



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DEL LLENADO DE  
BOTELLONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA MANANTIAL  
AQUA VITAL**

**Autor:**

Chang, Alido  
C.I: 28.083.607

**Tutor:** Ing. Víríguez, Gilberto

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



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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DEL LLENADO DE  
BOTELLONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA MANANTIAL  
AQUA VITAL**

Proyecto del Trabajo de Grado presentado para optar al título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autor:**  
Chang, Alido  
C.I: 28.083.607

**Tutor:** Ing. Vírguez, Gilberto

San Diego, marzo 2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

### ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Propuesta de un sistema para el control de llenado de botellones de agua en la planta purificadora manantial AQUA VITAL.

Realizado por el (la) Br. Alido Chang

C.I. N° 28.083.607 cursante de la carrera de Ingeniería Electrónica hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: Gilberto Viquez  
C.I.: 26.116.379

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Wiston Espinoza  
C.I.: 9885895

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Antonio Rodríguez  
C.I.: V-14923464

Fecha: 03/06/2022





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN  
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ingeniero Gilberto Virguez, portador de la cédula de identidad Nro. 26.116.379, en mi carácter de tutor de trabajo de grado presentado por el ciudadano Alido Chang, portador de la cédula Nro. 28.083.607, cuyo título es "PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DEL LLENADO DE BOTELLONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA MANANTIAL AQUA VITAL.", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública, y evaluación por parte del jurado evaluador que sea designado.

En San Diego, a los 2 días del mes de mayo del año dos mil veintidós.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Gilberto Virguez  
C.I. 26.116.379

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DECANATO DE INGENIERÍA



FI E 001 2022-ICR TG

Valencia, 27 de abril de 2022

Ciudadano:  
CHANG FONSECA, ALIDO JOCKGSIAN  
28.083.607

Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 3-2022 de fecha 16/02/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:

**Propuesta de un sistema para el control del llenado de botellones de agua en la planta purificadora Manantial Aqua Vital**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Ing. Gilberto Rafael Virguez Arroyo, titular de la cédula de identidad V-26.116.379



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.  
Decano de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo, agradezco a Dios por permitirme tener la oportunidad de llegar hasta este punto en mi carrera profesional, brindarme de salud y fuerzas, además de ganas y la suficiente motivación para llevar a cabo este trabajo de grado. Seguidamente, agradezco a mis familiares, con mención especial a: Anabel, Samuel, Ana Luisa, Alido, Yukyi y Aaron, que han formado parte importante del proceso para llevar a cabo esta tarea, siendo de apoyo incondicional en los momentos en donde más lo necesitaba. Este ha sido incuantificable, por lo que me siento en deuda con todos ellos, y la retribución futura estará a la altura de sus acciones.

Agradezco a mis mentores a lo largo de mi carrera, en dónde puedo destacar los nombres de: Jesús Parra, Rafael Panza, y mi tutor y además profesor Gilberto Víríguez. Estos me han enseñado grandes lecciones no sólo en el ámbito académico, sino que, además, han repercutido de manera importante en mi formación personal. A mis profesores, los cuales todos y cada uno aportaron en gran medida a mi formación, sin excepción alguna a las enseñanzas y experiencias de vida marcadas por su parte, sin olvidar grandes valores transmitidos de la misma manera. En este caso se hace necesario mencionar la gratitud que tengo a los profesores que me han dirigido, corregido y apoyado en la realización de esta tesis: Alicia De Pizzella, Wilmer Sanz, Wiston Espinoza, Freddy Barragán, Antonio Rodríguez e Yndira Rodríguez.

Igualmente, me encuentro agradecido con mis compañeros de carrera y ciclo básico, haciendo mención especial a: Manuel Aquino, Emiro Atencio y además, a Bernal, Franco, Rodríguez, Vives, Rojas, Nunes, Castillo, Maldonado, Colmenares, Lucena, Romero, Ferrer, González, Gómez, Pita, Moreno y Villegas que me han acompañado, apoyado y enseñado grandes cosas durante este tiempo. Y mis amigos que han estado en los momentos de felicidad y aquellos en dónde más he acudido para tomar consejo y recibir su ayuda a lo largo de la carrera, en aspectos profesionales y personales.

**Alido Jockgsian Chang Fonseca**

## **DEDICATORIA**

Este se encuentra dedicado a todas aquellas personas que han creído y depositado su confianza en mí, su apoyo ha sido incondicional, y sin ellos nada de esto sería posible.

**Alido Jockgsian Chang Fonseca**

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>

### CAPÍTULO

#### I EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema...	2
1.2. Formulación del Problema.....	9
1.3. Objetivos de la Investigación.....	10
1.3.1. Objetivo General.....	10
1.3.2. Objetivos Específicos ...	10
1.4. Justificación de la Investigación... ..	10
1.5. Alcance de la Investigación.....	11
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	12

#### II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación... ..	13
2.2. Bases Teóricas .....	16
2.2.1. Proceso de embotellado de agua.....	16
2.2.1.1. Origen del agua embotellada.....	16
2.2.1.2. Filtración .....	17
2.2.1.3 Almacenamiento de agua .....	18
2.2.2. Tamaños estándar de los botellones de agua .....	18
2.2.3. Sistemas de control automático .....	19

2.2.3.1. Sistemas de control en lazo abierto .....	19
2.2.3.2. Sistemas de control en lazo cerrado.....	19
2.2.3.3. Comparativa de sistemas de control en lazo abierto cerrado .....	20
2.2.4. Sistemas de control de nivel .....	21
2.2.4.1 Control de nivel manual .....	21
2.2.4.2. Control de nivel automático .....	22
2.2.5. Actuadores .....	22
2.2.6. Medición de nivel .....	22
2.2.6.1. Detectores de nivel puntual .....	24
2.2.6.2. Detectores de nivel continuo .....	24
2.2.7. Controladores automáticos .....	25
2.2.7.1. Control PI.....	26
2.2.7.2. Control PID.....	26
2.2.8. Microcontroladores.....	26
2.2.9. Sistemas de adquisición de datos (SAD) .....	27
2.2.9.1. Transducción.....	27
2.2.9.2. Conversión Analógico-Digital.....	28
2.2.9.3. Acondicionamiento de señales .....	28
2.2.10. Interfaces HMI-SCADA.....	28
2.3. Bases legales.....	29
2.3.1. Artículos 102, 108 y 110 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) .....	29
2.3.3. Ley de Protección al Consumidor y al Usuario .....	29
2.3.3. Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	30
2.2.4. Normas sanitarias de calidad del almacenamiento de agua..	30
2.4. Definición de Términos Básicos .....	31

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Enfoque de la investigación.....	33
---------------------------------------	----

3.2. Tipo de la investigación.....	36
3.3. Diseño de la investigación .....	37
3.4. Nivel de la investigación.....	38
3.5. Población y muestra.....	38
3.5.1. Población .....	38
3.5.2. Muestra .....	38
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	38
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	38
3.6.1.1. Revisión documental .....	39
3.6.1.2. Observación .....	39
3.6.1.3. Encuesta.....	39
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos .....	39
3.6.2.1. Cuestionario.....	40
3.6.2.2. Diario de campo.....	40
3.6.2.3. Recursos fotográficos .....	40
3.7. Validez y confiabilidad.....	40
3.8. Fases de la Investigación.....	41

#### **IV RESULTADOS**

4.1. Fase I: “Diagnosticar las condiciones actuales del sistema de llenado de botellones de agua en la empresa Manantial Aqua Vital.....	45
4.1.1. Aplicación de la Encuesta.....	45
4.1.2. Resultados de la encuesta .....	46
4.1.3. Análisis del recurso fotográfico.....	48
4.1.4. Revisión del diario de campo .....	50
4.2. Fase II: “Analizar las variables que intervienen en los sistemas de llenado de botellones de agua.....	53
4.2.1. Variables que influyen directamente en el proceso de llenado.....	54
4.2.1.1. Capacidad de los tanques de almacenamiento (Its) .....	54

4.2.1.2. Capacidad, dimensiones y peso de los botellones .....	54
4.2.1.3. Tiempo .....	58
4.2.1.4. Presión .....	58
4.2.1.5. Caudal de operación de los sistemas de llenado .....	59
4.2.1.6. Otras variables influyentes.....	60
4.2.2. Variables que influyen directamente en la calidad del agua potable.....	60
4.3. Fase III: “Diseñar un sistema de control para el llenado de los botellones y el conteo de los mismos de forma automática.....	62
4.3.1. Dimensionamiento y creación del sistema de control de llenado.....	63
4.3.1.1. Criterios de desarrollo del sistema de control de llenado.....	63
4.3.1.2. Selección de los componentes del sistema de control..	63
4.3.1.2.1. Dispositivo programable.....	64
4.3.1.2.2. Sensores de nivel y detectores de proximidad del sistema de llenado.....	65
4.3.1.2.3. Elementos actuadores.....	69
4.3.1.3. Medición de variables físicas .....	72
4.3.1.3.1. Sensores de nivel puntuales.....	73
4.3.1.3.2. Selección de medidores de variables físicas.	74
4.3.1.4. Programación del control de llenado.....	76
4.3.2. Desarrollo de un sistema de conteo automático de botellones.....	78
4.3.3. Creación de una interfaz HMI.....	81
4.3.3.1. Integración con el sistema de llenado .....	82
4.3.3.2. Estructura de la interfaz HMI .....	85
4.4. Fase IV: “Realizar la simulación del sistema de llenado a través del software destinado para este propósito.....	89
4.4.1. Sensores y circuitos electrónicos simulados.....	89
4.4.2. Simulación y configuración de la comunicación serial.....	91

4.4.3. Simulación del sistema de llenado.....	92
4.4.3.1. Funcionamiento de sensores y circuitos .....	93
4.4.3.2. Acción de la interfaz HMI .....	95
4.4.3.3. Simulación del sistema de conteo de botellones .....	100
4.4.3.4. Aspectos destacables del proceso de simulación.....	103
4.5. Fase V: “Desarrollar un estudio de factibilidad económica, técnica y Operativa del sistema de llenado.....	104
4.5.1. Estudio de factibilidad económica.....	104
4.5.1.1. Determinación de la inversión inicial.....	105
4.5.1.2. Determinación de los ingresos brutos .....	106
4.5.1.3. Determinación de los costos operacionales .....	108
4.5.1.4. Depreciación de equipos y valor residual .....	109
4.5.1.5. Construcción de flujos netos y determinación de rentabilidad.....	109
4.5.2. Estudio de factibilidad técnica.....	110
4.5.2.1. Equipos y elementos físicos necesarios .....	110
4.5.2.2. Nociones técnicas necesarias para el desarrollo del sistema.....	111
4.5.3. Estudio de factibilidad operativa.. .....	112
4.5.3.1. Adaptación de los empleados .....	112
4.5.3.2. Influencia en el mercado.....	113
4.5.3.3. Balance de la implementación del proyecto .....	113
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>122</b>

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	pp.
1.	Principales anotaciones del diario de campo .....	50
2.	Alturas de instalación de detectores de nivel máximo.....	68
3.	Determinación de la inversión inicial en CFtang y CFintang.....	105
4.	Determinación de los ingresos brutos semanales. ....	107
5.	Modelos de rentabilidad del proyecto.....	110
6.	Áreas a dominar para el desarrollo del sistema .....	111

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRPCIÓN	pp.
1.	Fachada del local Manantial Aqua Vital.....	2
2.	Zona de lavado y esterilización de botellones de agua .....	2
3.	Zona de llenado de botellones de agua.....	2
4.	Tanque de almacenamiento de líquidos de 2000 lts.....	3
5.	Sistema de filtrado y purificación de agua.....	3
6.	Bomba de agua impulsora.....	3
7.	Tanque de almacenamiento de líquidos de 500 lts.....	4
8.	Bombas y tuberías que conectan los tanques de almacenamiento junto a la válvula manual reguladora de caudal de agua.....	4
9.	Botones para el control de la salida del agua en el sistema de llenado en conjunto al interruptor de lavado. ....	5
10.	Lámparas indicadoras del proceso de llenado.....	5
11.	Tamaños estándares de botellones de agua potable .....	19
12.	Sistema de control en lazo abierto.....	20
13.	Sistema de control en lazo cerrado .....	20
14.	Técnicas de medición de nivel .....	24
15.	Diagrama de bloques de un proceso con un controlador PID.....	27
16.	Diagrama de bloques general de un microcontrolador .....	27
17.	Botellones de 20 lts siendo llenados en el sistema.....	53
18.	Dimensiones del botellón de 5 litros (ancho, alto, tamaño boquilla) .....	56
19.	Dimensiones del botellón de 15 litros (ancho, alto, tamaño boquilla).....	57
20.	Dimensiones del botellón de 15 litros (alto). ....	57
21.	Diagrama de bloques de los elementos del sistema a diseñar .....	61
22.	Placa Arduino MEGA 2560 R3 .....	62
23.	Alturas estándar de botellones con aza .....	64
24.	Detector de proximidad capacitivo.....	66
25.	Instalación de sensores capacitivos para la medición de nivel puntual .....	66
26.	Cableado de los sensores capacitivos.....	68

27.	Control de motor trifásico a través de Arduino y PC.....	70
28.	Especificaciones de la bomba disponible en la planta .....	71
29.	Electroválvula proporcional para trabajar con Arduino.....	72
30.	Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	73
31.	Patillas del sensor LM35.....	74
32.	Sensor DFROBOT de pH para la conexión con Arduino .....	75
33.	Filtro LC colocado en la salida del sensor .....	76
34.	Sensor DHT22 para la medición de Temperatura y Humedad .....	76
35.	Parte del código de programación de la placa Arduino (Asignación de variables .....	77
36.	Parte del código de programación de la placa Arduino (Lectura de detectores y determinación de acciones asociadas).....	78
37.	Parte del código del conteo de botellones (Zona de llenado 1).....	79
38.	Parte del código del conteo de botellones (Zona de llenado 2).....	80
39.	Logo de Node Red. ....	82
40.	Nodos de comunicación serial .....	82
41.	Configuración interna del nodo “serial in” .....	83
42.	Configuraciones del puerto serial seleccionado.....	83
43.	Formato de datos enviados por comunicación serial a través del Arduino. ....	84
44.	Puerto serial de entrada conectado a las funciones que extraen su contenido .....	83
45.	Almacenamiento de las variables del mensaje en un arreglo, y carga en “msg.payload”.....	85
46.	Node “serial out” para envío de datos desde Node Red al Arduino .....	85
47.	Interfaz HMI desarrollada en Node Red. ....	87
48.	Diagrama completo del sistema de llenado en Proteus .....	90
49.	Logo de Virtual Serial Port Driver.....	91
50.	Asignación del puerto COM5 en PROTEUS .....	92
51.	Asignación del puerto COM6 en Node Red .....	92
52.	Pulsadores que emulan el comportamiento de los sensores de nivel puntual .....	93

53.	Pulsadores que emulan el comportamiento de los detectores de la zona de llenado. (Izquierda: zona de llenado 1, Derecha: zona de llenado 2). .....	94
54.	Sensores analógicos del sistema.....	95
55.	Botellón de 20 lts (Zona de llenado 1) y botellón de 5 lts (Zona de llenado 2) .....	96
56.	Interfaz HMI con los botellones detectados .....	96
57.	Detectores de 20 lts (Zona 1) y 5 lts (Zona 2) .....	97
58.	Interfaz HMI con la notificación de llenado en el sistema.....	97
59.	Estado de los detectores de nivel puntual (Pulsadores). .....	98
60.	Estado de los detectores de nivel puntual en la interfaz HMI.....	98
61.	Mediciones de los sensores en Proteus .....	99
62.	Mediciones en la interfaz gráfica (HMI).....	99
63.	Botellones seleccionados en la prueba nro. 1 .....	100
64.	Botellones contados .....	100
65.	Botellones seleccionados en la prueba nro. 2.....	101
66.	Botellones contados al final de la prueba nro. 2 .....	102
67.	Reinicio de la cuenta de botellones desde la interfaz HMI.....	103

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	DESCRPCIÓN	pp.
1.	Histograma y polígono de frecuencias, promedio de botellones vendidos a cada dos horas por día de la semana .....	8
2.	Histograma y polígono de frecuencias, promedio de botellones vendidos por intervalos de dos horas. ....	8

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>	<b>pp.</b>
1.	Botellones vendidos por intervalos de dos horas en 5 días de la semana .....	6
2.	Detalles técnicos de botellas y botellones para agua en PET.....	55
3.	Estado de los detectores de proximidad para la detección de botellones .....	67
4.	Caudales apropiados para el llenado de cada tipo de botellón.....	71
5.	Ingresos brutos anuales.....	107
6.	Costos operacionales anuales.....	108
7.	Flujos netos del proyecto.....	109



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

**PROPUESTA DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DEL LLENADO DE  
BOTELLONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA MANANTIAL  
AQUA VITAL**

**Autor:** Alido Chang  
**Tutor:** Gilberto Vírguez  
**Fecha:** Mayo 2022

**RESUMEN INFORMATIVO**

El presente trabajo de investigación será desarrollado con la finalidad de proponer un sistema para el control del llenado de botellones de agua en la planta purificadora Manantial Aqua Vital, que funcione de manera automática. Con esto, se enfoca la construcción del proyecto para aumentar la eficiencia del proceso físico, y a su vez, incrementar el confort de los trabajadores involucrados dentro del mismo. Dentro de la investigación, se enfatizará de manera considerable en el estudio de factibilidad a partir del desarrollo del prototipo, por lo que se hace la mención especial como una investigación de tipo proyecto factible, en virtud de las características dispuestas por el contexto de trabajo. A partir de los criterios de calidad básicos existentes en esta rama de la ingeniería, la factibilidad será constatada a través de la simulación, análisis de rentabilidad y observación de los factores sociales presentes a partir de la creación de la propuesta. La Población a la que se integrará el proyecto constituye a los sistemas de control de llenado automático de depósitos de líquidos, mientras que la Muestra, engloba al grupo de sistemas de control enfocados al llenado de botellones de agua. Las técnicas de recolección de datos a utilizar serán la revisión documental, observación directa simple y encuesta, haciendo presencia mediante los instrumentos Cuestionario, Diario de Campo y Recurso Fotográfico.

**Descriptor:** Sistemas de Control, Automatización Industrial, Instrumentación Industrial.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de trabajo de grado propone el desarrollo de un sistema de control automático de llenado de botellones para la empresa Manantial Aqua Vital, correspondiente a una planta purificadora y comercio que ofrece el servicio de recargas de botellones. Esto con el objetivo de aumentar la eficiencia, efectividad y eficacia del proceso mediante técnicas de automatización industrial, aplicando a su vez elementos complementarios como es el uso de la instrumentación, teoría de control, programación y las bases científicas que fundamentan teóricamente el desarrollo de la investigación.

La estructura empleada a lo largo de la elaboración del proyecto, corresponde a cuatro capítulos. Primeramente, se tiene el Capítulo I, encargado principalmente de describir la problemática a tratar. Y, además, se encarga de la justificación del proyecto, definiendo en primer lugar de esta manera, los objetivos, alcances y limitaciones del presente proyecto de investigación.

De forma siguiente, se tiene el Capítulo II, en el cual se inicia con la mención de los antecedentes que dan sustento teórico a la investigación, los cuales, a su vez sirvieron como base para el desarrollo del trabajo. Luego, se describen las bases teóricas y bases legales de la investigación. Finalizando, se tienen los términos básicos, los cuales están presentes en el marco teórico y no están implícitamente definidos.

Seguidamente, el Capítulo III, correspondiente al marco metodológico, está encargado de definir las características de la investigación desde el punto de vista de la metodología aplicada para su construcción. Además, se describen las teorías principales de donde se apoya el desarrollo del proyecto. Y de igual manera, se exponen las fases individuales que segmentan al proyecto

Por último, el Capítulo IV, se encarga de aglomerar los resultados del proyecto de investigación, es decir, todos aquellos aspectos relacionados al desarrollo, diagnóstico, diseño y evaluación de la propuesta acometida, además de las conclusiones y recomendaciones generadas. En virtud de esto, los elementos que son tratados en este capítulo repercuten directamente al núcleo principal de la presente investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

Actualmente el mundo se encuentra en una etapa en la que existe una gran competitividad empresarial, de manera que las empresas buscan la mayor eficiencia y efectividad en sus procesos, aspirando a tener las mayores ganancias y la mayor competitividad en el mercado. En relación con lo anterior, los avances tecnológicos a lo largo de la historia han supuesto numerosas veces una revolución en diversos campos, estos mismos muchas veces han marcado tendencias en el mercado, y a su vez, direccionado hacia donde las empresas deben de dirigir su capital y esfuerzo con el fin de obtener la mayor eficiencia en sus procesos.

A partir de lo anterior, se observa que los sistemas de control y la automatización, han tenido cada vez más presencia en la industria, alineado a los avances tecnológicos se han confeccionado sistemas cada vez más novedosos, trayendo consigo numerosas ventajas a las empresas que incorporan dichos sistemas a sus líneas de producción y procesos, obteniendo así una ventaja competitiva en el mercado.

Teniendo lo anterior en consideración, se observa que existen empresas que poseen sistemas inadecuados, muchas veces anticuados y poco confiables en sus procesos, de manera que estos se conforman y no se proponen una mejora. Teniendo en cuenta el entorno agresivo y competitivo en la que se manejan dichas empresas, estas no deben desaprovechar la oportunidad de emplear sistemas más novedosos y acordes en cada caso, los cuales tengan la capacidad de ofrecer mayor flexibilidad, confiabilidad, precisión y sencillez en los procesos, ventajas que repercuten directamente en la maximización de la productividad, y por ende sus ganancias.

La empresa Manantial Aqua Vital, corresponde a una planta purificadora de agua y comercio donde se ofrece el servicio de recargas de botellones (Ver Figura 1). En esta

empresa, cuentan con la colaboración de tres empleados, encargados de diversas tareas, como el lavado y llenado de botellones (Ver Figura 2 y 3), además del conteo y control del inventario, traslado del botellón hacia el vehículo del cliente, cajero, atención al cliente, entre otros. El proceso de llenado de los botellones no es automático, y además no existe ningún sistema de control y conteo de inventario, de manera que la intervención de los empleados es parte exclusiva del sistema actual.



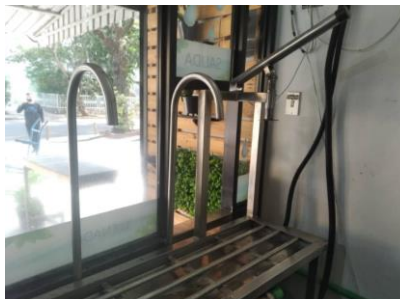
**Figura 1:** Fachada del local de Manantial Aqua Vital.

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 2:** Zona de lavado y esterilización de botellones de agua.

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 3:** Zona de llenado de botellones de agua.

**Fuente:** Alido Chang (2022)

El sistema actual está compuesto por distintas zonas sobre las cuales el producto (Agua) debe de pasar antes de su llegada a los botellones. Existen un total de 5 tanques de 2000 litros cada uno (Ver figura 4), como se puede observar todos hechos de polietileno, en dónde se almacena el agua recibida por el camión cisterna. Posteriormente, una bomba impulsora (Ver Figura 5) lleva el agua almacenada al sistema de filtrado y purificación (Ver Figura 6), en donde se ubican 4 tanques de 500 litros cada uno (Ver figura 7), para almacenaje del agua filtrada.



**Figura 4:** Tanque de almacenamiento de líquidos de 2000 lts.

Fuente: Alido Chang (2022)



**Figura 5:** Sistema de filtrado y purificación de agua.

Fuente: Alido Chang (2022)



**Figura 6:** Bomba de agua impulsora.

Fuente: Alido Chang (2022)



**Figura 7:** Tanque de almacenamiento de líquidos de 500 lts.

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Una vez obtenida y almacenada el agua filtrada y purificada, otro juego de bombas impulsa el agua a través de las tuberías al sistema de llenado, conectando de manera específica con las válvulas manuales reguladoras de caudal (Ver Figura 8). En el sistema de llenado, el operario debe de mantener apretados unos botones para conseguir la salida del producto (Ver Figura 9), permitiendo regular entonces la velocidad y la salida del agua. Entre otros aspectos a tener en cuenta, se tiene al mencionado sistema de lavado, donde el operario simplemente coloca el botellón encima de unas boquillas, de donde salen chorros de agua caliente a alta presión, controlando la salida de este mediante un interruptor, que se puede observar al lado de los botones (Ver Figura 8). Además, se tienen las lámparas indicadoras del proceso (Ver Figura 10), que muestran el encendido de las bombas impulsoras, la resistencia calentadora de agua y otros elementos relacionados al desarrollo práctico del sistema.



**Figura 8:** Bombas y tuberías que conectan los tanques de almacenamiento junto a la válvula manual reguladora de caudal de agua.

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 9:** Botones para el control de la salida del agua en el sistema de llenado en conjunto al interruptor de lavado.

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 10:** Lámparas indicadoras del proceso de llenado.

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Debido a la situación anterior, inevitablemente el sistema es susceptible al error humano, lo cual repercute en el negocio de manera negativa, y por ejemplo trae como consecuencias el desperdicio de agua, la inexactitud en el control del inventario, hurtos, saturación del personal en los horarios de mayor flujo de clientela, desgaste de los controles del sistema, etc. Además de igual manera, es importante mencionar que el operador encargado del llenado, queda totalmente relegado a una única tarea, mientras que el empleado del inventariado debe de ocuparse de diversas y múltiples tareas. Lo anterior da a entender que el mecanismo actual es poco eficiente, muy mejorable en distintos aspectos, y anticuado respecto de las tecnologías utilizadas mundialmente.

Asimismo, no se espera una proyección de crecimiento de la purificadora en los siguientes años, principalmente por la baja optimización de los procesos y la dificultad de tareas ejercidas por los empleados. Igualmente, el factor tiempo es otro elemento que perjudica el funcionamiento actual del sistema, debido principalmente al control manual de la salida y velocidad de salida del agua, en donde se debe de tener un flujo muy lento del líquido, o en su defecto una salida de agua no continua, esto para evitar el desbordamiento de los botellones. El operador debe de calcular mediante tanteo la

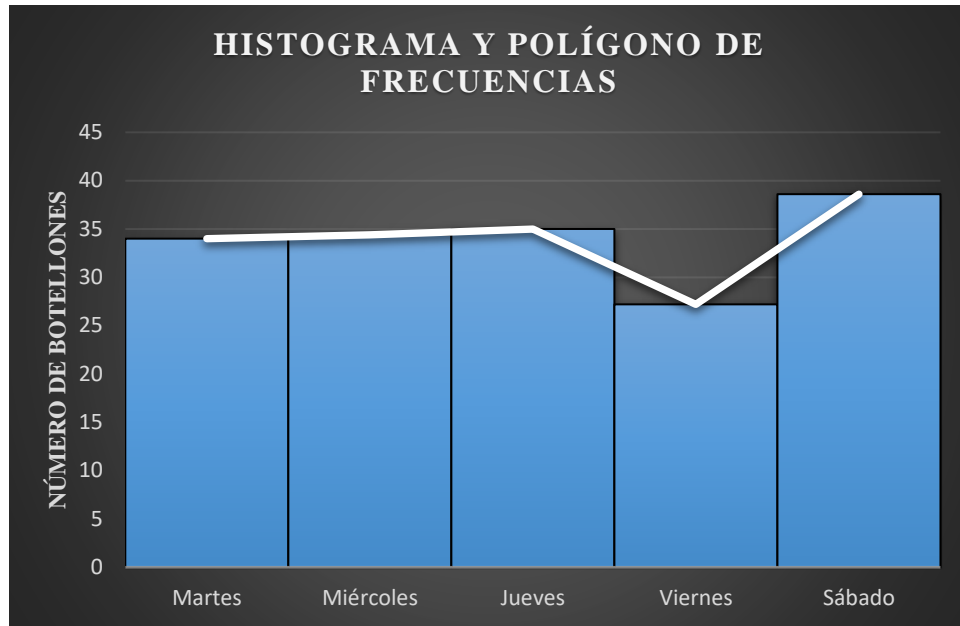
apertura, siendo en muchos casos un hecho de simple noción que irremediamente origina un llenado distinto de cada botellón. Son múltiples las causas que generan las condiciones del proceso actual, por lo cual, existe más de una razón para encontrar una manera de resolver esta situación, preocupante de cara al futuro de la empresa.

Por otro lado, con el objetivo de conocer cuáles son los indicadores iniciales del sistema a tratar, se procedió a cuantificar la cantidad de botellones vendidos del sistema actual, mediante un estudio de cuantificación de la cantidad de botellones vendidos en intervalos de 2 horas, durante 5 días de la semana, datos que fueron proporcionados por la empresa Manantial Aqua Vital. Esto permite evidenciar la producción dentro de distintos limitantes existentes, a través de los respectivos indicadores del sistema a estudiar, la calidad del proceso actual y la influencia de los factores internos.

**Tabla 1.** Botellones vendidos por intervalos de dos horas en 5 días de la semana.

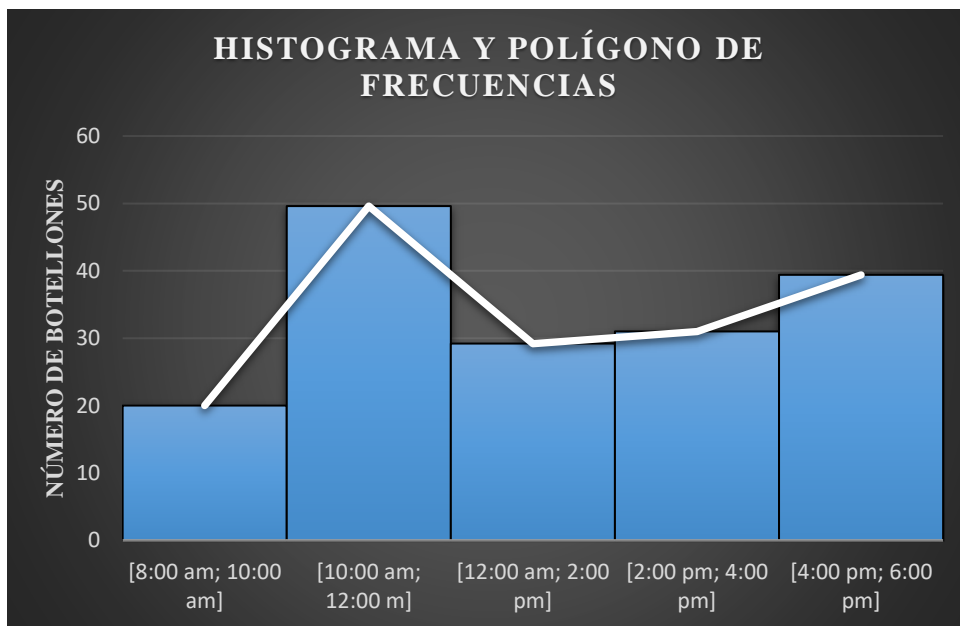
Día	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	<i>Promedio /Intervalo</i>
[08:00 a.m.; 10:00 a.m.]	18	22	23	12	25	20
[10:00 a.m.; 12:00 m.]	50	49	53	38	58	49,6
[12:00 m.; 02:00 p.m.]	28	31	26	24	37	29,2
[02:00 p.m.; 04:00 p.m.]	32	30	34	27	32	31
[04:00 p.m.; 06:00 p.m.]	42	40	39	35	41	39,4
$\sum$ <i>Total vendido</i>	170	172	175	136	193	
<i>Promedio diario /2 horas</i>	34	34,4	35	27,2	38,6	

**Fuente:** Alido Chang (2022).



**Gráfico 1.** Histograma y polígono de frecuencias, promedio de botellones vendidos a cada dos horas por día de la semana.

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Gráfico 2.** Histograma y polígono de frecuencias, promedio de botellones vendidos por intervalos de dos horas.

**Fuente:** Alido Chang (2022)

A partir de lo observado en las gráficas 1 y 2, pueden extraerse algunos datos interesantes en referencia a la producción y posterior distribución de la venta de botellones durante la operación en una semana laboral de 5 días. Inicialmente, con respecto al promedio de ventas diarios, que es expuesto en la gráfica 1, se extrae que el mayor promedio de ventas ocurre los días jueves y sábados, mientras que durante los otros tres días la tendencia varía considerablemente, con una producción considerablemente pobre durante los días Viernes. La gráfica 2, expone una situación muy parecida, en referencia a los promedios semanales por intervalo de tiempo (Cada dos horas de la jornada laboral). En este caso, el mayor promedio se presenta desde las 10:00 a.m. a las 12:00 m., mientras que el menor lo hace desde las 8:00 a.m. hasta las 10:00 a.m.

De esta forma, los factores externos influyen directamente, como las ocupaciones de los clientes o la presencia durante horas picos. Un empleado puede verse afectado por una jornada laboral durante un día sábado, con los picos de producción, incrementándose en las medianías del horario matutino. Los días Viernes, en donde la producción es la más baja calculada, se enfatiza en el hecho de que los trabajadores se vean afectados por factores psicosociales, que perjudiquen su trabajo y disminuyan de forma remarcada la producción, por un aprovechamiento de su tiempo de trabajo. Con esto, delegar todas las acciones de una manera manual, trae como consecuencia la dependencia del esquema de negocio en base a las capacidades de sus empleados, siendo en un caso completo, algo que irremediablemente traerá consecuencias a futuro.

## **1.2. Formulación del Problema**

El planteamiento desarrollado indica la siguiente pregunta: ¿De qué forma se puede aumentar la eficiencia del sistema de llenado de botellones de agua en la planta purificadora Manantial Aqua Vital?

## **1.3. Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Proponer un sistema para el control de llenado de botellones de agua en la planta purificadora Manantial Aqua Vital.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar las condiciones actuales del sistema de llenado de botellones de agua en la empresa Manantial Aqua Vital.
- Analizar las variables que intervienen en los sistemas de llenado botellones de agua.
- Diseñar un sistema de control para el llenado de los botellones y el conteo de los mismos de forma automática.
- Realizar la simulación del sistema diseñado a través del software apropiado para este propósito.
- Desarrollar un estudio de factibilidad económica, técnica y operativa del sistema de llenado.

### **1.4. Justificación de la investigación**

Las empresas actuales apuestan fuertemente por la automatización y control de procesos, no sólo dentro de los ámbitos industriales, sino que ha empezado a crearse una corriente bastante común en términos que integran las tecnologías más novedosas. A pesar de lo anterior, en Venezuela este campo sigue aún con un pobre desarrollo a pequeña escala, así que es clara la intención de avanzar por parte de quienes realmente conocen los beneficios de poner al orden del día las técnicas de Ingeniería que marcan la pauta internacionalmente.

Las condiciones actuales del sistema de llenado de la purificadora Manantial Aqua Vital se consideran como ya se ha dicho anticuadas, con una influencia del error humano sumamente grande, y siendo a su vez un proceso complicado para los empleados encargados de esta tarea. Es necesario optimizar este proceso, con el propósito de gestionar de mejor manera los recursos disponibles y agilizar las características del proceso manejado. De seguir así, en el futuro puede empeorar la situación, influyendo incluso de peor manera en el caso de que no se realice una corrección lo antes posible del sistema utilizado en el presente.

Esta purificadora no posee en ningún caso la intención de quedarse atrás en este aspecto, por lo cual, consideran este el momento adecuado para realizar una inversión

que a largo plazo repercute de manera positiva en su operación, dentro de distintos aspectos. No sólo la optimización del proceso de llenado es una gran valía para considerar que una inversión de este tipo pueda recuperarse en un futuro, sino que aunado a esto, el desarrollo de un sistema de llenado automático puede ser parte de una estrategia comercial que permita sobresalir ante la competencia, debido a que la innovación y evolución tecnológica llama la atención a simple vista en términos bastante prácticos de la sociedad. Por esta razón, se considera muy importante dar este paso, siendo necesaria la participación de un individuo capacitado para materializar esta idea de manera concreta en el diseño del sistema propiamente, conociendo de cerca las condiciones del proceso manejado.

### **1.5. Alcance de la investigación**

El sistema de control será capaz de detectar la presencia de los botellones para el comienzo del ciclo de llenado, buscando de esta manera una forma de que el empleado encargado pueda desentenderse del proceso a partir de la colocación del botellón. Igualmente, al terminar el proceso de llenado existirá una alarma que indique la finalización del mismo, en caso de que no se esté observando. El controlador elegido para el control de nivel del sistema evitará a toda costa el desbordamiento de agua de los botellones, por lo cual, debe de generar la mejor respuesta posible en términos de los parámetros básicos evaluados comúnmente, siendo imprescindible una correcta estabilidad hasta la llegada de la variable controlada a su punto de funcionamiento.

De igual manera, se planea desarrollar un sistema de conteo de botellones que precise adecuadamente el número de botellones vendidos que salen del proceso llenado automático, siendo de esta manera, una función añadida del propio sistema y la estructura existente en su diseño. En la misma línea, una interfaz gráfica de usuario permitirá observar a tiempo real las condiciones de llenado del sistema.

### **1.6. Limitaciones**

Se pretende que el sistema de control de llenado a diseñar sea presentado solamente a través de simulación, eliminando la posibilidad de una implementación física del mismo. En este sistema la variable de proceso será únicamente el nivel de los botellones

de agua, por lo cual sólo se necesitará conseguir el llenado automático de estos, estableciendo una forma de optimizar el proceso, enfatizando en el correcto funcionamiento de esta tarea dentro del sistema. Asimismo, este sistema no se encargará del traslado de los botellones de agua antes y después del proceso de llenado, debido a la complejidad que integraría la inclusión de esta característica.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

Según Arias, F. (2016): “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones.” Se refieren a todos los trabajos de investigación que anteceden al nuestro, es decir, aquellos trabajos donde se hayan manejado las mismas variables o se hallan propuestos objetivos similares; además sirven de guía al investigador y le permiten hacer comparaciones y tener ideas sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad. A partir de este concepto, se da inicio al primer apartado del marco teórico en donde se enumerarán y expondrán los principales estudios que preceden a la investigación y sirven de sustento y base para el desarrollo de la misma.

Inicialmente es importante destacar la investigación realizada en México por Ramírez, J. (2019), la cual fue desarrollada para ostentar a ingeniero en mantenimiento industrial en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Dicha investigación es titulada “**Automatización en el proceso de llenado de tanques de aceites y lubricantes**”. Dentro de la misma se desarrolla aspectos sumamente interesantes que ofrecen un basamento técnico, teórico y práctico para el desarrollo del presente trabajo de investigación, conllevando así a la construcción de un elemento relacional sobre el cual estén basadas las principales aspiraciones en función de las características más relevantes observado estructuralmente.

A partir de esto, el empleo de medidores de ultrasonido en conjunto con una interfaz grafica elaborada en el software LAB VIEW, provee un sustento a los procesos elementales que buscan ser abarcados con una respectiva adaptación a las condiciones necesarias en el presente proyecto. Así mismo, las herramientas de control industrial desarrolladas en el software que utilizan dispositivos programables adquieren las

funciones principales necesarias para la construcción de sistemas en lazo cerrado en donde la variable puede ser controlada al gusto del operador.

Como siguiente antecedente, se hace mención al trabajo desarrollado en Ecuador por Moposita, J. (2018), con el objetivo de ostentar a la titulación de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Técnica de Ambato. Este fue titulado **“Sistema de control y alerta para el tanque purificador de agua en la planta purificadora Ecoagua”**. En este caso, el trabajo de investigación fue realizado para solventar una falencia en la planta ECOAGUA, misma que carecía de un adecuado sistema de control de llenado en los tanques de agua, lo que provocaba que se ponga en riesgo sus instalaciones y los equipos como bombas por desbordes en los tanques, todo esto provocaba grandes retrasos en la producción y elevados costos de operación.

De esta forma, el proyecto se encargó de implementar un sistema de control automático armado y colocado en un tablero de control montado cerca del sistema de tanques a controlar, ésta tarjeta electrónica fue diseñada a partir de componentes electrónicos de uso local, debidamente programados y adecuados eléctricamente con el propósito de la automatización, la misma que está diseñada para que soporte la mayor cantidad de ruido eléctrico y perturbaciones de voltaje presentes en el entorno industrial, aumentado la fiabilidad del sistema considerablemente. Un punto a destacar, es que, como medida de protección, la tarjeta contó con un sistema de reinicio automático en el caso de falla salvaguardando el proceso. Asimismo, el resultado final contó con un funcionamiento totalmente automático del sistema de llenado con una gestión de programación basada en la experiencia y el manejo de los operarios.

En relación con la presente investigación, el sistema diseñado por este proyecto incluye similitudes bastante grandes con la propuesta que se pretende desarrollar, ya que, al fin y al cabo, se busca el mismo objetivo, que consiste en la construcción de un sistema de llenado automático que facilite la operación diaria de los operarios del proceso. La diferencia más significativa se relaciona con el depósito de almacenamiento del sistema de llenado, que en el trabajo mencionado corresponde a los tanques de agua

de la planta purificadora, siendo que en este proyecto se hará énfasis en control de llenado de botellones.

Continuando con los antecedentes de la presente investigación, se resalta la investigación realizada por Bohórquez K., Fonseca D. y Gutiérrez, S. (2017), desarrollado en Bogotá en La Universidad Católica de Colombia para la obtención de sus respectivas titulaciones como Ingenieros Electrónicos y de Telecomunicaciones. El título del mismo corresponde a: **“Sistema didáctico para el control de nivel con tanques acoplados”**.

En esta investigación se utilizan principios de medición por ultrasonido, con un sensor HC-SR04, ideal para realizar la medición de nivel en el rango propicio para los tanques del proceso. Al mismo tiempo, se controla el flujo de entrada mediante el manejo del voltaje de una bomba de 12 VDC, que es regulada controlando el ciclo de trabajo del PWM ofrecido por una placa Arduino Mega. Asimismo, el lazo cerrado de control busca controlar el proceso de la forma más óptima posible, por lo que el desarrollo de este sistema introduce algoritmos similares a los deseados en esta investigación.

Por otro lado, el empleo de un algoritmo de control PID es realizado a través de la prueba de distintos métodos de sintonización, probando diseños por el Método del Lugar de las Raíces, Dominio de la frecuencia y métodos básicos de sintonía PID. La elección del controlador adecuado, es realizada en base al criterio del factor de amortiguamiento relativo y el tiempo de asentamiento de la respuesta del sistema, que en conjunto, permiten evidenciar el mejor prototipo posible para el diseño final del sistema de control.

En el ámbito nacional, como antecedente destacado se tiene al trabajo especial de grado desarrollado en Maracaibo por Balza, E., Fuenmayor, K. y Piñango F. (2017), para obtener el título de ingeniero(a) en electrónica, mención: automatización y control en la Universidad Privada Sr. Rafael Beloso Chacín. Dicho trabajo especial fue titulado **“Sistema automatizado de montacargas para el almacenamiento en el sector bancario”**. En dicho trabajo se realizó una exhaustiva investigación y análisis

acerca de la situación del almacenamiento de materiales en el sector bancario venezolano, con el objetivo de desarrollar el prototipo de un sistema de montacargas automatizado. De esta manera, se concibió un sistema que optimice y solvete los problemas presentes en dicho proceso de almacenamiento, destacando, el atraso en la planificación de inventario y desorganización de dichos elementos, además de la excesiva intervención humana en un proceso que debe de ser seguro y exacto.

Es digno mencionar, que toda investigación se apoya en teorías y leyes, de mera que la presente investigación y las descritas no son la excepción, en cuanto a la investigación de Balza, E. y compañeros, se tienen claramente la teoría de la automatización, la teoría de sistemas, y la teoría de control. Abarcando y desarrollando en gran medida varios ámbitos y aplicaciones de las mismas, como los sistemas de control. Lo anterior es un punto en común con la presente investigación, de manera como investigación se tiene este aspecto en cuenta a la hora de revisar el estado actual y desarrollo de los campos anteriormente mencionado. Además, en el desarrollo de este trabajo se genera la aplicación práctica de un modelo de control basado en una placa Arduino MEGA 2560, que toma todos los datos referidos al proceso y a partir de allí magnifica las instrucciones establecidas para la concreción general de la información ocurrida en el entorno de trabajo.

Los elementos actuadores, y su forma de control, utilizan mecanismos muy importantes al establecer la estructura del sistema que se diseña en este prototipo. Por esta razón, en consonancia con la presente investigación, el uso de un lazo cerrado de control para manejar las variables, utilizando un dispositivo programable para la gestión de los datos e información referente al proceso es un esquema similar que aporta información significativa en el diseño de la propuesta, adaptando posteriormente estas acciones a las condiciones apropiadas para el proceso físico. La manera en que se realiza esta tarea es fundamental para conseguir un modelo funcional, por lo que este medio involucra una estructura que al ser analizada profundiza considerablemente en el esquema buscado.

Continuando en la misma línea, a nivel nacional se tiene al trabajo especial de grado realizado por los investigadores Baptista, M., Nava, L y Sandra, M. (2017). Este trabajo fue realizado de igual manera para la obtención del título de ingeniero(a) en electrónica, mención: automatización y control en en la Universidad Privada Sr. Rafael Belloso Chacín en la ciudad de Maracaibo, titulado “**Sistema automático para la supervisión y control de tanques para el consumo de agua residencial**”. Esta investigación basa su desarrollo en la creación de un lazo cerrado de control, midiendo la entrada de flujo que entra al sistema de llenado. Para conseguir esto, se utilizan mecanismos de control discreto, enviando señales que modifican el estado de los relés que conforman en global la estructura del sistema.

En relación a la presente investigación, se requiere observar y analizar el comportamiento del sistema de llenado ante las variaciones de la variable controlada, en función del recipiente en donde el líquido se encuentra almacenado. Dentro de este antecedente, es necesario manejar la lógica de las señales como medio de gestión del sistema, y el dispositivo utilizado para esto es una placa Arduino UNO, que ejecuta las acciones de control con base en la información registrada en sus entradas. Al mismo tiempo, el algoritmo utilizado genera sus bases con medios similares a los buscados por este proyecto, por lo que basar adecuadamente una adaptación de este trabajo en relación a la lógica de programación corresponde a un elemento de sustento de gran valía en el proceso de diseño.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Proceso de embotellado de agua**

La FDA describe al agua embotellada como: “agua apta para el consumo humano y sellada en botellas u otros recipientes sin ingredientes añadidos, excepto que puede contener un agente antimicrobiano inocuo y adecuado”. El agua embotellada puede usarse como un ingrediente de bebidas tales como jugos diluidos o aguas de sabores embotelladas. Sin embargo, las bebidas cuya etiqueta indica que contienen agua carbonatada, agua con gas, agua de Seltz, agua tónica, soda o club soda no están

incluidas como agua embotellada, acorde al reglamento de la FDA. En cambio, estas bebidas se consideran refrescos.

Los procesos de embotellado de agua deben utilizar las técnicas existentes para conseguir el objetivo básico de suministrar un servicio de calidad, en referencia a un conjunto de propiedades fundamentales y estándares que se consideran imprescindibles en el tratamiento de agua, en virtud de las características de este tipo de procedimientos, y en relación a las reglas involucradas que deben ser seguidas al pie de la letra. En líneas generales, el embotellado debe de seguir una serie de pasos vitales, en adición a otros que se estudian en paralelo para la consecución del proceso planteado.

#### **2.2.1.1. Origen del agua embotellada**

La FDA clasifica algunos productos de agua embotellada por su origen. Éstas son cuatro de esas clasificaciones:

- **Agua de un manantial artesiano.** Esta agua se recolecta de un manantial que deriva de un acuífero (capas de roca porosa, arena y tierra que contienen agua) que se encuentra bajo la presión de las capas circundantes de roca o arcilla. Al extraerse, la presión en el acuífero, comúnmente llamada presión artesiana, empuja el agua por encima del nivel del acuífero, a veces hasta la superficie. Se pueden utilizar otros medios para facilitar que el agua ascienda a la superficie.
- **Agua mineral.** Esta agua proviene de una fuente subterránea y contiene por lo menos 250 partes por millón de sólidos totales disueltos. Los minerales y oligoelementos deben provenir de la fuente de agua subterránea; no pueden haberse añadido después.
- **Agua de manantial.** Derivada de una formación subterránea desde la cual el fluye de manera natural hacia la superficie, esta agua debe recolectarse exclusivamente en el manantial o a través de un pozo de perforación que derive de la formación subterránea que alimenta el manantial. Si se usa alguna fuerza externa para recolectarla a través de un pozo de perforación, el agua debe tener la misma composición y calidad que la que fluye naturalmente hacia la superficie.

- **Agua de pozo.** Esta es agua de un agujero perforado en el suelo, que deriva de un acuífero.

#### **2.2.1.2. Filtración**

Rentokil (2021), define la filtración de agua como: “un procedimiento que permite someter al agua a un sistema diseñado para eliminar sólidos disueltos y agentes contaminantes”. Esto permite eliminar y reducir diferentes tipos de agentes que pueden alterar las características de este vital líquido, permitiéndonos consumir agua con un delicioso sabor natural. Examinemos con mayor profundidad en qué consiste el proceso de filtración del agua.

Existen diversos métodos que se utilizan para purificar el agua. A grandes rasgos, dos de los más efectivos son los siguientes:

- **Filtrado con filtros de carbón.** Este método se encarga de eliminar efectivamente el mal sabor y olor que pueda tener el agua. Esto pasa porque elimina las toxinas del agua, así como también minerales perjudiciales como el plomo y el mercurio.
- **Filtrado con luz ultravioleta.** El tipo de luz utilizada en este método es conocido por ser un germicida efectivo, a tal grado que también es utilizado en la purificación y filtración del agua.

#### **2.2.1.3. Almacenamiento de agua**

A partir de lo indicado por la FDA, “El agua embotellada debe ser tratada como un alimento. Debe manipularse en forma segura exactamente como los otros alimentos de consumo”. Al mismo tiempo, hay que proteger las botellas de agua de que entre en ellas suciedad y otras agentes como gérmenes o bacterias. Otros empaques de alimentos, en el caso de que la suciedad o los gérmenes entran en las botellas, pueden terminar en sus manos o en su refrigeradora, de modo que mantenga limpia las botellas.

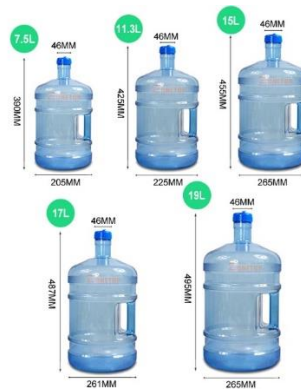
El empaque utilizado para el agua embotellada ha sido diseñado para mantener una alta calidad del agua por un largo periodo de tiempo cuando se produce según las normas establecidas por la administración de medicamentos y alimentos de los Estados

Unidos. Cuando se almacena y se manipula en forma adecuada, el agua embotellada puede almacenarse casi indefinidamente.

También se debe tomar en cuenta que los fabricantes de agua embotellada pueden elegir poner fecha de vencimiento en sus botellas de agua, pero este no es un requisito de la Administración de Medicamentos y Alimentos. A menudo, las fechas proporcionadas reflejan la garantía de la compañía sobre el sabor del agua, pero no sobre su seguridad.

### 2.2.2. Tamaños estándares de los botellones de agua

Como se observa en la figura 11, los tamaños de botellones para el almacenamiento de agua potable pueden fluctuar en promedio entre los 7.5 a los 19 litros de capacidad. Dependiendo de la forma del botellón, estas medidas pueden sufrir ligeras modificaciones, agregando o eliminando el aza de agarre lateral para añadir más o menos capacidad a la estructura del cuerpo del botellón, en virtud de un mayor confort y facilidad de transporte del mismo.



**Figura 11:** Tamaños estándares de botellones de agua potable

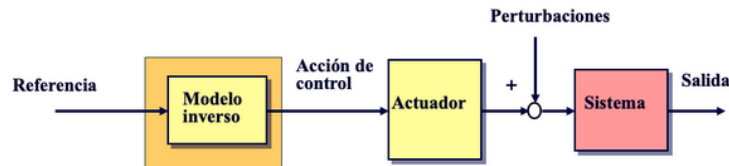
Fuente: Alibaba (2022)

### 2.2.3. Sistemas de control automático

Según establece Brunete, A., San Segundo, P. y Rebeca, H. (2020): “Un sistema de control es aquel en el que las variables de salida se comportan según las órdenes dadas por las variables de entrada.”.

#### 2.2.3.1. Sistemas de control en lazo abierto

Según Alberto Brunete y otros (2020), un sistema en lazo abierto: “Se caracteriza porque el sistema de control no recibe información acerca del valor que tiene la variable del producto o proceso que quiere controlar”. (Ver Figura 12)

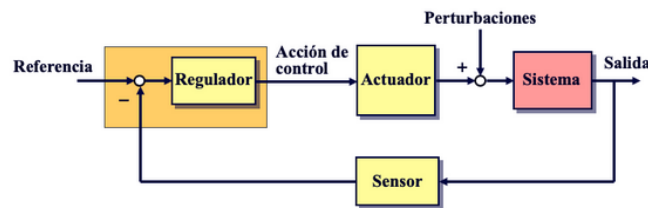


**Figura 12:** Sistema de control en lazo abierto

Fuente: Alberto Brunete y otros autores (2020)

### 2.2.3.2. Sistemas de control en lazo cerrado

Según Alberto Brunete y otros (2020), los sistemas en lazo cerrado: “Se caracterizan por recibir información en sus entradas sobre el valor de la variable que controlan. Se dice por ello que son sistemas que están realimentados (Feedback control systems)”. (Ver Figura 13)



**Figura 13:** Sistema de control en lazo cerrado

Fuente: Alberto Brunete y otros autores (2020)

### 2.2.3.3 Comparativa de sistemas de control en lazo abierto y cerrado

A partir de lo expuesto por Ogata, K. (2010):

“Una ventaja del sistema de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. Es así posible usar componentes relativamente poco precisos y baratos para obtener el control adecuado de una planta determinada, mientras que hacer eso es imposible en el caso de un sistema en lazo abierto” (p.8).

Desde el punto de vista de estabilidad, el sistema de control en lazo abierto es más fácil de desarrollar, porque la estabilidad del sistema no es un problema importante. Por otra parte, la estabilidad es un gran problema en el sistema de control en lazo cerrado, que puede conducir a corregir en exceso errores que producen oscilaciones de amplitud constante o cambiante. (Ogata, K.; 2010; p.8)

Las ventajas fundamentales de los sistemas de control en lazo abierto son las siguientes (Ogata, K.; 2010; p.8):

- Construcción simple y facilidad de mantenimiento.
- Menos costosos que el correspondiente sistema en lazo cerrado.
- No hay problemas de estabilidad.
- Convenientes cuando la salida es difícil de medir o cuando medir la salida de manera precisa no es económicamente viable. (Por ejemplo, en el caso de la lavadora, sería bastante costoso proporcionar un dispositivo para medir la calidad de la salida de la lavadora, es decir, la limpieza de la ropa lavada)

Las desventajas fundamentales de los sistemas de control en lazo abierto son las siguientes (Ogata, K.; 2010; p.8):

- Las perturbaciones y los cambios en la calibración originan errores, y la salida puede ser diferente de lo que se desea.
- Para mantener la calidad requerida en la salida, es necesaria la recalibración de vez en cuando.

#### **2.2.4. Sistemas de control de nivel**

Netto, J (1997), indica que: “Los controles de nivel son dispositivos o estructuras hidráulicas cuya finalidad es la de garantizar el nivel del agua en un rango de variación preestablecido”. Para el cumplimiento de este objetivo, el desarrollo de los sistemas de control y la aparición de dispositivos inteligentes ha facilitado la creación de mecanismos de control de nivel basados en sistemas de control en lazo cerrado, que miden la variable controlada y se encargan de hacer que permanezca en un punto de funcionamiento estable con una variación necesaria de los parámetros que intervienen en el proceso directamente.

El avance de la Automatización Industrial ha adherido nuevos conceptos a esta clase de sistemas, en donde, de manera previa, existía la presencia del hombre de manera imprescindible para la finalización de este tipo de procesos. Por esta razón, se visualiza como un aspecto clave la comparación entre los sistemas de llenado manual y automático.

#### **2.2.4.1. Control de nivel manual**

En función de lo indicado por Altamiranda, G. (2016): “Un sistema de control manual es cuando interviene el hombre sobre el elemento de control, la acción del hombre la que actúa siempre sobre el sistema”. Por ejemplo, se incluyen los siguientes casos:

- El frenado de un auto.
- El encendido y apagado de las luces de una habitación.
- El control del agua de una canilla.

#### **2.2.4.2. Control de nivel automático**

Por su parte, un sistema de control automático es cuando un elemento llamado controlador reemplaza al operario humano. La función del controlador será a partir de datos, es decidir qué acción de control será necesaria y realizar la regulación para mantener el sistema en determinados valores. (Altamiranda G., 2016)

#### **2.2.5. Actuadores**

Según Alberto Brunete y otros (2020):

Los actuadores (también llamados accionadores) constituyen la interfaz entre las señales de control del dispositivo de control (por ejemplo, del autómeta) y el mismo proceso industrial. Podemos distinguir tres tipos de actuadores según la fuente de energía con la que trabajan: eléctricos, neumáticos (aire) e hidráulicos (aceite).

De la misma forma, Altamiranda G. (2016), indica que los actuadores más comunes son:

- Cilindros neumáticos o hidráulicos: realizan movimientos lineales.

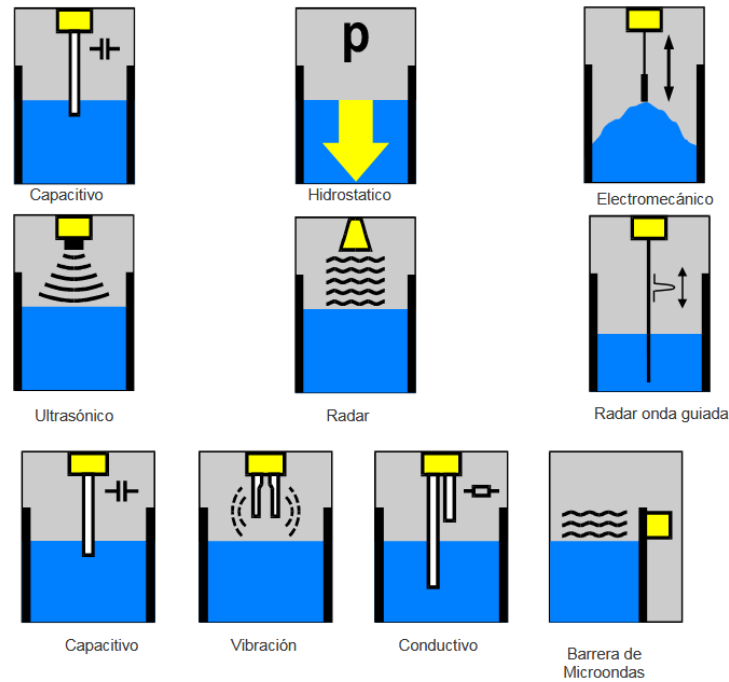
- Motores (actuadores de giro) neumáticos o hidráulicos: realizan movimientos de giro por medio de energía hidráulica o neumática.
- Válvulas: las hay de mando directo, motorizadas, electro neumático. Regulan el caudal de gases y líquidos.
- Resistencias calefactoras: se emplean para calentar.
- Motores eléctricos: los más usados son de inducción, de continua, sin escobilla y paso a paso.
- Bombas compresoras y ventiladores: movidos generalmente por motores eléctricos de inducción.

#### **2.2.6. Medición de Nivel**

En el ámbito industrial, se encuentran diversas variables en cuanto al control de almacenamiento de materias primas, tanto líquidas como sólidas, una de las variables más empleadas en la industria es el Nivel. Basados en la experiencia técnica, Creus, A. (2010) detalla que para seleccionar el tipo de medidor:

Se prefiere el tipo de medidores estáticos y aquellos que no requieren de un contacto con el fluido y se ubican en lugares exteriores al recipiente, también aquellos medidores que poseen una mínima modificación en cuanto a la estructura del recipiente y a sus soportes, en la mayoría de los casos, cuando estos ya estén contruidos (Creus, A; 2010; p.195).

Es bien conocido que anteriormente, cuando había ausencia de la tecnología de los semiconductores, generalmente, estos métodos se fundamentaban en los principios mecánicos y/o neumáticos. Sin embargo, actualmente se dispone de gran variedad de técnicas de medición, aunque no resulta fácil su elección, teniendo cuando las que se adapten mejor a sus requerimientos entre las cuales se destacan la Medición Directa, Presión hidrostática, métodos electromecánicos, medición de carga, detección de nivel por método de horquillas vibrantes detección por nivel de capacidad, ultrasonidos o microondas, niveles por conductividad y detección y medición radiométrica de niveles, entre otros. (Ver Figura 14)



**Figura 14:** Técnicas de medición de nivel

Fuente: Ancap (2010)

### 2.2.6.1. Detectores de nivel puntual

Son descritos, según indica la empresa Emerson (2019): “Los dispositivos puntuales de nivel proporcionan una tecnología simple, de bajo mantenimiento para indicar la presencia de líquidos o sólidos”. A menudo se instalan como una alarma de nivel alto para prevenir el sobrellenado, y como una alarma de nivel bajo para la detección de vacío de tanques, recipientes o tuberías y se pueden utilizar además de otros dispositivos de medición.

Los dispositivos avanzados de RF son los más versátiles de los conmutadores de nivel puntual. Proporcionan una excelente protección contra derrames/sobrellenado. Son simples de instalar y no tienen piezas móviles, haciendo que virtualmente no requieran mantenimiento. Su diseño robusto y circuito que ignora los recubrimientos hacen que sean una solución ideal para muchas aplicaciones de aguas residuales.

Tanto los diapasones de sintonización como los conmutadores ultrasónicos de entrehierro proporcionan una medición confiable de nivel alto o bajo en una gran

variedad de líquidos. Para líquidos conductores sin recubrimiento, los conmutadores de conductividad proporcionan una medición a un precio económico. Pueden utilizarse conmutadores de flotación en muchas aplicaciones básicas, a precios muy efectivos con respecto al costo.

#### **2.2.6.2. Detectores de nivel continuo**

Los detectores de nivel continuo: “indican el nivel en un recipiente a lo largo del alcance total de la medición. Estos dispositivos típicamente se utilizan para el control de procesos, así como para el control y administración del inventario”. Entre las tecnologías utilizadas para la medición de nivel continuo, se tienen:

- La admitancia de RF emplea una señal de frecuencia de radio. Un cambio en la admitancia de RF indica la presencia o ausencia de material, o la cantidad de material que está en contacto con el sensor. Es altamente versátil y es una buena opción para una gran variedad de condiciones y materiales para medición de nivel puntual o continuo.
- La tecnología de radar utiliza la transmisión a través del aire de una onda continua de frecuencia modulada (FMCW). Permite una lectura exacta sin contacto de las señales electromagnéticas reflejadas.
- La tecnología magnetostrictiva utiliza un impulso eléctrico desde un alambre ferromagnético para detectar con exactitud la posición de un flotador con imanes incorporados. A medida que el impulso atraviesa el campo magnético proveniente del flotador, se refleja un segundo impulso hacia un circuito eléctrico que lee el nivel con exactitud.
- Un conmutador de conductividad mide la caída en la resistencia que ocurre cuando un líquido conductor entra en contacto con dos sondas o con una sonda y la pared de un recipiente.
- La medición ultrasónica (nivel continuo) utiliza un transmisor para generar un impulso ultrasónico. El instrumento mide el tiempo que demora una señal reflejada para regresar al transductor de modo de determinar el nivel de un líquido.

- La reflectometría de dominio de tiempo (TDR) utiliza una onda electrónica altamente enfocada guiada por una varilla metálica o cable flexible hasta la superficie de un líquido y la refleja de vuelta a lo largo de la varilla o cable para determinar el nivel.
- En la tecnología por presión hidrostática se sumerge un transmisor de 2 hilos que cuenta con un diafragma detector y un circuito electrónico sellado, el cual transmite una señal analógica proporcional al nivel de líquido por arriba del sensor.

### **2.2.7. Controladores automáticos**

Según Montevideo, D. (2017). “En un sistema de control con retroalimentación, a menudo está asociado con los elementos de la trayectoria directa entre la señal actuante (error) y la variable de control”. Sus principales características son las siguientes:

- Elemento físico insertado con el propósito de controlar.
- Debe de llevar las condiciones de operación del sistema al valor deseado.
- Debe de mantener las condiciones deseadas en presencia de las perturbaciones externas.

#### **2.2.7.1. Control PI**

En el artículo en línea proporcionado por la UDB, respecto al control PI se destacará que “El valor de salida del controlador proporcional varía en razón proporcional al tiempo en que ha permanecido el error y la magnitud del mismo”, su función de transferencia es:

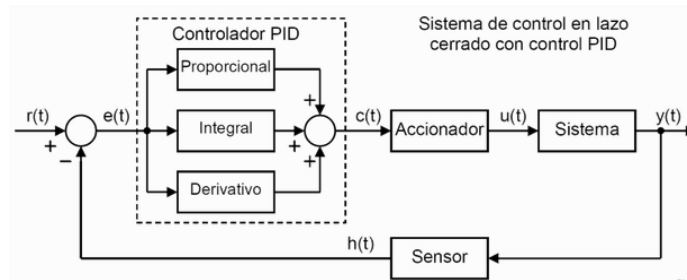
$$\frac{U(s)}{E(s)} = \left( Kp + \frac{Ki}{s} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

#### **2.2.7.2. Control PID**

Camarillo, A. menciona en su artículo en línea al respecto a un controlador PID que:

“Es un dispositivo que permite controlar un sistema en lazo cerrado para que alcance el estado de salida deseado. El controlador PID está compuesto de tres elementos que proporcionan una acción Proporcional, Integral y

Derivativa. Estas tres acciones son las que dan nombre al controlador PID”.  
(Ver Figura 15)



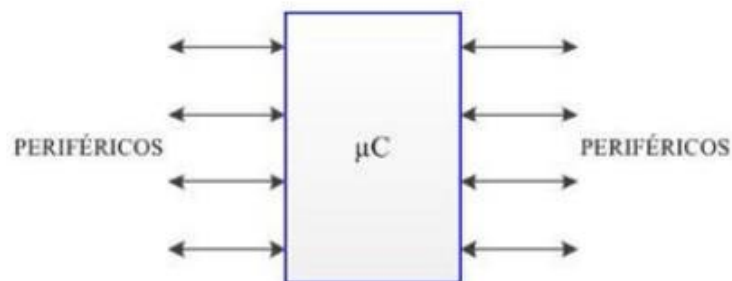
**Figura 15:** Diagrama de bloques de un proceso con un controlador PID

Fuente: Picuino (2022)

### 2.2.8. Microcontroladores

Brey B.B. (2006), indica que un microcontrolador: “es un circuito digital secuencial y programable, pero con capacidad de procesamiento limitada”. Este contiene un solo chip, memoria, buses de comunicación y recursos periféricos para conectarle dispositivos de entrada y salida, que pueden ser analógicas y digitales. Se presenta generalmente en empaques robustos y de bajo costo para facilitar su uso en el desarrollo de actividades comerciales e industriales diversas.

Las aplicaciones de los microcontroladores se orientan más a una sola tarea, como, por ejemplo: el control de máquinas en áreas industriales, controladores para juguetes, electrodomésticos, automóviles, control de ascensores, calefacción, alarmas de incendio y robo, entre otras. Un microcontrolador posee los elementos de un sistema basado en microprocesadores, pero todo integrado en un solo chip. (Ver Figura 16)



**Figura 16:** Diagrama de bloques general de un microcontrolador

Fuente: Picuino (2022)

## **2.2.9. Sistemas de adquisición de datos (SAD)**

### **2.2.9.1. Transducción**

En este campo, sobresale entre los demás casos el uso de transductores analógicos, que respecto a su funcionamiento Daneri P. (2008) menciona que:

“Son aquéllos que dan como salida un valor de tensión o corriente que es función continua de la magnitud física medida. Por lo general, este tipo de transductores incluyen una etapa de acondicionamiento para suministrar señales normalizadas de 0 a 10 V ó 4 a 20 mA. La salida analógica de corriente suele ser más frecuente en aplicaciones de control de procesos. Algunos transductores (por ejemplo, transmisores másicos de caudal) proporcionan una salida analógica pulsante, es decir, un tren de pulsos cuya frecuencia es proporcional a la medición”.

### **2.2.9.2. Conversión Analógico-Digital**

Consiste en la transcripción de señales analógicas en señal digital, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, comprensión, etcétera) y hacer la señal resultante (digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas. (Rosero, 2009)

### **2.2.9.3. Acondicionamiento de señales**

Según lo expuesto por Daneri, P. (2008), un bloque de tratamiento de señales: “Se suele utilizar para filtrar, linealizar y amplificar la señal obtenida en el captador a un intervalo estándar, por lo general utilizando circuitos electrónicos” (p.50).

## **2.2.10. Interfaces HMI-SCADA**

Según, R. Cobo (2022): “La interfaz Hombre-Máquina parte de un sistema interactivo (software y hardware) que proporciona la información y permite el control necesario para que el usuario lleve a cabo una tarea de dicho sistema”. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso.

En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como mostraremos a continuación (R. Cobo, 2022).

Asimismo, J. Colomer, J. Meléndez y J. Ayza (2022) establecen que:

“los paquetes SCADA actuales incorporan estas facilidades a través de ventanas en que se representa el proceso o parte de este. La navegación por estas pantallas se hace a través de menús desplegables y botones activados por el cursor gráfico asociado a un ratón, teclado o interfaz similar”.

### **2.3. Bases Legales**

Las bases legales según Franco, Y. (2022). “Se trata del conjunto de documentos de naturaleza legal que sirven de testimonio referencial y de soporte a la investigación que se realiza”. En referencia de lo anterior, se procederá a revisar los distintos documentos que sirvan de respaldo legal para la presente investigación.

#### **2.3.1. Artículos 102, 108 y 110 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)**

Primeramente, el artículo 102 establece que la Carta Magna de Venezuela asumirá la educación como instrumento del conocimiento científico, humanístico y tecnológico al servicio de la sociedad. De igual manera, en el artículo 108 se hace mención de que el estado garantizará servicios públicos de radio, televisión y redes de bibliotecas y de informática, con el fin de permitir el acceso universal a la información. Además, en el artículo 110 se enfatiza en que el estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación, sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional.

#### **2.3.2. Ley de protección al consumidor y al usuario**

Por objetivo posee el de la protección y salvaguarda de los derechos e intereses de los consumidores y usuarios, así como la de su organización, educación, orientación e

información al alcance de estos mismos. Por supuesto, en general también se encarga de establecer las sanciones a quienes violenten los derechos del consumidor y/o usuario, y de igual manera los ilícitos administrativos, penales y procedimientos para el resarcimiento de los daños causados por los proveedores de bienes y servicios.

A su vez, la ley insta a salvaguardar el desarrollo del comercio electrónico, a través del correcto manejo de las herramientas en línea, para satisfacer las necesidades de los usuarios, respetar las características de un proceso de adquisición de productos, y sobre todo, proteger la información de los usuarios y los elementos relacionados con la constitución de un negocio por la red. Se debe ofrecer la oportunidad de cambiar cualquier error posible dentro de una operación financiera, modificar los parámetros del trámite ofrecido, y además, incrementar los beneficios en la construcción de un modelo sofisticado, compra, venta y sus añadidos.

### **2.3.3. Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación**

En general esta ley posee el objetivo de manifestar las reglas básicas establecidas para concretar el desarrollo de actividades científicas, tecnológicas y de innovación dentro de una nación, que permiten el avance en materias de interés dentro del contexto aplicado. Se pueden destacar los siguientes artículos:

- **Artículo 2.** Menciona que es de interés público las actividades científicas, tecnológicas, y de innovación, además de la aplicación de estas mismas. Lo anterior, para el ejercicio de la soberanía nacional en todos los ámbitos de la sociedad y la cultura.
- **Artículo 20.** Corresponde a la coordinación de políticas, se establece que la autoridad nacional competente en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, deberá de implementar y promover las políticas sobre propiedad intelectual de las innovaciones e invenciones derivadas del desarrollo de las actividades científicas, tecnológicas y sus aplicaciones concebidas en el país conjuntamente con el Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual.

#### **2.3.4. Normas sanitarias de calidad del agua potable**

El Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (1998), describe a las Normas sanitarias de calidad de agua potable como un conjunto de normativas con el objetivo de: “establecer los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido”. Esta normativa dispone de un total de 26 artículos que tratan sobre los aspectos microbiológicos, organolépticos, físicos y químicos, además de la frecuencia de muestreo de agua recomendada para la observación de bacterias en el proceso de tratamiento de agua.

Es importante indicar que el ente responsable del sistema de abastecimiento de agua potable proveniente de fuentes ubicadas en zonas endémicas de enfermedades de origen hídrico definidas por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, debe establecer programas de vigilancia sanitaria permanente y aplicar los correctivos específicos adecuados, a juicio de la Autoridad Sanitaria Competente. El agua que se suministre como potable deberá someterse a mediciones sistemáticas para la evaluación de parámetros microbiológicos, organolépticos, físicos, químicos y radioactivos en muestras representativas del sistema de abastecimiento con la frecuencia que establecen estas normas.

#### **2.4. Definición términos básicos**

**Alarmas.** Las desviaciones en la magnitud de una variable superior a unos límites específicos, son concebidas en los sistemas de monitorización como alarmas. Su objetivo es poner al operario sobre aviso.

**Codificación.** Se entiende por codificación en el contexto de la Ingeniería, al proceso de conversión de un sistema de datos de origen a otro sistema de datos de destino. De ello se desprende como corolario que la información contenida en esos datos resultantes deberá ser equivalente a la información de origen.

**Cuantificación.** El objetivo de este proceso es cuantificar con bits estos valores, mediante la asignación de niveles. En esta etapa se le asigna un valor a la muestra, pero no es digital.

**Perturbaciones.** La perturbación eléctrica es un fenómeno que se produce en la distribución eléctrica de baja tensión. Puede deberse a fallos en los centros de transformación y maniobras, fallos en las líneas o por condiciones atmosféricas.

**Rango de medición.** Es el conjunto de valores comprendidos entre los límites (Superior e Inferior) que es capaz de medir el instrumento al que nos referimos, dentro de los límites de exactitud que se indican para el mismo.

**Sensor.** Dispositivo encargado de la obtención del estado de las variables físicas a través de la conversión de una forma de energía en otra, siendo principalmente utilizadas en el campo de las señales eléctricas.

**Set Point.** Valor de referencia en un proceso de control que debe de ser mantenido durante la operación del mismo, a través de la manipulación de las variables manipulables que le afectan.

**Variable controlada.** Es el parámetro más importante del proceso, debiéndose mantener estable (sin cambios), pues su variación alteraría las condiciones requeridas en el sistema. Su monitoreo a través de un sensor es una condición importante para dar inicio al control.

**Variable manipulada.** Variable del proceso que se modifica para corregir el efecto de la desviación provocada por la perturbación.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico representa el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluye las técnicas de observación y recolección de datos, determinando el “cómo” se realizará el estudio, esta tarea consiste en hacer operativa los conceptos y elementos del problema que estudiamos, al respecto Sabino (2007) dice: “En cuanto a los elementos que es necesario operacionalizar pueden dividirse en dos grandes campos que requieren un tratamiento diferenciado por su propia naturaleza: el universo y las variables” (p. 118).

#### **3.1. Enfoque de la Investigación**

A partir de lo enunciado por Mata L. (2019), en referencia al enfoque de la investigación: “nos referimos a la naturaleza del estudio, la cual se clasifica como cuantitativa; y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas: desde la definición del tema y el planteamiento del problema de investigación, hasta el desarrollo de la perspectiva teórica, la definición de la estrategia metodológica, y la recolección, análisis e interpretación de los datos”.

Asimismo, Según Arias, F. (2006) los objetivos de la investigación del tipo cuantitativa son: “los objetivos que persigue la investigación, las preguntas de investigación, la justificación y la viabilidad del estudio, así como la evaluación de las deficiencias en el conocimiento del problema”. Con base en las características del proyecto a desarrollar, se considera que la investigación es cuantitativa, por el manejo de datos e inferencias estadísticas, que proporcionan una manera de conocer la magnitud de la construcción del prototipo a diseñar.

El estudio de las variables que conforman el entorno del sistema a diseñar debe ser realizado considerando su medición y posterior cuantificación, con el objetivo de obtener resultados a partir de los datos extraídos. Los resultados estarán basados en criterios fundamentales cuantificables que forman parte de la comparación necesaria para concluir aspectos claros que ayudarán a la realización del sistema, sus partes y los puntos establecidos dentro de ellas, que se basan en teorías contrastadas en el campo profesional. Debido a lo anterior, se tiene que el presente trabajo de investigación debe de adoptar la estructura del tipo cuantitativa.

Dentro de este apartado también se procederá a describir las principales teorías centrales que sustentan a la investigación. En este caso, según Pérez, J. y Gardey, A (2008), se establece que:

“una teoría se entiende como un sistema lógico que se establece a partir de observaciones, axiomas y postulados, y persigue el propósito de afirmar bajo qué condiciones se llevarán a cabo ciertos supuestos. Para esto, se toma como punto de referencia una explicación del medio idóneo para que las predicciones puedan ser desarrolladas. En base a estas teorías, es posible deducir o postular otros hechos mediante ciertas reglas y razonamientos”.

Para el sustento de la presente investigación, existen un conjunto de teorías que permiten evaluar el análisis del contexto tratado, fundamentando mediante leyes y reglas constituidas un planteamiento que requiere de un proceso de inferencia aplicado. En el primer caso, se tiene a la Teoría de Control, considerada básica en este trabajo por referir al modelo utilizado en la construcción del sistema a diseñar. Según Echeverri, D. (2011), se define a la Teoría de Control como: “La Teoría de Control es un campo interdisciplinario de la ingeniería y las matemáticas, que trata con el comportamiento de sistemas dinámicos”. Asimismo, a la salida deseada de un sistema se la llama referencia. Cuando una o más variables de salida de un sistema necesitan seguir cierta referencia sobre el tiempo, un controlador manipula la entrada al sistema para obtener el efecto deseado en la salida del sistema.

De la misma forma, la Teoría de Control se descompone en otras subteorías, que están directamente relacionadas a los campos en donde el control de procesos puede ser aplicable de la manera más acertada. Entre estas subteorías, se destacan a aquellas relacionadas al modelado matemático de sistemas, métodos de diseño de controladores, control clásico y control moderno, entre otras vertientes que nacen inicialmente con el mismo propósito, pero que se desenvuelven de forma distinta.

Al mismo tiempo, la Teoría de la Automatización de procesos, dentro de los campos en los cuales se necesita un monitoreo y acción sobre los mismos, enfatiza en la idea del funcionamiento de los sistemas sin la necesidad de disponer del ser humano dentro del mismo. A partir de lo expuesto por Daneri, P. (2010): “Un automatismo es un sistema que realiza una labor de manera automática de acuerdo a los parámetros en los que fue diseñado”. Así, la Teoría de la Automatización desarrolla los aspectos necesarios, desde el punto de vista explicativo, en la creación de automatismos para procesos físicos.

Al integrar estas ideas, se encuentra a la Teoría de Sistemas, que es clave para permitir comprender un tema, y tratarlo con respecto a sus entradas, salidas y las relaciones existentes entre ellas. Entre sus objetivos, se pueden explicar específicamente los siguientes:

- Según Gutiérrez, G. (2013), permite: “Exponer el corpus teórico de forma concreta y clara, para que el estudiante adquiriera la capacidad de analizar los diferentes sistemas de información, mediante una visión sistémica y holística...” (p.10).
- Identificar las corrientes del pensamiento sistémico desde la teoría general de las organizaciones de Bogdanov, la teoría general de sistemas de Bertalanffy, el expansionismo de Ackoff, la cibernética organizacional de StanffordBeer, entre otras. (Gutiérrez, G.; 2013; p.10)
- Analizar desde la perspectiva crítica, los orígenes del pensamiento sistémico, su evolución y las propuestas que han marcado horizontes a la teoría de sistema. (Gutiérrez, G.; 2013; p.10)

- Reconocer la existencia de una terminología que permite describir características, funciones y comportamiento del sistema en general y que promueve la uniformidad del lenguaje científico. (Gutiérrez, G.; 2013; p.10)

Dentro del estudio de factibilidad económica, es necesario sustentar el desarrollo del análisis de la propuesta sobre los estatutos establecidos para la evaluación de rentabilidad en proyectos de inversión económica. Para esto, la Teoría de la Ingeniería Económica asiste al planteamiento necesario para comprender los puntos básicos que han de ser tomados en cuenta dentro del capital invertido, y las variables que engloba la recuperación del mismo a corto, medio y largo plazo. Acuña, C. y otros (2005) fundamentan a esta teoría como: “la disciplina que se preocupa de los aspectos económicos de la ingeniería; implica la evaluación sistemática de los costos y beneficios de los proyectos técnicos propuestos”. De esta forma, la constitución del proyecto, y la posterior evaluación de su rentabilidad estarán fundamentadas en el entendimiento y capacidad de manejo de los elementos de esta teoría, y que se relacionan con aquellos que conforman la propuesta a diseñar.

### **3.2. Tipo de Investigación**

En base a los tipos de investigación existentes, según Arias, E. (2020) “Los tipos de investigación pueden agruparse según el objetivo que persiguen, el nivel de profundización, la forma de hacer inferencia estadística, la forma de manipular variables, el tipo de datos o el período de tiempo de estudio”.

En consideración, el presente proyecto de investigación persigue el objetivo de conseguir una factibilidad económica en la inversión de un capital, en donde, Mijares y García (2007), consideran dentro de sus planteamientos que un proyecto factible, “es la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos” (p. 5). Con esto, es claro que la presente investigación insta la consecución de un modelo que sea capaz de evidenciar un equilibrio entre una cantidad invertida y los resultados proporcionados por su realización.

Debido a las características del proyecto, la investigación es documental, en función del uso de información adquirida por parte de obras pertenecientes a autores del pasado. Arias, F. (2006), describe la investigación documental como “un proceso basado, en la búsqueda, recolección, análisis, crítica investigación de los datos secundarios, es decir los datos obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales” (p.27).

### **3.3. Diseño de la Investigación**

Según Hernández, Fernández y Baptista, (2006), “El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea”. Por lo que, se toma su desarrollo como un aspecto a definir de manera más que necesaria dentro del proyecto de forma concreta. A partir de lo explicado por los mismos autores, los diseños de investigación pueden ser experimental y no experimental, esto haciendo la aclaración dentro de una investigación cuantitativa.

Al mismo tiempo, los autores Hernández, Fernández y Baptista, (2006), destacan en su obra: “La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes”. En el presente caso, la investigación se corresponde con un diseño no experimental, ya que sólo se hará énfasis en la observación de variables y el análisis de su repercusión en el entorno de trabajo.

En añadido, un diseño no experimental puede ser transaccional o longitudinal. A partir de lo explicado por González, J. (2016), en su artículo en línea, explica en referencia al diseño no experimental transaccional que: “En ciertas ocasiones el interés del investigador es analizar cambios a través del tiempo en determinadas variables o en las relaciones entre éstas”. Por su parte, el mismo autor señala que: “Los diseños Investigación transaccional o transversal recolectan los datos en un solo momento en un tiempo único”. En función de lo anterior, la presente investigación se considera no experimental longitudinal, debido a que el análisis y manejo de las variables inmersas en el proyecto es constante y se preserva a lo largo de un periodo de tiempo con un margen considerable.

### **3.4. Nivel de la Investigación**

Arias (2016), indica que: “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. De los niveles de investigación existente, se aborda específicamente a la investigación descriptiva, que según el mismo autor se refiere a: “la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a conocimientos se refiere”. Con esto, el trabajo de investigación en cuestión se corresponde a una investigación descriptiva, por la necesidad de explicar los fenómenos involucrados en el proceso físico manejado y las herramientas de ingeniería a tratar en consonancia.

### **3.5. Población y Muestra**

#### **3.5.1. Población**

Arias, F. (2016) señala una población como “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación.” (p.81). A partir de este concepto, la población de la presente investigación estará representada por los sistemas de control de llenado automático para depósitos de líquidos, en referencia a las características comunes del proceso.

#### **3.5.2. Muestra**

Nuevamente, Arias, F. (2016) señala a la muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”(p.83). En complemento a la población enfocada, el subconjunto que representará a la muestra corresponde a los sistemas de control de llenado automático de botellones de agua.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos**

Arias, F. (2016) describe a las técnicas de recolección de datos de la siguiente forma: “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p.67). Las técnicas a utilizar serán la revisión documental, observación y encuesta.

### **3.6.1.1. Revisión Documental**

Se procederá a hacer una revisión documental, la cual Hernández, y otros (2014) reseñan como “implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio, de donde se tiene que extraer y recopilar la información relevante y necesaria para enmarcar el problema de investigación” (p.61). En el presente trabajo de investigación dicha técnica tiene como objetivo recolectar datos mediante análisis de fuentes secundarias del fenómeno estudiado, como una toma de contacto para la comprensión del mismo.

### **3.6.1.2. Observación**

En referencia a la observación, Arias (2016) indica “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos.” (p.69). Para la presente investigación es imprescindible la utilización de esta técnica, en específico dentro de su modalidad de observación directa simple por la necesidad de realizar un diagnóstico en tiempo y forma del proceso físico a controlar.

### **3.6.1.3. Encuesta**

Arias, F. (2016) expone que a la encuesta como “una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular” (p.72). Es de gran importancia obtener los datos referidos al servicio de llenado de botellones en la comunidad, con el objetivo de realizar una comparativa entre el sistema actual y el suministrado por la propuesta.

### **3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

Los instrumentos de recolección de datos son definidos por parte de Arias, F. (2016) como “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.” (p. 68). Es necesario el uso de los instrumentos de recolección de datos para conseguir aplicar correctamente el uso de las técnicas seleccionadas.

### **3.6.2.1. Cuestionario**

Arias, F. (2016) menciona que el cuestionario “Es la modalidad de encuesta que se realiza de forma escrita mediante un instrumento o formato en papel contentivo de una serie de preguntas”. (p.74). Esto permite evidenciar de manera escrita las preguntas a aplicar mediante la encuesta, de dónde, es vital utilizar esta estructura a través de este formato. El cuestionario elegido será del tipo no dicotómico, el cual, engloba un conjunto de preguntas descritas por Ismaru (2015) como preguntas: “También conocidas como categorizadas, presentan varias alternativas para que el encuestado elija la más conveniente.”

### **3.6.2.2. Diario de campo**

Amador, M. (2017) señala que el diario de campo “es un escrito, donde se evidencian los sucesos de todas las actividades que ocurren en un lugar determinado”. En este sentido, relacionándolo con la presente investigación, sirve como medio evaluativo del entorno de trabajo, para poner en contexto los datos referidos a la investigación.

### **3.6.2.3. Recurso fotográfico**

Ramírez (2015), sintetiza respecto de este instrumento de recolección de datos “Con la fotografía documental se pretende registrar e informar acerca de las formas y las condiciones de vida. Se registran los acontecimientos en cuanto afectan a la vida y las condiciones de vida”. Con el objetivo de registrar la información a través de un medio audiovisual, el recurso fotográfico es parte fundamental en el desarrollo de la investigación, para la obtención de un punto concreto que suministra las bases a establecer.

## **3.7. Validez y Confiabilidad**

Los autores Hernández, Fernández y Baptista (2006), indican que en las técnicas e instrumentos de recolección de datos “toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir dos requisitos esenciales: confiabilidad y validez” (p. 274). Los mismos autores señalan en forma de concepto que, a través de estos términos “se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados

iguales” (p. 274). De la misma forma, también se señala a la validez como “el grado que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir; es una condición de los resultados y no del instrumento en sí” (p. 274).

### **3.7. Fases de la Investigación**

Mediante las fases de la investigación, se busca concretar a través de un proceso sistemático los pasos a realizar de manera progresiva para el desarrollo lógico de los principales aspectos del proyecto. Como todo proceso investigativo, se inicia con una fase de sondeo hasta concluir con los resultados que permitirán indicar la finalización del proyecto y sus consecuencias en el entorno involucrado.

#### **Fase I. “Diagnosticar las condiciones actuales del sistema de llenado de botellones de agua en la empresa Manantial Aqua Vital.”**

Como es indicado por el objetivo relacionado a esta fase, se pretende realizar un proceso diagnóstico en el cual se obtenga la información necesaria para conocer las condiciones actuales del sistema de llenado de botellones, en virtud de la necesidad de dimensionar el proceso y las características relacionadas al mismo de manera concreta. Con esto, se hace hincapié en la construcción de un modelo descriptivo basado en el uso de la revisión documental y recursos fotográficos, que permitan ser una herramienta para adquirir esta información.

#### **Fase II. “Analizar las variables que intervienen en los sistemas de llenado botellones de agua”.**

El proceso de llenado de botellones trae consigo una serie de variables que han de ser monitoreadas y controladas, en función del desarrollo de un esquema de funcionamiento que permita comprender los aspectos relacionados intrínsecamente al sistema físico. Cada variable repercute de manera distinta en la constitución del modelo de funcionamiento actual, por lo que la eliminación, modificación o adición de nuevos elementos se prevee como un hecho de fácil ocurrencia en la creación de esta fase específicamente. Por esta razón, en conjunto con la fase I, se muestra como un punto de verificación en el diagnóstico a realizar inicialmente.

### **Fase III. “Diseñar un sistema de control para el llenado de los botellones y el conteo de los mismos de forma automática”.**

A partir de la culminación de la fase diagnóstica y el proceso de sondeo inicial, se debe haber logrado dimensionar el proceso físico, tanto sistemática como funcionalmente. El diseño de un sistema de control automático conforma la parte principal de la investigación, desde la elección de los captosres para la obtención de las características del proceso como el control de actuadores que proporcionarán una manera de modificar el estado de las variables manipuladas. Es claro que, al ser el punto de mayor énfasis de la investigación, su desarrollo se espera sea el más prolongado, en relación a la construcción de un criterio que derive en un prototipo funcional, capaz de satisfacer los requerimientos mínimos exigidos por parte del proceso físico.

### **Fase IV. “Realizar la simulación del sistema diseñado a través del software apropiado para este propósito”.**

En relación a la fase anterior, el desarrollo de la fase IV será al unísono que esta, por la necesidad de hacer pruebas y comprobaciones del diseño que está siendo realizado. La simulación a través de programas por computadora es la herramienta por excelencia para constatar la viabilidad del modelo propuesto, las técnicas de diseño de circuitos electrónicos y la creación de un sistema de control que cumpla con los estándares básicos de ingeniería, por la revisión de los parámetros básicos que entreguen una estabilidad y rapidez suficiente como para considerar finalizado el diseño propuesto. En relación con la idea previa, las fases III y IV constituyen el esqueleto del proyecto de investigación.

### **Fase V. “Desarrollar un estudio de factibilidad económica, técnica y operativa del sistema de llenado”.**

Según lo indicado por Quiroa, M. (2020): “Un estudio de factibilidad es el que hace una empresa para determinar la posibilidad de poder desarrollar un negocio o un proyecto que espera implementar”. La misma autora señala que existen 6 tipos de

estudios de factibilidad, de los cuales se describen a los siguientes en función de los intereses de la presente investigación:

- **Factibilidad operativa.** Se relaciona con el personal que tiene que realizar el proyecto. Por eso se analiza si el personal posee las competencias laborales necesarias para desarrollarlo y llevarlo a cabo. Sobre todo, la factibilidad operativa depende de los recursos humanos que forman parte de la organización. Dado que son los que deben efectuar todas las actividades en los diferentes procesos del sistema para cumplir con los objetivos propuestos. Claramente se debe evaluar si cuentan con los requisitos necesarios para llevar a buen término el proyecto.
- **Factibilidad Técnica.** De la misma forma, este aspecto evalúa si la infraestructura técnica que posee la empresa puede responder de manera favorable y eficiente para desarrollar el proyecto o negocio que se tiene planeado. También se debe verificar si las personas poseen los conocimientos técnicos necesarios para poder utilizar el equipo y el software necesario.
- **Factibilidad Económica.** En cuanto a la factibilidad económica, se debe realizar un análisis exhaustivo de la relación costo beneficio del negocio o del proyecto y sopesar ambos aspectos. Si en la evaluación se observa que los costos superan a los beneficios sería mejor no desarrollarlo. Mientras que, si el beneficio supera los costos, la decisión de la implementación del proyecto se vuelve menos arriesgada, aunque no implica que no existan riesgos.

Con esto, la fase aborda el análisis de la repercusión dentro de distintos campos evaluativos, en conjunto con una serie de criterios a utilizar para el desarrollo de conclusiones que evidencien los puntos fundamentales de la propuesta. Al ser un trabajo de investigación del tipo “Proyecto factible”, se hará especial énfasis en la consecución de un modelo que maneje los márgenes adecuadamente para el establecimiento de los elementos imprescindibles, y la finalización con una base cimentada en los aciertos y errores del prototipo presentado.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Fase I. “Diagnosticar las condiciones actuales del sistema de llenado de botellones de agua en la empresa Manantial Aqua Vital.”**

Para el proceso de diagnóstico de las condiciones del sistema actual, es necesario realizar un conjunto de pasos que avalen la información recolectada, a partir de una serie de variables de interés que proporcionarán los elementos adecuados para sostener el análisis desarrollado en los siguientes pasos de la investigación. El proceso de diseño debe tomar en consideración el punto de partida actual, como el origen sobre el cual han de ser cimentadas las partes básicas del sistema a desarrollar. En base a esto, la importancia que posee realizar un proceso de diagnóstico bien constituido, simplificará enormemente la creación de tareas, modelos, esquemas de trabajo y en líneas generales, un sinnúmero de aspectos imprescindibles dentro del esquema utilizado para desarrollar la propuesta presentada.

##### **4.1.1. Aplicación de la Encuesta**

Para la consecución de este objetivo, el investigador se vale de las técnicas e instrumentos de recolección de datos descritos en el Capítulo III. En esta fase, de manera principal, se hará uso de la encuesta como técnica de recolección, desarrollado específicamente para la consecución de esta primera fase. Siendo este mismo, un instrumento indispensable para dicha labor en el caso específico presentado, puesto que el investigador necesita constatar de manera exacta, a partir de los operadores, las diferentes características y hechos del sistema actual. Lo anterior, es beneficioso observarlo desde el punto de vista de los operadores del sistema, puesto que el sistema a desarrollar en la fase III del proyecto, debe de ir dirigido en gran parte hacia las capacidades y tareas de los operadores, teniendo en cuenta cómo este sistema debe de adecuarse según el espacio laboral a trabajar.

De esta manera, el día lunes 04 de abril se aplicó la encuesta a los empleados de la empresa Manantial Aqua Vital, por medio de un cuestionario no dicotómico de 21 preguntas. Los empleados en cuestión, corresponden a un grupo de 3 colaboradores (se turnan en la operación del sistema de llenado de botellones de agua) y el dueño del negocio (anteriormente encargado de operar el sistema). A través de esta encuesta, se desean obtener aspectos referidos al proceso de diagnóstico del proceso físico, introduciendo las propiedades del sistema actual como elemento de comparación hacia el sistema que se desea diseñar a través de esta propuesta. Por medio de este argumento, se indican los principales puntos fuertes que establecerán los basamentos más importantes de la investigación. Los ítems utilizados para realizar la evaluación de la encuesta se encuentran distribuidos de la siguiente forma, en referencia a los elementos que se desean observar a partir de la misma:

- Funcionamiento del sistema actual. Ítems 1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- Acciones del operario. Ítems 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.
- Posibles mejoras del sistema actual. Ítems 14, 15, 16, 17 y 18.
- Adaptación a un nuevo sistema. Ítems 19, 20 y 21.

A partir de la aplicación de esta encuesta, se buscan integrar adecuadamente todos los datos que hagan referencia al proceso de llenado del sistema actual, con el mecanismo manual que adhiere la presencia del operario en función de las necesidades del mismo en todo momento. Por esta razón, el conseguir determinar todos aquellos aspectos relacionados al funcionamiento de este sistema se considera un punto imprescindible, en la fase diagnóstica de este proyecto, como un punto de dimensionamiento del mismo sistema.

#### **4.1.2. Resultados de la encuesta**

La encuesta, aplicada a un total de 4 individuos, entre los que se señalan a 3 operarios, empleados actuales del negocio, y un gerente, con experiencia previa como operario del proceso, ha derivado en distintos resultados que basan su obtención en el criterio del personal, estableciendo su labor diaria mediante la misma. En principio, la aplicación de esta encuesta busca referenciar el proceso físico actual, en función de las

respuestas ofrecidas, para así concluir aspectos importantes que posteriormente serán incluidos en el proceso de diseño.

Con respecto al primer apartado, se obtuvieron elementos de gran interés con aportes significativos a la investigación. Inicialmente, se confirmó que los empleados no poseen información alguna acerca del nivel de los tanques de almacenamiento de 2000 lts de capacidad, en los que se almacena el agua principal del negocio. A su vez, los operarios respondieron que la válvula de flujo de entrada del proceso de llenado es controlada manualmente, además de que el mantenimiento del sistema es realizado con una frecuencia de seis meses. De la misma forma, es importante verificar el tiempo de lavado y llenado mediante las respuestas obtenidas, en dónde se tuvo que el 25 % realiza el lavado en un tiempo que oscila los 5 a 10 segundos, y el 75% en un tiempo superior a 10 segundos. En adición a esto, el tiempo de llenado del 75% de empleados se encuentra entre los 10 y 20 segundos, mientras que el otro 25% lo realiza en más de 20 segundos.

Entre los elementos a destacar del segundo apartado, se observó que todos los operarios consideran la tarea de llenar manualmente los botellones como tediosa y repetitiva, además de que el 50% se siente cansado al final de las jornadas de trabajo. De la misma forma, en referencia al control del proceso de llenado, se tiene en cuenta en base a las respuestas obtenidas que la influencia del operario, en la ocurrencia de derrames o problemáticas en el proceso es probable, y al mismo tiempo, puede llegar a repercutir notablemente si no existe una modificación del esquema de trabajo actual. Asimismo, el 25% realiza la revisión de los equipos varias veces al día, otro 25% lo hace diariamente, el 50% restante lo hace varias veces a la semana.

En el tercer apartado, las respuestas siguen los resultados pautados, en dónde es claro que desarrollar herramientas que añadan fuerza al sistema, mediante técnicas de automatización y monitoreo del estado del proceso físico, permiten avanzar considerablemente en la construcción del prototipo de manera adecuada. Por esta razón, los operarios estuvieron de acuerdo con las ideas de implementar un sistema automatizado de llenado, una interfaz gráfica de monitoreo y un sistema de alarmas

que indiquen el estado de las variables de manera adecuada, en función de las necesidades requeridas en su trabajo.

Por último, los tres ítems finales, dispuestos en el apartado nro. 4, evidencian que los empleados se encuentran en disposición total de automatizar el sistema de llenado, además de estar completamente de acuerdo en llevar un proceso de nivelación para la total comprensión de las herramientas, basadas en electrónica y añadidos, que deben de comprender para sacar provecho al máximo de la instalación de estos elementos dentro del sistema. Para más información acerca de los resultados obtenidos, revisar el anexo A dispuesto en las páginas finales de la investigación.

#### **4.1.3. Análisis del Recurso fotográfico**

Utilizando el recurso fotográfico, se buscan añadir elementos de interés para aportar validez a las ideas obtenidas en el apartado referido a la encuesta. Las figuras encontradas en el capítulo I, dispuestas sobre el planteamiento del problema, engloban adecuadamente la estructura del negocio en referencia al sistema de llenado, y los elementos presentes en el mismo. El aporte más significativo corresponde al dimensionamiento del sistema actual, que suministra aspectos sumamente relevantes en función del espacio usado para el llenado, lavado y la ubicación de las tuberías, todos elementos a tomar en cuenta para permitir establecer un diseño en proporción a los componentes del presente, y que enfatiza el saber adaptar a cada uno de estos en el futuro de forma adecuada.

El sistema actual descrito de forma anterior, requiere fuertemente de la influencia del operario, y no permite la realización de tareas simultáneas correctamente, aspecto que disminuye el rendimiento del negocio en los principales intereses del mismo. El uso de válvulas manuales, como las observadas en la figura 8, permiten realizar una correcta regulación, pero necesitan obligatoriamente de la intervención directa del operario para su control. Por esta razón, se evalúa un reemplazo en el diseño de la propuesta, como un componente añadido al mismo esquema que se busca adaptar.

En adición a los aspectos ya tratados, la etapa de almacenamiento, con los tanques de líquidos de 2000 lts de capacidad, se encuentra ubicada en una zona en donde se

complica obtener la información del estado del llenado de estos recipientes, siendo necesaria una forma de monitorear el contenido de los mismos para mejorar la calidad del sistema de impulsión de agua hacia los tanques de 500 lts. La filtración, purificación y adecuación del agua a las condiciones necesarias para el consumo del público ocurre en la zona observada en las figuras, por lo que existe un pequeño aislamiento entre ambas etapas. El objetivo radica en conseguir el monitoreo de estos tanques, a través de la instalación de sensores de nivel de tipo puntual, que establezcan si los tanques se encuentran funcionando en un nivel dentro del rango mínimo y máximo establecido.

Igualmente, otros puntos tratados en el planteamiento en referencia a las alarmas existentes en el sistema actual (Observadas en las figuras), evidencian un pobre funcionamiento de las mismas, debido a que en su mayoría se encuentran inutilizadas, mal instaladas o sencillamente fuera de funcionamiento (dañadas). Por esta razón, es necesaria una total renovación del sistema de alertas al usuario, utilizando una interfaz gráfica de usuario, y colocando elementos físicos indicadores, como pueden ser LEDS o sirenas, que indiquen al operario las condiciones del proceso de llenado para facilitar su tarea, y que añadan mejor adaptación del mismo. Todo esto representa una adaptación de las condiciones actuales hacia nuevos aspectos de funcionamiento, que superen las características del sistema actual.

Por si mismo, el esquema presente busca cooperar al máximo con las necesidades de los empleados, así que el diagnóstico más relevante hace hincapié en el mismo punto, relacionado principalmente con la interacción humana del sistema, que es considerablemente alta, y por lo tanto trae consigo un peor rendimiento y genera problemáticas relacionadas a un funcionamiento de menor calidad al que podría ser. De esta forma, el lograr integrar todos los aspectos analizados, en forma de solución mediante la propuesta diseñada, examina las necesidades profundamente y concluye las mejores soluciones para conseguir solventar las situaciones más remarcadas.

#### 4.1.4. Revisión del diario de campo

El diario de campo permite gestionar elementos de interés observados en la labor diaria, con la anotación de ideas o sucesos que conlleven en un aporte significativo a la investigación. Para conseguir englobar adecuadamente las principales anotaciones realizadas durante el tiempo en que se estuvo presente en el negocio, en la concreción de este análisis, se ordenan los puntos más relevantes de la siguiente forma en el cuadro, obtenidos desde el 04-04-2022 al 09-04-2022.

**Cuadro 1:** Principales anotaciones del diario de campo.

<b>Anotación</b>	<b>Fecha de anotación</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Hora pico de venta de botellones, entre las 10:00 AM a 12:00 PM</b>	09-04-2022	Mayor cantidad de botellones vendidos en la jornada ubicada durante estas horas.
<b>Botellón más vendido, 20 lts. de capacidad</b>	07-04-2022	-
<b>Número máximo de botellones llenados simultáneamente: Dos botellones</b>	05-04-2022	Este corresponde al número máximo de botellones que pueden llenarse al mismo tiempo.
<b>Funcionamiento de indicadores actuales pobre</b>	07-04-2022	Los indicadores actuales están desincronizados o simplemente funcionan de manera inadecuada.
<b>Filtros de purificación utilizados basados en Grava, Gravilla y Sílica</b>	04-04-2022	-

<b>Botellón con mayor probabilidad de desbordamiento: 5 lts.</b>	05-04-2022	Al ser el botellón de menor tamaño, el fluido de entrada genera mayores problemas para evitar derrames.
<b>Desaprovechamiento de empleados</b>	06-04-2022	En algunas ocasiones un empleado puede encontrarse desocupado, perdiendo tiempo de trabajo.
<b>Cambios bruscos consecutivos de las válvulas manuales en el proceso de llenado</b>	07-04-2022	Al ser manual, el control de las válvulas es constante y los operarios modifican su apertura numerosas veces al día.
<b>Necesidad de mantenimiento y renovación</b>	08-04-2022	Algunos componentes del sistema se encuentran en condiciones poco adecuadas, por lo que es necesaria una renovación (Ver figura 10).
<b>Pérdida de agua considerable</b>	09-04-2022	Existen empleados que pueden derramar cantidades considerables de agua durante el llenado en la jornada.
<b>Número de botellones vendidos registrados discrepantes</b>	06-04-2022	Se realizó el conteo de botellones vendidos durante una jornada, resultando en un número distinto en comparación al obtenido por los empleados.

<p><b>Saturación del servicio durante las horas pico</b></p>	<p>08-04-2022</p>	<p>Se generaron colas durante las horas de mayor afluencia, además de notar cansancio en los empleados y peor rendimiento.</p>
--------------------------------------------------------------	-------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Alido Chang (2022)

A partir de las anotaciones encontradas, se extraen aspectos relevantes que corroboran los demás métodos de recolección de datos. Son preocupantes algunas anotaciones referidas al rendimiento del sistema, en donde los empleados se ven perjudicados por la estructura de trabajo que existe en la actualidad. En las horas pico, la saturación produce un inconveniente en el sistema de llenado, ya que no es posible utilizar adecuadamente el sistema. Aquí, la necesidad de tener al menos tres empleados se considera fundamental, ya que no es posible realizar esta tarea con una menor cantidad, por el volumen de botellones recibidos, que se encuentra por fuera del funcionamiento normal.

Siguiendo con la estela anterior, se corroboran puntos de interés tales como el modelo de botellón (En capacidad) más vendido durante una jornada laboral, que corresponde al de 20 lts (Ver figura 17). De la misma forma, las horas pico representadas repercuten notablemente en la distribución de ventas, debido a que la ejecución por parte de los empleados se ve afectada de manera considerable. Por esta misma razón, el conseguir mejorar el rendimiento de los aspectos anotados, puede conseguir aumentar de manera significativa la operación de la planta de potabilizadora. En el desarrollo del diseño, se tomarán en consideración todas las anotaciones, en función de las necesidades más destacadas, por lo cual, establecer esta parametrización corresponde a una tarea de gran valía, que suministrará los recursos fundamentales sobre los cuales la creación del prototipo estará especializada, siendo esta de especial enfoque.



**Figura 10:** Lámparas indicadoras en el proceso de llenado

Fuente: Alido Chang (2022)



**Figura 17:** Botellones de 20 lts siendo llenados en el sistema actual

Fuente: Alido Chang (2022)

#### **4.2. Fase II. “Analizar las variables que intervienen en los sistemas de llenado de botellones de agua”.**

Con la intención de conocer adecuadamente las variables inmersas en este tipo de sistemas, se hará uso de la revisión documental, además, se realizará un análisis en donde se desarrollará cada una de estas variables. Lo anterior, en conjunto a lo desarrollado y recaudado en la fase I, brindará al investigador de un entendimiento significativo del sistema tanto a nivel conceptual como de funcionamiento. De esta

manera, el investigador tendrá la posibilidad de realizar un diseño ajustado al ambiente en donde se va a desarrollar, en donde se tenga la presencia de las variables pertinentes, ya sea en su monitoreo, manipulación o control.

#### **4.2.1. Variables que influyen directamente en el proceso de llenado**

##### **4.2.1.1. Capacidad los tanques de almacenamiento (Its)**

En cuanto a la capacidad de agua de los tanques que tiene una planta purificadora puede variar en gran medida. En el caso de las plantas purificadoras que solo se encargan de la producción de los botellones (y no del servicio de recarga), la capacidad y diseño del sistema dependerá de acuerdo a la producción de botellones al día. En cuanto a los negocios de recarga de botellones ocurre algo similar, pues estos dependen de la demanda de su clientela en cuanto a las recargas de botellones, optimizando así la cantidad de veces que tiene que pasar el camión cisterna, o el proceso de extracción del pozo. Entonces, debido a lo anterior, y al tamaño del entorno de trabajo se tendrán diferentes números y capacidades en los tanques.

En la empresa Manantial Aqua Vital se tiene una capacidad de 12000 litros de agua, su fuente de agua es el agua de pozo que los transporta el camión cisterna. En este caso, debido a estas características, se tiene un espacio para 2000 litros de agua purificada, y un espacio de 10000 litros de agua no purificada. Repartidos en tanques de 2000 litros para el agua sin purificar, y en tanques de 500 litros para el agua purificadora. La suma de la capacidad de los tanques, es la capacidad total de agua en general de la planta, lo cual a su vez depende de los aspectos mencionados anteriormente.

##### **4.2.1.2. Capacidad, dimensiones y peso de los botellones**

Existen numerosas capacidades para los botellones de agua empleados en los sistemas de llenado de agua. De esta manera, las empresas ofrecen el producto (agua) de manera embotellada. Los negocios de recarga de botellones, trabajan con capacidades estándar debido a las características de su sistema de llenado, además de que sería descabellado un esquema de venta el cual contemple un precio para cada capacidad de botellón existente. Por otro lado, respecto al peso y a las dimensiones de los botellones, se tiene que dependen de la variable de capacidad anteriormente

mencionada, puesto que a mayor capacidad usualmente de igual manera aumentará sus dimensiones y peso. Además, estas características dependen del material de fabricación, accesorios incorporados (Agarraderas, boquillas), forma y criterio del fabricante. La variación antes descrita, puede observarse en el cuadro 2, donde además se pueden observar distintas capacidades estándar, su peso y tamaño de la boquilla.

**Tabla 2:** Detalles técnicos de botellas y botellones para agua en PET.

Tamaño Boquilla	Peso	Capacidad
28 mm	10 g	100 ml
28 mm	12 g	150 ml
28 mm	14 g	200 ml
28 mm	16 g	250 ml
28 mm	19 g	330 ml
28 mm	21 g	500 ml
28 mm	22 g	500 ml
28 mm	24 g	500 ml
28 mm	26 g	600 ml
28 mm	28 g	600 ml
28 mm	30 g	750 ml
28 mm	32 g	750 ml
28 mm	33 g	1000 ml
28 mm	35 g	1000 ml
28 mm	38 g	1000 ml
28 mm	42 g	1250 ml
28 mm	46 g	1250 ml
28 mm	48 g	1500 ml
28 mm	50 g	1500 ml
28 mm	52 g	2000 ml
28 mm	55 g	2000 ml
28 mm	65 g	2000 ml
45 mm	70 g	2000 ml
45 mm	75 g	2 L
45 mm	80 g	2 L
45 mm	85 g	2.5 L
45 mm	90 g	3 L
45 mm	93 g	3 L
45 mm	95 g	3 L
45 mm	100 g	3 L
45 mm	120 g	5 L
45 mm	150 g	8 L

45 mm	200 g	10 L
55 mm	300 g	10 L
55 mm	450 g	3 GL
55 mm	520 g	3 GL
55 mm	650 g	4 GL
55 mm	690	4 GL
55 mm	720	5 GL
55 mm	730	5 GL
55 mm	750	5 GL

**Fuente:** Tecnocoex.

Específicamente, en cuanto a las dimensiones del botellón, se puede hacer referencia a su altura y diámetro principalmente, también se tiene la altura y diámetro de la boquilla. En el caso de los botellones, debido a su forma, puede variar un poco el diámetro de estos dependiendo de a que altura se evalúe, además en el caso de los botellones con aza la forma cambia y existe menos capacidad en ciertas secciones del botellón. En cuanto a la altura de los botellones recibidos en la empresa Manantial Aqua Vital (5, 15 y 20 litros), se puede observar dichas medidas respectivamente en las Figuras 18, 19 y 20.



**Figura 18:** Dimensiones del botellón de 5 litros (ancho, alto, tamaño de boquilla)

**Fuente:** Tanke (2022)



**Figura 19:** Dimensiones del botellón de 15 litros (ancho, alto, tamaño boquilla)

**Fuente:** Alibaba (2022).



**Figura 20:** Dimensiones del botellón de 20 litros (alto)

**Fuente:** Wenco (2022)

Según lo especificado en el diario de campo, se tiene que la altura de los botellones recibidos de igual capacidad puede variar levemente, de igual manera, se pudo comprobar que reciben y comercializan la recarga de botellones de 18 a 20 litros con un igual precio. Respecto a la diferencia de altura que se presentan en estos botellones a partir de las leves diferencias en la capacidad, forma, o incorporación de accesorios de estos mismos, se puede decir es casi imperceptible, y no tiene a efectos significativos y prácticos en el posterior sistema a desarrollar.

#### **4.2.1.3. Tiempo**

Según Cruelles, J. (2010), en su artículo en línea define el tiempo estándar como “el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente cualificado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una tarea según el método establecido”. En este caso, en lo que a la variable de tiempo se refiere, concierne al sistema de llenado de botellones de agua, se tiene al tiempo de llenado, que corresponde al tiempo en el que el operario tarda en colocar y ajustar el botellón en la zona de lavado, más el tiempo que tarde el sistema en llenar el botellón. Para lo anterior, se depende variables como el caudal de llenado o capacidad del botellón a llenar, además del nivel de automaticidad del sistema y las habilidades del operario juegan un papel importante.

En la empresa Manantial Aqua Vital el tiempo Estándar de llenado de botellones promedio es de 16 segundos para los botellones de 20 litros, variando en gran medida para los botellones de 15 y 5 litros, con tiempos de 13 segundos y 8 segundos respectivamente. La variación en el tiempo de llenado depende directamente del caudal de entrada del líquido recibido por la tubería principal, que conecta a los tanques de 500 lts con las zonas de llenado.

#### **4.2.1.4. Presión**

Según Blanco, E., Velarde S. y Fernández, J. (1994), en referencia a la presión máxima menciona:

“La presión máxima de funcionamiento en un sistema de flujo por gravedad viene dada por la altura del depósito. En un sistema de bombeo se puede tomar la presión de la bomba cuando el caudal es nulo. Evidentemente, estas presiones máximas no son las mismas para toda la tubería”. (p. 35)

En este caso, la presión toma en cuenta que las tuberías de distribución de agua relacionan el líquido dispuesto con respecto a los depósitos de almacenamiento. No sólo la presión con la que sale el líquido es importante, sino que, además, los depósitos de agua se ven afectados internamente por la presión ejercida entre el líquido y las paredes del recinto. En botellones, sucede básicamente que las dimensiones del mismo son de pequeña magnitud, por lo cual, una alta presión en el líquido de entrada

confronta de manera negativa el proceso de llenado, siendo un punto a evitar en un diseño en el cual el manejo de las variables que influyen en la presión se encuentre presente.

Las normas exigen que una tubería de una determinada presión nominal sea capaz de superar una prueba de presión con valores varias veces la nominal. Es decir, se cuenta ya con un factor de seguridad. En la mayor parte de las aplicaciones es adecuado determinar la presión nominal a partir de la presión máxima de funcionamiento y las sobrepresiones provocadas por los transitorios:

$$PN \geq Po + Pt, \text{ Ec. 1}$$

Dónde se establece que  $PN$  corresponde a la presión nominal de la tubería,  $Po$  la presión máxima de funcionamiento y  $Pt$  la sobrepresión existente en los transitorios. Las tuberías utilizadas deben procurar que la ecuación establecida para el cálculo de la presión se acople adecuadamente al comportamiento del sistema de llenado, previendo cualquier situación anómala que sea consecuencia de una mala preparación del proceso. Todos estos factores pueden afectar al proceso principal con respecto al esquema fundamental.

#### **4.2.1.5. Caudal de operación de los sistemas de llenado**

Como definición general, se conoce como caudal, a la cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto, ya sea tubería, cañería, oleoducto, río, canal, por unidad de tiempo. Generalmente, el caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica. El caudal se encuentra directamente relacionado a la sección de las tuberías, por lo que esta variable es fundamental dentro del sistema de llenado.

El caudal de operación del sistema de llenado es fundamental para establecer el líquido de agua (Entrada) hacia el proceso físico. Mediante el establecimiento de estas condiciones, es posible determinar en cuanto tiempo se llenará un botellón colocado en el apartado principal. De manera siguiente, es posible conseguir el funcionamiento apto del proceso utilizando los requerimientos básicos del sistema, en dónde el caudal de operación suele ubicarse, según Reyes, A. (2020), en un rango de 2000 a 8000 a

lts/hora, dependiendo de las características y formas del sistema de llenado. En función de esto, el punto de funcionamiento debe de ser controlado para evitar problemáticas o situaciones indeseadas dentro del proceso de llenado de botellones, tanto en el sistema actual como en un posible diseño de futuro.

#### **4.2.1.6. Otras variables influyentes**

Dentro de la medida de las variables presentes en el proceso de llenado, existen un buen número de ellas, que no posean una interacción directa con el proceso. Entre estas, la temperatura puede realizar modificaciones de otras variables como la presión en las tuberías, o la densidad del líquido introducido dentro del depósito. A su vez, propiedades como la turbidez o humedad pueden generar cambios en la medida de las variables, esencialmente en el proceso de medición de las mismas. Se toman en cuenta todos los factores influyentes, con una menor repercusión dentro del proceso, para permitir el sostén del comportamiento esperado dentro del mismo.

Por esta razón, el sistema actual se ve influenciado indirectamente por estas variables, y repercute de manera proporcional al grado de variación de las mismas con respecto a su valor nominal. Si esto no es posible, el crecimiento de los aspectos negativos del sistema han de tener en cuenta la modificación de las variables, y modificar el estado de las mismas considera la verificación necesaria para optimizar al máximo el proceso físico, y desarrollar en cuestión las principales herramientas diseñadas dentro de este.

#### **4.2.2. Variables que influyen en la calidad del agua potable**

La comprobación del estado del agua para el consumo humano es fundamental, principalmente para la verificación del estado físico, químico y observación de factores biológicos que confirmen que es apta para poder ser utilizada en la vida cotidiana de un individuo. La forma adecuada de determinar si esto sucede, es utilizando variables que indiquen de forma directa la calidad del agua, en proporción a un rango establecido para que esto sea posible. El cuadro mostrado en la figura 21, engloba las principales variables que deben de ser consideradas para el consumo humano. En este, se destacan

el valor mínimo deseable, valor máximo deseable, y unidad respectiva para ejecutar la medición y establecer de forma respectiva el comportamiento del líquido.

Componentes o Características	Unidad	Valor Desable menor a	Valor Máximo Aceptable (a)
Color	UCV(b)	5	15(25)
Turbiedad	UNT(c)	1	5(10)
Olor o Sabor	--	Aceptable para la mayoría de los consumidores	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	600	1000
Dureza Total	mg/LcaCo3	250	500
pH	--	6,5-8,5	9,0
Aluminio	mg/L	0,1	0,2
Cloruro	mg/L	250	300
Cobre	mg/L	1,0	(2,0)
Hierro Total	mg/L	0,1	0,3 (1,0)
Manganeso Total	mg/L	0,1	0,5
Sodio	mg/L	200	200
Sufato	mg/L	250	500
Cinc	mg/L	3,0	5,0

**Figura 21:** Componentes relacionados a la calidad organoléptica del agua potable.

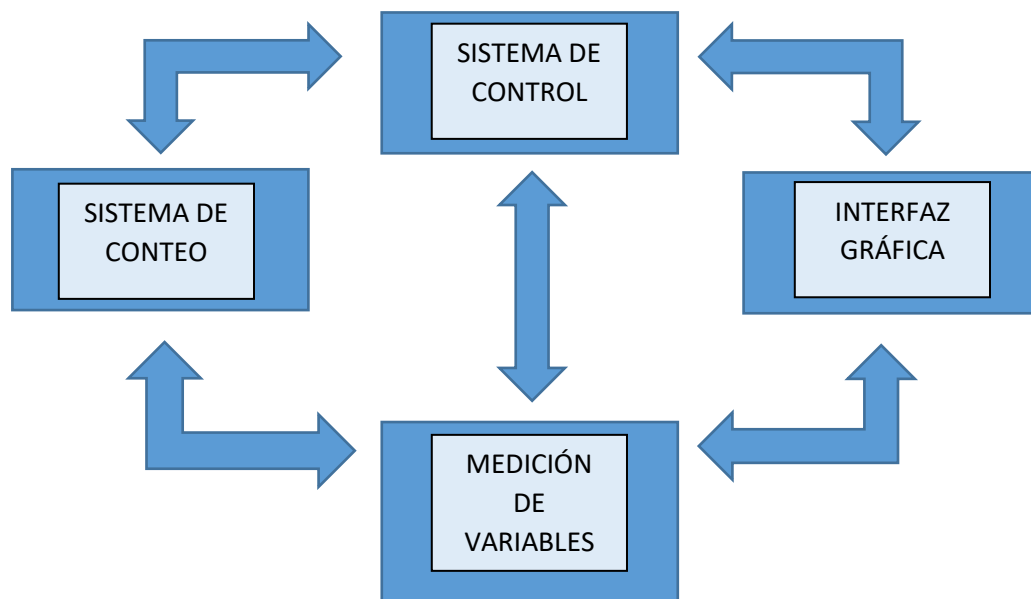
**Fuente:** Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (2022)

El agua potable se origina cuando mediante un proceso de tratamiento se logra potabilizar el agua dulce, haciéndola así óptima para el consumo humano. Esta agua puede ser consumida sin ningún tipo de condicionamiento o restricción pues su anterior tratamiento garantiza que el consumo de este recurso no represente un riesgo para la salud de los usuarios. Según Gorde, S. y Jadhav M. (2013): “El pH es la medida de la acidez de una solución de agua”. Para que el agua sea considerada potable, es necesario que el nivel de pH oscile entre 6.5 y 6.9; además se necesita que su dureza sea mínima y que no haya bacterias o virus que la contaminen.

Según un estudio realizado por Chalchisa, D. Megersa, M. y Beyene, A. (2018) La temperatura afecta la velocidad de las reacciones químicas en el cuerpo de agua y juega un papel importante en la supervivencia de los microorganismos. el límite permisible de la OMS de las directrices sobre el agua potable es 15 °C, ya que una alta temperatura favorece el crecimiento de las bacterias. El material y el color del tanque de almacenamiento pueden afectar la temperatura del agua en los mismos y colocar el tanque en un lugar sombreado puede reducir la temperatura, así como la contaminación microbiana.

### 4.3. Fase III. “Diseñar un sistema de control para el llenado de los botellones y el conteo de los mismos de forma automática”.

La fase de diseño, corresponde sin duda alguna, al punto más importante dentro del proyecto de investigación, por tal razón, es imprescindible enfatizar correctamente en cada uno de los procesos referidos al sistema que se busca construir, con base en los elementos observados durante el desarrollo de las fases I y II, que dimensionan el sistema actual y que permiten entender la adaptación necesaria para conseguir el modelo que se desea obtener finalmente. Para lograr establecer los elementos deseados dentro del sistema a diseñar, serán englobadas las funciones del mismo a través de un diagrama de bloques (Ver figura 22).



**Figura 22:** Diagrama de bloques de los elementos del sistema a diseñar

**Fuente:** Alido Chang (2022)

El objetivo es crear completamente un sistema funcional, que integre las necesidades básicas a solventar en referencia al proceso físico descrito y analizado durante la fase diagnóstica. Para esquematizar correctamente cada uno de los elementos del sistema, el diagrama de bloques de la figura 22 expone las partes funcionales del mismo, en donde inicialmente se señala el sistema de control, que comprende el núcleo principal del proyecto, por ser el que maneja las principales acciones del sistema

diseñado. Posteriormente, los sistemas de conteo e interfaz gráfica, son los que permiten mostrar la información al usuario, y registrar el estado de los botellones del proceso, que conforman el punto central de la investigación. Los elementos de medición, son fundamentales para establecer el estado de las variables relacionadas al proceso físico, conteo de botellones y verificación de condiciones, por lo que los elementos encontrados dentro de este son imprescindibles en este esquema.

#### **4.3.1. Dimensionamiento y creación del sistema de control de llenado**

##### **4.3.1.1. Criterios de desarrollo del sistema de control de llenado**

Para conseguir establecer el diseño de un sistema de control de llenado automático, es necesario establecer las parametrizaciones principales del mismo, con el objetivo de concluir la manera ideal de lograr el esquema final a llevar a cabo. En este caso, el control de llenado debe replicar las tareas de los operarios durante la operación del sistema, con la intención de generar una solución a los requerimientos de los usuarios, en referencia a la tarea del llenado de botellones de dimensiones estándar. Así, deben de trabajar una serie de elementos al unísono para responder a la necesidad remarcada, en función de los puntos a lograr de manera congruente.

El proceso, ya descrito de manera anterior en las fases diagnósticas y en el análisis del problema, corresponde a una serie de objetivos simples, que buscan integrar en su totalidad aspectos relevantes en la constitución del sistema de llenado. En este caso, se busca solventar las necesidades observadas a través de las técnicas de recolección de datos, relacionadas a la optimización del proceso actual, rendimiento del sistema, integración al operario, y notificación de las situaciones que integran los eventos del sistema.

##### **4.3.1.2. Selección de los componentes del sistema de control**

El sistema de control requiere de diversos elementos para su funcionamiento, entre los cuáles se prioriza la gestión de la información referida al entorno del proceso físico, derivando necesariamente en la utilización de un dispositivo capaz de manejar señales eléctricas y responder acertadamente en la resolución de acciones de vital importancia para el correcto funcionamiento del llenado. Por esta razón, se describe a cada uno de

los elementos referidos a la selección de los componentes del sistema a diseñar, analizando y describiendo con precisión su funcionamiento.

#### 4.3.1.2.1. Dispositivo programable

El dispositivo seleccionado para la gestión de las señales del sistema, corresponde a la placa Arduino MEGA 2560 R3 (Ver figura 23), que es ideal para la aplicación estructurada dentro de este proyecto. Con un número de 54 pines de Entradas y Salidas digitales, la gestión de las señales referidas a eventos dentro del sistema está completamente asegurada, además la existencia de 15 entradas analógicas para la lectura de sensores distribuidos dentro del sistema. La programación referida a este dispositivo es realizada dentro del software Arduino IDE, una interfaz de desarrollo que permite colocar las instrucciones en lenguaje C de alto nivel. El código referido al desarrollo del sistema cumplirá con los requerimientos básicos del mismo, programando la información recibida en las entradas y controlando la ejecución de acciones en las salidas del sistema.



**Figura 23:** Placa Arduino MEGA 2560 R3

Fuente: Amazon (2022)

La placa seleccionada, en conjunto con la distribución de Entradas/Salidas, memoria disponible, estructura, entre otros aspectos, son perfectamente conseguidos por este dispositivo, cumpliendo con las estandarizaciones básicas buscadas para el proyecto.

Al ser necesario un número grande de sensores y dispositivos de control, se requiere un número elevado de periféricos, debido a la interacción existente entre los elementos internos del sistema. A partir de esto, la selección de los componentes dentro del mismo, deben de trabajar adecuadamente con esta placa, por las facilidades ofrecidas para la realización del diseño interna y externamente.

#### **4.3.1.2.2. Sensores de nivel y detectores de proximidad del sistema de llenado**

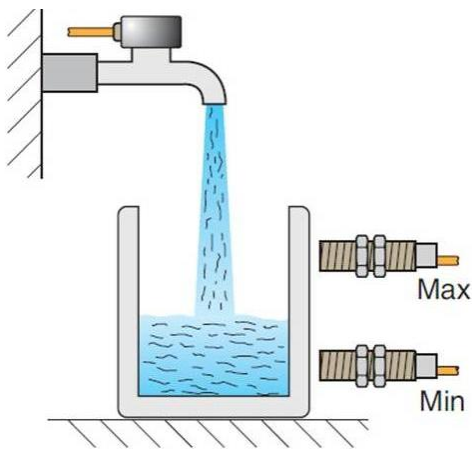
El sistema de control tiene en cuenta que existen tres versiones estándar de los botellones seleccionados, según la capacidad dispuesta por los mismos. La planta purificadora se sabe que posee tres tamaños estándar en venta, 5, 15, y 20 lts de capacidad, por lo que, establecer el botellón utilizado corresponde a una de las tareas de los sensores instalados dentro de la interfaz de llenado automático a desarrollar. La utilización de elementos sensores de proximidad, se considera la solución para determinar el tamaño del botellón sin la necesidad de encontrarse presente para su determinación. Por esta razón, utilizar detectores capacitivos para este propósito representa una solución práctica ante esta necesidad. (Ver figura 24)

Si los sensores son colocados en puntos estratégicos, la detección de la presencia del botellón ocurre de manera simple, y se activan respectivamente los sensores conectados de manera próxima al punto de conexión. Para conseguir esto, se distribuyen los sensores de manera proporcional al tamaño de los botellones, para así confirmar la instalación de los detectores en los puntos principales de referencia, se toman en cuenta los tamaños y dimensiones de los botellones de 5, 15 y 20 lts, para estandarizar la posición de los mismos y la referencia de los detectores en función de esta necesidad.



**Figura 24:** Detector de proximidad capacitivo

**Fuente:** Castaño, S. (2022)



**Figura 25:** Instalación de sensores capacitivos para la medición de nivel puntual

**Fuente:** Castaño, S. (2022)

De esta forma, conseguir integrar los sensores para la medición de nivel puntual, y la detección de la presencia de los botellones, se considera parte fundamental de la estructura de diseño del sistema funcional. Partiendo de esta base, la instalación a seguir sigue la distribución mostrada en la figura 25, en donde es necesaria la colocación de los elementos del sistema de manera adecuada, para así establecer las partes funcionales en función de las características básicas del modelo creado. Los sensores seleccionados distribuyen su activación siguiendo el modelo establecido en el cuadro (“1” significa encendido, “0” apagado):

**Tabla 3:** Estado de los detectores de proximidad para la detección de botellones

Botellón verificado	Estado de los detectores				
	D1	D2	D3	D4	D5
Botellón de 5 lts	1	1	0	0	0
Botellón de 15 lts	1	1	1	1	0
Botellón de 20 lts	1	1	1	1	1

Fuente: Alido Chang (2022)

Los botellones se detectan tomando en cuenta el estado de los sensores de proximidad. La instalación de los mismos se encuentra dispuesta con el objetivo de establecer adecuadamente el tamaño de los elementos colocados sobre la superficie de llenado. De esta forma, los sensores son conectados a las entradas digitales del Arduino, e internamente, el dispositivo interpreta cuál es el botellón elegido, a partir de la información dispuesta exteriormente. Al existir dos depósitos de llenado, en total se instalan 10 detectores de proximidad, para conseguir determinar simplemente la presencia de los botellones y a su vez, corroborar el estado de los elementos aledaños al mismo.

En este punto, las señales de estos sensores son tomadas como referencia para la medición de nivel. Posterior a la detección, se deberá determinar si los botellones encontrados en el proceso de llenado han finalizado esta tarea, para así terminar completamente el proceso y ejecutar las acciones dentro del sistema por parte del Arduino. Para lograr esto, se instalan 3 detectores de nivel dentro del sistema de llenado, cada uno para determinar si se ha llegado al punto de nivel máximo, detectando el agua en la boquilla de los botellones. Así, existirá un detector referenciado a la altura de la boquilla del botellón de 5 lts, 15 lts y 20 lts, en función de los requerimientos básicos a optimizar. El siguiente cuadro establece la altura recomendada para la instalación de los sensores, basados en los tamaños promedio encontrados en la fase diagnóstica de la investigación:

**Cuadro 2:** Alturas de instalación de detectores de nivel máximo

<b>Sensor de nivel (Llenado)</b>	<b>Altura de instalación recomendada (cm)</b>
Botellón de 5 lts	30
Botellón de 15 lts	40
Botellón de 20 lts	45

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Es claro que la activación de los detectores referidos a las alturas de 5 y 15 lts, se activarán para el caso de que esta sea de 20 lts, esto debido a que el agua debe de pasar por estos detectores de manera previa. Esto es tomado en cuenta en la programación del dispositivo (Arduino) para que el sistema de control de llenado funcione adecuadamente analizando todos los casos posibles en la activación de estos sensores de nivel. En conjunto con los detectores de proximidad, se consigue magnificar el funcionamiento del sistema, añadiendo interactividad necesaria para este caso. Estos detectores deben ser instalados de la siguiente forma:



**Figura 26:** Cableado de los sensores capacitivos

**Fuente:** Castaño, S. (2022)

Como se observa en la figura 26, el conexionado de los sensores debe ocurrir siguiendo los puntos de conexión marcados. El cable marrón del sensor se conecta a los 5 V de alimentación de la placa Arduino. Por otro lado, el cable azul es conectado a GND, representando así a la tierra del detector. Por último, el pin de salida es conectado directamente a la entrada digital utilizada por parte del Arduino, para así conseguir registrar la información adecuadamente dentro del mismo mediante programación. Este esquema de conexionado debe ser realizado para todos los detectores por igual.

#### 4.3.1.2.3. Elementos actuadores

Los elementos actuadores del sistema, representan a ciencia cierta, la representación de las acciones de control derivadas de la lógica de programación realizada en el dispositivo programable, que instruye las condiciones básicas del sistema esquematizado, priorizando el funcionamiento en tiempo y forma. Las señales emitidas por la placa Arduino en sus salidas corresponden a señales digitales, con un rango de funcionamiento de 0 a 5 V. Para conseguir que este modelo funcione, estas señales deben de ser adaptadas a las condiciones de manejo de la bomba de entrada, que es la que permite que el fluido (Agua) pueda llegar a la tubería principal en la zona de recarga del botellón.

Teniendo en cuenta el esquema instalado en el sistema actual, que utiliza pulsadores (Ver figura 9) para lograr el suministro de agua por parte de la bomba, es necesario realizar el cierre de la misma mediante la utilización de una señal enviada a través de la placa Arduino. Esto se puede conseguir energizando el contactor conectado a la bomba, que se encuentra conectado a la línea de alta tensión trifásica del circuito de potencia, conformado por la misma bomba y su estructura principal.

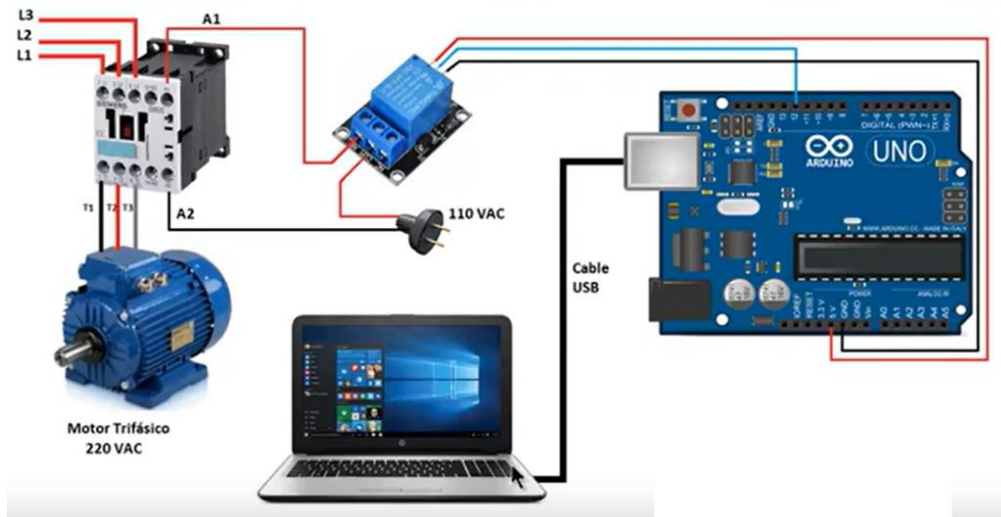


**Figura 9:** Botones para el control de la salida del agua en el sistema de llenado en conjunto al interruptor del lavado

**Fuente:** Alido Chang (2022)

En función de la necesidad explicada, la placa Arduino enviará una señal digital, que posteriormente energizará la bobina del contactor trifásico de la línea del motor referido a la bomba. La lógica de control de la energización de dicha bobina se

encuentra a su vez relacionada con el llenado de los botellones, que introducen el mecanismo de control de nivel a partir de las mediciones recibidas por los detectores puntuales ubicados en conjunto al sistema principal. En su totalidad, el actuador principal es la bomba trifásica (Ver especificaciones en la figura 28), que es manejada por el circuito de mando (Lógica en Arduino y conexión de mando principal), las acciones de control referidas a estos elementos son realizadas a través de la interfaz gráfica, que ejecuta las instrucciones en función de las necesidades del sistema desarrollado. Un esquema similar al que se busca desarrollar en la presente investigación se muestra en la siguiente figura 27:



**Figura 27:** Control de motor trifásico a través de Arduino y PC

**Fuente:** Llamas, L. (2020)

Con esto, la ejecución de las acciones referidas al proceso físico simplemente se encargará de manejar el estado de la bomba, activándola en el caso en que se desee obtener suministro de agua hacia los botellones (proceso de llenado). Al comenzar el llenado, los botellones se mantendrán automáticamente según las condiciones establecidas por el usuario, hasta que los detectores para la medición de nivel indiquen la finalización del proceso, desenergizando automáticamente la bobina que produce el arranque del motor de manera directa.



**Figura 28:** Especificaciones de la bomba disponible en la planta

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Al existir tres modelos de botellones distintos, la posibilidad de utilizar el mismo caudal de entrada para todos estos no es posible, ya que el desbordamiento de estos puede llegar a ser un problema. Una solución consiste en la utilización de una válvula proporcional electrónica, activada por un voltaje variable (Ver figura 29). Esta se instala en la tubería de salida de las zonas de llenado 1 y 2 respectivamente, para posteriormente regular la entrada establecida dentro del proceso. El Arduino enviará una señal, controlada por PWM, que establecerá el porcentaje de apertura de la válvula de manera automática. Los caudales evaluados para el funcionamiento de cada caso son establecidos en la siguiente tabla, que muestran, a través de pruebas realizadas en el proceso físico, el tiempo de llenado necesario para cada botellón.

**Tabla 4:** Caudales apropiados para el llenado de cada tipo de botellón

Capacidad del botellón (lts)	Caudal establecido para el llenado (lts/s)
5	0,71
15	1
20	1,33

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 29:** Electroválvula proporcional para trabajar con Arduino

**Fuente:** Mercado Libre (2022)

El caudal máximo establecido dentro del sistema actual corresponde a 1.54 lts/s, este es regulable mediante la válvula manual existente en la actualidad. La válvula es regulable entre un rango de 0 a 1,66 lts/s. Igualmente, se busca cerrar la válvula completamente al finalizar el proceso de llenado. Para los botellones de 20 y 15 lts, se puede utilizar el caudal máximo hasta llegar a la mitad del llenado máximo, siendo para estos la apertura completa mandada a través del PWM, y posteriormente son colocados los caudales mostrados en el cuadro, con respecto al botellón de cada capacidad.

#### **4.3.1.3. Medición de variables físicas**

Dentro de los objetivos del sistema, se encuentra verificar el estado de los tanques de almacenamiento de 2000 y 500 lts, respectivamente. La activación de la bomba que suministra el líquido directamente hacia el sistema, jamás deberá de ser accionada si los tanques de almacenamiento de 500 lts se encuentran vacíos. Al mismo tiempo, la ubicación de los tanques de almacenamiento de 2000 lts se encuentra algo alejada del sistema de llenado principal, por lo cual, integrar el estado de las variables físicas del sistema hacia una zona de distribución principal es clave para proseguir con los objetivos básicos de las condiciones a controlar dentro del sistema.

Al mismo tiempo, se requiere conocer las condiciones de tres variables referidas al estado del agua para consumo recibida en los tanques de 500 lts. Conocer el estado de la temperatura, pH y humedad, permitirá satisfacer y añadir mejores prestaciones al sistema actual, que desconoce totalmente el estado de variables de esta índole, las

cuales suelen ser revisadas con suficiente cuidado al momento de realizar la creación de procesos de estas características. Este punto da fuerza al sistema principal, y dota al operario de herramientas innovadoras para su trabajo.

#### 4.3.1.3.1. Sensores de nivel puntuales

Se deberán adquirir sensores de nivel puntual, para establecer las condiciones de trabajo en el llenado de los tanques de almacenamiento de 2000 y 500 lts. La idea es que exista la posibilidad de notificar si existe un desbordamiento de alguno de los tanques, o en su defecto que alguno se encuentre vacío. Esta instalación toma en cuenta la existencia de distintos tipos de detectores de proximidad, por lo que, en este caso, se puede hacer uso de sensores ultrasónicos para detección puntual de nivel. Los tanques de almacenamiento son un tamaño adecuado para su colocación, por lo cual, implementar este tipo de detectores es sencillo, por disponer del espacio adecuado para hacerlo.

De esta forma, se selecciona al sensor ultrasónico HC-SR04 para la medición puntual de nivel (Ver figura 30). En total, se requieren 18 sensores de este tipo, ya que se dispone de 5 tanques de 2000 lts y 4 de 500 lts. La instalación debe ser colocada aproximadamente en el 15% del tanque para medición de nivel bajo, y en el 85% para medición de nivel alto (Cercana al desbordamiento). En este caso, las señales recibidas son distribuidas mediante el cableado de los sensores, que es suficiente para lograr alcanzar el espacio de ubicación del Arduino.



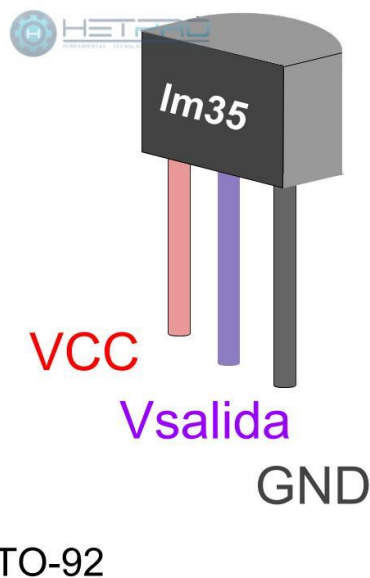
**Figura 30:** Sensor ultrasónico HC-SR04

Fuente: Castaño S. (2019)

#### 4.3.1.3.2. Selección de medidores de variables físicas

Las tres variables físicas a medir dentro del sistema corresponden a la temperatura, pH del agua, y humedad ambiental. Las primeras dos, son seleccionadas para verificar las condiciones del agua para el consumo humano, en función de los rangos establecidos y verificados durante la fase diagnóstica. Al mismo tiempo, esto ofrece información a los operarios que suministra un medio como herramienta para determinar las condiciones ideales del proceso referido en este caso. Por su parte, la humedad debe de ser verificada para la seguridad de algunos componentes del sistema, observación de la influencia del mismo en las condiciones ambientales, y la modificación del estado de variables específicas referidas al proceso manejado.

El sensor utilizado para la medición de temperatura será el LM35, un sensor económico ideal para la medición de temperatura en agua, con un rango lo suficientemente amplio (-55 a 150 °C), para ejecutar la medición en este líquido. Para poder sumergirlo, se coloca una capa protectora, que permite tener a este sensor midiendo superficialmente la temperatura del agua haciendo contacto con la misma. (Ver figura 31)

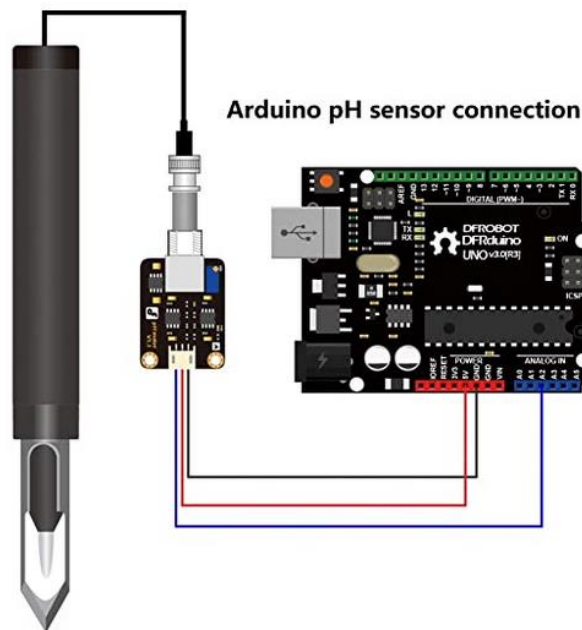


**Figura 31:** Patillas del sensor LM35

Fuente: Castaño S. (2019)

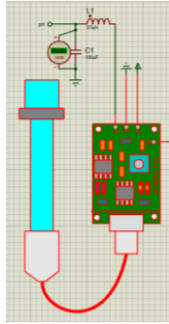
Por su parte, para la medición de pH se hace uso del sensor provisto por Arduino para este propósito, el DFROBOT SEN0249 (Ver figura 32). A partir de este sensor, se obtiene la medición directa de esta variable, conectando la entrada analógica del mismo hacia el Arduino. Por su funcionamiento, se requiere obligatoriamente de un pequeño filtro LC (Ver figura 33), el cual mitiga las variaciones de la tensión de salida incrustadas por la estructura física del mismo, y su propio principio de funcionamiento.

Por último, para la medición de Humedad se hará uso del sensor DHT22 (Ver figura 34), un clásico para la medición de Temperatura y Humedad a bajo costo. Se prefiere a este sensor sobre el modelo DHT11 por las prestaciones ofrecidas, que se encuentran un peldaño por encima de este modelo en precisión, velocidad de respuesta y facilidad de conexión. Al mismo tiempo, la estructura comprendida por este medidor integra nuevas vertientes fundamentales para la construcción del sistema, que son imprescindibles dentro del mismo. La programación de todos estos medidores y su conexión con el Arduino puede ser vista en el Anexo C.



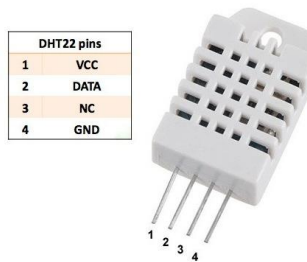
**Figura: 32** Sensor DFROBOT de pH para la conexión con Arduino

Fuente: Amazon (2022)



**Figura 33:** Filtro LC colocado en la salida del sensor

Fuente: Alido Chang (2022)



**Figura 34:** Sensor DHT22 para la medición de Temperatura y Humedad

Fuente: Mercado Libre (2022)

#### 4.3.1.4. Programación del control de llenado

La programación del llenado automático de botellones basa su funcionamiento en la información provista por los sensores ubicados externamente al proceso de llenado. La comunicación existente entre el Arduino y los sensores es instantánea, por lo que la información será adquirida en el momento exacto en el que el estado de las variables tomadas produzca algún tipo de modificación. En función de esto, el diseño esquematiza los elementos necesarios para que se produzca correctamente el comportamiento del sistema deseado.

Inicialmente, el Arduino debe de recibir la señal de los detectores de proximidad, que indican que el botellón colocado se encuentra sobre el espacio requerido para el inicio del proceso. Al ser detectado, el proceso se da inicio cuando el indicador luminoso establece que la marcha es posible. El operario deja el botellón durante un tiempo estipulado (Programado en el Arduino), para así de manera posterior, enviar la señal de activación a la bomba. A partir de este punto, el proceso de llenado finalizará cuando se detecte el nivel máximo estipulado para cada botellón (Cuando el detector

de nivel referido a las alturas específicas se active), y finalmente el botellón deberá ser retirado para permitir el llenado del siguiente. Al finalizar el llenado, sonará una pequeña alarma indicadora, que avisará al operario que el producto está listo para ser retirado.

Una condición necesaria de manera obligatoria para que el sistema de llenado pueda accionarse, consiste en que los detectores de los tanques de 2000 y 500 lts, siempre deben de encontrarse por encima del rango establecido para nivel bajo, ya que, en caso contrario, significaría que los tanques se encuentran vacíos. Esto se representa parando totalmente el proceso en el caso de que todos los detectores de nivel bajo se encuentren activos, debido a las consecuencias que pueden derivarse al accionar la bomba con depósitos vacíos.

Una porción del código de programación se muestra en las siguientes figuras. 35 y 36. La totalidad de la programación de la placa Arduino MEGA 2560 puede ser vista en el Anexo C.



```

Control_de_nivel_llenado_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Control_de_nivel_llenado_Arduino
#include <DHT.h>
#define SensorPin 0 // the pH meter Analog output is connected with the Arduino's Analog
#define DHTPIN 5 // Pin donde está conectado el sensor
// #define DHTTYPE DHT11 // Descomentar si se usa el DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // Sensor DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
unsigned long int avgValue; //Store the average value of the sensor feedback
float b, pHValue, temp;
int buf[10];
int a1,b1,a2,b2,a3,b3,a4,b4,a5,b5;
int d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,d8,d9,d10,m5a,m15a,m20a,m5b,m15b,m20b;
int bp1,ap1,bp2,ap2,bp3,ap3,bp4,ap4;
int esta, estb, llenadoa,llenadob,bomba;
int tprom1, tprom2, tprom3;
int botellon5, botellon15, botellon20,botellon5a, botellon15a, botellon20a,botellon5b, botellon15b, botellon20b;
int k = 2;
int i,m;
int mensaje = 15;
int parar;
char reinicio;
void setup() {
  Serial.begin(57600);
  //DECLARACIÓN DE ENTRADAS
  //DETECTORES DE PROXIMIDAD
  pinMode(49, INPUT);

```

**Figura 35:** Parte del código de programación de la placa Arduino (Asignación de variables)

**Fuente:** Alido Chang (2022)

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Control_de_nivel_llenado_Arduino
,
if(parar==0) {
if((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==LOW) & (d4==LOW) & (d5==LOW)) {
    esta = 1;
    delay(2000);
    if((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==LOW) & (d4==LOW) & (d5==LOW) & (m5a==LOW)) {
        i = 0;
        digitalWrite(44, HIGH);
        digitalWrite(2, HIGH);
    }
}
else if((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==HIGH) & (d4==HIGH) & (d5==LOW)) {
    esta = 2;
    delay(2000);
    if((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==HIGH) & (d4==HIGH) & (d5==LOW) & (m15a==LOW)) {
        i = 0;
        digitalWrite(44, HIGH);
        digitalWrite(2, HIGH);
    }
}
else if((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==HIGH) & (d4==HIGH) & (d5==HIGH)) {
    esta = 3;
    delay(2000);
    if((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==HIGH) & (d4==HIGH) & (d5==HIGH) & (m20a==LOW)) {
        i = 0;
        digitalWrite(44, HIGH);
    }
}
```

**Figura 36:** Parte del código de programación de la placa Arduino (Lectura de detectores y determinación de acciones asociadas)

Fuente: Alido Chang (2022)

### 4.3.2. Desarrollo de un sistema de conteo automático de botellones

En virtud de conseguir mejorar la precisión del proceso físico, y eliminar al máximo la influencia del operario dentro del mismo, por la gran cantidad de errores derivados de su participación directa dentro del sistema de llenado actual, se debe conseguir integrar un sistema de conteo automático, que muestre el número total de botellones vendidos durante una jornada laboral. Esta se considera una necesidad importante, debido a que las condiciones actuales revisadas a través de la experiencia del operario dentro del proceso, dan como resultados discrepancias grandes entre el número de botellones vendidos registrados por los operarios manualmente, la cantidad percibida por su venta y los datos obtenidos durante el tiempo de evaluación en la operación del negocio.

El sistema de conteo, será realizado estableciendo una variable de conteo dentro del programa desarrollado en Arduino IDE, que sumará un dígito en caso de terminar con el llenado de un botellón. Para evitar problemas en este apartado, el conteo tendrá en cuenta las condiciones exactas para contabilizar el incremento de la variable, tomando en cuenta cualquier situación atípica que pueda presentarse sin previo aviso. Una porción del código desarrollado evidencia la operación del esquema realizado, en virtud de los elementos planteados actualmente. (Ver figura 37 y 38)



```
Control_de_nivel_llenado_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

}
if ( (m5a==HIGH) & (m15a==LOW) & (m20a==LOW) & (esta==1) ) {
  llenadoa = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(45,HIGH);
  digitalWrite(44,LOW);
  digitalWrite(2,LOW);
  if(i==0){
    botellon5a++;
    i++;
  }
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5a = 0;
    botellon15a = 0;
    botellon20a = 0;
  }
}
else if ( (m5a==LOW) & (m15a==HIGH) & (m20a==LOW) & (esta==2) ) {
  llenadoa = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(45,HIGH);
  digitalWrite(44,LOW);
  digitalWrite(2,LOW);
  if(i==0){
    botellon15a++;
  }
}
```

**Figura 37:** Parte del código del conteo de botellones (Zona de llenado 1)

**Fuente:** Alido Chang (2022)

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
if ( (m5b==HIGH) & (m15b==LOW) & (m20b==LOW) & (estb==1) ) {
  llenadob = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(34,HIGH);
  digitalWrite(43,LOW);
  digitalWrite(3,LOW);
  if(m==0){
    botellon5b++;
    m++;
  }
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5b = 0;
    botellon15b = 0;
    botellon20b = 0;
  }
}
else if ( (m5b==LOW) & (m15b==HIGH) & (m20b==LOW) & (estb==2) ) {
  llenadob = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(34,HIGH);
  digitalWrite(43,LOW);
  digitalWrite(3,LOW);
  if(m==0){
    botellon15b++;
  }
}
```

**Figura 38:** Parte del código del conteo de botellones (Zona de llenado 2)

**Fuente:** Alido Chang (2022)

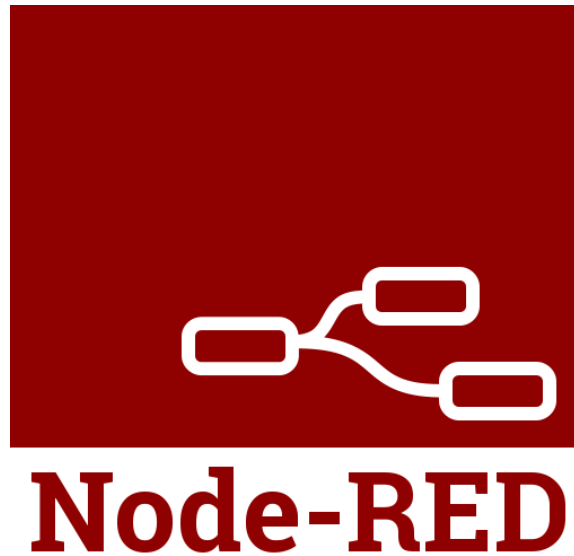
Este código (figuras 37 y 38) toma en cuenta la finalización del llenado de los botellones, mediante el empleo de los sensores de detección de nivel puntual, que envían sus lecturas a las entradas del Arduino. En la porción de código observada, el nivel es verificado, y posteriormente la variable que incluye la cuenta se incrementa de manera proporcional al incremento de botellones referenciado. Una situación tomada en cuenta, ocurre cuando un botellón es dejado durante un tiempo sin ser retirado. Para evitar que se siga contando la detección por cada ciclo de ejecución, se crea una bandera de referencia, que sólo modifica su estado cuando el botellón es retirado. De esta forma, los botellones sólo son contados cuando la finalización del proceso de llenado ocurre, y finalmente, se produce el desarrollo de los aspectos referidos a la construcción del esquema logrado.

Es importante destacar que el sistema de conteo funciona al mismo tiempo para ambos botellones, por lo que el llenado de estos y su posterior cuenta, se produce justo cuando finaliza el proceso de llenado de estos, sea al unísono o en diferido. Una porción del código de la segunda zona de llenado se muestra en la figura 38. En función de esto, se pretende mostrar el funcionamiento de este sistema a través de simulación, para observar a través de la interfaz HMI la integración del conteo en forma gráfica con el sistema, facilitando su observación para el operario.

#### **4.3.3. Creación de una interfaz HMI**

El desarrollo de la interfaz HMI, para el control de llenado de los botellones y observación del estado del proceso físico, conforma parte importante de la creación del proyecto, principalmente a lo que en hardware hace referencia dentro del mismo. Buscando hacer frente a este objetivo, es necesario establecer los parámetros del proyecto en referencia a las acciones que serán ejecutadas a través de la interfaz, y además, la estructura del sistema de alertas que posee relación directa con la estructura de monitoreo a realizar de manera final.

Para conseguir el desarrollo de esta interfaz de manera adecuada, se hará uso del software Node Red (Ver figura 39), que en los últimos años ha tomado renombre como una de las principales referencias en el mercado de la automatización y control industrial. Node Red suele utilizarse para el desarrollo de proyectos de sistemas de control, monitoreo, acceso remoto de dispositivos, creación de interfaces gráficas (haciendo uso de su Dashboard), y un sinnúmero de aplicaciones de gran utilidad en el mercado de la ingeniería. La potencialidad ofrecida a través de la programación utilizada dentro del mismo, se corresponde con una serie de elementos en un lenguaje gráfico, que utiliza “nodos” para la ejecución de funciones dentro del programa. La instalación de librerías y paquetes es innumerable, así que es un software que se mantiene en constante expansión, en vista a un crecimiento en proyección sumamente interesante para liderar el futuro de este campo.

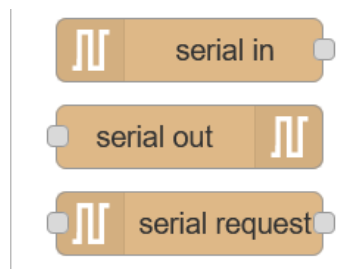


**Figura 39:** Logo de Node Red

**Fuente:** Wikipedia (2022)

#### 4.3.3.1. Integración con el sistema de llenado

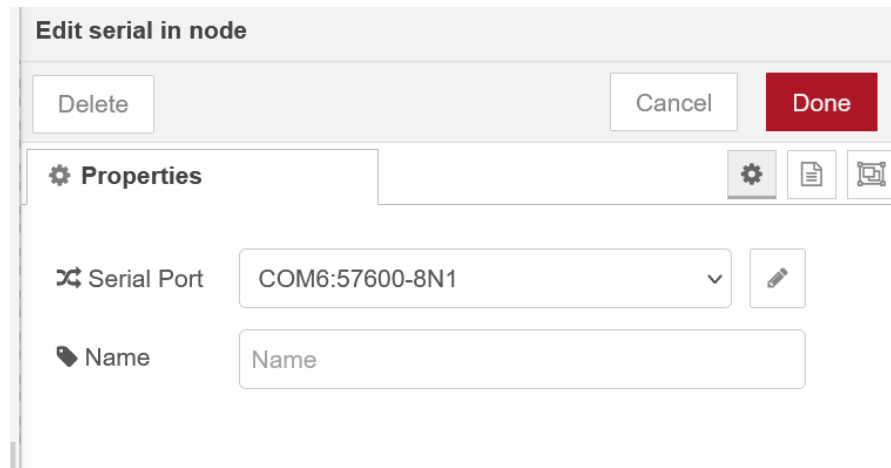
Para conseguir la integración del sistema de llenado con la interfaz HMI de usuario, el Arduino utiliza comunicación serial para enviar los datos a través de un cable USB. Los datos recibidos por el puerto serial, son leídos por un computador, que toma en cuenta la procedencia de los mismos para la determinación de acciones en el programa. Dentro de Node Red, existen elementos de programación gráfica conocidos como nodos, en donde se procede a utilizar el referido a la comunicación serial. (Ver figura 40)



**Figura 40:** Nodos de comunicación serial

**Fuente:** Alido Chang (2022)

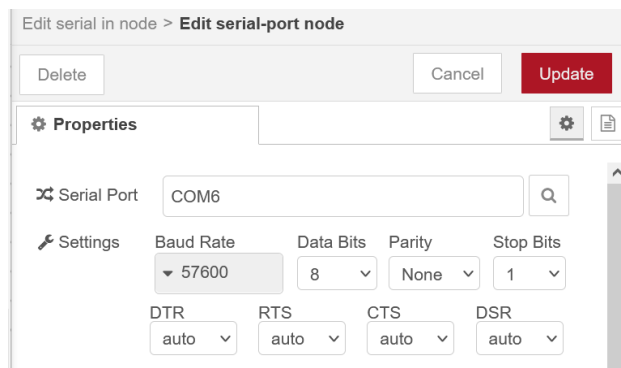
Los datos son recibidos a través del nodo Serial in, que debe de ser configurado con el puerto serial utilizado, simplemente a través de la disposición de los elementos internos dentro del sistema. La pantalla dispuesta por Node Red para la configuración de estas funciones se muestra a continuación en la figura 41.



**Figura 41:** Configuración interna del nodo “serial in”

Fuente: Alido Chang (2022)

Se procede entonces a colocar la configuración respectiva para conectar la placa Arduino MEGA 2560 al computador personal, que en este caso será representado por una laptop. Realizando la lectura, se posee todo el mensaje enviado desde Arduino, en el formato de comunicación serial establecido. La tasa de baudios enviada es de 57600, además de otras características fundamentales para el establecimiento de la comunicación serial. (Ver figura 42)



**Figura 42:** Configuraciones del puerto serial seleccionado

Fuente: Alido Chang (2022)

Obteniendo los datos, se debe observar el formato utilizado por el Arduino, programado en su interfaz de desarrollo, para el envío de los datos a través del canal de comunicación (Ver figura 43). Este formato envía los datos en un formato String, y separa cada uno de ellos a través de “,” que permiten diferenciar uno con respecto de otro. Al venir en este formato, dentro de Node Red puede realizarse la adaptación de estos simplemente modificando sus propiedades mediante una función específica.

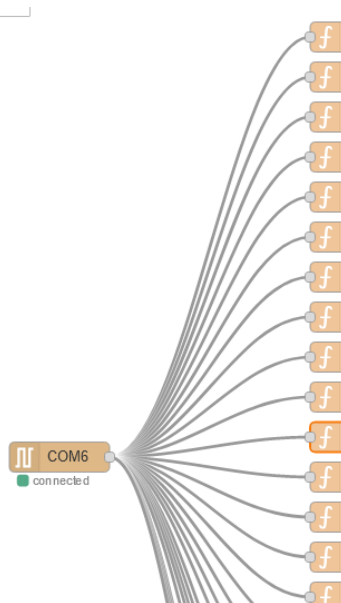
```

// ENVÍO DE DATOS POR COMUNICACIÓN SERIAL
Serial.println(String(a1)+","+String(b1)+","+String(a2)+","+String(b2)+","+String(a3)+","+String(b3)+"
```

**Figura 43:** Formato de datos enviados por comunicación serial a través del Arduino

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Dentro de Node Red, se crea un nodo (Ver figura 44), y dentro de él, un arreglo a través de funciones internas, que utilicen la directiva `.split(‘,’)`, y que introduzcan el mensaje recibido por el puerto serial al contenido de dicho arreglo. Al tener esto, el “`msg.payload`” (Ver figura 45), introducirá el contenido del arreglo referenciado a la variable que se desea extraer del mensaje, y se tendrá en la salida de la función programada para su posterior utilización dentro de la interfaz del programa.



**Figura 44:** Puerto serial de entrada conectado a las funciones que extraen su contenido

**Fuente:** Alido Chang (2022)

```

1 var med=msg.payload.split(',');
2 msg.payload=med[0];
3 return msg;

```

**Figura 45:** Almacenamiento de las variables del mensaje en un arreglo, y carga en “msg.payload”

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Con esto, se consiguen extraer todas las variables enviadas por el Arduino, en referencia al sistema de llenado, las mediciones recibidas por los sensores, y los mensajes a mostrar en la interfaz gráfica. Se crea entonces una interactividad ofrecida sencillamente por el uso de Node Red como programa de desarrollo, estableciendo el camino ideal para la funcionalidad del sistema diseñado.



**Figura 46:** Node “serial out” para envío de datos desde Node Red al Arduino

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Igualmente, la transmisión de datos puede ocurrir en ambas direcciones, ya que es colocado un nodo de “serial out” para enviar datos desde la interfaz de Node Red al Arduino (Ver figura 46). Obteniendo estos datos, el Arduino se encargará de ejecutar acciones basadas en las situaciones referenciadas dentro de este, esto se verá de manera posterior en la estructura completa de la interfaz gráfica.

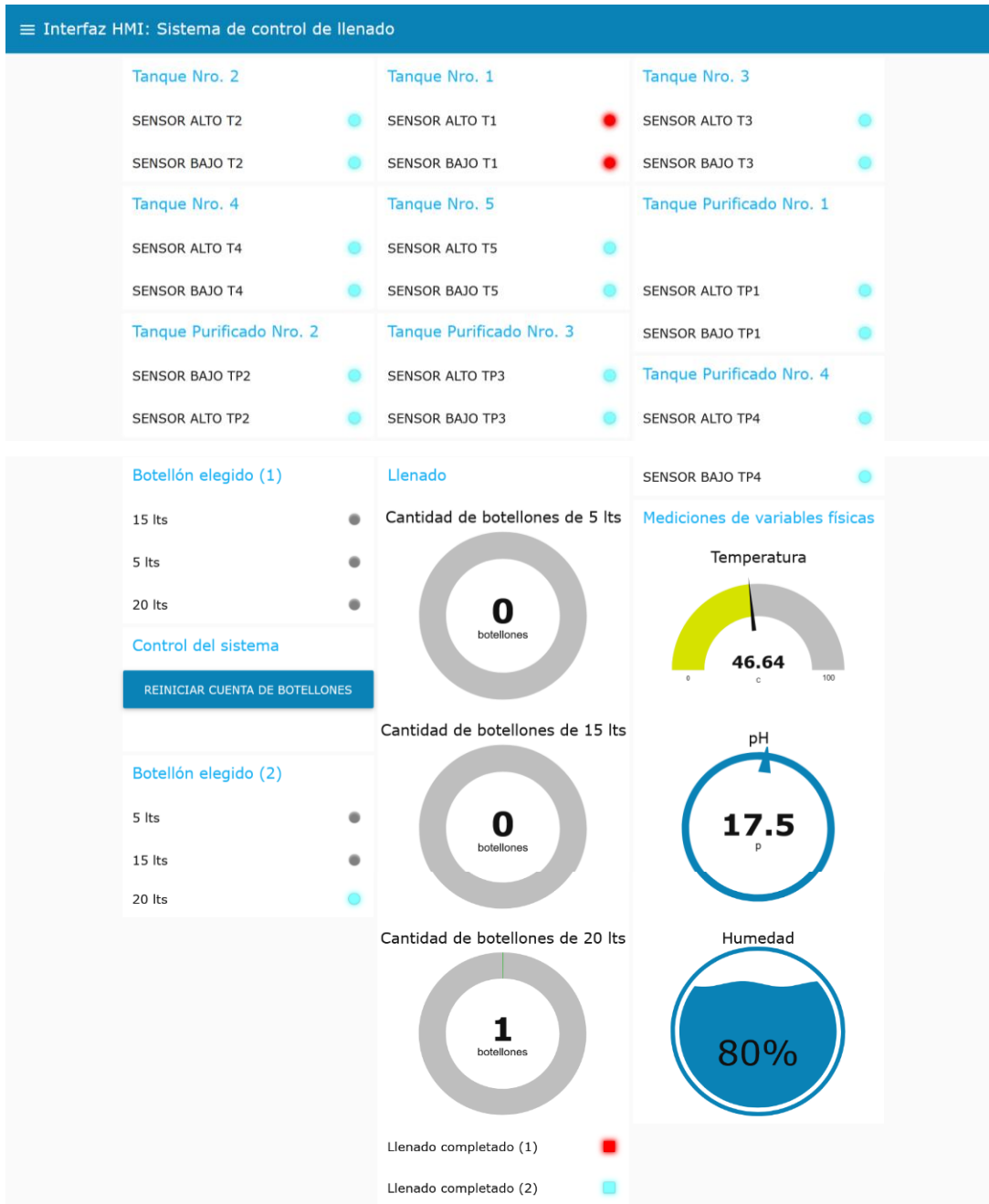
#### **4.3.3.2. Estructura de la interfaz HMI**

Node Red permite observar gráficamente el comportamiento de sus variables utilizando los nodos encontrados en el “Dashboard”, que muestran el comportamiento de las variables en un tiempo real. Para este caso, el objetivo consiste en que el sistema de llenado pueda mostrar el estado de las condiciones básicas de llenado, con la notificación del tipo de botellón seleccionado, el estado de los sensores conectados en los tanques de 2000 y 500 lts, y además, indicadores de llenado de los botellones. A su vez, internamente se encuentra asociado los datos referidos al sistema de conteo

automático, que actualiza el número de botellones vendidos en el proceso. La interfaz HMI desarrollada, a través del Dashboard de Node Red, se muestra en la figura 47.

Dentro de la interfaz diseñada, se encuentran un gran número de elementos que aportan significativamente aspectos de interés en la jornada de trabajo del operario, utilizando información de referencia para la consecución de los objetivos básicos por parte de este. En función de esto, inicialmente se tienen un conjunto de 18 leds indicadores, los cuales se encuentran distribuidos en grupos referidos al tanque al cual pertenecen (Instalación). Estos LEDS indicadores reciben el estado de las entradas conectadas a la placa Arduino, y muestran el funcionamiento de los sensores según sea el caso. Cuando estos LEDS están encendidos, el color corresponde a un azul cielo, mientras que cuando están apagados, se muestran en color rojo. Así, el operario tiene información del llenado de los tanques de 2000 y 500 lts, para conocer sin la necesidad de acudir a su ubicación el estado de la variable de nivel dentro de los mismos.

Por otro lado, también se encuentra una zona referida a los botellones elegidos en los dos espacios de llenado. Los detectores capacitivos ubicados en las zonas de llenado para la detección del tipo de botellón colocado, envían sus señales al Arduino, y este posteriormente hace lo mismo hacia la interfaz de Node Red. Dependiendo de los detectores activados, los LEDS del botellón elegido se encenderán mostrando la capacidad del mismo. Durante el llenado, el sistema mantiene el LED indicador con el tamaño del botellón elegido. En caso de que el botellón sea retirado (Ningún sensor activado), entonces los LEDS se encontrarán apagados dentro del sistema.



**Figura 47:** Interfaz HMI desarrollada en Node Red

Fuente: Alido Chang (2022)

En la zona de llenado, se dispone del contador de botellones, para cada uno de los tamaños disponibles. Este contador muestra el estado de las variables referidas y contadas dentro del Arduino al momento de finalizar el proceso de llenado. Su actualización es completamente automática al terminar el proceso de llenado de un botellón. Si dos botellones del mismo tipo se encuentran llenándose al mismo tiempo, y finalizan el proceso al unísono, el contador se actualiza sumando los botellones contados sin inconveniente alguno. La programación específica de este apartado se verá de manera en su respectiva explicación para el diseño del sistema de conteo. Asimismo, en la parte inferior se observan dos LEDS indicadores, que muestran cuando un botellón ha finalizado el llenado. Existen dos LEDS, cada uno referenciado a la zona (1) o (2) de llenado de los mismos.

Los botellones contados dentro del sistema pueden ser reiniciados en todo momento, mediante el botón con la leyenda “REINICIAR CUENTA DE BOTELLONES”. A través de este, se envía un mensaje por comunicación serial al Arduino, que en ese mismo instante coloca en 0 el valor de las variables de cuenta de los botellones. La principal aplicación de este botón se encuentra referenciada al reinicio de la cuenta en una jornada de trabajo, en el caso en que se desee comenzar de nuevo el conteo de todos estos.

Finalmente, se observan los tres medidores de las variables físicas asociadas a revisar. Las dos primeras, se miden internamente dentro del sistema de llenado automático, es decir, brindan la información de estado del agua para el consumo (Temperatura y pH). Por otro lado, el sensor de temperatura/humedad DHT22 establece las condiciones ambientales en las cuáles se encuentran los tanques de 500 lts encontrados de manera cercana al sistema. Esto añade información de importancia al proceso físico, en función del establecimiento de las condiciones prácticas que se buscan integrar dentro del mismo. Las variables son medidas a través del Arduino, enviadas por el puerto serial y mostradas utilizando los medidores gráficos disponibles en la interfaz del Dashboard de Node Red.

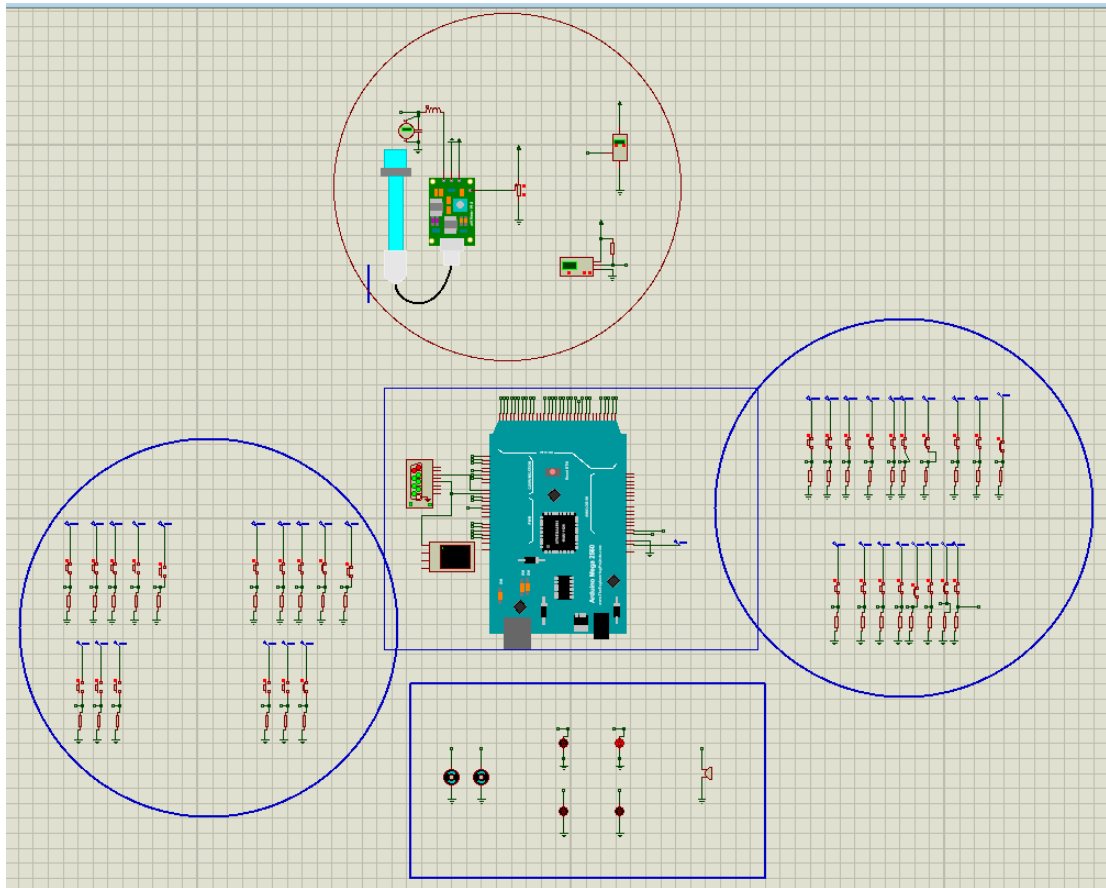
#### **4.4. Fase IV. “Realizar la simulación del sistema diseñado a través del software apropiado para este propósito”.**

La fase de simulación se considera imprescindible para conseguir establecer el funcionamiento del sistema diseñado, en relación al prototipo que se desea conseguir mediante el diseño pretendido dentro de esta investigación. En función de esto, se proceden a simular los sensores que constituyen los elementos de adquisición del sistema, la comunicación serial existente entre la placa Arduino MEGA 2560 y el computador, y el funcionamiento de la interfaz HMI, que integra a su vez el sistema de conteo de botellones.

Cada apartado mostrará las capturas del proceso de simulación, en función de corroborar los pasos relacionados a cada explicación realizada. Al mismo tiempo, el funcionamiento del sistema se produce con ciertos matices, que claramente no se presentan en un hipotético modelo real del prototipo, además de buscar integrar el comportamiento de este dentro de los parámetros establecidos para que se produzca la mayor viabilidad en el desarrollo de la propuesta.

##### **4.4.1. Sensores y circuitos electrónicos simulados**

La simulación de los sensores y los circuitos referidos al proceso físico se realiza dentro del software Proteus de Labcenter Electronics. Los sensores de detección puntual de nivel, proximidad y nivel alto/bajo son simulados como resistencias de PULL DOWN, que al cerrar los botones conectados emulan el comportamiento en nivel alto de los sensores utilizados. Por otro lado, se encuentran segmentadas en distintas zonas encerradas en círculos las principales zonas del sistema físico, por lo que cada una de estas se relacionan entre sí y son colocadas individualmente para establecer las características del sistema.



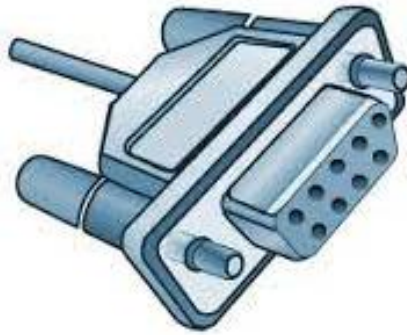
**Figura 48:** Diagrama completo del sistema de llenado en Proteus

**Fuente:** Alido Chang (2022)

El sistema se distribuye en cuatro zonas, referidas a los círculos observados en la figura 48. En la zona derecha, se encuentran los sensores de nivel puntual de los tanques de almacenamiento de 2000 y 500 lts, para el monitoreo de sus condiciones de llenado. En la parte superior se encuentran los tres sensores para la medición de Temperatura, pH y Humedad. En la parte izquierda se encuentran los detectores de proximidad para los tipos de botellones seleccionados, y a su vez, los detectores de nivel máximo para los botellones de 5, 15 y 20 lts de capacidad. Finalmente, el rectángulo inferior muestra los indicadores, en forma de LEDs, que integran el sistema, además de dos motores DC, que solamente hacen alusión a las bombas que serán controladas por medio del Arduino. También es observada una bocina para la indicación del llenado final.

#### 4.4.2. Simulación y configuración de la comunicación serial

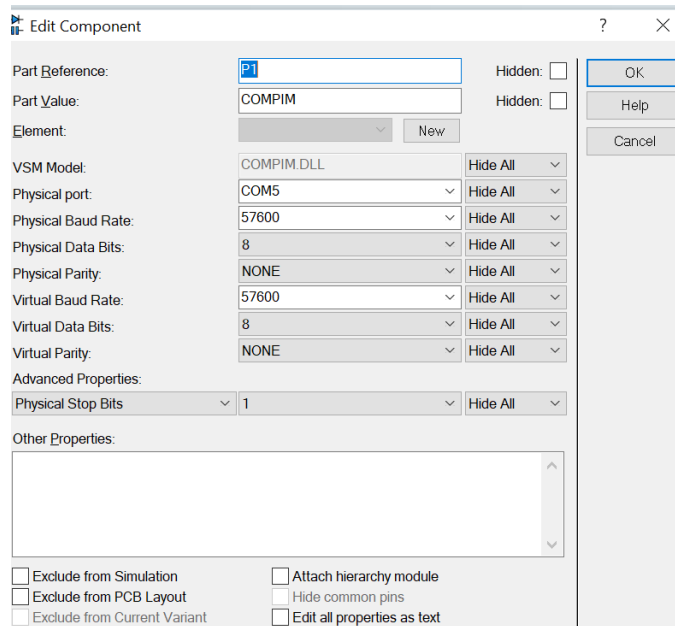
Para simular la comunicación serial existente entre el Arduino y el computador, en dónde se recibe la información del proceso físico, se requiere obligatoriamente simular los puertos seriales que comunicarán una estructura con otra. Para conseguir esto, se hace uso de un software conocido como Virtual Serial Port Driver (Ver figura 49), que es bastante utilizado en proyectos de sistemas de control, adquisición de datos, automatización industrial, y un sinnúmero de campos relacionados con la presente investigación.



**Figura 49:** Logo de Virtual Serial Port Driver

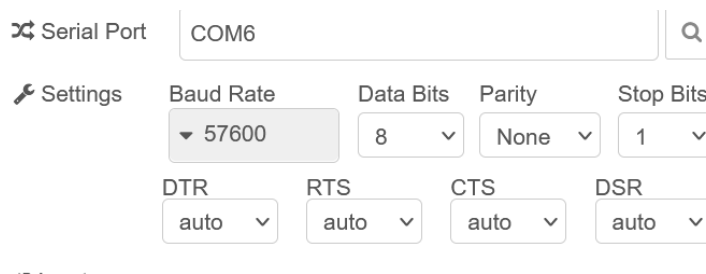
**Fuente:** Wiki Data (2022)

Para su configuración, simplemente se entra a la interfaz del software, y se crean dos puertos virtuales, que posteriormente deben de ser asignados a los softwares en los cuáles se encuentran los dispositivos a observar. En este caso, la figura 50 muestra la creación de dos puertos virtuales, el primero COM5, que será directamente asignado al Arduino ubicado dentro del software Proteus, y el segundo COM6, referenciado a la interfaz de Node Red (Ver figura 51). La configuración de estos puertos se realiza con las especificaciones establecidas, en donde principalmente, se prioriza la tasa de 57600 baudios utilizada en ambos casos.



**Figura 50:** Asignación del puerto COM5 en PROTEUS

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 51:** Asignación del puerto COM6 en Node Red

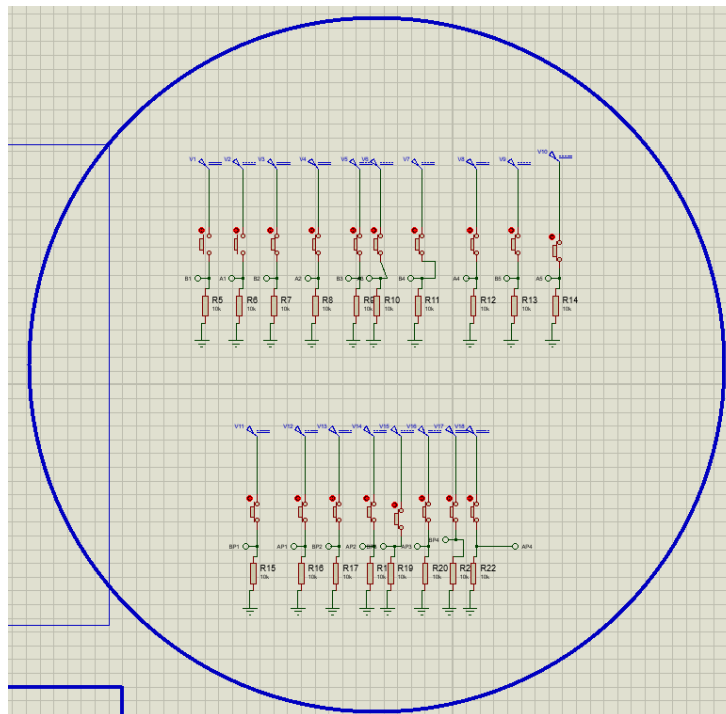
**Fuente:** Alido Chang (2022)

#### 4.4.3. Simulación del sistema de llenado

El sistema de llenado automático es simulado utilizando las herramientas individuales de forma conjunta, para así verificar el diseño planteado dentro del esquema principal de funcionamiento dispuesto en la investigación. Por esta razón, conseguir la funcionalidad del prototipo simulado repercute notablemente en el desarrollo del proyecto, por la sencilla razón de que la estructuración existente dentro del mismo, es única y exclusivamente derivada de la ocurrencia de las acciones principales del proceso, que al mismo tiempo se encuentran referidas al funcionamiento del mismo.

#### 4.4.3.1. Funcionamiento de los sensores y circuitos

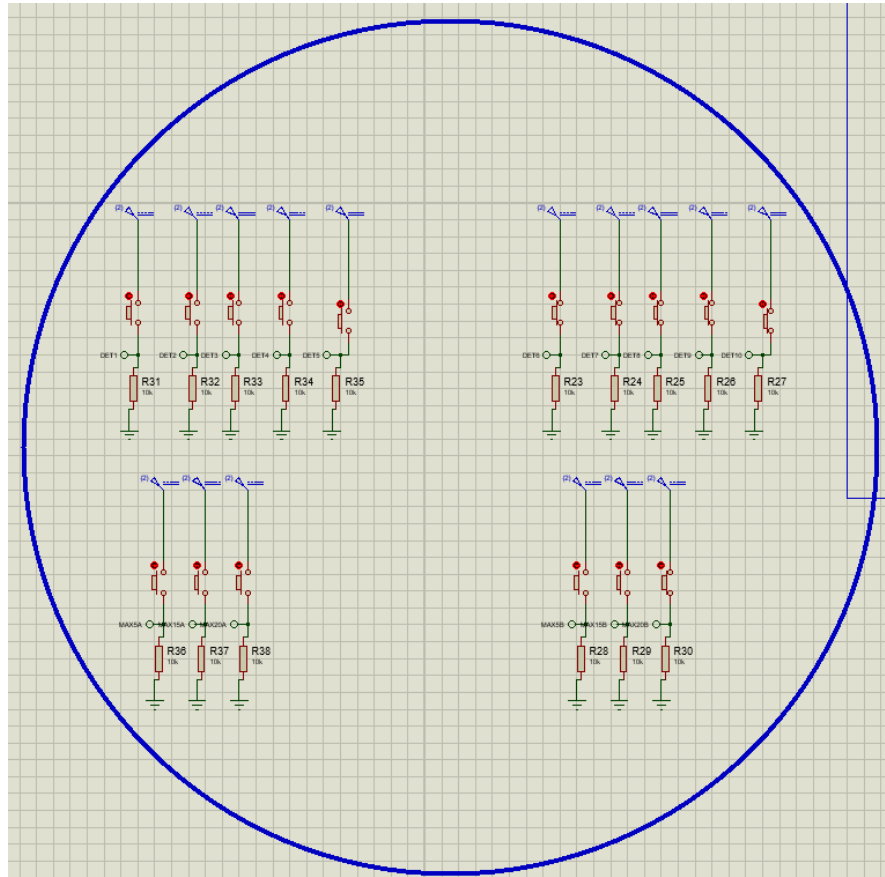
Los sensores encontrados en Proteus se simulan de forma acorde al funcionamiento estipulado dentro del esquema ya mencionado. Los detectores de nivel puntual de los tanques de 2000 y 500 lts, se cierran para emular la operación de los instalados de manera real dentro del sistema. En la figura 52, se observa el estado de los pulsadores encontrados en Proteus, y su posterior integración para el control del sistema.



**Figura 52:** Pulsadores que emulan el comportamiento de los sensores de nivel puntual

**Fuente:** Alido Chang (2022)

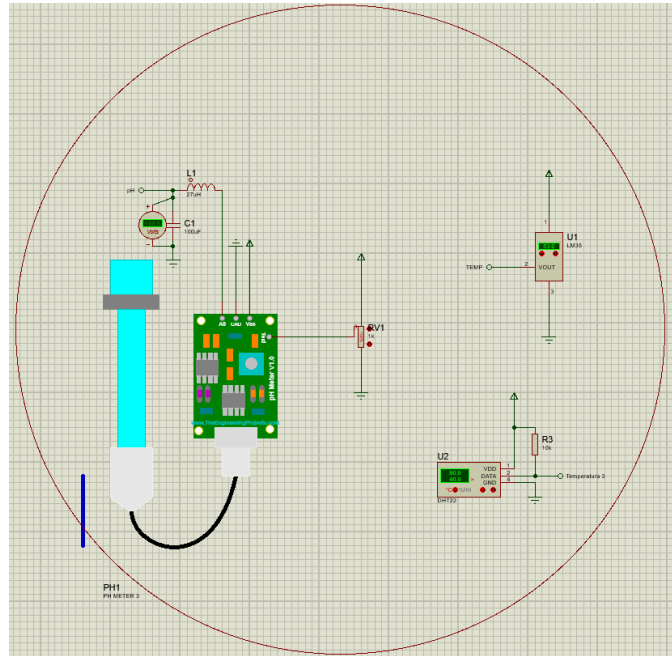
Al mismo tiempo, los pulsadores ubicados para la detección del tipo de botellón colocado, y aquellos utilizados para la detección de nivel máximo (Ver figura 53), conforman en su totalidad la estructura completa del sistema diseñado. Por esta razón, el esquema del prototipo utiliza pulsadores para emular las señales digitales obtenidas, repartidas adecuadamente en las zonas referidas a los dos espacios para el llenado de botellones. De esta forma, los dos procesos de llenado se emulan a la vez, por lo que la información recibida por parte de los sensores se contrasta utilizando los detectores apropiados para mostrar el estado en la interfaz HMI.



**Figura 53:** Pulsadores que emulan el comportamiento de los detectores de la zona de llenado. (Izquierda: zona de llenado 1, Derecha: zona de llenado 2)

**Fuente:** Alido Chang (2022)

De la misma forma, los sensores analógicos ubicados para la medición de Temperatura, pH y Humedad, permiten modificar continuamente el valor encontrado en sus salidas, para así enviar las señales directamente hacia las entradas analógicas del Arduino. Los sensores elegidos no requieren de circuitos de acondicionamiento de señales, ya que están precisamente diseñados para operar en conjunto con un microcontrolador, en especial con la placa Arduino (Ver figura 54).



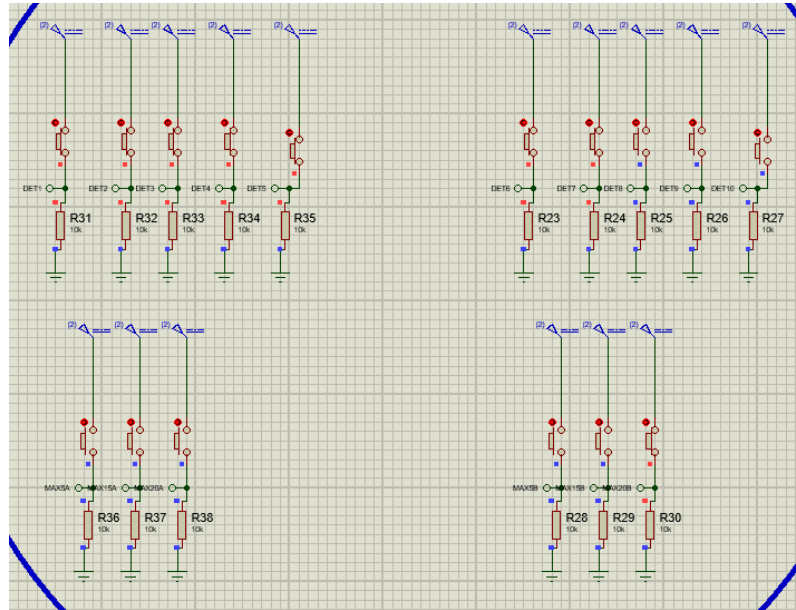
**Figura 54:** Sensores analógicos del sistema

Fuente: Alido Chang (2022)

Los indicadores, representados por los LEDs y alertas sonoras, son encendidos en el proceso cuando las condiciones programadas dentro del Arduino así lo establecen. A partir de esta idea, conseguir el funcionamiento óptimo de este sistema integra el uso de la interfaz HMI para ejecutar las acciones sobre el mismo, y notificar en caso del desarrollo de una situación anómala que repercute notablemente en la ocurrencia de un suceso dentro del sistema.

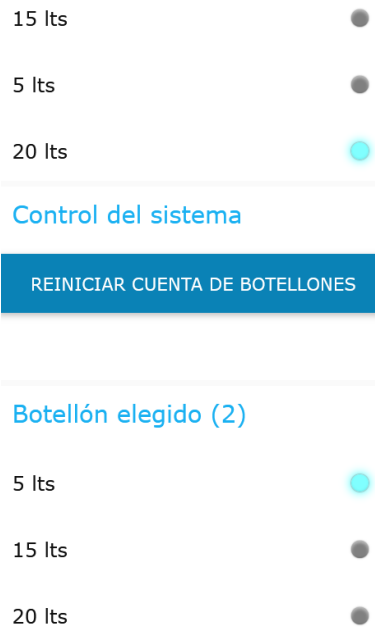
#### 4.4.3.2. Acción de la interfaz HMI

La interfaz HMI, integra el comportamiento del sistema para mostrar la funcionalidad existente dentro de este. Los LEDs de notificación de estado se ven modificados por los pulsadores colocados en Proteus, que utilizan el estado referenciado y lo muestran directamente al usuario. La figura 55 muestra la configuración de los detectores de 20 litros para la zona de llenado nro. 1 (Todos activados), para así establecer que este ha sido colocado en el sistema, mientras que se coloca uno de 5 lts para la zona de llenado nro. 2. La interfaz HMI muestra el botellón seleccionado para cada caso (Ver figura 56).



**Figura 55:** Botellón de 20 lts (Zona de llenado 1) y botellón de 5 lts (Zona de llenado 2)

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 56:** Interfaz HMI con los botellones detectados

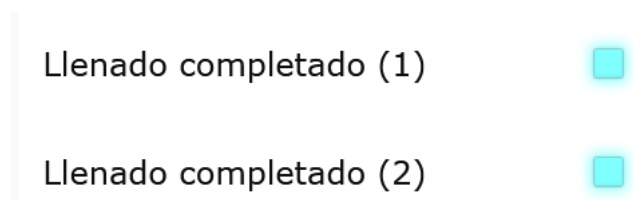
**Fuente:** Alido Chang (2022)

Teniendo los botellones seleccionados, el funcionamiento del sistema sigue hasta que se produzca el llenado completo de los botellones, que se indica con la activación de los sensores respectivos del sistema. Las bombas son accionadas automáticamente, hasta que el detector de nivel máximo de 5 lts se active al momento de replicar la detección. En el caso de la detección del llenado de 20 lts, los sensores de 5 y 15 lts se activarán al momento de que el agua pase por dicha zona. Posteriormente, se activará el detector de 20 lts, y así se terminará finalmente el proceso de llenado. Esto se muestra en la figura 57, y en la interfaz gráfica, se muestra el encendido de los leds referidos al llenado (Ver figura 58).



**Figura 57:** Detectores de 20 lts (Zona 1) y 5 lts (Zona 2)

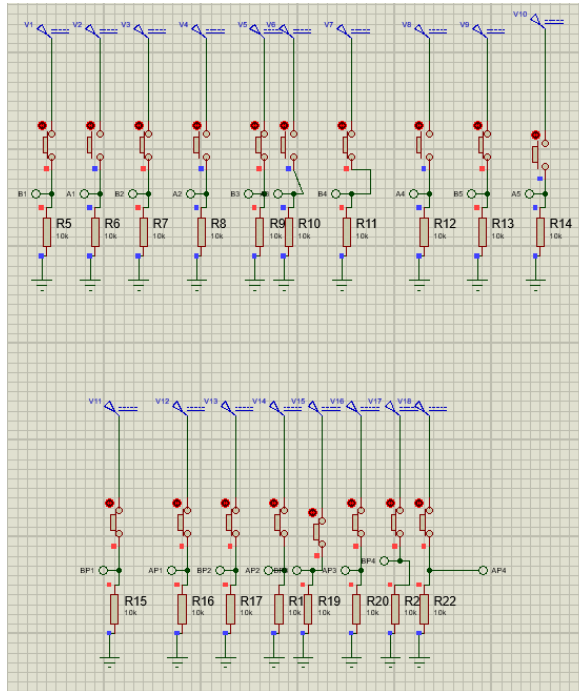
Fuente: Alido Chang (2022)



**Figura 58:** Interfaz HMI con la notificación de llenado en el sistema

Fuente: Alido Chang (2022)

De la misma forma, los sensores de detección puntual son ubicados a través del estado de los pulsadores colocados en Proteus. La verificación del estado de llenado de las variables, es fundamental para conseguir la practicidad del sistema, en conjunto con la funcionalidad estipulada, se muestra el estado de los pulsadores en Proteus (Ver figura 59) y su posterior representación en la interfaz gráfica (Ver figura 60).



**Figura 59:** Estado de los detectores de nivel puntual (Pulsadores)

Fuente: Alido Chang (2022)

Interfaz HMI: Sistema de control de llenado					
Tanque Nro. 2		Tanque Nro. 1		Tanque Nro. 3	
SENSOR ALTO T2	●	SENSOR ALTO T1	●	SENSOR ALTO T3	●
SENSOR BAJO T2	●	SENSOR BAJO T1	●	SENSOR BAJO T3	●
Tanque Nro. 4		Tanque Nro. 5		Tanque Purificado Nro. 1	
SENSOR ALTO T4	●	SENSOR ALTO T5	●		
SENSOR BAJO T4	●	SENSOR BAJO T5	●	SENSOR ALTO TP1	
Tanque Purificado Nro. 2		Tanque Purificado Nro. 3		SENSOR BAJO TP1	
SENSOR BAJO TP2	●	SENSOR ALTO TP3	●	Tanque Purificado Nro. 4	
SENSOR ALTO TP2	●	SENSOR BAJO TP3	●	SENSOR ALTO TP4	
Botellón elegido (1)		Llenado		SENSOR BAJO TP4	
				●	

**Figura 60:** Estado de los detectores de nivel puntual en la interfaz HMI

Fuente: Alido Chang (2022)

Asimismo, es importante revisar el estado de los sensores analógicos ubicados en el software de simulación Proteus, para así establecer la medida recibida de forma adecuada en la interfaz HMI. En la figura 61 se muestra el estado presente de estos sensores, y su medición respectiva en la interfaz (Ver figura 62). La temperatura



#### 4.4.3.3. Simulación del sistema de conteo de botellones

De la misma forma, en adicional a la revisión del sistema de llenado automático, es importante verificar el sistema de conteo de botellones, en relación al funcionamiento esperado dentro del sistema. En este punto se hará especial hincapié en la revisión de las condiciones del proceso, con referencia especial al conteo de la cantidad de botellones llenados en las zonas 1 y 2. Inicialmente, se simula la colocación de dos botellones en Proteus, para el llenado de 20 lts en ambos casos, como lo muestra la figura 63:



**Figura 63:** Botellones seleccionados en la prueba nro. 1

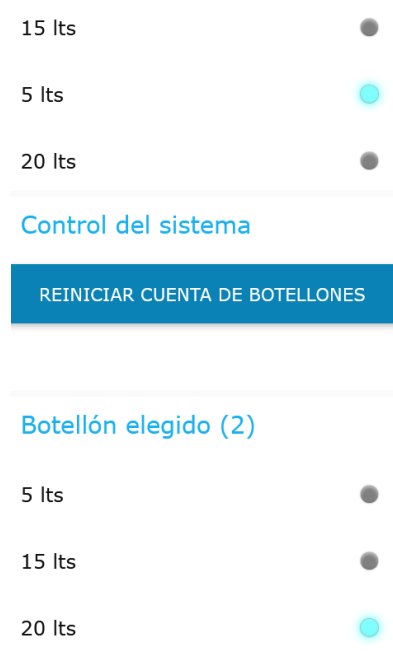
**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 64:** Botellones contados

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Así, al finalizar el llenado de ambos botellones (Detectores de nivel máximo activados), se cuenta automáticamente el número de botellones llenados por el sistema, y a su vez, los LEDS que indican el final del llenado realizan su trabajo al mismo tiempo (Ver figura 64). Por otro lado, los botellones referenciados se toman en cuenta para la siguiente medición. Para esto, se seleccionan otros dos botellones, detectando un botellón de 5 lts en la zona 1 y otro de 20 lts en la zona 2, esto se muestra en la figura 65.



**Figura 65:** Botellones seleccionados en la prueba nro. 2

**Fuente:** Alido Chang (2022)

Al finalizar el llenado, la figura 66 muestra el contador de botellones, que indica un botellón de 5 lts y tres botellones de 20 lts. El funcionamiento del sistema de conteo automático sigue lo estipulado por el objetivo del mismo, debido a que sencillamente se logra integrar la cuenta de los botellones al finalizar el proceso de llenado. Por último, la figura 67 muestra como al tocar el botón de reinicio de la cuenta automáticamente todos los contadores se ponen en 0.



**Figura 66:** Botellones contados al final de la prueba nro. 2

**Fuente:** Alido Chang (2022)



**Figura 67:** Reinicio de la cuenta de botellones desde la interfaz HMI

Fuente: Alido Chang (2022)

#### 4.4.3.4. Aspectos destacables del proceso de simulación

Del proceso de simulación del sistema de llenado, se extraen diversas acciones relacionadas al prototipo que se busca desarrollar, en complemento con otros aspectos fundamentales dentro de esta investigación. El sistema de llenado funciona adecuadamente, con respecto a las características del proceso planteado. La integración del sistema con la interfaz HMI ocurre perfectamente, y los sucesos principales relacionados al proceso físico desarrollan cada una de las situaciones esperadas dentro

del mismo de la mejor forma. Por esta razón, la interacción entre el operario y el proceso físico está totalmente garantizada, los indicadores luminosos y alarmas sonoras funcionan de acuerdo al esquema planificado, así que en conjunto, la conexión entre el sistema de llenado y el computador es posible sin el más mínimo inconveniente.

El funcionamiento de los sensores analógicos sigue la estela del diseño realizado, además de conformar de la manera que se esperaba la zona de monitoreo de variables físicas. Igualmente, el desarrollo conjunto del proceso físico se corresponde con el grado de importancia de los empleados, que pueden delegar la tarea del llenado de los botellones al sistema automático, y al mismo tiempo, disponer de herramientas que provean de información importante para la realización de su jornada de trabajo diaria. Finalizada la fase de simulación, es claro que el prototipo diseñado cumple con los requerimientos básicos estipulados, aunque de la misma manera, existen algunas mejoras realizables dentro del mismo, que serán habladas en las recomendaciones de esta investigación.

#### **4.5. Fase V. “Desarrollar un estudio de factibilidad económica, técnica y operativa del sistema de llenado”.**

El desarrollo de un estudio de factibilidad es necesario para magnificar la repercusión de la creación del presente proyecto, en función de los requerimientos e influencia en los campos económicos, técnicos y operativos de la construcción del sistema de llenado automático. A partir de esta idea, es importante concretar acertadamente el estudio realizado, en función de extraer una serie de resultados en referencia a las principales modificaciones que se encuentran presentes con la realización del sistema.

##### **4.5.1. Estudio de factibilidad económica**

La realización de un estudio de factibilidad económica busca determinar si la alternativa de inversión para la construcción del sistema de llenado es rentable económicamente. Para conseguir esto, se emplearán técnicas de evaluación de proyectos de inversión basadas en la Ingeniería Económica abordada dentro del proyecto. Así, este estudio cuantificará los costos de la inversión realizada, los ingresos

brutos y costos operacionales de la empresa, y otros elementos de interés que permitirán mostrar de la forma más apropiada el desarrollo del esquema de factibilidad buscado. El periodo de estudio del proyecto de inversión será de 4 años, tiempo para el cuál se evaluará, utilizando las herramientas de evaluación de proyectos (Valor actual, equivalente anual y tasa interna de retorno), para concluir la rentabilidad del mismo. Este periodo se justifica debido a que es el tiempo estipulado por la empresa para funcionar utilizando el sistema diseñado para su operación.

#### 4.5.1.1. Determinación de la inversión inicial

Para encontrar la inversión en capital fijo y capital de trabajo necesaria en este proyecto, inicialmente se plantea la adquisición de todos los dispositivos a través de una tabla de costos, que confirme el gasto total en el proyecto para la realización del mismo. Posteriormente, se integran las inversiones y se obtiene completamente el modelo deseado. La siguiente tabla resume todas las inversiones en capital fijo tangible e intangible.

**Cuadro 3:** Determinación de la inversión inicial en CFtang y CFintang

<b>Inversión</b>	<b>Precio (\$)</b>	<b>Número</b>
Placa Arduino MEGA 2560	32	1
Detectores de proximidad capacitivos	10	16
Sensor Ultrasónico HC- SR04	2,5	18
Electroválvula proporcional	30	2
Fuente de alimentación DC variable de 24 V	10	1
Sensor LM35	3	1
Sensor DHT22	9	1

Sensor de pH	22	1
Resistencias varias	0,1	20
Luces indicadoras	8	4
Bocina para Arduino	5	1
Gastos de instalación	30	N/A
Envíos y transporte	20	N/A
Otros	20	N/A
<b><i>Inversión en CF = 450 \$</i></b>		

Fuente: Alido Chang (2022)

En el cuadro 6 se presentan todas las inversiones básicas, tomadas en cuenta para el desarrollo del sistema. En total, se cuantifican todos los gastos relacionados únicamente a la realización del proyecto, en donde, no se toma en cuenta cualquier inversión por fuera del mismo. En total, los precios fueron obtenidos a través de la consulta de sitios de internet de ventas, como Mercado Libre, Amazon, Alibaba, etc. A través de las diferentes opciones, se optó por obtener un precio promedio de cada elemento, que es el mostrado en la tabla. A su vez, para la determinación de los costos de instalación, se investigaron a distintas empresas industriales, que incluyen todos los gastos relacionados a la instalación de equipos y dispositivos de estas características. Cualquier otro gasto no reflejado de forma específica, se engloba en el apartado de “otros”.

Por su parte, la inversión en capital de trabajo es nula, debido a que no existe ningún tipo de inversión, en alusión con el funcionamiento del proyecto, que se encuentre dentro de este apartado. De esta forma, el total gastado para la inversión necesaria, tomando en cuenta la inversión realizada en capital fijo es:

$$II = CF = 450 \$, \text{ Ec. 2}$$

#### **4.5.1.2. Determinación de los ingresos brutos**

Para la determinación de los ingresos brutos anuales, que son los que serán utilizados para el desarrollo de la escala de tiempo, se toma en cuenta el valor semanal de ingresos obtenido durante el tiempo en que se estuvo presente dentro del local. La

siguiente tabla muestra todos los ingresos generados por la empresa “Manantial Aqua Vital” durante una semana.

**Cuadro 4:** Determinación de los ingresos brutos semanales

Ingresos generados por día (\$)					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
62	68	51	74	56	73
Total generado en la semana: 384 \$					

Fuente: Alido Chang (2022)

A partir del dato referido al monto total percibido en la semana, se proyectan estas cifras mensualmente, y por último, de manera anual (Se toma en cuenta que un año tiene 52 semanas). Los ingresos pueden llegar a variar en cierto punto, principalmente, durante distintas épocas del año. De esta forma, durante los primeros meses del año (Enero y febrero), los ingresos suelen ubicarse en un 80% de lo normal. Asimismo, en meses finales del año, y verano, las ventas suelen estar por encima del valor promedio. En conjunto, se toma en cuenta que para los meses de Junio, Julio, Agosto y Diciembre, las ventas están en un 10% por encima de las medidas de los meses normales. En total, los ingresos anuales encontrados, en forma de referencia para la empresa son de

$$IB = 20.121,6 \$, \text{ Ec. 3}$$

Mediante la implementación del sistema, se prevé un incremento de estos ingresos de manera anual, cercano al 5%, por la modificación del esquema de trabajo. Esta referencia en el incremento está relacionada al estudio económico, y es claro que no conforma una medida certera para establecer estas variaciones. Los ingresos brutos, en los cuatro años de operación posteriores a la realización del proyecto, son los siguientes:

**Tabla 5:** Ingresos brutos anuales

Año	2023	2024	2025	2026
Ingresos brutos (\$)	20.121,6	21.127,68	22.184,06	23.293,27

Fuente: Alido Chang (2022)

#### 4.5.1.3. Determinación de los costos operacionales

Los costos operacionales de la empresa engloban los gastos en sueldos, materia prima, mantenimiento, servicios, entre otros. Los gastos en sueldos no toman en cuenta la posibilidad de eliminar un puesto de empleado dentro del negocio, por la automatización del proceso de llenado, por lo que se cuantifica con el mantenimiento de este puesto. De esta forma, es necesario organizar todos estos gastos y englobarlos en la construcción de la escala de tiempo, con el único propósito de finalizar adecuadamente la investigación. La siguiente tabla muestra los gastos anuales en cada uno de estos apartados.

**Tabla 6:** Costos operacionales anuales

Año	2023	2024	2025	2026
Sueldos y beneficios sociales (\$)	6.240	6.240	6.240	6.240
Materia prima (\$)	3.640	3.640	3.640	3.640
Servicios (\$)	220	220	220	220
Mantenimiento (\$)	240	240	240	240
Otros (\$)	150	150	150	150
$\sum Cop$ (\$)	10.490	10.490	10.490	10.490

Fuente: Alido Chang (2022)

Los gastos en impuestos y otros aspectos extras se toman en cuenta dentro del apartado de otros, simplemente por la estructura manejada para que esto suceda. Al mismo tiempo, gastos extras no contabilizados pueden ser incluidos dentro del modelo buscando complementar el estudio realizado, principalmente buscando una estructura completa de funcionamiento basada en estos aspectos funcionales.

#### 4.5.1.4. Depreciación de equipos y valor residual

Para este caso, la determinación de la depreciación no se toma en cuenta en la evaluación del proyecto, ya que no se tiene pensada la venta de los equipos al final del periodo de estudio, e igualmente los mismos podrán ser reutilizados o simplemente guardados en caso contrario. Por otro lado, el valor residual de los mismos se toma como nulo, por la misma razón anterior, de no tener en cuenta la posibilidad de los activos fijos tangibles al final de la vida del proyecto.

#### 4.5.1.5. Construcción de flujos netos y determinación de la rentabilidad

La construcción de los flujos netos en una escala de tiempo mostrará los ingresos brutos, costos operacionales, valor residual e inversiones iniciales del proyecto. La suma de todos estos servirá para determinar la rentabilidad del proyecto, calculando el valor actual, equivalente anual y la tasa interna de retorno del mismo. En conjunto, esto permitirá concluir si el proyecto desarrollado es rentable.

**Tabla 7:** Flujos netos del proyecto

<b>Año</b>	<b>II (\$)</b>	<b>IB (\$)</b>	<b>COP (\$)</b>	<b>Ft (\$)</b>
<b>0</b>	-450	-	-	-450
<b>1</b>	-	20.121,6	-10.490	9.631,6
<b>2</b>	-	21.127,68	-10.490	10.637,68
<b>3</b>	-	22.184,06	-10.490	11.694,06
<b>4</b>	-	23.293,27	-10.490	12.803,27

Fuente: Alido Chang (2022)

Al mismo tiempo, el cuadro muestra los resultados de evaluar las medidas de rentabilidad con una tasa mínima de rendimiento del 10%, como punto de referencia en la determinación del modelo adecuado para este proyecto. Tanto el valor actual como el equivalente anual son positivos, muy superiores al punto de equilibrio en cero. Asimismo, la tasa interna de retorno es del 2151%, por lo que se encuentra extremadamente alejada de la condición de no rentabilidad. Con esto, se concluye que el desarrollo del proyecto es rentable. Asimismo, la tasa mínima de rendimiento puede variar perfectamente en un rango lógico (El valor de la TIR no representa un valor de

imin posible en la realidad), por lo tanto, las condiciones establecidas para el proyecto hacen que este sea rentable para todos los casos de la misma.

**Cuadro 5:** Modelos de rentabilidad del proyecto

<b>Modelo de rentabilidad</b>		
<b>VA (\$)</b>	<b>EA (\$)</b>	<b>TIR (%)</b>
34.628,2	10.924,19	2151

Fuente: Alido Chang (2022)

#### **4.5.2. Estudio de factibilidad técnica**

Según describe Arias, E. (2020), la factibilidad técnica: “determina si se dispone de los conocimientos, habilidades, equipos o herramientas necesarios para llevar a cabo los procedimientos, funciones o métodos involucrados en un proyecto”. En este caso, el objetivo será determinar las herramientas necesarias, dentro del punto de vista referido en este apartado, para conseguir la realización del proyecto en su totalidad. En función de esto, el desarrollo de esta investigación busca tener en cuenta los factores inmersos que pueden afectar la estilización de la misma, trayendo consigo todos los elementos encontrados para hacer funcionar adecuadamente el prototipo diseñado.

##### **4.5.2.1. Equipos y elementos físicos necesarios**

Para el desarrollo de este proyecto, se requieren un conjunto de equipos que se consideran fundamentales para realizar todas las tareas relacionadas a los sucesos principales del proceso físico. Además de los elementos tomados en cuenta para la inversión en el sistema, que constituye los sensores, tarjetas de adquisición, microcontroladores, y demás elementos del esquema físico, también se debe hacer uso de un computador, que es el necesario para conseguir la interactividad entre los operarios y el sistema, tal como fue visto en la fase de diseño. Posteriormente, la ejecución de las tareas solamente toma en cuenta el espacio utilizado para que esto sea posible, en función de los elementos necesarios para que las condiciones apropiadas puedan producirse.

Así, se considera factible la adquisición de los equipos nombrados, no desde el punto de vista económico, sino en la integración de funcionalidades prácticas buscadas dentro

del sistema que se desea colocar internamente. Por esta razón, el balance existente entre los elementos positivos provistos por el desarrollo de la propuesta, matiza la necesidad de utilizar apropiadamente el hardware del sistema físico, teniendo como referencia las características buscadas en el rendimiento del sistema final. Se considerarán posteriormente otras variantes relacionadas al uso del sistema y los conocimientos que son de obligatoria obtención para su manejo.

#### **4.5.2.2. Nociones técnicas necesarias para el desarrollo del sistema**

Este proyecto integra un conjunto de áreas especializadas para su desarrollo, principalmente relacionadas a los campos de Sensores y Adquisición de Datos, Microcontroladores, Teoría de Control, Automatización Industrial, y la integración de otras áreas de la Ingeniería Electrónica que dotan de funcionalidad al proyecto. Gracias a esto, el desarrollo del sistema busca que este pueda ser diseñado específicamente por un Ingeniero especializado en sistemas de control, sistemas de adquisición de datos y que posea dotes importantes para la programación de microcontroladores, tales como la placa Arduino o en su defecto otro similar, como puede ser un microcontrolador PIC. Si la totalidad de estos conocimientos no son presentados por el diseñador y posterior encargado de la implementación del sistema, no es posible asegurar que este funcione de la misma forma en que se presenta en el trabajo de investigación. Por tal motivo, las nociones técnicas conforman un requisito obligatorio del sistema.

**Cuadro 6:** Áreas a dominar para el desarrollo del sistema

<b>Principales Áreas de especialización del sistema</b>
Teoría de Control
Sensores y Adquisición de Datos
Automatización Industrial
Microcontroladores
Otros (Instrumentación Industrial, Ingeniería Económica, Electrónica Analógica, etc...)

Fuente: Alido Chang (2022)

Por esta razón, el diseño del sistema toma en cuenta todos estos puntos para que sea posible su realización, sin especificar algunos aspectos relacionados directamente con la constitución especial de este. De la misma forma, todos aquellos conocimientos complementarios al desarrollo de este, siguen la estela de lo que se encuentra dispuesto dentro de la investigación, en función de las necesidades determinadas en el mismo.

#### **4.5.3. Estudio de factibilidad operativa**

Por su parte, la factibilidad operativa es descrita en este caso por Arias, E. (2020), considerando que esta consiste en: “el análisis de los recursos productivos, incluidos los humanos, necesarios para la realización de un proyecto económico”. De esta forma, el objetivo será determinar el impacto de la implementación del sistema en los empleados, clientes, entorno y demás elementos relacionados al desarrollo de las funciones diarias de la potabilizadora Manantial Aqua Vital.

##### **4.5.3.1. Adaptación de los empleados**

Al integrar un proceso automatizado, en el cual el llenado de botellones pase de ser realizado directamente por los trabajadores a ser única y exclusivamente una tarea de los equipos y medios electrónicos para este propósito, es evidente que surgirá una modificación sustancial en el esquema de trabajo de los empleados existentes en la empresa. Igualmente, se toma en cuenta la posibilidad de eliminar puestos de trabajo debido a un recorte de personal, o integrar un servicio de Delivery de botellones que se llevado a cabo por empleados removidos de su labor cotidiana.

La adaptación del nuevo sistema optimiza el trabajo de los empleados para que, de manera importante, dediquen su tiempo de trabajo a labores de mayor provecho que simplemente estar al tanto del llenado de botellones. Estos sólo se encargarán del transporte de los mismos a la zona de llenado, y de retirarlos cuando el proceso haya sido finalizado. En conjunto, el atractivo principal está en la posibilidad de incrementar la productividad del negocio por la integración de un elemento de trabajo que modifique las condiciones actuales del sistema.

De la misma forma, la interfaz HMI, indicadores luminosos y sonoros, y en general, todas las herramientas para el monitoreo del proceso físico, hacen más sencilla la jornada de trabajo del operario, y dotan sus capacidades en el funcionamiento del sistema para que estas puedan producirse de manera adecuada. A partir de esto, todos los elementos relacionados al rendimiento del sistema repercuten positivamente a la eliminación de la interacción humana dentro del proceso.

#### **4.5.3.2. Influencia en el mercado**

Apostar por automatizar el proceso de llenado puede ser un punto fuerte como atractivo hacia el público, debido a que los clientes ven innovadora la idea de un sistema automático de llenado, sin la presencia de un ser humano realizando el proceso que esto conlleva. Este atractivo puede verse como un elemento útil para hacer publicidad, teniendo en cuenta que mencionar la presencia de este sistema, que no es para nada algo común dentro de Venezuela, sea un elemento particular de gran importancia para la consecución de los objetivos básicos de la investigación.

El impacto que se espera busca integrar un funcionamiento adecuado del prototipo, además de conseguir traer consigo la normalización de los procesos automatizados dentro del país. Es claro que esta área aún se encuentra poco desarrollada en Venezuela, especialmente en lugares cotidianos como el negocio de la presente investigación. Por esta razón, avanzar apropiadamente en el desarrollo de este esquema es uno de los principales matices necesarios para conseguir seguir adelante y aportar la importancia conseguida en función de los elementos desarrollados internamente dentro de esta.

#### **4.5.3.3. Balance de la implementación del proyecto**

La posible implementación del proyecto trae consigo aspectos positivos, con una base significativa para el desarrollo de la investigación dentro de los márgenes marcados dentro de la misma. A pesar de tener una gran cantidad de elementos considerados positivos en el desarrollo del prototipo, también existen otros que no efectúan el mismo resultado, y por esta razón, pueden llegar a traer consecuencias no deseadas a la finalización del mismo.

Es claro que la automatización y desarrollo de herramientas para el conocimiento del llenado de botellones es un aspecto más que positivo al integrar la repercusión referida al mismo, y la estructura comprendida dentro de este. El problema nace al comenzar a depender únicamente del sistema automático para el funcionamiento de la planta, ya que, en caso de fallos en los equipos, corte del suministro eléctrico (Factor de gran importancia en el país), necesidad de mantenimiento y revisión de componentes, integran entre sí elementos añadidos que antes no se encontraban presentes, y que parten desde la utilización del proyecto diseñado. Así, al constatar un balance entre los elementos positivos y negativos de la investigación, es evidente que existe la posibilidad de aportar nuevas situaciones que sólo doten al negocio de un mejor funcionamiento y rendimiento total.

En perspectiva, el total de situaciones positivas se encuentran por encima de las negativas, principalmente al tener en cuenta la posibilidad de eliminar un puesto de trabajo para el llenado del sistema, y delegar nuevas tareas a los empleados que mejoren el funcionamiento del sistema. Esto crea suficiente margen para la existencia de errores, y permite solucionar las problemáticas principales que se encontraban intrínsecamente ligadas a la presencia de los operarios dentro del proceso físico. En conjunto, el sistema añade nuevas propiedades, que son aprovechables de forma positiva si se hace especial énfasis en su manejo, preparación y posterior mantenimiento en el tiempo.

## CONCLUSIONES

Dentro del desarrollo de la investigación, referidas al presente proyecto, se llevaron a cabo distintas experiencias que, en su totalidad, permitieron conformar la estructura final del trabajo de grado que representa al sistema de control para el llenado y conteo automático de los mismos. A partir de esta idea, cada uno de los aspectos que fueron parte fundamental de la investigación integran los objetivos básicos buscados desde un principio, permitiendo de esta manera ejecutar las funciones deseadas de forma adecuada, y seguir el esquema inicialmente planteado para la consecución de los objetivos básicos de la investigación. Las conclusiones más importantes, relacionadas a cada una de las partes del sistema se observan a continuación.

- En la fase diagnóstica, se observaron y analizaron todos los factores que caracterizan al sistema de llenado de botellones utilizado en la actualidad. Utilizando los instrumentos de recolección de datos, cuestionario, recurso fotográfico y diario de campo, se logró dimensionar adecuadamente el proceso físico y sus necesidades. Se evidenció el estado actual de los componentes del sistema, la influencia de los operarios en su labor de trabajo, y el desarrollo de sus tareas diarias en materia del proceso que realizan continuamente.
- En el análisis de las variables que repercuten en el proceso de llenado de botellones, se hizo especial hincapié en el modelo de influencia principal, en donde se evalúa por si mismo el proceso físico, y se añaden de manera siguiente todos los aspectos relevantes que describen su funcionamiento. Las variables más importantes fueron aquellas que influyeron en el proceso de manera indirecta, debido a que su presencia remarca el comportamiento del control de nivel en función de los sucesos que lo acompañan. Asimismo, se hizo énfasis en el estudio de las características del agua para el consumo humano.
- En el diseño del sistema de control de llenado automático se realizó a través de un microcontrolador, en este caso una placa Arduino MEGA 2560. Las señales de los sensores y detectores del sistema permiten referir los sucesos del proceso

principal sin mayor inconveniente, derivando en el correcto funcionamiento del sistema. La selección de detectores de proximidad, sensores ultrasónicos y dispositivos indicadores funcionan al mismo tiempo para permitir que en conjunto las partes principales del sistema sean capaces de ejecutar las acciones apropiadas en consonancia con las necesidades del proceso.

- En la fase de simulación se logró replicar acertadamente varios aspectos referidos al sistema de control y el monitoreo de variables físicas referidas al mismo. La interfaz HMI fue creada usando el software Node Red, enviando mensajes de comunicación serial a través de la placa Arduino directamente a un computador, por USB. El proceso de simulación buscó replicar a la perfección dicho funcionamiento, siendo muy cercano al modelo hipotético diseñado para su implementación.
- La factibilidad económica del proyecto extrajo que este es rentable para todos los casos de variación de la tasa mínima de rendimiento, teniendo una tasa interna de retorno del 2151%, siendo este un valor inalcanzable en la evaluación del proyecto. La factibilidad técnica del proyecto fue evaluada evidenciando las tecnologías, en materia de hardware y software requeridas para el desarrollo del programa, además de las habilidades y conocimientos en materia necesarios para la realización de proyecto. Asimismo, fue analizado el impacto del proyecto en los operarios, clientes y entorno, como parte de la factibilidad operativa del sistema.

## RECOMENDACIONES

Como parte final del proyecto, se tienen algunas recomendaciones que son parte del desarrollo de la investigación, como posibles mejoras al diseño realizado, en función de los intereses buscados en el caso de que este sistema sea llevado a cabo en la realidad. De la misma manera, todos los elementos relacionados a la investigación que no hayan podido ser finalizados, o simplemente puedan renovarse dentro de un contexto diferente en la creación del sistema, son tomados en cuenta para hipotéticas variaciones del mismo en el futuro, como un modelo de referencia en la construcción de procesos automatizados en campos relacionados a este.

El primer aspecto a destacar, se relaciona al método de control utilizado para las bombas de las zonas de llenado, que utilizan un control por contactores en la activación de los motores referidos a las bombas disponibles. Este mecanismo es efectivo, aunque podría ser mejorado a través del uso de métodos de control más sofisticados, que no sólo cambien el estado de la bomba de encendido a apagado y viceversa, sino que, además, sean capaces de ofrecer regulación de velocidad en las mismas o algún tipo de modificación de este tipo. El uso de un variador de frecuencia, en conjunto con el dispositivo programable ofrecerá un lazo de control, que regulará el caudal de entrada en función de las necesidades del proceso, siendo incluso posible la utilización de un método de sintonización de controladores, como un PID, para el establecimiento del Set Point de llenado de manera sofisticada. Esta recomendación toma en cuenta incrementos en la inversión para su realización.

Por otro lado, la instalación de sensores de medición continua de nivel, y el uso de estos en el lazo de control de nivel, hace posible el desarrollo de un sistema más sofisticado, con la apuesta de un sensor con un funcionamiento más preciso y robusto dentro del sistema. Esta posibilidad sigue la estela anterior, en función de conseguir un sistema de control con prestaciones más grandes, no tan enfocado en el proceso secuencial, que en materia sería el mismo, sino a la forma de producir el llenado automático únicamente. En función de esto, esta posibilidad puede ser tomada en cuenta para una posible implementación.

Como otro aspecto a destacar, la posibilidad de ofrecer un monitoreo de variables más complejo también existe. Node Red es una aplicación que dota a los usuarios de herramientas sumamente impresionantes par el desarrollo de procesos de automatización, control y monitoreo. Es así como la inclusión de un sistema para producir una forma más potente de monitorear las variables que confirman la calidad del agua y del ambiente de estudio, corresponde a una posibilidad que se decide al momento de seleccionar los componentes del sistema y desarrollar el programa referido al mismo.

En retrospectiva, el funcionamiento del sistema logrado cumple con los requerimientos básicos buscados desde un principio, aunque claramente son modificables algunos aspectos desarrollados dentro del mismo. Igualmente, el modelo conseguido basa su desarrollo en las necesidades planteadas, y es por esta razón que todos los puntos relacionados a la construcción de este se manejan a partir de los elementos deseados dentro del sistema.

## REFERENCIAS

- Acuña, C. y otros (2005). “La teoría de la ingeniería económica” [documento en línea]. Disponibles en: <https://www.monografias.com/trabajos109/teoria-ingenieria-economica/teoria-ingenieria-economica>
- Alibaba. (2022). “**Tamaños Estándares de botellón**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Free-Sample-18L-189-Litre-189L-60711063957.html>
- Altamiranda, G. (2016) “**Tecnología de control**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://sites.google.com/site/tecnologiadecontrol2016/>
- Amador, M. (2017) [documento en línea]. Disponibles en: <http://manuelgalan.blogspot.com/2017/04/que-es-y-como-se-hace-un-diario-de-campo.html>
- Amazon (2022). “**Shop Amazon**”. [documento en línea]. Disponibles en: [https://www.amazon.com/-/es/ref=nav\\_logo](https://www.amazon.com/-/es/ref=nav_logo)
- Arias, E. (2020). “**Tipos de investigación**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-investigacion.html>
- Arias, F. (2006). **Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica**. (5<sup>a</sup> ed.). Caracas, Venezuela. Editorial: Epísteme, C.A.
- Arias, F. (2016). **Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica**. (7<sup>a</sup> ed.). Caracas, Venezuela. Editorial: Epísteme, C.A.
- Balza, E., Fuenmayor, K. y Piñango F. (2017) “**Sistema automatizado de montacargas para el almacenamiento en el sector bancario**”. Trabajo de grado. Publicado. Universidad Privada Sr. Rafael Belloso Chacín.
- Baptista, M., Nava, L y Sandrea, M. (2017). “**Sistema automático para la supervisión y control de tanques para el consumo de agua residencial**”. Trabajo de Grado. Universidad Privada Sr. Rafael Belloso Chacín.
- Benjamin, K. (1996). **Sistemas de Control Automático**. (7<sup>a</sup> ed.). Editorial: Prentice Hall´
- Blanco, E., Velarde S. y Fernández, J. (1994). **Sistemas de bombeo**. Universidad De Oviedo, Gijón.
- Bohórquez K., Fonseca D. y Gutiérrez, S. (2017). “**Sistema didáctico para el control de nivel con tanques acoplados**”. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia
- Brunete, A., San Segundo, P. y Rebeca, H. (2020). **Introducción a la Automatización Industrial**. (2<sup>a</sup> ed.). Universidad Politécnica de Madrid.

- Colomer, J. Meléndez, J. y Ayza, J. (2021). “**Introducción a la monitorización y supervisión experta de Procesos**” [documento en línea]. Disponibles en: <http://intranet.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/10/files/sistemas%20de%20supervision.pdf>
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). [documento en línea]. Disponibles en: [https://www.oas.org/dil/esp/constitucion\\_venezuela.pdf](https://www.oas.org/dil/esp/constitucion_venezuela.pdf)
- Creus A (2010). “**Instrumentación Industrial**”. Octava Edición. Editorial Alfa Omega.
- Cruelles, J. (2010). “**Definición e importancia del tiempo estándar**” [documento en línea]. Disponibles en: <http://blog.zadecon.es/metodos-y-tiempos/definicion-e-importancia-del-tiempo-esandar/>
- Daneri, P. (2010) **PLC automatización y control industrial**. (1ª ed.). Buenos aires: HASA.
- Echeverri, D. (2011) “**Teoría general de sistemas**” documento en línea]. Disponibles en: <https://sites.google.com/site/teoriageneraldesistemasuco/6-la-teoria-del-control>
- FDA (2019). “**Agua embotellada por todas partes: cómo mantener su inocuidad**”. [documento en línea]. Disponibles en: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/agua-embotellada-por-todas-partes-como-mantener-su-inocuidad>
- Franco Y. (2022). “Tesis de Investigación. Bases legales de la investigación” [Documento en línea]. Disponibles en: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/bases-legales-de-la-investigacion.html>.
- González, J. (2012). “VII. Diseños no experimentales de la investigación” [documento en línea]. Disponibles en: <http://metodologiasdeinvestigacion.blogspot.com/2012/07/vii-disenos-no-experimentales-de-la.html>
- Gutierrez, G. **Teoría general de sistemas**. Ediciones USTA.
- Hernández, Fernández, Baptista (2006). **Metodología de la investigación**. (4ª ed.). México Editorial: Mc. Graw Hill.
- Hernández, Fernández, Baptista (2014). **Metodología de la investigación**. (5ª ed.). México Editorial: Mc. Graw Hill.
- Ismaru. (2015). “**Tipos de pregunta en la encuesta**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://encuesta.com/blog/tipos-de-pregunta-en-la-encuesta/>
- Llamas, L. (2020). “Encendido de una bomba utilizando arreglo con Arduino” [documento en línea]. Disponibles en: <https://www.luisllamas.es/bomba-de-agua-con-arduino/>
- Mata, L. (2019). “**El enfoque de investigación: la naturaleza del estudio**”. [documento en línea]. Disponibles en:

- <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/>
- Mercado Libre (2022). “**Venta de artículos en línea**”. [documento en línea]. Disponibles en: <https://www.mercadolibre.com.ve>
- Mijares, H. y García, L. (2007). **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado**. Valencia, Venezuela.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (1998). “**GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA DE VENEZUELA Caracas, viernes 13 de febrero de 1998. Número 36.395**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://www.safeintl.com/descargas/NORMAS-SANITARIAS-DE-CALIDAD-DEL-AGUA-POTABLE.pdf>
- Montevideo, D. (2017). “**Parte 1 Controladores Automáticos**” [documento en línea]. Disponibles en: [https://www.academia.edu/18329933/7\\_Parte\\_1\\_Controladores\\_Automaticos](https://www.academia.edu/18329933/7_Parte_1_Controladores_Automaticos)
- Moposita, J. (2018). “**Sistema de control y alerta para el tanque purificador de agua en la planta purificadora ecoagua**”. Trabajo de grado. Publicado. Universidad Técnica de Ambato.
- Pérez, J. y Gardey, A. (2008). “**Definición de teoría**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://definicion.de/teoria/>
- Quiroa, M. (2020). “**Estudio de factibilidad**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://economipedia.com/definiciones/estudio-de-factibilidad.html>
- Ramírez, J. (2019). “**Automatización en el proceso de llenado de tanques de aceites y lubricantes**”. Trabajo de Grado. Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.
- Rentokil. (2021). “**¿Por qué se usa la filtración del agua?**”. [documento en línea]. Disponibles en: <https://www.rentokil-initial.cl/blog/filtracion-del-agua/>
- Sabino, C. (2007). **El proceso de investigación**. Ed. Panapo, Caracas.
- Tankes. (2022). “**Botellas PET de 5 litros**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://tankes.com.uy/producto/botella-pet-5-litros/>
- Tecnocoex. (2022). “**Botellones para llenar agua hoja técnica informática**”. [documento en línea]. Disponibles en: [http://www.tecnocoex.com/resources/TECNOCOEX-llenado\\_agua\\_botellones.pdf](http://www.tecnocoex.com/resources/TECNOCOEX-llenado_agua_botellones.pdf)
- Wenco. (2022). “**J055 botellones plásticos para agua de 20 litros**” [documento en línea]. Disponibles en: <https://wenco.com.ar/j055-botellones-plasticos-para-agua-de-20-litros/>

**ANEXO A**  
**RESULTADOS DEL CUESTIONARIO PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS**  
**CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE LLENADO DE**  
**BOTELLONES DE AGUA**

Número de encuestados: 4, tres operadores y gerente (antiguo operador)

Ítems	Respuestas Positivas (%)	Respuestas Negativas (%)
1	0	100
2	100	0
7	100	0
8	50	50
9	100	0
10	75	25
12	100	0
13	25	75
14	75	25
15	100	0
16	75	25
17	100	0
18	100	0
19	100	0
20	100	0
21	100	0

Ítems	Respuestas (%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
3	0	0	100	0	X	X	X	X
4	0	25	75	X	X	X	X	X
5	0	75	25	X	X	X	X	X
6	0	0	100	X	X	X	X	X
11	25	25	50	0	0	0	0	0

## ANEXO B



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA**

### **CUESTIONARIO PARA EL DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL SISTEMA DE LLENADO DE BOTELLONES DE LA EMPRESA MANANTIAL AQUA VITAL**

- **Primera Categoría: Funcionamiento del Sistema Actual**
- 1. ¿Tiene conocimiento de la cantidad de agua disponible en los tanques de reserva principal a través de una interfaz de medición?  
SI  NO
- 2. ¿La manipulación de la válvula y botón de salida de agua para el llenado de botellones del sistema actual es realizado directamente por el empleado?  
SI  NO
- 3. ¿Con que frecuencia se realiza el mantenimiento del sistema?
  - a) Cada mes.
  - b) Cada tres meses.
  - c) Cada seis meses.
  - d) Anualmente.
  - e) Desconozco con qué frecuencia se realiza el mantenimiento.
- 4. Indique el tiempo promedio que se necesita para el lavado de botellones previo a su llenado.
  - a) Menos de 5 segundos.
  - b) De 5 a 10 segundos.
  - c) Superior a 10 segundos.
- 5. Indique el tiempo promedio que se necesita para el llenado de botellones de 20 lts de capacidad.
  - a) Menos de 10 segundos.
  - b) De 10 a 20 segundos.
  - c) Superior a 20 segundos.

6. Seleccione la capacidad estándar del botellón más vendido durante la jornada de trabajo:
- a) 5 lts.
  - b) 15 lts.
  - c) 20 lts.

• **Segunda Categoría: Acciones del Operario**

7. ¿Considera tediosa la tarea de llenar manualmente los botellones?

SI  NO

8. ¿Se hacen cansadas sus jornadas de trabajo completas?

SI  NO

9. ¿Durante el llenado, presionar el botón y controlar el flujo de agua que entra repercute notablemente en el proceso observado?

SI  NO

10. ¿Toma las suficientes medidas preventivas al momento de realizar su trabajo?

SI  NO

11. ¿Con que frecuencia hace revisión de los equipos y componentes del sistema en su jornada laboral?

- a) Varias veces al día.
- b) Diariamente.
- c) Varias veces en la semana.
- d) Semanalmente.
- e) Varias veces al mes.
- f) Mensualmente.
- g) No se hace revisión.
- h) Ninguno de los anteriores.

12. ¿Considera usted que, a medida que la capacidad del botellón disminuye, es más propenso a existir un derramamiento de agua?

SI  NO

13. ¿Suele mantener el flujo de entrada de agua constante durante el proceso de llenado?

SI  NO

• **Tercera Categoría: Posibles Mejoras para el Sistema Actual**

14. ¿Ve necesaria la implementación de un conjunto de alarmas que refleje el estado de los elementos del proceso?

SI  NO

15. ¿El hacer que el proceso de llenado ocurra de forma automática le permitiría realizar otras tareas durante ese tiempo?

SI  NO

16. ¿Considera útil una interfaz gráfica que muestre el estado del llenado de los botellones y el punto de funcionamiento de sistema a tiempo real?

SI  NO

17. ¿Considera beneficioso emplear un sistema de conteo automático de botellones en la operación del proceso?

SI  NO

18. ¿La implementación de un nuevo sistema automático permitirá la ampliación de los puntos de llenado de botellones?

SI  NO

• **Cuarta Categoría: Facilidad de Adaptación a un Nuevo Sistema**

19. ¿Se siente capaz de adquirir los conocimientos necesarios para el manejo del sistema automático a implementar?

SI  NO

20. ¿Está de acuerdo en realizar la transición que conlleva en su jornada de trabajo el cambio generado por el uso de un nuevo sistema?

SI  NO

21. ¿Las condiciones ambientales del entorno del trabajo son adecuadas para la implementación de dispositivos tecnológicos?

SI  NO

## ANEXO C




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

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (CUESTIONARIO)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✗		
2	✗			✓		
3	✗			✓		
4	✓			✓		
5	✗			✓		
6	✗			✓		
7	✓			✓		
8	✗			✗		
9	✓			✗		
10	✓			✗		
11	✓			✗		
12	✗			✗		
13	✓			✗		
14	✗			✗		
15	✗			✓		
16	✗			✗		
17	✗			✗		
18	✗			✗		
19	✗			✗		
20	✗			✗		
21	✗			✗		

Fecha: 25/04/2022

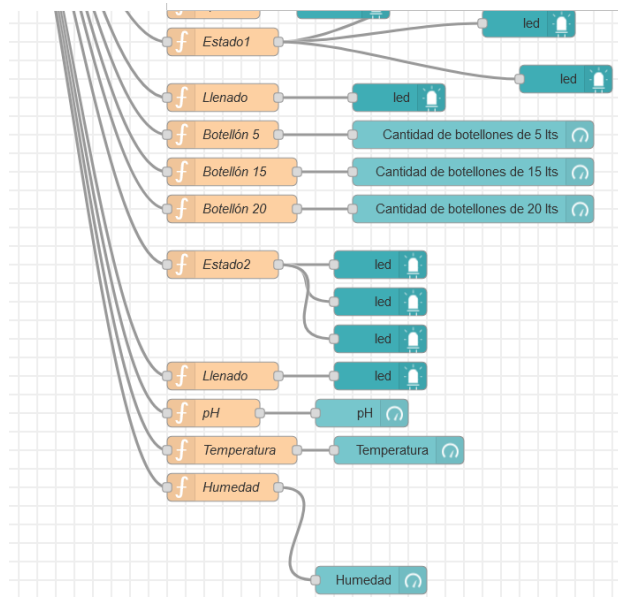
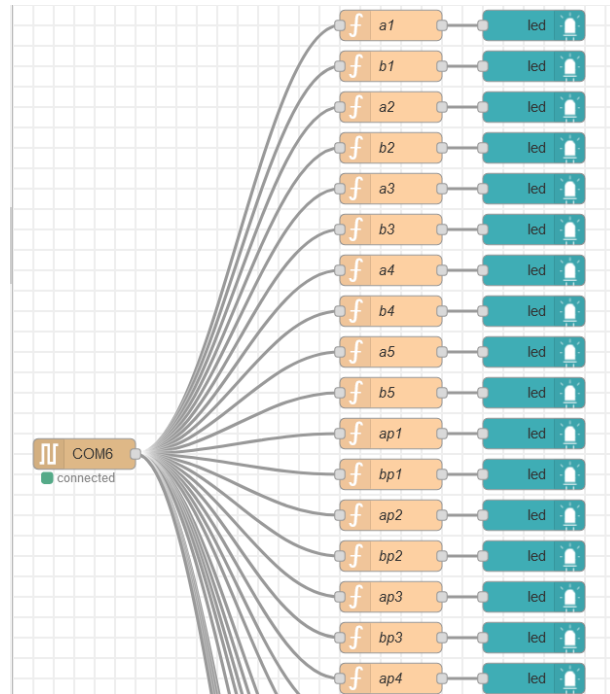
  
Firma del Especialista:

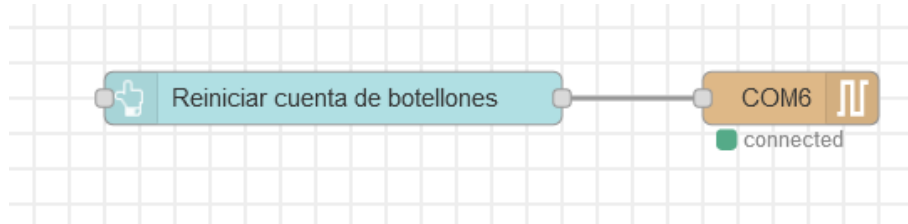
Breve descripción del perfil académico del Especialista:

*Dr. Milbet Rodríguez*

## ANEXO D

### FLOW DE NODE RED





## ANEXO E

### CODIGO ARDUINO MEGA 2560

Control\_de\_nivel\_llenado\_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

Control_de_nivel_llenado_Arduino
#include <DHT.h>
#define SensorPin 0 // the pH meter Analog output is connected with the Arduino's Analog
#define DHTPIN 5 // Pin donde está conectado el sensor
// #define DHTTYPE DHT11 // Descomentar si se usa el DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // Sensor DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
unsigned long int avgValue; //Store the average value of the sensor feedback
float b, pHValue, temp;
int buf[10];
int a1,b1,a2,b2,a3,b3,a4,b4,a5,b5;
int d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,d8,d9,d10,m5a,m15a,m20a,m5b,m15b,m20b;
int bp1,ap1,bp2,ap2,bp3,ap3,bp4,ap4;
int esta, estb, llenadoa, llenadob,bomba;
int tprom1, tprom2, tprom3;
int botellon5, botellon15, botellon20,botellon5a, botellon15a, botellon20a,botellon5b, botellon15b, botellon20b;
int k = 2;
int i,m;
int mensaje = 15;
int parar;
char reinicio;
void setup() {
  Serial.begin(57600);
  //DECLARACIÓN DE ENTRADAS
  //DETECTORES DE PROXIMIDAD
  pinMode(49, INPUT);
  pinMode(50, INPUT);

```

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
-----
pinMode(51, INPUT);
pinMode(52, INPUT);
pinMode(53, INPUT);
pinMode(12, INPUT);
pinMode(11, INPUT);
pinMode(10, INPUT);
pinMode(9, INPUT);
pinMode(8, INPUT);
//DETECTORES DE NIVEL MÁXIMO
pinMode(19, INPUT);
pinMode(20, INPUT);
pinMode(21, INPUT);
pinMode(15, INPUT);
pinMode(16, INPUT);
pinMode(17, INPUT);
//ESTADOS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE 2000 LTS
pinMode(22, INPUT);
pinMode(23, INPUT);
pinMode(24, INPUT);
pinMode(25, INPUT);
pinMode(26, INPUT);
pinMode(27, INPUT);
pinMode(28, INPUT);
pinMode(29, INPUT);
pinMode(31, INPUT);
```

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
-----
pinMode(31, INPUT);
pinMode(32, INPUT);
//ESTADOS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE 500 LTS
pinMode(35, INPUT);
pinMode(36, INPUT);
pinMode(37, INPUT);
pinMode(38, INPUT);
pinMode(39, INPUT);
pinMode(40, INPUT);
pinMode(41, INPUT);
pinMode(42, INPUT);
//DECLARACIÓN DE SALIDAS
pinMode(2, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
pinMode(34, OUTPUT);
pinMode(43, OUTPUT);
pinMode(44, OUTPUT);
pinMode(45, OUTPUT);
pinMode(46, OUTPUT);
dht.begin();
}
void loop() {
//LECTURA DE PH, Temperatura y Humedad
temp = 500.0*analogRead(A1)/1023.0;
phValue = 3.5*analogRead(A0)*5.0/1023.0; //convert the
float h = dht.readHumidity(); //Leemos la Humedad
```

Control\_de\_nivel\_llenado\_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
float t = dht.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius
float tfinal = (t+temp)/2.0;
delay(800);
//LECTURA DE VARIABLES DE ENTRADA
d1 = digitalRead(53);
d2 = digitalRead(52);
d3 = digitalRead(51);
d4 = digitalRead(50);
d5 = digitalRead(49);
m5a = digitalRead(19);
m15a = digitalRead(20);
m20a = digitalRead(21);
d6 = digitalRead(12);
d7 = digitalRead(11);
d8 = digitalRead(10);
d9 = digitalRead(9);
d10 = digitalRead(8);
m5b = digitalRead(15);
m15b = digitalRead(16);
m20b = digitalRead(17);
a1 = digitalRead(23);
a2 = digitalRead(25);
a3 = digitalRead(27);
a4 = digitalRead(29);
a5 = digitalRead(31);
```

Control\_de\_nivel\_llenado\_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
a0 = digitalRead(31);
b1 = digitalRead(22);
b2 = digitalRead(24);
b3 = digitalRead(26);
b4 = digitalRead(28);
b5 = digitalRead(30);
ap1 = digitalRead(36);
ap2 = digitalRead(38);
ap3 = digitalRead(40);
ap4 = digitalRead(42);
bp1 = digitalRead(35);
bp2 = digitalRead(37);
bp3 = digitalRead(39);
bp4 = digitalRead(41);
//ENVÍO DE DATOS POR COMUNICACIÓN SERIAL
Serial.println(String(a1)+" "+String(b1)+" "+String(a2)+" "+String(b2)+" "+String(a3)+" "+String(
if ((ap1==LOW) & (ap2==LOW) & (ap3==LOW) & (ap4==LOW) & (bp1==HIGH) & (bp2==HIGH) & (bp3==HIGH) & (bp4==HIGH) ) {
  parar = 1;
}
else{
  parar = 0;
}
if (parar==0) {
if ((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==LOW) & (d4==LOW) & (d5==LOW) ) {
  esta = 1;
  delay(2000);
```

Control\_de\_nivel\_llenado\_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
if ((d1==HIGH) & (d2==HIGH) & (d3==HIGH) & (d4==HIGH) & (d5==HIGH) & (m20a==LOW)) {
  i = 0;
  digitalWrite(44, HIGH);
  digitalWrite(2, HIGH);
}
else{
  esta = 4;
  digitalWrite(44, LOW);
  digitalWrite(2, LOW);
}
if ((d6==HIGH) & (d7==HIGH) & (d8==LOW) & (d9==LOW) & (d10==LOW)) {
  estb = 1;
  delay(2000);
  if ((d6==HIGH) & (d7==HIGH) & (d8==LOW) & (d9==LOW) & (d10==LOW) & (m5b==LOW)) {
    m = 0;
    digitalWrite(43, HIGH);
    digitalWrite(3, HIGH);
  }
}
else if ((d6==HIGH) & (d7==HIGH) & (d8==HIGH) & (d9==HIGH) & (d10==LOW)) {
  estb = 2;
  delay(2000);
  if ((d6==HIGH) & (d7==HIGH) & (d8==HIGH) & (d9==HIGH) & (d10==LOW) & (m15b==LOW)) {
    m = 0;
    digitalWrite(43, HIGH);
  }
}
```

Control\_de\_nivel\_llenado\_Arduino Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
digitalWrite(3, HIGH);
}
}
else if ((d6==HIGH) & (d7==HIGH) & (d8==HIGH) & (d9==HIGH) & (d10==HIGH)) {
  estb = 3;
  delay(2000);
  if ((d6==HIGH) & (d7==HIGH) & (d8==HIGH) & (d9==HIGH) & (d10==HIGH) & (m20b==LOW)) {
    m = 0;
    digitalWrite(43, HIGH);
    digitalWrite(3, HIGH);
  }
}
else{
  estb = 4;
  digitalWrite(43, LOW);
  digitalWrite(3, LOW);
}
if ((m5a==HIGH) & (m15a==LOW) & (m20a==LOW) & (esta==1)) {
  llenadoa = 1;
  digitalWrite(46, HIGH);
  digitalWrite(45, HIGH);
  digitalWrite(44, LOW);
  digitalWrite(2, LOW);
  if (i==0) {
    botellon5a++;
  }
}
```

```

Control_de_nivel_llenado_Arduino
reinicio = Serial.read();
if(reinicio=='r'){
  botellon5a = 0;
  botellon15a = 0;
  botellon20a = 0;
}
else if ((m5a==LOW) & (m15a==HIGH) & (m20a==LOW) & (esta==2)) {
  llenadoa = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(45,HIGH);
  digitalWrite(44,LOW);
  digitalWrite(2,LOW);
  if(i==0){
    botellon15a++;
    i++;
  }
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5a = 0;
    botellon15a = 0;
    botellon20a = 0;
  }
}
else if ((m5a==LOW) & (m15a==LOW) & (m20a==HIGH) & (esta==3)) {

```

```

Control_de_nivel_llenado_Arduino
else if ((m5a==LOW) & (m15a==LOW) & (m20a==HIGH) & (esta==3)) {
  llenadoa = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(45,HIGH);
  digitalWrite(44,LOW);
  digitalWrite(2,LOW);
  if(i==0){
    botellon20a++;
    i++;
  }
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5a = 0;
    botellon15a = 0;
    botellon20a = 0;
  }
}
else{
  llenadoa = 0;
  digitalWrite(46,LOW);
  digitalWrite(45,LOW);
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5a = 0;
    botellon15a = 0;

```



```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
if ((m5b==HIGH) & (m15b==LOW) & (m20b==LOW) & (estb==1)) {
  llenadob = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(34,HIGH);
  digitalWrite(43,LOW);
  digitalWrite(3,LOW);
  if (m==0) {
    botellon5b++;
    m++;
  }
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5b = 0;
    botellon15b = 0;
    botellon20b = 0;
  }
}
else if ((m5b==LOW) & (m15b==HIGH) & (m20b==LOW) & (estb==2)) {
  llenadob = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(34,HIGH);
  digitalWrite(43,LOW);
  digitalWrite(3,LOW);
  if (m==0) {
    botellon15b++;
  }
}
```



```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
reinicio = Serial.read();
if(reinicio=='r'){
  botellon5b = 0;
  botellon15b = 0;
  botellon20b = 0;
}
}
else if ((m5b==LOW) & (m15b==LOW) & (m20b==HIGH) & (estb==3)) {
  llenadob = 1;
  digitalWrite(46,HIGH);
  digitalWrite(34,HIGH);
  digitalWrite(43,LOW);
  digitalWrite(3,LOW);
  if (m==0) {
    botellon20b++;
    m++;
  }
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5b = 0;
    botellon15b = 0;
    botellon20b = 0;
  }
}
else{
```

```
Control_de_nivel_llenado_Arduino
else{
  llenadob = 0;
  digitalWrite(46,LOW);
  digitalWrite(34,LOW);
  reinicio = Serial.read();
  if(reinicio=='r'){
    botellon5b = 0;
    botellon15b = 0;
    botellon20b = 0;
  }
}
botellon5 = botellon5a+botellon5b;
botellon15 = botellon15a+botellon15b;
botellon20 = botellon20a+botellon20b;
temp = 500.0*analogRead(A1)/1023.0;
phValue = 3.5*analogRead(A0)+5.0/1023.0;
float h = dht.readHumidity(); //Leemos la Humedad
float t = dht.readTemperature(); //Leemos la temperatura en grados Celsius
tfinal = (t+temp)/2.0;
Serial.println(String(a1)+" "+String(b1)+" "+String(a2)+" "+String(b2)+" "+
}
if(parar==1){
  digitalWrite(46,LOW);
  digitalWrite(45,LOW);
  digitalWrite(44,LOW);
  digitalWrite(34,LOW);
}
```