



**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
VIDA NUEVA**

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE
RECICLAJE DE AGUA PARA EL CONSUMO DE UNA
VIVIENDA RESIDENCIAL**

PRESENTADO POR:

MANGUAY LEÓN LENIN STALIN

TUTOR:

MSc. TITUAÑA DIAZ DARWIN VINICIO

ENERO 2022

QUITO – ECUADOR

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto: “**CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECICLAJE DE AGUA PARA EL CONSUMO DE UNA VIVIENDA RESIDENCIAL**” en la ciudad de Quito, presentado por el ciudadano **MANGUAY LEÓN LENIN STALIN**, para optar por el título de **TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los días del mes de febrero de 2022.

TUTOR: MSc. TITUAÑA DIAZ DARWIN VINICIO

C.I.: 1716233539

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECICLAJE DE AGUA PARA EL CONSUMO DE UNA VIVIENDA RESIDENCIAL”** en la ciudad de Quito, del estudiante: **MANGUAY LEÓN LENIN STALIN** de la Carrera en **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**.

Para constancia firman:

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **MANGUAY LEÓN LENIN STALIN** portador/a de la cédula de ciudadanía **1722878442**, facultado/a de la carrera **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**, autor de esta obra certifico y proveo al Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, usar plenamente el contenido del informe con el tema **“CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECICLAJE DE AGUA PARA EL CONSUMO DE UNA VIVIENDA RESIDENCIAL”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi proyecto de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, a los días del mes de febrero de 2022.

MANGUAY LEÓN LENIN STALIN

C.I.: 1722878442

DEDICATORIA

Dedicado a Dios y a mi familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y mi familia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes	4
Justificación.....	6
Objetivos	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
CAPÍTULO I.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
Marco histórico	8
Marco conceptual	11
Definición de términos	11
Sistema teórico.....	24
Sistema de variables.....	26
Marco referencial	27
CAPÍTULO II	31
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO	31
Enfoque de investigación	31

Tipo o diseño de investigación.....	32
Técnicas e instrumentos de investigación	33
Desarrollo y procedimiento.....	37
CAPÍTULO III.....	47
PROPUESTA	47
Aplicaciones.....	58
Aplicaciones industriales	58
Aplicaciones comerciales.....	59
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acueductos en Roma.....	9
Figura 2. Amunas.....	10
Figura 3. Hidráulica.	12
Figura 4. Hidrostática.....	12
Figura 5. Hidrodinámica.	13
Figura 6. Principio de Bernoulli.....	14
Figura 7. Agua potable.....	15
Figura 8. Agua residual.....	15
Figura 9. Agua pluvial.....	16
Figura 10. Reutilización agua.	17
Figura 11. Recuperación agua lluvia SCALL.....	17
Figura 12. Captación agua lluvia SCAPT.....	18
Figura 13. Medidor pH.....	19
Figura 14. Decantadores.....	20
Figura 15. Filtración.....	20
Figura 16. Hidroneumático.	21
Figura 17. Sensores.	22
Figura 18. Arduino.....	23
Figura 19. Bomba hidráulica.....	23
Figura 20. Manómetro utilizado para medición de presión adecuada del sistema.	34

Figura 21. Cronómetro para medición del tiempo de llenado.....	35
Figura 22. Termómetro medidor de temperatura de agua.....	36
Figura 23. Medidor de PH Test Marca Sera	36
Figura 24. Diseño del sistema de reciclaje de agua en el software AutoCAD.....	37
Figura 25. Diseño electrónico de placa medidora de nivel de agua.....	37
Figura 26. Diseño tridimensional de la placa medidora de nivel de agua.....	38
Figura 27. Programación en el software de Arduino.	38
Figura 28. Simulación de funcionamiento de Arduino y Sensor Ultrasónico en software Proteus.....	39
Figura 29. Construcción de la estructura del sistema de captación de agua pluvial.	39
Figura 30. Construcción del sistema hidráulico.....	40
Figura 31. Armado de captación y filtro de agua residual.	40
Figura 32. Construcción de la placa electrónica medidora de nivel de agua.	41
Figura 33. Implementación de la placa electrónica en cajetín.	41
Figura 34. Armado del sistema Arduino Uno y módulo de relé.....	42
Figura 35. Implementación de Arduino Uno y módulo de relé en cajetín.....	42
Figura 36. Instalación eléctrica del sistema hidroneumático.	43
Figura 37. Implementación del sistema hidroneumático con tanques de almacenamiento de agua.	43
Figura 38. Implementación del sensor ultrasónico HC-SR04 en el sistema.....	44

Figura 39. Implementación de la bomba de agua auxiliar para circulación de agua.	44
Figura 40. Construcción del tablero de control para sistema hidroneumático y Arduino.	45
Figura 41. Implementación del tablero de control en tablero principal.	45
Figura 42. Implementación del tablero general.....	46
Figura 43. Formación de flóculos	47
Figura 44. Caída de flóculos en la base del reservorio	47
Figura 45. Filtro a base de algodón.....	48
Figura 46. Agua procedente del proceso de decantación.....	48
Figura 47. Agua procedente del proceso de decantación.....	49
Figura 48. Agua procedente del proceso de decantación.....	50
Figura 49. Proceso de tratamiento del agua residual.....	51
Figura 50. Tabla de medición de pH.....	51
Figura 51. Medición pH valor 6.0.....	52
Figura 52. Medición pH valor 6.5	52
Figura 53. Medición pH valor 7.0.....	52
Figura 54. Presión del sistema hidroneumático 1° medición.....	53
Figura 55. Presión del sistema hidroneumático 2° medición.....	54
Figura 56. Presión del sistema hidroneumático 3° medición.....	54
Figura 57. Temperatura de agua tanque superior.....	55

Figura 58. Temperatura de agua tanque inferior.....	55
Figura 59. Comparativa de consumo de agua potable	56
Figura 60. Tiempo de llenado 1° medición.....	57
Figura 61. Tiempo de llenado 2° medición.....	57
Figura 62. Tiempo de llenado 3° medición.....	57
Figura 63. Regulación del presostato	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de medición.....	26
Tabla 2. Presupuesto del proyecto	30
Tabla 3. Mediciones de temperatura	55
Tabla 4. Tiempo de lavado y funcionamiento de bomba de agua.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Test de funcionamiento	69
Anexo 2. Diagrama y simulación de software Arduino y Sensor Ultrasónico	73
Anexo 3. Diagrama y simulación de sistema medidor de nivel de agua.....	74
Anexo 4. Plano del tablero general	75
Anexo 5. Plano de AutoCAD – Tanques de almacenamiento de agua.....	76
Anexo 6. Plano de AutoCAD –Tanque de bomba auxiliar.....	77
Anexo 7. Plano de AutoCAD – Medidor de nivel de agua.....	78

RESUMEN

El proyecto desarrollado a continuación, está relacionado con la creación de un sistema de reciclaje de agua, tanto pluvial como residual, priorizando la reutilización del líquido en nuevas tareas inherentes al sector residencial, de forma automática, antes de ser completamente desechado. Para el cumplimiento de este objetivo, se inició con una profunda investigación bibliográfica para determinar el sistema más idóneo a instalar, como resultado de esto, se optó por la utilización del sistema Arduino, y accesorios complementarios como son sensor ultrasónico y módulo de relé, los cuales se encargarán del transporte y almacenamiento del líquido reciclado, luego de circular por un proceso de captación y tratamiento, este último en caso del agua residual; además de la utilización de componentes hidráulicos, mecánicos y eléctricos idóneos para el correcto funcionamiento del sistema. Para el diseño del sistema de reciclaje de agua se desarrollaron diferentes tipos de planos y diagramas eléctricos y electrónicos, para lo cual se utilizó software de diseño, programación y simulación tales como AutoCAD, Arduino y Proteus, respectivamente. La utilización de los planos desarrollados, favoreció a que el proceso de construcción del sistema tenga menor complejidad y así mismo evitar pérdidas de tiempo y recursos. Una vez finalizado la construcción y luego de realizar pruebas de funcionamiento y medición de variables, se concluye que el sistema construido ofrece resultados óptimos en el sistema de reciclaje de agua, satisfaciendo así las necesidades del usuario. Por último, se puede mencionar que el sistema ofrece gran utilidad al área residencial ya que permite menor consumo de agua potable, reducción significativa del costo económico y a su vez contribuir positivamente al cuidado del medio ambiente y sus recursos.

PALABRAS CLAVE:

Reciclaje de agua - Sistema SCALL - Pluvial - Hidroneumático – Arduino IDE - Programación C++

ABSTRACT

The project developed below is related to the creation of a water recycling system, both pluvial and residual, prioritizing the reuse of the liquid in new tasks inherent to the residential sector, automatically, before being completely discarded. In order to fulfill this objective, a deep bibliographical investigation was started to determine the most suitable system to install, as a result of this, the use of the Arduino system was chosen and complementary accessories such as ultrasonic sensor and relay module, which will be in charge of the transport and storage of the recycled liquid, after circulating through a collection and treatment process, the latter in the case of wastewater; in addition to the use of suitable hydraulic, mechanical and electrical components for the correct functioning of the system. For the design of the water recycling system, different types of electrical and electronic plans and diagrams were developed, for which, design, programming and simulation software such as AutoCAD, Arduino and Proteus were used respectively. The use of the developed plans, favored the system construction process to have less complexity and also avoid wasting time and resources. Once the construction is finished and after carrying out performance tests and measurement of variables, it is concluded that the built system offers optimal results in the water recycling system, thus satisfying the user's needs. Finally, it can be mentioned that the system offers great utility to the residential area since it allows a lower consumption of drinking water, a significant reduction in the economic cost and, in turn, contributes positively to the care of the environment and its resources.

KEYWORDS

Water recycling – SCALL System – Pluvial – Hydropneumatic – Arduino IDE
- C++2 Programming



Lic. Alexandra Tapia

Aprobado

INTRODUCCIÓN

En el sector residencial se evidencia cotidianamente el consumo excesivo y el uso inadecuado de agua potable, añadiendo a esto, el corte esporádico de este servicio ya sea por falta de pago o mantenimiento de infraestructura; así mismo existe una ínfima cultura de cuidado y reutilización del líquido; todo esto provoca diversos problemas tanto económicos como ambientales. El objetivo del proyecto es construir un sistema que permite la recolección del agua de forma automática para la posterior utilización por parte del usuario.

En este proyecto se aplicará como metodología la investigación exploratoria, la cual permitirá un mayor acercamiento, familiarización con el problema y lograr obtener información importante para el desarrollo del proyecto. El tiempo de investigación será transversal, llevándolo a cabo en un tiempo determinado; en este aspecto, no se utilizará ninguna muestra, ni universo ya que el objetivo es la realización de un proyecto exploratorio y experimental teniendo como base la construcción de un único modelo que permita al usuario la recolección y reciclaje automático de agua.

Se utilizarán instrumentos de medición adecuados para la recolección de datos y medición de variables, los cuales serán procesadas mediante la técnica estadística denominada media aritmética; aplicando esta última, se podrá obtener un valor único y referencial que permita determinar la correcta funcionalidad del sistema, saber si los valores obtenidos satisfacen con las expectativas generadas y verificar si cumplen con el objetivo planteado en el inicio de la investigación.

Para concluir, este proyecto está constituido de la siguiente manera, en primer lugar, en el capítulo I se habla del marco teórico que abarca el marco histórico, conceptual, sistema teórico y marco referencial. A continuación, en el capítulo II estarán la metodología que encierra el enfoque, tipo, diseño, técnicas e instrumentos de la investigación. Mientras que en capítulo III se presenta la propuesta que sintetiza la finalidad del proyecto, y por último se tiene las conclusiones obtenidas de el desarrollo del proyecto y la aplicación del mismo.

Antecedentes

Para la revisión bibliográfica se ha tomado en cuenta diversas investigaciones enfocadas al reciclaje de agua, dentro de las que se puede mencionar tesis, informes técnicos y monografías, las cuales serán detalladas a continuación para mayor sustentación del proyecto.

En primer lugar, como ejemplo se encuentran la tesis de Chalco (2016) que en su título de investigación “Evaluación, análisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino - Juli” donde se presenta una investigación en la cual determina el diseño de un sistema para la captación, almacenamiento y distribución de agua de lluvia para utilizar en el sector doméstico rural; con esto el autor concluye que la utilización de un sistema adecuado de captación de agua pluvial ayudaría a disminuir los casos de escases de agua en las viviendas, proporcionar agua con mayor calidad y aumentar las condiciones de salubridad en el ámbito de higiene personal.

Añadiendo a esto se tiene la tesis de Aranda (2015) que en su investigación denominada “Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014” en donde se propone determinar la influencia de un sistema de captación de agua pluvial en el ahorro del líquido, en base a los resultados técnicos obtenidos el autor puede concluir que se puede disminuir considerablemente el consumo de agua potable, esto debido a la ubicación geográfica y condiciones climáticas del sector donde se desarrolló el estudio.

A continuación, se puede observar la tesis planteada por Chávez & Mayhua (2019) planteada como “Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales para un proyecto urbanístico de 12 hectáreas ubicado en el distrito de Pimentel – Chiclayo – Lambayeque” en la que se planea diseñar un sistema para reutilizar aguas grises y pluviales; de esta investigación se ultima que la aplicación de este sistema permitirá reducir el consumo de agua potable y a su vez el gasto del recurso, siendo cambiada por el uso del agua reciclada

que luego de pasar por un proceso de tratamiento mejora su calidad para su utilización final.

Por otro lado, se observa la tesis de Franco (2007) denominada “Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación acaso en Chile” donde se desea diseñar y entregar una herramienta que permita reutilizar las aguas grises y de esta manera evitar el mal uso del agua potable, el autor a su vez llega a la conclusión que la reutilización de estas aguas puede aplicarse en diferentes sectores como riego, lavado de vehículos, además que la recuperación de este líquido dentro del área residencial es más fácil, siendo factible aplicarla en conjuntos de casas para la disminución de costos.

Además, se puede mencionar una tesis de Kestler (2004) titulada “Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda”, en la misma se realiza la propuesta de reducir el consumo de agua potable y a su vez reutilizar el agua residual de la vivienda teniendo en cuenta condiciones de sanidad; en relación al tema se llega a concluir que la aplicación de esta propuesta beneficiaría a reducir el agotamiento del agua, priorizar el ahorro del agua potable y reutilizar las aguas residuales en nuevas actividades del hogar.

Para finalizar, se puede evidenciar que existen variedad de tesis y trabajos de investigación relacionados al reciclaje del agua, dichos archivos servirán de soporte y guía para el desarrollo total del proyecto, su contenido beneficiará en la comprensión del objetivo de la investigación, así como también en la disminución o eliminación de errores durante el proceso de desarrollo del mismo.

Justificación

La realización del presente proyecto tiene la finalidad de optimizar la utilización y aprovechamiento del recurso natural mediante el reciclaje del agua para aplicarlo exclusivamente en el área residencial; con esto se busca reducir el consumo de agua potable dando como resultado la disminución en costos de utilización del líquido a corto y largo plazo, y además de la capacidad de ser un proyecto sustentable.

El uso irresponsable de agua potable en el área residencial genera problemas tanto ambientales como económicos, su uso en procesos no necesarios de agua potable como en limpieza de terrazas o lavado de vehículos representa un gasto que podría ser eliminado utilizando agua reciclada ya sea residual o pluvial, respectivamente. En base a esto, se busca implementar un sistema que permita la captación, el almacenamiento y reciclaje del agua pluvial y residual, de manera que pueda ser reutilizada en nuevos procesos diferentes a los que fueron usados inicialmente, antes de ser desechada definitivamente, todo esto realizado de manera automática.

El proyecto podría beneficiar a diferentes sectores tanto residencial como comercial, sin embargo, está enfocado principalmente a familias de recursos bajos o limitados, donde el agua potable es un privilegio que no está a su alcance ya sea por ejemplo por su posición geográfica; sectores donde puede existir escasez de agua potable o a su vez estar contaminada, lo cual resulta un problema grave para poder adquirirla y consumirla.

El impacto que generaría este proyecto se puede evaluar desde tres perspectivas, tales como, el económico reduciendo gastos de consumo significativamente, por otro lado, el social, ya que su implementación beneficiaría a que las familias puedan acceder al líquido vital, y finalmente ambiental, ya que disminuiría considerablemente el uso inadecuado de este recurso limitado como lo es el agua potable.

Objetivos

Objetivo general

Construir un sistema automatizado de reciclaje de agua empleando componentes hidráulicos, eléctricos y sistema Arduino para suministrar de agua a una vivienda residencial.

Objetivos específicos

- Investigar los conceptos teóricos mediante la utilización de medios bibliográficos para la selección del sistema de reciclaje de agua adecuado.
- Diseñar el sistema eléctrico y electrónico del sistema de reciclaje agua utilizando software de diseño Proteus y software de programación Arduino.
- Diseñar la parte mecánica hidráulica del sistema de reciclaje de agua mediante la utilización del software Auto CAD.
- Implementar el sistema eléctrico, electrónico, mecánico e hidráulico del sistema de reciclaje de agua utilizando los planos desarrollados en software de simulación.
- Verificar el funcionamiento del sistema de reciclaje de agua a través de un test de control y medición de variables.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Marco histórico

El agua se ha constituido desde el inicio de la vida como un recurso primordial en el nacimiento y desarrollo de los seres vivos; la aplicación del recurso hídrico engloba una gran variedad de actividades tales como agrícolas, de ingeniería, en salud, etc. Sin embargo, el fácil acceso al agua es un privilegio que pocos pueden tener; la ubicación geográfica, condiciones climáticas y salubridad son algunas variables que frenan la cómoda accesibilidad de las personas al agua.

Una de las maneras para lograr tener una fuente permanente de este líquido ha sido la captación de agua pluvial que desde la antigüedad ha venido evolucionando llegando a sistemas complejos y eficientes que se puede encontrar en la actualidad.

En primer lugar, la historia lleva a centrar la visión en Grecia antigua, el crecimiento poblacional y el asentamiento de pueblos motivó a que sus pobladores necesiten construir canales de distribución y almacenamiento de agua ya sea de forma pluvial o propia de vertientes naturales. En torno a este contexto, Argudo (2019) menciona que:

Siglos antes, los ingenieros minoicos fueron expertos en el dominio de las técnicas hidráulicas, y se conocen explotaciones de recursos de agua como regadíos de las regiones de Cnosos y Zakro, con manantiales, acueductos, cisternas y pozos, donde recolectaban el agua de la lluvia del palacio de Festos y mantenían y conservaban sus cisternas.

En base a lo citado se puede deducir que la captación de agua viene desde varios siglos antes, donde el pueblo griego controlaba a la perfección el funcionamiento de un sistema de captación y almacenamiento para su posterior utilización en actividades propias de una civilización.

A continuación, se encuentra una de las civilizaciones más importantes del mundo, el pueblo de Roma. Los romanos crearon sistemas eficientes para distribuir esa

agua almacenada a través de construcciones y edificaciones en forma de redes de tubería; su principal motivación era guardar dicho recurso debido que se consideraba el agua como fuente de desarrollo para una ciudad. El agua era demasiado importante, hasta para decidir donde se ubicaría una civilización. “Tanto condicionaba el agua, que antes de construir la ciudad, debía de estar garantizado el abastecimiento de agua, y éste condicionaba la posición exacta de la ciudad” (Argudo, 2019). El pueblo romano pudo mejorar los sistemas ya inventados y además permitiría garantizar el acceso a este líquido vital por parte de los ciudadanos, la infraestructura de sus construcciones es fascinante y su utilización en la actualidad aún puede evidenciarse, esto la ha constituido como un gran logro de ingeniería en el mundo antiguo, tal como se puede observar en la figura 1.



Figura 1. Acueductos en Roma. Argudo (2019).

Por otra parte, en el continente americano se presenta la creación de las amunas denominadas así en quechua, el cual consiste en hacer circular el agua de lluvia a través de canales y llevarlas hacia sitios donde se almacenará el agua recolectada para utilizarla después en época de sequías, estos sitios se denominan ojos de agua. Las amunas se las puede definir según AQUAFONDO (2021) como:

Las amunas son un sistema ancestral de recarga artificial del acuífero, contruidos con piedra impermeable y canales de infiltración permeables que permiten que el agua se filtre en el subsuelo durante la temporada de lluvias, lo que se conoce precisamente como siembra de agua y que permite, que las comunidades, a través de puquiales u ojos de agua, puedan cosechar agua en épocas de estiaje, es decir cuando no hay lluvia.

Actualmente estos mecanismos de recolección de agua aún son utilizados en diferentes pueblos de Perú, principalmente en sectores donde la presencia de lluvia es mayor, permitiendo de esa manera ofrecer agua a sus pobladores y evitar la escasez de la misma. El mantenimiento de este sistema ha permitido que su funcionamiento pueda ser eficiente en la actualidad, tal como se muestra en la figura 2.

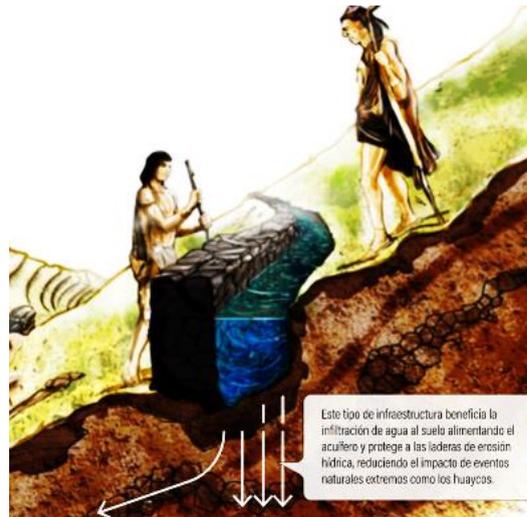


Figura 2. Amunas. AQUAFONDO (2021).

Actualmente, la cultura de cuidado y reutilización de agua en Latinoamérica es escasa; el abuso en la utilización y desperdicio en actividades no necesarias de agua potable ha provocado que este recurso hídrico se vea disminuido en su cantidad y calidad a nivel mundial afectando a millones de personas en su calidad de vida. En este aspecto, por ejemplo, Ecuador es considerado entre los países con mayor consumo de agua potable en toda la región. Por ejemplo, la capital registra un consumo mayor de agua potable en relación a lo recomendado por las autoridades. En relación a este tema, Carvajal (2021) menciona que:

De todos modos, cada habitante en Quito utiliza, en promedio, 180 litros de agua por día, llegando a picos de 200 en los meses más cálidos. Esto sobrepasa casi en el doble lo que la Organización Mundial de la Salud considera necesario, para suplir las necesidades de alimentación e higiene de una persona.

Por lo mencionado anteriormente, la capital tiene un consumo excesivo del líquido vital, que generalmente se ve ocasionado por la mala utilización del mismo, así como también, del despilfarro y la falta de concientización en su uso y aplicación.

En virtud de todo esto se aplicará una máquina para cubrir todas estas ventajas y problemas que ha existido en la historia del agua, en torno a su captación, su almacenamiento y posterior reutilización, contribuyendo así a crear un sistema de reciclaje de agua capaz de cubrir las necesidades de acceso a este líquido vital por parte del usuario.

Marco conceptual

Definición de términos

En el presente proyecto se procederá a detallar las bases teóricas y conceptos que se han tomado en cuenta en la investigación, tales como conceptos fundamentales relevantes, los cuales servirán para la sustentación en el desarrollo del proyecto.

Hidráulica

La utilización de un líquido o fluido para la realización de un proceso, constituye y ofrece al usuario una gran cantidad de ventajas al momento de su aplicación al realizar una actividad ya sea industrial o cotidiana, esto debido a que el uso de un fluido en un proceso mecánico, permite transmitir energía de un punto a otro evitando pérdidas de energía, así como también su fácil adaptación al entorno que lo rodea o que lo contiene. El concepto de hidráulica que propone González (2008) menciona que:

La hidráulica es la ciencia y técnica que trata de las leyes que rigen el comportamiento y el movimiento de los líquidos, y de los problemas que provoca su utilización. Estudia las propiedades, leyes y efectos de los líquidos en reposo o en movimiento.

La versatilidad de la hidráulica permite tener varias aplicaciones en la industria, por ejemplo en una represa hidráulica, como se puede observar en la figura 3, siendo esta una de las principales ventajas, sin embargo, cada sistema necesitará de un

fluido específico para su utilización, tan así que la elección del líquido dependerá del tipo del sistema al cual se aplicará, de esta manera, este se convierte en una variable muy importante al momento de seleccionar los elementos necesarios que precisa un sistema hidráulico.



Figura 3. Hidráulica. Pérez & Gardey (2018).

Hidrostática

La hidrostática hace referencia a una subdivisión de la hidráulica en la cual se estudiarán al líquido, pero considerando su estado de quietud o equilibrio, es decir, mientras se encuentra en un estado de reposo acoplándose al recipiente que lo contiene. “La hidrostática es la rama de la mecánica de fluidos o de la hidráulica que estudia los fluidos en estado de equilibrio; es decir, sin que existan fuerzas que alteren su movimiento o posición” (León, 2019). Por lo tanto, cuando el líquido se encuentre quieto sin movimiento, se puede decir que se encontrará dentro del campo de estudio de la hidrostática. Tal como se muestra en la figura 4.

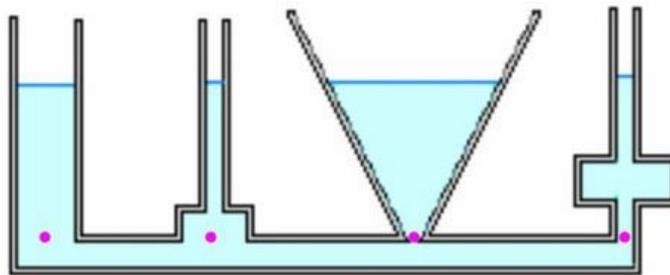


Figura 4. Hidrostática. Zapata (2019).

Hidrodinámica

La hidrodinámica por su parte se aplica al estudio del fluido mientras este se encuentre en movimiento, es decir, cuando el líquido cambie de estado, pasando de

un estado de reposo o quietud hacia un estado de movimiento debido a causas externas. Como ejemplo, se puede observar en la figura 5, el tubo de Pitot usado para medir el caudal de un fluido en movimiento. La hidrodinámica según Acevedo (2017) la define como:

Es la parte de la hidráulica que estudia el comportamiento de los líquidos en movimiento. Para ello considera entre otras cosas la velocidad, la presión, el flujo y el gasto del líquido. En el estudio de la hidrodinámica, el teorema de Bernoulli, que trata de la ley de la conservación de la energía, es de primordial importancia, pues señala que la suma de las energías cinética, potencial y de presión de un líquido en movimiento en un punto determinado es igual a la de otro punto cualquiera.

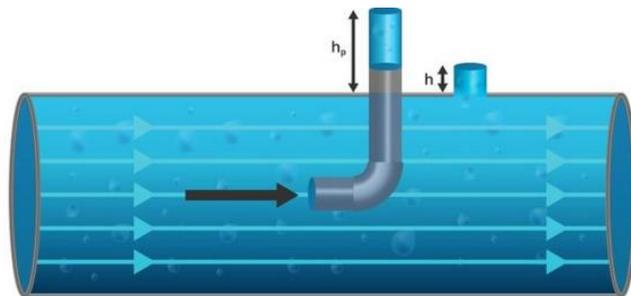


Figura 5. Hidrodinámica. Zapata (2021).

La aplicación de la hidrodinámica está ligada a diversos campos de la industria siendo muy utilizada en el área de la construcción, en sectores de recolección pluvial ya sea doméstico o industrial; tal como se había visto en las construcciones de acueductos del imperio de Roma. “Sin embargo, durante mucho tiempo la hidrodinámica no tuvo un fundamento matemático adecuado. Fue en el siglo XVIII que recibió el impulso definitivo con los trabajos del científico suizo Daniel Bernoulli (1700-1782)” (Zapata, 2021).

Teorema de Bernoulli

Dentro del campo de la hidrodinámica, se debe tener en cuenta un teorema importante denominado Teorema de Bernoulli, en el cual básicamente hace relación a la energía del fluido, la cual permanece constante, mientras circule por medio de

una línea de corriente. Tal como se muestra en la figura 6. Según Educativa Catedu (2017) se define el Teorema de Bernoulli como:

En todo fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento), incomprensible, en régimen laminar de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de todo su recorrido. El teorema de Bernoulli es una aplicación directa del principio de conservación de energía. Con otras palabras, está diciendo que si el fluido no intercambia energía con el exterior esta ha de permanecer constante.

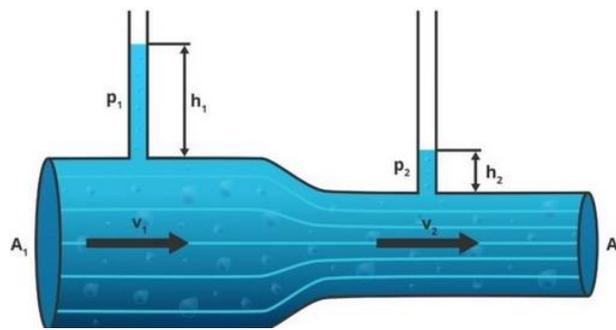


Figura 6. Principio de Bernoulli. Zapata (2021).

A continuación, se definirá los componentes a utilizar en el sistema de reciclaje automatizado de agua, se detallarán y explicarán con el objetivo de dar mayor entendimiento del problema y a su vez, para proporcionar mayor comprensión de la investigación.

Agua potable

El agua potable hace mención ha dicho líquido vital que el ser humano y ser vivo puede consumir de manera segura ya sea para usarla en la alimentación, así como también en actividades de higiene y limpieza. “El agua potable o agua apta para el consumo de los humanos es agua que sirve para beber agua, preparar alimentos, higiene y fines doméstico” (Valdivielso, 2020).

El proceso de potabilización resulta necesario para que el agua que llega a los hogares se encuentre correctamente adecuada para ser consumida por el ser humano

sin que presente riesgos en su salud, tal como se muestra en la figura 7, en base a esto Ucha (2010) menciona que:

La mayoría de las veces luego de la captación se utilizará el sulfato de aluminio que facilita la separación de partículas en la floculación, luego se las decanta, filtra y desinfecta con cloro u ozono. La confirmación que el agua ya es potable estará dada cuando se presente inodora, incolora e insípida.



Figura 7. Agua potable. Ucha (2010).

Agua residual

El agua residual proveniente de la lavadora, puede ser utilizada en varios procesos diferentes permitiendo al usuario darle un nuevo uso al agua residual, de esta manera se optimiza la utilización del agua que sale del proceso de lavado. Como se muestra en la figura 8. El agua residual según Zarsa (2019) es:

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella.



Figura 8. Agua residual. Percyaid (2020).

Agua pluvial

La definición de agua pluvial se centra en delimitar dicha agua que proviene de forma natural, es decir, es aquella agua que se obtiene de la lluvia, este tipo de agua se usaba en la antigüedad y aún se puede ver su uso en pueblos y zonas de campo. Tal como se muestra en la figura 9. “Las aguas pluviales son las aguas de lluvia de precipitación natural. En áreas urbanas, las aguas pluviales urbanas son agua de lluvia que no absorbe el suelo y escurre por edificios, calles, estacionamientos, y otras superficies” (Valdivielso, 2020).



Figura 9. Agua pluvial. Pradillo (2014).

El agua de lluvia es un recurso que no se ha visto aprovechado en su totalidad, es decir, la obtención de este líquido es gratuita y su aplicación en la vida cotidiana es nulo especialmente en el área urbana; sin embargo, en sectores rurales se puede ver que este recurso pluvial tiene varias aplicaciones y grandes beneficios para el usuario.

Reutilización de agua

El agua reutilizada constituye un elemento importante en el sistema de reciclaje de agua, ya que este fluido será reutilizado en otro proceso diferente al que se lo utilizó con anterioridad, de esta manera se reutilizará el líquido para un fin diferente. Como se muestra en la figura 10. La reutilización del agua en base a Valdivielso (2020) afirma que:

El reciclaje, reutilización o regeneración del agua es el proceso por el cual se recupera el agua usada, para nuevos fines. Las fuentes de agua usada pueden ser: residuales, grises y pluviales. Reciclaje en el medio urbano como el riego de zonas públicas, uso contra incendios y limpieza de urbanizaciones, zonas comerciales, polígonos industriales, etc. También se puede usar con fines comerciales como el lavado de automóviles, limpieza de ventanas y cristalerías de grandes edificios, y fines decorativos como las fuentes de agua.

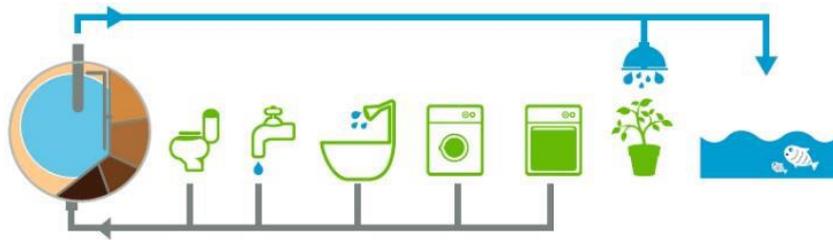


Figura 10. Reutilización agua. Inspira Biotech (2018).

SCALL

Las siglas de término scall hacen referencia al sistema de captación de agua de lluvia, en el cual su sistema está conformado de una serie de elementos básicos para que este sistema funcione correctamente. Tal como se observa en la figura 11. “Es un sistema recolector de agua de lluvia, que consiste en un área de captación que conecta con una cisterna de almacenamiento” (Atencio, 2017).

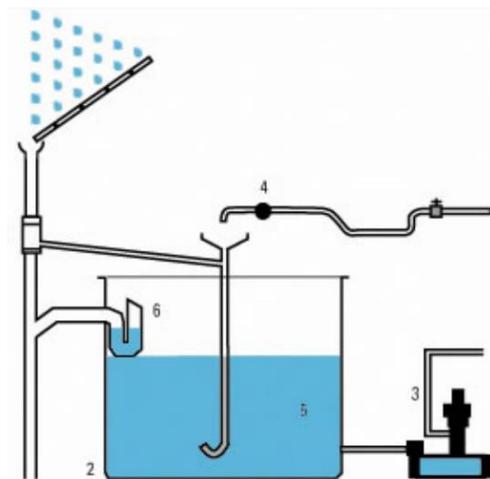


Figura 11. Recuperación agua lluvia SCALL. EcoHabitat (2021).

Este sistema de captación de agua de la lluvia, es aplicado en diferentes sectores donde cuentan con amplias superficies para captar el líquido y posteriormente almacenarlo y así aprovecharlo después en nuevos procesos.

SCAPT

La palabra scapt se la denomina a aquellos sistemas de captación de agua pluvial en techos, es decir, se aplica con mayor frecuencia en el área doméstica donde se utilizará el techo de la vivienda como un medio receptor del líquido pluvial. Tal como se observa en la figura 12. “Este componente es una parte esencial de los SCAPT ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento” (Atencio, 2017).



Figura 12. Captación agua lluvia SCAPT. Arkiplus (2021).

Por lo tanto, este sistema se lo aplica exclusivamente en el sector residencial, aprovechando los techos con los que cuentan generalmente las casas en el área urbana y rural, así mismo debe ir acompañado de una correcta captación y almacenamiento para su posterior utilización.

Tratamiento de agua residual

El tratamiento de agua residual busca disminuir los componentes contaminantes que se encuentran presentes en el agua residual, en este caso, el agua de la lavadora existe una gran presencia de detergente, por lo que tratar esta agua resultante del lavado facilitará su reutilización en nuevos procesos. En relación al tratamiento del agua residual, Spena Group (2019) menciona que:

Básicamente estos consisten en la eliminación de sólidos gruesos, resultando en una reducción de la carga contaminante en sus aguas residuales. Dependiendo de la calidad requerida de sus efluentes finales usted puede necesitar ya sea un filtro, un sistema de flotación o un sistema de floculación y flotación.

La finalidad de este proceso de tratamiento de agua, es obtener agua de mayor calidad, no para ser bebida ni consumida, pero que pueda ser reutilizada en otras actividades donde el uso de agua potable no es necesario, aprovechando al máximo este recurso antes de desecharlo definitivamente.

Calidad de agua pH

La calidad del agua constituye un factor relevante al momento de escoger la finalidad de aplicación del líquido, en este aspecto, el pH es un parámetro determinante ya que permitirá indicar el grado de acidez o alcalinidad que se encuentre presente en una sustancia. Tal como se muestra en la figura 13. La definición de pH según Grupo Corsa (2019) menciona que:

El pH es una prueba que se realiza para conocer la calidad del agua, e indica la acidez o alcalinidad de la misma. Normalmente, estas mediciones se ejecutan en una escala del 0 al 14, siendo 7.0 la medida neutra.



Figura 13. Medidor pH. Piscinas Desmontables (2014).

Decantación

El término decantación se aplica para definir a la separación de dos sustancias que estén mezcladas en un mismo proceso, este proceso será aplicado en el sistema específicamente para el sector de aguas residuales. Como se muestra en la figura 14. “La decantación es un procedimiento utilizado para separar mezclas heterogéneas, especialmente las que son sólido-líquido o líquido-líquido” (Bolívar, 2020).



Figura 14. Decantadores. AYSA (2020).

Filtración

La filtración en un proceso contribuirá a separar las partículas sólidas de la parte líquida, ya sea para aplicar en el agua pluvial como residual y así lograr obtener agua sin restos sólidos provenientes de la parte de captación del líquido. Ejemplo de este proceso se puede observar en la figura 15. “Consiste en separar un sólido del líquido mediante el uso de un filtro, el cual retiene las partículas del sólido mientras permite el paso del líquido” (Bolívar, 2020).



Figura 15. Filtración. AYSA (2020).

Esta parte del sistema es muy importante y esencial para obtener el líquido con mayor calidad, ya que permitirá separar sólidos que el agua arrastra en su proceso de captación evitando tener residuos en el proceso de almacenamiento.

Sistema hidroneumático

El sistema hidroneumático permitirá que el agua almacenada pueda ser transportada hacia toda la residencia con una presión adecuada y constante, debido a que funciona en base a presión y agua, como se observa en la figura 16. En este aspecto Fluideco (2019) menciona que:

Para que un sistema hidroneumático funcione es necesario utilizar agua y aire a presión, ya que son sistemas basados en el principio de compresibilidad. Por tanto, su funcionamiento comienza en el momento en el que se suministra el agua al tanque de almacenamiento por parte de la empresa de aguas. El proceso de funcionamiento se produce de la siguiente manera. En primer lugar, se suministra el agua al tanque de almacenamiento, donde se encontrará acumulada hasta que la bomba comience a funcionar. Cuando la bomba se pone en marcha el tanque hidroneumático comienza a realizar su función. De este modo, el aumento del nivel de agua del tanque hace que el aire se comprima en el interior del recipiente.



Figura 16. Hidroneumático. Fluideco (2016).

Sensor

Un sensor se lo define como un dispositivo, el cual permitirá la detección de cambio o modificación dentro de un sector en el cual este sector esté aplicado, y de esta manera se puede enviar una señal de salida informando el cambio existente en la señal de entrada. Así como se observa en la figura 17. “Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas” (Pérez Porto & Gardey, 2010).

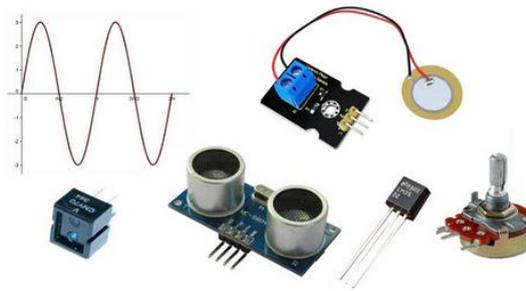


Figura 17. Sensores. Solectro (2021).

Arduino

El proceso de automatización del sistema permitirá darle mayor facilidad al almacenamiento y reutilización del agua, por lo tanto, utilizar un micro controlador resulta idóneo para realizar dicho proceso, debido a su facilidad de programación y aplicación en el sistema. Como se muestra en la figura 18. La definición de Arduino que menciona Proserquisa (2016) dice que:

Arduino es un micro controlador de código abierto, una sencilla y económica placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo en el lenguaje de programación Processing basado en Java con una fácil curva de aprendizaje. Arduino nos permite crear proyectos de electrónica de una manera sencilla y eficaz.

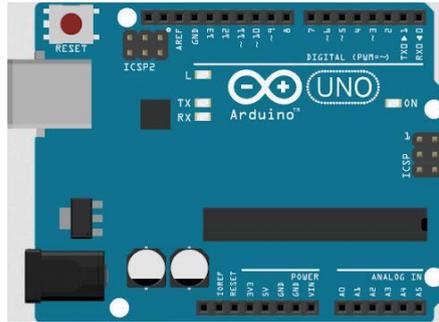


Figura 18. Arduino. Prosequirsa (2016).

Bomba hidráulica

La bomba hidráulica es una máquina que permitirá circular el agua desde un lugar hacia otro, esto debido a que utilizará la energía mecánica transformándola en energía hidráulica y de esta manera poder movilizar el fluido desde su posición de origen hacia el punto final. Como se muestra en la figura 19. La bomba hidráulica se la puede definir según Solorzano (2016) como:

La bomba hidráulica es un dispositivo que transforma energía mecánica (torque y velocidad del motor) en hidráulica (caudal). Cuando una bomba opera, cumple dos funciones: primero, su acción mecánica crea un vacío en la succión lo cual permite que la presión atmosférica fuerce líquido del tanque o reservorio hacia la entrada de la misma. Segundo, la misma acción entrega éste líquido a la salida de la bomba y lo empuja hacia el circuito hidráulico.



Figura 19. Bomba hidráulica. Llamas (2016).

Sistema teórico

Las variables que intervienen en este proyecto servirán para poder evaluar el correcto funcionamiento del sistema, a través de dos procesos, tanto la medición como la verificación de los valores ideales presentes en el proceso de funcionamiento del mismo. En relación a este tema, González (2020) delimita a las variables como:

Las variables de investigación son las distintas características o propiedades de los seres vivos, objetos o fenómenos que tienen la particularidad de sufrir cambios y que pueden observarse, medirse, ser objeto de análisis y controlarse durante el proceso de una investigación.

Por lo tanto, las variables que van a ser utilizadas en este proyecto son las que se mencionarán a continuación:

Presión

La presión que se encuentra presente dentro del sistema de reciclaje de agua, se debe a la fuerza que el líquido ejerce hacia la tubería que lo contiene. “Las fuerzas que ejerce un fluido sobre el medio que lo rodea vienen caracterizadas por una sola magnitud, la presión en el fluido, la cual se define como la cantidad de fuerza perpendicular aplicada sobre una superficie” Jiménez (2018).

La medición de la presión en el sistema permitirá tener control apropiado para el correcto funcionamiento del sistema, con la ayuda del manómetro se podrá conocer si existe la presión adecuada para el proceso adecuado del sistema, ya que, de ser inadecuado, podrá existir daños en los elementos constitutivos, tal como la bomba de agua, con lo cual podría disminuir su vida útil. En relación a los rangos de presión de la bomba de agua, Record Electric (2020) menciona que:

Muy simple: es el rango de presión en el que trabajará nuestro sistema, en el caso de 20-40 la bomba encenderá cuando la presión del sistema llegue a 20 psi y apagará cuando la presión alcance las 40 psi. Este rango se utiliza

normalmente en residencias de dos niveles y/o cuando utilizamos bombas de mediana presión.

Tiempo de llenado

La utilización de esta variable colaborará para comprobar el tiempo que demora cada estanque en llenarse y llegar al límite máximo de su respectiva capacidad. Tener en cuenta, dicha variable permitirá dimensionar los recipientes o estanques contenedores del agua, así como también elegir los componentes electrónicos adecuados para el buen funcionamiento de los elementos en el sistema. Para lograr este objetivo, se deberá ocupar un cronómetro, con esto se puede tener lecturas objetivas.

Temperatura

Tener en cuenta dicha variable servirá para que el usuario tenga la facilidad de conocer la temperatura del líquido y así, en base a su criterio de utilización, determinar cuál será la aplicación el agua reciclada; para este proceso será indispensable la utilización de un termómetro para la toma y recolección de datos.

En este aspecto, Beléndez (2017) menciona que:

La temperatura se describe subjetivamente en términos tales como “caliente” y “frío”, de modo que “caliente” corresponde a una temperatura más alta que “frío”. Sin embargo, estos términos no tienen un significado objetivo consistente: Podemos apreciar variaciones de temperatura de acuerdo con las variaciones de intensidad de estas sensaciones, pero el sentido del tacto carece de sensibilidad y alcance necesarios para dar una forma cuantitativa de esta magnitud.

En base a lo mencionado, se puede mencionar que será indispensable la utilización del instrumento de medición respectivo, es decir, el termómetro para la obtención de datos de manera objetiva y así evitar errores en la medición de valores y datos.

Calidad del agua

La calidad que presenta el agua resultante del proceso de reciclaje, permitirá definir el uso que se le puede dar al líquido, en otras palabras, poder escoger si usan ese recurso hídrico para labores de higiene o limpieza. “La calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado” (Ministerio de Desarrollo Productivo. Dirección de Recursos Hídricos, 2017).

El uso del peachímetro en la obtención de datos, facilitará tener una lectura clara del pH del líquido estudiado, y de esta manera, utilizar el líquido fluvial o pluvial en cualquier proceso, sin presenta daños o inconvenientes en la aplicación del agua.

Sistema de variables

A continuación, se plantean las siguientes variables del proyecto, junto con sus dimensiones, escalas y características; además de los equipos de medición utilizados para su análisis, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Variables de medición

VARIABLES	DIMENSIÓN	ESCALA	EQUIPO DE MEDICIÓN
Presión	Se define presión como el cociente entre la componente normal de la fuerza sobre una superficie y el área de dicha superficie. (Franco García, 2016).	psi	Manómetro
Tiempo de llenado	Tiempo en el cual un líquido tardará en llegar hasta su límite superior y de esta manera, lograr llenar un recipiente que contiene el líquido.	S	Cronómetro
Temperatura	La temperatura es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio	°C	Termómetro

	ambiente en general. (Significados, 2021)		
Calidad	La calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado. (Ministerio de Desarrollo Productivo, 2017)	pH	Peachímetro

Nota: Tabla elaborada para comprobar el funcionamiento del sistema de reciclaje de agua.

Marco referencial

Diseño asistido por computadora

El diseño asistido por computadora facilita el proceso de diseñar y representar digitalmente piezas o planos, su aplicación en el campo industrial es muy amplia ofreciendo al usuario versatilidad al momento de desarrollar proyectos, como por ejemplo en ingeniería. En este contexto, Rojas & Rojas (2006) menciona que:

La aplicación del software CAD en la ingeniería abarca la elaboración de cuadros sinópticos, diagramas de diversos tipos, gráficos estadísticos, representación normalizada de piezas para su diseño y fabricación, representación tridimensional de modelos dinámicos en multimedia, análisis con elementos finitos, aplicaciones en realidad virtual, robótica, etc.

Por consiguiente, este software servirá para la representación gráfica digital del proyecto a desarrollar, aplicando el diseño en dos y tres dimensiones, permitiendo así una mejor visualización previa del modelo a construir, con esto se busca disminuir errores y optimizar el tiempo y aprovechar los recursos.

Mecánica de fluidos

Para la realización del proyecto es necesario el estudio de la mecánica de fluidos, ya sea que estos se encuentren en reposo o en movimiento. Para lograr definir la

mecánica de fluidos, Arregui de la Cruz, Cabrera Rochera, Cobacho Jordán, Gómez Sellés & Soriano Olivares (2017), determinan que:

La Mecánica de Fluidos es la parte de la Física que estudia los fenómenos en los que, de un modo u otro, los fluidos participan. Como sus movimientos, tanto los naturales (el agua discurriendo por el cauce de un río, el batir de las olas en una playa o el cálculo de las cargas que transmite el viento a la visera de un estadio), como los artificiales (por ejemplo, el bombeo de agua de un acuífero existente a centenas de metros de profundidad).

Por consiguiente, entender cómo actúan los fluidos, permitirá conocer y comprender el funcionamiento del líquido dentro del proceso de reciclaje de agua, y a su vez, conocer la manera en la cual el agua se comportará mientras se encuentra en movimiento durante el funcionamiento del sistema.

Metrología

La metrología es una ciencia relacionada con las mediciones y pesos, las cuales se pueden presentar en cualquier situación, ya sea desde una situación cotidiana doméstica hasta industriales, siendo su utilización indispensable en el proceso de diseño y construcción de cualquier tipo de estructura. “Partiendo del hecho de que la Metrología estudia las mediciones en todos los aspectos teórico-prácticos, independientemente del campo de aplicación, encontramos que está presente en todo momento en nuestras vidas, pero pasa inadvertida ante nuestros ojos en muchos casos” (Jaramillo, 2010).

Por lo tanto, la aplicación de la metrología en este proyecto, se podrá observar en la medición de variables, tales como la temperatura, la cual se tomará valores usando el termómetro; también para medir la presión del sistema se utilizará el manómetro respectivo y además la aplicación del peachímetro y cronómetro, para medición y toma de datos del pH del agua y del tiempo de llenado, respectivamente.

Programación y simulación

La utilización de software de programación, como por ejemplo Arduino, permitirá diseñar los pasos que deberá seguir el proceso de reciclaje de agua, de forma automática. Con esto se busca que el sistema funcione de manera continua. “Es un proceso mediante el cual se codifican una serie de instrucciones, en un determinado lenguaje, para ser posteriormente decodificados y ejecutados por un sistema computacional, todo ello con el fin de resolver un problema” (Caceres, 2019).

Además de utilizar software de programación, se complementará con la aplicación de programa de simulación, tal como es Proteus, el objetivo de su uso es tener una visión del correcto funcionamiento del sistema previo a su construcción física y así evitar errores de construcción o funcionalidad.

Tabla de presupuesto del proyecto

A continuación, se presenta la lista de componentes y valores que han sido utilizados para la fabricación e implementación del sistema automatizado de reciclaje de agua en el área residencial.

Tabla 2*Presupuesto del proyecto*

ITEM	RUBRO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	ARDUINO	1	\$30	\$30
2	TINACOS	5	\$60	\$300
3	CANALETAS	4	\$20	\$80
4	PULSADORES	2	\$4	\$8
5	TUBERÍAS	2	\$15	\$30
6	PEACHIMETRO	1	\$20	\$20
7	MANÓMETRO	1	\$20	\$20
8	TERMÓMETRO	1	\$4	\$4
9	BOMBA HIDRAÚLICA	1	\$20	\$20
10	HIDRONEUMÁTICO	1	\$170	\$170
11	GASTOS VARIOS	1	\$40	\$40
INVERSIÓN			\$	TOTAL
				\$722.00

Nota: Tabla elaborada con los presupuestos obtenidos de manera referencial en diversas casas comerciales.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO

Enfoque de investigación

Dentro del campo de investigación, se encuentra dos grandes conceptos de metodología de investigación, entre los cuales se tiene el enfoque cualitativo y cuantitativo. Por una parte, el enfoque cualitativo centra su estudio en el área de generación de teorías, preguntas o hipótesis; para esto, Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, (2014), definen al enfoque cualitativo como:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los *estudios cualitativos* pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos.

Por otra parte, se tiene el enfoque cuantitativo, en el cual centra su atención en la recolección y análisis de datos que se obtiene del estudio de las variables que funcionan dentro de una investigación. “Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica” (Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, 2014).

En base a esto, se puede mencionar que, al aplicar la metodología de investigación cuantitativa, se puede definir con mayor claridad el camino que seguirá el proyecto de investigación, centrandose su atención en los objetivos, en el proceso y conclusión del mismo. Según Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, (2014), menciona que:

De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado

contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis.

En consecuencia, para este proyecto se ha seleccionado el método cuantitativo ya que resulta beneficioso para la investigación y desarrollo de este proyecto, debido a que permite llegar a conclusiones, en base a una hipótesis planteada, mediante la medición, análisis y estudio de las variables que conforman e influyen en el funcionamiento del proyecto.

Tipo o diseño de investigación

Existen diferentes diseños de investigación que se puede aplicar en el desarrollo de un proyecto, estos tipos se los puede clasificar en exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo. En primer lugar, se encuentra el exploratorio, el cual se centra en investigar una temática que no cuenta con mucho estudio previo. “Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, 2014).

A continuación, se tiene la investigación descriptiva que principalmente se propone a estudiar las características de una población predeterminada a estudiar. “Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, 2014).

Posteriormente, se tiene la investigación de tipo correlacional, cuyo objeto de estudio es la medición de la relación existente entre las variables que conforman un fenómeno. Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, (2014), explican que:

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación

entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables.

Por último, se establece la investigación explicativa, la cual tiene como base de estudio, dar respuesta a las causas que genera un fenómeno. “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales” (Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, 2014).

En conclusión, en este proyecto se aplicará el tipo de investigación exploratorio, esto debido a que permitirá un mayor acercamiento y familiarización con el problema a tratar; todo esto se logrará mediante la obtención previa de datos informativos, para que de esta forma se logre conocer aspectos nuevos sobre el tema a estudiar, teniendo una visión general y amplia del mismo, así como también, lograr obtener información importante para el correcto desarrollo del proyecto.

Técnicas e instrumentos de investigación

Para determinar el correcto funcionamiento del sistema, se ha optado por la realización y aplicación de un test de funcionamiento para la medición de las variables que actúan en el proyecto; tal como se muestra en el anexo 1.

El test inicia en su encabezado con datos informativos generales, tales como fecha de realización de las mediciones, el número de revisión realizada y la persona que lo realizó. A continuación, se muestra una serie de preguntas relacionadas con cada variable, las cuales se detallan a continuación:

En la primera parte, relacionada a la variable presión se muestran los ítems de la hora en la cual se realizó la medición, el valor que ha sido medido, confirmar si la presión medida es la adecuada y un apartado para las observaciones pertinentes.

Seguidamente, se muestra la variable de calidad del agua donde se pide al usuario la hora en la cual se tomó la medición junto con el valor obtenido, en esta parte se

pide mencionar en qué lugar se tomó la lectura, ya que puede ser del agua pluvial o residual, y finaliza con la aceptación de la calidad del líquido en el caso de encontrarse dentro del rango aceptado.

Luego, se menciona la variable tiempo de llenado, en la cual tendrá tres incógnitas, siendo la hora de la medición, el valor medido, y de la misma forma el lugar donde se ha tomado la medición dependiendo del reservorio que ha sido tomado en cuenta para tomar el tiempo de llenado.

Finalmente, se encuentra la variable temperatura, en la cual básicamente se cuestiona el lugar donde se ha tomado la lectura ya sea en el área de agua residual o en el área de agua pluvial, la hora en la que se llevó a cabo la medición y el valor medido.

Procedimiento de medición y toma de valores

Presión

Para realizar la medición de la presión en el sistema se utilizará un manómetro marca GT, con escala en psi, tal como se muestra en la figura 20. La toma de datos se la realizará de dos maneras, siendo visual diariamente y con registro de datos escrito semanalmente.



Figura 20. Manómetro utilizado para medición de presión adecuada del sistema.

Tiempo de llenado

Para calcular el tiempo de llenado de cada reservorio, se utilizará el cronómetro presenta en el teléfono móvil, tal como se muestra en la figura 21; el cual permitirá registrar los valores de tiempo con mayor facilidad. La obtención y registro de este valor variará de acuerdo a la utilización del agua residual y a la captación del agua pluvial.

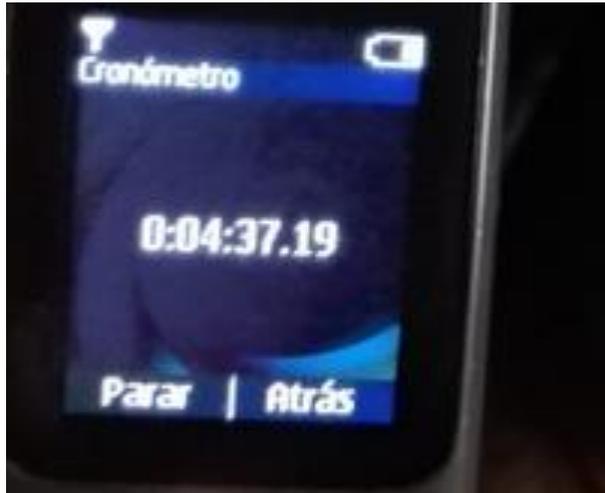


Figura 21. Cronómetro para medición del tiempo de llenado.

Temperatura

La variable temperatura será puesta a medición aplicando el instrumento denominado termómetro, en este caso se utilizará un termómetro graduado en grados centígrados, como se muestra en la figura 22. La medición de este valor servirá para analizar y determinar los cambios que sufre el líquido a través del tiempo y además será indispensable para establecer el uso que se le vaya a dar al líquido por lo que la toma de datos será en tres espacios de tiempo siendo matutina, y nocturna.



Figura 22. Termómetro medidor de temperatura de agua.

Calidad del agua

La variable de calidad del agua será obtenida por medio de la aplicación de un peachímetro en gotas marca Sera, tal como se muestra en la figura 23. Este instrumento permitirá determinar el valor de pH presente en cada líquido captado y almacenado y además, su toma de medición se la realizará en el agua residual, y el agua pluvial.



Figura 23. Medidor de PH Test Marca Sera

Test de funcionamiento

El test de funcionamiento que va a ser utilizado para la elaboración, medición de variables y control de este proyecto, contiene los datos mencionados anteriormente y se lo muestra en el anexo 1.

Desarrollo y procedimiento

En primer lugar, se realizó el diseño del sistema hidráulico y estructural del sistema de reciclaje de agua aplicando el software de diseño AutoCAD, para esto se ha tenido en cuenta las dimensiones de los componentes y del área disponible a utilizar, esto con el objetivo de optimizar el espacio establecido para el sistema, tal como se muestra en la figura 24.

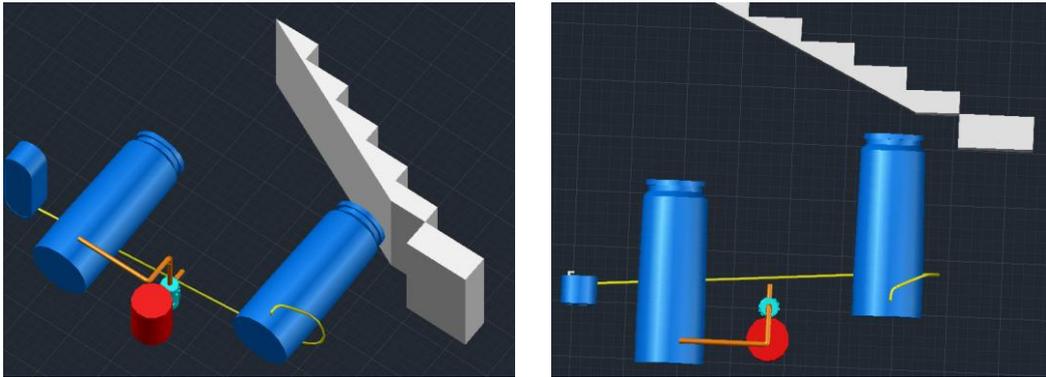


Figura 24. Diseño del sistema de reciclaje de agua en el software AutoCAD.

A continuación, se desarrolló el diseño del sistema electrónico mediante la utilización del software Proteus, en este aspecto, se diseñó el medidor de nivel de agua que será aplicado tanto en el reservorio de líquido pluvial como residual, así como se muestra en la figura 25.

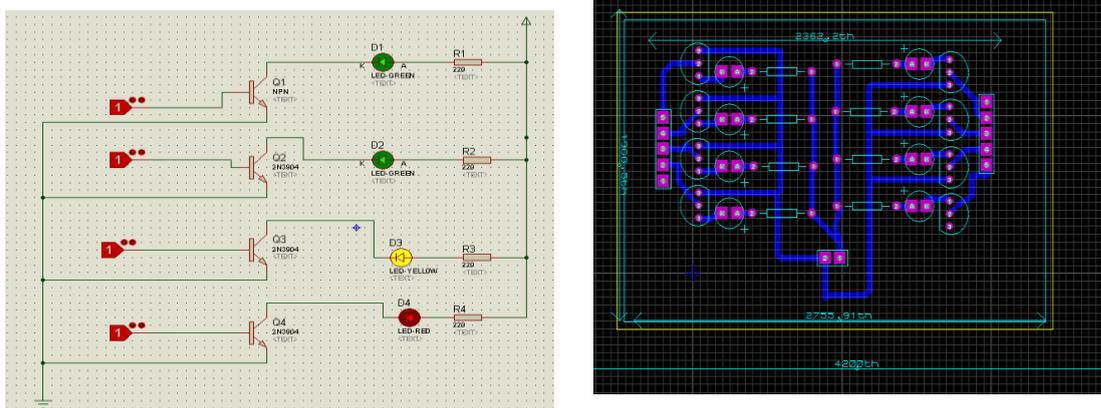


Figura 25. Diseño electrónico de placa medidora de nivel de agua.

Una vez terminado el diseño se procede a la creación de la placa electrónica usando el software Ares Proteus, con este programa se podrá visualizar de manera tridimensional la placa una vez finalizada su realización, tal como se muestra en la figura 26.

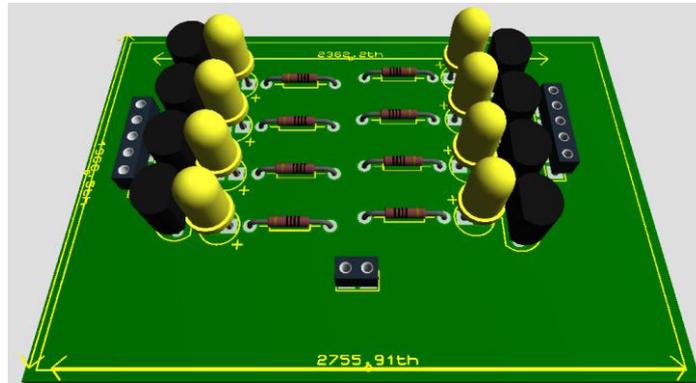


Figura 26. Diseño tridimensional de la placa medidora de nivel de agua.

Después, se procedió a realizar el diseño electrónico para el control del sistema, aplicando el software Arduino, tal como se muestra en la figura 27, el cual permitirá establecer, mediante códigos de programación, las condiciones para que el sistema active o desactive su funcionamiento.

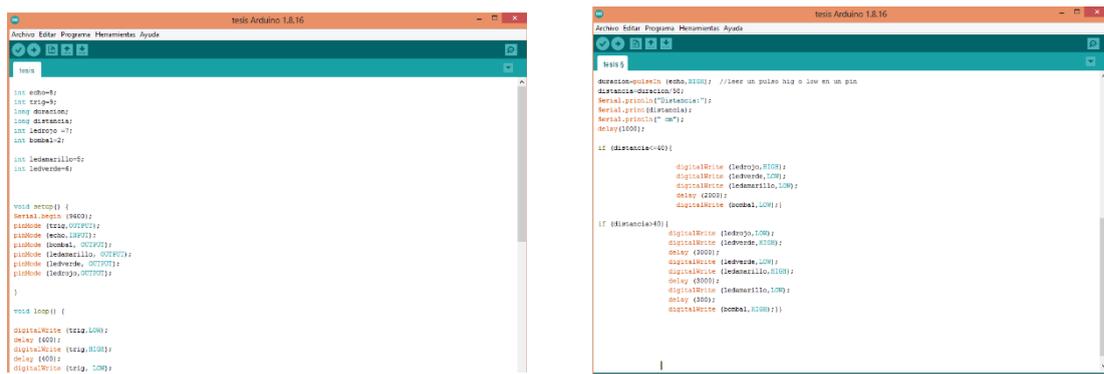


Figura 27. Programación en el software de Arduino.

Seguidamente, se aplica la simulación de la programación realizada para verificar el funcionamiento adecuado del sistema, de acuerdo a los códigos de programación pre establecidos, mediante el software Proteus. Como se muestra en la figura 28.

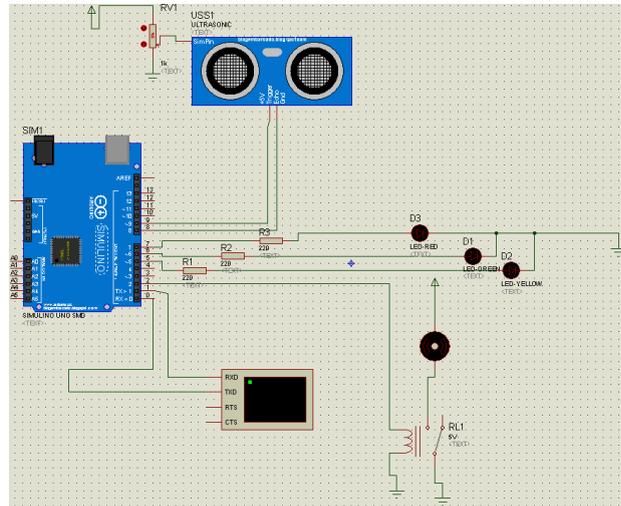


Figura 28. Simulación de funcionamiento de Arduino y Sensor Ultrasónico en software Proteus.

Después, se implementa la parte estructural e hidráulica del sistema, tal como se muestra en la figura 29 y 30, respectivamente; este proceso se ha llevado a cabo según se ha diseñado con anterioridad en los planos establecidos.



Figura 29. Construcción de la estructura del sistema de captación de agua pluvial.



Figura 30. Construcción del sistema hidráulico.

A continuación, se construye el filtro de agua residual, el cual permitirá reducir la cantidad de impurezas presentes en el agua para que, al finalizar su proceso, la calidad del agua sea mayor a la inicial, como se muestra en la figura 31.



Figura 31. Armado de captación y filtro de agua residual.

Por otra parte, se empieza a construir la placa electrónica encargada de la medición del nivel de agua pluvial y residual, como se muestra en la figura 32; teniendo como base, el diagrama realizado anteriormente en el software de diseño electrónico, para posteriormente implementarla en el tablero eléctrico, tal como se muestra en la figura 33.

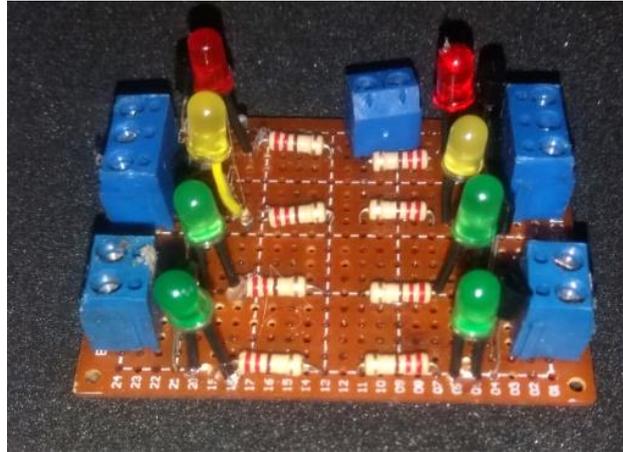


Figura 32. Construcción de la placa electrónica medidora de nivel de agua.



Figura 33. Implementación de la placa electrónica en cajetín.

De la misma forma, se comienza con el armado y cableado que conforma el sistema de control de Arduino, tanto la placa Arduino Uno, el módulo de relés e indicadores de funcionamiento, como se muestra en la figura 34. Posteriormente se lo implementa en su ubicación predeterminada para su funcionamiento tal como se muestra en la figura 35.

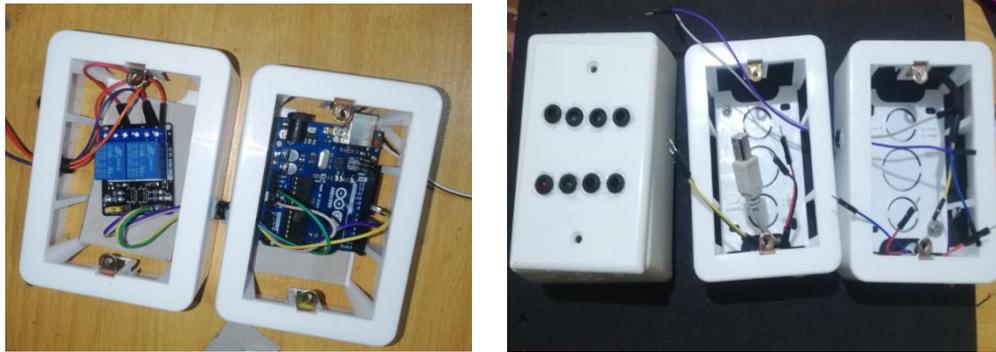


Figura 34. Armado del sistema Arduino Uno y módulo de relé.



Figura 35. Implementación de Arduino Uno y módulo de relé en cajetín.

Ahora, se procede a realizar el cableado eléctrico del sistema hidroneumático como se observa en la figura 36. Posteriormente se procede a instalarlo junto a los reservorios donde suministrara el líquido para su bombeo, como se observa en la figura 37.



Figura 36. Instalación eléctrica del sistema hidroneumático.



Figura 37. Implementación del sistema hidroneumático con tanques de almacenamiento de agua.

A continuación, se instala el sensor ultrasónico HC-SR04 junto con la bomba de agua; estos estarán encargados de llevar el líquido reciclado a su reservorio final del

cual llevará el líquido al sistema hidroneumático, como se observa en la figura 38 y figura 39, respectivamente.



Figura 38. Implementación del sensor ultrasónico HC-SR04 en el sistema.



Figura 39. Implementación de la bomba de agua auxiliar para circulación de agua.

A su vez, se procede a construir y colocar un tablero de control acondicionado para el correcto funcionamiento del sistema, este tablero permitirá separar los circuitos tanto para el control del sistema hidroneumático como para el Arduino, tal como se muestra en la figura 40 y figura 41.

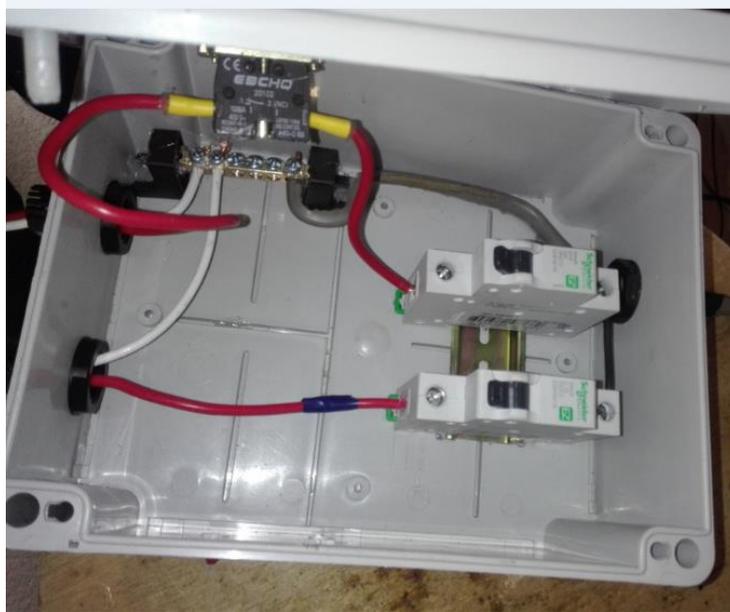


Figura 40. Construcción del tablero de control para sistema hidroneumático y Arduino.



Figura 41. Implementación del tablero de control en tablero principal.

Finalmente, se procede a instalar el tablero de control y el sistema Arduino sobre un tablero general, el cual permitirá al usuario una mejor visualización del funcionamiento del sistema, tal como se muestra en la figura 42.



Figura 42. Implementación del tablero general.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

A continuación, se detallará el funcionamiento del sistema, la comprobación, los resultados obtenidos del proceso y las aplicaciones; con el fin de obtener una visión final del proyecto realizado, todo esto, en base a la metodología propuesta en este proyecto.

Funcionamiento

En primer lugar, el agua residual de lavadora, se almacena en un reservorio donde se mezcla con un coagulante, el cual, al llegar a su capacidad máxima activa, automáticamente, una hélice al interior del reservorio que permitirá, mediante su movimiento la formación de flóculos, como se muestra en la figura 43, los cuales caerán hacia el fondo debido a su peso y gravedad, como se muestra en la figura 44.



Figura 43. Formación de flóculos



Figura 44. Caída de flóculos en la base del reservorio

A continuación, el agua se decanta hacia un nuevo reservorio, mediante el accionamiento de una bomba de agua sumergible, y fluye a través del filtro a base de algodón, como se muestra en la figura 45, que conecta ambos reservorios, reteniendo cualquier tipo de flóculo resultante del proceso anterior, obteniendo así agua sin impurezas, como se muestra en la figura 46.



Figura 45. Filtro a base de algodón



Figura 46. Agua procedente del proceso de decantación

Ahora, el agua se la dirige hacia un penúltimo reservorio, lugar en el cual se realizará la etapa de cloración, como se muestra en la figura 47; en esta parte, luego del proceso mencionado, una bomba de agua se encargará de llevar el líquido tratado hacia el almacenamiento final, la cual será activada y desactivada por medio del sensor ultrasónico y el sistema Arduino, de acuerdo a las especificaciones preestablecidas.

Cada tanque cuenta con indicadores de nivel, con los cuales se podrá verificar la cantidad de líquido presente en el tanque y, por consiguiente, poder ser utilizado

por parte del usuario, como se muestra en la figura 48; esta parte del proceso es esencial para evitar la presencia bacterias que provocan el mal olor al momento de almacenar el líquido residual.



Figura 47. Agua procedente del proceso de decantación



Figura 48. Agua procedente del proceso de decantación

Finalmente, el agua tratada residual se encuentra almacenada sin impurezas y adecuada para su utilización, este proceso será necesario ya que a la bomba de agua que funciona con el sistema hidroneumático, no debe ingresar ningún tipo de impurezas o residuos sólidos al rodete de la bomba de agua, ya que, podría provocar averías, daños y reducción de su vida útil.

Comprobación

Mediciones de pH

Conforme a los datos obtenidos mediante la medición de variables y registrados en los test de funcionamiento respectivos, se puede determinar que el sistema automatizado de reciclaje de agua funciona de manera correcta y adecuada en el área residencial, es decir, el líquido obtenido al final del proceso de reciclaje cumple con una calidad idónea para ser reutilizada en nuevas labores en las cuales, el agua potable no es indispensable, como por ejemplo en tareas de limpieza o riego; sin

embargo, el líquido resultante no presenta la calidad necesaria para el consumo humano.

En base a esto, se puede observar en la figura 49 como la calidad del agua residual varía desde su captación y su proceso de tratamiento hasta el resultado final; donde el valor de pH, medido con una tabla de pH, como se observa en la figura 50, varía en su resultado entre 6.0, 6.5 y 7.0 como se muestra en la figura 51, figura 52 y figura 53, respectivamente.



Figura 49. Proceso de tratamiento del agua residual.

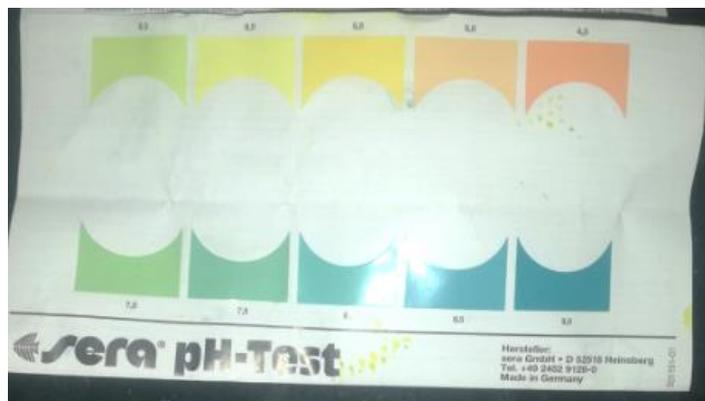


Figura 50. Tabla de medición de pH.



Figura 51. Medición pH valor 6.0



Figura 52. Medición pH valor 6.5

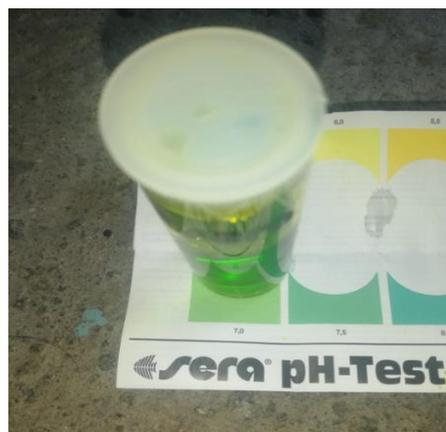


Figura 53. Medición pH valor 7.0

Mediciones de presión

A continuación, se muestra las diferentes toma de valores de presión realizadas de manera periódica, al sistema hidroneumático, con la ayuda del manómetro, como se muestra en la figura 54, figura 55 y figura 56; de esta forma se puede registrar y garantizar que la presión del sistema sea la adecuada y que funcione adecuadamente, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Mediciones de presión

FECHA	HORA	VALOR PRESIÓN
17/10/21	15:40	32 psi
21/10/21	8:30	34 psi
25/10/21	9:15	24 psi
30/10/21	17:00	38 psi

Nota: Tabla elaborada para registro y comprobación de presión del hidroneumático.



Figura 54. Presión del sistema hidroneumático 1º medición



Figura 55. Presión del sistema hidroneumático 2º medición



Figura 56. Presión del sistema hidroneumático 3º medición

Mediciones de temperatura

Ahora, se muestran los valores obtenidos de la medición de temperatura del agua en los diferentes reservorios, mediante la utilización de un termómetro con escala en grados centígrados, tanto en el tanque superior como se muestra en la figura 57, como en el tanque inferior, como se muestra en la figura 58; para lo cual se registra y presenta en la tabla 3.

Tabla 3

Mediciones de temperatura

TANQUE	HORA	VALOR
Superior	12:00	26 °C
Inferior	16:45	19 °C

Nota: Tabla elaborada para registro de temperatura de agua de reservorios.



Figura 57. Temperatura de agua tanque superior



Figura 58. Temperatura de agua tanque inferior

De la misma manera, la reducción en relación a recursos económicos es considerable, ya que como se muestra en la figura 59, el consumo de agua potable ha disminuido considerablemente hasta un 50% de acuerdo al consumo en meses previos a la instalación del sistema de reciclaje de agua.



Figura 59. Comparativa de consumo de agua potable

Tiempo de funcionamiento de la bomba de agua sumergible

Debido a que el agua almacenada pasa por un proceso inicial de captación y tratamiento, es necesaria la utilización de una bomba de agua sumergible que permita la circulación del agua, la cual será accionada mediante el sensor ultrasónico. Por lo tanto, según los valores obtenidos y registrados en los test, se puede evidenciar que, en un proceso de lavado, el funcionamiento de la bomba puede llegar hasta los doce minutos, como se muestra en la figura 60, figura 61 y figura 62; dependiendo del tiempo de lavado que utilice la lavadora, estos se registran y se muestran, como se observa en la tabla 4.

Tabla 4

Tiempos de lavado y funcionamiento de bomba de agua

TIEMPO DE LAVADO	TIEMPO DE BOMBA DE AGUA
26 minutos	5:08 minutos
40 minutos	7:15 minutos
52 minutos	9:15 minutos
70 minutos	11:29 minutos

Nota: Tabla elaborada para el registro de tiempos de lavado y funcionamiento de la bomba de agua.

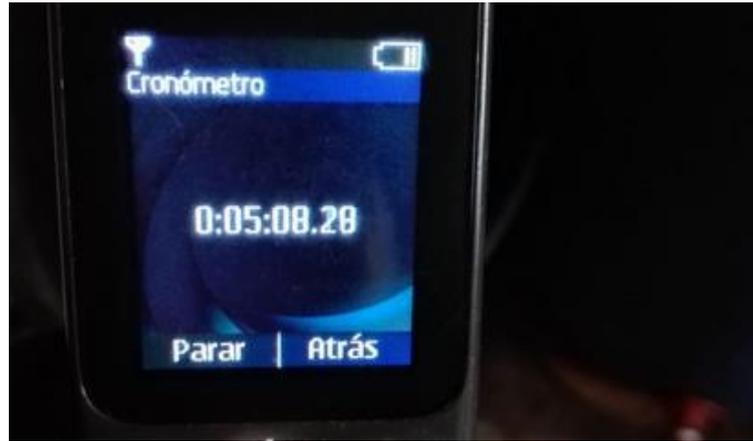


Figura 60. Tiempo de llenado 1° medición

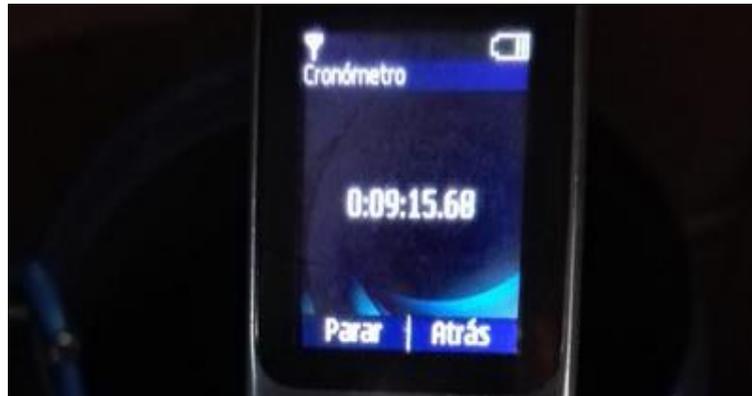


Figura 61. Tiempo de llenado 2° medición

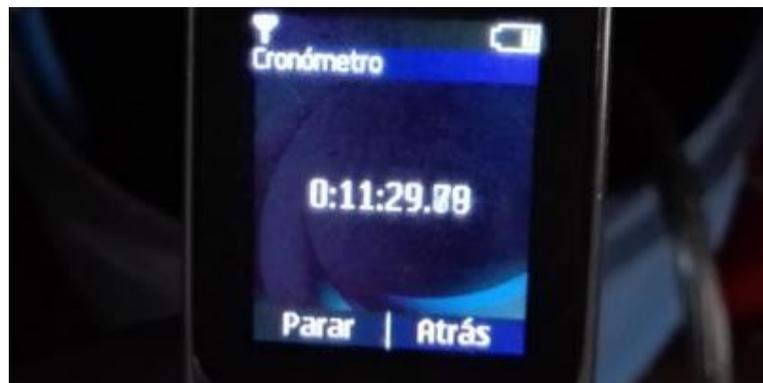


Figura 62. Tiempo de llenado 3° medición

Correcciones

Regulación del presostato

En las primeras pruebas de funcionamiento se corrigieron errores que se presentaron en la presión resultante del hidroneumático, en otras palabras, el presostato tenía una regulación inicial no adecuada para su uso, lo que provocaba que el sistema este encendiendo y apagando constantemente, por lo cual se procedió a regularla, como se muestra en la figura 63, de acuerdo a las especificaciones del fabricante, es decir, establecer el rango entre 20 y 40 psi.

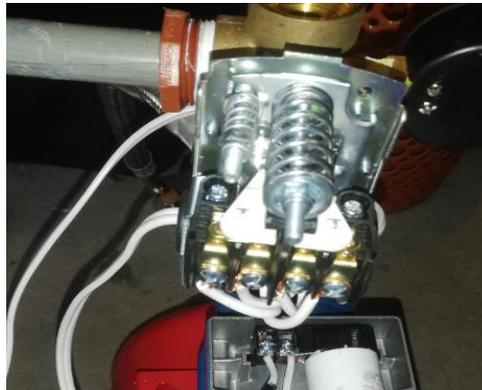


Figura 63. Regulación del presostato

Aplicaciones

Aplicaciones industriales

Las aplicaciones que se pueden considerar a parte de la utilización en una casa pueden ser las siguientes: por ejemplo, en la agricultura la utilización del líquido pluvial. Según Suez Agriculture (2018), menciona que:

La reutilización de las aguas pluviales para el riego es un gran acierto, pues conlleva muchas ventajas. Se trata de un bien no contaminado y libre de costes, por lo que su reciclaje contribuye al ahorro energético en la agricultura y económico de nuestra explotación.

Así como también, el uso de agua residual reciclada en nuevos procesos como en el combate contra incendios. “El proyecto adopta una estrategia combinada basada en el uso de agua reciclada para la mitigación y protección contra incendios, proporcionando patrones de riego preventivo y extinción de agua programados automáticamente” Santos (2019).

Aplicaciones comerciales

La construcción y desarrollo de este proyecto junto con sus componentes hidráulicos, eléctricos y electrónicos engloban un valor aproximado de \$700, dicho valor puede disminuir hasta un 40% siendo necesario la optimización del proceso de construcción y la adquisición de materiales. Este proyecto tiene dos objetivos principales, en primer lugar, su comercialización y venta al consumidor final que desee implementarlo, ya sea público o privado y en segundo lugar, ser un proyecto sustentable y sostenible, es decir, contribuir al cuidado del medio ambiente reduciendo el impacto negativo hacia el recurso hídrico y satisfaciendo las necesidades del consumidor final.

Este proyecto presenta viabilidad en su aplicación y utilización debido a la cantidad de ventajas que presenta su sistema, tales como de ahorro del líquido y ahorro económico, ya que las familias que adquieran el producto pueden ahorrar hasta un 45% de agua potable que consuman y los costos pueden ser retribuidos a lo largo de cinco años teniendo resultados satisfactorios a mediano y largo plazo.

CONCLUSIONES

Al revisar la bibliografía se logró encontrar diversos proyectos y modelos de reciclaje de agua, los cuales fueron de gran ayuda para la selección del modelo más apropiado para aplicarlo en el área residencial y de esta forma, facilitar la optimización de recursos y la obtención de resultados satisfactorios.

La utilización de software de diseño, programación y simulación para el plano del sistema eléctrico y electrónico, contribuyó a que ambos sistemas puedan ser realizados con menor complejidad, así como también, evitar errores en la construcción, implementación y funcionamiento de los mismos.

El diseño de los componentes mecánicos e hidráulicos aplicando el software de dibujo AutoCAD, permitió que la construcción del sistema de reciclaje de agua se la puede realizar evitando contratiempos y errores en su proceso de construcción e instalación.

La implementación de los múltiples sistemas que conforman el proyecto de reciclaje de agua, tales como, eléctrico, electrónico, mecánico e hidráulico; se los pudo llevar a cabo de forma sistemática y estructurada gracias a la adecuada aplicación y utilización de los planos desarrollados previamente en los diferentes softwares de diseño.

La aplicación de los test de control permitió el monitoreo periódico de las variables que actúan en el sistema, la verificación del funcionamiento adecuado del mismo, y la corrección oportuna de errores que se puedan presentar en su desarrollo y funcionamiento.

RECOMENDACIONES

Realizar la investigación bibliográfica priorizando la búsqueda en tesis y artículos científicos técnicos, debido a que su contenido se centra en datos y resultados obtenidos de manera objetiva evitando así información subjetiva que pueda provocar el mal funcionamiento del sistema.

Se sugiere tener en cuenta previamente todos los elementos y componentes constitutivos del sistema eléctrico y electrónico de manera que el diseño y la construcción de la misma sean de forma estructurada y por consiguiente evitar inconvenientes.

Tener en cuenta el área disponible destinada para la implementación del sistema automatizado de reciclaje de agua, esto con el objetivo de, por un lado, evitar contratiempos y, por otro lado, la pérdida de materia prima en la construcción del sistema.

Se recomienda la utilización de productos de calidad en la construcción del sistema, de esta manera se podrá tener mayor tiempo de duración aprovechando al máximo la vida útil de los componentes ya sean hidráulicos, mecánicos, eléctricos o electrónicos.

Al accionar el sistema por primera vez, se sugiere revisar que no existan fugas en la parte hidráulica, además de un correcto cebado del sistema hidroneumático, además de tomar nota de los valores iniciales de las variables para comprobar su funcionamiento y observar cómo varían a través del tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, N. (2017). *Hidrodinámica*. Recuperado de <https://acevedonelson.wordpress.com/acerca-de/segundo-corte/hidrodinamica/>
- AQUAFONDO. (2021). *AMUNAS Conozcamos más sobre Amunas*. Recuperado de <https://aquafondo.org.pe/amunas/>
- Aranda, L. (2015). *Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014*. Recuperado de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/396/TCIV_07.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Argudo, J. (2019). *La gestión del agua en distintas civilizaciones: de Grecia a la actualidad*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7401435>
- Argudo, J. (2019). *Acueductos. El orgullo de Roma*. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-argudo-garcia/gestion-agua-distintas-civilizaciones-grecia-actualidad-iii>
- Arkiplus. (2021). *Captación de agua de lluvia en techos*. Recuperado de <https://www.arkiplus.com/captacion-de-agua-de-lluvia-en-techos/>
- Arregui de la Cruz, F. J.; Cabrera Rochera, E.; Cobacho Jordán, R.; Gómez Sellés, E.; Soriano Olivares, J. (2017). *Apuntes de mecánica de fluidos*. Valencia: *Universitat Politècnica de València*. Recuperado de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78258/PDF-Arregui%3BCabrera%3BCobacho%20-%20Apuntes%20de%20mec%C3%A1nica%20de%20fluidos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Atencio Miranda, E. (2017). *Determinación del sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del Distrito de Ilave, 2016*. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio_Miranda_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- AYSA (Agua y Saneamientos Argentinos S.A.) (2020). *Programa de Visitas Escolares a Plantas. Guía Docente. Los servicios de Agua y Saneamiento Desarrollo, salud y calidad de vida*. Recuperado de https://www.aysa.com.ar/media-library/que_hacemos/Concientizaci%C3%B3n/visitas/Docentes_Nivel_Primario/Primaria_Guia_servicios_agua_saneamiento_2020.pdf
- Beléndez, A. (2017). *Calor y temperatura*. Recuperado de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/95287/1/Tema-4-Calor-y-temperatura.pdf>
- Bolívar, G. (2020). *Decantación: concepto, ejemplos y tipos*. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/ejemplos-de-decantacion/>.
- Bolívar, G. (2020). *Mezclas heterogéneas*. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/mezcla-heterogenea/>.
- Caceres, L. (2019). *Introducción a la programación Introducción, fundamentos de la programación, herramientas de programación, metodología de programación, aplicaciones*. Recuperado de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4362/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20programaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carvajal, M. (2021). *Consumo de agua en Quito por persona supera lo que recomienda la OMS*. *EL COMERCIO*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/consumo-agua-quito-supera-recomendacion.html>

- Chalco, G. (2016). *Evaluación, análisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino – Juli*. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4620/Chalco_Mullu_ni_Glicerio_Fabian.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chávez, E. & Mayhua, C. (2019). *Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales para un proyecto urbanístico de 12 hectáreas ubicado en el distrito de Pimentel – Chiclayo – Lambayeque*. Recuperado de https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6033/chavez_aea-mayhua_bcj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- EcoHabitar. (2021). *Aprovechamiento de agua de lluvia*. Recuperado de <https://ecohabitar.org/aprovechamiento-de-agua-de-lluvia/>
- Educativa Catedu. (2017). *Teorema de Bernoulli*. Recuperado de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4918/html/23_teorema_de_bernoulli.html
- Fluideco. (2019). *Sistema hidroneumático: ¿cómo funciona?* Recuperado de <https://fluideco.com/sistema-hidroneumatico-que-es/>
- Fluideco. (2016). *Sistemas Hidroneumáticos*. Recuperado de <https://fluideco.com/sistemas/sistemas-hidroneumaticos/>
- Franco García, A. (2016). Ecuación fundamental de la estática de fluidos. Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/fluidos/ecuacion/ecuacion.html>
- Franco, M. (2007). *Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile*. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104596/franco_m.pdf;sequence=3

- González, G. (2020). *VARIABLES DE INVESTIGACIÓN: TIPOS, CARACTERÍSTICAS Y EJEMPLOS*. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/variables-de-investigacion/>
- González, R. (2008). *Abastecimiento y Saneamientos Urbanos: Hidráulica Básica*. Recuperado de <https://static.eoi.es>
- Grupo Corsa. (2019). *Todo lo que debes saber sobre el PH del agua potable*. Recuperado de <https://corsa.es/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-ph-del-agua-potable/>
- Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Inspira Biotech. (2018). *¿Cómo reutilizar el agua residual de manera sostenible?* Recuperado de <https://inspirabiotech.com/2018/04/09/como-reutilizar-el-agua-residual-de-manera-sostenible-la-biodepuracion-y-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-son-claves-en-la-solucion/>
- Jaramillo, Z. (2010). *La metrología en nuestras vidas*. *El Tecnológico*, 18(1), 32-33. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/el-tecnologico/article/view/211>
- Jiménez, C. (2018). *Mecánica de fluidos: Hidrostática 1*. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10192/Hidrostatica%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kestler, P. (2004). *Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda*. Recuperado de https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-29_12-16-35111090.pdf
- León, H. (2019). *Hidrostática*. Recuperado de <https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/primer-corte/marco-teorico/hidrostatica/vvv>

- Llamas, L. (2016). *Encender una bomba de agua con Arduino*. Recuperado de <https://www.luisllamas.es/bomba-de-agua-con-arduino/>
- Ministerio de Desarrollo Productivo. Dirección de Recursos Hídricos. (2017). *Calidad de Agua*. Recuperado de <http://www.recursohidricos.gov.ar/webback/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- Percyaid. (2020). *Las mejores ideas para reutilizar el agua de la lavadora*. Recuperado de <https://percyaid.com/hogar/ideas-reutilizar-agua-de-lavadora/>
- Pérez Porto, J. & Gardey, A. (2010). *Definicion.de: Definición de sensor*. Recuperado de <https://definicion.de/sensor/>
- Pérez Porto, J & Gardey, A. (2018). *Definicion.de: Definición de hidráulica*. Recuperado de <https://definicion.de/hidraulica/>
- Piscinas Desmontables. (2014). *Cómo Medir el pH de las Piscinas. Tipos de Medidores pH Piscinas*. Recuperado de <https://www.piscinasdesmontables.es/blog/como-medir-el-ph-en-las-piscinas-2673/>
- Pradillo, B. (2014). *Un vaso de lluvia*. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/un-vaso-de-lluvia>
- Proserquisa. (2016). *Tutorial 1: Introducción a Arduino*. Recuperado de <http://cursoarduino.proserquisa.com/2016/10/05/introduccion/>
- Record Electric. (2020). *¿Cómo calibrar un tanque hidroneumático convencional?* Recuperado de <https://www.recordelectric.com/c-mo-calibrar-un-hidroneum-tico-convencional>
- Rojas, O. & Rojas, L. (2006). *Diseño asistido por computador*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81690102.pdf>

- Santos, M. (2019). *Aguas regeneradas en la lucha contra incendios*. Recuperado de <https://www.elagoradiario.com/agua/aguas-residuales-incendios/>
- Significados. (2021). *Temperatura*. Recuperado de <https://www.significados.com/temperatura/>
- SOLECTRO. (2021) *¿Qué son los sensores analógicos? Todo sobre su funcionamiento*. Recuperado de <https://solectroshop.com/es/blog/que-son-los-sensores-analogicos-todo-sobre-su-funcionamiento-n91>
- Solorzano, R. (2016). *Bombas Hidráulicas*. Recuperado de <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886594/principios-ingenieriles-bsicos-bombas-hidrulicas>
- SpenaGroup. (2019). *Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales*. Recuperado de <https://spenagroup.com/tipos-tratamiento-agua-aguas-residuales/>
- Suez Agriculture. (2018). *Reciclaje del agua para regadío en la agricultura*. Recuperado de <https://www.suez-agriculture.com/es/blog/reciclaje-del-agua-para-regadio-en-la-agricultura>
- Ucha, F. (2010). *Definición de Agua potable*. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/agua-potable.php>
- Valdivielso, A. (2020). *¿Cómo reciclar el agua?* Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/como-reciclar-agua>
- Valdivielso, A. (2020). *¿Qué es el agua potable?* Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-potable>
- Valdivielso, A. (2020). *¿Qué son las aguas pluviales?* Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-pluviales>
- Zapata, F. (2021). *Hidrodinámica*. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/hidrodinamica/>

Zapata, F. (2019). *Presión manométrica: explicación, fórmulas, ecuaciones, ejemplos*. Liferder. Recuperado de <https://www.liferder.com/presion-manometrica/>

Zapata, F. (2021). *Teorema de Bernoulli*. Liferder. Recuperado de <https://www.liferder.com/teorema-bernoulli/>

Zarsa, L. (2019). *¿Qué son las aguas residuales?* Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

ANEXOS

Anexo 1. Test de funcionamiento

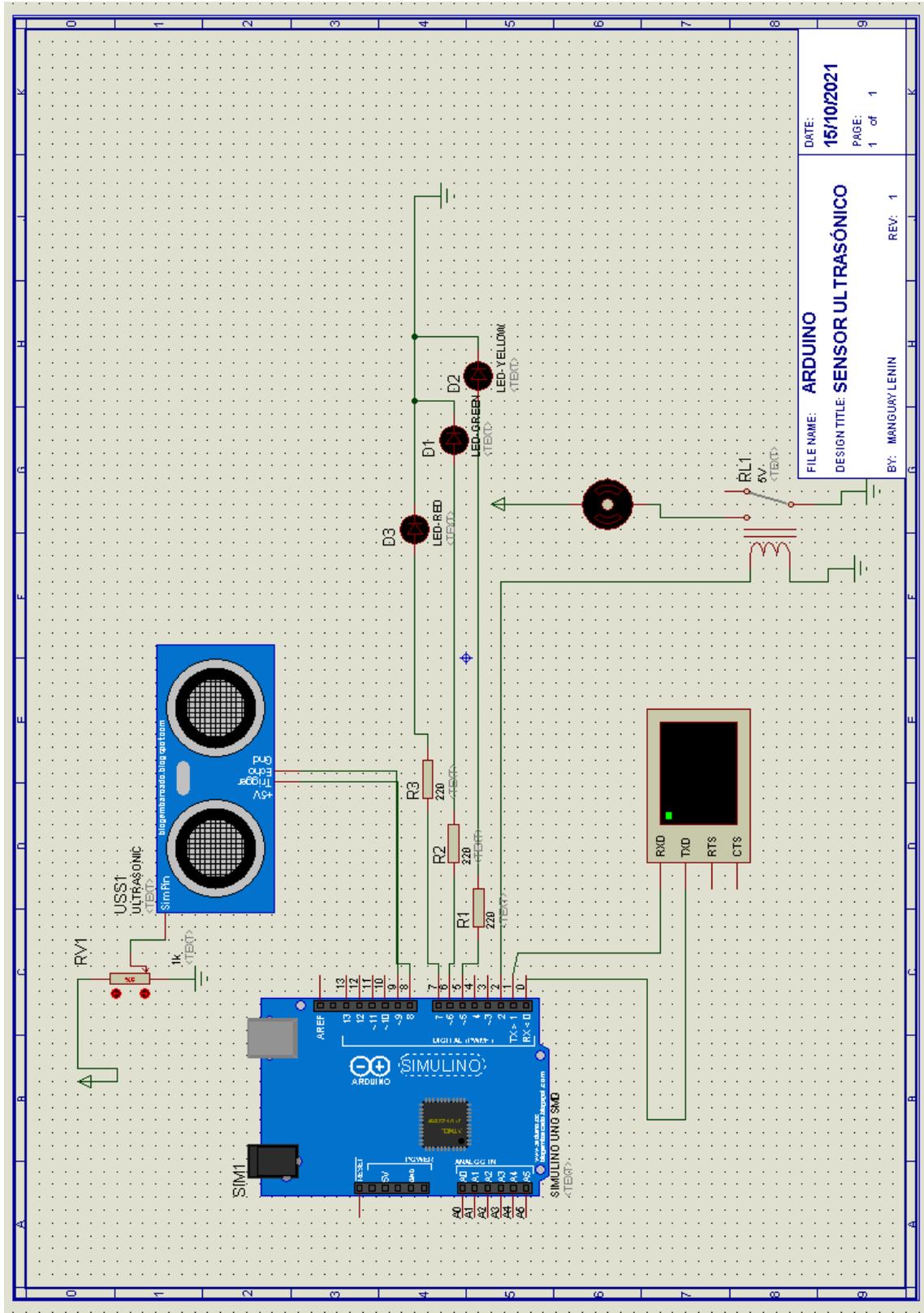
TEST DE FUNCIONAMIENTO I					#1
Fecha:	17-10-21				
Lugar:	Quito				
Técnico encargado:	S/N				
Ciudad:	Quito				
Representante:	S/N				
VARIABLE					
Presión					
Hora de medición	15:40				
Valor medido	32 psi				
Presión adecuada	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	Rango 20 – 40 psi
Conclusión	Sin novedad				
Calidad pH					
Hora de medición	15:50				
Valor medido	6.0				
Tanque	Residual	<input type="checkbox"/>	Pluvial	<input checked="" type="checkbox"/>	
Observaciones	ninguna				
Tiempo de llenado					
Hora de medición	16:30				
Tiempo de llenado	11:29 min				
Tanque N°	1				
Observaciones	funcionamiento normal				
Temperatura					
Hora de medición	16:45				
Valor medido de temperatura	19°C				
Tanque N°	1				
Observaciones	velocidad normal sin novedad				

TEST DE FUNCIONAMIENTO I		#2
Fecha:	21-10-21	
Lugar:	Quito	
Técnico encargado:	S/n	
Ciudad:	Quito	
Representante:	S/n	
VARIABLE		
Presión		
Hora de medición	8:30 am	
Valor medido	34 psi	
Presión adecuada	SI	NO
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Rango 20 - 40 psi	
Conclusión	Sise normal	
Calidad pH		
Hora de medición	8:50 am	
Valor medido	0.5	
Tanque	Residual	Pluvial
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observaciones	ninguna	
Tiempo de llenado		
Hora de medición	9:00 am	
Tiempo de llenado	05:08 min	
Tanque N°	1	
Observaciones	llenado normal	
Temperatura		
Hora de medición	10:00 am	
Valor medido de temperatura	24°C	
Tanque N°	1	
Observaciones	ninguna.	

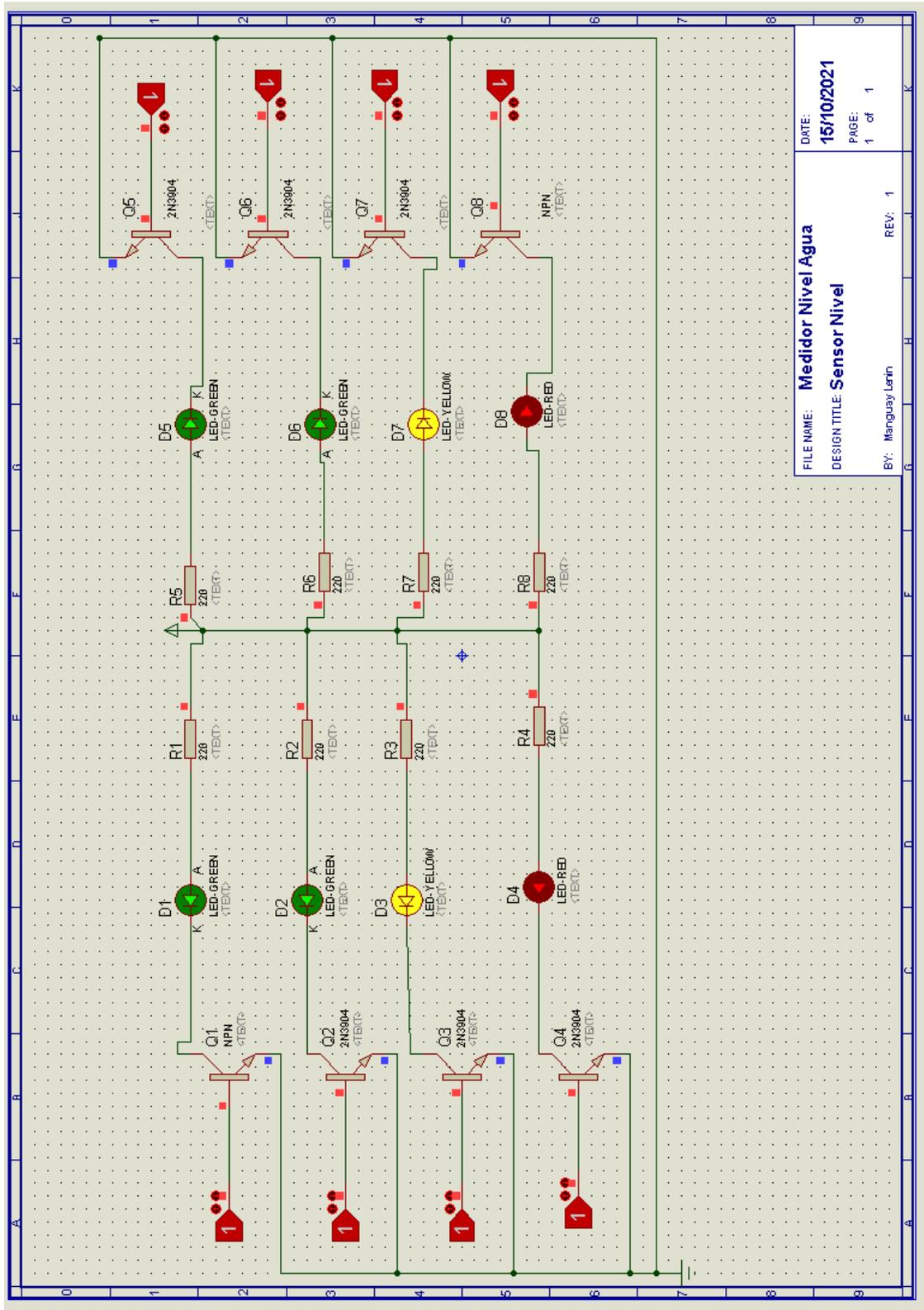
TEST DE FUNCIONAMIENTO I #3				
Fecha:	25-10-21			
Lugar:	Quito			
Técnico encargado:	S/N			
Ciudad:	Quito			
Representante:	S/N			
VARIABLE				
Presión				
Hora de medición	9:15 am			
Valor medido	24 psi			
Presión adecuada	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	Rango 20 - 40 psi
Conclusión	FUNCIONAMIENTO CORRECTO			
Calidad pH				
Hora de medición	9:30 am			
Valor medido	6.0			
Tanque	Residual	<input checked="" type="checkbox"/>	Pluvial	
Observaciones	ninguna			
Tiempo de llenado				
Hora de medición	11:30 am			
Tiempo de llenado	09:15 min			
Tanque N°	1			
Observaciones	NINGUNO			
Temperatura				
Hora de medición	12:00 am			
Valor medido de temperatura	26°C			
Tanque N°	1			
Observaciones	NINGUNA			

TEST DE FUNCIONAMIENTO I #4				
Fecha:	30-10-21			
Lugar:	QUITO			
Técnico encargado:	S/N			
Ciudad:	QUITO			
Representante:	S/N			
VARIABLE				
Presión				
Hora de medición	17:00			
Valor medido	38 psi			
Presión adecuada	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Rango 20 – 40 psi				
Conclusión	SIN NOVEDAD			
Calidad pH				
Hora de medición	17:05			
Valor medido	6.5			
Tanque	Residual	<input type="checkbox"/>	Pluvial	<input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones	NINGUNA			
Tiempo de llenado				
Hora de medición	18:00			
Tiempo de llenado	7:15 min			
Tanque N°	1			
Observaciones	FUNCIONAMIENTO CORRECTO			
Temperatura				
Hora de medición	18:05			
Valor medido de temperatura	21°C			
Tanque N°	1			
Observaciones	SIN NOVEDAD			

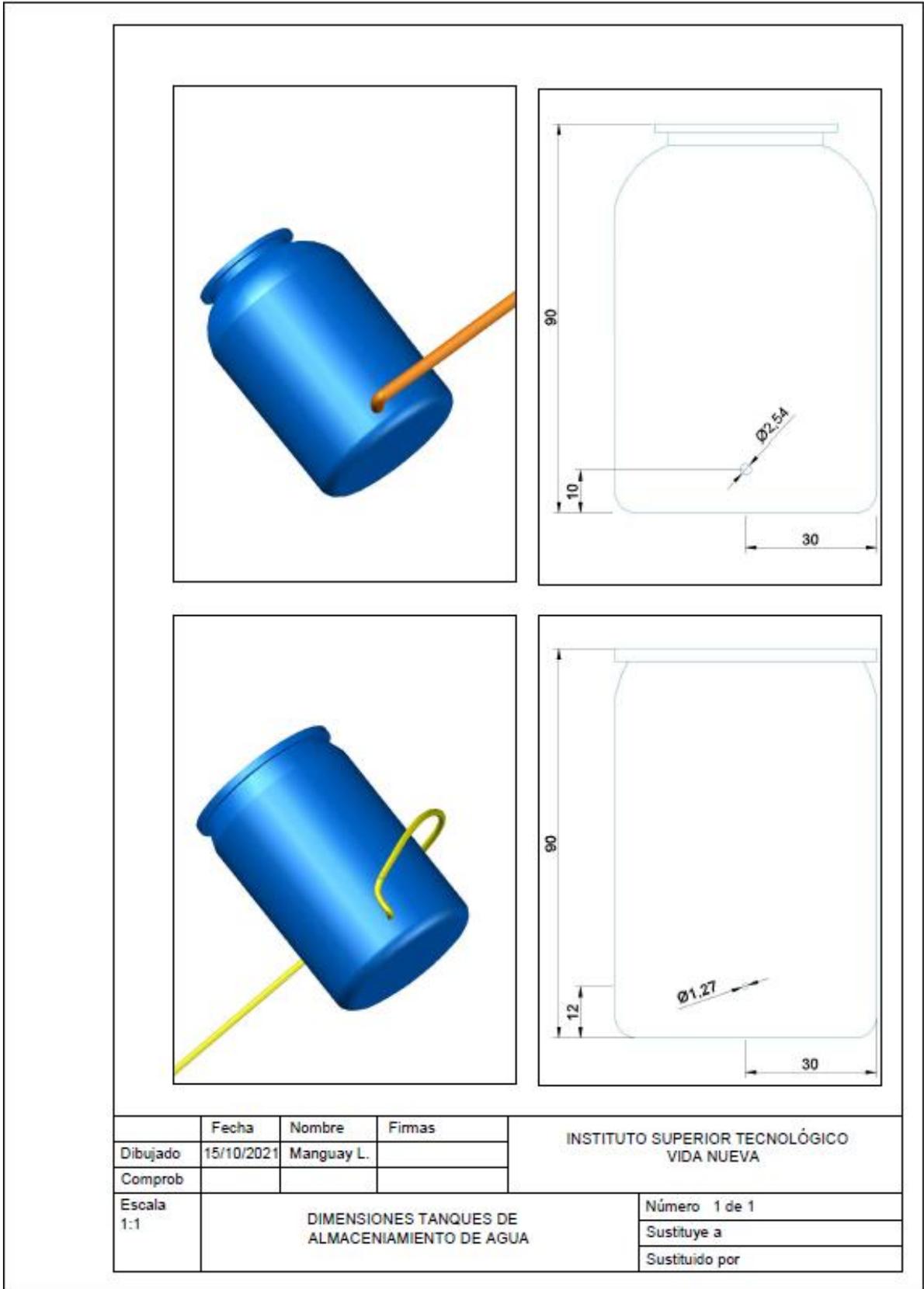
Anexo 2. Diagrama y simulación de software Arduino y Sensor Ultrasónico



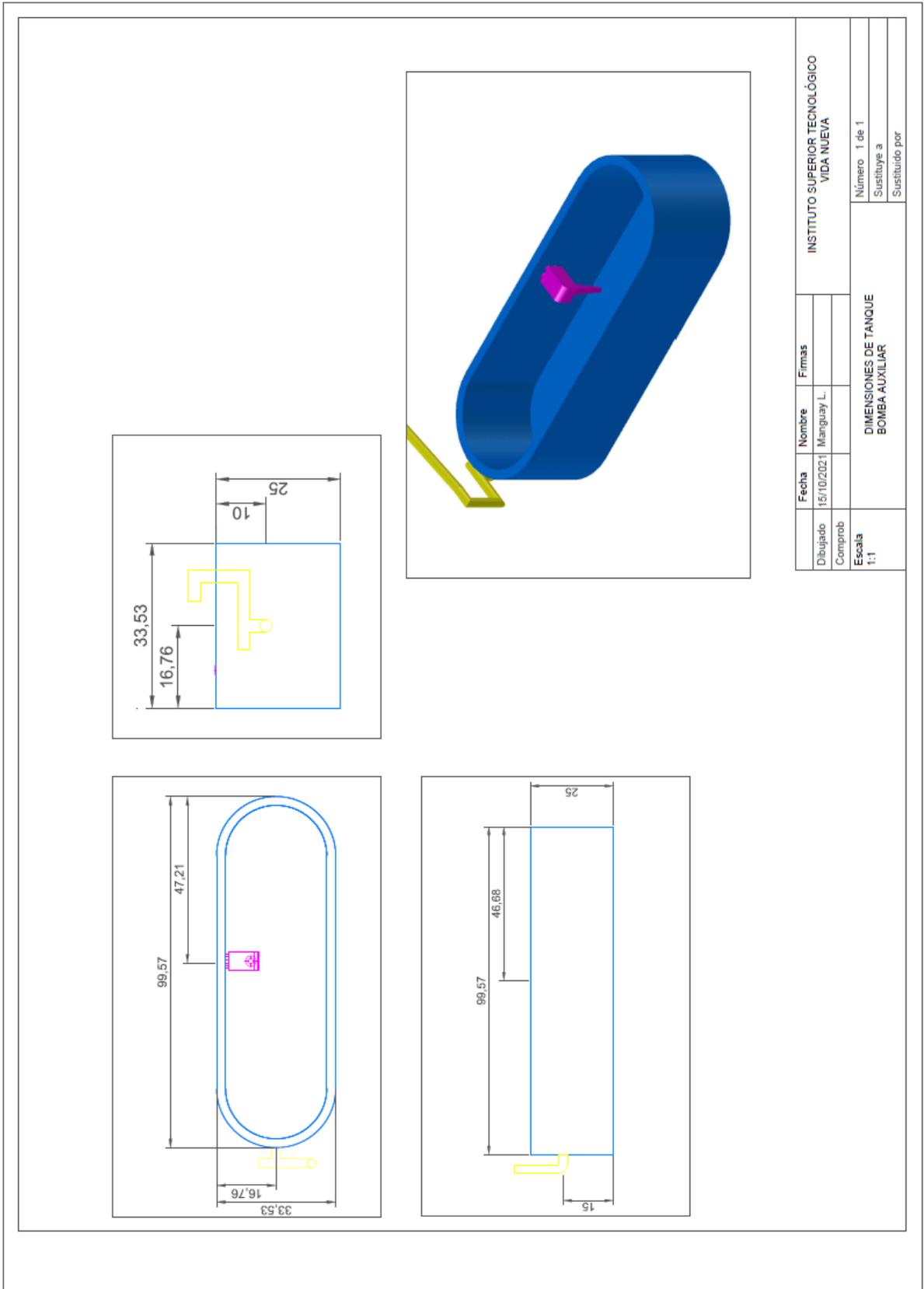
Anexo 3. Diagrama y simulación de sistema medidor de nivel de agua.



Anexo 5. Plano de AutoCAD – Tanques de almacenamiento de agua

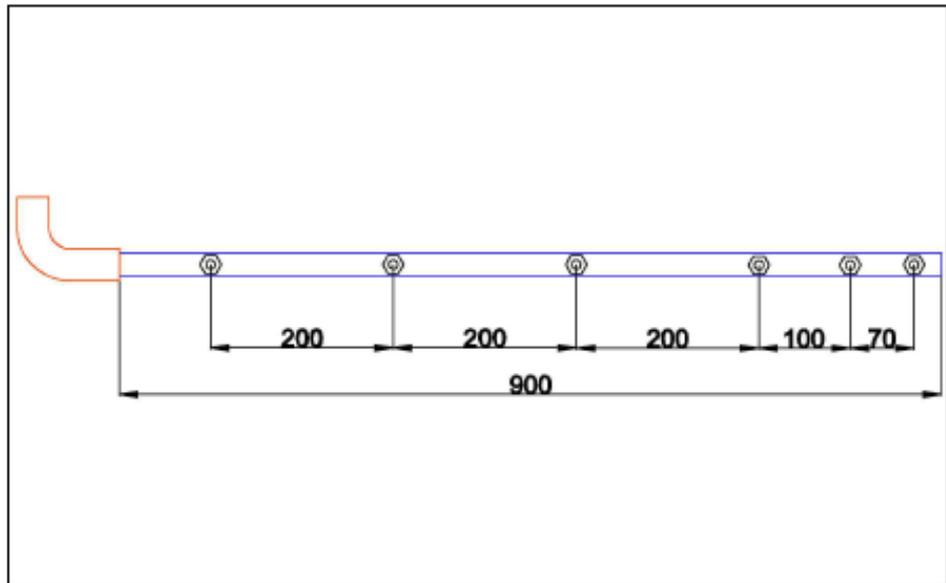
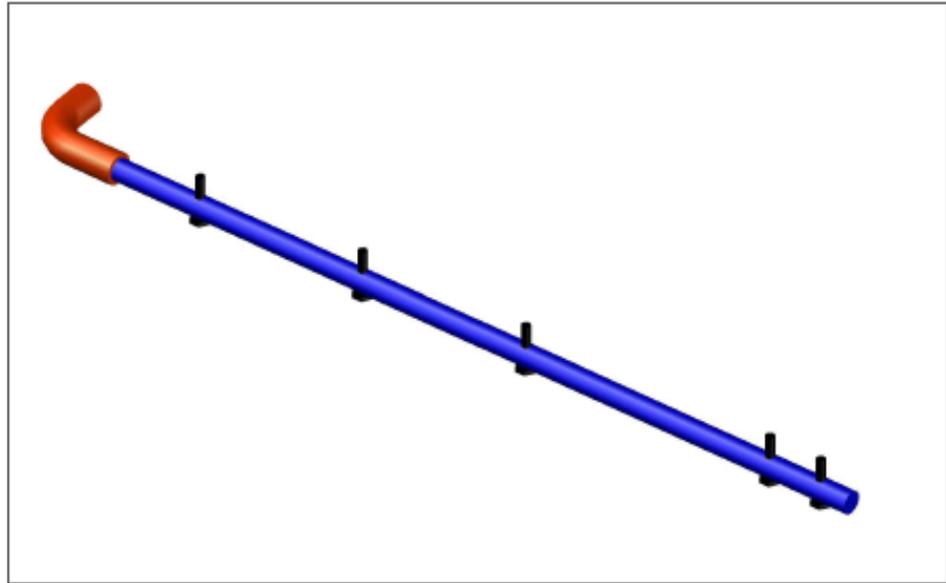


Anexo 6. Plano de AutoCAD –Tanque de bomba auxiliar



Fecha	Nombre	Firmas	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA	
Dibujado Comprob	15/10/2021 Manguay L.			
Escala 1:1	DIMENSIONES DE TANQUE BOMBA AUXILIAR		Número 1 de 1 Sustituye a Sustituido por	

Anexo 7. Plano de AutoCAD – Medidor de nivel de agua



	Fecha	Nombre	Firmas	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA	
Dibujado	15/10/2021	Manguay L.			
Comprob					
Escala 10:1	DIMENSIONES MEDIDOR DE NIVEL DE AGUA			Número 1 de 1	
				Sustituye a	
				Sustituido por	