



# Universidad **Mariana**

Prototipo de un sistema automatizado para la recolección y almacenamiento de agua, en una casa  
finca de la vereda de Higuerones-Cauca

Maick Anthony Zarama Erazo

Universidad Mariana  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Mecatrónica  
San Juan de Pasto  
2024

*Sistema automatizado para la recolección y almacenamiento de agua.*

Prototipo de un sistema automatizado para la recolección y almacenamiento de agua, en una casa  
finca de la vereda de Higuerones-Cauca

Maick Anthony Zarama Erazo

Informe de investigación para optar al título de: Ingeniero Mecatrónico

Álvaro León Ibarra Ordoñez

Asesor

Universidad Mariana  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Mecatrónica  
San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007  
Universidad Mariana

## Contenido

Introducción .....	11
1. Resumen del proyecto .....	13
1.1. Descripción del problema .....	14
1.1.1. Formulación del problema .....	17
1.2. Justificación.....	17
1.3. Objetivos .....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos .....	19
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos.....	20
1.4.1. Antecedentes .....	20
1.4.1.1. Base de datos y criterios de búsqueda .....	20
1.4.1.2. Descripción de los Artículos. ....	22
1.4.1.2.1. Top 5 de artículos más citados .....	22
1.4.1.2.2. Top 5 de artículos más citados en los últimos 5 años .....	25
1.4.2. Marco teórico.....	27
1.4.2.1. Tipos de captación.....	27
1.4.2.2. Calidad del Agua .....	27
1.4.2.2.1. Parámetros del agua.....	28
1.4.2.2.1.1. Características físicas. ....	29
1.4.2.2.2. Análisis sanitario. ....	33
1.4.2.2.3. Análisis físico. ....	33
1.4.2.2.4. Análisis químico. ....	33
1.4.2.3. Tratamiento del agua. ....	34
1.4.2.3.1. Sedimentación. ....	35
1.4.2.3.1.1. Sedimentación Clásica .....	35

1.4.2.1.1. Filtros lento de Arena.....	36
1.4.2.1.1. Cloración.. ..	36
1.4.2.2. Tecnología de control. ....	37
1.4.2.2.1. Sistemas embebidos. ....	37
1.4.2.1.1.1. Arduino.....	38
1.4.2.1.1.1. ModuloRele.. ..	39
1.4.2.1.1.1. Display de cristal líquido (LCD) 4X20. . .	40
1.4.2.2.1.1. Módulo LCD_I2C. ....	42
1.4.3. Marco contextual. ....	46
1.4.3.1. Localización. ....	46
1.4.3.1.1. Coordenadas geográficas.....	46
1.4.4. Marco legal .....	47
1.4.4.1. Leyes. ....	47
1.4.5. Marco ético .....	48
1.5. Metodología. ....	49
1.5.1. Enfoque de la investigación. ....	49
1.5.2. Tipo de investigación,.....	50
1.5.3. Línea y sublínea del grupo de investigación.....	50
1.5.4. Hipótesis de la investigación. ....	50
1.5.5. Descripción de la metodología. ....	51
1.5.6. Validez de la investigación. ....	52
1.5.6.1. Validez interna. ....	52
1.5.6.2. Validez externa.....	53
2. Presentación de resultados. ....	56
2.1. Procesamiento de la información. ....	56
2.1.1. PhPh. ....	56

2.1.2. Turbidez.....	57
2.1.3. Color.....	58
2.1.4. Oxígeno disuelto.....	59
2.1.5. Conductividad Eléctrica. ....	60
2.1.6. Coliformes totales.....	61
2.1.7. Escherichia-Coli . ....	62
2.2. Análisis e implementación de resultados. ....	64
2.2.1. Análisis del primer objetivo. ....	64
2.2.2. Análisis del segundo objetivo.....	69
2.2.3. Análisis del tercer objetivo.....	79
3. Conclusiones .....	91
4. Recomendaciones.....	93
Referencias bibliográficas .....	95
Anexos.....	97

## **Índice de Tablas**

Tabla 1. Planta de tratamiento de agua en los años 2018 y 2021 .....	20
Tabla 2. Filtrado de agua en los años 2016 y 2021 .....	20
Tabla 3. Sensores de nivel de agua en los años 2015 y 2021 .....	21
Tabla 4. Planta de tratamiento de agua en los años 2018 y 2021 .....	21
Tabla 5. Parametros de mayor relevancia resolucion 2112 de 2007 .....	28
Tabla 6. Tratamiento de agua con solución clorada.....	37
Tabla 7. Comparación de los resultados físico-químicos, microbiológicos.....	54
Tabla 8. Matriz de recursos hidricos disponibles .....	64
Tabla 9. Cuadro comparativo para captacion de agua.....	65
Tabla 10. Resultados de los análisis del laboratorio Microbiológicos.....	66
Tabla 11. Resultados de los análisis del laboratorio .....	67
Tabla 12. Pruebas De Seguimieto.....	68

## Índice de Figuras

Figura 1. Proceso básico de tratamiento de agua y métodos convencionales .....	34
Figura 2. Esquemas simples de la sedimentación.....	35
Figura 3. Arduino Mega 256 .....	38
Figura 4. Módulo de 8 Reles.....	39
Figura 5. LCD 20x4 .....	41
Figura 6. Módulo adaptador LCD a I2C .....	42
Figura 7. Mini bomba para agua de diafragma para 12V.....	43
Figura 8. Electroválvula solenoide 12 vdc – ½” con presión.....	44
Figura 9. Sensor de nivel liquido ON / OFF.....	45
Figura 10. Esquema árbol de problemas.....	49
Figura 11. Adquisición de datos con equipos.....	53
Figura 12. Análisis de los resultados de pH antes y después del tratamiento .....	56
Figura 13. Análisis de los resultados de Turbidez antes y después del tratamiento .....	57
Figura 14. Análisis de los resultados de Color antes y después del tratamient.....	58
Figura 15. Análisis de los resultados de Oxígeno disuelto antes y después del tratamiento .....	59
Figura 16. Análisis de los resultados de conductividad antes y después del tratamiento .....	60
Figura 17. Análisis de los resultados de coliformes totales antes y después del tratamiento .....	61
Figura 18. Análisis de los resultados de E-coli antes y después del tratamiento. ....	62
Figura 19. Análisis de los resultados de E-coli antes y después del tratamiento. ....	63
Figura 20. Toma de datos con equipos.....	68
Figura 21. Planta de tratamiento propuesta con etapa 1 y etapa 2.....	69
Figura 22. Diseño etapa de filtración .....	70
Figura 23. Descripción del diseño y construcción de la etapa 1 o filtración lenta .....	71
Figura 24. Representación del flotador ubicado en el tanque provisional .....	72
Figura 25 Representación del prefiltro horizontal.....	73
Figura 26. Filtro de arena detallado.....	73
Figura 27. Detalle de comunicación entre el filtró de arena y la caneca C.....	74
Figura 28. Detalle de las posiciones de la caneca B y la caneca C .....	75
Figura 29. Diseño de la etapa 2 o cloración Del agua .....	75

Figura 30. Software Arduino y Proteus.....	78
Figura 31. Simulación proceso de cloración .....	79
Figura 32. Materiales proceso de filtración .....	80
Figura 33. Construcción de pre filtro horizontal .....	81
Figura 34. Pre filtro y grava .....	82
Figura 35. Filtro de arena con flotador.....	82
Figura 36. Ensamble de etapa 1.....	83
Figura 37. Visión de la planta de filtración .....	84
Figura 38. Construcción de la medida del Dosificador de cloro.....	85
Figura 39. Prueba de funcionamiento del prototipó en laboratorios de la Universidad .....	85
Figura 40. Construcción de etapa 2 cloración y almacenamiento.....	86
Figura 41 Unidad de control. ....	87
Figura 42. Tanque de cloración .....	88
Figura 43. Cuarto de equipos de descontaminación del agua .....	89
Figura 44. Alturas mínimas para el proceso de filtración.....	93

## **Índice de Anexos**

Anexo A. Placa de resistencias en configuración pull-up .....	98
Anexo B. Diagrama de flujo de variables.....	99
Anexo C. Resultados del laboratorio.....	101

## **Introducción**

En Colombia, se ha experimentado una problemática específica con relación a la calidad, distribución y almacenamiento del agua potable en diversas regiones y poblaciones durante la última década. Las autoridades sanitarias locales del país han observado esta situación. Según datos del SIVICAP (Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano) correspondientes al período junio-agosto de 2020, de los 122 municipios en el país, el 74,95% no presentaron muestras de vigilancia y se generó un informe para el 25,04% de los municipios. Como resultado, se encontró que el 44,84% de los municipios tienen un nivel de riesgo "sin riesgo", el 9,25% presenta un riesgo "bajo", el 19,93% un riesgo "medio", el 24,56% un riesgo "alto" y el 1,42% es inviable desde una perspectiva sanitaria.

Además, se ha detectado un problema creciente de contaminación del recurso hídrico en Colombia. Los suelos desempeñan un papel vital en la regulación climática y la protección de los ecosistemas, siendo un factor esencial en los ciclos del agua, el aire y los nutrientes. La sobreexplotación de los suelos para actividades económicas como agroecosistemas que exceden su capacidad, cultivos ilícitos y otros, es un grave problema. Esto se convierte en una preocupación mundial y se debe a dinámicas naturales y la intervención humana, como la deforestación, que afecta el recurso hídrico al modificar el ciclo hidrológico, disminuyendo los flujos de agua superficial y causando inundaciones y crecidas repentinas. El cambio climático también ha afectado la productividad de los suelos y la disponibilidad de recursos hídricos según el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales).

El problema ambiental relacionado con el suministro de agua, agravado por el calentamiento global, es relevante en los departamentos de Nariño y Valle del Cauca, que son objeto de estudio en este artículo científico. El objetivo es contribuir y facilitar un mejor acceso al agua para la población afectada por factores como causas naturales, acciones humanas, deficiente gestión gubernamental o distribución ilegal de recursos.

En el área de Higuerones, ubicada en el departamento de Cauca y limitando con Nariño y Valle del Cauca, se encuentra una pequeña población que ha enfrentado problemas con el

suministro de agua durante muchos años. Estas dificultades se intensifican en la temporada de verano (junio a diciembre) debido a sequías y condiciones climáticas adversas, como el exceso de calor solar. Estos aspectos impactan en la agricultura, ganadería, comercio y el uso personal y doméstico del agua por parte de los habitantes. En este período, la población debe desplazarse hacia un lugar llamado El Mayo en Nariño para obtener agua de un arroyo, lo que implica llenar recipientes como galones y tambores, generando desgaste y costos de transporte. Esto no solo afecta el suministro de agua, sino que también pone en peligro su disponibilidad futura.

Es importante destacar que esta solución es temporal y se aborda de manera mediática cada año. sin embargo, es evidente que la problemática del agua es cada vez más urgente y se convertirá en un grave problema en el futuro sin medidas adecuadas. Por lo tanto, la investigación se centra en encontrar soluciones duraderas, efectivas, sostenibles y económicas que puedan beneficiar a esta región rural y áreas similares en términos de abastecimiento de agua. También es relevante mencionar que anualmente, los animales también sufren las consecuencias de esta situación, incluyendo desnutrición, deshidratación, enfermedades e incluso la muerte.

## **1. Resumen del proyecto**

Es complejo mantener buen control de calidad del agua en pueblos, ciudades del departamento, con mayor razón sucede en veredas y zonas alejadas de las entidades centrales, por el abandono, falta de seguimiento; en el caso de la Vereda de Higuerones que pertenece al municipio de Florencia ubicado en la frontera entre Nariño-Cauca. el 80% de la población presentan niveles riesgosos de contaminación del agua, la fuente de abastecimiento es un solo tanque ubicado en la Vereda Campamento, el cual es un préstamo del acueducto de Florencia, que surte a cinco sectores y en su recorrido alimenta primeramente a las veredas más extensas y con mayor población y de último a Higuerones ocasionando que el abastecimiento sea cada tres días, y a veces más, y que aunque el nivel habitacional de Higuerones es bajo los pobladores se abastecen, la almacenan y podría decirse que resisten su capacidad, pero ocasiona tener agua de más mala calidad.

Por otra parte, existe un abastecimiento (tanque) con mejor calidad de agua que hace algún tiempo fue de Higuerones, pero algunos habitantes compraron la concesión de agua de manera privada solamente para su finca y su ganado.

Cabe resaltar que la dispensación del agua no es fija ni constante, solamente está disponible algunos días al mes, en época de verano las condiciones de agua son pésimas debido a que posee color oscuro, olor y sabor a tierra y en ocasiones barro, el cual fluye por el sistema principal de tubería que llega a la comunidad. En época de verano debido a las condiciones climáticas se presentan grandes sequías y algunos habitantes recurren al uso de un arroyuelo del río Mayo, que existe a pocos kilómetros del sector para obtener este recurso. Durante la época de invierno existe una mayor afluencia de agua, pero el servicio continúa muy regular, llega en malas condiciones de salubridad, totalmente turbia, no potable; por esto, se presentan algunas enfermedades gástricas, sarpullidos, alergias y el ganado también se ve perjudicado.

A los alrededores del sector de Higuerones existen cultivos ilícitos de coca en los que requieren de agua para sus cultivos, agroquímicos fuertes que producen el deterioro del agua, el egoísmo de algunos ganaderos y agricultores en querer abastecerse de agua solamente para su

ganado y cultivos, tomando como medida cerrar el flujo para las demás viviendas, junto con la manipulación del suelo como resultado del laboreo de la tierra, deja despojado al suelo de la cobertura que lo protege.

Con base en lo anterior, la principal meta es solucionar la escasez y la mala condición del agua en una casa finca familiar ubicada en el sector de Higueroles, donde se planea construir un prototipo, innovando un sistema artesanal con capacidad de almacenar el agua obtenida del tanque de abastecimiento con procesos de filtrado y cloración. El sistema cuenta con tipos de filtrado de decantación, un prefiltro horizontal y un filtro de arena, los cuales junto a la tecnología a implementar se podrá hacer el proceso automatizado de cloración con el fin de dar a los habitantes de la vivienda una mejor calidad de agua.

Con el propósito de innovar la forma tradicional de clorar el agua, se acopla un diseño que a través de sensores de nivel toma la información del entorno, con la creación de un propio dosificador de cloro y gracias a la ayuda de un circuito con dispositivos electrónicos y eléctricos. se pretende controlar el proceso del prototipo. Para lo cual, primeramente, se determinan las condiciones existentes en la vivienda, las fuentes hídricas, la condición del agua, por medio de exámenes fisicoquímicos de laboratorio con el fin de comparar la mejor alternativa de abastecimiento del agua y así garantizar la facilidad del sistema al momento de realizar el proceso. Los resultados que caracterizan la calidad del agua se tendrán en cuenta para la elaboración del diseño y los métodos a reforzar al momento de plantear el boceto del proceso de limpieza del agua para finalmente proponer el sistema y un correcto funcionamiento de todo el proceso con recomendaciones de uso.

### **1.1. Descripción del problema**

Generalmente en Colombia se ha presenciado una problemática muy particular en torno a la calidad, distribución y almacenamiento de agua potable para las diversas regiones y poblaciones del país. Según el decreto 1575 de 2007, se definió el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), donde toda persona y entidad prestadora del servicio público de acueducto debe garantizar el suministro de agua potable, apta para el consumo humano, además, de realizar una

vigilancia mediante el seguimiento del recurso distribuido al consumidor final, lo cual se materializa con la toma de diferentes tipos de análisis y muestras que realizan las autoridades sanitarias locales del país. Según los datos registrados en el SIVICAP (Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano) en el corte junio-agosto del 2020, de los 122 municipios que hay en el país, el 74,95% no reportaron muestras de vigilancia y se presentó un reporte con el 25,04% de los municipios, como consecuencia, los resultados fueron que el 44,84% de los municipios presentan un nivel “sin riesgo”, el 9,25% con riesgo “bajo”, el 19,93% riesgo “medio”, el 24,56% riesgo “alto”, y el 1,42% es inviable sanitariamente. (Defensoría del pueblo, 2011).

Por otra parte, se evidencia un problema creciente de contaminación del recurso hídrico en Colombia. Naturalmente los suelos tienen un papel de importancia en la regulación del clima, salvaguardando los ecosistemas y por ende, se constituyen en un factor sustancial para el funcionamiento de los ciclos de agua, aire y nutrientes. Existe un grave problema relacionado con la sobreexplotación de los suelos para actividades económicas como agroecosistemas que sobrepasan su capacidad, como la influencia de cultivos ilícitos, entre otros. Según el “Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales 2015” esto se constituye un problema de preocupación a nivel mundial y se ocasiona por dinámicas naturales o la intervención realizada por el ser humano sobre la superficie de la tierra como la deforestación, que afecta el recurso hídrico al modificar el ciclo hidrológico, disminuyendo los caudales superficiales y provocando de esta manera inundaciones y avenidas torrenciales. El impacto del cambio climático ha afectado la productividad de los suelos y disponibilidad de recursos de agua. Según el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), el desabastecimiento pasó de 312 cabeceras en 2010 a 391 en 2018. Los departamentos de Santander, Cundinamarca, Boyacá, Tolima y Bolívar tienen mayor riesgo de desabastecimiento; para 2019 más de 4,9 millones de habitantes se han visto afectados en la continuidad en el servicio del agua y la pérdida de más recursos hídricos presentes debido a los vertimientos a ríos, alcantarillas o desechos de cargas contaminantes que afectan a la recuperación y sostenibilidad del mismo. (Liliana, Javier Moreno Méndez, Guillermo Ibarra Prado Ruby, Ruth Ramírez Medina Manuel, Antonio Serna, Jaime Lucio de la Torre, n. d.).

En el departamento de Nariño se tiene a CORPONARIÑO como la entidad gubernamental encargada de la preservación. Desde el enfoque del trabajo de grado, se examinan diversos proyectos para la inspección y control del recurso de agua. Estos proyectos incluyen la implementación de sistemas de limpieza y programas de educación ambiental. Por lo que se observó en diferentes sectores, como se realizaron conducciones de otras fuentes hídricas alternas, esto implicó mayores costos y perjuicios graves al ecosistema hídrico, sin contar las situaciones de contaminación sin control como los vertimientos directos o indirectos de aguas residuales, los residuos sólidos, orgánicos e industriales que se encuentran a las orillas de los ríos de la nación que abastecen la ciudad y los pueblos y sus afluentes que llegan a las veredas aledañas. Las entidades gubernamentales continúan con el proceso de control del recurso para su control, principalmente las condiciones de calidad y cantidad. (CORPONARIÑO, 2011).

Según lo anterior, es complicado mantener control en pueblos o ciudades del departamento, más difícil en veredas, zonas rurales y corregimientos alejados de los entes encargados, donde no hay presencia de las entidades gubernamentales como lo es en la vereda de Higueros, la cual se ubica en la frontera entre Nariño-Cauca, con niveles riesgosos de contaminación del agua, se tiene como fuente de abastecimiento únicamente un solo tanque para surtir alrededor de 5 veredas incluido el caserío el cual es un préstamo del acueducto de Florencia (Cauca), no se tiene un servicio constante, no existe el debido seguimiento y hace que las condiciones de agua sean precarias, posee color oscuro, en ocasiones fluye barro por la tubería principal y así llega a la comunidad, en época de verano se acentúa la problemática con sequias de hasta dos meses debido principalmente al clima, los habitantes recurren al uso de un arroyo que baja del río Mayo para obtener agua, la almacenan en recipientes o deben pagar para que les transporten el líquido; adicionalmente existen cultivos ilícitos que abusan del recurso hídrico, uso indebido, mal manejo, desvío para fincas ganaderas o abastecer primero los cultivos de coca ubicados en los alrededores de Higueros en los que utilizan productos agroquímicos y químicos fuertes que producen el deterioro del recurso hídrico, los habitantes sin acceso al preciado líquido, existe otro tanque que fue de la comunidad de la vereda de Higueros pero se vendió en concesión a una familia que la utiliza para la ganadería, por esto la vereda se surte de un solo tanque de abastecimiento, consecuencia del egoísmo y con la mentalidad de la ley del más fuerte dejan a las personas sin este servicio como es el caso del caserío de Higueros se apoderan de un bien

que debe ser común para los habitantes que viven en caseríos o fincas cercanas al lugar que no cuentan con agua por varios días y hasta meses, debido que es el último lugar que surte el tanque de abastecimiento; además la manipulación del suelo como resultado del laboreo de la tierra deja despojado al suelo de la cobertura que lo protege (Zarama, 2020).

### ***1.1.1. Formulación del problema***

¿Cómo crear una alternativa de reserva de agua para una vereda que carece de un buen acceso y servicio de abastecimiento de agua potable en el caso de la población de “Higuerones”?

### ***1.1.2. Sistematización del Problema.***

¿Cómo implementar un prototipo de sistema, tanque o cisterna automatizado que sea capaz de recolectar, filtrar y almacenar agua, para una vivienda en el sector de Higuerones que posee mala disponibilidad y calidad de agua, en la frontera entre los departamentos de Nariño y Cauca?

## **1.2. Justificación**

El problema ambiental acerca del agua, producto del calentamiento global, no es ajeno en los departamentos de Nariño, Valle del Cauca y por ende al sector, objeto de estudio; por esto se desea contribuir y permitir un mejor acceso al recurso del agua potable a la población afectada. Por causas naturales, antrópicas, mala administración, abandono de entidades gubernamentales o actos ilegales sobre la distribución de este mismo recurso.

En el sector de Higuerones (Cauca), ubicado entre los departamentos de Nariño y el Valle del Cauca, existe una población pequeña que durante muchos años ha presentado dificultades con el agua especialmente en temporada de verano (junio a diciembre) se agudiza con las fuertes sequías de agua y unas condiciones climáticas perjudiciales como calentamiento solar, afectando ostensiblemente la agricultura, la ganadería, el comercio y el uso personal y doméstico del agua de los habitantes de la región. En estas fechas los habitantes se ven obligados a desplazarse a un sector denominado el arroyo ubicado en la vereda El Mayo (Nariño) a tomar, recoger, abastecerse

de agua para lavar ropa, cocinar, bañarse y almacenar, llenando galones, pimpinas o tambores, ocasionando desgaste, costo de transporte, además de que esta situación no solamente en el momento que se está viviendo sino también su condición de agua a futuro.

Cada año esta solución es por algunos espacios de tiempo en forma mediática, pero, es bien conocido que la problemática del agua es más sentida y que en un poco tiempo se convertirá en un problema grave con el pasar de los días, por lo tanto, estamos enfocados en investigar y poder brindar una o unas posibles soluciones duraderas, efectivas y económicas, que contribuyan a esta vivienda y otras regiones rurales a abastecerse de este preciado y vital líquido. Unido a esto los animales también sufren las consecuencias por desnutrición, deshidratación, enfermedades y hasta la muerte.

No obstante lo anterior, en la época en que al acueducto comunitario que la Alcaldía Municipal permite surtir el recurso del agua, no es potable, no es tratada, no hay control alguno, ni existe responsabilidad, mantenimiento, vigilancia y seguimiento, no se evidencia manejo, surtir o brindar el agua equitativamente a las viviendas del sector y casas ubicadas a lo largo de la vía, desde donde se encuentra un tanque de almacenamiento hasta Higueroles; debido a estas condiciones la mayoría de las personas han tomado la decisión de almacenar en recipientes aunque pueda afectar mucho más la condición de la misma, se abastecen como pueden en forma desequilibrada, desperdiciando y de manera egoísta para beneficio propio ocasionando que a las últimas viviendas o las que poseen tubería débil no les llegue nada, transformándose esta situación en un problema social, al dejar a muchas personas sin este líquido vital, por días, algunos han optado por seguir la “ley del más fuerte” (ver el problema de forma individual en lugar de un problema en la comunidad), por lo tanto, se planean realizar las siguientes estrategias:

- Informarse sobre la importancia del cuidado de las fuentes hídricas, la calidad del agua y estrategias para mejorar técnicas en la agricultura y ganadería con métodos de producción más limpios.
- Aplicar todos los conocimientos necesarios para la creación del prototipo de aljibe o cisterna autónoma que permitan recolectar, purificar y almacenar agua de manera más responsable y segura.

- Aprovechar las características y condiciones actuales de los terrenos en Higueros para tener fuentes alternas de agua (riachuelos, pozos, etc.).
- Creación y automatización de un sistema de recolección y almacenamiento para cuidar el recurso hídrico y mejorar la obtención del recurso a personas con difícil acceso a esta.

Para todo lo anterior, el trabajo quiere ser parte de la solución mediante la unión de diferentes alternativas y conocimientos como sensores, instrumentación industrial, mecánica de fluidos, para poder innovar y crear un prototipo y un proceso mecatrónico para poder solucionar la mayor parte de la problemática en la vivienda de Higueros y posiblemente a más población y habitantes interesados en mejorar la calidad de vida.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Desarrollar un prototipo de sistema de control, limpieza y almacenamiento de agua a bajo costo adaptable en la vivienda familiar de Higueros Cauca que permita el aprovechamiento del recurso hídrico y reducir la escasez de agua en la vivienda en época de verano.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Determinar las circunstancias existentes de la propiedad (laguna, pozo, entre otros) para analizar, distinguir y comparar los recursos de agua aprovechables, con el fin de precisar la sobresaliente alternativa de abasto.
- Diseñar un prototipo de sistema con un proceso de potabilización el cual permita acaudalar, tratar y usar el agua que a su vez sea apta de conservar el racionamiento y también resguarde las necesidades fundamentales de la vivienda familiar y los requerimientos de diseño.

- Construir el prototipo con un sistema de control autónomo, idóneo, para adaptar a las circunstancias y escenarios del terreno, con la intención de renovar la distribución y evitar el malgasto sobre el abastecimiento de agua en la residencia.

#### 1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos

##### 1.4.1. Antecedentes

###### 1.4.1.1. Base de datos y criterios de búsqueda

**Tabla 1**

*Planta de tratamiento de agua en los años 2018 y 2021*

<b>Planta de tratamiento de agua</b>	<b>Año</b>
	<b>2018 -2021</b>
<b>Criterios de búsqueda</b>	“DRINKIN” AND “WATER” AND “TRATAMENT” AND “PLANT”
<b>Periodo de búsqueda</b>	2018 - 2021
<b>Idioma</b>	Solo artículos en ingles
<b>Filtró por área temática</b>	Ingeniería
<b>Tipo de documentos</b>	Artículos
<b>Número de documentos encontrados de utilidad</b>	2

**Tabla 2**

*Filtrado de agua en los años 2016 y 2021*

<b>Filtrado de agua</b>	<b>Año</b>
	<b>2016 -2021</b>
<b>Criterios de búsqueda</b>	“FILTER” AND “SEDIMENTATION”

	AND “WATER”
<b>Periodo de búsqueda</b>	2016 - 2021
<b>Idioma</b>	Solo artículos en ingles
<b>Filtró por área temática</b>	Ingeniería Ingeniera química
<b>Tipo de documentos</b>	Artículos
<b>Número de documentos encontrados de utilidad</b>	3

**Tabla 3**

*Sensores de nivel de agua en los años 2015 y 2021*

<b>Planta de tratamiento de agua</b>	<b>Año</b> <b>2015 -2021</b>
<b>Criterios de búsqueda</b>	“WATER” AND “LEVEL” AND “SENSORS”
<b>Periodo de búsqueda</b>	2015 - 2021
<b>Idioma</b>	Solo artículos en ingles
<b>Filtró por área temática</b>	Ingeniería
<b>Tipo de documentos</b>	Artículos
<b>Número de documentos encontrados de utilidad</b>	3

**Tabla 4**

*Planta de tratamiento de agua en los años 2018 y 2021*

<b>Planta de tratamiento de agua</b>	<b>Año</b> <b>2018 -2021</b>
<b>Criterios de búsqueda</b>	“DRINKIN” AND “WATER” AND “TRATAMENT” AND “PLANT”
<b>Periodo de búsqueda</b>	2018 - 2021

<b>Idioma</b>	Solo artículos en ingles
<b>Filtró por área temática</b>	Química
<b>Tipo de documentos</b>	Artículos
<b>Número de documentos encontrados de utilidad</b>	8

#### 1.4.1.2.Descripción de los Artículos.

*1.4.1.2.1. Top 5 de artículos más citados.* Study of new integrated processes combining adsorption, membrane separation and flotation for heavy metal removal from wastewater. Se ha desarrollado un nuevo proceso de tratamiento para la reutilización de agua y metales para separar selectivamente los metales pesados de las aguas residuales con el fin de reducir costos y minimizar el impacto ambiental de los contaminantes de las aguas residuales. El proceso se divide en tres etapas: por un lado, unión de metales pesados por aglutinante, por otro lado, filtración de aguas residuales para separar el aglutinante cargado en dos modalidades: filtración micro-tangente para que las aguas residuales puedan contaminarse. o un proceso híbrido de flotación y micro filtración sumergible para aguas residuales muy contaminadas y como tercer paso la regeneración del aglutinante. En este estudio, la zeolita sintética P seleccionada como aglutinante se caracterizó y presentó las capacidades de separación de la zeolita con carga de metal.(Mavrov et al., 2003).

A water pumping control system with a programmable logic controller (PLC) and industrial wireless modules for industrial plants—An experimental setup. Se describen que aspectos se van a tomar en cuenta en cada uno de los estudios Se describe un sistema de control de bombas de agua diseñado para plantas de fabricación e implementado en un laboratorio experimental. Estas plantas tienen entornos hostiles donde los productos químicos, las vibraciones o las piezas móviles pueden dañar el cableado o los cables que forman parte del sistema de control. Además, los datos deben transferirse a través de canales disponibles públicamente. El sistema de control que utiliza es controlador lógico programable (PLC) y tecnología de red de área local inalámbrica industrial (IWLAN). Está implementado por un PLC, un procesador de comunicación (CP), dos módulos IWLAN y un módulo de entrada/salida (E/S) distribuida, así como una bomba de agua y

sensores. La comunicación de nuestro sistema se basa en Industrial Ethernet y utiliza el Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet estándar para la parametrización, configuración y diagnóstico. La función principal del PLC es enviar una señal digital a la bomba de agua para encenderla o apagarla, dependiendo del nivel en el tanque, utilizando un transmisor de presión y finales de carrera de entrada que indican el nivel de agua en el tanque. Este documento está destinado a proporcionar una solución práctica en las plantas de procesamiento donde no es posible el cableado. También tiene menores costos de instalación y mantenimiento, ofrece un funcionamiento confiable y una construcción robusta y flexible adecuada para aplicaciones industriales.(Bayindir & Cetinceviz, 2011)

Adsorption desalination: An emerging low-cost thermal desalination method. Este documento describe un método de desalinización emergente y, sin embargo, de bajo costo que emplea solo calor residual a baja temperatura, que está disponible en abundancia a entrada de calor, el ciclo de desalinización por absorción (AD) produce dos efectos útiles, es decir, agua potable de alta calidad y refrigeración. En este artículo, se analizan una breve revisión de la literatura, el marco teórico para la termodinámica de absorción, un modelo de parámetros agrupados y las pruebas experimentales para una amplia gama de condiciones operativas en los ciclos AD básico e híbrido. Las predicciones del modelo se validan con rendimientos medidos de dos plantas piloto, es decir, un AD básico y los ciclos AD avanzados. La eficiencia energética de los ciclos AD se ha comparado con los métodos de desalinización convencionales.(Ng et al., 2013)

A water pumping control system with a programmable logic controller (PLC) and industrial wireless modules for industrial plants—An experimental setup. Este artículo describe un sistema de control de bombas de agua diseñado para plantas de fabricación e implementado en un entorno experimental de laboratorio. Estas plantas tienen entornos hostiles donde los productos químicos, las vibraciones o las piezas móviles pueden dañar el cableado o los cables que forman parte del sistema de control. Además, los datos deben transferirse a través de canales disponibles públicamente. El sistema de control que utiliza es controlador lógico programable (PLC) y tecnología de red de área local inalámbrica industrial (IWLAN). Está implementado por un PLC, un procesador de comunicación (CP), dos módulos IWLAN y un módulo de entrada/salida (E/S) distribuida, así como una bomba de agua y sensores. La comunicación de nuestro sistema se basa

en Industrial Ethernet y utiliza el Protocolo de control de Internet estándar para la parametrización, configuración y diagnóstico. La función principal del PLC es enviar una señal digital a la bomba de agua para encenderla o apagarla, dependiendo del nivel en el tanque, utilizando un transmisor de presión y finales de carrera de entrada que indican el nivel de agua en el tanque. Este documento está destinado a proporcionar una solución práctica en las plantas de procesamiento donde no es posible el cableado. También tiene menores costos de instalación y mantenimiento, ofrece un funcionamiento confiable y una construcción robusta y flexible adecuada para aplicaciones industriales. Gracias a un transmisor de presión y limite las entradas que indican el nivel de agua en el tanque. Este documento está destinado a proporcionar una solución práctica en las plantas de procesamiento donde no es posible el cableado. Se usa un transmisor de presión y limite las entradas las cuales indican el nivel de agua en el tanque. Este documento está destinado a proporcionar una solución práctica en las plantas de procesamiento donde no es posible el cableado..(Bayindir & Cetinceviz, 2011)

Beneficial use of co-produced water through membrane treatment: technical-economic assessment. Este estudio investigó la viabilidad y la rentabilidad de las membranas de ósmosis inversa de ultra baja presión (ULPRO) y nanofiltración (NF) como técnicas potenciales para el uso beneficioso del agua producida al cumplir con los estándares de calidad del agua potable y de riego y concentrar yoduro en la salmuera. Se empleó una unidad de prueba de membrana a escala de laboratorio de dos etapas para examinar el rechazo de varios constituyentes de interés en una recuperación baja y alta utilizando agua producida generada a partir de acuíferos de arenisca. Se comparó el desempeño de dos membranas ULPRO TFC-ULP (Koch) y TMG10 (Toray America) y una membrana NF NF-90 (Dow/Filmtec) con una membrana RO convencional (TFC-HR, Koch). El análisis de costos mostró que el sistema de membrana ULPRO proporcionaba costos generales de operación y mantenimiento marginalmente más bajos que los de ósmosis inversa para cumplir con los estándares de agua potable. La operación de la membrana ULPRO dio como resultado un costo de tratamiento aún más bajo que RO y NF para cumplir con los estándares de agua de riego, especialmente con un alto costo de energía. Los hallazgos de estos estudios indicaron que las membranas ULPRO pueden brindar una solución viable y rentable para el uso beneficioso del agua producida en los acuíferos de arenisca.(Xu et al., 2008)

**1.4.1.2.2. Top 5 de artículos más citados en los últimos 5 años.** Efficacy of locally-available cleaning methods and household chlorination at inhibiting biofilm development in jerricans used to store household drinking water. En este estudio constó de tres etapas: pre-test para desarrollar métodos para crecer y confirmar la presencia de biopelículas utilizando pruebas e imágenes microbiológicas, se adaptó y desarrolló métodos para cultivar y probar biopelículas de E. Coli en bidones, para una mayor comprensión del riesgo de contaminación en almacenamiento de aguas no seguras. estudio a gran escala para probar la eficacia de la cloración doméstica y los métodos de limpieza en prevenir el crecimiento de biopelículas. estudio de seguimiento en la superficie rugosidad y crecimiento de biopelículas en bidones recolectados en el campo. Los beneficios de estudio permitieron prueba de múltiples variables e hipótesis para responder campo relevante preguntas, y proporcionó una base para definir un futuro programa de investigación sobre el almacenamiento seguro de agua. (String et al., 2021)

Investigation on Water Level Regulation Using Floating Sensor and Arduino Uno. Se inicia ilustrando un circuito según un diagrama de flujo de un tanque o almacén, donde el interruptor de CC es operado por el usuario, cuando el usuario enciende el interruptor de CC dará funcionamiento a un microcontrolador. Se trabajarán las variables y cálculos requeridos por una programación de nuestro microcontrolador para ser ejecutadas por nuestro circuito. Principalmente se piensa en la economía de los materiales así que se mezclan diferentes artefactos entre los cuales se destaca el sensor de bomba o sensor de flotación, de tal manera que se ha demostrado la regulación del nivel del agua utilizando un interruptor flotante mecánico, el cual da mejor rendimiento en comparación con diferentes técnicas. La instalación y el mantenimiento son muy sencillos y sus características incorporadas en el sistema ayudan al usuario a ahorrar energía, agua y en su presupuesto económico.(Susheel & Selvendran, 2019)

A Low-cost Capacitive Sensor for Water Level Monitoring in Large-Scale Storage Tanks. El objetivo del diseño del dispositivo de detección del nivel del agua era derivar un sensor capacitivo de bajo costo y baja potencia consumo, sin embargo, sin comprometer la precisión y la estabilidad a largo plazo del sensor. lo adverso condiciones ambientales que prevalecen en los sitios de instalación del sensor de nivel de agua bajo diseño (es decir, el almacenamiento de agua tanques), como el alto nivel de humedad, que acelera la corrosión de los materiales metálicos con

el tiempo, también fueron considerados durante el proceso de desarrollo, además tiene que ser desarrollado utilizando tubos de polietileno ampliamente disponibles, que se utilizan para la construcción de redes de distribución de agua en edificios, industrias, etc. El sensor propuesto ha sido diseñado para ser sumergido en el tanque de agua bajo monitoreo y su capacitancia varía según el agua nivel del tanque de almacenamiento. El sensor propuesto está construido utilizando tubos multicapa flexibles y ampliamente disponibles, que son utilizados en los sistemas de agua potable, por lo tanto, la fabricación del sensor y el costo de la electrónica asociada a circuitos, que se utilizan para conectar el sensor a una unidad digital de adquisición de datos, son bajos y el sensor mejora su confiabilidad a largo plazo al reducir el impacto de la corrosión metálica.(Loizou et al., 2015)

Ultra-low cost cotton based solar evaporation device for seawater desalination and waste water purification to produce drinkable water. En este documento se presentó una experimentación que se basa en el uso de un algodón recubierto de hollín de vela de costo como un absorbente flotante ideal de agua para luego utilizando el concepto de calentamiento solar interfacial se produce la evaporación y condensación del agua para que esta sea potable. Este absorbedor flotante se sintetizó a partir de materiales domésticos tradicionales, se logró una eficiencia fototérmica del 80% bajo la iluminación de sol. Además, el novedoso absorbedor flotante es fácil de fabricar ya que no requiere sofisticados instrumentos de laboratorio o experiencia. El absorbedor flotante se probó para la desalinización solar de agua de mar real usando un alambique solar casero donde el agua purificada tenían niveles de salinidad comparables a otros niveles de agua potable como agua del grifo, agua potable envasada, etc. Se presentó un sistema solar extremadamente económico y fácil de fabricar, un dispositivo de evaporación de bajo costo. El mérito del dispositivo radica en su fácil construcción la cual no dificultan su rendimiento general con una excelente eficiencia fototérmica de 80% lograda con iluminación solar. Además, el dispositivo de evaporación se aplicó eficazmente en la desalinización de agua y aplicaciones de purificación de agua. Para la verificación de la presencia de bacterias en el agua, se cultivaron muestras de agua con bacterias y se pudo afirmar que no hay colonias de bacterias visibles en las muestras de agua purificada. Otras pruebas dieron resultados como el contenido de nitrato, fosfato y sulfato también muestran que la aplicación de la muestra de agua purificada obtenida es potable. (Wilson et al., 2019)

## **1.4.2. Marco teórico**

**1.4.2.1. Tipos de captación.** Para tener una fuente de abastecimiento de agua se puede crear diferentes espacios, los cuales ayudan a la captación de agua, se tiene en cuenta fuentes de información como FAO., (2015). Existen muchas funciones que se pueden utilizar al proporcionar agua como La laguna, Este método tradicional requiere que fluyan grandes cantidades de agua flotante, y la naturaleza del suelo permite la excavación para construir muros de contención. En la cisterna o aljibe, Hay casos en que las condiciones del terreno no permiten hacer una laguna porque el suelo es muy poroso, regularmente de rocas. En estos casos es necesario la construcción de una cisterna, llamado también aljibe. Es un tanque hecho de ladrillos de cemento y concreto, cubierto con cemento y utilizado para almacenar agua de la tierra o de las lluvias de una casa o granero. Para el pozo es un proyecto que requiere mucha mano de obra debido a los altos costos de construcción y la necesidad de comprar una bomba para la extracción de agua y requiere electricidad o aceite para la bomba o para la siembra. A pesar de su alto costo, proporciona el suministro más seguro de agua de alta calidad.

Las aguas según su procedencia se clasifican de la siguiente manera: Aguas meteorológicas como lluvia, nieve y granizo, aguas superficiales: ríos, arroyos, lagos, presas, etc. Aguas subterráneas que pueden ser de manantial y de pozos someros, noria o profundes, según Mendoza (2014) El agua subterránea es una fuente importante de agua y es producida por un tercio de la población mundial, pero es difícil de manejar debido al potencial de contaminación y pastoreo excesivo.

**1.4.2.2. Calidad del Agua.** De acuerdo con el decreto número 1575 de 2007 la calidad del agua se da por la comparación de las características químicas, físicas y microbiológicas que se pueden encontrar en el agua, así mismo con el contenido de las normas que regulan la materia.

**1.4.2.2.1. Parámetros del agua.** Los parámetros del agua son medidas específicas que nos indican o describen información sobre la calidad de agua que se está estudiando en un entorno determinado, estos pueden variar dependiendo de los cambios en el ambiente y de las actividades humanas. La medición de los parámetros del agua permiten comparaciones sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua para ser aplicadas en diferentes usos regionales o nacionales.

**Tabla 5**

*Parámetros de mayor relevancia y control de la calidad de agua potable según la resolución 2115 de 2007*

<b>Características</b>	<b>Valor máximo aceptable</b>
Turbiedad	2
pH	6.5 a 9.0
Cloro Residual	0.3 a 2.0
Carbono Orgánico Total	5.0
Nitritos	0.1
Nitratos	10
Alcalinidad Total	200
Cloruros	250
Aluminio	0.2
Dureza Total	300
Hierro Total	0.3
Sulfatos	250
Manganeso	0.1

*Fuente: Resolución 2115 de 2007*

Adicional a las condiciones físicas y químicas se debe tener en cuentas las biomoléculas presentes en el agua las cuales pueden desembocar en enfermedades para el ser humano según el estudio de Sting., (2021) las biomoléculas aumentan de manera significativa el riesgo de contaminación en almacenamiento de aguas y estas generalmente se desarrollan en las

superficies de los contenedores de almacenamiento de agua, mas no en la totalidad de los tanques o contenedores.

**1.4.2.2.1.1. Características físicas.** El agua es una sustancia que se distingue por sus tres estados de materia: líquido, sólido y gaseoso. Esta singularidad y por su versatilidad la convierte en un componente vital para la vida. El agua es comúnmente incolora y sin sabor, sus características pueden variar según diferentes factores presentes e influyen en ella, el calor por ejemplo desempeña un papel crucial en sus propiedades físicas, debido a que absorbe calor antes de aumentar su temperatura. Esta capacidad termorreguladora del agua es fundamental durante las estaciones del año, ayuda a regular los cambios de temperatura en el medio ambiente. En las industrias, el agua también desempeña un papel importante como refrigerante, aprovechando su capacidad para absorber y disipar el calor en procesos de enfriamiento (B. Pradillo 2016). A continuación, se describen los parámetros:

El pH es una medida que evalúa la acidez o la alcalinidad de una sustancia. Esta medida se basa en la concentración de iones de hidrógeno, los cuales son comunes tanto en ácidos como en bases. Los ácidos fuertes tienen una alta concentración de iones de hidrógeno, mientras que los ácidos débiles tienen una concentración más baja. En resumen, el pH representa numéricamente esta concentración de iones de hidrógeno.

La escala del pH varía de 0 a 14, el 0 indica el máximo nivel de acidez y 14 el mínimo. El punto medio, 7 en la escala, se considera neutral. Ejemplos de sustancias ácidas incluyen bacterias, lluvia ácida, jugo de limón y café, mientras que la leche y la sangre son ejemplos de sustancias neutras, y la leche de magnesia y el cloro son ejemplos de sustancias básicas.

En el caso del agua destinada al consumo humano, se recomienda que su pH se encuentre en un rango de 6.5 a 9.0, lo que garantiza condiciones adecuadas para la salud y el bienestar. La turbidez es un concepto utilizado para describir la presencia de material suspendido en el agua, y se refiere a la medida del efecto de dispersión que tienen las partículas sólidas suspendidas sobre la luz. En otras palabras, cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez del agua.

Para medir la turbidez se aplica luz a través del agua y se mide la dispersión de esta luz utilizando una Unidad de Turbidez Nefelométrica (NTU). El agua con menos de 10 NTU se considera con turbidez baja, y para considerarla apta para el consumo humano, el rango ideal es de 1 a 5 NTU.

Las causas de la turbidez pueden variar por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos. Estas partículas pueden tener tamaño coloidal hasta macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia en el medio. En los lagos, la turbidez suele ser el resultado de dispersiones extremadamente finas y coloidales, mientras que, en los ríos, se debe a dispersiones más normales.

La turbidez es importante en el agua para el abastecimiento público por varias razones, desde un punto de vista estético, cualquier turbidez puede generar rechazo por parte del consumidor y disminuir su disposición a consumirla o utilizarla en alimentos; la turbidez puede dificultar el proceso de filtración del agua lo que aumenta los costos asociados a su tratamiento; un valor alto de turbidez puede probablemente indicar la presencia de materia orgánica y microorganismos, requiriendo un mayor uso de cloro u ozono en el proceso de desinfección del agua para consumo humano. (B. Pradillo 2016).

El oxígeno disuelto OD es un parámetro importante para medir la calidad del agua porque es un parámetro físico fundamental que indica la cantidad de oxígeno presente en el agua. El nivel de OD señala que tan contaminada se encuentra el agua, y el soporte que pueda aportar el agua a la vida vegetal y animal. Si el valor es un nivel bajo indica que hay contaminación con materia orgánica.

Existen factores como la disolución de oxígeno atmosférico, fotosíntesis de organismos acuáticos o ambientales abióticos por ejemplo la temperatura, (entre más fría se encuentra el agua, mayor cantidad de oxígeno disuelto va a presentar en cambio si está demasiado caliente no habrá suficiente DO). Cuando se encuentran muchas bacterias y minerales acuáticos se forma una sobrepoblación de estos, usando el oxígeno disuelto en grandes cantidades. La altura sobre el

nivel del mar (a mayor altura, los gases que están disueltos en el agua son menores), cantidad de sales disueltas (a mayor salinidad, será menor la capacidad del agua para disolver gases).

El oxígeno también puede ser reducido por la sobre fertilización de las zonas en los alrededores, debido a los nitratos y fosfatos presentes en los fertilizantes, a causa de estos la cantidad de plantas acuáticas puede aumentar en gran cantidad (Folleto informativo OD 2017).

La conductividad es un parámetro de medición que depende de la cantidad de sales disueltas en un líquido el cual es inversamente proporcional a la resistividad, esta propiedad se controla en diferentes sectores como la industria química y la agricultura. Los líquidos con conductividad alta generan grandes cantidades de corriente (Instituto de Hidrología 2006).

Se considera al agua como disolvente polar cuando las moléculas de agua presentan distribuciones desiguales de electrones, proporcionando una parte positiva y otra negativa. Las moléculas de agua no pueden ser cargadas eléctricamente, por ende, el agua no es un buen conductor de corriente eléctrica, para que esto se dé es necesaria la presencia de sustancias disueltas o impurezas (Hach Company 2018).

El calor máximo aceptable de conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. El valor puede ser modificado y ajustado según el mapa de riesgo de la zona y los promedios habituales. Si los valores habituales aumentan en un 50% esto indica que hay un cambio sospechoso de sólidos disueltos y su procedencia se debe investigar de forma inmediata por las autoridades pertinentes.

El parámetro de color se relaciona a la turbidez o de manera independiente a este. Las especies responsables del color actualmente son unas estructuras químicas como: lignina, taninos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácidos grasos. El color natural del agua se presenta por la descomposición de la materia, la presencia de manganeso, hierro entre otros compuestos metálicos del suelo. En la constitución del color del agua participan factores como el pH, temperatura, materia disponible, solubilidad de los compuestos, la materia orgánica y el tiempo de contacto. (B. Pradillo 2016).

El olor y el sabor son la principal al causar un rechazo por parte de los consumidores. La presencia de olor indica una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua, por otro lado, la falta de olor indica la inexistencia de contaminantes, como los compuestos fólicos.

Comúnmente el sabor y el olor se dan por sustancias o compuestos orgánicos derivados de microorganismos, algas, o desechos industriales. (B. Pradillo 2016). Temperatura: Este parámetro es de suma importancia porque afecta la: aceleración o retardo de la actividad biológica, precipitación de compuestos, absorción de oxígeno, formación de depósitos, los procesos de mezcla, desinfección, sedimentación, filtración y floculación. Los factores ambientales influyen significativamente en como varia la temperatura del agua. (B. Pradillo 2016).

**1.4.2.2.1.2. Características Biológicas.** En el agua se pueden encontrar gran variedad de elementos biológicos microorganismos y se pueden originar de manera natural o de contaminantes provenientes de vertidos industriales o los existentes en el suelo y son arrastrados por la lluvia.

Según Beatriz Pradillo los microorganismos se encuentran acompañados de características químicas y físicas del agua, cuando el agua presenta temperaturas templadas y materia orgánica, la población de microorganismos se diversifica y crece. La biodiversidad que se encuentra en el agua natural indica que tiene poca probabilidad de estar contaminada y que para considerarla potable es necesario que sea tratada para eliminar los elementos biológicos que pueda contener.

Las bacterias se pueden encontrar géneros numerosos de bacterias en el agua, las bacterias patógenas para el ser humano son las coliformes y estreptococos debido a que son usadas como índice de contaminantes fecales. El E-coli es un Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado el cual tiene enzimas específicas como la  $\beta$  glucoronidasa y  $\beta$  galactosidasa. Este parámetro es el indicador biológico de contaminación fecal que se presenta en el agua para el consumo humano.

Las algas tienen la presencia de clorofila la cual es fundamental para las actividades fotosintéticas, es decir que necesitan la presencia de la luz solar para vivir y su reproducción. La

mayor concentración de algas se puede presentar en lagunas, lagos, remansos de agua, embalses, corrientes de agua superficiales y puede generar pigmentos de color en el agua

Los hongos no tienen presencia de clorofila y generalmente no presentan color, son organismos heterótrofos y como consecuencia tienen dependencia de la materia orgánica para nutrirse.

**1.4.2.2.2. Análisis sanitario.** La calidad sanitaria del agua tiene por objetivo determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias, que revelen una contaminación por materia fecal o por materia orgánica. Si los indicadores muestran presencia de contaminación fecal en el agua, esta no es apta para el consumo humano ni para uso recreativo. (Estupiñán Torres MSC & Ávila de Navia MSC, 2009). Según Lozano-Rivas., (2013) es crucial saber sobre los tipos de muestras de agua para determinar la calidad del líquido, estas se pueden clasificar en:

La muestra puntual que consiste en una muestra individual que se toma de forma completamente aleatoria y es representativa de un determinado momento; los resultados de esta serán representativos de las características del sitio. La muestra compuesta se realiza al mezclar varias muestras puntuales de la misma fuente y se deben tomar en intervalos por periodos determinados, además de que deben tener volúmenes iguales. La muestra integrada se forma por la mezcla de varias muestras puntuales tomadas en diferentes puntos de forma simultánea como por ejemplo un río que varía su composición según su profundidad y el ancho.

**1.4.2.2.3. Análisis físico.** Estos estudios ven las características físicas del agua las cuales incluyen evaluaciones de tensión, color, olor, sabor y temperatura. La turbidez se refiere a sustancias orgánicas en suspensión como arcilla, y otras sustancias orgánicas y microorganismos. El color generalmente proviene de plantas o de hierro. Esto no debe exceder los 20 grados en una escala de cobalto estándar, pero es preferible estar por debajo de los 10 grados. El olfato y el gusto están estrechamente relacionados entre sí y en la mayoría de los casos, son muy similares, sin embargo, el agua puede tener un sabor desagradable. (Valdéz, 1990)

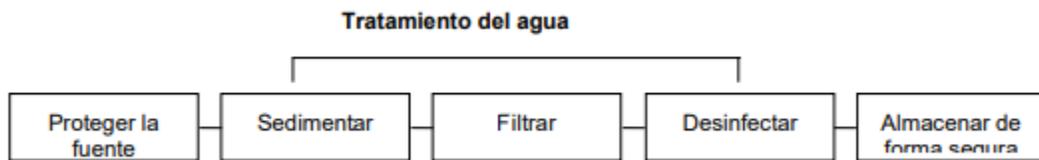
**1.4.2.2.4. Análisis químico.** El análisis químico del agua tiene dos objetivos:

- Averiguar la composición mineral del agua y conocer si es apta para el uso doméstico, industrial o consumo humano.
- Averiguar los indicios sobre la contaminación por el contenido de cuerpos incompatibles con su origen geológico.

**1.4.2.3. Tratamiento del agua.** Cuando se habla de tratamiento del agua, se considera que este proceso puede emplear tanto métodos convencionales como domésticos. Ambos métodos van enfocados a un mismo fin básico: el tratamiento de agua, que consiste en tres pasos fundamentales del enfoque de múltiples barreras: sedimentación, filtración y desinfección. Como se puede observar los métodos convencionales en la Figura 1. La principal diferencia entre el sistema convencional y el doméstico radica en la escala de tecnologías utilizadas. (Silva Rodriguez & Cordova Alvarez, 2013).

### Figura 1

*Proceso básico de tratamiento de agua y métodos convencionales*



*Fuente: Silva Rodriguez & Cordova Alvarez (2013).*

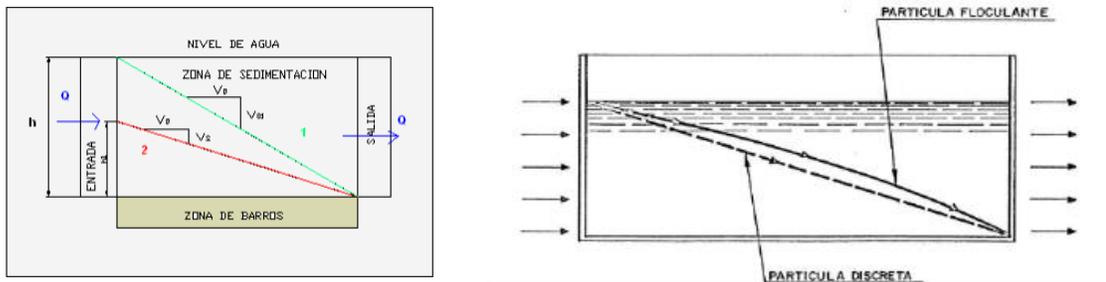
Además de tratamientos químicos costosos o maquinaria especializada, la creación y funcionamiento de los filtros domésticos sigue el mismo principio de las plantas comunitarias. Estos filtros actúan por gravedad, filtrando el agua a su paso de un tanque principal a un tanque que contiene la arena, donde se retienen las partículas en suspensión a través de tres mecanismos; adherencia, cribado (remoción de la turbiedad) y digestión biológica de las partículas. (remoción de organismos patógenos y paso de organismos beneficiosos). (Charco, 2010).

**1.4.2.3.1. Sedimentación.** Basándose en la información de Luis (2005) se define "sedimentación" como el proceso natural en el que las partículas más pesadas que el agua, en suspensión, son eliminadas por la acción de la gravedad, se pueden encontrar en el agua en los tres estados de una suspensión de diámetro. Es decir: Suspensiones hasta diámetros de 10, cm "sedimentación simple". Coloides entre  $10^{-4}$  cm "floc". Soluciones para diámetros aún menores de  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$  cm.

**1.4.2.3.1.1. Sedimentación Clásica.** En la práctica, ver figura 2 la sedimentación se produce en depósitos que circula por un caudal para cumplir determinadas condiciones, no es el líquido en reposo, es considerar partículas en movimiento, desplazándose horizontalmente con la misma velocidad que el flujo de agua por el depósito, lo cual implica que no existe rozamiento horizontal, una suposición simplificada permite realizar un esquema de cálculo simple, implica un tamaño pequeño ya que se puede inferir fácilmente que no se tiene en cuenta la eficiencia del "freno" y la longitud de la estructura de sedimentación será imperceptiblemente más larga de lo que es teóricamente posible.(Luis & Farrás, 2005)

## Figura 2

*Esquemas simples de la sedimentación clásica y flujo de partículas en un sedimentador*



Fuente:Fernández(2016).

Teniendo en cuenta los análisis de Fernández., (Fernández, 2016) los diseños de sumideros primarios a menudo se basan en criterios empíricos. Estos criterios, combinados con una comprensión teórica del proceso de clarificación, permiten el diseño de dispositivos de filtración primaria confiables y eficientes.

**1.4.2.1.1. Filtros lento de Arena.** Los filtros caseros pueden fabricarse de una manera sencilla o artesanal utilizando diferentes materiales al alcance como: arcilla, aserrín, arroz, arena, resina halógena, plata coloidal, zeolitas, carbón activado, nitrato de plata, etc. Cada uno de estos materiales cumple una función específica en la remoción de microorganismos o biomoléculas, mejorando las características físico-químicas del agua, gracias a estos compuestos se logra la separación, inactivación y retención de biomoléculas y sustancias químicas presentes en el agua, obteniendo agua segura, apta para consumo humano (Mwabi et al., 2011).

Las ventajas de usar un filtro casero es su accesibilidad, fácil de transportar y llevar a cabo, no necesita una fuente de energía, está hecho de materiales duraderos, resistentes y repuestos a menor costo, siendo una alternativa fácil para el ser humano. (Mwabi et al., 2011).

**1.4.2.1.1. Cloración.** Proceso comúnmente utilizado en el tratamiento del agua para desinfectarla y hacerla segura para el consumo humano y otros, implica la adición controlada de compuestos de cloro al agua con el fin de eliminar o inactivar microorganismos patógenos como: bacterias, virus, parásitos, que pueden estar presentes en el agua.

El cloro es un desinfectante eficaz debido a su capacidad para destruir la estructura celular de los microorganismos y oxidar materia orgánica. Cuando se añade al agua en forma de gas cloro, hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio, el cloro reacciona con el agua para formar ácido hipocloroso y ácido clorhídrico, los cuales son agentes desinfectantes activos.

Se debe tener en cuenta que para un filtrado se tiene que disponer de un buen almacenamiento de agua que cumpla con ciertas condiciones como recolectar el agua de una fuente segura en baldes/vasijas de plástico bien lavados, sellar muy bien los baldes/vasijas de agua, poner una etiqueta con la fecha y guardar en un lugar frío y oscuro, cambiar el agua cada seis meses, no se

debe utilizar un balde/vasija que haya alojado materiales tóxicos, por ejemplo pesticidas, solventes, químicos, aceite o anticongelante.(Mendoza, 2016).

**Tabla 6**

*Tratamiento de agua con solución clorada*

<b>Tratamiento del agua con una solución clorada líquida al 5-6%</b>		
<b>Cantidad de agua a ser tratada</b>	<b>Cantidad de cloro a agregar</b>	<b>Cantidad de cloro para agua muy fría o de superficie</b>
<b>1 cuarto o 1 litro</b>	<b>3 gotas</b>	<b>5 gotas</b>
<b>½ galón ,2 cuarto o 2 litros</b>	<b>5 gotas</b>	<b>10 gotas</b>
<b>1 galón</b>	<b>1/8 de cucharilla</b>	<b>¼ cucharilla</b>
<b>5 galones</b>	<b>½ cucharilla</b>	<b>1 cucharilla</b>
<b>10 galones</b>	<b>1 cucharilla</b>	<b>2 cucharillas</b>

La presencia de microorganismos patógenos en el agua suele causar problemas agudos, se le concede gran importancia a la desinfección del agua. En la tabla 6 se muestra el tratamiento de agua por medio de una solución clorada y la cantidad necesaria de cloro a agregar, con el fin de conseguir agua químicamente apta para uso humano. De la información encontrada con Leal (2005), se encontraron estas opciones para la desinfección de aguas:

#### **1.4.2.2. Tecnología de control.**

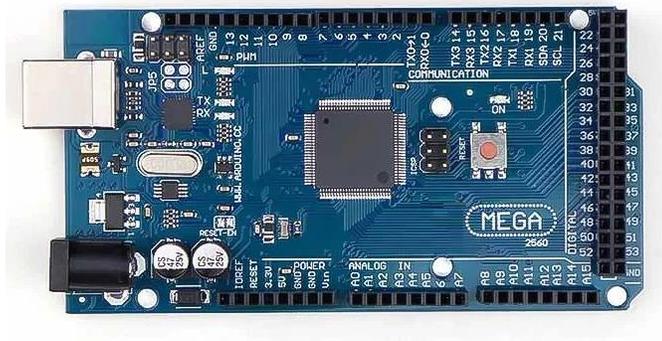
**1.4.2.2.1. Sistemas embebidos.** Son sistemas de computación diseñados para realizar tareas en sistemas operativos en tiempo real, a diferencia de los ordenadores como una computadora personal o un PC que realizan un rango de tareas mucho mayor, los sistemas embebidos realizan tareas específicas. Sus componentes se encuentran incluidos en la planta base, como la tarjeta de video, modem, audio, etc. Normalmente el dispositivo resultante de un sistema embebido no tiene un aspecto similar al de una computadora.

Estos sistemas tienen diferentes posibilidades para su programación, sobre el lenguaje ensamblado del microprocesador o microcontrolador que se encuentra incorporado sobre él, o usando un compilador específico como el lenguaje C, C++ o JAVA. (Sistemas Embebidos 2018). Arduino. Arduino es una plataforma de código abierto (open-source) que se basa en el software y hardware flexible fácil de usar. Este dispositivo es bastante usado por diseñadores, artistas, para cualquier persona interesada en la creación de objetos o de entornos interactivos. La entrada de información se hace por medio de una variable que captan los sensores, el Arduino “siente” su entorno y puede afectarse por luces, motores, etc. El Arduino es programado con Arduino Programming Language y con Arduino Development Environment. Los proyectos que se realizan en este hardware pueden ser autónomos y tienen la posibilidad de comunicarse con software en ejecución en un ordenador. (Rafael E. Herrador 2009).

Se puede realizar el ensamble de las placas a mano o comprarse ensambladas y su software se descarga de forma gratuita. Existen diseños de referencia de los hardware disponibles por licencia open- source y esto permite que sean adaptados para sus necesidades. Actualmente existen microcontroladores y plataformas microcontroladoras para la computación física como: Parallax basic Stamp, Phidgets, Netmedia’s y Handyboard, estas plataformas permiten tomar los aspectos de la programación de microcontrolador y la encierran en un paquete sencillo de usar.

**Figura 3**

*Arduino Mega 2560*



*Fuente: Olelectronics*

La Figura 3 muestra el Arduino mega, se utiliza en el presente proyecto, debido a que la placa simplifica el proceso de trabajo con los microcontroladores y ofrece las siguientes ventajas como: Económico, comparadas con otras plataformas microcontroladoras las placas Arduino son relativamente económicas. La placa más económica del Arduino puede ser ensamblada a mano, las que se consiguen preensambladas pueden tener un costo muy bajo. Multiplataforma el software que utiliza Arduino se ejecuta en el sistema operativo Windows, GNU/Linux y Macintosh OSX, mientras que la mayoría de los microcontroladores se limitan a Windows. Entorno de programación simple y claro para los principiantes en programación el entorno que se usa en Arduino es bastante fácil y los programadores avanzados también pueden aprovecharlo. Código abierto y software extensible: El software se encuentra publicado como código abierto, tiene la disponibilidad de extensión para programadores avanzados. El lenguaje en Arduino se puede extender por medio de las librerías C++.

**1.4.2.1.1.1. Módulo Rele.** Es un componente electrónico que permite controlar el encendido/apagado de equipos de alta potencia (electrodomésticos). Funciona perfectamente con Arduino, Pic o cualquier otro sistema digital.

#### Figura 4

*Módulo de 8 Relés.*



*Fuente: Módulos de Relés (versión 15-6-19)*

En la variedad de proyectos que se pueden realizar con Arduino, se puede llegar a controlar componentes de alto voltaje o alto amperaje como bombillas o bombas de agua, las cuales no pueden ser manejadas directamente con Arduino, en este caso es necesario utilizar Relays o Relés, estos dispositivos permiten controlar cargas de alto voltaje con una pequeña señal.

En la figura 4 se observa un módulo que posee 8 Relays de alta calidad, capaces de manejar cargas de hasta 250V/10A que es apropiado para la labor del prototipo. Cada canal posee aislamiento eléctrico por medio de un optoacoplador y un led indicador de estado. Su diseño facilita el trabajo con Arduino ideal para el trabajo, al igual que con muchos otros sistemas como Raspberry Pi, ESP8266 (NodeMCU y Wemos), Teensy y Pic. Este módulo Relay activa la salida normalmente abierta (NO: Normally Open) al recibir un "0" lógico (0 Voltios) y desactiva la salida con un "1" lógico (5 voltios). Para la programación de Arduino y Relays se recomienda el uso de timers con la función "millis ()" y de esa forma no utilizar la función "delay" que impide que el sistema continúe trabajando mientras se activa/desactiva un relay.

Entre los componentes se pueden utilizar: bombillas de luz, luminarias, motores AC (220V), motores DC, solenoides, electroválvulas, calentadores de agua. Se recomienda realizar y verificar las conexiones antes de alimentar el circuito y es una buena práctica protegerlo dentro de un case. (*Módulos de Relés (versión 15-6-19)*).

**1.4.2.1.1.1. Display de cristal líquido (LCD) 4X20.** El display de cristal líquido (LCD) alfanumérico de 4 filas por 20 columnas, es un dispositivo de visualización que muestra texto y caracteres alfanuméricos en una matriz de 4 filas y 20 columnas. Incorpora un backlight de tipo LED con color azul, que proporciona una iluminación de fondo para mejorar la legibilidad en diferentes condiciones de luz ambiental, como se puede ver en la Figura 5.

Este display utiliza el controlador SPLC780D, que es responsable de controlar la operación y la interfaz con el microcontrolador o el sistema embebido. El controlador SPLC780D ofrece funciones avanzadas de manejo de píxeles y caracteres, lo que permite una presentación clara y nítida del texto en la pantalla.

Un aspecto destacado es su interfaz I2C incorporada, que simplifica enormemente la conexión y el control del display con el sistema. Con esta interfaz I2C, el display puede ser manejado utilizando solo cuatro líneas de conexión, reduciendo significativamente el hardware necesario para su uso. Esto hace que sea más fácil integrar el display en proyectos donde los recursos de hardware son limitados o se requiera una configuración más compacta.

El display de cristal líquido alfanumérico de 4x20 con backlight LED azul y controlador SPLC780D ofrece una solución eficiente y fácil de usar para la visualización de texto, en aplicaciones donde se requiera una interfaz de usuario clara y legible u interfaz I2C integrada simplifica la conexión y el control haciéndolo ideal para una variedad de proyectos y aplicaciones.

**Figura 5**

LCD 20x4

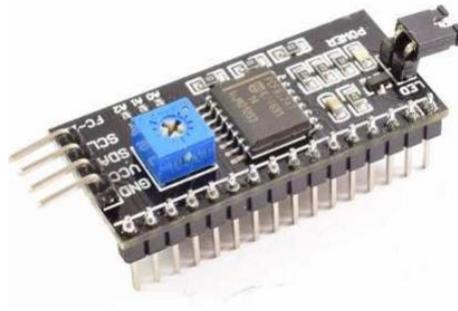


*Fuente: Electronicaplugandplay*

**1.4.2.2.1.1. Módulo LCD\_I2C.** En la **figura 6** se tiene el módulo LCD I2C, es un módulo LCD paralelo estándar que tiene conectado un expansor I2C PCF8574, éste recibe datos de 8 bits en serie por el bus I2C y los transfiere en paralelo por su puerto de 8 bits quasi-bidireccional. Cuando se recibe una orden de lectura por el bus I2C lee del puerto un dato de 8 bits que convierte en serie y transmite por el bus I2C. (Tutorial LCD con I2C 2017)

**Figura 6**

*Módulo adaptador LCD a I2C*



Fuente: Tutorial LCD con I2C, 2017

**1.4.2.2.2. Electrobomba.** Según Jesús Mateo Ángel Aroni es una máquina generadora que transforma la energía mecánica y que funciona gracias a un motor eléctrico con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve líquidos. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos, al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general una electrobomba recoge agua de un depósito para llevarla a un nivel superior donde se almacenará. En este nivel superior es necesario que existan unos sensores capaces de discernir cuando el agua ha llegado a un nivel máximo, en cuyo caso se deberá detener el funcionamiento o cuando va a sobrepasar un nivel mínimo. Entre estos dos niveles debe funcionar la bomba. El sistema consta

de un relé térmico, cuya función es impedir que funcione en condiciones de calentamiento anómalas y permitir el arranque con la mayor rapidez y seguridad posible.

**1.4.2.3.2. Adaptador AC -12VDC.** Un adaptador de alimentación de AC a 12V DC es un dispositivo que convierte la corriente alterna (AC) proveniente de una toma de corriente eléctrica en corriente continua (DC) de 12 voltios. Este tipo de adaptador es comúnmente utilizado para alimentar dispositivos electrónicos que requieren una fuente de alimentación de 12V DC, como luces LED, cámaras de seguridad, routers, impresoras, mini motobombas, electroválvulas, proporciona una conexión segura y estable entre la red eléctrica y el dispositivo que se va a alimentar, convirtiendo la energía de manera eficiente para su uso seguro y confiable.

**1.4.2.2.3. Mini-electrobomba.** Es un dispositivo compacto diseñado para bombear agua utilizando una fuente de alimentación de 12 voltios. Hay una variedad de modelos para esta tarea dentro de los cuales esta mini electrobomba se encuentra equipada con un diafragma que se mueve hacia adelante y hacia atrás para crear presión y aspirar agua a través de una entrada y expulsarla a través de una salida.

**Figura 7**

*Mini bomba para agua de diafragma para 12V*



*Fuente: Hetpro Herramientas tecnológicas profesionales, 2023.*

Como se observa en la Figura 7 el diseño compacto del dispositivo es ideal para aplicaciones en las que el espacio es limitado como sistemas de riego automatizado, fuentes de agua pequeñas, sistemas de enfriamiento o en este caso una pequeña succión de 500 mililitros.

**1.4.2.3.3. *Electroválvula.*** O válvula de solenoide, como se muestra en la figura 8 es un instrumento electromagnético que pilota en el caso del regadío una válvula hidráulica. Una válvula es el mecanismo que regula el flujo permitiendo o deteniendo su avance. Las válvulas no motorizadas sólo tienen dos posibles posiciones: abierta y cerrada teniendo un control prendido apagado. La electroválvula es el elemento capaz de cambiar de un estado (abierto) al otro (cerrado). Posee un solenoide el cual es una bobina cilíndrica o electroimán de hilo conductor arrollado en forma de hélice, de manera que la corriente eléctrica genera a su paso por él un intenso campo magnético. Ese campo, convierte la energía eléctrica en mecánica al abrir o cerrar la válvula siendo útil para la tarea que se necesita en el presente proyecto.

### **Figura 8**

*Electroválvula Solenoide 12VDC - 1/2" Con Presión*



*Fuente: Ferretrónica, 2022*

**1.4.2.2.4. *Sensores.*** Un sensor es un dispositivo que es capaz de detectar diferentes materiales para enviar una señal, que permite continuar un proceso o detecta un cambio en el

material a medir, depende de la energía de un medio para proporcionar una señal de salida que es función de la cantidad a medir (se deben considerar diferentes factores como la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos, conexiones, etc).(Vanegas García, 2014)

**1.4.2.2.4.1. Sensor de Nivel.** La medición de nivel es muy importante en la industria, tanto desde la perspectiva del proceso como teniendo en cuenta el correcto equilibrio de materias primas o productos finales, podemos clasificar los medidores de nivel según sus aplicaciones, como los medidores de presión trabajan utilizando diferentes características como la medición desde una altura, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio o utilizando características eléctricas. (sin autor1, Rofifah, 2020)

### **Figura 9**

*Sensor de nivel liquido ON / OFF*



*Fuente: ElectroPro, 2023*

La figura 9 indica un sensor tipo flotador, para detectar el nivel del líquido. Cuando el nivel alcanza cierto punto, el sensor activa una señal de salida "on", indicando que el líquido ha alcanzado el nivel deseado. Cuando el nivel cae por debajo de este umbral el sensor activa una señal de salida "off". Estos sensores son ampliamente utilizados en aplicaciones donde se necesita monitorear y controlar el nivel de líquidos, como en sistemas de: bombeo, llenado automático, tanques de almacenamiento, el sensor de nivel on-off es idóneo para el sistema que se propone y sirve para todas las aplicaciones del proyecto de grado.



#### **1.4.4. Marco legal**

A continuación, se presentan una serie de leyes y normas avaladas por el estado colombiano que respaldan el marco legal de este proyecto.

**1.4.4.1. Leyes.** Para el desarrollo del presente proyecto se tuvo en cuenta las siguientes normas: Ley 373 de 1997 Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA). Su objetivo es incentivar la conservación y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico mediante estrategias que promuevan el ahorro del agua.

Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Ley 23 de 1973 Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones (control de la contaminación).

**1.4.4.2. Recursos Hídricos.** Como normas relevantes para la escasez y mala calidad del agua en el caserío de Higueros Cauca con la implementación de un sistema de cloración y filtración se tiene las más oportunas a continuación: Decreto 1541 de 1978 Aguas no Marítimas, Capítulo Único. Esta norma trata sobre varias disposiciones generales, que proporcionan directrices de: como es el correcto uso, protección y aprovechamiento de recurso, para asegurar el cumplimiento con las normativas ambientales y de uso del agua en la región. Decreto 3100 de 2003 Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones como tratar de reducir la contaminación y proteger el recurso hídrico. Decreto 1575 de 2007 Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. Esta norma es fundamental para el diseño del proyecto y la implementación de la etapa de cloración y filtrado, aquí se tienen los rangos aceptables de parámetros físicos y químicos para el uso seguro del agua. Decreto 4742 de 2005 Por el cual se modifica el artículo 12 del decreto 155 de 2004 mediante la cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 para optimizar el

cálculo, aplicación y cobro de tasa por el uso del agua en Colombia, esta norma ayuda a informar en la parte económica del proyecto, de cómo debería ser un correcto manejo de suministro para un posible futuro teniendo en cuenta las resoluciones vigentes.

Decreto 1323 de 2007 Por el cual se crea el sistema de información del recurso hídrico SIRH. Esta norma sirve para informar sobre la gestión del recurso hídrico, así como para acceder a datos que pueden ser cruciales para el diseño y un monitoreo de sistema de agua. Decreto 1324 de 2007 Por el cual se crea el registro de usuarios del recurso hídrico y otras disposiciones, también ayuda a registrar y formalizar el uso del agua para dar cumplimiento en la parte legal. Decreto 1480 de 2007 Por el cual se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones con el fin de tener en cuenta prioridades nacionales y locales en la gestión de cuencas hidrográficas.

#### **1.4.5. Marco ético**

El propósito del presente marco ético es garantizar que la capacitación del prototipo de sistema de filtración de agua de una casa finca en Higuerones Cauca, se lleva a cabo con los estándares éticos y buenas prácticas de investigación. Se espera que estos principios éticos ayuden a mejorar la calidad y relevancia del proyecto, así como su impacto positivo en la población. Respeto por los derechos y la dignidad humanos: La implementación del proyecto respetará los derechos humanos y la dignidad de las personas involucradas. Se evitará cualquier forma de discriminación y se respetará la privacidad de los participantes. El proyecto tiene como objetivo beneficiar a la población de Colombia afectada por la falta de agua potable y se espera como superar cualquier riesgo o pérdida potencial del líquido vital.

No maliciosa: Se tomarán todas las medidas necesarias para evitar cualquier daño o riesgo para la salud y el medio ambiente de los participantes. Autonomía y consentimiento informado: Se respetará la autonomía de los participantes y se obtendrá su consentimiento informado previo a cualquier intervención en el programa. Se informarán los objetivos, riesgos y beneficios del proyecto y se tomarán decisiones informadas sobre su participación. Confidencialidad ya que se protegerá la privacidad y confidencialidad de los participantes. Se garantizará que la información

recopilada durante el proyecto se utilice únicamente para los fines del proyecto y no se transmita sin el consentimiento expreso del participante.

## 1.5. Metodología.

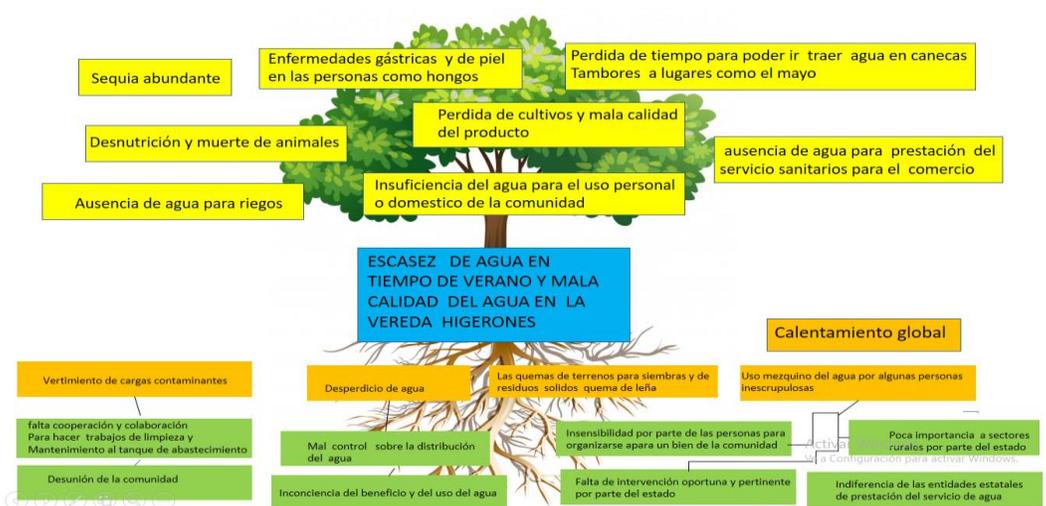
### 1.5.1. Enfoque de la investigación.

El presente trabajo se clasifica como tipo cuantitativo debido a la recolección de datos mediante pruebas físicas como microbiológicas. Estas pruebas permiten obtener información precisa sobre parámetros como: ph, turbidez, cloro residual entre otros, permiten evaluar la calidad del agua y medir la efectividad del sistema de purificación y cloración implementado que implica un proceso y registro de los parámetros del antes y después del tratamiento, obteniendo una base sólida para el análisis estadístico y la validación de la hipótesis.

Para iniciar el presente trabajo de investigación se realizó un árbol de problemas (**figura 10**) donde se identifican las causas directas e indirectas, el problema en general con sus respectivos efectos, se obtuvo la siguiente información:

**Figura 11**

*Esquema árbol de problemas*



El centro del trabajo se basa en la recolección y purificación de agua para el uso doméstico y se enfoca en la ayuda humanitaria o social.

### ***1.5.2. Tipo de investigación***

Se utilizará el método científico por medio de la investigación aplicada y experimental, con el objetivo de encontrar estrategias para abordar un problema específico y real: la escasez y mala calidad del agua, implementando un sistema de purificación y cloración, utilizando técnicas y conocimientos científicos para obtener resultados. Se ejecutará en el sector de Higueros Cauca de manera integral, la construcción de las diversas etapas que se llevarán a cabo para el suministro y purificación del agua, por lo tanto, el tipo de investigación es aplicada tecnológica.

### ***1.5.3. Línea y sublínea del grupo de investigación.***

De acuerdo con la línea de investigación y al programa de estudios corresponde el diseño y desarrollo mecatrónico buscando “la recolección de agua y su tratamiento de manera automatizada, con poca presencia humana para su uso doméstico” por lo cual se encuentra en el área de Automatización y control de procesos.

### ***1.5.4. Hipótesis de la investigación.***

Implementar un sistema automatizado de cloración y procesos de filtrado que permitirán reducir los niveles de turbiedad en el agua a un rango menor a 10 NTU, disminuir el color a menos de 130 PCU y eliminar los patógenos presentes, mediante el sistema automatizado reducir la turbiedad, color y sulfatos del agua, se logre obtener agua apta para el riego y uso doméstico. El prototipo sea capaz de funcionar como un clarificador de agua ofreciendo un método efectivo y eficiente para mejorar la calidad del agua, hacerla adecuada para su uso en actividades domésticas y agrícolas.

### ***1.5.5. Descripción de la metodología.***

En primera instancia se necesita una formación académica, teórica y legal para fundamentarse y poder estructurar: ¿cómo?, ¿quién(es)?, ¿dónde?, ¿porqué?, ¿cuándo?, ¿bajo qué parámetro(s)?, ¿costos?, la problemática, que permitan desarrollar el presente proyecto de investigación, realizar análisis de las posibles opciones de solución, la metodología y demás aspectos concernientes a un trabajo de grado con los lineamientos que exige la facultad de Ingeniería mecatrónica de la Universidad Mariana de la ciudad de San Juan de Pasto Nariño.

Se define la metodología de investigación, las posibles temáticas o alternativas a trabajar y tomar la decisión para concretar con qué situación problema se inicia el trabajo, se factibilizan costos, beneficios, tiempos y demás aspectos que viabilizan el proyecto.

Se puntualiza en la problemática, se analizan las características del lugar para buscar la mejor ubicación del procedimiento y el prototipo en la casa finca de Higuerones y desarrollar el proyecto con éxito, por cuanto es una necesidad sentida por los vivientes, se tiene el conocimiento y se vivencia directamente la situación objeto de estudio.

Luego, se construirá una planta de tratamiento adecuada al volumen de los recipientes, se cuantificará datos, se medirá la capacidad y las condiciones iniciales bacteriológicas y físicas de las diferentes fuentes de agua que se abastece la vivienda como lo es el DBO, ph, turbidez, color, coliformes.

En la segunda fase se realiza la parte operativa que consiste en la ubicación definitiva de los tanques de almacenamiento con las características pertinentes donde realizar la recolección del agua, la posibilidad de la ejecución del prototipo, con el aval y apoyo económico del dueño del terreno el Señor Julio César Solarte Solarte, propietario de la casa finca de Higuerones. Se elabora un plano en físico con todos los argumentos a tener en cuenta, tanto de un Profesional en Ingeniería Ambiental, como del dueño, puesto que posee algo de experiencia y cuenta con la información del sitio.

La tercera fase consiste en ver los resultados del desarrollo del sistema automatizado de recolección y filtrado de agua para el suficiente abastecimiento en una casa finca de Higuerones Cauca. Se realiza un análisis de resultados con las recomendaciones y conclusiones finales.

En este momento ya se tiene el prototipo instalado, se verificado su buen funcionamiento y se hace evaluación de resultados y el logro del propósito principal como lo es el de contribuir al suficiente abastecimiento de agua en la casa finca de Higuerones.

### ***1.5.6. Validez de la investigación.***

#### ***1.5.6.1. Validez interna.***

Con el propósito de asegurar el correcto funcionamiento del sistema propuesto, se llevó a cabo una serie de acciones centradas en la recopilación de evidencias, realización de pruebas del correcto funcionamiento y documentación de todo el proceso del prototipo. A continuación, se detallan las actividades a realizar:

- **Evidencias:** Se registrarán todas las etapas de creación y proceso llevado a cabo, se documentan acontecimientos relevantes, incluyendo el diseño, la implementación, las pruebas experimentales de funcionamiento y cualquier incidencia ocurrida durante el proceso.
- **Testeo:** Se harán pruebas exhaustivas tanto del sistema en su conjunto como de los circuitos integrados individualmente, con el propósito de verificar el correcto funcionamiento de cada componente y asegurar que se cumpla los requisitos establecidos. Se llevarán a cabo simulaciones y pruebas de control para detectar los posibles errores y garantizar la fiabilidad del sistema.
- **Documentación:** Se tomarán evidencias fotográficas y audiovisuales de todo el proceso, se capturarán imágenes y videos de los procesos de creación como de las pruebas y ensayos realizados. Estas evidencias servirán como respaldo visual y permitirán una documentación completa y detallada del proyecto.

### **1.5.6.2. Validez externa.**

Para validar externamente la eficacia y fiabilidad del sistema propuesto, se llevará a cabo una serie de exámenes físico-químicos y microbiológicos rigurosos que se enfocan en la evaluación de parámetros claves relacionados con la calidad del agua tratada, con el propósito de confirmar que hubo mejora en las características en la calidad de agua, gracias al tratamiento realizado y demostrar su idoneidad para el uso doméstico.

#### **Figura 12.**

*Adquisición de datos con equipos*



Se realizaron pruebas con los equipos de multiparámetros, turbidez y colorímetro en los laboratorios de la Universidad Mariana en Pasto, para tener confiabilidad en los datos, adicionalmente pruebas específicas de laboratorio microbiológicos para analizar parámetros como: bacteria E coli, cloro residual y coliformes totales, los resultados se comparan con los estándares de calidad de agua establecidos por organismos reguladores y normativas, con el fin de evaluar si el agua cumple con los requisitos de calidad exigido.

**Tabla 7**

*Comparación de los resultados físico-químicos, microbiológicos y estándares de calidad*

<b>PRUEBAS FÍSICO QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS</b>	<b>MUESTRA DE AGUA SIN TRATAR</b>	<b>MUESTRA DE AGUA TRATADA</b>	<b>PARÁMETROS MÍNIMOS PARA RIEGO</b>	<b>PARÁMETROS MÍNIMOS PARA CONSUMO HUMANO</b>
PH por equipo Multiparámetros	8.726	8.710	6.5 - 8.5	6.0 - 9.0
Turbiedad por equipo Turbidímetro	23.0 NTU	10.9 NTU	MENOS DE 50 NTU	MENOS DE 5 NTU
Color por equipo Colorímetro	239 PCU	131 PCU	MENOS DE 75 PCU	MENOS DE 15 PCU
Oxígeno Disuelto por equipo Multiparámetros	95.4 mg/L	7.52 mg/L	MAYOR DE 5 mg/L	MAYOR DE 4 mg/L
Conductividad por equipo Multiparámetros	78,9 $\mu$ S/cm	97,3 $\mu$ S/cm	500-1500 $\mu$ S/cm	MENOS DE 700 $\mu$ S/cm
Coliformes totales por método de sustrato definido	Mayor de 2400 Por 100 ml	0 Por 100 ml	Ausencia en menos de 100ml	Ausencia en menos de 100ml
Escherichia-Coli por método de sustrato definido	500 Por 100 ml	0 Por 100 ml	Ausencia en menos de 100ml	Ausencia en menos de 100ml
Cloro residual	0	8.9	No requiere	0.2 y 2.0 mg/l

La Tabla 7 muestra una matriz de comparación sobre parámetros físicos-químicos y microbiológicos que se obtuvieron antes (agua cruda) y después (agua tratada) del sistema implementado para el tratamiento del agua, junto a los valores aceptados por los entes de regulación, por ende, la implementación del sistema propuesto fortalece la validez externa, permitiendo ver los análisis de los resultados del antes y del después mostrando una clara mejora en la calidad del agua. La reducción en la turbidez, el color y la ausencia de microorganismos patógenos, junto con la estabilidad del pH, indican que el tratamiento desarrollado ha sido efectivo. En general, el tratamiento ha logrado transformar el agua en un recurso seguro y apto para su uso en el hogar y otros fines domésticos.

## 2. Presentación de resultados.

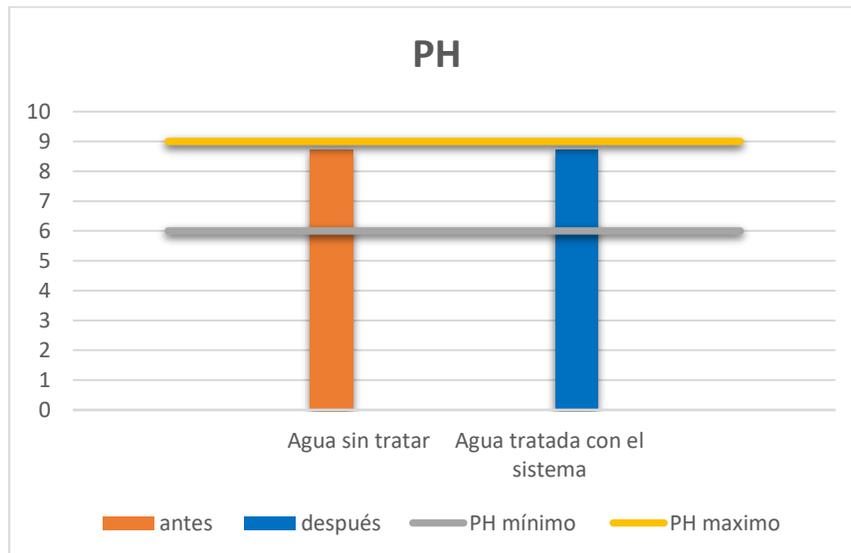
### 2.1. Procesamiento de la información.

En la primera etapa del proyecto se tiene la parte de averiguación teórica e investigativa del lugar para ver las siguientes circunstancias: las condiciones del terreno, materiales necesarios y disponibles, calidad de agua que se presenta inicialmente. Se realizó visitas a la casa finca de Higueroles, en donde se ubica la vivienda, se toman muestras del agua, se evalúa el terreno y se dispone a seleccionar las alternativas convenientes para lograr los objetivos, se tiene en cuenta datos que precisan los métodos adecuados para el tratamiento del agua y con la ayuda de un Profesional en Ingeniería Ambiental observar que variables son relevantes para que la planta tenga un buen funcionamiento, haciendo énfasis en: el diseño de filtrado y desinfección o cloración; éste último sin la necesidad de un operador. Las variables que determinan las características son: Ph, Turbidez, Color, Oxígeno disuelto, Conductividad, Coliformes totales, Escherichia coli, cloro residual.

#### 2.1.1. PH.

### Figura 13

*Análisis de los resultados de Ph antes y después del tratamiento*



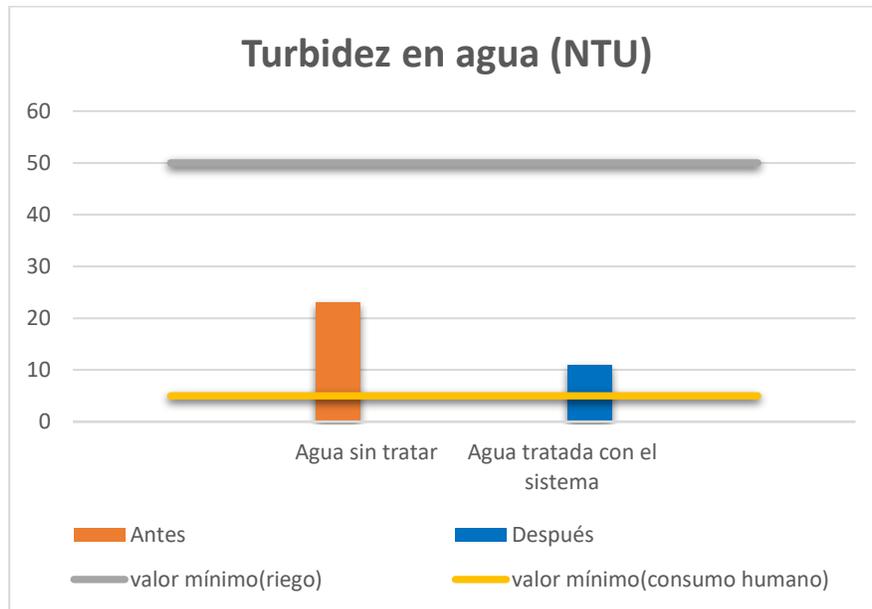
La figura 13, indica que el pH está dentro de los estándares y que hubo una reducción pequeña de 8.726 antes del tratamiento a 8.710 después del tratamiento. Esta ligera disminución sugiere que el sistema de tratamiento tuvo un impacto mínimo en el pH del agua, sin embargo, es importante tener en cuenta que esta variación es muy pequeña y puede considerarse dentro del rango de fluctuaciones normales del pH del agua.

### 2.1.2. Turbidez

El parámetro de la turbidez en el agua nos indica la claridad visual causada por presencia de partículas como sedimentos, materia orgánica, microorganismos entre otros, esta se mide generalmente en unidades nefelométricas de turbidez(NTU) donde un valor alto indica mayor turbidez

#### Figura 14

Análisis de los resultados de Turbidez antes y después del tratamiento



Tal como indica la Figura 14 al principio la muestra que se obtuvo tiene un valor de turbidez relativamente alto (23 NTU) que se interpreta que el agua no es clara, este parámetro se disminuyó significativamente de 23 NTU antes del tratamiento a 10.9 NTU después del

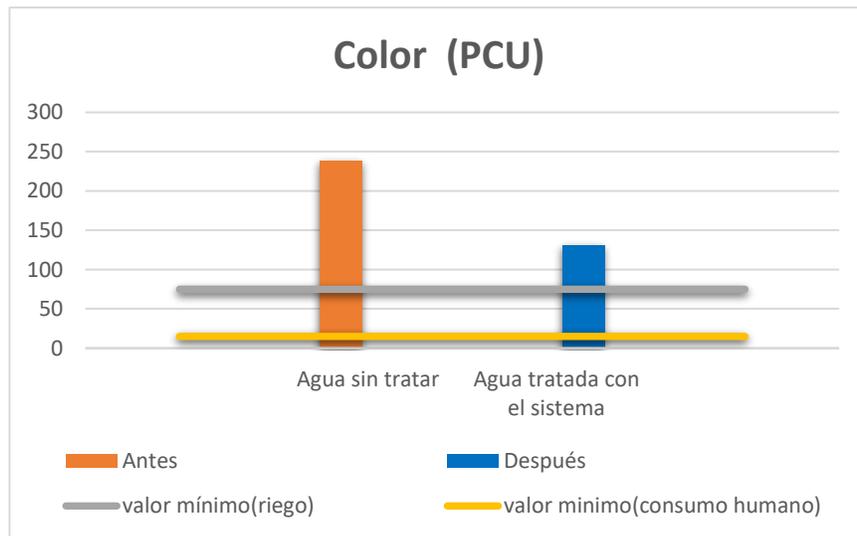
tratamiento de filtración. Esta reducción sustancial en la turbidez indica una mejora notable en la claridad del agua como resultado del tratamiento aplicado (este valor puede bajar más haciendo un buen mantenimiento del sistema debido a que desde que se hizo la instalación del proceso en el lugar no le hicieron el respectivo mantenimiento).

### 2.1.3. Color.

Al igual que la turbidez este parámetro es una medida visual causada por compuestos orgánicos, minerales disueltos, materiales en suspensión etc., la intensidad del color puede ir desde incoloro hasta tonos más oscuros.

**Figura 15.**

*Análisis de los resultados de Color antes y después del tratamiento*



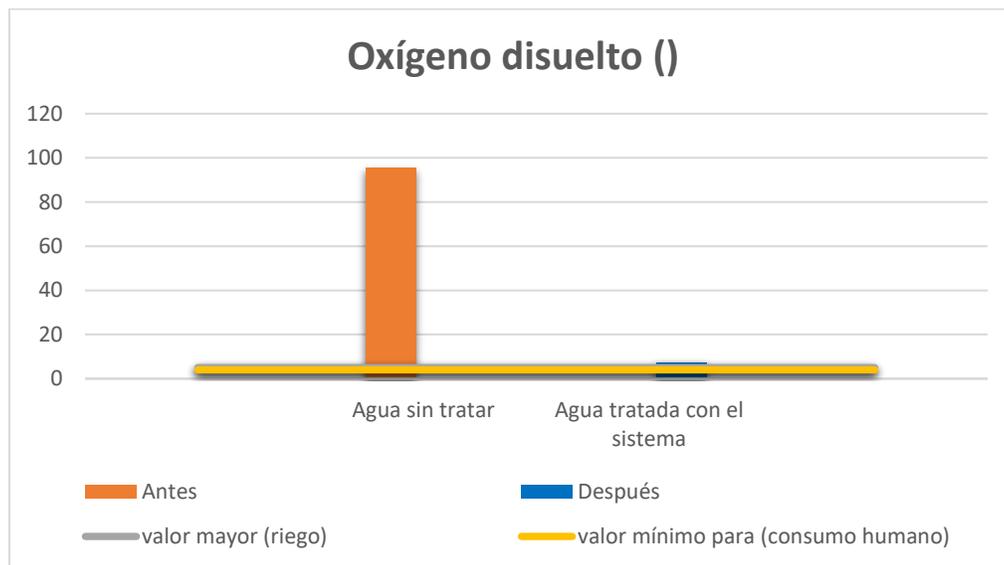
los datos obtenidos muestran una relevante reducción en el color después de haber pasado por el tratamiento de 239 PCU a 131, indicado una mejora notable en la claridad del agua, Este resultado es prometedor en términos de mejorar la calidad de agua, al igual que la turbidez (este valor puede bajar más si se le hace un buen mantenimiento al sistema considerando que desde que se hizo la instalación en el lugar no le hicieron el respectivo mantenimiento y se le indicó al propietario de la vivienda la importancia de esta labor).

#### 2.1.4. Oxígeno disuelto.

Son de vital importancia los análisis de oxígeno disuelto para comprender su calidad y si es ideal para diversos usos, incluido el doméstico, nos representa la cantidad de oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) presente de forma disuelta en el agua, es un parámetro esencial para mantener la vida acuática porque organismos acuáticos como peces y otras, dependen del oxígeno disuelto para respirar.

**Figura 16**

*Análisis de los resultados de Oxígeno disuelto antes y después del tratamiento*



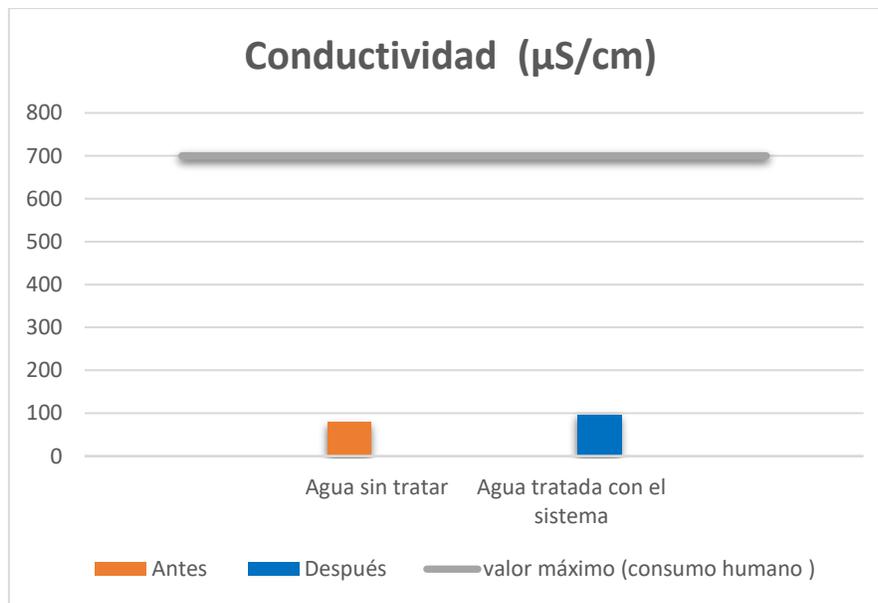
En la Figura 15 se observa una significativa merma en el oxígeno disuelto después de realizar el tratamiento pasando de 95,4mg/L a 7,52 mg/L, éste valor cumple el parámetro que establecen los entes responsables que debe ser mayor a 4mg/L. Ésta disminución podría ser atribuida a varios factores como la: descomposición de materia orgánica durante el tratamiento, actividad microbiana o introducción de productos químicos desinfectantes como el hipoclorito de calcio el cual se usa para la cloración.

### 2.1.5. Conductividad Eléctrica.

La conductividad eléctrica del agua se expresa en microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) significa la capacidad de agua para conducir una corriente y esta relacionada con la cantidad de iones presentes en el agua.

**Figura 17.**

*Análisis de los resultados de conductividad antes y después del tratamiento.*



En el estudio sobre la conductividad los valores aceptables pueden variar según los casos, para el consumo humano, se considera que debe ser un valor mejor de  $700(\mu\text{S}/\text{cm})$  microsiemens si es así es óptimo. Aunque para el uso doméstico, se prefieren valores bajos, este parámetro no es muy relevante para actividades domésticas como lavar platos, aseo, baños o lavadoras. Como se aprecia en la **figura 16** se registró un pequeño aumento de esta variable la cual puede deberse a la adición de sales o minerales como el calcio durante el proceso de desinfección lo cual tiene sentido después de pasar por un proceso de cloración teniendo un valor final de  $97 \mu\text{S}/\text{cm}$  este valor se encuentra muy por debajo del rango de los  $700 (\mu\text{S}/\text{cm})$  cumpliendo con los estándares.

### 2.1.6. Coliformes totales.

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que incluyen varios tipos, algunas son inofensivas otras pueden indicar contaminación fecal. La presencia de coliformes totales en el agua muestran una posible contaminación microbiológica y la necesidad de realizar acciones correctivas para garantizar la seguridad del agua para consumo humano y otros usos domésticos.

#### Figura 18

Análisis de los resultados de coliformes totales antes y después del tratamiento



La Figura 18 muestra los resultados iniciales presentando un valor de coliformes total de 2400 por 100 ml demostrando que la calidad microbiológica está contaminada con variedades de bacterias, algunas posiblemente son patógenas, en este caso la desinfección del sistema cumple su cometido, puesto que después de hacerle un proceso de cloración la muestra no presenta coliformes totales. Esta reducción a 0 es un indicador positivo que el hipoclorito de calcio al 70 % sirve para desinfectar el agua el cual es una señal positiva de la calidad microbiológica del agua.

### 2.1.7. *Escherichia-Coli.*

Escherichia-Coli o E-coli es una bacteria que se encuentra comúnmente en los intestinos de animales de sangre caliente, incluidos los seres humanos. La presencia de E-coli en el agua puede ser un indicador directo de contaminación por materia fecal reciente y microorganismos patógenos asociados, se asocia a un riesgo significativo para la salud humana y debe ser abordado inmediatamente.

#### **Figura 19.**

*Análisis de los resultados de E-coli antes y después del tratamiento.*



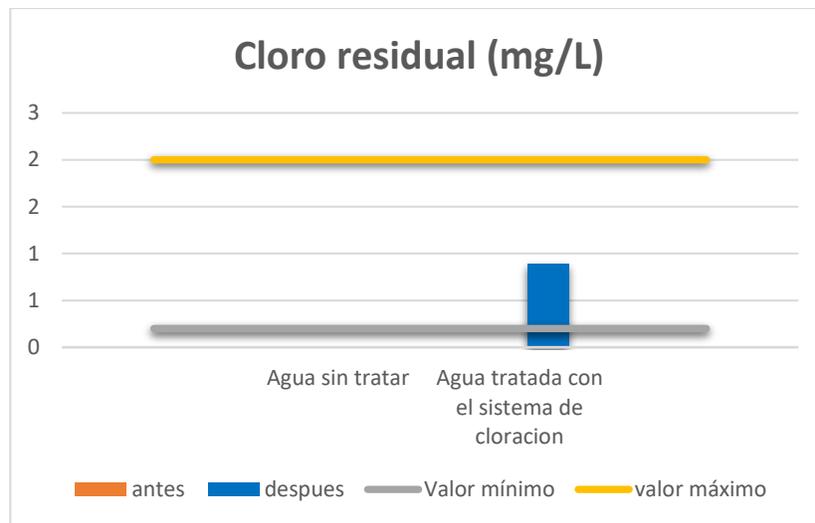
Los resultados del análisis de laboratorio según la Figura 19 sugieren que el agua está contaminada con Escherichia-coli, indicando la presencia de contaminación fecal y un riesgo potencial para la salud humana. Después de implementar medidas de desinfección y tratamiento de agua adecuadas se logró eliminar los microorganismos patógenos y garantizar la seguridad del agua, la ausencia de E-coli en los resultados es un buen indicador de que el proceso de desinfección que se realizó funciona.

### 2.1.8. Cloro residual.

Es la cantidad de cloro que permanece en el agua después de un proceso de cloración, esta caracterización es muy importante porque muestra la capacidad para mantener el agua protegida contra la contaminación microbiológica durante la etapa de almacenamiento.

#### Figura 20.

*Análisis de los resultados de E-coli antes y después del tratamiento.*



Como se observa en la Figura 20, después de tratar el agua con el sistema de cloración, se tiene que el valor del cloro residual es de 8,9, este valor indica que se agregó suficiente cloro en el proceso de cloración para garantizar una desinfección efectiva también muestra un nivel de cloro residual aceptable según los estándares para mantener segura el agua de contaminantes gracias a la facultad del cloro de permanecer en el tiempo como germicida.

En resumen, los resultados obtenidos muestran una mejora significativa en la calidad bacteriológica y física del agua. Cumplen parámetros establecidos por las entidades gubernamentales en la parte microbiológica, también algunos físicos siendo apta para uso doméstico porque son estándares menos estrictos para actividades como: lavar platos, lavar ropa, asear la casa, preparar los alimentos, cepillarse los dientes, se pueden ejecutar sin la preocupación

de residuos fecales o suciedad en el agua. Sin embargo, es importante seguir monitoreando la calidad del agua y hacer mantenimiento del sistema para garantizar su seguridad a largo plazo.

## 2.2. Análisis e implementación de resultados.

### 2.2.1. Análisis del primer objetivo.

Para cumplir con el primer objetivo que es determinar las circunstancias existentes de la propiedad (reservorio, humedal, tanque provisional, etc.) para analizar, distinguir y comparar los recursos de agua aprovechables en el lugar, con el fin de precisar la mejor alternativa de abasto, se determinan las principales condiciones actuales en la propiedad y con el propósito de alinear las capacidades existentes del sitio con los requerimientos técnicos y funciones del sistema propuesto que se llevará a cabo; se definen los materiales disponibles en el lugar abarcando desde: contenedores de agua previamente instalados desempeñando el rol de almacenamiento y para identificar que fuente sería la óptima para obtener el recurso hídrico: un reservorio, un humedal, el tanque provisional, agua lluvia y de afluentes que desembocan en el río Mayo.

#### Tabla 8.

*Matriz De Recursos hídricos disponibles.*

Recursos	Reservorio	Humedal	Tanque provisional	Agua lluvia	Afluentes del río Mayo
Disponibilidad de uso en el lugar	MEDIA	BAJA	MEDIA	BAJA	MEDIA
Accesibilidad a la fuente hídrica	ALTA	MEDIA	ALTA	BAJA	BAJA
Accesibilidad para la captación de agua	ALTA	BAJA	MEDIA	BAJA	BAJA

Para llevar a cabo el primer sondeo de información, se elaboró una matriz de recursos hídricos disponibles, ver Tabla 8 que permite seleccionar las mejores opciones para la captación de agua

en la casa finca. Gracias a este análisis comparativo, se pudieron identificar las fuentes de agua más viables para abastecer las necesidades de la finca, lo que facilitará la toma de decisiones en la etapa de diseño y construcción del sistema de captación de agua.

**Tabla 9.**

*Cuadro Comparativo para captación de agua.*

Opciones de captación de agua	Recursos necesarios	ventajas	desventajas	Imagen
reservorio	-Bomba Periférica. -Diferentes filtros para su captación. -Tanques de almacenamiento.	- Capacidad de suministrar grandes cantidades de agua.	-No es útil en tiempos de sequía. -Alto costo.	
humedal	-Bomba Periférica. -Filtros de lodos. -Tanques de almacenamiento.	- Capacidad de suministrar grandes cantidades de agua.	-Impacto ambiental alto. -No es útil en temporadas de sequía.	

Tanque provisional	-Acople para el prototipo.	-Bajo costo -Bajo impacto ambiental	-Limitada disponibilidad.	
Agua lluvia	-Techos para la captación. -Tanques de almacenamiento.	-Bajo costo. -fuente renovable. -Bajo impacto ambiental.	-Limitada disponibilidad. -requiere mantenimiento regular. -No es útil en tiempos de sequía.	

Al estudiar las diferentes fuentes hídricas con sus ventajas y desventajas y gracias a la matriz de comparación ver Tabla 9, se han identificado dos opciones más viables para continuar con el análisis físico-químico del agua las cuales son: el reservorio y el tanque provisional. En este sentido, se toman muestras de ambas fuentes para su posterior análisis en laboratorio. Este proceso permitirá obtener información valiosa sobre la calidad del agua, inicialmente sin ningún tratamiento, que será fundamental para tomar decisiones informadas sobre su uso y determinar el proceso de desinfección.

**Tabla 10.**

*Resultados de los análisis del laboratorio Microbiológicos.*

Recurso o Muestra	Reservorio	Tanque provisional
Coliformes totales por método de sustrato definido	Mayor de 2400 Por 100 ml	Mayor de 24000 Por 100 ml

Escherichia-Coli por método	500	5400
de sustrato definido	Por 100 ml	Por 100 ml

Imagen



Fuente: Autor



Fuente: Autor

Se procede a identificar el lugar más adecuado para el prototipo. Con este fin, se desarrolla una tabla de localización ver Tabla 11 para ver parámetros enfocados a la disposición para una construcción y tener una mejor comprensión del contexto del terreno, en consecuencia, tomar decisiones apropiadas en las fases posteriores del proyecto.

**Tabla 11.**

*Matriz De Localización.*

Recurso	Reservorio	Tanque provisional
Disponibilidad de tierras para construir	SI	SI
Accesibilidad para mantenimiento	MEDIA	ALTA
Disponibilidad eléctrica	MEDIA	ALTA
Conexión con la casa finca	BAJA	ALTA

Gracias a la Tabla 11 se decidió utilizar el tanque provisional como fuente de abastecimiento agua para la creación del prototipo debido a su idoneidad en accesibilidad, disponibilidad y conexiones con la casa, por esto se realiza un seguimiento constante para garantizar que el agua cumpla con ciertos parámetros, entre ellos el pH, DBO, turbidez y coloración.

**Tabla 12.**

*Pruebas De Seguimiento.*

MUESTRA	pH	DBO (LM)	Coloración (PCU)	Turbidez (NTU)
1	8.72	95.4	238	23.0
2	8.68	94.3	239	23.0
3	8.71	95.3	239	23.0

Como se muestra en la **tabla 12** se llevó cabo dos series diferentes de pruebas de laboratorio con el fin de validar la idoneidad de las fuentes seleccionadas, la laguna y el tanque provisional. Una de dichas pruebas fue administrada por el equipo de Laboratorios del Valle, mientras que la otra tuvo lugar en las instalaciones de la Universidad ver **figura 20**. Ambos procedimientos de prueba abarcaron un análisis exhaustivo del agua, a través de un conjunto de tres pruebas consecutivas, a efectos de monitorear su calidad y conformidad con los parámetros requeridos, entre ellos el pH, DBO, turbidez, coloración, coliformes totales y escherichia coli.

**Figura 21.**

*Toma de datos físicos del agua con equipos de multiparámetros turbidímetro y colorímetro.*



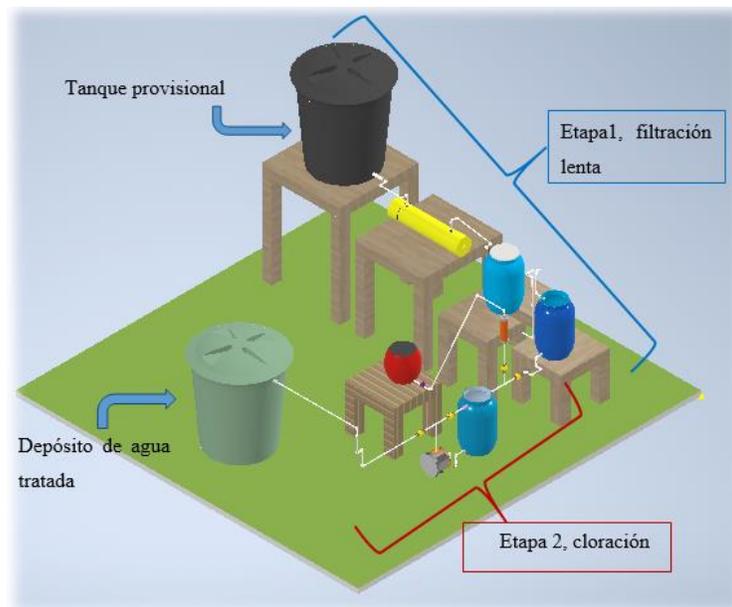
### 2.2.2. Análisis del segundo objetivo.

Para dar cumplimiento con el segundo objetivo de diseñar un prototipo de sistema con un proceso de tratamiento automatizado el cual permita acaudalar y usar el agua apta, conservar el racionamiento, resguardar las necesidades fundamentales de la vivienda familiar y cumplir los requerimientos de diseño.

Con el resultado de los laboratorios y la asesoría de un Ingeniero Ambiental se decidió utilizar el tanque provisional como fuente de abastecimiento de agua y para la creación del prototipo debido a que son convenientes para hacerle un proceso de limpieza y purificación, además posee valores que según el Ingeniero indican que con un proceso de filtró lento y cloración bastaría para el cometido que se desea. Por la investigación realizada al agua de la vereda de Higuerones, municipio de Florencia, departamento del Cauca, se diseñó la planta de tratamiento enfocada en la desinfección y reducción de patógenos y microorganismos, la cual se divide en dos etapas para un mejor manejo, la primera de filtración y la segunda de desinfección del agua (cloración) creando así la siguiente planta de tratamiento.

**Figura 22.**

*Planta de tratamiento propuesta con etapa 1 y etapa 2*

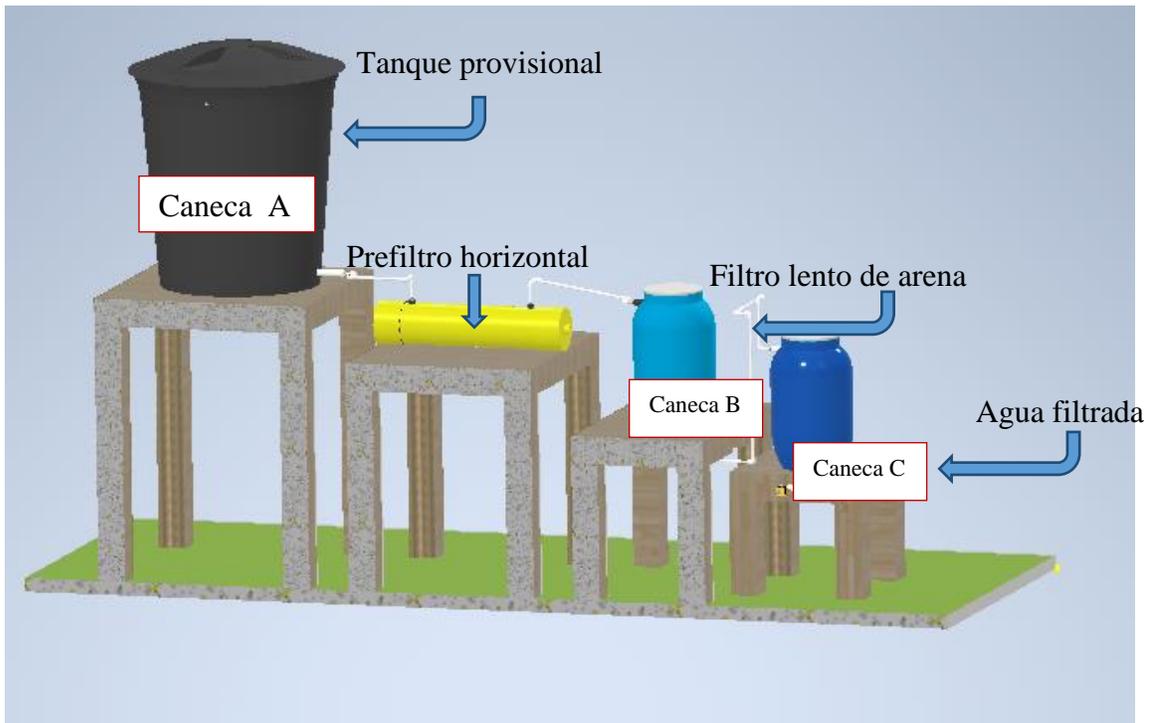


En la Figura 22 se presenta el sistema en sus dos etapas en donde la captación se hace a través del tanque provisional y donde se tiene el depósito de agua tratada con el proceso de desinfección del agua para uso doméstico.

**2.2.2.1. Diseño de la etapa de filtración.** El resultado final de este proceso es agua filtrada y almacenada en un tanque de 55 galones para su posterior proceso de la etapa 2 o cloración. En la figura 23 se muestra el sistema de filtración el cual consta de tres canecas: A, B y C. La caneca A almacena el agua a tratar y funciona como pre sedimentador, dirigiendo el agua a un pre filtro horizontal antes de llegar a la caneca B, que contiene el filtro de arena. La caneca C recoge y almacena el agua filtrada.

**Figura 23.**

*Diseño etapa de filtración.*



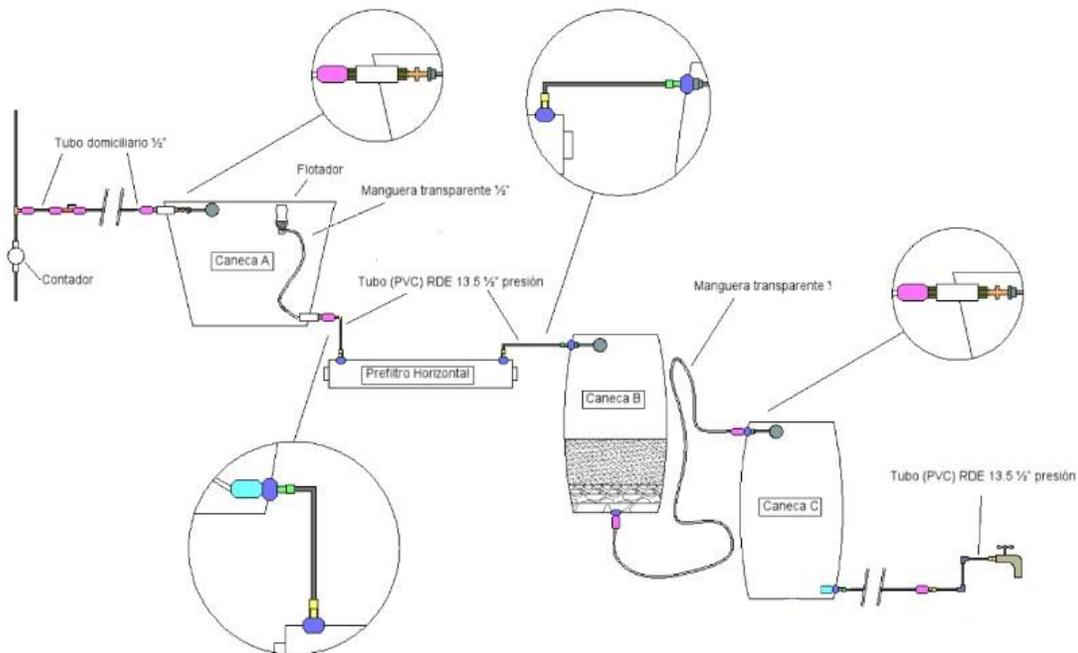
Primeramente, el agua pasa por un pre filtro que contiene gravilla, antes de llegar al filtro principal de arena en la caneca B. El filtro de arena se compone de tres capas de gravilla de diferentes diámetros y una capa de arena fina de río con medidas específicas para cada capa. Se

utiliza un flotador para controlar el flujo de agua hacia el filtro de arena para mantener constante la altura del agua, genera una capa biológica que se forma sobre la arena. La salida de agua filtrada se dirige a la caneca C mediante una manguera conectada a un adaptador en la caneca B. La caneca C se coloca estratégicamente para mantener dicha capa de agua sobre la arena en la caneca B y prevenir la exposición de la capa biológica al aire. Se fija la caneca C para controlar la altura de la manguera de salida y la velocidad de filtración. Se asegura un flujo constante de agua filtrada.

### 2.2.2.1.1. Descripción del diseño etapa de filtración.

**Figura 24**

*Descripción del diseño y construcción de la etapa 1 o filtración lenta.*

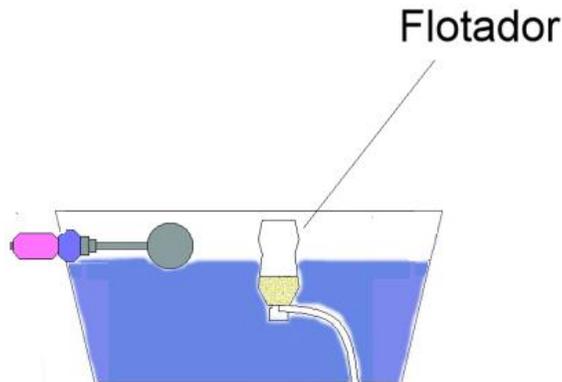


El diseño está conformado por 3 canecas: la caneca A es el tanque provisional lleno con el agua a tratar, la caneca B es un tanque de 200 litros que contiene el filtro lento de arena, y la caneca C otro tanque de 200 litros que recoge y almacena el agua filtrada, es de vital importancia introducir el agua por medio de la caneca A porque si se ingresa directamente a la caneca B podría provocar daños en la capa biológica que se ha formado sobre la arena de éste, en la Figura 24 se detalla el plano general y el papel de cada caneca. La caneca A cumple la función de pre

sedimentador, desde esta primera caneca, el agua se dirige hacia un pre filtro horizontal, que consiste en un tubo PVC sanitario de 6 pulgadas de diámetro y 1 metro de longitud. Dentro de la caneca A se encuentra una manguera de plástico de media pulgada conectado a un flotador (una botella de plástico llena de arena), ver **figura 24** diseñada para garantizar que el agua que ingrese al pre filtro horizontal provenga de la parte superior del tanque provisional, donde la sedimentación es menor.

### **Figura 25**

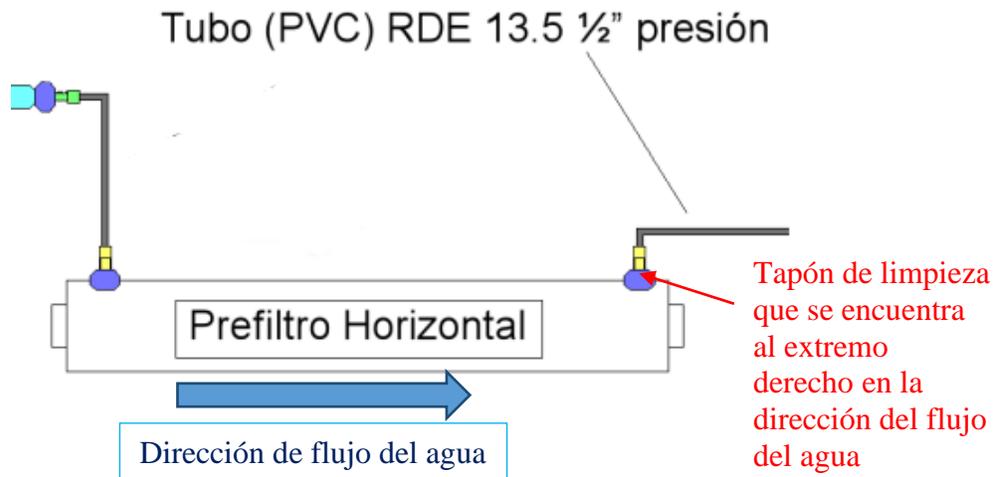
Representación del flotador ubicado en el tanque provisional.



La transferencia del agua de la caneca A (tanque provisional) al tubo de PVC (sanitario), que actúa como pre filtro, se llena con gravilla lavada de aproximadamente 3 cm de diámetro, el agua pasa lentamente por el pre filtro ver Figura 26, depositando más partículas sobre este, resultando agua con menor turbidez al salir hacia el filtro de arena (caneca B). En los extremos del tubo PVC de 6" se colocan uniones y tapones de limpieza del mismo diámetro. En el tapón de limpieza ubicado en el extremo derecho (en dirección del flujo del agua), se coloca una malla plástica para retener la gravilla durante el proceso de limpieza del pre filtro, implicando retirar el tapón del extremo donde se encuentra la malla plástica, provocando así un flujo de agua mucho más rápido que arrastra las partículas depositadas previamente en la gravilla y dejando limpio el pre filtro.

**Figura 26.**

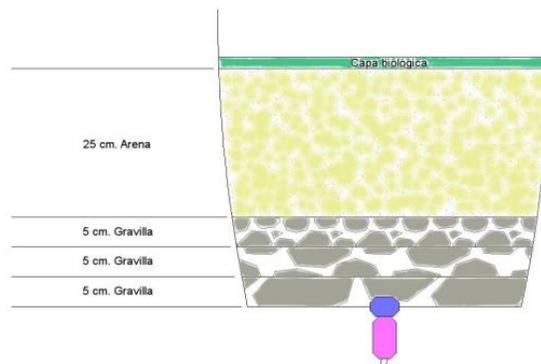
Representación del pre filtro horizontal.



Luego el agua fluye hacia la caneca B que contiene el filtro de arena ver Figura 26. Este filtro se compone de tres capas de gravilla de diferentes diámetros (tres, dos y un centímetro) colocadas de abajo hacia arriba, cada capa de gravilla tiene un espesor de 5 cm. Sobre la última capa se añade una capa más de arena fina de aproximadamente 25 cm. de espesor, con un tamaño de grano entre 0.1 y 0.2 cm. para este fin, sirve normalmente la arena fina de río o la arena que se usa para mezclar con cemento (hay que tener en cuenta que es primordial lavar muy bien la arena antes de colocarla en la caneca B, para remover arcillas).

**Figura 27.**

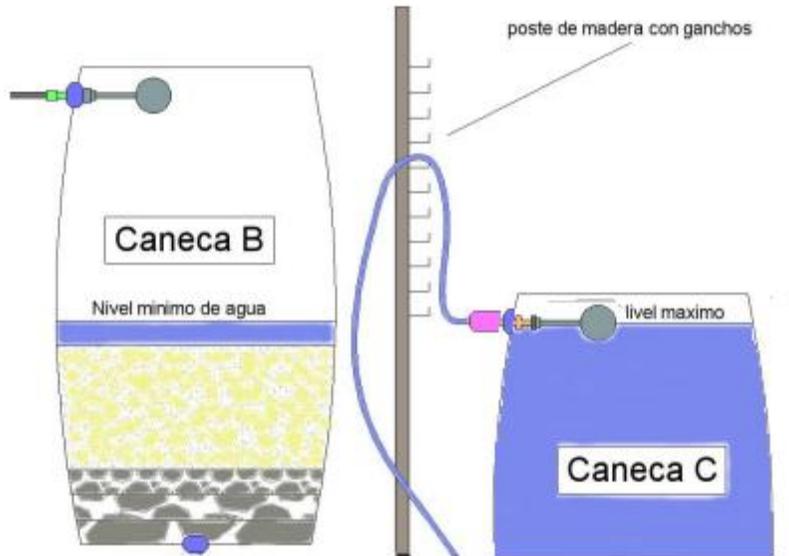
Filtro de arena detallado.



Mediante un mecanismo de flotador se hace el control del flujo de agua hacia el filtro de arena, permitiendo que la entrada de agua sea proporcional al de salida, manteniendo constante la altura del agua y evitando así la agitación de la capa biológica que se ha formado sobre la capa de arena, el flotador se instala en la parte superior de la caneca B para asegurar que haya siempre un nivel mínimo de agua de 30 cm. sobre la arena. Se puede usar el flotador de una cisterna. En el fondo de este filtro de arena se hace una perforación con una broca plana de 7/8" donde se introduce un flanche de 1/2" el cual se conecta a un adaptador que acoge una manguera plástica de igual tamaño 1/2" y conduce el agua filtrada hacia la caneca C; con ayuda de un poste se puede ubicar la manguera a diferentes alturas para controlar la velocidad de filtración hidráulica, teniendo en cuenta que la posición más baja debe ser de 5 cm. por encima del nivel de arena en el filtro como se observa en la Figura 28.

**Figura 28.**

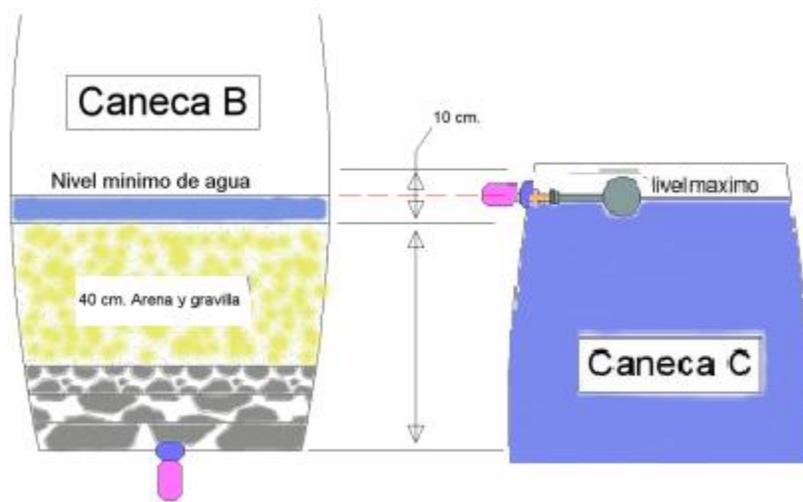
*Detalle de comunicación entre el filtro de arena y la caneca C.*



Se puede observar la relevancia de ubicar la caneca C de tal manera que su borde superior esté a una altura de 10 cm por encima de la superficie de arena en la caneca B con el fin de dejar en el filtro dentro una capa permanente de 5 cm. de agua, ver figura 27. Esta medida de precaución tiene como objetivo proteger la capa biológica presente en el filtro porque si esta capa entra en contacto con el aire los microorganismos mueren, la figura 28 sirve como ilustración.

**Figura 29.**

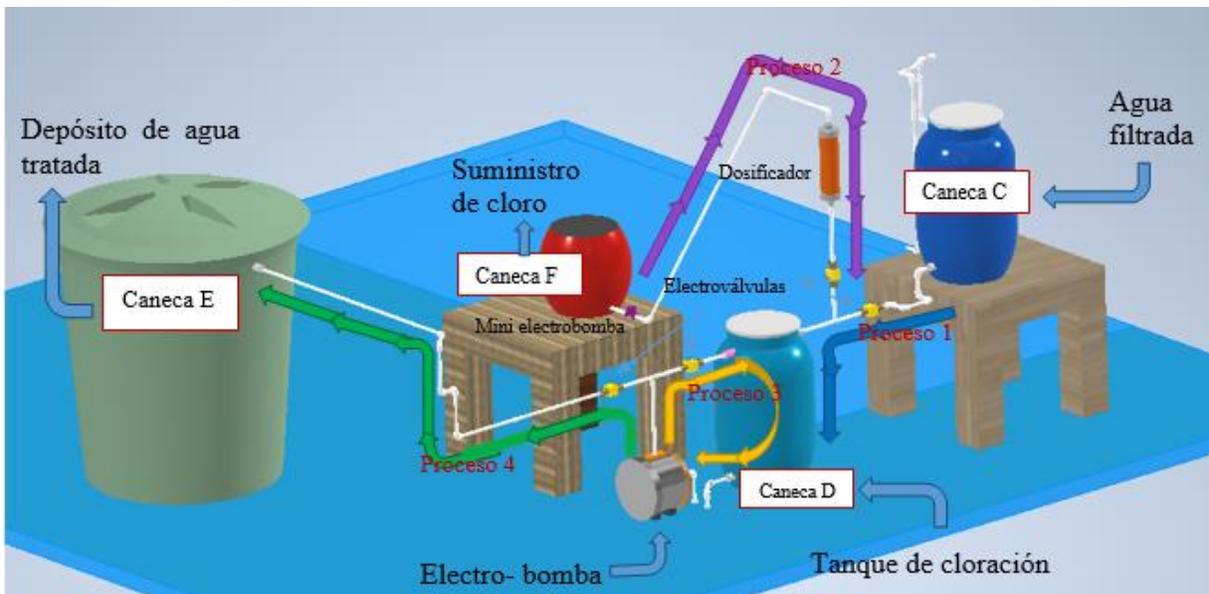
*Detalle de las posiciones de la caneca B y la caneca C.*



**2.2.2.2. Diseño de la Etapa 2 o desinfección.**

**Figura 30.**

*Diseño de la etapa 2 o cloración Del agua.*



En la figura 30 se indica la etapa de cloración del agua, esta consta de 4 canecas: la caneca C de 200 litros que tiene agua filtrada gracias al filtro de arena de la etapa 1 del sistema, la caneca D es otro tanque de 200 litros donde se hará este proceso de cloración para limpiar y desinfectar el agua filtrada, la caneca E es el depósito o cisterna de 500 litros que almacenará el agua tratada, y la caneca F donde se guarda el suministro de Hipoclorito de calcio (cloro) que se dosificará en el tanque de cloración. Para esta etapa se pone en marcha una serie de etapas secuenciales.

Realiza el llenado al tanque de cloración a través de una electroválvula para abrir y cerrar el paso del agua filtrada, después con la ayuda de sensores de nivel ubicados en la parte superior e inferior de la caneca D se determina cuando el tanque se llena por completo teniendo un volumen de agua de 200 litros que es la capacidad de dicho tanque, una vez los sensores confirman que el tanque de cloración está a su máxima capacidad continuara el proceso 2, el cual se encarga de tomar la solución de hipoclorito de calcio de la caneca F que sirve como suministro y por medio de una mini electrobomba llena el dosificador, se encuentra un sensor de nivel que indica el volumen de 500 ml. con una concentración de cloro calculada específicamente para el volumen de la caneca D (tanque de cloración de 200 lts.) e ingresa la dosis correspondiente por la electroválvula ubicada debajo del dosificador. Al finalizar la dosis inicia el proceso 3: el cual realiza la mezcla del agua con el fin de la dosis de cloro que se reparte homogéneamente por todo el volumen de agua en el tanque de cloración, este ciclo de mezclado se hace mediante una electrobomba, una T de PVC en su descarga y una electroválvula que permite el flujo hacia el mismo tanque de cloración; la electrobomba toma el agua del fondo del tanque de cloración asegurando la mezcla de cloro con el agua durante 15 minutos, posteriormente durante 30 minutos que el cloro haya hecho el efecto en el agua empieza el proceso 4, aquí, el agua ya clorada llenará al tanque de 500 lts. que alimentará de agua tratada a la vivienda por acción de la misma electro bomba que hace la mezcla toma el agua y cierra la electro válvula que la abre y llena la caneca E (tanque de agua tratada) y un sensor ubicado en la parte inferior del tanque de cloración envía una señal indicando que ha sido vaciado por completo; finalmente se repiten todos los procesos secuencialmente hasta que el sensor del depósito final (caneca E) manda la información de que el tanque (depósito) de 500 litros de agua tratada está en su máxima capacidad de almacenamiento.

### 2.2.2.2.1. Preparación de la solución para desinfección del agua.

#### Figura 31.

Ecuación para determinar el peso de cloro.

$$P_{(gr)} = \frac{C_{(mg/L)} * V_{(L)}}{10 * (\% \text{ de cloro})}$$

Muestra la ecuación para saber la cantidad de hipoclorito de calcio que se debe usar teniendo en cuenta las siguientes variables, donde: P = peso de hipoclorito de calcio, C= concentración aplicada (cloración), 150-200 ppm en desinfección de captaciones, 50 ppm en desinfección de reservorio, tuberías y pozos, 1-5 ppm en tanque de Solución Madre de cloración, V= volumen de agua a tratar en litros, % cloro (Hipoclorito de Calcio, 70 %HTH).

**2.2.2.2.1.1. Cálculo de dosis para el sistema propuesto.** Que cantidad de hipoclorito de calcio al 70% de concentración hay que disolver en un tanque de 200 litros (tanque de cloración del sistema), para tener una concentración final de 1 mg/L ver

#### Figura 32

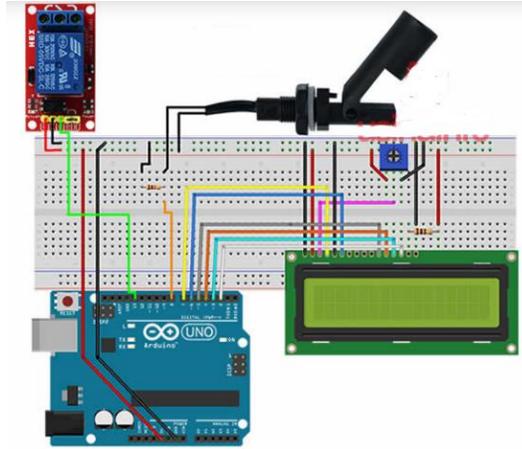
Resultado de dosis para solución de hipoclorito de calcio

$$P = \frac{c * v}{(\% * 10)} \Rightarrow P = \frac{1 \text{ mg/L} * 200L}{(70 * 10)} \Rightarrow P = 0,285 \text{ gramos}$$

**2.2.2.3. Simulación del proceso de cloración.** Según la figura 33 muestra el esquema básico de conexión simple de los componentes de control, como sensor de nivel, relé, lcd y el microcontrolador.

**Figura 33.**

*Esquema ilustrativo de la comunicación y conexiones.*



La programación de Arduino se realiza mediante la escritura de código en el IDE de Arduino y su posterior carga en la placa a través de un cable USB. El código se estructura en funciones que se ejecutan de manera secuencial, permitiendo la interacción con los diferentes componentes conectados a la placa como sensores, electroválvulas, modulo relés, pantallas lcd, entre otros. Además, Arduino Mega es compatible con una amplia variedad de bibliotecas y recursos adicionales que facilitan el desarrollo de aplicaciones avanzadas.

**Figura 34.**

*Software Arduino y Proteus.*

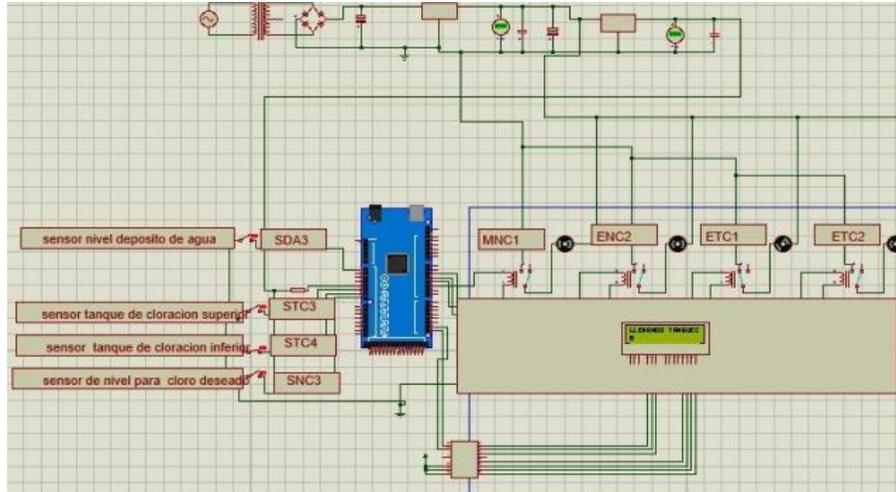


La Figura 34 corresponde a los programas usados: Arduino IDE y Proteus 8 Professional, son una fuerte herramienta para simular y verificar sistemas electrónicos. Al integrar la programación

de Arduino con las capacidades de simulación de Proteus 8 se puede probar el algoritmo de control, en este caso un proceso de cloración antes de la implementación física.

**Figura 35.**

*Simulación proceso de cloración*



La Figura 35 muestra el programa Proteus 8, la simulación y el modelo del circuito de control para el proceso de cloración probándose el circuito electrónico y eléctrico, que controla las electroválvulas, electrobomba grande y mini, mientras que Arduino se programa para enviar señales de control al módulo relé en función de los sensores de nivel ubicados en el dosificador, tanque de cloración y depósito de agua tratada. De esta manera se pueden realizar ajustes en el sistema de control y determinar valiosamente que el algoritmo encargado del proceso de cloración este correcto antes de su despliegue final.

### **2.2.3. Análisis del tercer objetivo.**

Para dar cumplimiento con el tercer objetivo que es construir el prototipo con un sistema de control autónomo, idóneo, para adaptar a las circunstancias y escenarios del terreno, con la intención de renovar la distribución sin malgastar el abastecimiento de agua en la residencia.

Se definen los materiales que se usan en las dos etapas del sistema. Para el filtrado: grava, uniones de pvc, tanques de 200 litros, tubo sanitario de 6" y sus taponos codos, llave de paso, grava para los filtros entre otros ver la Figura 36.

**Figura 36.**

*Materiales proceso de filtración*

Cantidad	Unidad	Descripción
2	Unidad	Caneca de plástico de 55 galones
1	Unidad	Tanques de 250 L
1	Unidad	Llave terminal grival
2	Unidad	Llave bola fina ½"
1	m	Tubo duratec 6" sanit (ml-metro linear)
2	Unidad	Unión sanit 6"
2	Unidad	Adaptador limpieza 6" sanit
5	m	Manguera transparente ½"
20	m	Tubo domiciliario ½" metro linear
3	Unidad	Válvula flotador ½" intergrifos
2	Unidad	Tubo RDE 13.5 ½" presión 6 m.
7	Unidad	Flanche tanque pequeño ½"
8	Unidad	Adaptador domiciliario ½" macho
1	Unidad	Adaptador domiciliario ½" hembra
4	Unidad	Adaptador macho ½" presión
4	Unidad	Adaptador hembra ½" presión
3	Unidad	Buje roscado 1*½" presión
10	Unidad	Codo presión 90° ½"
1	Unidad	T presión soldadura roscado ½"
1	Unidad	Niple PVC ½" roscado
3	Unidad	Cinta teflón
1	Unidad	Limpiador PVC 1/8.
1	Unidad	Soldad PVC 1/8
65	Litro	Arena calibre 0,1/0,2 cm.
35	Litro	Gravilla Diámetro 1 cm.
15	Litro	Gravilla Diámetro 2 cm.
15	Litro	Gravilla Diámetro 3 cm.

Primero se realiza la adecuación al terreno elegido con buena ubicación y aprovechando las condiciones y materiales que posee el lugar para que el diseño funcione correctamente. Se tiene en cuenta las alturas necesarias para que el suministro de agua fluya por gravedad y de manera continua por todo el procedimiento.

En la construcción del pre filtro, ver figura 37, se mide una distancia de 15 cm. de los extremos del tubo de 6" para hacer la salida y entrada a través de flanches. Para evitar fugas, se usa soldadura de PVC y se ponen tapones sanitarios a cada lado del pre filtro con el propósito de hacer un sello fácil de abrir y cerrar para su mantenimiento.

**Figura 37.**

*Construcción de pre filtro horizontal*



Después de separar la grava y tener los diferentes tamaños ver figura 37 se hace un lavado de la arena y gravilla para el pre filtro horizontal y el filtro de arena, se construye el pre filtro, se hacen las adecuaciones a los tanques, se los perfora y se les pone flanches para poder conectar entre sí.

**Figura 38.**

*Pre filtro y grava*



En la entrada donde se encuentra el tanque con el filtro de arena se ajusta una válvula de flotador automática para controlar el nivel del agua que entra al tanque ver figura 38, y procurar que siempre se encuentre en su máxima capacidad.

**Figura 39.**

*Filtro de arena con flotador.*



**Figura 40.**

*Ensamble de etapa 1*



El la figura 39 se efectúa el acople de cada parte en la etapa de filtración, con la ayuda de una manguera de nivel que se usan en construcción facilita medir la altura de cada parte, se realiza la ubicación del pre filtro por encima del tanque con el filtro de arena y éste a media altura del tanque de agua filtrada.

En la figura 40 se ilustran las alturas del tanque con el filtro de arena y el tanque del agua purificada, también se puede observar el principio de los vasos comunicantes y como se adecua el terreno para ubicar las canecas.

**Figura 41.**

*Visión de la planta de filtración*



**2.2.3.1. Construcción de la etapa de cloración.** En la segunda etapa, los materiales para lograr el proceso de cloración sin la necesidad de un operador externo son: 4 electroválvulas de 12 Vdc, una mini electrobomba, una electro bomba, unidad de control, sensores de nivel, tanque de cloración de 200 litros, tanque para suministro de cloro de 50 litros.

Para la construcción de la segunda etapa se crea el dosificador, ver figura 41 con un tubo de PVC y la forma cilíndrica ayuda a calcular el volumen de 500 ml. de líquido con una probeta y se hace la medida exacta, se une a través de un tapón, un flanche y una unión de PVC ½” tipo hembra con la unión roscada de la electroválvula que hace el cierre y abertura del dosificador.

**Figura 42.**

*Construcción de la medida del dosificador de cloro*



**Figura 43.**

*Prueba de funcionamiento del prototipo en los laboratorios de la Universidad Mariana, Pasto*



Con el fin de probar el funcionamiento del algoritmo de control de acuerdo a la teoría, se realiza un modelo a escala del sistema de cloración como se mira en la **figura 42**. El modelo a escala consta de baldes de pintura para simular cada tanque que tendrá parte el en prototipo final, de esta manera, se tiene una idea de cómo son las alturas necesarias y cómo pueden ser las conexiones entre los tanques mediante las electroválvulas. Es fundamental que los sensores de nivel estén localizados correctamente, porque de lo contrario las señales de cada fase, se mezclan dando información errónea del estado en que se encuentra el proceso de cloración, una vez que se haya hecho la prueba.

**Figura 44.**

*Construcción de etapa 2 cloración y almacenamiento*



Después de realizar el modelo a escala, se elabora la etapa de desinfección conectado mediante una electroválvula con la etapa 1 de filtración previamente construida en la vivienda. Como se observa en la figura 43, se adecuó el terreno para ubicar el tanque de cloración, el suministro de cloro y el depósito final. Para ello se construyó un pequeño cuarto donde están los equipos y la estación de control encargada de la desinfección, con el propósito de que la unidad de control y los dispositivos que se usan estén protegidos de daños por humedad o salpicaduras

de lluvia, también se protege la electroválvula que hace el llenado del tanque de cloración y se ubica el depósito final cerca, asegurando un funcionamiento duradero y confiable.

**Figura 45.**

*Unidad de control*



**2.2.3.2. Descripción general de la unidad de control.** Según la figura 44, la unidad de control se compone de una entrada de energía eléctrica, la cual enciende el micro controlador Arduino y se conecta por cableado al módulo de 8 relés por debajo, el Arduino Mega se conecta al módulo relé para activar los adaptadores de 12vdc que enciende las electroválvulas y la mini electrobomba, se colocó una salida diferente que va directamente hacia la electrobomba y que funciona con 120 V, tiene una placa elaborada para recibir las señales de los sensores con una configuración de resistencias pull-up en la parte superior izquierda y evitar presencia de ruido, la placa va conectada al Arduino, además se instaló una lcd que muestra el proceso en el que se encuentra la unidad de control.

**Figura 46.**

*Tanque de cloración*



En la figura 45 es una vista desde el interior del tanque de cloración el cual posee: un drenaje en la parte inferior hacia la motobomba, sensores y entrada de agua filtrada para controlar los procesos de vaciado, mezcla y dosificación del cloro.

**Figura 47.**

*Cuarto de equipos de descontaminación del agua*



En la estación de control y equipos de descontaminación de agua como se observa en la figura 46, está ubicada el área de los procesos de bombeo y desinfección con las respectivas conexiones con las electroválvulas de 12 vdc ½”, teniendo cuidado de que no se presente fugas en las uniones, en este cuarto se encuentra todo el sistema de control encargado de la cloración

automática junto al suministro de cloro ubicado de tal manera que se puede ver a su nivel gracias a una ranura de nivel que presenta el tanque de 50 litros.

### **2.3. Discusión.**

El filtro presenta una etapa inicial de captación de aguas sedimentadas, seguida de un proceso de filtración por capas con flujo hidráulico vertical. El diseño incorpora capas de diferentes espesores, organizadas desde la más gruesa hasta la más fina, de acuerdo con sus criterios establecidos.

Se destaca un enfoque innovador en el diseño de una planta de tratamiento de agua. La combinación de tecnologías, la filtración por capas de arena y la dosificación precisa de cloro muestra un compromiso con la pureza del agua y la seguridad sanitaria. La integración de automatización, toma del nivel de líquido de los tanques a través de sensores y programación del microcontrolador demuestran la posibilidad de un proyecto adaptable y eficiente. En conjunto, la propuesta no solo aborda la eliminación de patógenos, sino que muestra cómo la tecnología puede revolucionar el suministro de agua potable.

Por otro lado, resulta necesario emplear diferentes cantidades de cloro líquido si se busca la eliminación de agentes microbiológicos presentes, tales como los coliformes y el E. coli. Para este propósito se llevará a cabo el tratamiento del agua considerando las medidas adecuadas de cada agente químico, con las respectivas ecuaciones en el cálculo del cloro necesario, minimizando las posibles alteraciones adicionales del agua.

### **3. Conclusiones**

El proyecto está enfocado en la parte ambiental y la resolución de problemas específicos para brindar apoyo a las personas que residen en la casa-finca de Higuerones. El objetivo principal del sistema de control automatizado que se busca desarrollar: es evitar el desperdicio de agua, investigar los métodos propicios para la limpieza y que el uso del agua no sea peligroso para los usuarios.

El estudio, análisis e investigación de los terrenos del lugar como: su capacidad y disponibilidad permiten diseñar la estructura en la que se basa el prototipo para los métodos de limpieza del agua. Para cumplir la necesidad de abastecimiento y almacenamiento de agua en la vivienda familiar de Higuerones a través de estudios previos, se identificó los procesos accesibles y factibles para llevar a cabo tratamientos de agua que se adapten a las condiciones específicas del lugar. Estos estudios son fundamentales para probar la eficacia de la cloración doméstica y otros métodos de limpieza en la prevención del crecimiento de biomoléculas.

Los métodos para purificación del agua utilizados como: la etapa de filtrado inicial y la posterior cloración han demostrado ser efectivos para reducir parámetros que inicialmente indicaban una mala calidad del agua. La implementación de un sistema de desinfección automatizado en la etapa de cloración permitió realizar una cloración doméstica de manera eficiente.

El proyecto se logró construir con éxito, obteniendo un prototipo funcional mediante un enfoque innovador y la ayuda de la Universidad Mariana, mediante pruebas de funcionamiento en el laboratorio y la simulación del algoritmo de control utilizando el programa Proteus, contribuyeron en el proceso de diseño y fabricación, determinación de los materiales específicos para la construcción de la unidad de control automatizada.

El funcionamiento del sistema automatizado para la recolección y almacenamiento del agua se validó con éxito. Los resultados de las pruebas de laboratorios microbiológicas confirmaron la eliminación completa los coliformes totales y el -coli, indicando la ausencia de materia fecal y

seguridad para su uso. Además, se logró reducir significativamente los parámetros físico-químicos que afectan a electro domésticos y a las personas que residen en la casa-finca.

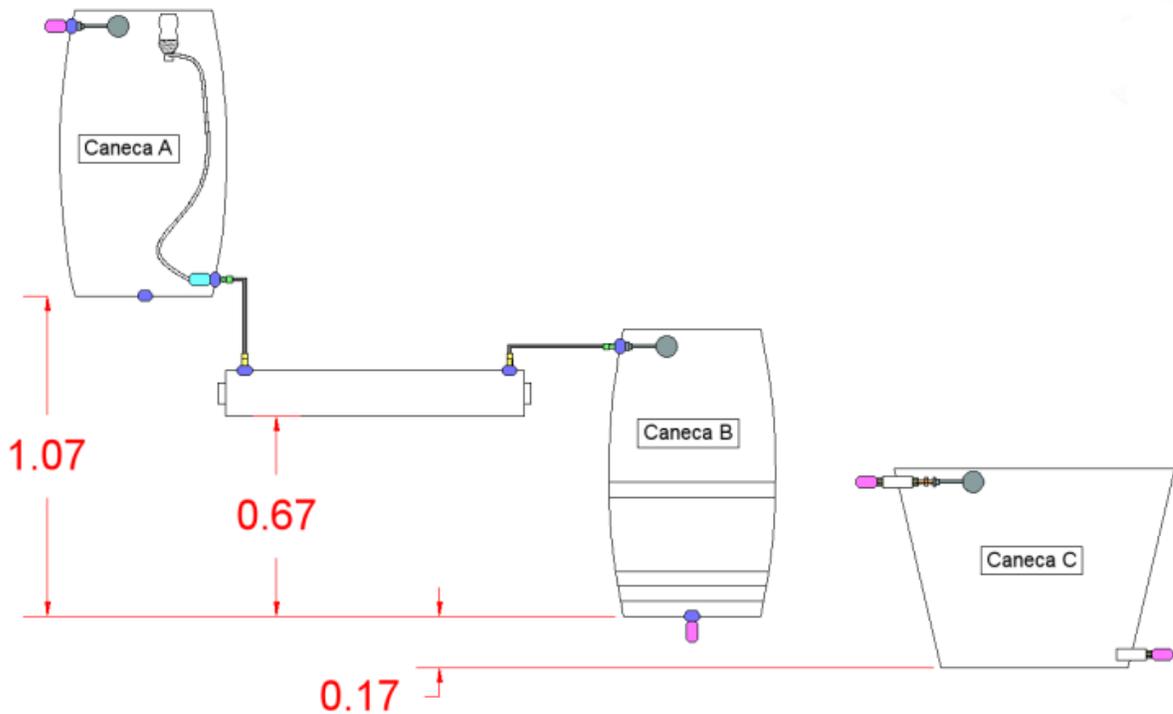
En los vivientes de la casa finca existe un desconocimiento inicial sobre el tratamiento de aguas, se demostró la posibilidad de generar diversos métodos a bajo costo que puedan resolver ciertos problemas. Es importante tener en cuenta que cada tipo de agua requiere un enfoque específico en cuanto a tratamiento y aunque los métodos existentes son útiles, existe la oportunidad de desarrollar soluciones innovadoras.

#### 4. Recomendaciones.

Es importante seguir estrictamente las especificaciones y reglas establecidas para las mínimas alturas en la instalación del sistema. Estas alturas mínimas aseguran un flujo adecuado de agua y la eficiencia operativa del sistema ver figura 47.

#### Figura 48.

*Alturas mínimas para el proceso de filtración y su correcto funcionamiento por gravedad.*



Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo cada 3 a 6 meses para verificar el estado de los componentes electrónicos, limpiar sensores y asegurar que el sistema funcione correctamente.

Generar un monitoreo continuo para evaluar la calidad del agua y detectar cualquier anomalía de forma temprana instalando sensores de calidad del agua que puedan medir parámetros como cloro residual. Estos sensores pueden estar conectados a un sistema centralizado que registre y analice los datos de forma continua. (Control de calidad de agua).

Este sistema cuenta con un tanque de cloración de 200 litros, solo usar la dosis de cloro calculada de 0,285 gr de hipoclorito de calcio para que haga una correcta desinfección.

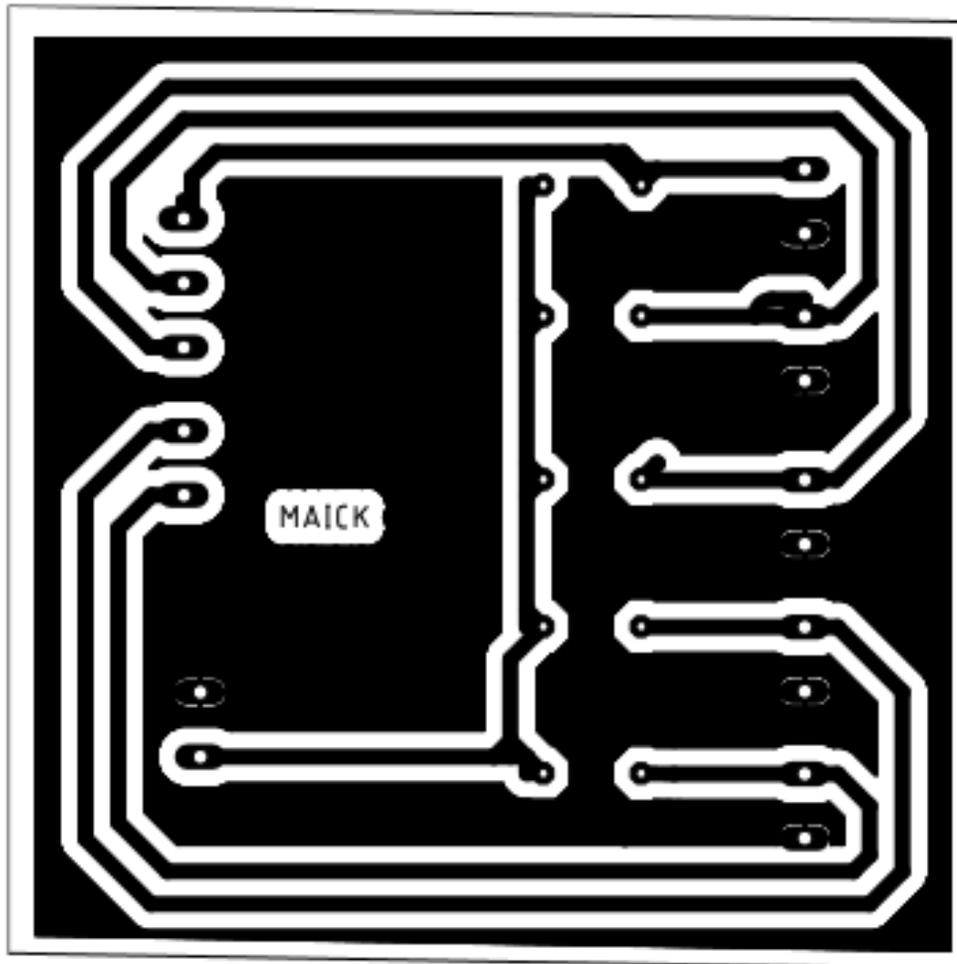
## Referencias bibliográficas

- Bayindir, R., & Cetinceviz, Y. (2011). A water pumping control system with a programmable logic controller (PLC) and industrial wireless modules for industrial plants-An experimental setup. *ISA Transactions*, *50*(2), 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2010.10.006>
- Li, H., & Sansalone, J. (2020). CFD model of PM sedimentation and resuspension in urban water clarification. *Journal of Environmental Engineering (United States)*, *146*(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001649](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001649)
- Loizou, K., Koutroulis, E., Zalikas, D., & Lontas, G. (2015). A low-cost capacitive sensor for water level monitoring in large-scale storage tanks. *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology, 2015-June*(June), 1416–1421. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2015.7125295>
- Mavrov, V., Erwe, T., Blöcher, C., & Chmiel, H. (2003). Study of new integrated processes combining adsorption, membrane separation and flotation for heavy metal removal from wastewater. *Desalination*, *157*(1–3), 97–104. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(03\)00388-6](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(03)00388-6)
- Ng, K. C., Thu, K., Kim, Y., Chakraborty, A., & Amy, G. (2013). Adsorption desalination: An emerging low-cost thermal desalination method. *Desalination*, *308*, 161–179. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.07.030>
- String, G. M., Domini, M., Badr, H., Brodsky, H., Kamal, Y., Tatro, T., Johnston, M., Ogudipe, A., Vu, T. N., Wolfe, M. K., Wolfe, M. K., & Lantagne, D. S. (2021). Efficacy of locally-available cleaning methods and household chlorination at inhibiting biofilm development in jerricans used to store household drinking water. *Environmental Science: Water Research and Technology*, *7*(2), 367–383. <https://doi.org/10.1039/d0ew00748j>
- Susheel, A., & Selvendran, S. (2019). Investigation on Water Level Regulation Using Floating Sensor and Arduino Uno. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *561*(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/561/1/012009>
- Wilson, H. M., Rahman A.R., S., Parab, A. E., & Jha, N. (2019). Ultra-low cost cotton based solar evaporation device for seawater desalination and waste water purification to produce drinkable water. *Desalination*, *456*, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.01.017>
- Charco, E. (2010). *Capítulo I Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias*.
- Chávez, C. J. (2014). *Selección de electrobomba sumergible para pozo profundo aplicado al proyecto de riego de áreas verdes , distrito de Pachacámac*. 76.
- Estupiñán Torres MSC, S. M., & Ávila de Navia MSC, S. L. (2009). Calidad Sanitaria del Agua de la Ciénaga Mata de Palma en el Departamento del Cesar, Colombia. *Nova*, *7*(11), 85. <https://doi.org/10.22490/24629448.421>

- FAO. (2015). *Construcción de lagunas, cisternas y pozos para el abastecimiento seguro de agua en épocas de sequía para el consumo animal*. 5, 197–215.
- Fernández, R. (2016). Sedimentación/Aguas. *Escuela de Organización Industrial*, 19.
- Leal A, M. T. (2005). Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones. *Solar Safe Water*, 63–72.
- Lozano-Rivas, W. A. (2013). *Calidad fisicoquímica del agua*.
- Luis, I., & Farrás, E. P. (2005). *Instituto De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental Area De Hidráulica Cátedra De Hidráulica Aplicada a La Ingeniería Sanitaria Teoría De La Sedimentación*.
- Mendoza, P. (2016). *Cómo purificar el agua de su hogar*. 4027(800), 10.
- Mwabi, J. K., Adeyemo, F. E., Mahlangu, T. O., Mamba, B. B., Brouckaert, B. M., Swartz, C. D., Offringa, G., Mpenyana-Monyatsi, L., & Momba, M. N. B. (2011). Household water treatment systems: A solution to the production of safe drinking water by the low-income communities of Southern Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36(14–15), 1120–1128. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.078>
- Robert Coughlin, F. D. (1982). *Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits* (Issue 1).
- Silva Rodriguez, J., & Cordova Alvarez, C. (2013). Introducción al análisis de la calidad del agua de consumo. *El Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento*, 322.
- Simancas García, J. L. (2013). Diseño de un amplificador operacional CMOS de amplio ancho de banda y alta ganancia para aplicaciones de alta velocidad. *Inge Cuc*, 9(1), 163–182.
- String, G. M., Domini, M., Badr, H., Brodsky, H., Kamal, Y., Tatro, T., Johnston, M., Ogudipe, A., Vu, T. N., Wolfe, M. K., Wolfe, M. K., & Lantagne, D. S. (2021). Efficacy of locally-available cleaning methods and household chlorination at inhibiting biofilm development in jerricans used to store household drinking water. *Environmental Science: Water Research and Technology*, 7(2), 367–383. <https://doi.org/10.1039/d0ew00748j>
- Torres Avalos, G. A., & Lozano González, E. A. (2017). Disminución de sólidos de aguas grises mediante un proceso de aireación. *Ra Ximhai*, 393–404. <https://doi.org/10.35197/rx.13.03.2017.23.gt>
- Valdez, E. C. (1990). Abastecimiento De Agua. *Ucam.Edu*, 1(Abastecimiento de agua), 265.
- Vanegas García, J. H. (2014). 3. Sensores y Transductores. 3.1. Sensores y Transductores. Un. *Universidad de Tarapacá*, 34.

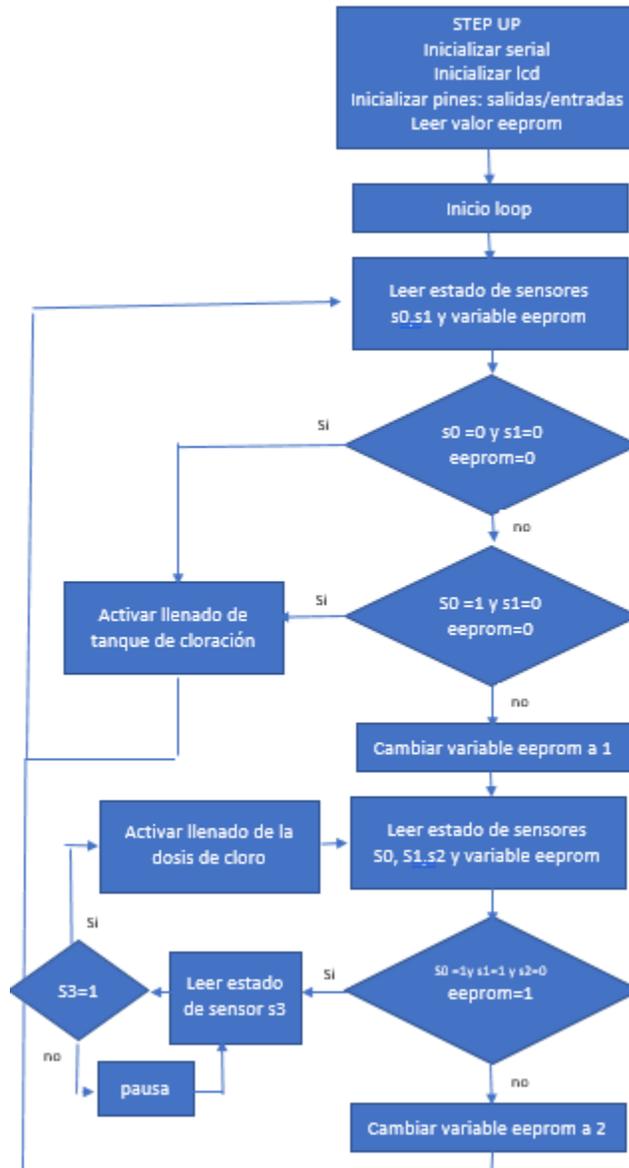
**Anexos**

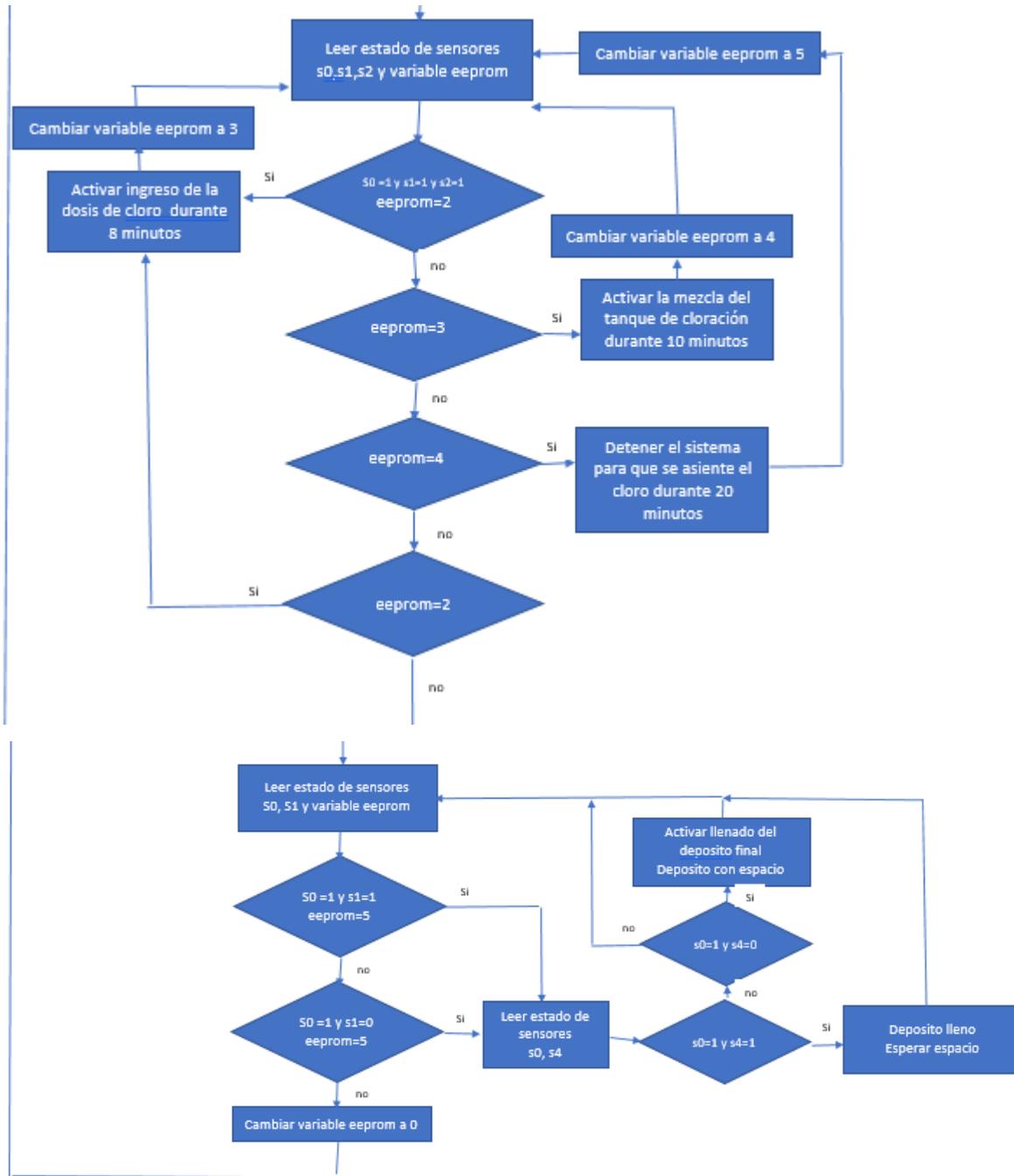
**Anexo A.** Placa de resistencias en configuración pull-up para minimizar ruido en sensores



En el anexo A se muestra la placa para evitar el ruido que puede existir en los sensores de nivel, y asegurar la toma correcta de señales del entorno.

Anexo B. Diagrama de flujo de variables





En el anexo B se tiene el diagrama de flujo de variables utilizado para la creación del código del Arduino teniendo en cuenta las secuencias del proceso para la cloración, los pasos y actuadores que se necesitan.

Anexo C. Resultados del laboratorio



03041256



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL,  
AMBIENTES ALIMENTOS Y AGUAS.

*¡ Su salud en buenas manos en un mundo de servicios !*

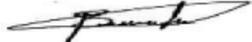
**INFORME DE ENSAYO**  
03041256

Página 1 de 2

<b>Identificación</b> 03041256	<b>Teléfono</b> 3216349764 /
<b>Cliente</b> MAICK ANTHONY ZARAMA ERAZO	<b>Dirección</b> VDA. HIGUERONES CAUCA
<b>Doc. Nit.</b> 1004133796	<b>Fecha Recepción</b> 2024-04-10 08:58:12
<b>Convenio</b> MAICK ANTHONY ZARAMA ERAZO	<b>Fecha Impresión</b> 2024-04-16 10:16:43.
<b>Tipo Muestra</b> AGUA TRATADA	<b>Fecha Toma Muestra</b> 2024/04/10 HORA: 11:00 A.M
<b>Tomada Por</b> MABETH ZARAMA	<b>Punto Toma Muestra</b> GRIFO COCINA

Condiciones Ambientales LDV: Temp 22°C - Humedad R. 57% Observaciones: T. 5°C

RESULTADOS		
<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO</b>		
CLORO RESIDUAL _____:	0.89	mg/L Cl2 libre
MÉTODO: 4500-CL G Ed. 2012		
FOTOMÉTRICO		
VALORES DE REFERENCIA		
0.3 - 2.0 Res. 2115/07		
0.5 - 1.0 Res. 12186/91		
SULFATOS _____:	<1	mg/L SO4-2
MÉTODO: FOTOMÉTRICO SM 4500-SO4-E		
VALORES DE REFERENCIA		
<250 Res. 2115/07 y Res. 12186/91		



BRAYAN STIVEN MORÁN LÓPEZ  
2024-04-16 09:39:56

<b>MICROBIOLOGÍA</b>	
COLIFORMES TOTALES _____:	0
Por:	100ml
Método:	Sustrato definido
Técnica:	NMP/100ml
Valor de Referencia _____:	0
Normalidad:	Resolución 2115/07
Interpretación _____:	CONFORME
ESPECIFICACIONES DEL MEDIO:	
AGAR EMB	
LOTE:	402011
VENCIMIENTO:	30/01/2027
MARCA:	CONDALAB

\* El resultado es válido únicamente para las muestras analizadas. \*\* Para verificar la conformidad del resultado, ver los límites admisibles según norma. \*\*  
Teléfonos: 7364677 - 7364851 Cels: 3006171722 - 310645 2411 - E-mail : atencionalusuarioldv@gmail.com - labovalle@hotmail.com  
Calle 21 No.30 - 29 B/ Las Cuadras

  
03041256



**Laboratorios  
del Valle  
S.A.S.**

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL,  
AMBIENTES ALIMENTOS Y AGUAS.

*¡ Su salud en buenas manos en un mundo de servicios !*

**INFORME DE ENSAYO**  
03041256

Página 2 de 2

<b>Identificación</b> 03041256	<b>Telefono</b> 3216349764 /
<b>Cliente</b> MAICK ANTHONY ZARAMA ERAZO	<b>Direccion</b> VDA. HIGUERONES CAUCA
<b>Doc.Nit.</b> 1004133796	<b>Fecha Recepción</b> 2024-04-10 08:58:12
<b>Convenio</b> MAICK ANTHONY ZARAMA ERAZO	<b>Fecha Impresión</b> 2024-04-16 10:16:43.
<b>Tipo Muestra</b> AGUA TRATADA	<b>Fecha Toma Muestra</b> 2024/04/10 HORA: 11.00 A.M
<b>Tomada Por</b> MABETH ZARAMA	<b>Punto Toma Muestra</b> GRIFO COCINA

**Condiciones Ambientales LDV : Temp 22°C - Humedad R. 57% Observaciones : T. 5°C**

<b>.. RESULTADOS ..</b>
-------------------------

**MICROBIOLOGIA**

ESCHERICHIA COLI _____:	0
Por.:	100ml
Metodo:	Sustrato definido
Técnica:	NMP/100ml
Valor de Referencia:	0
Normatividad:	Resolución 2115/07
Interpretación _____:	CONFORME

  
2024/04/16 10:16:43  
LINA VALLEJOS  
BACTERIOLOGA  
2024-04-15 10:06:47

\* El resultado es válido únicamente para las muestras analizadas. \*      \*\* Para verificar la conformidad del resultado, ver los límites admisibles según norma. \*\*  
Teléfonos: 7364677 - 7364851 Cels: 3006171722 - 3106452411 - E-mail: atencionalusuarioldv@gmail.com- labovale@hotmail.com  
Calle 21 No.30 - 29 B/ Las Cuadras

En EL anexo C se tiene los resultados microbiológicos para verificar el funcionamiento del proceso de cloración, estos fueron realizado en los laboratorios del valle en la ciudad de Pasto (Nariño),