675

El Max6675 es un módulo transmisor que se destaca por su interfaz de comunicación digital SPI (Serial Peripheral Interface), esta característica lo hace altamente compatible con diversas plataformas de desarrollo, como Arduino. Este módulo está diseñado para la visualización de temperatura en entornos húmedos, como saunas y baños turcos. Utiliza una termocupla tipo K para medir la temperatura y convierte la señal analógica resultante en una señal digital que puede ser procesada por el microcontrolador. Gracias a sus características y capacidad de comunicación,

el Max6675 se convierte en una solución efectiva y precisa para la medición y visualización de temperatura en zonas húmedas. En la ilustración 3-35 representa el modelo utilizado en la implementación y la tabla 3-15 describen sus principales características.



**Ilustración 3-35:** Módulo MAX 6675

**Fuente:** Naylampmechatronics, 2022.

**Tabla 3-15:** Características del módulo Max 6675

<b>Características</b>	<b>Rango</b>
Voltaje de operación	5V
Corriente de trabajo	50mA
Rango de temperatura	0 °C hasta 1023°C
Resolución de temperatura	0.25 °C
Extras	Posee agujeros para montaje
Numero de pines	5 (GND,VCC,SCK,CS,SO)

**Fuente:** (NAYLAMP MECHATRONICS,2021)

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

#### **3.16.4. Termocupla tipo K**

La termocupla tipo K es un dispositivo utilizado en cada cuarto de sauna y baño turco para medir la temperatura en las zonas húmedas. Esta termocupla opera en base al principio de generación de una corriente eléctrica cuando hay una diferencia de temperatura entre los extremos de los conductores. La magnitud de la corriente generada es proporcional a la diferencia de temperatura, lo que facilita obtener una medición precisa del nivel de calor en los cuartos de sauna y turco. Gracias a su capacidad para resistir altas temperaturas y su precisión en la medición, la termocupla tipo K es ampliamente utilizada en aplicaciones de control de temperatura en entornos húmedos. En la ilustración 3-36 representa el modelo utilizado en la implementación y la tabla 3-16 describen sus principales características.



**Ilustración 3-36:** Termocupla tipo K

Fuente: Naylampmechatronics, 2022.

**Tabla 3-16:** Características de la termocupla tipo K

Características	Rango
Longitud de Sonda	13,5cm aprox
Longitud de cable	100 cm aprox
Rango de temperatura	0 °C hasta 800°C
Aislamiento interno	Fibra de vidrio

Fuente: (ELECTRÓNICA CARIBE, 2020)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 3.16.5. Termómetro digital

El termómetro digital otorga a los usuarios y operadores de estas áreas tener un control preciso sobre la temperatura y ajustarla según sea necesario. También proporciona una referencia visual clara de la temperatura actual, lo que ayuda a mantener un ambiente cómodo y seguro para los usuarios. Como se indica en la ilustración 3-37, conjuntamente en la tabla 3-17 se describen las características principales



**Ilustración 3-37:** Termómetro digital

Fuente: Directindustry, 2022.

**Tabla 3-17:** Características técnicas principales del termómetro digital

Características	Rango
Tolerancia	1 °C
Medidas para panel	46 x 26.6mm
Alimentación	2x pilas de 1.5V Botón
Sonda de Temperatura	Acero Inoxidable
Rango	-50°C ~ 500°C

Fuente:( Instruments International, 2022)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 3.16.6. Timer secuencial

Es un dispositivo utilizado para controlar el encendido y apagado secuencial de diferentes equipos o dispositivos en un sistema. En la ilustración 3-38 indica las características del timer secuencial que va a ser utilizado en la instalación de la bomba de vapor para el turco garantiza un control preciso y automatizado del equipo, evita errores humanos y maximiza la eficiencia energética. Además, contribuye a prolongar la vida útil del componente y garantizar un funcionamiento seguro y confiable del sistema



**Ilustración 3-38:** Timer secuencial

Fuente Camsco, 2022.

**Tabla 3-18:** Características técnicas principales del Timer secuencial

Características	Rango
Tensión de fuente de alimentación	De 24 a 240 V CA/CC, 50/60 Hz *2 12 V CC *2
Rango admisible de fluctuación de Tensión	de 80% a 110% de la tensión nominal
Salida de control	5 A a 250 V CA con carga resistiva ( $\cos\phi = 1$ ) 5 A a 24 V CC con carga resistiva *3, *4
Temperatura ambiente de Funcionamiento	De $-20$ a $55^{\circ}\text{C}$ (sin formación de hielo)

Fuente:( Omron, 2018)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 3.16.7. Sensores y actuadores del tablero general



**Ilustración 3-39:** Tablero general

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 3-39 indica el panel central para el funcionamiento del sistema SCADA, donde incorpora un gabinete metálico. En su interior, se encuentran relés que desempeñan la función de detectar señales eléctricas provenientes de los diferentes componentes. También, se ha integrado un breaker de protección eléctrica para salvaguardar el sistema ante posibles sobrecargas o cortocircuitos. El gabinete alberga una tarjeta electrónica (Arduino), la tarjeta actúa como el cerebro del sistema, procesa y gestiona las señales recibidas. El microcontrolador es clave para la toma de decisiones y el control de los dispositivos conectados al sistema. Un módulo de relé específicamente diseñado para su compatibilidad con el microcontrolador Arduino. Este módulo facilita la activación y desactivación de las bombas de agua. A continuación, se detalla cada componente instalado:

### 3.16.8. Módulo relé de Arduino

La tabla 3-19 especifica el módulo relé de Arduino utilizado para controlar componentes de alta tensión de forma segura, protege el microcontrolador Arduino Mega. Este módulo se elige por su capacidad de 8 canales como interfaces de potencia, facilitan el manejo eficiente de cargas de alta tensión. Cada canal del módulo relé se controla mediante una entrada TTL y puede ser controlado por el microcontrolador o Arduino. El funcionamiento del módulo relé se basa en el uso de relés electromagnéticos, que abren o cierran circuitos según la señal de control aplicada.

**Tabla 3-19:** Características técnicas principales del módulo relé Arduino

Características	Rango
Número de canales	8 canal independiente protegido con opto acoplador.
Voltaje de la bobina	5 VCD
Tipo de activación	Mediante corriente: el circuito de control debe proveer una corriente de 15 a 20 Ma
Terminales	De conexión de tornillo (clemas) / De entrada, de señal lógica con headers hembras.

Fuente: (ELECTRÓNICA CARIBE, 2020)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

La instalación de los componentes hardware del sistema SCADA requiere de materiales complementarios para garantizar un funcionamiento adecuado. Estos materiales adicionales son necesarios para facilitar la conexión y la interacción entre los diferentes elementos del sistema.


### 3.16.9. Hardware complementario

Los materiales complementarios utilizados se identifican en la tabla 3-20 y poseen características clave para garantizar la eficiencia y funcionalidad del sistema SCADA. Estos materiales se seleccionan en función de su resistencia a las condiciones ambientales, su capacidad para comunicarse con otros dispositivos y su durabilidad a largo plazo. Además, se busca que sean

compatibles con los estándares de comunicación utilizados en el sistema, como protocolos de red o interfaces de conexión. Otros aspectos importantes incluyen su capacidad para integrarse con el software de control, su facilidad de instalación y mantenimiento.

**Tabla 3-20:** Características técnicas principales de los materiales complementarios

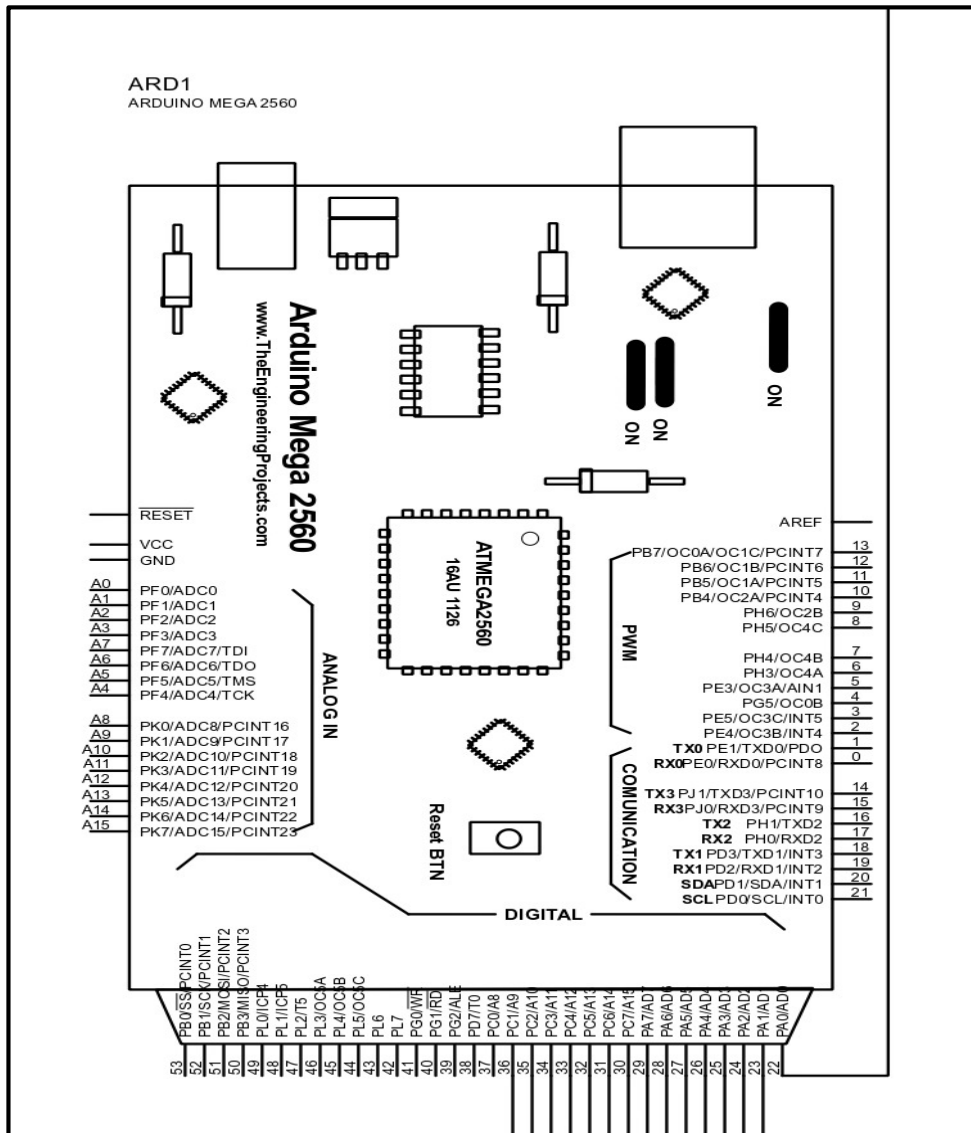
Definición	Elemento	Funcionamiento	Cantidad
Caja plástica pretroquel		Componente para armado de tableros de repartición en electricidad industrial	2 unidades
Riel din		Es una barra de metal sistematizada. Es muy pasado para el montaje de compendios eléctricos de protección y mando	1 unidad
Manguera bx ½		Consignada a la protección de cables eléctricos, fibra óptica, de posibles agresiones mecánicas	4 metros
Conector bx ½		Protege, traslada y ordena cables eléctricos	12 unidades
Funda sellada ½		Protege, conduce y ordena cables eléctricos y de telecomunicaciones ante posibles agresiones mecánicas, vibraciones, torsión, golpes o aplastamientos. En lugares externos	26 metros
Gabinete metálico liviano		Se utiliza para centralizar los bancos de relés de todos los componentes del sistema	1 unidad

Cable concéntrico		Estos cables se manejan cuando el suministro eléctrico tiene conductores PE y N alejados y solo se concerta como PEN cerca de la fuente de electricidad.	250 metros
-------------------	---	--	------------

Fuente:( Autores)

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 3.16.10. Asignación de entradas y salidas en el microcontrolador



**Ilustración 3-40:** Diagrama de instalación de entradas y salidas de señales sistema SCADA.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En el diagrama eléctrico presentado, se ilustran las entradas de las señales provenientes de diversas fuentes en el sistema, como las bombas de agua, los niveles de agua en los tanques de



distribución, las bombas de calor y de vapor. También se muestra la lectura de los sensores de temperatura y las señales de control utilizadas para gestionar el funcionamiento óptimo de los dispositivos y componentes involucrados en el proceso. En la figura 3-40, se especifican las conexiones de entrada leídas desde el banco de relés, brindan información crucial sobre el estado de encendido de las bombas, los niveles de agua y las lecturas de temperatura. Estas señales controlan el encendido o apagado de los dispositivos correspondientes. Todo el sistema es monitoreado y controlado por el sistema SCADA por medio de la tarjeta electrónica (Arduino). De este modo garantiza una operación eficiente y automatizada de las distintas funciones del sistema.

En la tabla 3-21 se describen los puertos del Arduino asignados a cada componente. Para la aplicación gráfica de visualización de las áreas de bombeo de agua caliente de las duchas y las zonas húmedas, es necesario utilizar 5 salidas o variables de control y 12 señales de entrada para visualizar la información en la interfaz.

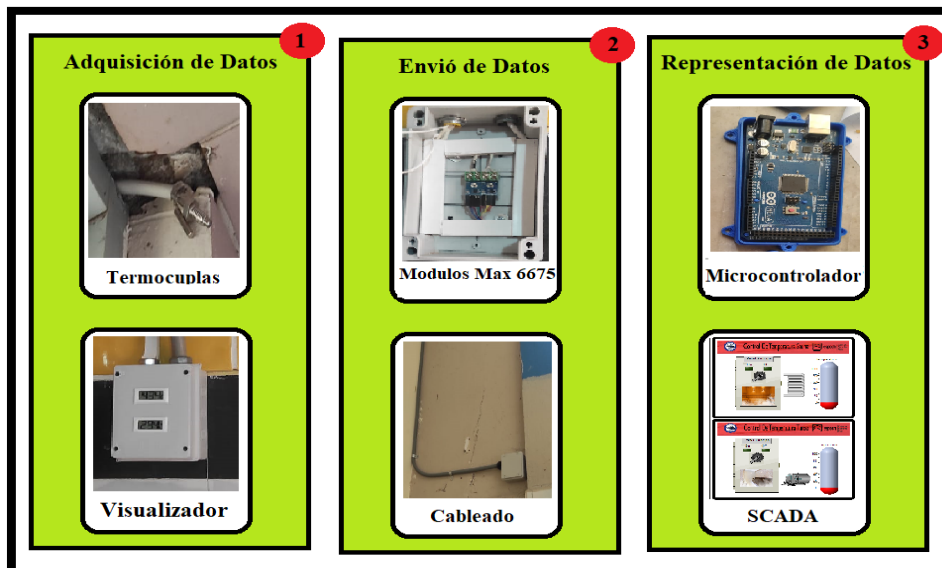
**Tabla 3-21:** Asignación de entradas y salidas en el microcontrolador

Puertos Arduino	Entradas	Salidas	Dispositivos
Digital 27	-	Out 1	bomba B
Digital 29	-	Out 2	Bomba C
Digital 31	-	Out 3	Boya
Digital 33	-	Out 4	Timer turco
Digital 34		Out 5	Niquelina Sauna
Digital 26	INPUT 1	-	Bomba B
Digital 28	INPUT 2	-	Bomba C
Digital 30	INPUT 3	-	Bomba D
Digital 32	INPUT 5	-	Control Nivel Alto
Digital 34	INPUT 6	-	Control Nivel Medio
Digital 36	INPUT 7	-	Control Nivel Bajo
Digital 38	INPUT 8		Bomba de Calor 1
Digital 40	INPUT 9		Bomba de calor 2
Digital 26	INPUT 10	-	Bomba Cisterna
Digital 22	INPUT 11	-	Boya Cisterna
Digital 44	INPUT 12	-	Termocupla Sauna
Digital 46	INPUT 13	-	Termocupla Turco

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

### 3.17. Vinculación entre Hardware y Software

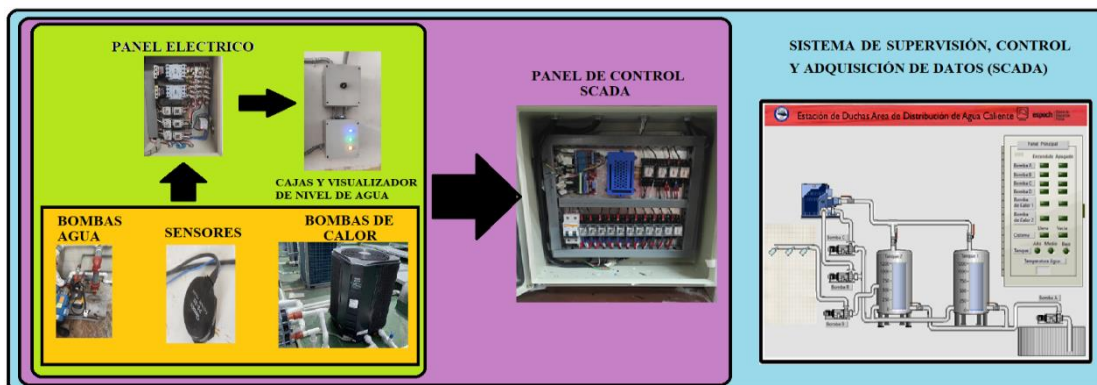
La implementación del sistema de control de temperatura, basado en la ilustración 3-41, involucra la utilización de sensores de temperatura, pantalla digital, módulos "Max 6675" y la tarjeta electrónica. Este sistema proporciona la medición precisa de la temperatura en los cuartos de sauna y turco, así como su visualización a través del sistema SCADA



**Ilustración 3-41:** Sistema SCADA proceso de sauna y turco

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

Con respecto a las áreas de distribución de agua caliente en las duchas de la institución la implementación se realizó por una serie de pasos, como se muestra en la ilustración 3-41. Se identificó los componentes que se va a supervisar y controlar en el área de distribución de agua caliente.



**Ilustración 3-42:** Sistema SCADA proceso de distribución de agua caliente.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

Se instaló cajas plásticas con la finalidad de contener relés que emiten las señales de las bombas de agua, bombas de calor y los niveles de agua. La instalación eléctrica se realizó de forma paralela a la instalación anterior. Las señales son receptadas directamente a los relés del panel de eléctrico. Ahí son leídas por la tarjeta electrónica (Arduino) y enviadas al sistema SCADA.

Un factor que se debió tomar en cuenta es la distancia (35m lineales), en la ilustración 3-42 se indica la distancia que se encuentra entre el área de distribución de agua caliente de las duchas y el lugar donde se va a instalar el sistema SCADA.



**Ilustración 3-43:** Distancia entre el área de estudio y panel de control

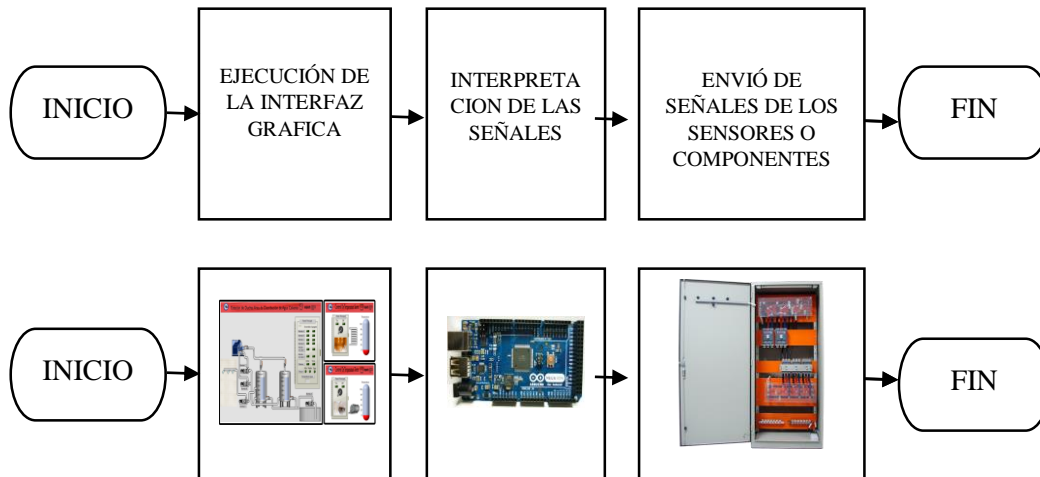
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

Con respecto al diseño de la interfaz del sistema SCADA se compone de tres componentes informáticos principales para el funcionamiento de la aplicación. El primer componente es la interfaz gráfica, que es la interacción entre el usuario y la máquina a través de imágenes y botones. Estos elementos representan los componentes de estudio, como las bombas de agua, las bombas de calor y los tanques de almacenamiento.

El segundo componente es la tarjeta electrónica (Arduino), que se vincula al proyecto como HMI (Interfaz Hombre-Máquina). Su función es recibir la información de los sensores en tiempo real y transformarla para que pueda ser interpretada por el lenguaje de programación.

Por último, el tercer componente es el algoritmo, que interpreta la información proveniente del HMI y toma decisiones basadas en variables y condiciones. Como resultado, controla el encendido y apagado de las bombas, así como la temperatura del sauna y el turco. Además, facilitan almacenar los tiempos de llenado de los tanques de almacenamiento y la temperatura, y visualizarlos en forma de gráficas.

La compatibilidad del lenguaje de programación Python integra todos estos componentes en una sola aplicación informática. Las librerías "firmata" y "Pserial" se encargan de la comunicación con las tarjetas electrónicas, especifica el puerto al que están conectadas. Por su parte, la librería Tkinter se utiliza para la creación de interfaces gráficas. La ilustración 3-44 detalla el proceso del sistema SCADA y sus componentes.



**Ilustración 3-44:** Diagrama de instalación de entradas y salidas de señales sistema SCADA.

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

### 3.17.1. Comunicación entre Python y Arduino

En el presente trabajo de titulación, se utiliza la comunicación entre Python y Arduino a través de las librerías Pyfirmata y PSerial. PyFirmata, se pueden generar líneas de código directamente en Python y asignar los protocolos de entrada y salida al microcontrolador. Esto simplifica el proceso de comunicación y control de Arduino desde Python, en la tabla 3-22 describe las ventajas y desventajas de acceder a las funciones y características del microcontrolador, utiliza comandos y funciones proporcionadas por PyFirmata.

**Tabla 3-22:** Ventajas y desventajas de la librería Pyfirmata

Ventajas	Desventajas
Su aplicación, comunicación es de forma muy sencilla.	La librería no tiene compatibilidad con ciertos sensores de humedad y temperatura
Los protocolos de lectura digitales, analógicos esta completos en la librería, por lo tanto, puede identificar con eficacia botones, leds, servo, etc.	La librería no se encuentra culminada por completo

**Fuente:** <https://pypi.org/project/pyFirmata/>

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

Para acceder a las clases, métodos y funciones proporcionados por la librería se debe realizar la importación de la librería "pyfirmata" al inicio de la programación. Esto facilita la configuración y el control del microcontrolador Arduino desde el entorno de programación Python.

```
import pyfirmata
```

La comunicación con el microcontrolador se muestra en la línea de código, donde se detalla el nombre de microcontrolador “Arduino Mega” y el puerto al que está conectado “COM6”.

```
###-----Configuraciones arduino-----  
board = ArduinoMega('COM6') #comunicacion con la placa arduino
```

Esta asignación se realiza mediante una línea de código que establece la relación entre la variable "cisterna" y el pin digital correspondiente en el microcontrolador. Al asignar la entrada digital al pin 22 del puerto COM6, se establece la conexión para la lectura de datos provenientes de la cisterna, su posterior procesamiento y control desde la aplicación desarrollada en Python.

```
###-----Asignacion de variables-----  
cisterna = board.digital[22]  
cisterna.mode = pyfirmata.INPUT  
#----- variables Bombas-----  
bomba_A = board.digital[24]  
bomba_A.mode = pyfirmata.INPUT
```

Si en la asignación de una salida digital “. write” envía 1 como HIGH al microcontrolador y 0 LOW. Por lo contrario, si se desea leer una variable digital “. read” posibilita conocer el estado si el estado del pin está en HIGH o LOW.

```
board.digital[31].write(1)  
button_state = cisterna.read()
```

En la tabla 3-23 detalla las ventajas y desventajas de PSerial, es una librería que ofrece una conexión en serie de estilo antiguo (RS-232) con una variedad de dispositivos bluetooth, puertos infrarrojos.

**Tabla 3-23:** Ventajas y desventajas de la librería Pserial

Ventajas	Desventajas
La librería tiene compatibilidad con sensores de humedad y temperatura	Su aplicación, comunicación es más compleja.
Los protocolos de lectura digitales, analógicos esta completos en la librería, por lo tanto, puede identificar con eficacia botones, leds, servo, etc.	Tiempo de respuesta en recibir, enviar datos es más prolongado que otras librerías.

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J, 2023.

Se importa la librería "serial" en la cabecera de la aplicación. Esta librería brinda funcionalidades y métodos necesarios para establecer la comunicación de transmisión y recepción de datos entre periféricos o dispositivos externos a través de puertos seriales.

```
import serial
```

La comunicación con el microcontrolador se realiza mediante una línea de código donde se especifica el nombre del microcontrolador, en este caso "Arduino Mega", y el puerto al que está conectado, en este caso "COM7".

Es importante mencionar que en este proyecto se utilizan dos tarjetas electrónicas debido a la necesidad de leer la temperatura. En la Tabla 21-3 se detalla que una de las desventajas de la librería Pyfirmata es la incompatibilidad de comunicación con algunos sensores de temperatura. Por lo tanto, se opta por utilizar un segundo microcontrolador para garantizar una correcta lectura de la temperatura y su posterior comunicación con la aplicación desarrollada en Python.

Esta configuración da la oportunidad de superar las limitaciones de la librería Pyfirmata y asegurar una adecuada comunicación y lectura de los sensores de temperatura en el sistema. Cada microcontrolador desempeña un papel específico en el proyecto, facilita la adquisición y procesamiento de los datos necesarios para el control y monitoreo del sistema SCADA implementado.

```
serialArduino = serial.Serial("COM7",9600,timeout=1)
```

“readline” es un comando propio de PySerial, facilita la lectura del puerto de comunicación, en la práctica se visualiza la temperatura de las termocuplas instaladas en los cuartos de sauna y turco.

```
line =serialArduino.readline()
```

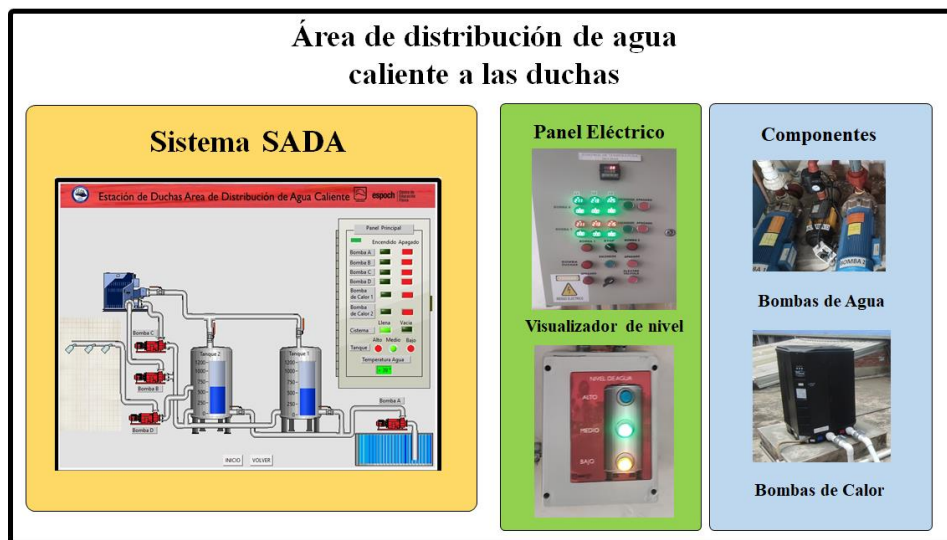
### **3.18. Prueba del sistema SCADA**

El funcionamiento del sistema SCADA se basa en la comunicación entre los componentes mecánicos, sensores, contactores y relés, que se conectan al microprocesador Arduino Mega. Las señales de los relés se transmiten a través de las entradas y salidas digitales periféricas del Arduino, donde se interpretan como "Apagado" (0) o "Encendido" (1).

En el proceso de dosificación de agua, el nivel de agua en el tanque de almacenamiento es un factor clave. Los sensores capacitivos envían señales eléctricas al sistema para determinar el nivel de agua actual.

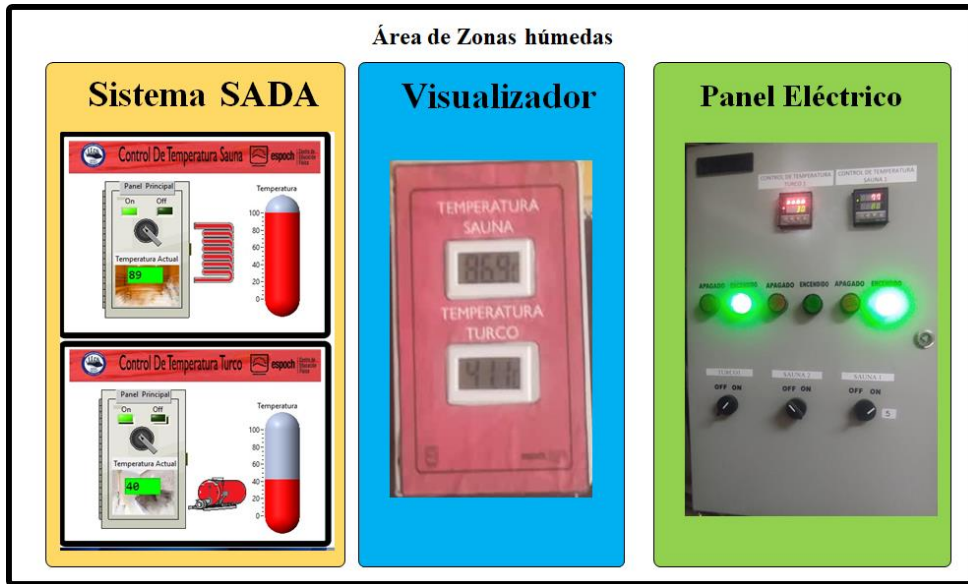
En la ilustración 43-3 se muestra la interfaz gráfica del sistema SCADA, donde incluye los componentes hardware relevantes. En el proceso de dosificación de agua, el nivel de agua en el tanque de almacenamiento los sensores capacitivos se encargan de enviar señales eléctricas al sistema para determinar el nivel de agua actual.

El sistema proporciona una representación visual en tiempo real del entorno y los procesos en curso para el usuario. A medida que se reciben las señales en tiempo real, la interfaz muestra un nivel de líquido clasificado como "Medio" tanto en la pantalla visual como en el visualizador físico. Además, se indica que las bombas de calor y de agua se encuentran deshabilitadas en ese momento. Esta información proporciona al usuario tener una visión clara del estado actual del sistema y de las funciones que están activas o inactivas en ese momento.



**Ilustración 3-45:** Funcionamiento de zona de distribución de agua del sistema SCADA. Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

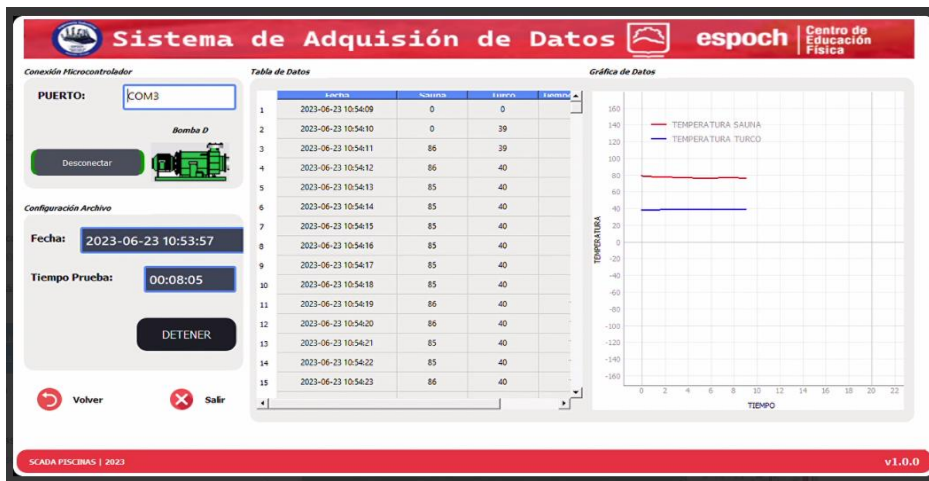
En el área de zonas húmedas para la lectura de temperatura, se instaló una termocupla que actúa como una resistencia cuya resistividad aumenta con la temperatura. La señal analógica generada por la termocupla se convierte en una señal digital mediante un módulo de temperatura y se transmite al microcontrolador, utiliza el protocolo SPI. La ilustración 3-45 indica la información de los sensores de temperatura en la interfaz gráfica y en los visualizadores físicos de cada área.



**Ilustración 3-46:** Funcionamiento de zonas húmedas sistema SCADA

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.

En la ilustración 3-46 indica la ventana de visualización donde el usuario puede acceder al historial de funcionamiento y visualizar las señales de los sensores de temperatura (alto, medio y bajo) y el consumo de agua caliente en las duchas de la piscina institucional de la ESPOCH.



**Ilustración 3-47:** Funcionamiento de adquisición de datos del sistema SCADA

Realizado por: Guzmán J; Núñez J, 2023.



## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

La interfaz de un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es una herramienta crucial en la supervisión y control de procesos industriales. Con una variedad de funcionalidades, esta interfaz ofrece a los operadores una visión detallada de los sistemas de bombeo de agua y las zonas húmedas en tiempo real y control de temperaturas de los procesos. A través de una presentación visual, los operadores pueden monitorear y controlar variables críticas como el caudal, temperatura y nivel, recibir alarmas y notificaciones; Accede a datos históricos para el análisis y la toma de decisiones. La interfaz del SCADA y la representación gráfica de los sistemas, con paneles de control interactivos y personalizables que facilitan el seguimiento de variables clave y la interacción con dispositivos remotos. Además, brinda la posibilidad de generar informes automatizados y visualizaciones gráficas de tiempo vs caudal y tiempo vs temperatura que facilitan una comprensión clara y concisa de los datos.

#### 4.1. Aplicación informática

SCADA es una aplicación informática que consta de tres botones principales: Monitoreo, Control y Adquisición. El botón de Monitoreo proporciona una interfaz para supervisar en tiempo real el estado y las variables de los procesos industriales. El botón de Control facilita a los operadores ajustar y controlar parámetros de manera remota. El botón de Adquisición recopila, registra datos de sensores y equipos. Esta combinación de funcionalidades permite una gestión eficiente y precisa de los diferentes equipos y sensores; cómo se puede identificar en la ilustración proporciona detalles específicos en la ilustración 4-1.



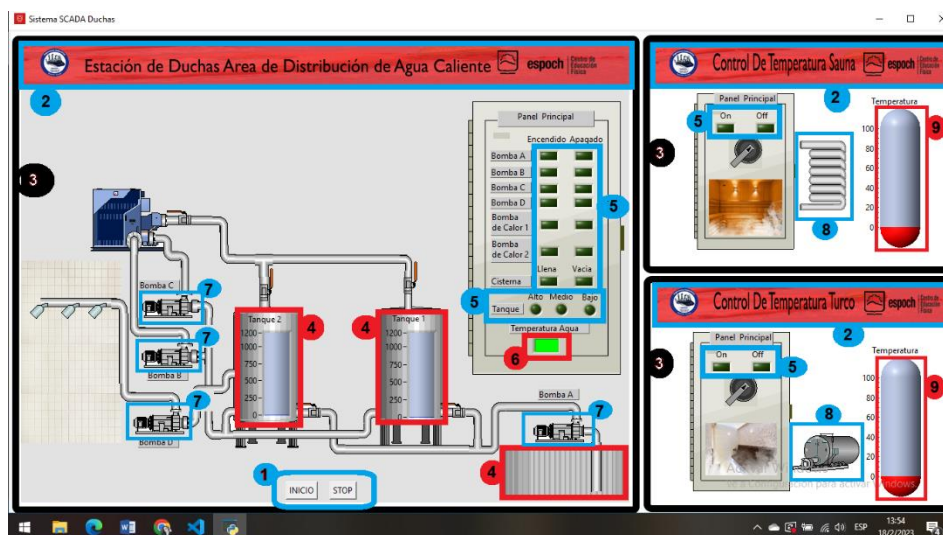
**Ilustración 4-1:** Consolidación general del sistema SCADA

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

Con respecto al desarrollo de la aplicación del sistema SCADA en software libre, se optó por utilizar Python como lenguaje de programación principal. Para lograr la edición, empaquetamiento y la depuración de código de programación se lo hizo por medio de Visual Studio. Se importó las librerías pyFirmata y PySerial, por sus características de controlar los pines de entrada/salida, leer sensores y enviar señales desde la interfaz gráfica al Arduino. Para la comunicación con la tarjeta Arduino y el sistema, se lo realizó mediante puerto serial. La interfaz gráfica de la aplicación se desarrolló con la librería Tkinter, que ofrece herramientas para crear interfaces gráficas interactivas y visualmente atractivas. Esta combinación de herramientas y tecnologías brinda un entorno de desarrollo sólido y versátil para la implementación del sistema SCADA.

#### 4.1.1. Interfaz gráfica monitoreo del sistema SCADA

La interfaz gráfica de monitoreo del sistema SCADA muestra los componentes instalados en áreas de estudio como bombas de agua, bombas de calor y tanques de almacenamiento. Estos elementos se visualizan en la interfaz, proporciona detalles específicos en la ilustración 4-2 para un acceso rápido y fácil a la información relevante. Esta interfaz facilita monitorear y controlar de manera eficiente los diferentes equipos y procesos, facilita la toma de decisiones y la optimización del sistema.



**Ilustración 4-2:** Interfaz de supervisión SCADA.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

La tabla 4-1 proporciona una descripción de los componentes presentes en la interfaz gráfica de supervisión. Incluye información relevante sobre los equipos y procesos, como bombas de agua, bombas de calor y tanques de almacenamiento, por medio de un acceso rápido y fácil para monitorear y controlar el sistema de manera eficiente.

**Tabla 4-1:** Descripción de los componentes de la interfaz gráfica supervisión

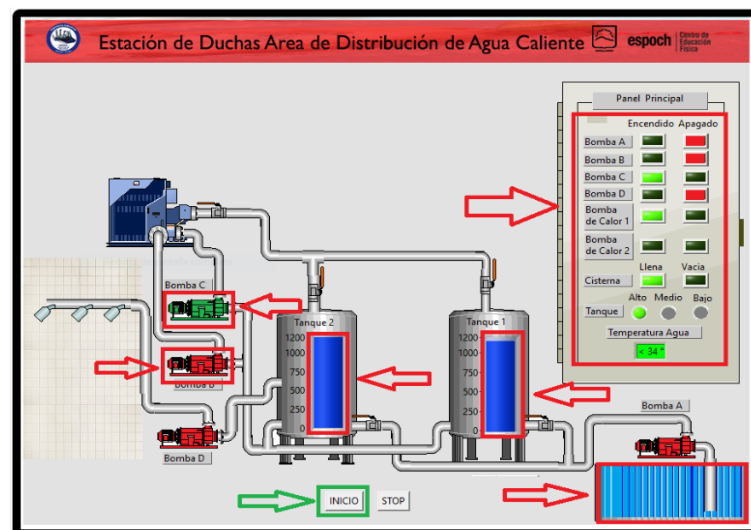
Número	Descripción
1	Botón de “INICIO”, lectura de señales. Botón “STOP”, resteo de señales igual 0
2	Cuadro informativo del área de trabajo (Duchas Agua Caliente, Sauna y turco)
3	Especificación del espacio de trabajo (Duchas Agua Caliente, Sauna y turco)
4	Visualización del nivel de agua tanque de distribución y nivel de agua cisterna
5	Indicadores de encendido o apagado de los componentes y nivel de agua
6	Visualización de temperatura de los tanques de distribución de agua caliente
7	Visualización de encendido o apagado de Bombas de agua A, B, C y D
8	Visualización de encendido de Niquelinas y Bombas de vapor
9	Indicador de temperatura en las áreas de Sauna y turco

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

### Procedimiento

Al iniciar la ventana de monitoreo, el programa del sistema SCADA facilita al usuario ubicar el puntero del mouse en el botón "INICIO". Automáticamente, el programa lee las variables asignadas a cada componente y las vincula con las entradas de los microcontroladores correspondientes. Las señales HIGH o LOW en las entradas se interpretan como encendido o apagado de los componentes respectivos.

En la aplicación, la ilustración 4-3 muestra el estado actual de los componentes. Por ejemplo, se visualiza que la bomba C está encendida, mientras que las bombas A, B y D están apagadas. El nivel de agua es alto, la bomba de calor 1 está encendida y se supervisa la temperatura del agua de las bombas de calor. Esta información proporciona una visión rápida y precisa del estado de los componentes en tiempo real.

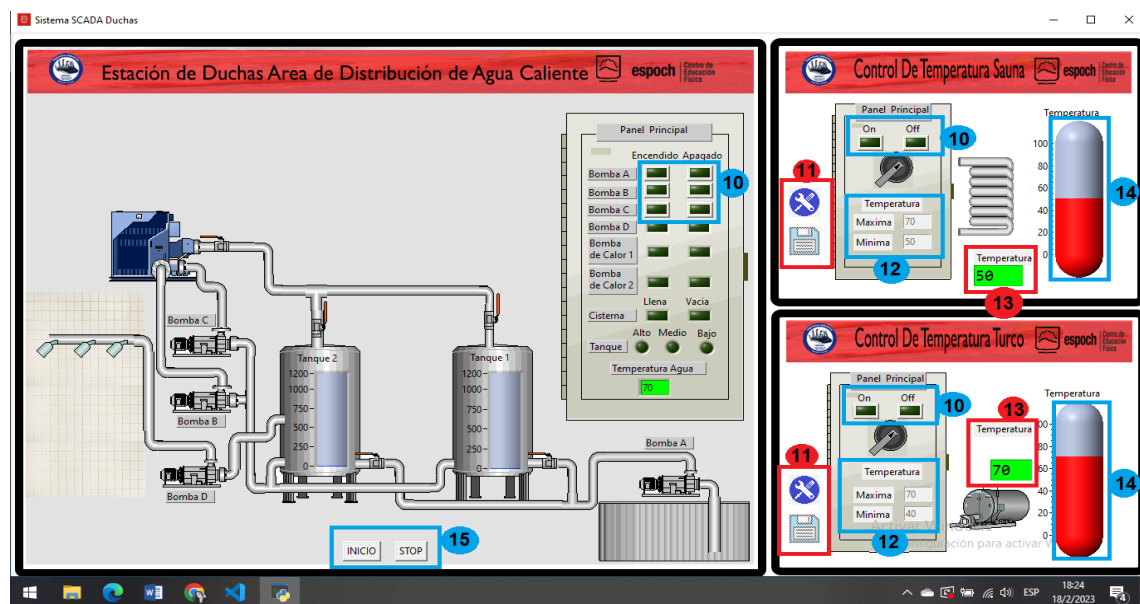


**Ilustración 4-3:** Descripción del funcionamiento ventana de supervisión

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

#### 4.1.2. Interfaz gráfica control del sistema SCADA

La ventana de control se caracteriza por su capacidad de supervisar y controlar de forma remota las áreas de distribución de agua caliente sanitaria de las duchas y las zonas húmedas del sauna y turco. Se ha optado por controlar un número limitado de componentes debido a la naturaleza delicada y compleja de su funcionamiento. Esta selección cuidadosa a través de un monitoreo y control preciso, garantiza un rendimiento óptimo y evita posibles complicaciones o problemas relacionados con la manipulación de un gran número de componentes. Mediante la ilustración 4-4 se indica la interfaz de control del sistema SCADA.



**Ilustración 4-4:** Interfaz de control del sistema SCADA.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la tabla 4-2 de la interfaz gráfica "Control", se encuentran varios botones que desempeñan funciones importantes para la gestión y control del sistema. A continuación, se presenta una descripción de cada uno de ellos:

**Tabla 4-2:** Descripción de los botones de control de la interfaz gráfica control

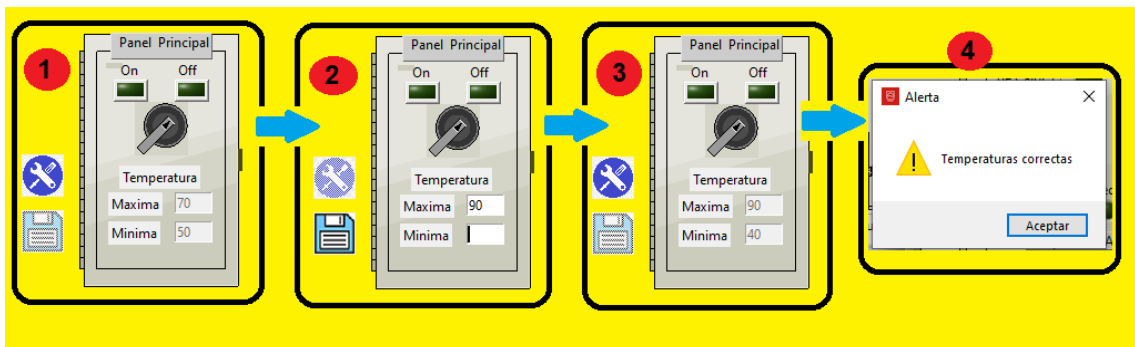
Número	Descripción
10	Botón de control de encendido o apagado desde el sistema SCADA
11	Botón de configuración de temperatura para el control de encendido o apagado de las niquelinas del sauna o la bomba de vapor del turco
12	Proporción manual de la temperatura del sauna y turco
13	Visualización digital de la temperatura actual del sauna o turco
14	Indicador de temperatura de sauna y turco
15	Botón de "INICIO", lectura de señales. Botón "STOP", resteo de señales igual 0

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

## Procedimiento

El usuario puede configurar el encendido o apagado de las bombas de agua B y controlar la temperatura del sauna y turco. Además, se ingresan manualmente la temperatura mínima y máxima, brinda opciones personalizadas para crear un ambiente cómodo y controlado en estas áreas.

En caso de que la temperatura supere la configuración establecida en el sistema SCADA, se enviará una orden de apagado a las niquelinas del sauna o a la bomba de vapor del turco. Esto garantiza un control automático para evitar sobrecalentamiento. Por otro lado, si la temperatura cae por debajo del límite mínimo configurado, el sistema emitirá una orden de encendido para activar las niquelinas del sauna o las bombas de vapor del turco, mantiene así una temperatura óptima en las áreas correspondientes. Estas acciones automáticas aseguran un funcionamiento seguro y eficiente del sistema de control de temperatura.



**Ilustración 4-5:** Descripción de funcionamiento de control de temperatura

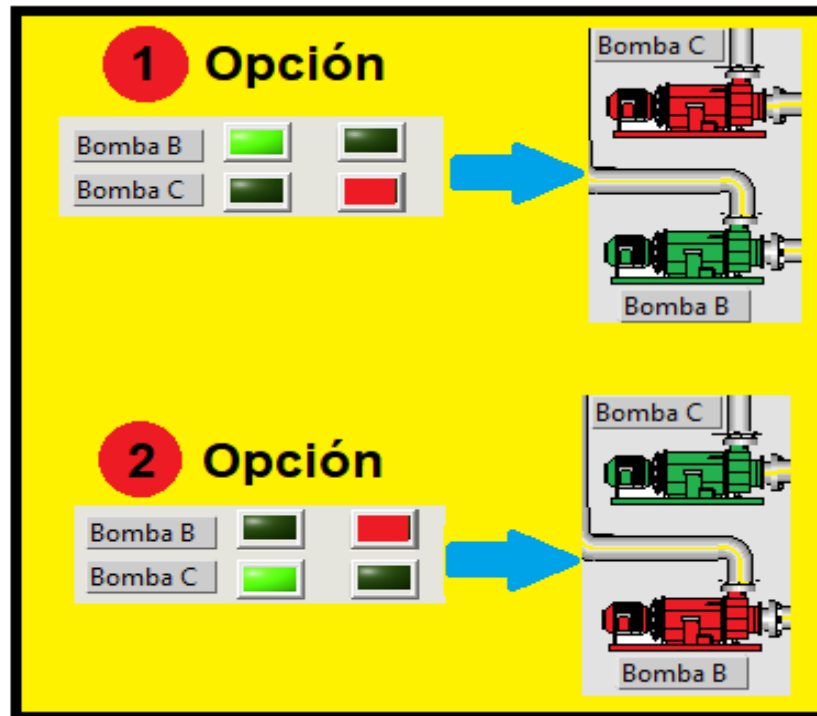
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 4-5, se pueden observar cuatro botones que están destinados a la configuración de la temperatura en las zonas húmedas dentro del sistema SCADA. Estos botones brindan a los operarios ajustar y personalizar los valores de temperatura para garantizar condiciones óptimas en las áreas de sauna, turco. Al interactuar con estos botones, los operarios pueden establecer los límites de temperatura deseados, visualizar y ajustar los valores de referencia, y realizar otras acciones relacionadas con la gestión térmica en las zonas húmedas, todo ello desde la interfaz del sistema SCADA.

El control de temperatura consta de dos botones:

- “1” su función es bloquear la funcionalidad del botón de configuración.
- “2” ingresar de forma manual la temperatura máxima y mínima

- “3” la opción de guardar los datos ingresados y comparar con los datos de los sensores de temperatura de la termocupla,
- “4” si los datos son ingresados correctamente, la aplicación envía un mensaje de aviso de confirmación.



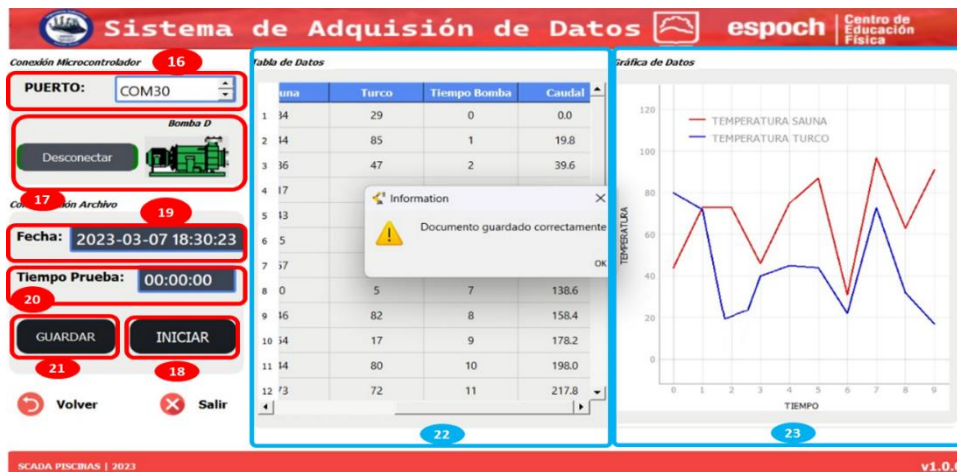
**Ilustración 4-6:** Descripción de funcionamiento de control de Bombas de agua.

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la descripción de la ilustración 4-6 muestra el control de las bombas de agua B y C, se ha diseñado y configurado de acuerdo con las necesidades y especificaciones del cliente. Cuando se decide encender la bomba B, de manera inmediata se desactiva la bomba C para evitar su funcionamiento simultáneo. Si se elige encender la bomba C, la bomba B se apaga como contrapartida. Esta configuración asegura un control eficiente, evita conflictos en la operación de las bombas y previene posibles problemas de flujo o interferencias.

#### 4.1.3. Interfaz gráfica de la adquisición de datos del sistema SCADA

Para la adquisición de datos de representación rápida y correcta de los sensores de temperatura y de la bomba de presión se puede asemejar datos muy significativos para futuras tomas de decisiones de los datos almacenados, se puede concebir una gráfica que representa el tiempo de encendido y los grados centígrados que oscilan en el turco y sauna



**Ilustración 4-7:** Adquisición de datos

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 4-7 se compara mediante las gráficas de temperatura vs tiempo, los datos son proporcionados por el sistema SCADA, cada intervalo del tiempo se mide en min y corresponde a una escala 1:10 y la sección de temperatura se miden en grados centígrados. La grafica del lado derecho muestra las temperaturas del sauna y turco, antes de la intervención del proyecto, se observa una variación de temperatura muy irregular con incrementos y descensos muy bruscos en el tiempo.

**Tabla 4-3:** Descripción de los botones de control de la interfaz gráfica de adquisición

Número	Descripción
16	Puerto de conexión al microcontrolador
17	Señal de encendido o apagado de la bomba D
18	Botón de inicio de toma de datos
19	Visualización digital de la fecha donde se va inspeccionar el documento
20	Indicador del tiempo de encendido de la bomba D
21	Botón guardar donde accederá crear un nuevo archivo en Excel
22	Botón de inicio, ejecuta el sistema de graficas
23	Tabla de datos revela en tiempo real los datos derivados

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023

Primero se declaran todas las librerías necesarias para el correcto funcionamiento de la interfaz. Se declaran variables iniciales, se crean clases por cada ventana y se reúnen a los objetos por su *object Name*. En la simbolización se tienen timers, técnicas lógicas para la adquisición de datos y la declaración con los microcontroladores.

Para el uso de la ventana de adquisición de datos, primero se debe pulsar sobre el botón *Conectar* e indeliberadamente se crea la declaración con los microcontroladores, luego se procede con el botón *INICIAR* para la toma de datos, donde se saca datos de las temperaturas de Sauna y turco, Para concluir con la adquisición de datos es importante el botón *DETENER* también se encuentra

el botón GUARDAR que permite obtener los diferentes datos que se obtiene en la pestaña de adquisición.



**Ilustración 4-8:** Interfaz de adquisición.  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

El archivo se guarda en conformación Excel .xlsx con la fecha y hora de dicha prueba y se logra un archivo con la dirección indicada obtiene así los resultados de consumo de agua. En la ilustración 4-8 se realiza una comparación de gráficas de temperatura vs tiempo, cuyos datos son proporcionados por el sistema SCADA. Cada intervalo de tiempo se mide en minutos y corresponde a una escala de 1:10, mientras que la escala de temperatura es 1:1 y se mide en grados centígrados.



**Ilustración 4-9:** Comparación de datos  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la gráfica B, se presentan los registros de temperatura obtenidos en el sauna y el turco antes de la intervención del proyecto. Se observa una variación de temperatura muy irregular, con incrementos significativos que alcanzan hasta 90°C en el sauna y 80°C en el turco. El incremento



de temperatura resulta incómodo para los usuarios y generan sensación de sofocación en el ambiente. Además, se identificaron descensos bruscos de temperatura del sauna, llega a valores inferiores a 30°C a lo largo del tiempo.

Las medidas correctivas que plantean los operativos por el incremento de temperatura en el sauna y turco eran, apagar desde el tablero eléctrico los componentes (niquelinas, bomba de vapor) o mantener abierto la puerta de ingreso, con el fin de estabilizar la temperatura y proporcionar condiciones más confortables para los usuarios. Estos cambios de temperatura afectan de forma negativa la experiencia y el propósito del ambiente de sauna y turco.

La gráfica A representa los datos posteriores a la implementación del sistema SCADA. En esta gráfica se observa una tendencia lineal constante a lo largo del tiempo. Como resultado de la intervención, se logra un control de temperatura estándar de 80°C en el cuarto de sauna y de 40°C en el cuarto de turco en referencia a la INEN 2929. (INEN, 2014)

La implementación del sistema SCADA en las zonas húmedas genera una mejora evidente en el control de temperatura de los ambientes de sauna y turco. La configuración que se instaló mantiene una temperatura estable y cumple con las condiciones adecuadas de confort para los usuarios.

#### 4.2. Consumo de agua caliente en las duchas

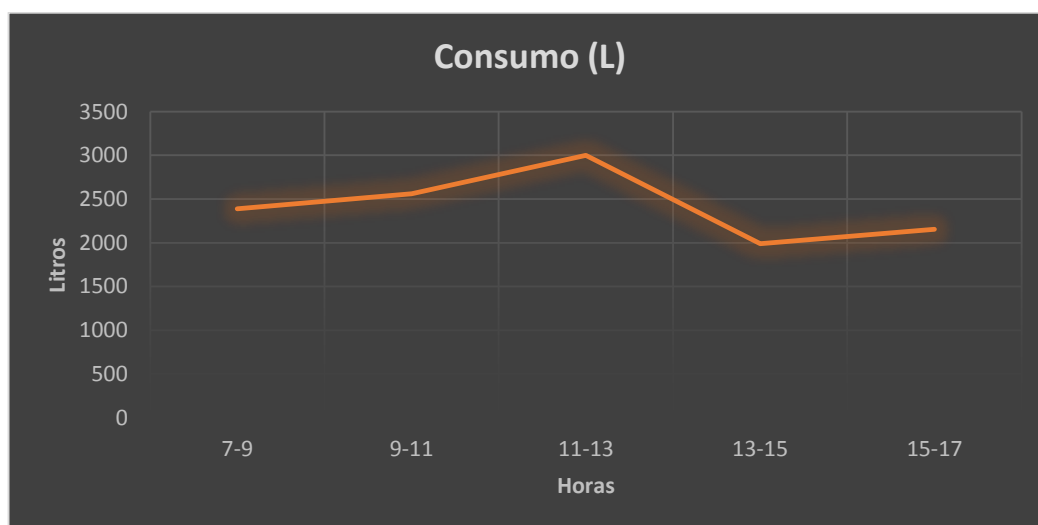
En la tabla 4-4 se detalla el consumo promedio de agua en las duchas de la piscina de la ESPOCH durante cada hora clase, con un total de 12,093 litros de agua. Estos datos son obtenidos a partir de aproximadamente 45 días de prueba y representan una estimación del consumo de agua en cada período horario. Es importante tener en cuenta que estos números son estimaciones y pueden variar en función de las condiciones específicas y el comportamiento de los usuarios a lo largo del tiempo. El monitoreo continuo del consumo de agua en las duchas es crucial para identificar patrones de uso y promover prácticas de conservación del agua en la piscina

**Tabla 4-4:** Consumo de agua en horas

Horas	Consumo (L)
7-9	2390
9-11	2560
11-13	3000
13-15	1990
15-17	2153
total	12093

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 4-10 se observa que el consumo más alto de agua se registra alrededor de las 11 am a 13 pm, y el pico más alto de consumo, con 3000 litros de agua, se alcanza en el intervalo de 13 pm a 15 pm, con un consumo de 2153 litros. Es importante tener en cuenta que estos datos se recopilieron durante un período en el que la ESPOCH estaba en clases y las piscinas estaban en pleno funcionamiento. Estos resultados reflejan los patrones de consumo de agua en las duchas de la piscina durante ese período específico. Es fundamental utilizar esta información para implementar estrategias de gestión del agua y promover prácticas de uso responsable que contribuyan a la conservación del recurso hídrico.



**Ilustración 4-10:** Grafica de consumo de agua en horas  
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la tabla 4-5 se presenta el consumo de agua durante un período de 9 semanas, con un valor aproximado de 63,222 litros. Estos datos representan una estimación del consumo de las duchas de la piscina de la ESPOCH durante cada día de la semana mencionado en ese período. Es importante tener en cuenta que estos números son estimaciones y pueden variar en función de las condiciones específicas y el comportamiento de los usuarios en la piscina a lo largo del tiempo. El monitoreo regular del consumo de agua es esencial para identificar patrones de uso y promover prácticas de conservación del agua en la piscina.

**Tabla 4-5:** Consumo de agua en semanas

Días	Consumo (L)
Lunes	20234
Martes	9423
Miércoles	10563
Jueves	15546
Viernes	7456
TOTAL	63222

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 4-11 se puede observar que el día con mayor demanda de agua es el lunes, con un consumo de 20,234 litros, mientras que el día viernes presenta la menor demanda, con un consumo de 7,456 litros. Esta diferencia en la demanda de agua puede atribuirse al hecho de que el día viernes se realizan los mantenimientos de la piscina y puede haber una menor afluencia de usuarios. Durante el día de mantenimiento, es posible que se restrinja el acceso a ciertas áreas de la piscina, lo que puede disminuir la necesidad de consumo de agua por parte de los usuarios. Esta información es importante para comprender los patrones de consumo de agua y planificar adecuadamente los recursos necesarios para mantener la piscina en funcionamiento de manera eficiente.



**Ilustración 4-11:** Grafica de consumo de agua en horas  
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

### 4.3. Análisis de la configuración timer

El funcionamiento de la bomba de vapor está determinado por los ciclos de funcionamiento. En la bomba de vapor se puede instalar hasta cuatro resistencias, en la tabla 4-6 especifica el rango de temperatura según el número de resistencias activas. La generación de vapor y la temperatura depende del número de resistencias activas en el generador de vapor.

**Tabla 4-6:** Opciones de temperatura

Resistencia	Temperatura
1	20°C
2	50°C
3	70°C
4	130°C

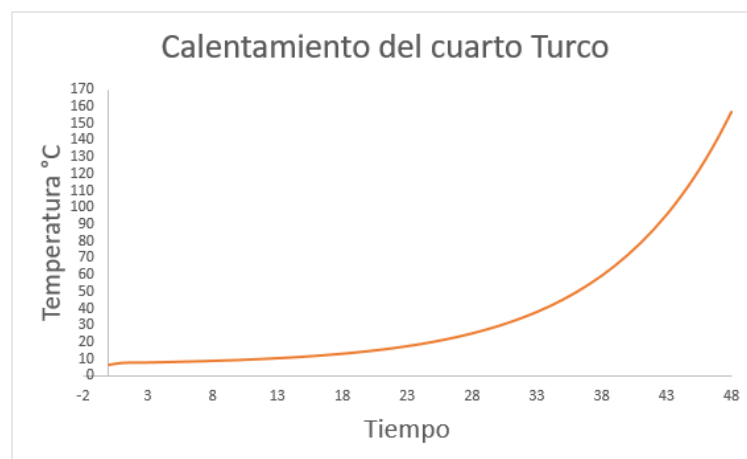
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

La bomba de vapor que se encuentra en la ilustración 4-12 involucra varias etapas. Primero, la bomba se encarga de cargar agua, que luego se envía a una cámara donde se encuentran las resistencias. Una vez que el agua entra en contacto con las resistencias, se genera energía térmica en forma de vapor. Este vapor es transportado desde la cámara hacia el cuarto de turco, donde se utiliza para crear un ambiente de vapor y proporcionar los beneficios asociados al turco, como la relajación y la apertura de los poros



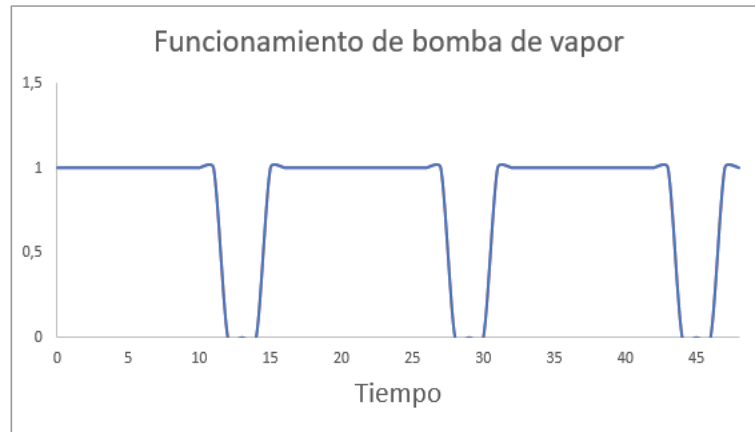
**Ilustración 4-12:** configuración de la bomba de vapor.  
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

Previo a la intervención del proyecto, el cuarto de turco operaba con cuatro resistencias instaladas en la bomba de vapor, lo que resultaba en una temperatura máxima de hasta  $100^{\circ}\text{C}$  en aproximadamente 45 minutos. Sin embargo, se identificó que este método de calentamiento podía generar problemas como sofocación, daños en el sistema respiratorio y posibles quemaduras en la piel. La gráfica exponencial presentada en la ilustración 13-4 muestra que a medida que aumenta el tiempo de encendido de la bomba de vapor, la temperatura del cuarto de turco se incrementa gradualmente. Como resultado, se hizo evidente la necesidad de implementar un sistema más controlado y seguro para garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios.



**Ilustración 4-13:** Grafica temperatura VS tiempo.  
**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

La bomba de vapor permanece encendida y emana vapor por un tiempo aproximado de 11 minutos, después se apaga por 3 min, en el lapso que la bomba se mantiene apagada la bomba de vapor carga agua fría para volver a comenzar el ciclo. En la ilustración 4-14 simula el encendido de la bomba de vapor como 1 y como apagado 0.



**Ilustración 4-14:** Funcionamiento de la bomba.  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la configuración del timer secuencial para la bomba de vapor y la temperatura del cuarto de turco, se han establecido tres estados de control como se puede determinar en la tabla 4-7, los diferentes datos de referencia. Estos estados representan diferentes condiciones de funcionamiento y ajustes para el sistema.

**Tabla 4-7:** Opciones de configuración de timer

N° de configuración	Tiempo de encendido	Tiempo de apagado
1	3min	1min
2	5min	1min
3	8min	1min

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

La ilustración 12-4 exhibe una disminución gradual de la temperatura, alcanza un nivel cercano a los 35°C en aproximadamente 48 minutos. Este valor se considera aceptable en términos generales. Sin embargo, es importante destacar que el objetivo no se limita únicamente a mantener la temperatura ambiente en el cuarto de turco. Sino también de mantener constantemente emana vapor, se observa en la gráfica que la temperatura se mantiene constante en tiempos de 5 min aproximadamente, son tiempos donde la bomba de vapor se mantiene apagada y no emite ningún vapor.

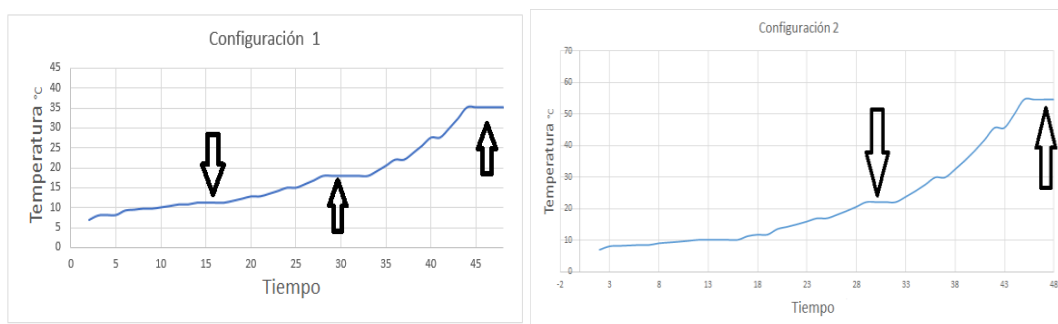
#### 4.3.1. Pruebas de funcionamiento para el timer

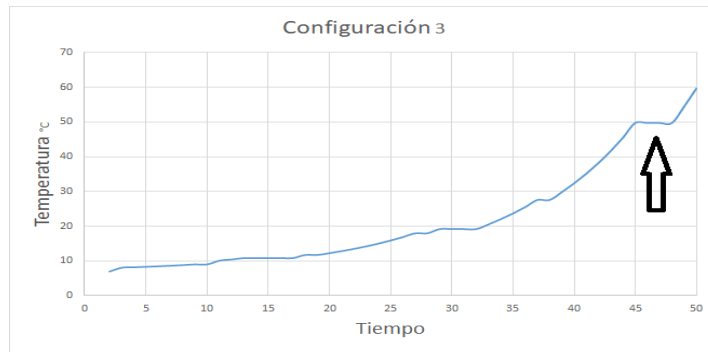
En la ilustración 4-15 se presentan tres tipos de configuraciones que se utilizan en el timer para detallar la temperatura en función del tiempo. Permite establecer y ajustar la temperatura deseada a lo largo del tiempo. Cada configuración puede representar diferentes perfiles de temperatura, como un aumento gradual, una fluctuación periódica o una disminución constante. Estas representaciones gráficas son útiles para programar y controlar de manera precisa el cambio de temperatura en la bomba de vapor, brinda flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades específicas del usuario. Estas pruebas ayudan a asegurar que el timer funcione correctamente y cumpla con los requisitos y expectativas deseados.

En la primera configuración muestra una disminución gradual de temperatura que llega a una temperatura alrededor de 35°C en un tiempo aproximado de 48 min y es aceptable pero no solo es mantener la temperatura de cuarto de turco, sino también de mantener constantemente emana vapor, se observa en la gráfica que la temperatura se mantiene constante en tiempos de 5 min aproximadamente, son tiempos donde la bomba de vapor se mantiene apagada y no emite ningún vapor.

La configuración 2 indica 5 min de encendido del timer y 1 min apagado, se logra aumentar la temperatura 20°C más que la configuración 1 y se disminuyen los espacios que la bomba de vapor permanece apagada, es una temperatura aceptable y la emisión de vapor es constante.

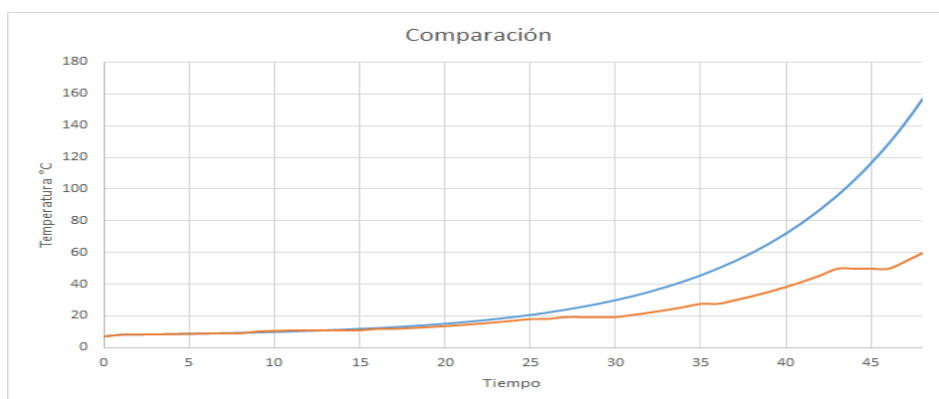
Por último, en la configuración 3, está conformada el timer con 8 min de encendido y 1 min apagado. Se observa, un crecimiento de temperatura formidable de aproximadamente 60°C en 50 min.





**Ilustración 4-15:** Grafica de comparación.  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

De acuerdo con las configuraciones presentadas en la ilustración 4-16, la opción que se adecúa a su interés de inspeccionar la temperatura y mantener un flujo constante de vapor es la configuración 3. En esta configuración, se establece un tiempo de encendido del timer de 8 minutos, seguido de 1 minuto de apagado. Esta secuencia de encendido y apagado facilita mantener un flujo constante de vapor durante el tiempo de encendido, mientras que el tiempo de apagado proporciona intervalos para inspeccionar la temperatura. Esta configuración le brinda control sobre el flujo de vapor y la capacidad de monitorear y mantener la temperatura de manera precisa y constante.



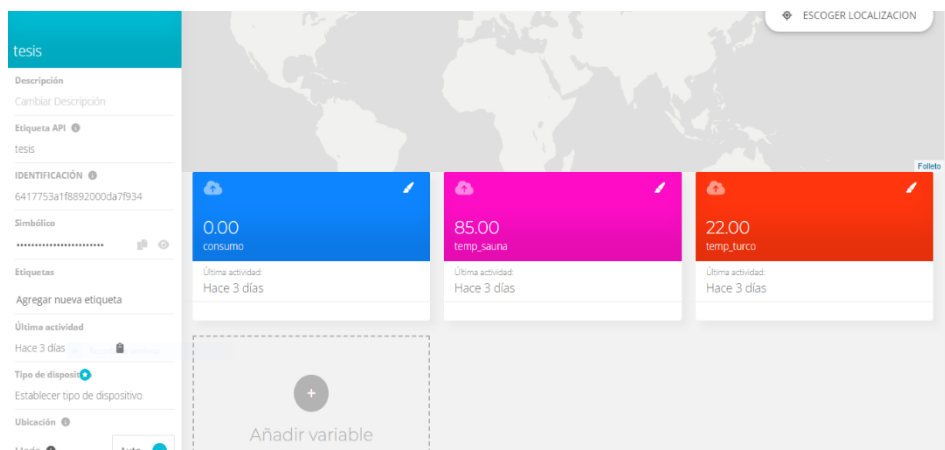
**Ilustración 4-16:** Grafica de comparación.  
Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 4-16, se puede observar que la línea azul representa la configuración previa al proyecto, mientras que la línea de color tomate muestra la implementación del timer secuencial. La incorporación del timer ha logrado prolongar de manera efectiva el tiempo de calentamiento del cuarto de turco. Como resultado, se evita la posibilidad de sofocación al regular el flujo de vapor de forma controlada. Además, se mantiene un ritmo constante de liberación de vapor en el cuarto de turco, lo que proporciona una experiencia más segura y placentera para los usuarios. El uso del timer secuencial ha demostrado ser una solución para mejorar la eficacia y seguridad del sistema de calentamiento.

### 4.3.2. Validación del entorno web en Ubidots

Python contiene un amplio catálogo de librerías, lo que ayuda a la comunicación en diferentes dispositivos electrónicos programables y plataformas. La temperatura en las zonas húmedas sauna, turco y el consumo de agua caliente en las duchas de la piscina institucional de la ESPOCH son las variables seleccionadas que se va a representar en la plataforma de Ubidots.

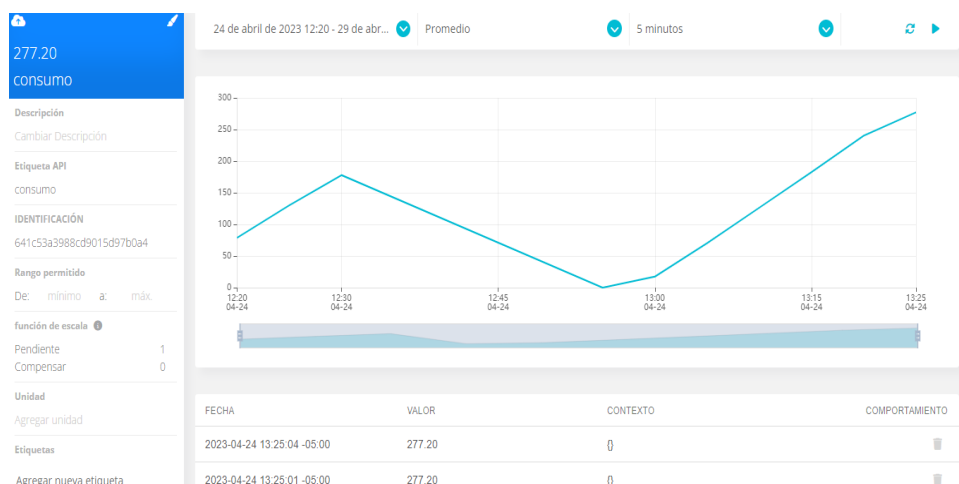
En la ilustración 4-17 se presenta la página web de Ubidots donde se registra las variables ya mencionadas.



**Ilustración 4-17:** Plataforma de Ubidots

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

En la ilustración 17-4 representa la variable de consumo de agua caliente de las duchas de la piscina institucional en la página web de la plataforma de Ubidots.



**Ilustración 4-18:** Grafica de consumo de agua en plataforma de Ubidots

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.



En el análisis de la ilustración 4-18 representa el promedio de consumo de agua caliente en un intervalo de 60 min divididos en dos intervalos de 30 min consume un total de 177,89 litros y de 30 min en 277.20 litros.

La ilustración 4-19 representa la variable de control de temperatura de la zona húmeda sauna en la página web de la plataforma de Ubidots.



**Ilustración 4-19:** Datos históricos del Sauna en la plataforma Ubidots

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

El análisis representa el promedio de la temperatura del cuarto de sauna, donde se debe mantener un valor constante de 90°C. La misma lógica de monitoreo tiene la variable de temperatura del cuarto de turco.

#### 4.3.3. Validación de la comunicación de la interfaz con Ubidots

Con el propósito de evaluar la eficiencia de la comunicación entre el la interfaz del sistema y Ubidots, se llevó a cabo una prueba para medir el tiempo transcurrido desde la ejecución de una acción en el entorno de la interfaz hasta la recepción de la señal correspondiente en la plataforma web de Ubidots. En la ilustración 4-20 indica los datos que fueron recibidos por plataforma de ubidots desde Python.



**Ilustración 4-20:** Históricos de variables enviadas desde la interfaz

**Realizado por:** Guzmán J; Núñez J. 2023.

Se llevó a cabo la ejecución de una rutina en Python con el objetivo de contar la cantidad de paquetes enviados desde la interfaz gráfica. Esta cantidad fue comparada con el número de paquetes registrados en el historial de Ubidots durante un período de un minuto. Los resultados obtenidos de esta prueba de comunicación entre la interfaz y Ubidots se muestran en la tabla 4-8. En dicha tabla se presenta la cantidad de paquetes enviados desde la interfaz y la cantidad de paquetes recibidos en la plataforma Ubidots.

**Tabla 4-8:** Respuestas de comunicación entre la interfaz y Ubidots

N°	Generadas (Python)	Recibidas (Ubidots)
1	91	89
2	94	92
3	92	91
4	91	90
5	89	87
6	84	81
7	90	89
8	81	79
9	94	93
10	94	92

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

A partir del análisis de los datos presentados en la tabla 8-3, se puede observar que, en promedio, se logra una eficiencia del 98, 11% en la comunicación entre la interfaz y la plataforma Ubidots. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta eficiencia puede variar, debido a que su rendimiento depende de la calidad de la conexión a Internet disponible durante la prueba

#### 4.4. Evaluación económica

Para la implementación de un sistema SCADA para el control en las estaciones de bombeo en las duchas y climatización del sauna y turco en la piscina institucional de la ESPOCH se utilizó varios equipos y materiales necesarios, a continuación, se detalla:

##### 4.4.1. Análisis de costos de equipos

En la tabla 4-9, se puede apreciar el detalle de costos de los equipos empleados para la elaboración del sistema SCADA.

**Tabla 4-9:** Lista de costos de equipos

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
2	Arduino mega	\$ 25,00	\$ 50,00
1	Timer Secuencial Riel 12-240 VAC/DC	\$ 15,00	\$ 15,00
3	Detector nivel alto o bajo 8 pines 5A 220VAC	\$ 20,00	\$ 60,00
1	Termómetro Digital panel 48x28.5mm 50 a 150°C	\$ 28,00	\$ 28,00
1	Termocupla 0-500°C tipo K, tornillo cable 2M	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Modulo máx. 6675	\$ 15,00	\$ 15,00
<b>Total</b>			<b>\$ 188,00</b>

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

#### 4.4.2. Análisis de costos de materiales

En la tabla 4-10, se puede apreciar el detalle de costos de los materiales empleados para la elaboración del sistema SCADA.

**Tabla 4-10:** Costos de materiales

N.º	Detalle	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Total (\$)
1	Base para relay 8 pines planos 5A pequeños MY2	21	\$ 3,50	\$ 73,50
2	Base para relay 14 pines planos 5A pequeños MY4	4	\$ 2,50	\$ 10,00
3	Selector 22mm 2 posiciones plástico	1	\$ 2,50	\$ 2,50
4	Contactador auxiliar csc pasa pulsador y selector	1	\$ 1,00	\$ 1,00
5	Caja plástica pretroquel 220x170x120mm	2	\$ 12,00	\$ 24,00
6	Riel Din 35mm acero perforado 2 metros	2	\$ 3,00	\$ 6,00
7	Detector nivel alto o bajo 8 pines 5A 220VAC	3	\$ 18,00	\$ 54,00
8	Base relay timer 8 pines redondo pequeño	3	\$ 2,50	\$ 7,50
9	Breaker riel csc 2 posiciones 6A 400V	2	\$ 8,00	\$ 16,00
10	Luz piloto 16mm led azul 220V AC/DC	1	\$ 2,50	\$ 2,50
11	Luz piloto 16mm led verde 220V AC/DC	1	\$ 2,50	\$ 2,50
12	Luz piloto 16mm led amarillo 220V AC/DC	1	\$ 2,50	\$ 2,50
13	Manguera BX 1/2 pulgada	15	\$ 1,50	\$ 22,50
14	Conector BX 1/2 pulgada	12	\$ 1,00	\$ 12,00
15	Abrazadera EMT 1 pulgada	2	\$ 0,50	\$ 1,00
16	Abrazadera EMT 3/4 pulgada	10	\$ 0,25	\$ 2,50
17	Abrazadera EMT 1/2 pulgada	4	\$ 0,20	\$ 0,80
18	Electrodo de varilla 4 metros	4	\$ 9,00	\$ 36,00
19	Unión de acero inoxidable	4	\$ 2,00	\$ 8,00
20	Funda Sellada 3/4 pulgada	20	\$ 3,00	\$ 60,00
21	Conector recto funda sellada 3/4 pulgada	4	\$ 1,50	\$ 6,00
22	Caja plástica pretroquel 220x155x85mm	2	\$ 7,00	\$ 14,00
23	Funda Sellada 1/2 pulgada	15	\$ 2,50	\$ 37,50
24	Conector recto funda sellada 1/2 pulgada	6	\$ 1,50	\$ 9,00
25	Caja plástica pretroquel 175x110x83mm	1	\$ 4,00	\$ 4,00
26	Gabinete metálico liviano 400x400x200mm	1	\$ 50,00	\$ 50,00
27	Canaleta ranurada gris DXN 10042 25x40mm	1	\$ 8,00	\$ 8,00
28	Cable concéntrico 2x18BAWG (metro)	60	\$ 0,48	\$ 28,80
29	Cable concéntrico 4x18BAWG (metro)	112	\$ 0,94	\$ 105,28

30	Cable concéntrico 3x18BAWG (metro)	45	\$ 0,73	\$ 32,85
31	Cable flexible #18AWG	112	\$ 0,35	\$ 39,20
32	Amarras 35cm negra 1 funda	1	\$ 5,00	\$ 5,00
33	Amarras 20cm negra 1 funda	2	\$ 4,00	\$ 8,00
34	Amarras 10cm negra 1 funda	1	\$ 3,00	\$ 3,00
35	Tornillo #6 1 ¼	40	\$ 0,04	\$ 1,60
36	Taco Fisher #6 x 20U fundas	2	\$ 0,50	\$ 1,00
37	Cinta aislante 3M	1	\$ 1,50	\$ 1,50
38	Terminal puntera simple 18-16AWG Amarillo	1	\$ 3,00	\$ 3,00
39	Terminal U rojo 18-16AWG	1	\$ 6,00	\$ 6,00
40	Terminal U azul 18-16AWG	1	\$ 8,00	\$ 8,00
41	Vario		\$ 250,00	\$ 250,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 966,53</b>

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

#### 4.4.3. Costo total del sistema SCADA

En la tabla 4-11, exhibe un costo total de \$1.154,53. Esta cifra refleja la suma de los gastos correspondientes a los costos de equipos y de los materiales necesarios para la implementación del sistema SCADA.

**Tabla 4-11:** Costos total del sistema SCADA

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Costo de equipos	\$ 323,00	\$ 188,00
1	Costo de materiales	\$ 45,00	\$ 966,00
<b>Total</b>			<b>\$ 1.154,53</b>

Realizado por: Guzmán J; Núñez J. 2023.

## CONCLUSIONES

Para conocer el estado inicial de las instalaciones se usó como herramienta de evaluación un check list, el mismo que nos permitió determinar los recursos iniciales para el presente proyecto. Además, se estableció mediante el estudio del arte los parámetros iniciales en el desarrollo de la interfaz gráfica de control, las temperaturas ideales para el cuarto de turco, debían ser menor a 42 grados centígrados y la temperatura del cuarto de sauna, debía mantener un rango de 75 – 105 grados centígrados.

Se determinó que el Arduino es un hardware de pasarela ya que permitió la comunicación por puerto serial de la interfaz de control a la interfaz de potencia, siendo estas las señales las responsables de controlar o supervisar los equipos de potencia; además de tener un bajo costo y su compatibilidad con diferentes equipos lo hace ideal para el control de estos procesos. Adicional se usa Python como software de desarrollo, al ser Open Source garantiza una solución flexible y gratuita en la creación de la interfaz gráfica de control.

La implementación del sistema SCADA permitió un control estable de temperatura de 40 grados centígrados en el cuarto de turco y de 80 grados centígrados en el cuarto de sauna, garantizando así condiciones óptimas de confort y seguridad para los usuarios.

La interfaz humano-máquina es una herramienta visual para el personal operativo, además es una aplicación intuitiva, que permite la comunicación, monitoreo y el control de los procesos en tiempo real.

Al permitir el acceso local y remoto del personal técnico, el sistema SCADA ha brindado la capacidad de supervisar los niveles de agua, controlar los estados de las operaciones en tiempo real. Además, proporciona acceso a datos de consumo agua y el registro de temperatura del cuarto de sauna y turco, lo que permite un seguimiento preciso de las operaciones, facilitando el análisis de datos.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda aplicar el sistema SCADA a todas las áreas de la piscina institucional de la ESPCOH, de esta manera lograr una supervisión total de los recursos, ofrecer condiciones y un ambiente laboral para los colaboradores que salvaguarda las instalaciones, con la aplicación de esta tecnología brindara un servicio de calidad a los usuarios politécnicos.

Se recomienda documentar de manera detallada todo el proceso del sistema SCADA. Analizar los resultados obtenidos en términos de eficiencia, precisión y facilidad de uso. Con la finalidad de realizar un análisis crítico de las fortalezas, limitaciones del sistema, y proponer posibles mejoras o futuras líneas de investigación.

Para realizar una correcta instalación de los diferentes sensores al micro controlador se recomienda un dimensionamiento de los cables adecuado, esta información permitirá una lectura nítida de las señales y una mayor precisión de los datos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALBERTO BRUNETE**, Automatización industrial. *Introducción a la Automatización Industrial* [en línea]. [consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/automatizacionindustrial.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/automatizacionindustrial.html).
2. **ALMACHI CHIGUANO, J.W. & NARANJO BARRERA, E.A.**, *Desarrollo de un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante*. [en línea]. bachelorThesis. S.l.: Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC. [consulta: 15 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8123>.
3. **ALVAREZ, J.R.N.**, Herramientas para la Implementación de un Sistema SCADA en un Proceso de Desalinización. *IEEE Latin America Transactions* [en línea], vol. 17, no. 11, [consulta: 6 octubre 2022]. ISSN 1548-0992. Disponible en: <https://latamt.ieee9.org/index.php/transactions/article/view/1686>. jnunez22, Tools for the Implementation of a SCADA System in a Desalination Process.pdf
4. **BABAYIGIT, B. & SATTUF, H.**, An IIOT and Web-based Low-Cost SCADA System for Industrial Automation. *2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*. S.l.: s.n., pp. 890-894. DOI 10.23919/ELECO47770.2019.8990553.
5. **CARLA, M.V., Alfonso, U.M. & Ángel, R.G.M.**, *Lenguajes de programación*. S.l.: Editorial UNED. ISBN 978-84-362-7749-4.
6. **DAVID AGUIRRE ZAPATA**, *DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA USO EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS*. 6 mayo 2013. S.l.: Universidad de Piura.
7. **FERNÁNDEZ, M.C.C.**, Manual básico de matlab. [en línea], Disponible en: <https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento11541.pdf>.
8. **FRANCISCO José**, *Diseño e implementación de un sistema de alarma IOT basada en tecnologías Open Source* [en línea]. 30 agosto 2019. S.l.: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. [consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8000/tfm-mar-dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
9. **GOKHALE, P., BHAT, O. & BHAT, S.**, Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* [en línea], vol. 5, ISSN 2393-

8021. DOI 10.17148/IARJSET.2018.517. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/profile/Omkar-Bhat/publication/330114646\\_Introduction\\_to\\_IOT/links/5c2e31cf299bf12be3ab21eb/Introduction-to-IOT.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Omkar-Bhat/publication/330114646_Introduction_to_IOT/links/5c2e31cf299bf12be3ab21eb/Introduction-to-IOT.pdf).

10. **GONZÁLEZ, A.D.**, Comparación de energías y gases de efecto invernadero en calentamiento de agua para cocción de alimentos con electricidad y gas natural. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* [en línea], vol. 14, [consulta: 8 marzo 2023]. ISSN 0329-5184. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/100144>.
11. **GUERRERO, L.S.**, Sistema Scada basado en raspberry pi para la monitorización de una instalación fotovoltaica. ,
12. **JACOB ENRIQUE MELLADO ACEITÓN**, *EL IOT-PLC: una nueva generación de controladores lógicos programables para la industria 4.0* [en línea]. 1 octubre 2020. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/50019>.
13. **LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR**, [sin fecha]. *Ley orgánica de educación superior, loes* [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 7 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.ces.gob.ec/documentos/Normativa/LOES.pdf>.
14. **LUISFER E.** Análisis dinámico de rendimiento de un calentador de agua con bomba de calor solar de expansión directa para diferentes relaciones de área evaporador/condensador. *Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica-CIBIM 2022* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Educación a Distancia (España), [consulta: 8 marzo 2023]. DOI 10.5944/bicim2022.303. Disponible en: <http://espacio.uned.es/fez/view/bibliuned:congresoCIBIM-2022UPMEspana-Leparada>.
15. **MIREYA ZAPATA, Liliana TOPÓN-Visarrea, & Edgar TIPÁN**, *Fundamentos de Automatización y Redes Industriales*. Quito, Ecuador: a Universidad Tecnológica Indoamérica. ISBN 978-9942-82-121-8.
16. **MONTES, D., ZAMARREÑO, J.M., PITARCH, J.L., OLIVEIRA DA SILVA, E. & PRADA, C.D.**, Implementación de capas superiores de la pirámide de automatización en una planta piloto híbrida. *XLII Jornadas de automática : libro de actas* [en línea]. S.l.: Servizo de Publicacións da UDC, pp. 403-410. [consulta: 14 junio 2023]. ISBN 978-84-9749-804-3. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2183/28340>.



17. **MUQEET, Mohd.A.**, PLC and SCADA Based Control of Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR). *IJIREEICE* [en línea], vol. 3, no. 12, [consulta: 14 junio 2023]. ISSN 23212004. DOI 10.17148/IJIREEICE.2015.31238. Disponible en: <http://ijireeice.com/upload/2015/december-15/IJIREEICE%2038.pdf>.
18. **NICOLA, M., NICOLA, C., DUȚĂ, M. & SACERDOTIANU, D.**, Scada Systems Architecture Based on OPC and Web Servers and Integration of Applications for Industrial Process Control. , DOI 10.5923/j.control.20180801.02.
19. **PANDAS** - Biblioteca de análisis de datos de Python. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 15 junio 2023]. Disponible en: <https://pandas.pydata.org/>.
20. **PEÑA Claudio**, *Descubriendo Arduino*. S.l.: RedUsers. ISBN 978-987-49582-4-2.
21. **PÉREZ José**, *Modelación numérica del flujo no estacionario en bombas centrífugas efectos dinámicos de la interacción entre rodente y voluta*. 1 julio 2000. S.l.: s.n.
22. **PYSERIAL**: *Python Serial Port Extension* [en línea], [sin fecha]. MacOS :: MacOS X, Microsoft :: Windows, POSIX. Python. S.l.: s.n. [consulta: 15 junio 2023]. Disponible en: <https://github.com/pyserial/pyserial>.
23. **PYTHON**, Python. *Python.org* [en línea]. [consulta: 9 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.python.org/>.
24. **QUEVEDO, D.M.P.**, Tesis para optar el título de ingeniero mecánico eléctrico. [en línea], Disponible en: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3443/1/TL\\_PradaQuevedoDiego.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3443/1/TL_PradaQuevedoDiego.pdf).
25. **RAMÍREZ, E.G.G.**, Impactos de la automatización en procesos laborales, percibidos por un grupo de líderes de gestión humana de una organización del sector manufacturero de la ciudad de Medellín. ,
26. **SALAZAR VELARDE, D.**, *Diseño e implementación de un sistema scada para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agro industrial fruta de la pasión C*. [en línea]. bachelorThesis. S.l.: s.n. [consulta: 15 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10430>.

27. **SOMAYYA MADAKAM & R. RAMASWAMY**, Journal of Computer and Communications. [en línea], vol. Vol.03, no. 05, [consulta: 15 febrero 2023]. ISSN 56616. Disponible en: [https://www.scirp.org/html/56616\\_56616.htm](https://www.scirp.org/html/56616_56616.htm).
28. **TKINTER**, tkinter — Interface de Python para Tcl/Tk. *Python documentation* [en línea]. [consulta: 9 marzo 2023]. Disponible en: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>.
29. **URIEL VILLAMIZAR CASTELLANO** *Automatización de una piscina climatizada con paneles solares térmicos, y monitoreada a través de un sistema inalámbrico* [en línea]. Técnico. Colombia: PAMPLONA. Disponible en: [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1790/1/Villamizar\\_2016\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1790/1/Villamizar_2016_TG.pdf).
30. **VÁSCONEZ BUÑAY, B.E.**, Diseño y evaluación de una arquitectura para la red de comunicaciones que utiliza el sistema SCADA, para optimizar procesos y recursos en una empresa petrolera. En: Accepted: 2019-03-20T22:40:12Z [en línea], [consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10003>.
31. **YADAV, G. & PAUL, K.**, Architecture and security of SCADA systems: A review. *International Journal of Critical Infrastructure Protection* [en línea], vol. 34, [consulta: 17 junio 2023]. ISSN 1874-5482. DOI 10.1016/j.ijcip.2021.100433. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874548221000251>.

## ANEXOS

### ANEXO A: INSPECCIÓN INICIAL DE LOS REQUERIMIENTOS







## ANEXO B: INSTALACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA





## ANEXO C: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO





## ANEXO D: PROGRAMACIÓN DEL MICRO CONTROLADOR

```
#-----Sistema SCADA piscina institucional de la ESPOCH-----
---
#-----Ventana de Supervision-----
###-----Configuraciones arduino-----
board = ArduinoMega('COM6') #comunicacion con la placa arduino
print("Comunicacion con arduino comunicada con exito")

serialArduino = serial.Serial("COM7",9600,timeout=1)
time.sleep(2)

##-----configuracion de la ventana-----
root = Tk()
##Cambio de titulo
root.title("Sistema SCADA Duchas")
##Icono
root.iconbitmap("Iconos/Espoch.ico")
##Posicionamiento de la ventana_principal
w=1380
h=700
screen_width=root.winfo_screenwidth() ##Informcion de la pantalla
screen_height=root.winfo_screenheight()
x_1=(screen_width/2)-(w/2)
y_1=(screen_height/2)-(h/1.80)
root.geometry('%dx%d+%d+%d' %(w,h,x_1,y_1))

##-----Contador temperatura-----
num1=0
num2=0

counter = 0
counter_1 = 0

###-----Asignacion de variables-----

cisterna = board.digital[22]
cisterna.mode = pyfirmata.INPUT
#----- variables Bombas-----
bomba_A = board.digital[24]
bomba_A.mode = pyfirmata.INPUT
bomba_B = board.digital[26]
bomba_B.mode = pyfirmata.INPUT
bomba_C = board.digital[28]
bomba_C.mode = pyfirmata.INPUT
bomba_D = board.digital[30]
bomba_D.mode = pyfirmata.INPUT
#-----Nivel de agua tanque de distribucion-----
N_alto = board.digital[32]
N_alto.mode = pyfirmata.INPUT
```

```

N_medio= board.digital[34]
N_medio.mode = pyfirmata.INPUT
N_bajo = board.digital[36]
N_bajo.mode = pyfirmata.INPUT

#-----Bombas de Calor-----
B_calor_1 = board.digital[38]
B_calor_1.mode = pyfirmata.INPUT
B_calor_2= board.digital[40]
B_calor_2.mode = pyfirmata.INPUT

#-----Sauna y turco-----
B_sauna = board.digital[42]
B_sauna.mode = pyfirmata.INPUT
B_turco= board.digital[44]
B_turco.mode = pyfirmata.INPUT

##-----Inicia para comunicar datos de entrada de arduino-----
it = pyfirmata.util.Iterator(board)
it.start()
#button.mode = pyfirmata.INPUT # asignacion al pin 5 como entrada de datos

##-----Funcion distribucion de agua-----
#-----
##-----Asignacion de variables-----

#*****
#*****
#*****
#*****
#*****SCADA CENTRO DE DISTRIBUCIÓN AGUA
#*****CALIENTE*****
#-----Cisterna-----
img_cisterna_1=PhotoImage(file="final/Cisterna_llena.png")
img_cisterna_2=PhotoImage(file="final/Cisterna_vacia.png")
#-----define de imagen motor Encendido y Apagado-----

```

## **ANEXO E: MANUAL DE USUARIO**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO EN LAS DUCHAS Y CLIMATIZACIÓN DEL SAUNA Y TURCO EN LA PISCINA INSTITUCIONAL DE LA ESPOCH**

En este manual, se proporcionarán los pasos para operar correctamente la interfaz gráfica de usuario del programa "SISTEMA SCADA - Piscina" en el entorno de desarrollo Spyder Python 2022. A continuación, se detallan los pasos a seguir:

**Paso 1: Abrir el programa "SISTEMA SCADA - Piscina"**

Diríjase al escritorio (MTU) y busque el ícono del entorno de desarrollo Spyder Python 2022. Haga clic en el icono para abrir el programa.

**Paso 2: Cargar el proyecto "SISTEMA SCADA - Piscina"**

Una vez abierto Spyder Python 2022, se cargará el proyecto "SISTEMA SCADA - Piscina" desde la ubicación correspondiente en el sistema.

**Paso 3: Iniciar la ejecución del programa**

Busque el ícono designado para iniciar la ejecución del programa "SISTEMA SCADA - Piscina". Haga clic en el ícono para iniciar la ejecución del programa.

**Paso 4: Interfaz gráfica de usuario - Pantalla de Inicio**

Después de iniciar la ejecución del programa, en la pantalla de Spyder Python 2022, se muestra la interfaz gráfica de usuario correspondiente a la pantalla de Inicio. Esta pantalla es la primera que aparece al abrir el programa y proporciona las opciones y controles necesarios para operar el "SISTEMA SCADA - Piscina". Es importante destacar que, a partir de la pantalla de Inicio, el usuario podrá interactuar con la interfaz gráfica para acceder a diferentes funcionalidades y controles relacionados con el sistema de supervisión y control de la piscina.

Cabe mencionar que la Ilustración 1, que se menciona en el manual, no está disponible en este contexto, pero se supone que proporciona una representación visual de la pantalla de Inicio de la

interfaz gráfica de usuario. Los detalles específicos de las funcionalidades y controles dentro de la interfaz gráfica de usuario se describirán en los siguientes pasos del manual de operación.



Ilustración 1: pantalla de inicio del sistema SCADA

A continuación, el usuario podrá elegir entre tres opciones:

- **Monitoreo:** Proporciona la capacidad de la visualización completa de los de los sistemas de abastecimiento y descarga del tanque hacia las duchas, además se puede observar el estado en tiempo real de las niquelinas y la bomba de vapor conjuntamente se puede identificar la temperatura a la que se encuentra la sauna y/o el turco de las zonas húmedas de la piscina institucional.
- **Control:** La interfaz de control da acceso a la funcionalidad de encendido y apagado de las bombas de agua, niquelinas y bomba de vapor, junto con la capacidad de inspección previa. Además, el usuario puede ingresar manualmente la temperatura requerida a través de la ventana de control correspondiente
- **Adquisición:** El sistema da acceso al usuario de recopilar datos relevantes sobre el consumo de agua de la bomba D en las duchas. Esto se visualiza en una gráfica de consumo de agua en función del tiempo y se registra en un documento Excel que contiene información sobre el consumo de agua caliente y la temperatura del sauna y el turco. Estos registros se almacenan en el ordenador

## VENTANA DE MONITOREO

Al iniciar la ventana de monitoreo, (ilustración 2) el usuario procede a ubicar el puntero en el botón de “INICIO”, automáticamente el programa lee las variables asignadas a la bomba (C, B, D) e interpreta sus señales HIGH o LOW, se identifica el estado de los tanques de almacenamiento (Bajo, Medio, Alto) paralelamente se visualiza la temperatura de forma digital. Mediante el botón “VOLVER” da la posibilidad de regresar al menú principal.

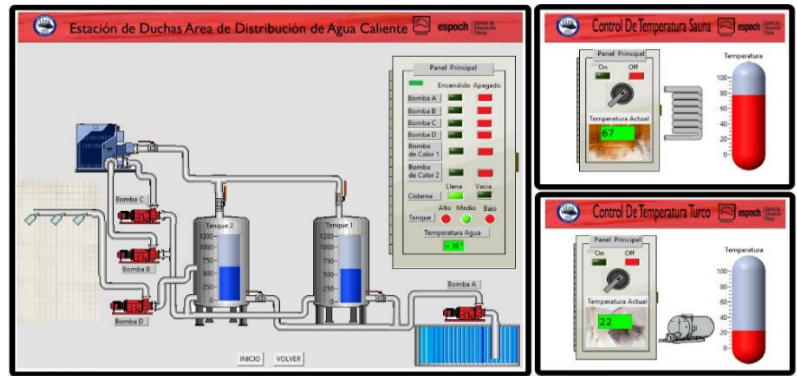


Ilustración 2: pantalla de inicio del sistema SCADA

## VENTANA DE CONTROL

El usuario elige configurar el encendido o apagado de las bombas de agua B y controlar la temperatura de las áreas de sauna y turco, además se ingresa de forma manual la temperatura mínima y máxima. (ilustración 3)

Si la temperatura ingresada está en un intervalo de 90 grados centígrados a 60 grados centígrados el sistema indicara “Temperatura Correcta”.

Caso contrario el sistema SCADA manda una orden de apagar a las niquelinas del sauna o a la bomba de vapor del turco. Por otra parte, si la temperatura llegara a decaer por debajo de la temperatura mínima configurada el sistema enviara una orden de encendido a las niquelinas del sauna o las bombas de vapor del turco.

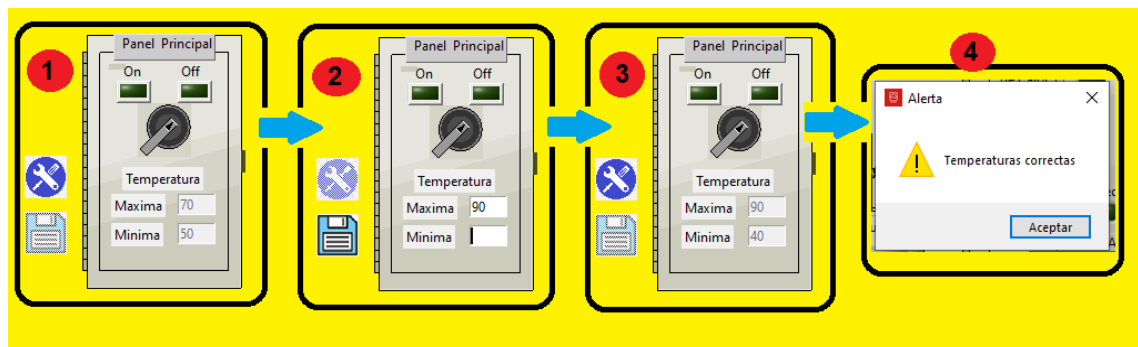


Ilustración 3: Descripción de funcionamiento de control de temperatura

El control de temperatura consta de dos botones:

Número	Descripción
1	Bloquea la funcionalidad del botón de configuración.
2	Ingresar de forma manual la temperatura máxima y mínima.
3	Guarda los datos ingresados y compara con los datos de los sensores de temperatura de la termocupla.
4	Si los datos son ingresados correctamente, la aplicación envía un mensaje de aviso de confirmación.

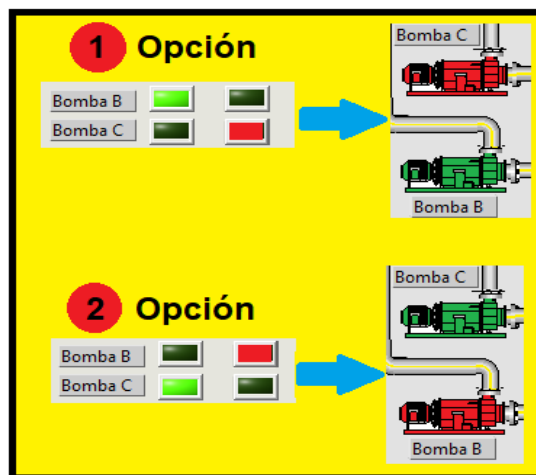


Ilustración 5: Descripción de funcionamiento de control de Bombas

El control de bombas de agua B y C se realiza de acuerdo con las necesidades y especificaciones del cliente, si se elige encender la bomba B inmediatamente la bomba C se inactiva se apaga, como contrapartida si se decide elegir encender la bomba C, la bomba B se inactiva o se apaga. Determinado opciones que se puede identificar en la ilustración. (ilustración 5)

## VENTANA DE ADQUISICIÓN

Para el interfaz de adquisición el usuario debe conectar la bomba D, indica el consumo del agua caliente. Como se puede identificar en la ilustración 6



Ilustración 6: Pantalla de adquisición

En el botón “VOLVER” nos permitirá poder regresar al menú principal.

En el botón “SALIR” permitirá salir del sistema SCADA

En la ilustración se compara mediante las gráficas de temperatura vs tiempo, los datos son proporcionados por el sistema SCADA, cada intervalo del tiempo se mide en min y corresponde a una escala 1:10 y la sección de temperatura se miden en grados centígrados. La grafica del lado derecho muestra las temperaturas del sauna y turco, antes de la intervención del proyecto, se observa una variación de temperatura muy irregular con incrementos y descensos muy bruscos en el tiempo.

