



Implementación de un módulo didáctico para medición de nivel y flujo mediante Arduino.

Lara Castillo, Miguel Alcides

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Monografía, Previo a la Obtención del Título de Tecnólogo Superior en Automatización e Instrumentación

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

Latacunga, 26 de julio de 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E

INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía “**Implementación de un módulo didáctico para medición de nivel y flujo mediante Arduino**” Fue realizado por el señor **Lara Castillo, Miguel Alcides** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 26 de julio del 2021

Firma:



Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

C.C.: 0503390239

REPORTE DE VERIFICACIÓN



Document Information

Analyzed document	RESUMEN CONCLUSIONES LARA MIGUEL.pdf (D111519733)
Submitted	8/20/2021 8:22:00 PM
Submitted by	
Submitter email	malara8@espe.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	jpcalvopina1.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/52773013-T-e-s-i-s-sistemas-de-medicion-y-control-de-hidrocarburos-liquidos-y-gaseosos-universidad-nacional-autonoma-de-mexico-facultad-de-ingenieria.html Fetched: 3/2/2020 12:57:32 AM		1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS_ANTIPLAGIO.pdf Document TESIS_ANTIPLAGIO.pdf (D23941708) Submitted by: eftipan@espe.edu.ec Receiver: eftipan.espe@analysis.arkund.com		1
W	URL: https://pdfcookie.com/documents/manual-de-instrumentacion-z52ejo1kgwv8 Fetched: 2/22/2021 9:19:10 PM		1
SA	Leonela_tesisET1.parte1.docx Document Leonela_tesisET1.parte1.docx (D15028211)		1
W	URL: https://core.ac.uk/download/pdf/80528565.pdf Fetched: 3/8/2021 8:40:17 AM		4
SA	TESIS HORVIPLAS.docx Document TESIS HORVIPLAS.docx (D10192231)		1
W	URL: https://docplayer.es/55727258-Gobierno-del-estado-de-mexico.html Fetched: 1/18/2021 9:34:05 AM		1
W	URL: https://docfoc.com/download/principios-de-instrumentacion-y-control-de-procesos Fetched: 2/24/2021 1:43:15 AM		2
SA	1598583455_409__PROYECTO_INTEGRADOR_GARCIA_ROSERO_ACT.docx Document 1598583455_409__PROYECTO_INTEGRADOR_GARCIA_ROSERO_ACT.docx (D79508058)		1



Escaneado electrónicamente por:
JENNY PAOLA
CALVOPINA
OSORIO

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

C.C.: 0503390239



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E

INSTRUMENTACIÓN

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Lara Castillo, Miguel Alcides**, con cedula de ciudadanía 1751028935 declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía **“Implementación de un módulo didáctico para la medición de nivel y flujo mediante Arduino”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 27 de agosto del 2021

Firma:

Lara Castillo, Miguel Alcides

C.C.: 1751028935



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E

INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Lara Castillo, Miguel Alcides**, con cedula de ciudadanía 1751028935 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un módulo didáctico para medición de nivel y flujo mediante Arduino.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 27 de agosto del 2021

Firma:



Lara Castillo, Miguel Alcides

C.C.: 1751028935

DEDICATORIA

Sorprendente es el destino el cual conspiró para conocer a excelentes personas, las cuales hicieron posible este maravilloso logro. Gracias por impartirme su conocimiento, por compartir un pedacito de su vida, por tantas platicas nocturnas, por escucharme, por hacerme reír y sobre todo por apoyarme, gracias por haberse cruzado en mi camino.

Sobre todo, agradezco a mis padres, por brindarme su amor, por escucharme cuando no podía más, este pequeño logro se los dedico a ustedes.

Lara Castillo Miguel Alcides

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que conforman la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo referente a mi Proyecto de grado.

De manera especial a mi tutora de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Lara Castillo Miguel Alcides

Tabla de contenido

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenido	8
Índice de tablas	11
Índice de figuras	12
Resumen	14
Abstract.....	15
Planteamiento del problema de la investigación.....	16
Antecedentes	16
Planteamiento del problema.....	16
Justificación e importancia	18
Objetivos.....	19
<i>Objetivo general</i>	19
<i>Objetivos específicos</i>	19
Alcance	19
Marco teórico	20
Principios de medición	20
Sistemas de medición	22
<i>Medidores de nivel</i>	22
Ultrasonido	23
Radar	25
Microonda guiada	27
Interruptor flotante.....	27
Horquilla vibrante	29
<i>Medidores de flujo</i>	29

Medidor de presión diferencial (DP).....	30
Medidor de desplazamiento positivo (PD).....	31
Medidores ultrasónicos	32
Medidores Vortex.....	33
Medidores Coriolis.....	34
Medidores Magnéticos	35
Medidores de Área Variable	36
Controladores	37
<i>Arduino</i>	38
Actuadores	41
<i>Actuador eléctrico</i>	41
<i>Bombas sumergibles</i>	42
<i>Válvula Check</i>	43
<i>Válvulas de Bola</i>	45
Desarrollo del tema.....	48
Preliminares.....	48
Pruebas de los componentes principales	51
<i>Prueba de sensor ultrasónico HC-SR04, en un tanque llano</i>	51
<i>Aplicación del sensor ultrasónico</i>	58
<i>Sensor de nivel tipo flotador</i>	61
<i>Implementación del sensor de flujo</i>	62
<i>Implementación de bombas sumergibles</i>	65
<i>Interconexión de las tuberías</i>	68
Estructura del modulo.....	73
<i>Diseño y elaboración del soporte</i>	73
<i>Diseño e incorporación de etiquetas y rotuladores</i>	75
Automatización del modulo.....	75
<i>Elaboración del panel de control del módulo didáctico</i>	79
Algoritmo de control	80
Pruebas y resultados	83
Conclusiones y recomendaciones	84

Conclusiones.....	84
Recomendaciones	86
Bibliografía	87
Anexos	89

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Datos técnicos sensor ultrasónico</i>	24
Tabla 2 <i>Datos técnicos del sensor tipo flotador</i>	28
Tabla 3 <i>Datos técnicos medidor de flujo magnético</i>	36
Tabla 4 <i>Datos técnicos Arduino</i>	40
Tabla 5 <i>Datos técnicos de la bomba Jad SP- 1800</i>	43
Tabla 6 <i>Datos técnicos válvula check</i>	44
Tabla 7 <i>Datos técnicos válvula de bola</i>	46
Tabla 8 <i>Tabla de comparación de valores</i>	52
Tabla 9 <i>Toma de datos sensor ultrasónico tanque 50 cm</i>	55
Tabla 10 <i>Pines de conexión</i>	76
Tabla 11 <i>Tags de los componentes utilizados</i>	80

Índice de figuras

Figura 1 <i>Medición del nivel de agua</i>	20
Figura 2 <i>Científicos involucrados en el desarrollo</i>	22
Figura 3 <i>Sensor ultrasónico</i>	23
Figura 4 <i>Sensor de nivel por radar</i>	25
Figura 5 <i>Sensor de nivel microonda</i>	27
Figura 6 <i>Sensor de nivel tipo flotador</i>	27
Figura 7 <i>Sensor de nivel tipo horquilla vibrante</i>	29
Figura 8 <i>Medidor de presión diferencial</i>	31
Figura 9 <i>Medidor de desplazamiento positivo</i>	32
Figura 10 <i>Medidor ultrasónico</i>	33
Figura 11 <i>Medidor Vortex</i>	34
Figura 12 <i>Medidor Coriolis</i>	34
Figura 13 <i>Medidores electromagnéticos</i>	35
Figura 14 <i>Medidor de área variable</i>	37
Figura 15 <i>Arduino Uno</i>	40
Figura 16 <i>Actuador</i>	41
Figura 17 <i>Bomba sumergible</i>	42
Figura 18 <i>Válvula check</i>	44
Figura 19 <i>Válvula de bola</i>	45
Figura 20 <i>Diagrama P&ID</i>	50
Figura 21 <i>Toma de medida de nivel tanque de 30 cm</i>	51
Figura 22 <i>Tanque de 50 cm</i>	54
Figura 23 <i>Toma de datos en tanque de mayor capacidad</i>	55
Figura 24 <i>Ubicación del sensor ultrasónico</i>	57
Figura 25 <i>Análisis comparativo de medidas</i>	59
Figura 26 <i>Medidas tomadas por el Arduino</i>	59
Figura 27 <i>Datos proporcionados por el monitor serial</i>	60
Figura 28 <i>Variables del sensor ultrasónico</i>	60
Figura 29 <i>Acondicionamiento del sensor ultrasónico</i>	61
Figura 30 <i>Sensor tipo flotador</i>	62
Figura 31 <i>Sensor de flujo parte interna</i>	63
Figura 32 <i>Aspas del sensor de flujo</i>	63
Figura 33 <i>Implementación de sensor de flujo</i>	64
Figura 34 <i>Instalación del sensor de flujo en el módulo</i>	64
Figura 35 <i>Declaración de variables sensor de flujo</i>	65
Figura 36 <i>Tratamiento de señales del sensor de flujo</i>	65
Figura 37 <i>Bomba de agua N1</i>	67
Figura 38 <i>Instalación de la bomba N2</i>	67
Figura 39 <i>Instalación de la bomba N3</i>	68
Figura 40 <i>Conexión de la tubería</i>	69
Figura 41 <i>Comprobación de la tubería</i>	70
Figura 42 <i>Limpieza de la tubería</i>	70

Figura 43	<i>Conexión de la tubería al tanque</i>	71
Figura 44	<i>Conexión de la tubería con el tanque del sensor ultrasónico</i>	72
Figura 45	<i>Conexión con el tanque de los sensores flotadores</i>	72
Figura 46	<i>Interconexión de tuberías</i>	73
Figura 47	<i>Maquinaria de corte</i>	74
Figura 48	<i>Cortes realizados para la infraestructura del soporte del módulo</i>	74
Figura 49	<i>Diseño del indicador visual de nivel</i>	75
Figura 50	<i>Programación del display LCD</i>	77
Figura 51	<i>Representación de conexión de los sensores tipo flotador</i>	78
Figura 52	<i>Representación de la conexión del sensor ultrasónico</i>	78
Figura 53	<i>Representación de la conexión de las bombas</i>	79
Figura 54	<i>Elaboración panel de control</i>	80
Figura 55	<i>Componentes del módulo didáctico</i>	83

Resumen

El presente documento detalla la implementación de un módulo didáctico para medición de nivel y flujo. El proceso consta de un tanque principal y un reservorio por los cuales circula un fluido (agua potable). La variable nivel, se mide en el tanque principal, mediante el principio de medición por emisión y recepción de ondas ultrasónicas que se reflejan en la superficie del líquido. Mientras que en el tanque reservorio se montan dos switch de nivel para evitar que el agua se desborde, así como para que la bomba que llena el tanque principal no funcione en vacío. La medición de flujo se realiza en la tubería que conecta el tanque reservorio con el principal, mediante el principio de medición por efecto hall, en el mismo tramo se ubica una válvula de media vuelta con el objetivo de generar perturbaciones además de permitir el mantenimiento del sensor de ser el caso. El módulo posee un Arduino para la adquisición de datos y visualización de las variables nivel y flujo en un LCD 20x4. Cabe recalcar que para este proyecto se seleccionaron sensores con principio de funcionamiento de instrumentos industriales, pero de menores características por accesibilidad de costo. En la parte frontal del módulo se tienen los terminales de los sensores, indicadores y actuadores para que el estudiante realice las conexiones y mediciones de modo que el proceso funcione con el controlador propio del sistema o se utilice otro dispositivo externo; otorgando así una herramienta aprendizaje interactiva.

Palabras clave:

- **ULTRASONIDO**
- **HALL**
- **ARDUINO**
- **NIVEL - FLUJO**

Abstract

This document details the implementation of a didactic module for level and flow measurement. The process consists of a main tank and a reservoir through which a fluid (drinking water) circulates. The level variable is measured in the main tank, using the principle of measurement by emission and reception of ultrasonic waves that are reflected on the surface of the liquid. Two level switches are mounted in the reservoir tank to prevent the water from overflowing and to prevent the pump that fills the main tank from running empty. The flow measurement is performed in the pipe that connects the reservoir tank with the main tank, using the principle of hall effect measurement, in the same section is located a half-turn valve in order to generate disturbances in addition to allowing the maintenance of the sensor if necessary. The module has an Arduino for data acquisition and visualization of the level and flow variables on a 20x4 LCD. It should be noted that for this project, sensors were selected with the operating principle of industrial instruments, but with lower characteristics due to cost accessibility. In the front part of the module there are the terminals of the sensors, indicators and actuators for the student to make the connections and measurements so that the process works with the system's own controller or another external device is used; thus providing an interactive learning tool.

Key words:

- **ULTRASOUND**
- **HALL**
- **ARDUINO**
- **LEVEL - FLOW**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema de la investigación

1.1 Antecedentes

A inicios de los tiempos se utilizaba para la medición elementos comunes como una regla o una cinta métrica que indicaba la altitud que tenía el agua con respecto a su reservorio, con el fin de determinar la cantidad de líquido que este poseía, con el transcurso del tiempo se ha ido innovando cada día más y hoy en día se cuenta con equipos altamente sofisticados los cuales permiten obtener valor en tiempo real y con mucha precisión, controlando adecuadamente nuestro proceso. (Sanchez, 2014)

La medición de nivel de fluidos es muy importante en la industria ya que aporta datos importantes que detallan el funcionamiento del respectivo sistema, con respecto a los medidores de nivel se puede describir dos grandes grupos que son los medidores de nivel de líquidos y medidores de nivel de sólidos, en el presente proyecto se utilizara medidores de nivel de líquidos para lo cual se realizara una investigación y análisis previo de los sensores y se determinara su respectivo uso. (Sanchez, 2014)

En torno a los medidores de flujo se puede decir que son instrumentos que monitorean y registran datos de flujo para que sean precisos, oportunos y fiables ya que estos son esenciales para la calidad del producto, una mayor seguridad en sus respectivas operaciones y monitoreo de las mismas. (Sanchez, 2014)

1.2 Planteamiento del problema

Para el desarrollo de este proyecto se ha tomado en cuenta las necesidades de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en particular de los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación, ya que en laboratorios de la institución si se cuenta con la existencia de módulos de

aprendizaje, pero no abastecen para la cantidad de estudiantes, dificultando que los estudiantes adquieran habilidades y destrezas en su desarrollo profesional.

Mediante la implementación del módulo de nivel y flujo se busca proporcionar otra estación de trabajo para que los estudiantes puedan realizar sus respectivas prácticas de laboratorio en el cual puedan ir conectando los respectivos terminales y comprobar cada etapa de funcionamiento.

Como referencia para el desarrollo del proyecto. El diseño de las unidades de la planta de tratamiento de agua, denominada para el proyecto global como Unidad X-1602, deberá responder a condiciones fundamentales, donde se utilizará sensores de nivel y flujo para la monitorización de agua potable.” (Aguilar, 2008). En esta tesis se detalla la implementación de un módulo de nivel y flujo a gran escala.

El trabajo presentado por Guevara titulado diseño e implementación de una red industrial con protocolo Profinet para el monitoreo y control de las estaciones de procesos industriales de nivel, Flujo, presión y temperatura de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, refiere también al desarrollo de guías de Laboratorio que faciliten la realización de prácticas por parte de estudiantes o cualquier investigador, desarrollando un mejor control y supervisión de cada una de las estaciones de procesos industriales. (Guevara, 2013)

En el documento presentado por Guagalango demuestra el proceso de diseño de control y monitorización del sistema de almacenamiento y distribución de los sistemas de la EMAPA-I ubicados en la loma de Azaya de la ciudad de Ibarra, en donde se diseña e implementar un sistema de instrumentación para captar las variables de importancia en el proceso como son el nivel y flujo; estas variables llegan a un sistema

de control compuesto principalmente por un controlador lógico programable que se encarga del manejo de las variables y la lógica del proceso. (Guagalango, 2015)

1.3 Justificación e importancia

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE tiene como objetivo formar profesionales de excelencia por este motivo esta Institución cuenta con docentes altamente capacitados en cada área, logrando así un alto desarrollo de habilidades técnicas en sus estudiantes. Además, este módulo posee dispositivos que hacen referencia a las asignaturas de control industrial, instrumentación industrial, programación, entre otras; mismas que permitirán reforzar los conocimientos adquiridos, en las materias ya mencionadas.

El presente proyecto está basado en dar a conocer de una manera interactiva el uso de sensores de nivel y caudal presentando así datos y situaciones reales que se pueden presentar en el desarrollo de estos procesos, proporcionando así una herramienta de enseñanza y capacitación práctica para docentes y alumnos mejorando la calidad educativa.

Buscando así el desarrollo de profesionales altamente capacitados, que puedan resolver problemas que se suscitan de manera eficiente, logrando una comprensión total de lo explicado de manera teórica por el docente. Fomentando a los alumnos sobre el uso de softwares y plataformas ya que la industria de automatización está en constante cambio facilitando así la resolución de los distintos problemas que se presentan en el ámbito laboral.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Implementación de un módulo didáctico para medición de nivel y flujo mediante Arduino.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar qué módulos compatibles con Arduino existen y cómo funcionan para la medición de las variables físicas nivel y flujo en páginas oficiales, libros, proyectos de grado, artículos académicos y repositorios digitales.
- Definir los comandos de configuración en Arduino para la lectura de las señales emitidas por el sensor mediante investigación en páginas oficiales del sensor.
- Analizar el comportamiento de los sensores nivel y flujo para la correcta calibración en la programación.
- Implementar y realizar las pruebas del módulo para garantizar el buen funcionamiento y garantizar el aprendizaje de los estudiantes que utilicen el módulo.

1.5 Alcance

La presente monografía tiene como alcance brindar a los estudiantes una herramienta de aprendizaje didáctica que proporcione información real sobre las variables de nivel y flujo, logrando así desarrollar habilidades técnicas con respecto a la manipulación de los respectivos componentes que integran el módulo desarrollado en el presente proyecto, en el cual observa su operación y funcionamiento, mediante la guía del docente y el material técnico facilitado, podrán desarrollar así las respectivas

prácticas de laboratorio, familiarizando así a los estudiantes los equipos utilizados en la industria, formando profesionales altamente capacitados.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1 Principios de medición

La medición y el control de presión son las variables de proceso más usadas en el sector industrial de control de procesos, además, a través de la presión se puede inferir fácilmente una serie de otras variables, tales como, nivel, volumen, flujo y densidad. Por lo cual es necesario hacer un análisis de los distintos instrumentos de medición con el fin utilizarlos de manera óptima. (Burkert , 2020)

Los medidores de nivel y de flujo son instrumentos de medición utilizados para el análisis de líquidos según la aplicación que se requiera para obtener resultados de forma fiable y precisa en cualquier circunstancia. (Burkert , 2020)

A inicios de los tiempos se utilizaba para la medición elementos comunes como una regla o una cinta métrica que indicaba la altitud que tenía el agua con respecto a su reservorio (ver **Figura 1**), con el fin de determinar la cantidad de líquido que este poseía, con el transcurso del tiempo se ha ido innovando cada día más y hoy en día se cuenta con equipos altamente sofisticados los cuales permiten obtener valor en tiempo real y con mucha precisión, controlando adecuadamente nuestro proceso. (Badger Meter, 2021)

Figura 1

Medición de nivel de agua



Nota. La figura representa como se tomaban los datos de medición en la antigüedad
Tomado de (Srinoul, 2010)

La medición de las variables de los líquidos atrae el interés de la ciencia hace mucho tiempo. En fines del siglo XVI, el italiano Galileo Galilei (1564-1642) obtuvo patente por un sistema de bomba de agua utilizada en la irrigación. En 1592, usando solamente un tubo de ensayo y una cuenca con agua, Galileo montó el primer termómetro. El volcó un tubo con la boca hacia abajo, semisumergido en el líquido. Así, cuando el aire en el interior del tubo enfriaba, el volumen aumentaba y el agua era empujada hacia afuera. El nivel del agua, por lo tanto, medía la temperatura del aire. El núcleo de su bomba era un sistema de succión que él descubrió tener la capacidad de elevar el agua en el máximo 10 metros. Él no descubrió la causa de este límite, lo que llevó a otros investigadores a estudiar el fenómeno. (Nova Smart , 2021)

En 1643, el físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) desarrolló el barómetro. Este aparato calculaba la presión atmosférica, o sea, la fuerza del aire sobre la superficie de la tierra. Él hizo una experiencia llenando un tubo de 1 metro con mercurio, sellado en uno de las extremidades y sumergido en una tina con mercurio en la otra. La columna de mercurio invariablemente bajaba hasta alrededor de 760 mm en el tubo. Sin saber la razón del fenómeno, él (Nova Smart , 2021) lo atribuyó a una fuerza existente en la superficie terrestre. Torricelli concluyó también que el espacio dejado por el mercurio en el inicio de la experiencia no contenía nada y lo llamó de "vacuum" (vacío). Cinco años más tarde, el francés Blaise Pascal usó el barómetro para mostrar que en el alto de las montañas la presión de aire era más pequeña. (Nova Smart , 2021)

En 1650, el físico alemán Otto Von Guericke creó la primera bomba de aire eficiente, con la cual Robert Boyle realizó experimentos sobre compresión y descompresión y después de 200 años, el físico y químico francés, Joseph Louis Gay-Lussac, comprobó que la presión de un aire confinado a un volumen constante es proporcional a su temperatura. En 1849, Eugène Bourdon recibió la patente por el Tubo de Bourdon, utilizado hasta hoy en mediciones de presiones relativas. En 1893, E.H. Amagat utilizó el pistón de peso muerto en mediciones de presión (ver **Figura 2**). (Nova Smart , 2021)

Figura 2

Científicos involucrados en el desarrollo



Nota. La figura muestra a los científicos que aportaron con sus conocimientos para el desarrollo Tomado de (Nova Smart , 2021)

2.2 Sistemas de medición

Un fluido es una sustancia que posee la propiedad de que una porción de la misma puede desplazarse respecto a la otra, es decir, puede fluir venciendo las fuerzas de atracción entre las moléculas, que originan una resistencia interna a este desplazamiento relativo. Los fluidos pueden ser un líquido, un gas o mezcla de estos dos. El flujo indica lo rápido que una sustancia (fluido) está en movimiento. (R, 2018) Para ello existen varios métodos de medición los cuales se detallan en el presente escrito.

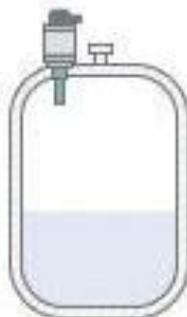
2.2.1 Medidores de nivel

Los sensores de medición de nivel son parte fundamental del control de proceso en muchas industrias. Por ello se tomó en cuenta los elementos que se ocupan y determinar sus usos y ventajas con el fin de proporcionar un uso adecuado de los mismos en distintos contextos o entornos en la industria. Para ello se analizará los distintos medidores de flujo y las características de cada uno de ellos con el propósito de identificarlos y dar un uso correcto de los mismos.

a. Ultrasonido

Figura 3

Sensor ultrasónico



Nota. La figura muestra una referencia de la ubicación de sensor ultrasónico Tomado de (Srinoul, 2010; Burkert , 2020)

- **Principios básicos del ultrasonido**

El transmisor envía una onda de ultrasonido a una superficie. Allí se refleja la señal. A partir de la duración de la señal el equipo calcula la distancia del extremo inferior del sensor a la superficie (ver **Figura 3**). La influencia de la velocidad del sonido, que depende de la atmósfera circundante, se compensa automáticamente

introduciendo unos valores específicos y midiendo la temperatura ambiente del transmisor. (Burkert , 2020)

Conociendo la distancia entre el extremo inferior del sensor y el fondo de un recipiente, el equipo podrá indicar su nivel de llenado. Si se conoce la geometría del recipiente, también puede calcularse el volumen. Gracias a diferentes filtros para el eco perturbador, es posible igualmente utilizarlo dentro de un recipiente, incluso aunque existan elementos que generen ecos presentes. Los sensores de ultrasonido pueden medir fluidos, medios pastosos, polvo, materiales a granel (Burkert , 2020) Gracias a ello se considera que este sensor será uno de los utilizados en el desarrollo del proyecto ya que proporcionar los datos necesarios para nuestro módulo de control.

- **Ámbito de aplicación para sensores de ultrasonido**

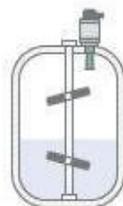
Los medidores de nivel de llenado por ultrasonido, gracias su principio de medición subyacente, son adecuados para diversas aplicaciones. De modo que, principalmente, se emplean en tanques abiertos y con aguas residuales, además de silos o tanques de plantas químicas y centrales lecheras. Aquí es donde entran en juego las ventajas de la medición sin contacto. Ya que el grado de suciedad del agua o la presencia de lodos en el tanque no ejercen ninguna influencia sobre los resultados de la medida (ver **Tabla 1**). Además, no existe contacto directo con el medio, por lo que también es posible el uso en aplicaciones con altas exigencias higiénicas. (Burkert , 2020)

Tabla 1*Datos técnicos sensor ultrasónico*

Parámetro	Valor
Voltaje de funcionamiento	3,3 VDC ~ 5 VDC
Corriente de reposo	<2mA
Corriente de funcionamiento	15mA
Frecuencia de funcionamiento	40 KHz
Rango de operación	2cm ~ 400cm (1in ~ 13ft)
Sensibilidad	-65dB min
Presión de sonido	112dB
Ángulo efectivo	554
Conector	Cabezal de 4 pines con paso de 2,54 mm

Ventajas

- La medición se realiza independientemente de las propiedades del medio.
- Aptos para medios abrasivos y agresivos gracias a que no hay contacto durante la medición.

b. Radar**Figura 4***Sensor tipo radar*

Nota. La figura muestra un sensor de nivel por radar Tomado de (Burkert , 2020)

- **Funcionamiento de la medición de nivel por radar**

El equipo de medición por radar consiste en una carcasa con un sistema electrónico, una conexión a proceso con antena y un sensor (ver **Figura 4**). Desde la antena del sensor de radar se emiten unos impulsos cortos de radar de aproximadamente 1ns de duración. Dichos impulsos se reflejan en el material de llenado y son recibidos por la antena en forma de eco. Las ondas de radar se propagan a la velocidad de la luz. La duración del impulso de radar desde la emisión hasta la recepción será proporcional a la distancia y, por consiguiente, a la altura de llenado. La altura calculada por este procedimiento se transforma en la correspondiente a la señal de salida y se muestra como valor de medida. (Burkert , 2020)

- **Ámbito de aplicación de los sensores de radar**

Los sensores de nivel de llenado se emplean a menudo con medios agresivos y con condiciones de proceso dinámicas, como por ejemplo altas temperaturas u oscilaciones de presión. La medición se realiza del mismo modo que en la medición por ultrasonido sin contacto. Puesto que no existe contacto directo con el medio, el principio de medición es especialmente idóneo para aplicaciones higiénicas. Los procesos productivos para los derivados del yogur funcionan de forma controlada en un entorno altamente estéril. (Burkert , 2020)

Las condiciones son especialmente exigentes en términos de facilidad de limpieza de todas las partes móviles que entran en contacto con el medio. Los ciclos de limpieza son consiguientemente extremos, puesto que una contaminación por otras bacterias podría suponer la pérdida de lotes completos. El principio del radar sin contacto no recibe ninguna influencia por cambios en la densidad del yogur, y no sufre ningún tipo de abrasión por parte de las frutas. (Burkert , 2020)

Además, la medición sin contacto es insensible a la influencia de la presión y del vacío, y es idónea para la medición del nivel de llenado en tanques de almacenamiento. Para poder disolver la bauxita en esta aplicación, se añade sosa cáustica diluida en el mezclador donde se mezcla con bauxita. Para poder alcanzar una carga óptima del proceso es importante la regulación del nivel de llenado en un rango determinado. El equipo de medición por radar calcula la altura de llenado actual y se lo transmite al sistema de control. Ni siquiera el sistema de agitación interfiere en la medición. La atmósfera de vapor dominante tampoco tiene influencia alguna. (Burkert , 2020)

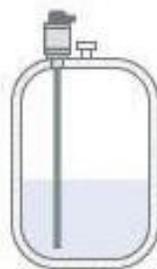
Ventajas

- Gran exactitud en las medidas.
- Ideal para condiciones de proceso dinámicos

c. Microonda guiada

Figura 5

Sensor de nivel de microonda



Nota. La figura muestra un sensor de nivel de microonda guiada Tomado de (Burkert , 2020)

- **Funcionamiento del principio de la microonda guiada**

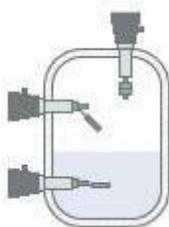
Las microondas de alta frecuencia son guiadas a lo largo de una varilla o de un cable de acero (ver **Figura 5**). En cuanto alcanza la superficie del medio, estas ondas

se reflejan y son recibidas por el sensor. Con el dato de la duración de la onda se calcula el nivel de llenado y se muestra como valor de medida. (Burkert , 2020)

d. Interruptor flotante

Figura 6

Sensor de nivel tipo flotador



Nota. La figura muestra un sensor de nivel de interruptor flotante Tomado de (Burkert , 2020)

Tabla 2

Datos técnicos del sensor tipo flotador

Parámetro	Valor
Tipo	Sensor de nivel
Función	Se comporta de forma similar a un switch o interruptor
Dimensiones	68 mm x 24 mm
Voltaje de operación	Voltaje de operación: 0-100 V
Corriente de operación	0.5 A
Potencia máxima	10W
Resistencia de contacto	100 MΩ
Temperatura de	-10°C a 60 °C

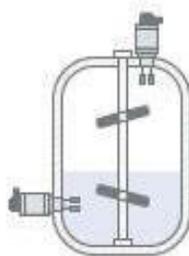
- **Funcionamiento del principio del flotador**

Un flotador representa un sensor que, gracias a su reducida densidad, «nada» sobre el fluido (ver **Figura 6**). Dentro del flotador se encuentra un imán y uno o varios contactos reed. Al alcanzar el nivel de líquido definido, debido al empuje de flotación el imán activa el contacto reed (ver **Tabla 2**). Se produce entonces la medición independientemente de la influencia de factores como la presión, la temperatura, la conductividad y la formación de burbujas en el medio. Por eso, este principio es idóneo para diferentes aplicaciones, como por ejemplo en medios en los que se forma espuma o superficies dinámicas, así como dentro de un amplio rango de temperatura. (Burkert , 2020) Los sensores de flotador son capaces de medir en líquidos de una manera fácil y proporcionar datos seguros por ende sea tomando como un elemento en el desarrollo del presente proyecto.

- e. **Horquilla vibrante**

Figura 7

Sensor de horquilla flotante



Nota. La figura muestra un medidor de nivel tipo horquilla flotante Tomado de (Burkert , 2020)

- **Funcionamiento del principio de la horquilla vibrante**

En el tanque hay una horquilla vibrante. Dicha horquilla recibe una excitación piezoeléctrica y vibra con su frecuencia de resonancia mecánica, que es de aprox. 1200 Hz. Debido al contacto con el medio, varía la frecuencia de vibración (ver **Figura 7**). La variación en la frecuencia es registrada por un oscilador integrado, y es transformado por un comando de conmutación. (Burkert , 2020)

2.2.3 Medidores de flujo

Los medidores de flujo son instrumentos que controlan, miden o registran la tasa de flujo, el volumen o la masa de un gas o líquido. También es posible que los conozca como contadores de flujo, indicadores de flujo, medidores de líquido o sensores de tasa de flujo. Los medidores de flujo aportan un control y/o monitoreo preciso de lo que pasa por un caño o una tubería, incluyendo agua, aire, vapor, aceite, gases y otros líquidos. (Burkert , 2020) Los medidores de flujo específicos para una aplicación permiten a los gestores de instalaciones, contratistas de control, ingenieros consultores y otras partes interesadas:

- Entender y controlar las operaciones de flujo.
- Identificar y mejorar las eficiencias.
- Abordar los problemas del equipo y el uso irresponsable.

Tener acceso a datos precisos, oportunos y fiables y un control esencial para la calidad del producto, una mayor seguridad de las operaciones, el control de costos y el cumplimiento de las normas.

A continuación, se detallará los distintos tipos de medidores de flujo, que mejoran las operaciones dentro del diseño y la construcción de edificios, las industrias

de petróleo y gas, agua y aguas residuales, y química y petroquímica, lo cual incluye las siguientes tecnologías:

- Medidores de presión diferencial (differential pressure, DP)
- Medidores de desplazamiento positivo (positive displacement, PD)
- Medidores ultrasónicos
- Medidores Vortex
- Medidores Coriolis
- Medidores electromagnéticos
- Medidores de área variable
- Medidores de turbina

a. Medidor de presión diferencial (DP)

Los medidores de presión diferencial miden el flujo de líquido dentro de una tubería introduciendo una constricción que cree una caída de presión. Los sensores de presión miden la presión antes y después de la constricción (ver **Figura 8**). La caída de presión resultante que se produce a lo largo de la constricción es relativa a la tasa de flujo al cuadrado; mientras mayor sea la caída de presión, mayor es la tasa de flujo. Los medidores de presión diferencial son adecuados para aplicaciones que incluyen filtros, intercambiadores de calor, dispositivos de prevención de reflujo, tuberías y conductos, entre otros. Una razón clave por la que los gestores de las instalaciones prefieren los medidores DP se debe a que no tienen partes móviles, lo que significa que requieren un mantenimiento mínimo. (Badger Meter, 2021)

Figura 8*Medidor de presión diferencial*

Nota. La figura muestra un ejemplo de medidores de presión diferencial instalados.

b. Medidor de desplazamiento positivo (PD)

Los medidores de desplazamiento positivo miden la tasa de flujo volumétrico de un líquido o gas que pasa por el medidor, atrapándolo repetidamente con partes giratorias, que miden el volumen (ver **Figura 9**). Los tipos específicos de medidores de desplazamiento positivo incluyen pistón oscilante, disco, engranaje industrial y otros. A menudo, estos medidores se escogen debido a su alta precisión, excelente repetibilidad y grandes relaciones de reducción. (Badger Meter, 2021)

Figura 9

Medidor de desplazamiento positivo



Nota. La figura muestra un ejemplo de medidor de desplazamiento positivo.

c. Medidores ultrasónicos

Los medidores ultrasónicos miden la velocidad del fluido que fluye a través de la tubería, Las dos formas para hacer esto son por tiempo de tránsito o tecnología Doppler (ver **Figura 10**). La tecnología Doppler mide la diferencia de frecuencia de las ondas sonoras reflejadas por las burbujas de gas o las partículas en la corriente de flujo. Es adecuada para líquidos aireados o sucios. La tecnología de tiempo de tránsito mide el diferencial de tiempo entre las señales que se envían aguas arriba y aguas abajo. (Badger Meter, 2021)

El diferencial es directamente proporcional a la velocidad del agua. Los medidores ultrasónicos a menudo se eligen por su precisión excepcional, mantenimiento mínimo y bajo costo de propiedad. Los medidores ultrasónicos de pinza ofrecen soluciones no invasivas y una instalación sencilla, ya que no es necesario cortar la tubería ni interrumpir el servicio. (Badger Meter, 2021)

Figura 10*Medidor ultrasónico*

Nota. La figura muestra a ejemplo de medidor ultrasónico.

d. Medidores Vortex

Los medidores Vortex emplean un principio llamado efecto Von Kármán para medir líquidos, gases y vapores (ver **Figura 11**). Los medidores Vortex miden colocando una obstrucción (llamada barra de vertido) en la trayectoria del flujo, lo que crea vórtices de presión diferencial alterna. Estos vórtices hacen que un pequeño dispositivo sensorial oscile con una frecuencia directamente proporcional a la velocidad del fluido en movimiento. A continuación, el elemento sensor convierte la tasa de oscilación en una señal eléctrica, que se convierte en una lectura cuantificable de la velocidad. Los medidores Vortex son una opción popular debido a su extensa capacidad de rango, repetibilidad y precisión en la medición de líquidos, gases y vapor saturado. (Badger Meter, 2021)

Figura 11*Medidor Vortex*

Nota. La figura muestra un medidor de Vortex

e. Medidores Coriolis

Los medidores Coriolis miden el flujo de masa y la densidad a través de la inercia. El medidor de flujo abierto y sin obstrucciones identifica la tasa de flujo midiendo directamente la masa del fluido en un amplio rango de temperaturas con un alto grado de precisión (ver **Figura 12**). A medida que el fluido fluye a través de los tubos sensores, las fuerzas inducidas por el flujo de masa hacen que los tubos se retuerzan, lo cual es proporcional a la masa. Los medidores Coriolis son reconocidos por su impresionante precisión, facilidad de instalación y habilidad para medir tanto el flujo másico como la densidad. (Badger Meter, 2021)

Figura 12*Medidor Coriolis*

Nota. La figura muestra un medidor Coriolis

f. Medidores Magnéticos

Los medidores magnéticos funcionan bajo la Ley de Faraday, también conocida como la Ley de inducción magnética, para medir la velocidad del líquido (ver **Figura 13**). Según la ley, un conductor que se mueve por medio de un campo magnético produce una señal eléctrica dentro del conductor, la cual es directamente proporcional a la velocidad del agua que se mueve por el campo. A medida que el fluido fluye a través del campo magnético, las partículas conductoras del fluido crean cambios de voltaje a lo largo del campo magnético. Así se mide y calcula la velocidad del flujo de agua que pasa por la tubería. (Badger Meter, 2021)

Ya que los medidores magnéticos no tienen partes móviles, son una opción ideal para aplicaciones de aguas residuales o cualquier líquido sucio que sea conductor o a base de agua. Los beneficios de los medidores electromagnéticos incluyen mantenimiento mínimo, amplias reducciones y compatibilidad con productos químicos corrosivos, al igual que la capacidad de satisfacer los requisitos sanitarios para aplicaciones alimentarias. (Badger Meter, 2021)

Figura 13

Medidores electromagnéticos



Nota. La figura muestra un medidor electromagnético y sus respectivos complementos.

Tabla 3

Datos técnicos medidor de flujo magnético

Parámetro	Valor
Modelo:	YF-S201
Voltaje de operación:	5V - 18V DC
Consumo de corriente:	15mA (5V)
Capacidad de carga:	10mA (5 VDC)
Salida:	Onda cuadrada pulsante
Rango de Flujo:	1-30L/min

g. Medidores de Área Variable

Los medidores de área variable miden el flujo volumétrico de líquidos y gases. Se coloca un orificio dentro del conjunto de pistón y se forma una abertura anular con el cono de medición contorneado (ver **Figura 14**). El conjunto de pistón lleva un imán cilíndrico de cerámica que está acoplado a un indicador de flujo externo que se mueve con precisión en respuesta directa al movimiento del pistón. Un resorte calibrado se opone al flujo en dirección hacia adelante, disminuyendo la sensibilidad a la viscosidad. Los beneficios clave de los medidores de área variable incluyen que son de bajo costo, fáciles de operar y mantener, y no necesitan componentes electrónicos para fines de lectura. (Badger Meter, 2021)

Figura 14

Medidor de área variable



Nota. La figura muestra un medidor de área variable.

2.3 Controladores

Son dispositivos que regulan la variable controlada (presión, nivel, temperatura, etc.) comparándola con un valor predeterminado o punto de consigna y ajustando la salida de acuerdo a la diferencia o resultado de la comparación a fin de ejercer una acción correctiva de acuerdo con la desviación. (Sanchez, 2014)

La variable controlada la pueden recibir directamente como controladores locales, o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor. En el siguiente capítulo se muestra en mayor detalle los controladores. Los controladores no solamente se utilizan para esquemas de control regulatorio. También se utilizan para realizar estrategias de control secuencial. Cuando se utilizan para este último, reciben el nombre de controladores de lógica programable (PLC de las siglas en inglés). (Sanchez, 2014)

2.3.1 Arduino

Basada en la filosofía del software libre, Arduino es una plataforma de electrónica “open-source” o de código abierto cuyos principios son contar con software y

hardware fáciles de usar. Básicamente lo que permite esta herramienta es la generación de infinidad de tipos de microordenadores de una sola placa, que luego pueden tener una amplia variedad de usos según la necesidad de la persona que lo cree, es decir, una forma sencilla de realizar proyectos interactivos para cualquier persona. (BeJob, 2017)

Historia

Esta plataforma se inició en el año 2005 como un proyecto para estudiantes en el Instituto IVREA, en Ivrea (Italia). En ese tiempo, los estudiantes usaban el microcontrolador BASIC Stamp, cuyo coste era de 100 dólares estadounidenses, lo que se consideraba demasiado costoso para ellos. Por aquella época, uno de los fundadores de Arduino, Massimo Banzi, daba clases en Ivrea. El nombre del proyecto viene del nombre del Bar di Re Arduino (Bar del Rey Arduino) donde Massimo Banzi pasaba algunas horas. El rey Arduino fue rey de Italia entre los años 1002 y 1014. En la creación de este proyecto contribuyó el estudiante colombiano Hernando Barragán, quien desarrolló la tarjeta electrónica Wiring, el lenguaje de programación y la plataforma de desarrollo. (BeJob, 2017)

Una vez concluida dicha plataforma, los investigadores trabajaron para hacerlo más ligero, económico y disponible para la comunidad de software libre (hardware y código abierto). El instituto finalmente cerró sus puertas, así que los investigadores, entre ellos el español David Cuartielles, promovieron la idea. Banzi afirmaría años más tarde que el proyecto nunca surgió como una idea de negocio, sino como una necesidad de subsistir ante el inminente cierre del Instituto de diseño Interactivo IVREA. El motivo es que, al crear un producto de hardware abierto, nadie podría embargarlo. (BeJob, 2017)

Funciones del Arduino

Las funciones de Arduino, como ocurre con la mayoría de las placas de microcontroladores, se pueden resumir en 3 factores: Cuenta con una interfaz de entrada. Esta puede estar directamente unida a los periféricos, o conectarse a ellos a través de puertos. La interfaz de entrada tiene como objetivo trasladar la información al microcontrolador. El microcontrolador es la pieza que se encarga de procesar esos datos. Además, varía dependiendo de las necesidades del proyecto en el que se desee usar la placa, y existe una gran variedad de fabricantes y versiones disponibles. (BeJob, 2017)

También cuenta con interfaz de salida. Este se encarga de llevar la información procesada a los periféricos autorizados de hacer el uso final de esos datos. En algunos casos puede tratarse de otra placa en la que se centraliza y procesa la información de forma totalmente renovada, o sencillamente, puede ser una pantalla o un altavoz encargado de mostrar la versión final de los datos. (BeJob, 2017)

Lenguaje de la programación con Arduino: C++

La plataforma Arduino se programa con un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel Processing, lo que significa que es similar a C++. Se trata de un lenguaje de programación de propósito general asociado a un sistema operativo llamado UNIX (ver **Figura 15**)

Este lenguaje de medio nivel, trata con objetos básicos como caracteres, números, bits y direcciones de memoria, entre otros. Este tipo de lenguaje posee una gran portabilidad. Gracias a ello se suele utilizar para la programación de sistemas como la construcción de intérpretes, compiladores, y editores de texto. (BeJob, 2017)

Figura 15*Arduino Uno*

Nota. La figura muestra de manera física como es la placa de un Arduino UNO.

Tabla 4*Datos técnicos Arduino*

Parámetro	Valor
Microcontrolador:	Atmega328
Voltaje de operación:	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Limite)	6 – 20V
Pines de entrada – salida digital	14(Pueden usarse como salidas PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por pin IO	10mA
Corriente continua en pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	23KB (0,5KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Frecuencia de reloj	16Mhz

2.4 Actuadores

Un actuador es un dispositivo que convierte la energía en movimiento o que se utiliza para aplicar fuerza (ver **Figura 16**). El dispositivo toma energía de una determinada fuente (que puede ser energía creada por aire, líquido o electricidad) y la convierte en el movimiento deseado. Los dos tipos de movimiento básico deseados son lineal y rotativo, pero también es común el movimiento oscilatorio. (Soluciones para agua y sustentabilidad, 2016)

Figura 16

Actuador



Nota. La figura muestra un ejemplo de actuador.

2.4.1 Actuador eléctrico

Los actuadores eléctricos son de los más limpios, fáciles de usar y de disponibilidad inmediata, debido a que no usan aceite ni requieren aire comprimido para operar. En cambio, dependen de la energía de una fuente externa, como una batería, para conducir un motor y convertir la energía eléctrica en fuerza mecánica. Los actuadores eléctricos operados por motor se utilizan en líneas de tubería de grandes diámetros. (Soluciones para agua y sustentabilidad, 2016)

2.4.2 Bombas sumergibles

El funcionamiento de las bombas sumergibles como ya se mencionó consiste en transformar energía mecánica en energía hidráulica (ver **Figura 17**). La diferencia es que en este tipo de bombas sumergibles para aguas residuales el motor se encuentra sumergido. Para evitar problemas de filtraciones de agua el motor este sellado herméticamente. En estas bombas el agua que fluye realiza una función de refrigeración por las otras partes de la bomba, evitando el recalentamiento.

Algo a tener en cuenta puesto que se puede tener trabajando una máquina de estas características durante un largo periodo de tiempo. Una de las partes fundamentales de las bombas de aguas residuales es el cuerpo interno. Este cuerpo interno este compuesto por difusor e impulsor, normalmente fabricado en acero inoxidable, hierro fundido y materiales endurecidos (ver **Tabla 5**).

Figura 17

Bomba sumergible



Nota. La figura muestra la bomba sumergible Jad Sp-1800 que se utilizara para el presente proyecto Tomado de (Burkert , 2020) (Jad Pump, 2018)

Tabla 5*Datos técnicos de la bomba Jad SP- 1800*

Parámetro	Valor
Modelo:	SP-1800
Voltaje de alimentación:	127V/60Hz
Consumo: (W/h)	13
Protección al agua:	IPX68
Peso: (grs.)	445
Dimensiones: (l x a x h, mm)	55 x 100 x 144

2.4.3 Válvula Check

Las válvulas check son tal vez el tipo de válvula que la mayoría de las personas piensa que no sirven o que su utilidad es nula. Algunas veces se llega a cambiar el diseño de alguna tubería solo para evitar instalar este tipo de válvulas. Aquí se compartirá su funcionamiento básico, cómo funcionan, como puedes resolver los problemas más comunes y cómo evitar los problemas básicos para que tu válvula tenga más tiempo de duración. Es un dispositivo generalmente usado para sistemas hidráulicos que permite solo el flujo de líquidos en una sola dirección, es decir, previene el flujo en reversa aislando completamente la zona anterior de donde ahora están los fluidos. (Quima, 2021)

Éstas son de las pocas válvulas que ya están automatizadas y que no requieren asistencia manual para que puedan funcionar completamente (ver **Tabla 6**). Éstas son usadas en una gran variedad de medios: agua, gas, vapor, condensaciones e incluso, con lodo o líquidos que tienen algún tipo de desecho físico. Sus sistemas de aplicación

generalmente son: compresores de descarga, líneas de encabezado, interruptores de vacío, línea de vapor, de condensación, bombas de alimentación química, torres de enfriamiento, bastidores de carga, líneas de purga de nitrógeno, boilers, sistemas HVAC, bombas de presión, estaciones de lavado y líneas de inyección, entre otros. (Quima, 2021)

Figura 18

Válvula check



Nota. La figura muestra una válvula de media vuelta.

Tabla 6

Datos técnicos válvula check

Parámetro	Valor
Modelo:	Válvula Check
Material:	Bronce
Medida:	1/2"
Acabado:	Granallado
Rosca:	Tipo hembra – Hembra (H-H)
Instalación:	Recomendada para instalar en tanques de reserva.
Funcionamiento:	Funcionamiento mediante sistema de clapeta.

Funcionamiento

Las válvulas check son sensibles al flujo y dependen de la corriente o presión de los fluidos. El disco interno permite el paso lo que hace que la válvula se abra, después, el mismo disco, comienza a cerrar la válvula mientras el flujo de agua se va reduciendo o retrocediendo, dependiendo del diseño. La construcción de estos sistemas es simple, normalmente sus piezas son el cuerpo, asiento, disco y cubierta; ya dependiendo de otros diseños pueden incluir piezas como un pasador de la bisagra, brazo del disco, elastómero, cojinetes, entre otros. (Quima, 2021)

El sellado interno de disco de la válvula y los asientos se apoyan en el retorno de los fluidos mientras se oponen a la fuerza mecánica usada en estos dispositivos. Gracias a esto, los elastómeros pueden ser considerados para manejar un medio de gas o aire, donde, compuestos químicos compatibles y la presión baja sellan. (Quima, 2021)

2.4.4 Válvulas de Bola

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta (ver **Tabla 7**), en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto. (Ingeniero Merino, 2019)

Figura 19*Válvula de bola*

Nota. La figura muestra una válvula de bola.

Tabla 7*Datos técnicos válvula de bola*

Parámetro	Valor
Modelo:	Válvula Esférica Extra Liviana
Material:	Bronce
Medida:	½"
Rosca:	Tipo hembra – Hembra (H-H)
Manija:	Palanca con logotipo identificativo FV
Cuerpo:	Cuerpo principal de la llave en acabado “bronce”.
Funcionamiento:	Válvula de paso total no restringe el paso de agua.

Recomendada para:

- Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Para temperaturas moderadas.

Aplicaciones: Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

Ventajas

- Bajo costo.
- Alta capacidad.
- Corte bidireccional.
- Circulación en línea recta.
- Pocas fugas.
- Se limpia por si sola.
- Poco mantenimiento.
- No requiere lubricación.
- Tamaño compacto.
- Cierre hermético con baja torsión (par).

Capítulo III

3. Desarrollo del tema

3.1 Preliminares

La tecnología ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, se ha creado diversos equipos para la toma de datos fiables de los distintos procesos de la industria con el objetivo de brindar un mejor control rigiéndose a las normas de calidad establecidas para cada área, con la ayuda tecnológica y atendiendo a las necesidades del sistema industrial

Mediante el módulo creado en el presente proyecto se logrará visualizar las variables de nivel y flujo del agua mediante sensores. El panel de control está instalado en la parte superior derecha y cuenta con un LCD para identificar el estado de los componentes expuestos. Con el uso de un Arduino se procesar las señales obtenidas por los sensores para determinar las acciones de control de las bombas.

Para realizar todo este proceso se usará los materiales seleccionados previa investigación, que permitan medir las variables nivel y flujo, y que sean compatible con Arduino, para comprobar el principio de cada uno de los elementos de manera didáctica con el fin que los estudiantes puedan reforzar el conocimiento teórico.

Para el desarrollo de este proyecto se tendrá en cuenta el análisis previo de los conceptos sobre los materiales que se estará usando, teniendo en cuenta la hoja de datos proporcionada por el fabricante para las respectivas conexiones y también se tendrá en cuenta las variables emitidas para el proceso de programación en Arduino.

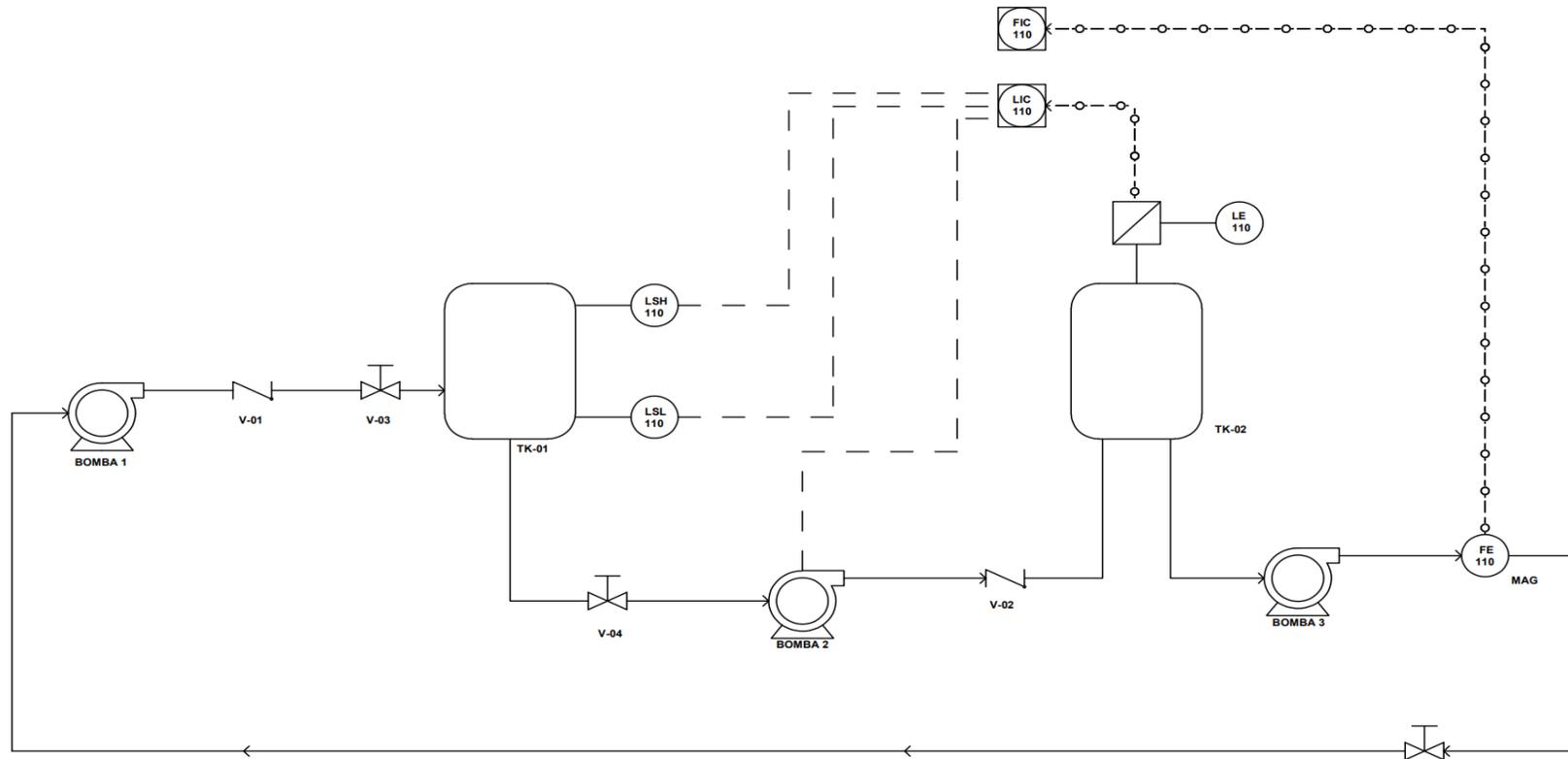
Se describirá el proceso de manera detallada con el fin de que los estudiantes lo tomen como una guía para la manipulación del mismo.

El diagrama P&ID de la figura 20 describe el proceso del módulo didáctico que consiste en el llenado de un tanque principal TK-2 desde un reservorio TK-1, mediante la bomba N2. La bomba se activa para succionar el agua desde TK-1 hacia TK-2 siempre y cuando exista líquido, datos que son proporcionados por dos interruptores de nivel tipo flotador LSL-110 para nivel bajo y LSH-100 para nivel alto.

El nivel de agua en el tanque principal es medido mediante un sensor ultrasónico LE-100, ubicado en la parte superior del mismo. Emite una onda ultrasónica que se refleja sobre la superficie del agua, es decir lo que se mide en realidad es la distancia que existe entre el sensor y la superficie del líquido, valor que es restado de la altura total del tanque. Cálculos que son realizados por el LIC-100.

Además de los cálculos de nivel el LIC es encargado de energizar la bomba N-3 para evitar que el agua se desborde, de modo que cuando el nivel llega a 25 cm se activa, iniciando la descarga. Desde el tanque TK-2 se desprende una tubería para que el fluido recircule al tanque de reserva TK-1, tramo en el que se encuentra ubicado un sensor de flujo FE-110 de efecto hall compatible con Arduino FE-110. Este sensor genera una señal digital en función al flujo que hace mover las paletas internas del elemento primario.

En la misma tubería se dispone de una válvula manual V- 03 de tipo bola que se utiliza para producir perturbaciones y así tomar medidas diferentes de flujo. Además, existen dos válvulas check, V-01 a salida de la bomba N1 y V-02 a la salida de N2 para evitar que existe recirculación de agua por efecto de conducción de gravedad.

Figura 20*Diagrama P&ID*

Nota. La figura muestra el diagrama P&ID donde se indica los instrumentos.

3.2 Pruebas de los componentes principales

Se realizó una prueba de los sensores elegidos para determinar la medida de los tanques y la ubicación de los sensores ya que la exactitud de las mediciones de nivel depende de la distancia entre el medio y la interface, así como de la turbulencia del líquido.

3.2.1 Prueba de sensor ultrasónico HC-SR04, en un tanque llano.

Mediante el análisis de la ficha técnica del sensor ultrasónico HC-SR04 proporcionada por el fabricante (ver **Anexo D**) se determinó las condiciones del funcionamiento del sensor para las respectivas pruebas que se realizara en los tanques.

Para este proceso se seleccionó un tanque de 14 cm de diámetro y 30 cm de altura para el reservorio de agua (ver **Figura 21**)

Figura 21

Toma de medida de nivel tanque de 30 cm



Nota. La figura muestra la prueba del sensor realizada en un tanque de 30 cm

Tabla 8*Tabla de comparación de valores tanque de 30 cm*

REGLA	SENSOR	OBSERVACIÓN
1	1	Existen variaciones de 0 a 2
2	2	No existen variaciones
3	3	Existen variaciones de 3 a 5
4	4	No existen variaciones
5	5	No existen variaciones
6	6	No existen variaciones
7	7	Existen variaciones entre 7 a 9
8	8	No existen variaciones
9	9	No existen variaciones
10	10	No existen variaciones
11	11	No existen variaciones
12	12	No existen variaciones
13	13	No existen variaciones
14	14	No existen variaciones
15	15	No existen variaciones
16	16	No existen variaciones
17	17	No existen variaciones
18	18	Existen variaciones entre 17 a 19
19	19	No existen variaciones
20	20	No existen variaciones

REGLA	SENSOR	OBSERVACIÓN
21	21	Existen variaciones entre 20 a 22
22	22	No existen variaciones
23	23	No existen variaciones
24	24	No existen variaciones
25	25	No existen variaciones
26	26	No existen variaciones
27	27	No existen variaciones
28	28	No existen variaciones
29	29	No existen variaciones
30	30	No existen variaciones

Nota. La tabla mostrada contiene los datos tomados en el tanque de 30cm.

Se realizó una prueba en un tanque de mayor capacidad cambiándolo por un tanque de 30 cm, para obtener una mejora en la lectura de los datos ya que en la primera medición tomada se presentó ecos falsos los cuales generaban datos erróneos en la medición.

Figura 22

Tanque de 50 cm.



Nota. La figura muestra las medidas realizadas en un tanque de mayor capacidad.

Se cambió el tanque ya utilizado, con el objeto de reducir, al momento del llenado del mismo, ya que presentaba interferencias en los distintos niveles de agua, como se puede observar. Otro dato a tener en cuenta, es que si se llena el tanque de manera brusca los valores de lectura de datos van a ser erróneos.

Cambio de tanque, a 32mm de diámetro con altura de 50cm y de base llana (ver **Figura 23**).

Figura 23

Toma de datos en tanque de mayor capacidad



Nota. La figura muestra las medidas realizadas en un tanque de mayor capacidad.

En comparación con las pruebas del tanque de la tabla N1, se notó un incremento de errores debido a que se genera más ecos falsos por del tanque.

Tabla 9

Toma de datos sensor ultrasónico tanque 50 cm

REGLA	SENSOR	OBSERVACIÓN
1	1	Existen variaciones de 0 a 2
2	2	No existen variaciones
3	3	Existen variaciones de 3 a 5
4	4	No existen variaciones
5	5	No existen variaciones
6	6	No existen variaciones
7	7	Existen variaciones entre 7 a 9

REGLA	SENSOR	OBSERVACIÓN
8	8	No existen variaciones
9	9	No existen variaciones
10	10	No existen variaciones
11	11	No existen variaciones
12	12	No existen variaciones
13	13	No existen variaciones
14	14	No existen variaciones
15	15	No existen variaciones
16	16	No existen variaciones
17	17	No existen variaciones
18	18	Existen variaciones entre 17 a 19
19	19	No existen variaciones
20	20	No existen variaciones
21	21	Existen variaciones entre 20 a 22
22	22	No existen variaciones
23	23	No existen variaciones
24	24	No existen variaciones
25	25	No existen variaciones
26	26	No existen variaciones
27	27	No existen variaciones
28	28	No existen variaciones
29	29	No existen variaciones
30	30	Existen variaciones entre 30 a 22

Nota. En la presente tabla se indica los valores que se ha obtenido mediante la prueba y calibración del sensor ultrasónico en un recipiente de vidrio con base plana mostrando así la variación en la ubicación teniendo en cuenta la presión con la que circula el agua mediante el sistema con ayuda de sus respectivas bombas.

Todos los objetos interpuestos en el ángulo del haz ultrasónico, tales como tuberías, soportes, costuras, refuerzos, palas de mezcla y objetos en la pared, remaches, producto adherido, etc. causarán ecos falsos, especialmente los objetos situados cerca de la sonda.

Por lo que prubo con una nueva ubicación del sensor, alejado de la superficie y definir una ubicación para mediciones (ver **Figura 24**).

Figura 24

Ubicación del sensor ultrasónico



Nota. La figura muestra la ubicación que se ha designado al sensor de ultrasonido con el fin de que su lectura de datos sea correcta.

3.2.2 Aplicación del sensor ultrasónico

- Una vez recolectado los datos proporcionados en el análisis de los tanques se ha decidido usar un tanque de vidrio con las siguientes dimensiones: 14 cm de diámetro por 30 cm de alto.
- Adquisición del tanque de 14cm de diámetro y 35 cm de alto con el fin de ubicar el sensor ultrasónico para la toma de datos en el proceso de análisis y control del sistema (ver **Figura 25**).
- Para que los datos sean más precisos, se analizó que al momento del llenado por la caída del agua se presentaba una variación en los valores por la perturbación que recibía al momento del llenado (ver **Figura 26**).
- Por ello se realizó la extensión del tubo con el fin de que tenga un menor impacto al momento del llenado.
- Se añadió un indicador visual donde se observa el nivel hasta donde debe ser llenado el tanque.
- Se realizó las respectivas conexiones del sensor ultrasónico al microcontrolador Arduino, para realizar la toma de datos que verifican el nivel de agua correcto (ver **Figura 26**).
- Comprobación de datos mediante el uso de un monitor serial (ver **Figura 27**).

Figura 25

Análisis comparativo de medidas



Nota. La figura muestra la comunicación serial entre el Arduino y la computadora.

Figura 26

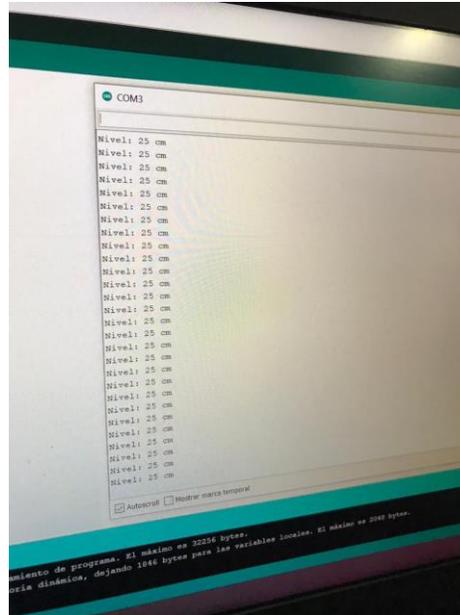
Medidas tomadas por el Arduino



Nota. La toma de datos mediante el monitor serial Arduino.

Figura 27

Datos proporcionados por el monitor serial



Nota. La figura muestra la comunicación serial entre el Arduino y la computadora.

Figura 28

Variables del sensor ultrasónico

```

//Variables sensor ultrasonico
int TRIG = 10;      // trigger en pin 10
int ECO = 9;       // echo en pin 9
int DURACION;      //tiempo de lectura
int DISTANCIA;     //altura del tanque
int NIVEL;         //nivel del tanque

```

Nota. La figura muestra las variables utilizadas para el acondicionamiento del sensor ultrasónico.

Figura 29

Acondicionamiento del sensor ultrasónico

```
digitalWrite(TRIG, HIGH);    // generacion del pulso a enviar
delay(1);                   // al pin conectado al trigger
digitalWrite(TRIG, LOW);    // del sensor

DURACION = pulseIn(ECO, HIGH); // con funcion pulseIn se espera un pulso
// alto en Echo
DISTANCIA = DURACION / 58.2;  // distancia medida en centimetros
NIVEL=30-DISTANCIA;          // Resta en relacion a la altura del tanque
```

Nota. La figura muestra las líneas de programación necesarias para el funcionamiento del sensor ultrasónico.

3.2.3 Sensor de nivel tipo flotador

Para complementar el aprendizaje median el módulo de medición de nivel y caudal se implementó en uso de dos sensores tipo flotador, los cuales están encargados de controlar el llenado y vaciado del tanque (ver Anexo C).

- Diseño de los soportes que se ubicaran al interior del tanque portando así los respectivos sensores tipo flotador.
- Se realizó la respectiva programación en el software de Arduino con el fin de nivel del agua en el sistema.
- Se probó el respectivo cumplimiento de la programación.
- Diseño e instalación de las tuberías para el tanque que contiene los sensores de tipo flotador.

Figura 30

Sensor tipo flotador



Nota. La figura muestra la conexión del sensor tipo flotador a la base que lo sostendrá.

3.2.4 Implementación del sensor de flujo

- Se comprobó mediante el monitor serial el funcionamiento del sensor de flujo que se implementará en la tubería llevando a cabo así la toma de mediciones de flujo (ver **Anexo E**).
- Se incorporó el sensor de flujo al módulo didáctico para la medición de caudal en el sistema de tuberías.

Figura 31

Sensor de flujo parte interna



Nota. La figura muestra la parte interna de un sensor de flujo.

Figura 32

Aspas del sensor de flujo



Nota. La figura muestra la parte interna de un sensor de flujo.

En estas imágenes se puede apreciar los componentes que utiliza este sensor de flujo para la toma de datos. El sensor de flujo está diseñado para las tuberías de $\frac{1}{2}$ pulgada por lo que el sensor se puede acoplar de manera correcta al sistema.

Figura 33

Implementación del sensor de flujo



Nota. La figura muestra el sensor de flujo instalado en la tubería.

Figura 34

Instalación del sensor de flujo en el modulo



Nota. La figura muestra el sensor de flujo instalado en el sistema.

Después de la instalación se realizó las diversas conexiones y pruebas del sensor de flujo mediante Arduino.

Figura 35*Declaración de variables sensor de flujo*

```
//variables sensor de flujo
float vazao;           //Variável para almacenar el valor em L/min
float media = 0;       //Variável para média
int contaPulso;        //Variável para la cantidad de pulsos
int i = 0;             //Variável para segundos
int Min = 00;          //Variável para minutos
float Litros = 0;      //Variável para cantidad de agua
float MiliLitros = 0; //Variavel para converscion
```

Nota. La figura muestra el sensor de flujo instalado en el sistema.

Figura 36*Tratamiento de señales sensor de flujo*

```
contaPulso = 0; //encerramos la variable
sei();          //Habilita interrupcion
delay(1000);    //Esperamos 1 segundo
cli();          //Desabilita interrupcion

vazao = contaPulso / 5.5; //convercion para L/min
media = media + vazao;
i++;
MiliLitros = vazao / 60;
Litros = Litros + MiliLitros;
delay(800);
```

Nota. La figura muestra los datos obtenidos.

3.2.5 Implementación de bombas sumergibles

Para que el agua fluya se debe tener en cuenta un elemento muy importante que son las bombas ya que estas generan el movimiento de manera regular con el fin de que este circule por todo el sistema de manera apropiada (ver **Anexo B**).

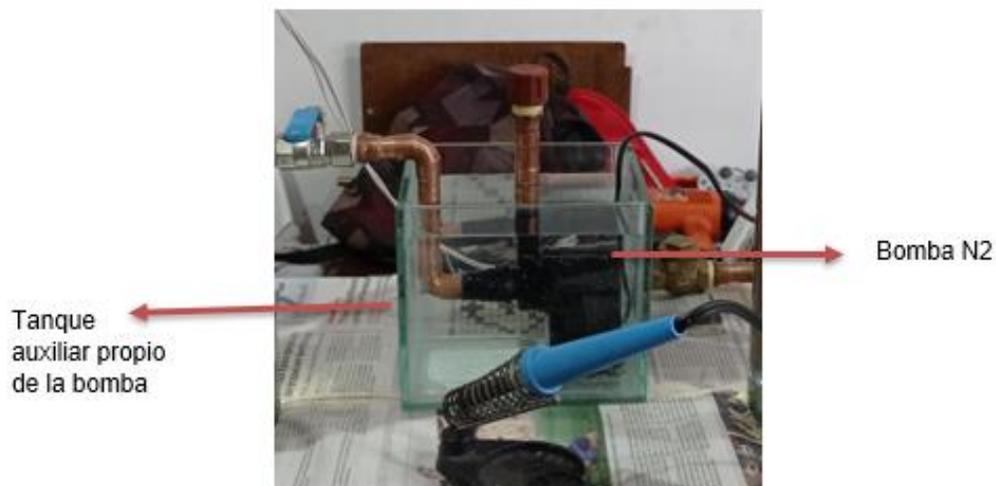
- Por ello se ha realizado un previo análisis de las bombas que se van a utiliza.

- Después de la investigación realizada se ha decidido usar las bombas Jad Sp-1800 ya que cumplen los parámetros correctos para el movimiento del fluido.
- La primera bomba se utilizará para mover el agua al primer tanque donde se encuentran los sensores tipo flotadores que recolectan esta información y la transmita en al panel de control.
- La segunda bomba se usará para movilizar el agua del tanque N1 al tanque que contiene el sensor ultrasónico que tomara los datos pertinentes y enviara su respectiva señal al display LCD que proporcionara los datos del funcionamiento.
- La tercera bomba se usará para el transporte del agua al inicio del ciclo donde una vez cumplidos el parámetro se cargará y descargará de forma que cumpla con los parámetros programados.

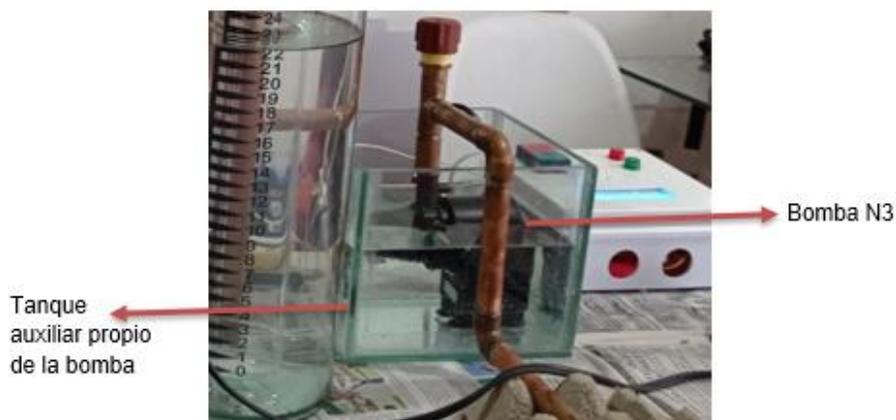
Dada bomba utilizada cuenta con las respectivas ventosas que ayuda que se añada al recipiente y también realizar una fácil extracción de las mismas. También se debe tomar en cuenta la ficha técnica o manual donde se tiene las propiedades de las bombas y el correcto uso de las mismas, es muy importante tener en cuenta que al momento de accionar el sistema las bombas deben estar cubiertas de agua en su totalidad para evitar que se dañen.

Figura 37*Bomba de agua N1*

Nota. La figura muestra la ubicación de la bomba N1.

Figura 38*Instalación de bomba N2*

Nota. La figura muestra la ubicación de la bomba N2, en un tanque auxiliar ya que es de tipo sumergible

Figura 39*Instalación de bomba N3*

Nota. La figura muestra ubicación de la bomba N3 en un tanque auxiliar ya que es de tipo sumergible

3.2.6 Interconexión de las tuberías

Para este proceso se utilizó tuberías de cobre ya que son duraderas y resisten la presión generada por las bombas que impulsan el fluido de los tanques.

- Se tomo las medidas con respecto a los tanques para el diseño de la tubería (ver
- Se procedió a realizar los respectivos cortes con relación a las medidas tomadas con anterioridad.
- Una vez obtenidas las piezas se procedió al ensamblaje y soldados de las mismas (ver **Figura 40**).
- Se comprobó que no exista fugas en la tubería con el fin de evitar errores de medición (ver **Figura 41**).
- Mediante la comprobación se procede a la conexión de la tubería del sensor ultrasónico con la tubería del siguiente tanque y del sistema en general, esto

facilitara tener varias fallas que se puede presentar si no está desarrollado de manera correcta (ver **Figura 43**).

Figura 40

Conexión de tubería



Nota. La figura muestra las respectivas medidas tomadas para la elaboración de las tuberías con el propósito de realzar la respectiva conexión.

Figura 41

Comprobación de tubería



Nota. La figura muestra la comprobación de fugas realizada.

Figura 42

Limpieza de tubería



Nota. La figura muestra la limpieza que se realizó a la tubería.

Figura 43

Conexión de tubería al tanque



Nota. La figura muestra la conexión de la tubería con el tanque del sensor ultrasónico.

Para este proceso se realizó la interconexión de las tuberías realizadas individualmente con el fin de unificar los dos sistemas de control de nivel.

- Unión de las respectivas tuberías mediante el método de soldadura para su posterior funcionamiento.
- Prueba de funcionamiento de las tuberías con el objetivo de evitar fugas de agua.
- Implementación de válvulas anti retorno en las entradas de cada tanque. con el objetivo de evitar el retorno del agua a causa de la presión.

- Implementación de una válvula de media vuelta en el proceso de vaciado del tanque que contiene los sensores tipo flotador.

Figura 44

Conexión de tubería al tanque del sensor ultrasónico



Nota. La figura muestra la conexión de la tubería al reservorio de agua que contiene el sensor ultrasónico.

Figura 45

Conexión de tubería al tanque de los flotadores



Nota. La figura muestra la conexión de la tubería al reservorio de agua que contiene el sensor ultrasónico.

Figura 46

Interconexión de las tuberías



Nota. La figura muestra la conexión que se realizó con los respectivos tanques creando así en modulo didáctico.

3.3 Estructura del modulo

Para este proceso se ha realizado el diseño y elaboración del soporte donde se poseionará al módulo y la rotulación de los elementos que lo conforman con el objetivo de que la información detallada sea entendible.

3.3.1 *Diseño y elaboración del soporte*

Para realizar la elaboración del soporte del módulo se realizó el respectivo diseño de las piezas en AutoCad (**ver Anexo F**) con el fin de obtener precisión al momento de su realización, se realizó el corte laser de las piezas ya diseñada y se procedió a su ensamblaje logrando así un soporte fijo para el montaje del módulo didáctico (ver **Anexo G**).

Figura 47

Máquina de corte



Nota. La figura muestra la estación de corte utilizada para la infraestructura.

Figura 48

Cortes realizados para la infraestructura del soporte del modulo



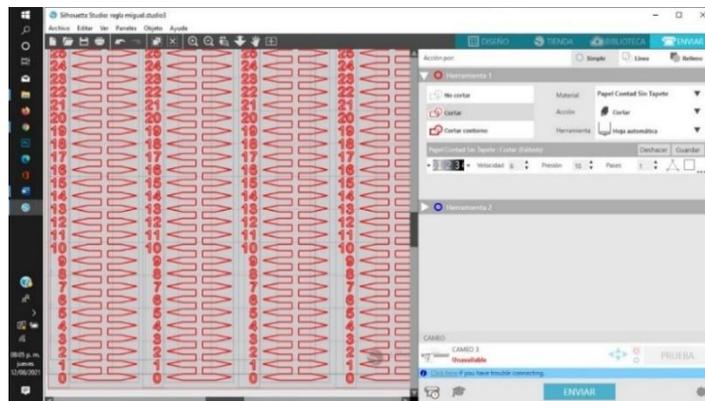
Nota. La figura muestra los cortes que formaran la estructura de tu maqueta.

3.3.2 Diseño e incorporación de etiquetas y rotuladores

Se ha decidido realizar etiquetas y rotuladores que proporcionen información sobre la ubicación de los respectivos componentes para lograr su manipulación y evitar así algún daño en la manipulación del módulo (ver **Figura 49**).

Figura 49

Diseño de indicador visual de nivel



Nota. La figura muestra el corte del indicador visual que se encuentra en el tanque que contiene el sensor ultrasónico.

3.4 Automatización del modulo

Una vez comprobada todas las conexiones de forma manual e individual se procede a la respectiva programación en el entorno de Arduino para integrarla en el respectivo modulo.

- Mediante la comprobación de los componentes de forma individual se ha detectados cuales son las funciones que cumple cada uno de ellos con el fin de representarlos de manera automática identificando así las variables correspondientes.
- Para dar inicio a la programación se activó el módulo LCD 20x4 mediante comunicación I2C, el cual permitirá administrar de mejor manera los pines y así visualizar los datos respectivos en la pantalla, para ello en el entorno de Arduino se incluyó la librería LIQUID CRISTAL_I2C.H.
- En la librería denominada se iniciará y se encenderá la luz de fondo del LCD mediante líneas de programación.
- Una vez inicializado el LCD se empezará con la adquisición de datos de los sensores.
- El primer sensor que se implementará será el sensor ultrasónico en el cual se declararán las variables.
- Se procede a la ejecución de los datos obtenidos mediante la programación correspondiente.
- Se declararán las variables de los sensores tipo flotadores, procediendo a la ejecución de los datos obtenidos mediante la programación correspondiente.

- Se declararán las variables del sensor de flujo, procediendo a la ejecución de los datos obtenido mediante la programación correspondiente

A continuación, se detallará los puntos más importantes en relación a la respectiva programación (ver **Anexo A**).

Tabla 10

Pines de conexión

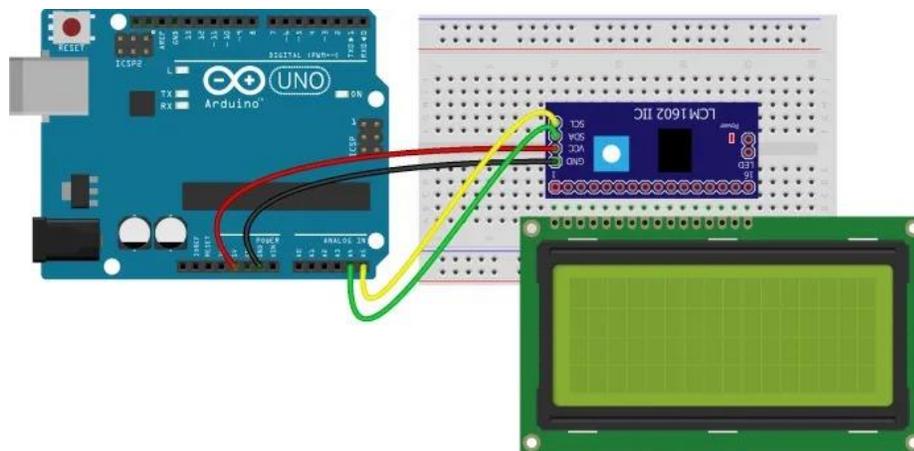
Pines Analógicos		Pines Digitales		
A0	N/C	D2		FLUJ Sensor de flujo
A1	N/C	D3	INPUT	BOMBA_2
A2	N/C	D4	OUTPUT	N/C
A3	N/C	D5		N/C
A4	SDA Comunicación I2C	D6		BOMBA_3
A5	SCL Comunicación I2C	D7	OUTPUT	I1 Indicador módulo encendido
		D8	OUTPUT	P1 Pulsador cambio de menú
		D9	INPUT	ECO Sensor Ultrasónico
		D10	INPUT	TRIG Sensor ultrasónico
		D11	INPUT	BOMBA_1
		D12	OUTPUT	S2 Sensor tipo flotador
		D13	INPUT	S1 Sensor tipo flotador

Nota. En la presente tabla se detalla los pines conectados en el Arduino además se indican las respectivas entradas y salidas de datos.

Se muestra el diagrama de conexiones del LCD 20x4 (ver **Anexo B**) a la placa Arduino, utilizando el módulo LCM1602 HC el cual permitirá realizar una comunicación I2C, logrando así optimizar los pines del Arduino uno. (ver **Figura 50**)

Figura 50

Representación de la conexión del display con el LCD

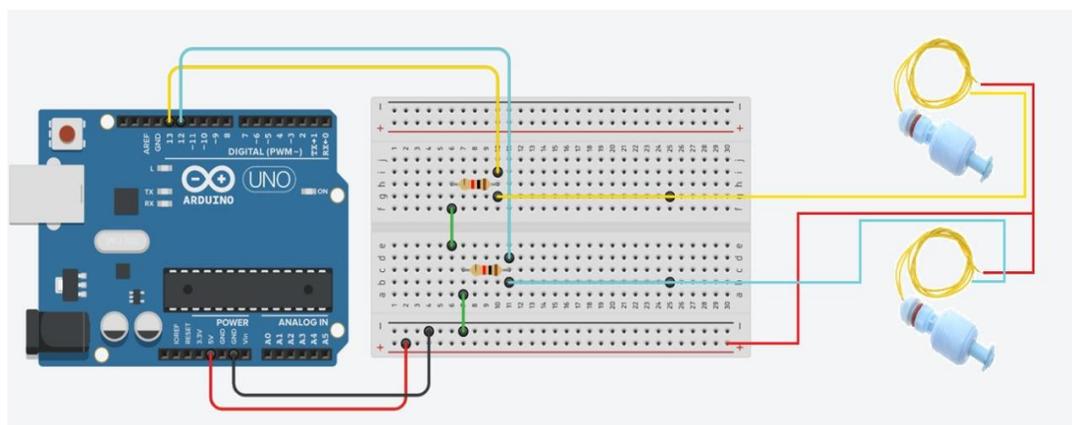


Nota. La figura muestra la conexión física del LCD con el Arduino.

Se muestra el diagrama de conexiones los sensores tipo flotador mediante resistencias en configuración Pull Down la placa Arduino (ver **Figura 51**).

Figura 51

Representación de a conexión de los sensores tipo flotador

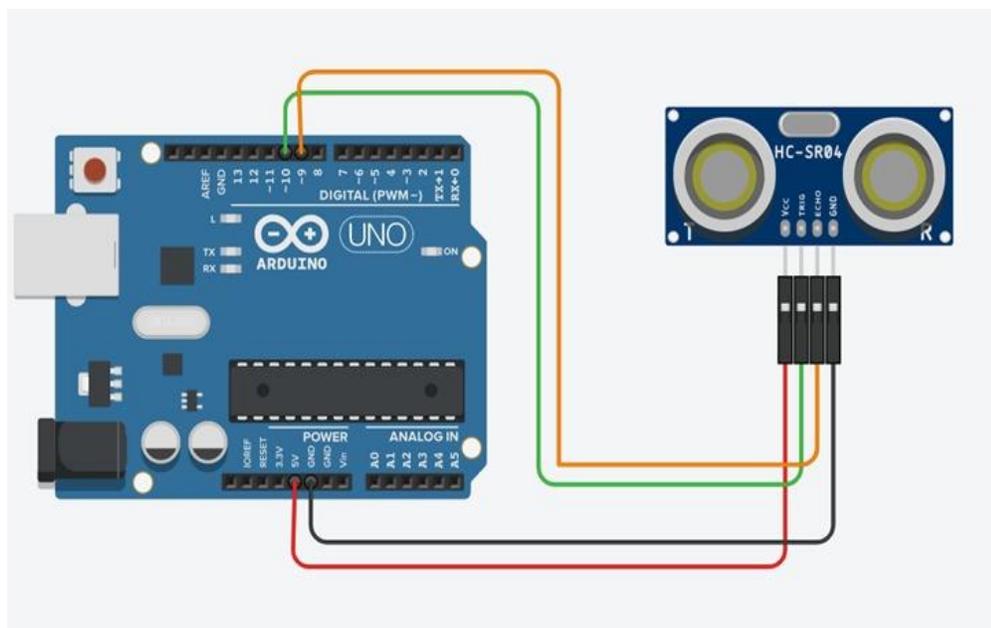


Nota. La figura muestra la conexión física de los sensores tipo flotador con el Arduino.

Se muestra el diagrama de conexiones del sensor ultrasónico HC-SR04 a la placa Arduino. (ver **Figura 52**)

Figura 52

Representación de la conexión del Ultrasónico

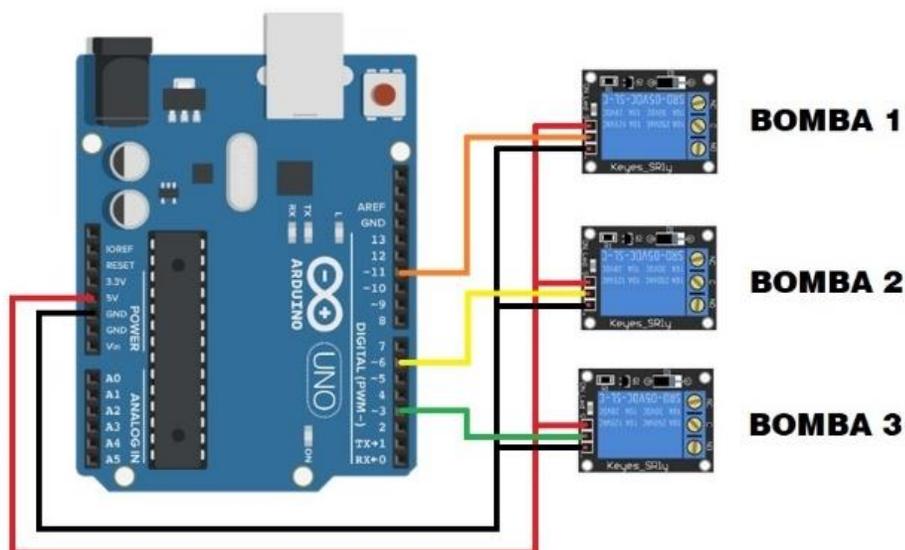


Nota. La figura muestra la conexión física del sensor ultrasónico con el Arduino.

Se muestra el diagrama de conexiones de las bombas n1, n2 y n3 hacia el Arduino, que son los que tienen como función la carga y descarga de los tanques. (ver **Figura 53**)

Figura 53

Representación de la conexión de las bombas

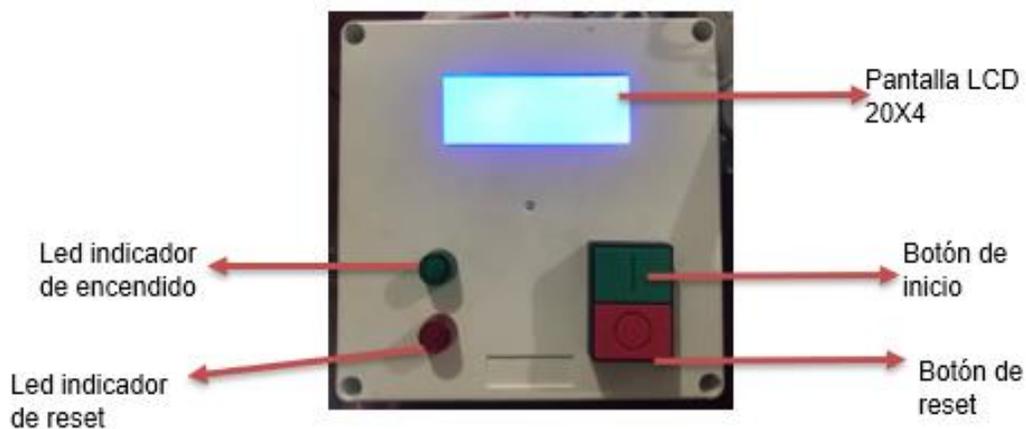


Nota. La figura muestra la conexión física de las bombas con el Arduino.

3.4.1 Elaboración del panel de control del módulo didáctico

El panel de control de nuestro módulo contará con distintos elementos que señalarán de manera visual si se está realizando un correcto proceso de medición.

En este podremos visualizar el control del funcionamiento de cada uno de los elementos que conforman el módulo y los valores de la toma de mediciones de datos de los correspondientes elementos utilizados en el desarrollo del mismo, con el fin de monitorizarlo y tener en cuenta su funcionamiento.

Figura 54*Elaboración del panel de control*

Nota. La figura muestra la elaboración del panel de control y los respectivos indicadores que mostrarán el correcto funcionamiento del sistema.

3.5 Algoritmo de control

El siguiente algoritmo de control describe la programación de manera breve, mostrando las condiciones que los elementos deben cumplir para su funcionamiento, para lo cual la tabla 11 presenta las variables asociadas a los elementos y tags del diagrama P&ID de proceso.

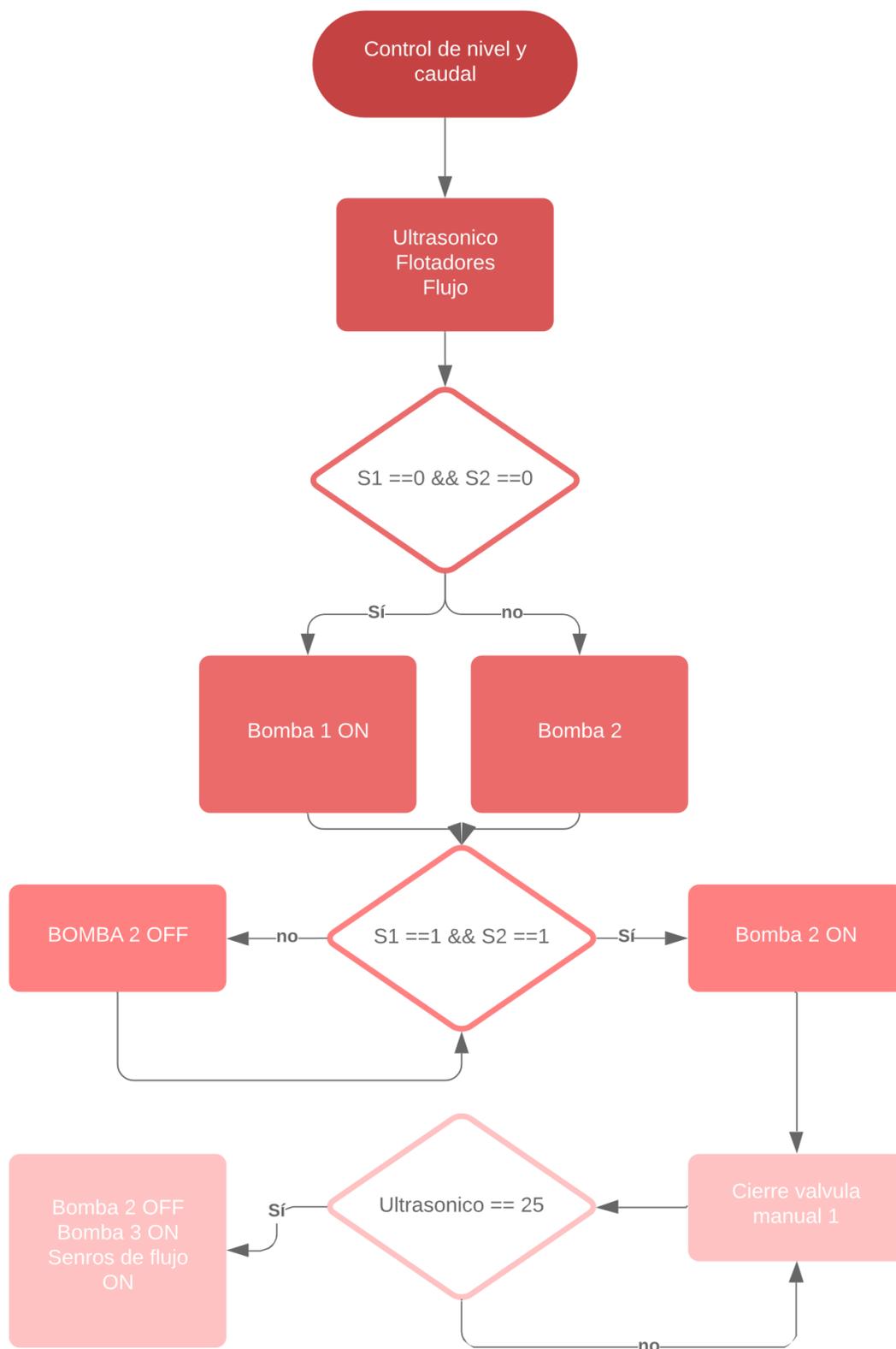
Tabla 11*Tags de los componentes utilizados*

VARIABLE	ELEMENTO	TAG
S1	Sensor tipo flotador nivel bajo	LSH
S2	Sensor tipo flotador nivel alto	LSL
ULTRASÓNICO	Sensor tipo ultrasónico	LE

VARIABLE	ELEMENTO	TAG
FLUJO	Sensor de flujo	FE
BOMBA_1	Actuador llenado tanque de reserva	BOMBA 1
BOMBA_2	Actuador llenado tanque principal	BOMBA 2
BOMBA_3	Actuador de vaciado tanque principal	BOMBA 3

Nota. Las variables utilizadas hacen referencia a los elementos descritos en la tabla N11

El control de nivel y flujo se lo realiza mediante tres etapas del sistema que consta con los sensores tipo flotadores los cual reciben la denominación de S1 y S2 tomando información de nivel del tanque reservorio y realizando la condición de que si S1 y S2 reciben un cero lógico, accionaran la bomba 1, la encargada de llenarlo de agua mientras que la bomba 2 se encontrara apagada una vez iniciado el proceso de llenado S1 Y S2 deberán cumplir la siguiente condición si S1 Y S2 reciben un uno lógico la bomba 1 se apagara y se encenderá la bomba 2 la cual inicia la descarga y se llena el tanque principal cumpliendo esta condición se activara el sensor ultrasónico el cual cumplirá la siguiente condición, si el nivel es igual a 25 cm apagara la bomba 2 y encenderá la bomba 3 la que se encargara de la descarga del tanque principal, si el nivel es igual a 0 se encenderá la bomba 2, llenando nuevamente el tanque principal una vez activada la bomba 3 el sensor de flujo emitirá los datos del agua descargada en unidades de litros.

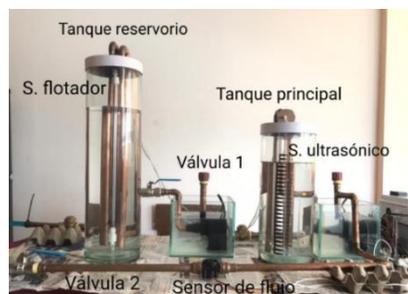


3.6 Pruebas y resultados

Una vez realizadas todas las pruebas necesarias a cada sensor que conforman el módulo, se comprueba el sistema por completo, analizando el tiempo que se tarda en completar un ciclo completo, para ello los tanques principal y reservorio, deberán encontrarse vacíos, cumpliendo esta condición LSH y LSL se encontrarán desactivados, enviando una señal a LIC el encargado de encender la bomba 1, teniendo en cuenta que la válvula manual V-03 debe de estar cerrada, llenando así el tanque reservorio en 0.45s. Cuando LSH y LSL se encuentren activados LIC se encargará de desactivar la bomba 1 y activar la bomba 2 teniendo en cuenta que una vez que se encienda la bomba 2 debemos nuevamente abrir la válvula manual V-03 para que inicie con el llenado de tanque principal el cual se tarda 0.25s en llenarse llegando el nivel del agua a una altura de 25cm, una vez lleno, se debe cerrar nuevamente la válvula manual V-03 dando paso a que se encienda la bomba 3 he inicie la descarga del tanque principal el cual tardara 0.30s en descargarse por completo, logrando así que el sensor de flujo empiece a leer los valores de caudal al momento de la descarga. Tardando aproximadamente un minuto con cuarenta segundos en completar un ciclo de trabajo.

Figura 55

Componentes del módulo didáctico



Nota. La figura muestra los componentes y ubicación de los mismos en el módulo didáctico

Capítulo IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- El sensor HC-SR04 emite una onda ultrasónica mediante el pin TRIG, que se refleja sobre una superficie, en función al tiempo de retorno, el pin ECO emite una señal. Este sensor es compatible con Arduino, por lo que fue ubicado en la parte superior del tanque TK-2 de modo que la onda se refleje sobre superficie del agua, es decir lo que se midió en realidad es la distancia que existe entre el sensor y la superficie del líquido, valor que es restado de la altura total del tanque para obtener el valor del nivel del fluido en centímetros.
- El pin TRIG del sensor ultrasónico está conectado al pin 10 de Arduino mientras que pin ECO del sensor al pin 9 de Arduino. Las instrucciones principales para poder utilizar el sensor HC-SR04 son escribir señales digitales en los pines ECO y TRIG. De modo que la instrucción pulseIn (ECO, HIGH) determine la duración del pulso generado y en función a ello se obtenga la distancia desde el sensor hasta la superficie del líquido.
- Para la medición de flujo se seleccionó el sensor YFS201 ya que genera una señal digital en función al flujo detectado en la tubería en base al efecto hall. Por lo que se adquirió la señal mediante el pin digital 2 de Arduino uno, que acepta interrupciones externas.
- El sensor YFS 201 genera una señal cuadrada cuya frecuencia varía en función al caudal. Por esta razón la programación desarrollada en Arduino tiene como objetivo reconocer la cantidad de pulsos que son recibidos por el pin 2 en un

segundo, convertir a minutos y multiplicar por una constante proporcionada en las hojas de datos del sensor y así obtener flujo; es decir litros por minuto.

- Para definir la forma, dimensión y modo de llenado del tanque principal, se realizaron pruebas en recipientes de diferente material y forma ya que estos parámetros interfieren con el principio de medición seleccionado al generar ecos falsos. Así mismo se estableció la ubicación del sensor de nivel en la parte superior a 30 cm de modo que pueda medir hasta 25 cm. Igualmente se colocó las mangueras de llenado en la parte inferior del tanque de modo que al momento de introducir el líquido no provoque turbulencias, y así obtener mediciones exactas en el orden de los centímetros que son contrastadas con la regla que posee el módulo.
- El sensor de flujo en cuanto a la conexión es sencillo ya que tiene dos vías tipo macho (M-M) roscado para instalar sobre la tubería del proceso, mientras que para la conexión eléctrica sólo se requiere la alimentación y el pin de datos.
- Se realizaron varias pruebas de funcionamiento del módulo obteniéndose un 1 minuto con 40 segundos como promedio para completar un ciclo. La condición inicial es que ambos tanques están vacíos, estado que es confirmado por los interruptores de nivel tipo flotador. El tanque reservorio toma 45 segundos en llenarse mediante la bomba 1, mientras que el tanque principal toma 25 segundos mediante la bomba 2, y la variación de nivel es registrada por el sensor ultrasónico. Así mismo la recirculación del fluido desde el tanque principal al reservorio toma 30 segundos con el accionamiento de la bomba 3, tiempo en el que el sensor de flujo entrega mediciones.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda el uso de fuentes confiables en el proceso de investigación ya que es un factor importante al momento de la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto.
- Al momento de la definición de los comandos que se utilizará se debe tener en cuenta la hoja de datos del fabricante con el fin de tener en cuenta los parámetros de cada componente.
- Es muy importante realizar la calibración de los sensores para que proporcione datos con un margen de error mínimo.
- Al momento de realizar las pruebas del módulo se debe tener en cuenta que la conexión y alimentación del mismo sean correctas para evitar daños en los componentes.

Bibliografía

- Aguilar, M. (Febrero de 05 de 2008). *Diseño e implementación del sistema de instrumentación y control de la planta de tratamiento de agua cruda*.
- Recuperado el 19 de julio de 2021 de:
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/464>
- Badger Meter. (Enero de 2021). Recuperado el 19 de julio de 2021 de:
<https://www.badgermeter.com/es-es/blog-es-es/medidores-de-flujo-que-son-y-como-funcionan/>
- BeJob. (14 de Febrero de 2017). Recuperado el 19 de julio de 2021 de:
<https://www.bejob.com/que-es-la-programacion-con-arduino-y-para-que-sirve/>
- Burkert . (31 de octubre 2020). *fFluid Control System*. Recuperado el 19 de julio de 2021 de: <https://www.burkert.es/es/Servicio-Asistencia/Prestacion-de-servicios/Glosario/Medicion-del-nivel-de-llenado>
- Guagalango, J. (22 de octubre 2015). *Monitoreo del nivel y flujo de agua*. Recuperado el 20 de julio de 2021 de: Sangolqui-Quito.
- Guevara, M. (29 de mayo 2013). *Diseño e implementación una red de monitoreo y control de nivel y flujo*. Recuperado el 20 de julio de 2021 de: Latacunga-Cotopaxi.
- HetPro*. (05 de agosto 2018). Recuperado el 20 de julio de 2021 de: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>
- Ingeniero Merino*. (30 de septiembre 2019). Recuperado el 20 de julio de 2021 de: <https://ingenieromarino.com/valvulas-a-bordo/>
- Jad Pump. (17 de enero 2018). Recuperado el 23 de julio de 2021 de:
https://www.google.com/search?q=jad+sp+1800&rlz=1C1CHBD_esEC826EC837&sxsrf=ALeKk02U4trMHKYNOdX860mSGB1_3glH0w:1628829647702&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjht7OkI63yAhV-SzABHUi_CaUQ_AUoAXoECAEQAw#imgrc=Lzo0Gpu9AHaB6M
- Nova Smart . (14 de febrero 2021). *Smart Technology Company*. Obtenido de <https://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/medicion-de-presion-caracteristicas-tecnologias-y-tendencias>
- Quima. (19 de abril 2021). *Quima*. Recuperado el 23 de julio de 2021 de:
<https://quima.com/blogs/blog/que-es-una-valvula-check>

R, O. (26 de julio 2018). *Soluciones industriales*. Recuperado el 23 de julio de 2021 de:
http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oscaror/CursosDictados/web%20instrumentacion%20industrial/1%20transductores%20para%20procesos%20industriales/libro%20pdf/CAP%204%20Medicion_flujo_2009.pdf

Sanchez, J. C. (16 de agosto 2014). Medición e instrumentación industrial.

Soluciones para agua y sustentabilidad. (24 de mayo 2016). *Revista Especificar*, 3.

Srinoul, S. (28 de diciembre 2010). *Freepik*. Recuperado el 23 de julio de 2021 de:
https://www.freepik.es/fotos-premium/medicion-nivel-agua-presa_3777419.htm

Anexos