



**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA PILOTO COMPACTO DE TRATAMIENTO
DE AGUAS PLUVIALES PARA ZONAS RURALES Y URBANAS EN
BARRANCABERMEJA, SANTANDER**

Proyecto de grado

LISETH VANESSA GUARIN GORDILLO
1.096.249.764

JUAN PABLO RANGEL
91.517.417

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTROMECHANICA
BARRANCABERMEJA (12-11-2020)**



**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA PILOTO COMPACTO DE TRATAMIENTO
DE AGUAS PLUVIALES PARA ZONAS RURALES Y URBANAS EN
BARRANCABERMEJA, SANTANDER**

Proyecto de grado

LISETH VANESSA GUARIN GORDILLO
1.096.249.764

JUAN PABLO RANGEL
91.517.417

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingenieros electromecánicos

DIRECTOR
LEIDYS MARLEYN RODRIGUEZ CASTRO

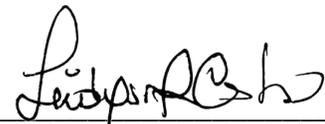
Proyecto de investigación - DIONOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERIA ELECTROMECHANICA
BARRANCABERMEJA (12-11-2020)

Nota de Aceptación



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

A Dios, A mi madre, padre, hermano, tía y demás familiares *cercanos* por ser mi principal motivación y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y valores. A mis amigos y compañeros de trabajo por aportar de sus conocimientos, paciencia y consejos los cuales permitieron culminar de la mejor forma el desarrollo de este proyecto investigativo.

LISETH VANESSA GUARIN GORDILLO

Agradezco primeramente a Dios que siempre está a mi lado, por permitirme superar cada obstáculo a lo largo de mi carrera, llenarme día a día de sus grandes bendiciones, a mis familiares, en especial a mis padres que gracias a su apoyo, consejos y confianza pude culminar esta etapa de mi vida, de igual modo a mis hermanos, amigos y compañeros de estudio que siempre estuvieron para brindarme su amistad en los momentos más difíciles.

JUAN PABLO RANGEL LAGUADO

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente agradecemos a Dios y a nuestras familias quienes siempre han estado en nuestros logros, lo cual las convierte en un papel importante en la toma de nuestras decisiones, su apoyo incondicional, las palabras de superación y esfuerzo que son día a día de suma importancia en el proceso de aprendizaje.

Agradecemos a la institución por brindarnos la gran oportunidad de formarnos tanto académicamente como personalmente, por proyectarnos hacia un mejor futuro lleno de triunfos, también agradecer a los profesores que con su inmensa paciencia y enseñanza nos guiaron en todo momento para que nuestras metas se hicieran realidad.

Gracias a nuestra directora la ingeniera Leidys Marleyn Rodríguez Castro, a nuestro codirector el ingeniero Alexis López Figueroa y codirector externo Pablo Simon Requena Perez por su apoyo incondicional, por su tiempo, conocimientos y experiencias que nos transmitió que fueron de mucha ayuda en todo momento de nuestra carrera, ya que siempre estuvo para orientarnos en las dificultades que se nos fueron presentando en el trayecto del desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN EJECUTIVO	11
INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	18
2. MARCO REFERENCIAL.....	21
2.1. MARCO HISTÓRICO.....	21
2.2. MARCO TEÓRICO	21
2.3. MARCO CONCEPTUAL	29
2.4. MARCO LEGAL	31
2.5. TIPO DE ESTUDIO.....	33
2.6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	33
2.7. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	34
2.8. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	37
3.1. EVALUAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA PRECIPITACIÓN LOCAL, A PARTIR DE MUESTRAS INDIVIDUALES, PARA IDENTIFICAR LAS CONDICIONES DE CALIDAD DE AGUA.	37
3.1.1. Caracterización Físicoquímica y microbiológica de las aguas residuales ...	38
3.2. MODELAR UN SISTEMA DE FILTRACIÓN PORTÁTIL CON RETRO-LAVADO PARA AGUAS LLUVIAS A PARTIR DEL DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE CARGA.	40

3.2.1. Calculo del consumo promedio del agua en una vivienda	40
3.2.2. Parámetros de filtros.....	46
3.2.3. Diseño del filtro seleccionado	50
3.3. SELECCIONAR LOS COMPONENTES MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN, A PARTIR DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL POR PÉRDIDAS DE CARGA.....	60
3.3.1. componentes electrónicos.	60
3.3.2. Componentes mecánicos.	65
3.4. ELABORAR UN PRESUPUESTO GENERAL DE COSTOS Y GASTOS POR MEDIO DE INVESTIGACIONES COMERCIALES PARA EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE FILTRACIÓN DE AGUA CON RETRO-LAVADO.	70
4. RESULTADOS.....	72
5. CONCLUSIONES	73
6. RECOMENDACIONES	74
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
8. Anexos	77

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Precipitación en Barrancabermeja (mm)	22
Figura 2. Funcionamiento de un filtro de agua de retro-lavado.	23
Figura 3. Filtro de agua de retro-lavado marca SYR.	24
Figura 4. Filtro de agua de retro-lavado Marca PENTAIR.	25
Figura 5. Filtro de agua de retro-lavado Marca AZUD Modelo 201.	26
Figura 6. Medidas del filtro.	28
Figura 7. Valores permisibles calidad de agua lluvia.....	35
Figura 8. Ubicación de puntos mapa Barrancabermeja, Santander	37
Figura 9. Tipo de canaletas.	41
Figura 10. Esquema del filtro.....	51
Figura 11. Diseño del sistema pluvial, Vista lateral Isométrica.....	53
Figura 12. Partes del sistema de captación de Agua pluvial	54
Figura 13. Plano del filtro	55
Figura 14. Plano del tanque de almacenamiento.	56
Figura 15. Plano del Codo.....	57
Figura 16. Plano de la Canaleta.	58
Figura 17. Plano Te.....	59
Figura 18. Esquema eléctrico del sistema.....	67
Figura 19. Lazo de control.....	68
Figura 20. Conexión Arduino.....	69

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características del filtro de agua de retro-lavado Osmosis Inversa	25
Tabla 2. Características del filtro de agua de retro-lavado Pentair.....	26
Tabla 3. Dimensionamiento del filtro Azud modelo 201	27
Tabla 4. Características del filtro de agua de retro-lavado marca Azud.	28
Tabla 5. Relación entre características de filtros de agua de retro-lavado.....	28
Tabla 6. Resultados análisis físico y químicos de muestra	38
Tabla 7. Consumo promedio de una familia de 4 personas.	40
Tabla 8. Datos obtenidos de los puntos de la ciudad.	41
Tabla 9. Resultados	43
Tabla 10. Resultados de pérdidas de carga.	46
Tabla 11. Tipos de Filtros.	47
Tabla 12. Parámetros de lecho mixto.	48
Tabla 13. Parámetros de la grava de soporte.	48
Tabla 14. Especificaciones Técnicas de los componentes electrónicos.	60
Tabla 15. Dispositivos electrónicos.	63
Tabla 16. Dispositivos mecánicos	65
Tabla 17. Presupuesto General.....	70

RESUMEN EJECUTIVO

La propuesta de investigación presentada bajo una metodología descriptiva abarco el desarrollo de cinco fases las cuales se caracterizaron en primer lugar por la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la precipitación local del municipio de Barrancabermeja, las cuales fueron medidas a partir de muestras individuales tomadas por parte de investigadores del grupo DIANOIA de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja

A partir de las pruebas de laboratorio se logró identificar las condiciones del agua pluvial. Dichas variables permitieron especificar las dimensiones del sistema de filtración portátil, por lo que se elaboró el modelo de un sistema piloto compacto para el tratamiento de fluidos pluviales. teniendo en cuenta los componentes del sistema y análisis de pérdidas por carga. El modelo realizado, englobo no solo la observación del equipo, sino que además la integración de componentes mecánicos y electrónicos requeridos en la automatización del sistema de control.

Una vez cumplidas las tres primeras fases del proyecto, se optó por elaborar un presupuesto general de costos y gastos mediante estudios comerciales para el sistema automatizado de filtración de agua pluvial.

PALABRAS CLAVE. Pluviales, tratamiento, filtro, sistema, diseño.

INTRODUCCIÓN

La OMS (2016) señala que el 80% de las personas sin acceso a agua potable viven en zonas rurales. Como consecuencia de esto, las personas (especialmente niños y mujeres) se ven obligadas a recoger agua cruda de los ríos, fuentes subterráneas o agua lluvia.

La investigación abarco el modelo de filtro para agua pluvial con retro-lavado, a través de balances de energía y movimiento mediante el software Solidworks, logrando evaluar los parámetros de la precipitación local, a partir de muestras individuales, para identificar las condiciones de calidad de agua en zonas rurales y urbanas en Barrancabermeja, Santander.

De acuerdo con lo anterior, se requiere modelar un sistema de filtración portátil con retro-lavado para aguas, seleccionar los componentes mecánicos y electrónicos para la implementación de la automatización, por último, elaborar un presupuesto general de costos y gastos por medio de investigaciones comerciales para el sistema automatizado de filtración de agua con retro-lavado.

Por medio de una metodología con enfoque descriptivo, que permita alcanzar a contribuir en la solución de la problemática a analizar y la disminución de las pérdidas de aguas pluviales las cuales suelen mezclarse con aguas grises, lo que genera pérdidas en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para facilitar el tratamiento y reutilización.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, el crecimiento acelerado de la población es inminente, el **58%** no cuenta con acceso al líquido de forma apta. Lo que quiere decir que al menos 6.2 millones reciben agua con un elevado riesgo para la salud y 368.000 son expuestos a ese líquido con concentraciones de bacterias fecales, parásitos, etc, lo que hace inviable para el consumo (Castellanos & Garcia, 2015).

A nivel local el municipio de Barrancabermeja se encuentra distribuido por 90.28 % urbana y 9.72% rural. Pese a que la población en general sufre por dicha contaminación, las veredas y corregimientos como el llanito, la fortuna, Yondo, entre otros han sido los más afectados, especialmente en épocas de verano quienes el medio de abastecimiento son los carro tanques los cuales demoran horas en llegar por el mal estado de las vías o pozos artesanales que se han ido secando.

El uso de aguas pluviales pese a no ser una práctica altamente frecuente para el consumo humano se considera como un recurso que se puede utilizar como herramienta para afrontar la problemática con relación a la escasez y contaminación del agua existente no solo a nivel local si no a nivel nacional y mundial.

Dado a que aún la información sobre la utilización de las aguas lluvias en Colombia no se ha consolidado; a partir de la problemática descrita anteriormente se establece la elaboración de un proyecto de grado que plantea el diseño y evaluación de un filtro portátil de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, de fácil implementación y mantenimiento para zonas rurales y urbanas del municipio de Barrancabermeja, Santander.

También se incluye la implementación de nuevas tecnológicas de control automatizado que permitan un adecuado funcionamiento del sistema, orientado no solo a suplir las necesidades esenciales y tareas del hogar sino que además permita la potabilización de agua a un bajo costo, contribuyendo a la solución de la problemática mencionada y disminución de las pérdidas de aguas pluviales las cuales suelen mezclarse con aguas grises, por lo que pierden las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para facilitar el tratamiento y reutilización.

Con base a todo lo anteriormente planteado, se genera la siguiente pregunta problema: ¿Cómo diseñar un sistema compacto para la potabilización a partir de las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas del agua lluvia en Barrancabermeja, Santander

1.2. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso fundamental para todas las actividades de una sociedad; sin embargo, el rápido crecimiento industrial, así como el crecimiento de la población, ha generado un alto impacto en este recurso. Esto se debe a la falta de un tratamiento adecuado ni el control suficiente en el vertimiento del agua contaminada generada por las actividades industriales y domésticas sobre fuentes hídricas naturales. En ese sentido, el tratamiento del agua contaminada requiere de ciertas etapas como: aireación, filtración, sedimentación, desinfección, entre otros, que permiten disminuir gases disueltos, sólidos de gran tamaño y suspendidos, entre otros contaminantes, hasta lograr que el agua tenga las condiciones para ser restituida a la fuente (Fernandez, 2014).

Actualmente, la implementación, mantenimiento y manipulación de plantas para el tratamiento de agua, requieren de un elevado costo y, por lo tanto, no es fácil implementarlas en cada una de las zonas donde se necesitan. Por este motivo, es necesario el uso de nuevas tecnologías, de bajo costo, fáciles de implementar y mantener; por ejemplo, la inclusión de un sistema piloto compacto para el tratamiento de aguas pluviales. Estos, utilizan diversas técnicas que aprovechan recursos naturales y son más limpias.

A nivel mundial, con el fin de garantizar calidad en la prestación de servicios de potabilización de agua, se han establecido parámetros y normas para la regularización de dicho servicio. A nivel latinoamericano, se puede tener como referencia un listado de leyes que promueven la reutilización de aguas lluvias como en el caso del Distrito Federal en México, entre muchas, se encuentran normalizadas la Ley de Aguas del Distrito Federal del 27 de Mayo de 2003 que busca promover, regular, e incentivar la recolección y potabilización de agua lluvia para el consumo mediante el artículo 123 de la misma ley (Minambiente, 2003).

En Colombia, actualmente no hay normatividad establecida para los sistemas de aprovechamiento de recursos naturales, es posible no solo la implementación de estos, sino también el reconocimiento por parte del gobierno y la forma de generar y/o presentar diversos tipos de beneficios a las familias y/o comunidades que certifiquen el aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de que, más familias y comunidades ejecuten este tipo de sistemas.

Pese a ser una tecnología poco utilizada en Colombia, en donde se han realizado algunos estudios se ha evidenciado la implementación de dicha alternativa en zonas rurales para tratar el agua de sistemas productivos porcinos, avícolas y piscícolas, sin embargo, no es del todo usada para consumo humano, teniendo en cuenta que la experimentación y reutilización se realiza a través de recipientes plásticos o de vidrios, realizando análisis básicos sin control riguroso de las variables.

De acuerdo a lo expuesto, se considera la necesidad de investigar más acerca del potencial que representa el sistema piloto para el tratamiento de aguas pluviales por lo que se plantea la elaboración de un proyecto de grado por parte de estudiantes de ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja orientado a la evaluación y de un prototipo para el tratamiento de agua pluvial de una manera más rigurosa y con mayor control de las variables.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema automatizado de filtración de agua pluvial con retro-lavado a través de balances de energía y movimiento a partir del software Solidworks para zonas rurales y urbanas en Barrancabermeja, Santander.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la precipitación local, a partir de muestras individuales, para identificar las condiciones de calidad de agua.
- Modelar un sistema de filtración portátil con retro-lavado para aguas lluvias a partir del dimensionamiento de los componentes del sistema y análisis de pérdidas de carga.
- Seleccionar los componentes mecánicos y electrónicos para la implementación de la automatización, a partir del dimensionamiento del sistema de control por pérdidas de carga
- Elaborar un presupuesto general de costos y gastos por medio de investigaciones comerciales para el sistema automatizado de filtración de agua con retro-lavado.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Se presenta a continuación la investigación de diferentes autores con el propósito de identificar la problemática, metodología, resumen y conclusiones del proyecto en relación al modelo y evaluación de filtros para aguas pluviales, generando una herramienta descriptiva que brinde una orientación al desarrollo y cumplimiento de los objetivos propuestos.

Antecedentes Nacionales

Castañeda (2015) diseñaron la propuesta de un sistema de filtración. Presentada para economizar la cantidad de agua consumida al mes en una institución del municipio de Caldas, Antioquia. Por ende, el pago del agua potable disminuiría. Se presenta un análisis técnico y económicamente del aprovechamiento de aguas lluvias. Los resultados de los estudios realizados para el aprovechamiento de agua lluvia son técnicamente viables; pero financieramente la inversión es muy alta y se recuperaría seis años después de contemplado el proyecto.

Para el sistema de recolección propuesto, fue necesario identificar los niveles de precipitación anuales para estimar el volumen de recurso a recuperar y posteriormente diseñar el tanque de almacenamiento que cuente con la capacidad suficiente para este fin. Debido a que previamente se contaba con un sistema de distribución para el agua potable, fue necesario considerar la distribución alterna para prevenir la mezcla de lluvias con agua potable, sin que esto implique la instalación de una nueva red, únicamente se debe considerar la unión de los dos sistemas.

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar el interés que genera la reutilización de aguas lluvia para usos no potables, debido al aporte ambiental, sin embargo, se sobrepone la parte económica haciendo del proceso algo ineficiente.

Torres & Fajardo (2015) realizaron el estudio de recolección y almacenamiento de aguas lluvias para uso posterior en riego, lavado zonas exteriores y duras, dando una opción muy válida para dejar de utilizar un recurso tan valioso como el agua potable en actividades que no la requieren. Realizaron estudios alrededor de todo el campus, dividiéndolo por zonas y recolectando información de dos de ellas, con los diferentes datos obtenidos determinaron que el agua era apta para riego y uso doméstico, pero no podía tener contacto con las personas. El almacenamiento lo realizaron en un tanque existente, el cual modificaron para suplir las nuevas necesidades. La práctica es beneficiosa en cuanto la parte económica y ambiental.

El estudio realizado es válido para grandes zonas, sin embargo, en áreas residenciales se debe manejar de diferente forma. Debido a que las necesidades varían significativamente, además el volumen de agua a tratar es inferior por lo tanto el proceso se maneja con mayor control. Se tuvieron en cuenta los estándares de calidad trabajados.

Antecedentes internacionales

Gamarra & Almanza (2015), el objetivo principal del proyecto de investigación fue el modelo de un sistema para el almacenamiento de agua pluvial. Para lograr lo anterior, se tomó como muestra la cubierta de los bloques A, B y C del campus mencionado, debido a que estos poseían las áreas de cubierta más grande lo que se traduce en mayor captación, de igual manera fue necesario obtener datos de la zona de estudio como: precipitación, información de consumos de agua potable; luego se realizaron visitas a campo y revisión de planos obtenidos con el fin de verificar las áreas de cubiertas, zonas verdes y zonas comunes entre otra información (Gamarra & Almanza, 2015).

El cálculo de los potenciales de ahorro de agua potable y el dimensionamiento de los sistemas se realizó con base en el modelo de almacenamiento de agua de lluvia de Dixon. El dimensionamiento de los sistemas la modelación permitió obtener los volúmenes de almacenamiento técnico y óptimo, junto con sus respectivos potenciales de ahorro de agua. Para un periodo de 10 años de estudio se obtuvo que sin tener en cuenta limitaciones económicas y de espacio la demanda requerida para riego de zonas verdes y el aseo de zonas comunes puede ser suplida en un porcentaje que varía del 29% al 39% utilizando tanques de 100 m³, pero si de lo contrario se busca un modelo ajustado a la realidad y se prevén limitaciones espaciales y económicas el porcentaje cambia del 5% al 8% utilizando tanques entre 15 m³ y 30 m³ respectivamente (Gamarra & Almanza, 2015).

García (2012) planteó el desarrollo de un sistema de abastecimiento como respuesta para fortalecer la captación y aprovechamiento pluvial no sólo en el sitio de estudio sino en la Ciudad de México, como parte de una solución sustentable e integral al problema hídrico de la cuenca. Este trabajo comenzó introduciendo, justificando, delimitando y describiendo el método para llegar al objetivo del trabajo, que es proponer un sistema de captación pluvial para el sitio de estudio con base en un análisis de calidad de agua, la literatura encontrada y evaluaciones a los dispositivos descritos en ella.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO HISTÓRICO

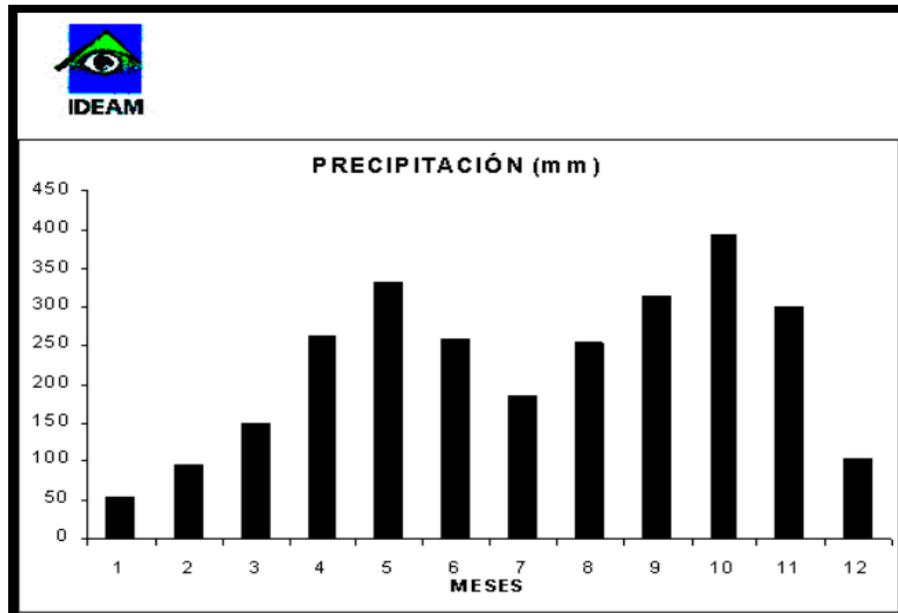
Se puede decir que en la actualidad la planificación de proyectos para el tratamiento y reutilización de los efluentes ha aumentado significativamente en varios países, donde los principales usos del agua tratada son: riego (tanto agrícola como paisaje), la recarga de los acuíferos, las barreras de agua marina, aplicaciones industriales, doble sistema de distribución para la cisterna del inodoro, y otros usos urbanos, existiendo además muchos estudios que justifican y apoyan la práctica del reúso (OMS, 2016).

2.2. MARCO TEÓRICO

Precipitación en Barrancabermeja

De acuerdo a datos del IDEAM la precipitación en Barrancabermeja (Ver Figura 1) para el mes de enero es la más baja con un promedio de 64 mm. Mientras que para el mes de octubre incrementa a 438 mm. Barrancabermeja tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

Figura 1. Precipitación en Barrancabermeja (mm)



Fuente: IDEAM. Precipitación en el municipio de Barrancabermeja, 2017. Barrancabermeja: IDEAM. p. 212.

Barrancabermeja tiene una cantidad significativa de lluvia en el año. La temperatura promedio es de 28.4 °C en Barrancabermeja. En un año, la precipitación media es 2836 mm (IDEAM, 2017).

Coagulación-floculación

Consiste en la desestabilización de las partículas coloidales, empleando productos químicos (coagulantes) que neutralizan la carga eléctrica de los coloides (Arévalo, 2013). La floculación consiste en la agrupación de las partículas coloidales desestabilizadas, formando agregados de mayor tamaño denominados “flóculos”, los cuales sedimentan por gravedad (Arévalo, 2013).

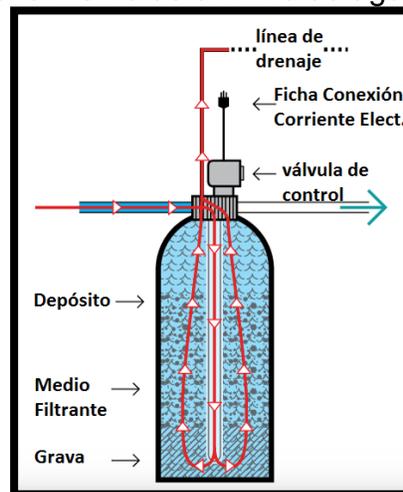
Sistemas Automatizados

La automatización de un proceso consiste en la sustitución de aquellas tareas tradicionalmente manuales por las mismas realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo (Bocanegra & Almanza, 2015).

Tipo de filtros de agua de retro-lavado

Los filtros con retro-lavado se renuevan y limpian sin necesidad de hacerlo manualmente como los filtros convencionales; en el mercado hay varios tipos de filtros de agua de retro-lavado.

Figura 2. Funcionamiento de un filtro de agua de retro-lavado.



Fuente: EQUIPOS OSMOSIS INVERSA. Filtros de agua de retrolavado. México: Disponible en: [<https://equipososmosisinversa.com/filtros-de-agua-de-retrolavado/>]

En la figura 2 se evidencia el funcionamiento los filtros de agua de retro-lavado, el cual consiste en invertir el flujo del agua para que entre desde el fondo del lecho filtrante hasta llegar a la parte superior del filtro removiendo las partículas contaminantes que yacen en el filtro.

A continuación, se expondrán los diferentes tipos de filtros de agua de retro-lavado que se encuentran en el mercado, los cuales son:

Figura 3. Filtro de agua de retro-lavado marca SYR.



Fuente: EQUIPOS OSMOSIS INVERSA. Filtros de agua de retro-lavado. México: Disponible en: [<https://equipososmosisinversa.com/filtros-de-agua-de-retrolavado/>]

En la figura 3 se observa el filtro de agua de retro-lavado marca SYR, el cual cuenta con una válvula de control de tipo temporizador eléctrico el cual inicia y controla el retro-lavado del filtro. El agua no filtrada entra por la izquierda, por la válvula de control, y luego se filtra mediante el medio filtrante hasta llegar al fondo del tanque, posteriormente pasa a través del tubo ascendente y sale por el lado derecho (Aguamarket, 2017).

El retro-lavado se logra enviando agua por el tubo ascendente desde el cual entra en el tanque del filtro en el fondo. La fuerza del agua es tal que en realidad levanta la cama del medio filtrante, haciendo girar y sacudiendo el medio granular. El agua sale del tanque del filtro a través de la válvula de control, que la dirige a través de la línea de drenaje del filtro. Las partículas que estaban siendo retenidas en la cama son lavadas para drenar (Cualla, 2011).

Tabla 1. Características del filtro de agua de retro-lavado Osmosis Inversa

Filtro	Filtro de agua de retro-lavado
marca	SYR
Reductor de presión	3/4"
Componente	polipropileno
Medios filtrantes	Carbón, arena verde, antracita
Válvula de control	Válvula tipo temporizador eléctrico

Fuente: EQUIPOS OSMOSIS INVERSA. Filtros de agua de retro-lavado. México: Disponible en: [<https://equipososmosisinversa.com/filtros-de-agua-de-retrolavado/>]

En la tabla 1 se especifican las características del filtro de retro-lavado marca Osmosis Inversa.

Figura 4. Filtro de agua de retro-lavado Marca PENTAIR.



Fuente: CARBOTECNIA. Importancia de los retro-lavados. México: Disponible en: [<https://www.carbotecnia/aprendizaje/filtros-de-lecho-profundo-medios-granulares/>]

En la figura 4 se evidencia el filtro de agua de retro-lavado Marca Pentair, el cual cuenta con un filtro de lecho profundo (antracita, arena y grava) que cuenta con las siguientes especificaciones:

- Diámetro de 12x52
- Flujo de retro-lavado es de 16.24 LPM

Este tipo de filtro está diseñado para retener sedimentos de aproximadamente 5 a 20 micras, este proceso de filtración es de tipo profundo. Todo este va soportado por una capa de grava.

Tabla 2. Características del filtro de agua de retro-lavado Pentair.

Marca	Pentair
Componente	Polietileno de alta densidad
Medios filtrantes	Antracita, Arena y Grava
Área del tanque	0.78 ft ²
Flujo de retro-lavado	16.24 LPM

Fuente: CARBOTECNIA. Importancia de los retro-lavados. México: Disponible en: [https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtros-de-lecho-profundo-medios-granulares/retrolavados-o-limpieza-de-los-filtros-de-agua/]

En la tabla 2 se especifican las características del filtro de retro-lavado marca Pentair.

Figura 5. Filtro de agua de retro-lavado Marca AZUD Modelo 201.



Fuente: CARBOTECNIA. Filtro de disco azul. México: Disponible en: [https://www.carbotecnia.info/producto/filtro-de-disco-azud-201/]

En la figura 5 se observa el filtro de agua de retro-lavado marca AZUD Modelo 201, el cual contiene filtros de discos, piezas móviles no susceptibles de desgaste lo cual le garantizan una larga vida y alta resistencia.

Este filtro tiene integrado unas hélices que generan un efecto helicoidal centrifuga, generando que las partículas contaminantes se adhieran a los fillos en forma de discos; este sistema genera que el proceso de retro-lavado de los filtros sea eficaz y rápido.

Este filtro cuenta con las siguientes características:

- Diámetro de 2"
- Tiene discos de 5,10,20,50, 100 y 200 micras

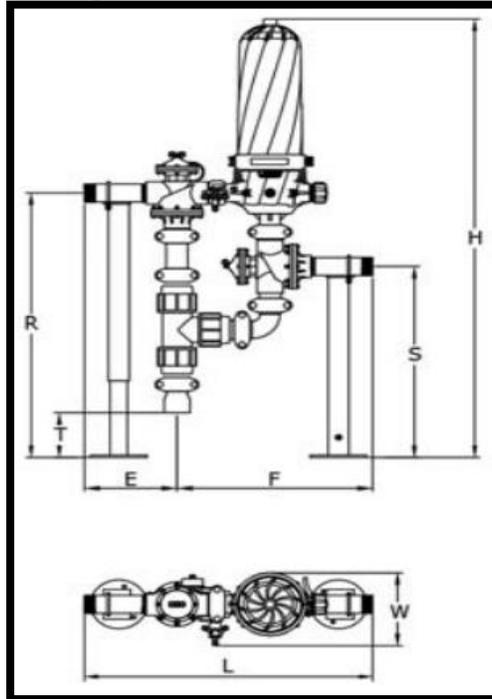
Tabla 3. Dimensionamiento del filtro Azud modelo 201

Conexión	Superficie filtrado (Cm ²)	F	E	L	W	R	T	S	H
Entrada 2" PVC encolar	1.492	572 mm	270 mm	842 mm	262 mm	894 mm	151 mm	644 mm	1483 mm
Salida 2" MT BSP									
Drenaje 2" MT BSP									

Fuente: CARBOTECNIA. Filtro de disco azul. México: Disponible en: [<https://www.carbotecnia.info/producto/filtro-de-disco-azud-201/>]

En la tabla 3 se evidencia el dimensionamiento del filtro de agua de retro-lavado marca Azud modelo 201 (ver figura 6).

Figura 6. Medidas del filtro.



Fuente: CARBOTECNIA. Filtro de Disco Azul. México: Disponible en: [https://www.carbotecnia.info/producto/filtro-de-disco-azud-201/]

Tabla 4. Características del filtro de agua de retro-lavado marca Azud.

Marca	Azud Modelo 201
Componente	Polimada
Válvulas hidráulicas	Plástico Técnico reforzado

Fuente: Autor.

En la tabla 4 se especifican las características del filtro de retro-lavado marca Azud.

Tabla 5. Relación entre características de filtros de agua de retro-lavado.

MARCA	DIÁMETRO	PRESIÓN OPERATIVA MÁXIMA
SYR	10"x54"	145 psi
PENTAIR	12"x52"	150 psi
AZUD	2"	150 psi

Fuente: Autor.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Principales características físico químicas del agua

La generación de aguas es una actividad inevitable en la industria, la fácil adquisición, manejo seguro y bajo costo la convierten en un elemento de uso frecuente, con lo que resulta indispensable que el agua resultante de los procesos productivos sea debidamente tratada y dispuesta (Rodríguez, 2013).

Según Rodríguez (2013), para lograr lo anterior se debe partir del conocimiento de las características físicas y químicas que puede tener el agua industrial, y los efectos sobre el medio receptor, por lo que a continuación se describen algunas de ellas:

Turbiedad

Es la medida del grado de oscuridad del agua, la turbiedad en el agua se debe a la presencia de sólidos, aceite disperso, o burbujas de gas, que interfieren con el paso de la luz; cuando el agua es altamente turbia puede causar taponamiento (Rodríguez, 2013).

Color

Otra característica visual del agua, cuando no se encuentra contaminada puede tener colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos, de otro lado (Rodríguez, 2013).

Olor

El olor constituye una de las principales objeciones ambientales, y el control es muy importante. Algunos causantes de olores desagradables en aguas pueden ser: ácido sulfhídrico, aminas, amoníaco, diaminas, mercaptanos, y sulfuros orgánicos (Moreno, 2017).

Temperatura

Representa un factor importante en el control, por cuanto tiene efectos en la vida acuática y en la aplicabilidad del agua en usos industriales (Moreno, 2017).

Sólidos

Estos pueden ser incorporados por diversas actividades industriales y domésticas, la mayoría de las partículas presentes en aguas residuales tienen un tamaño de 1×10^{-7} mm en adelante (Jaimes & Isabel, 20014). Partículas del orden de 10-3 mm pueden ser removidas mediante procesos de filtración o sedimentación, partículas por debajo de la medida requieren procesos especiales, es por esto que las pruebas analíticas de este factor.

pH

Concentración de los iones de hidrógeno o potencial de hidrógeno remanente en el agua, que determina el grado de acidez o alcalinidad de la misma. La escala de valores del pH se encuentra entre 0 y 14, considerando que con un valor de 7.0 el agua es neutra, que con valores superiores a 7.0 es alcalina e incrustante, y que con valores inferiores a 7.0 es ácida y por lo tanto corrosiva (Ballen, Galarza, & Ortiz, 2016).

Alcalinidad

Representa la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos, se debe principalmente a la presencia de carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$), bicarbonatos ($\text{HCO}_3^{=}$), e hidróxidos (OH^-) (Cualla, 2011).

Dureza

Corresponde a la cantidad de sales, especialmente de calcio y magnesio (CaCO_3 ; MgCO_3) contenidas en el agua, aunque también se pueden tener en cuenta hierro, aluminio, zinc, estaño, entre otros. La dureza es quizá la impureza que más contribuye para el contenido mineral del agua (Ballen, Galarza, & Ortiz, 2016).

2.4. MARCO LEGAL

A continuación, se describen los diferentes aspectos normativos que logran tener un acercamiento claro y eficaz, con respecto al trabajo llevado a cabo. Cada una de las leyes y decretos contemplados, forman un componente que le da respaldo al trabajo por realizar dentro del proyecto. Hay que tener en cuenta que la revisión bibliográfica tiene un aspecto destacado en la sección del trabajo, ya que permite ahondar profundamente, sobre lo que se va a trabajar.

Convención de Ramsar.

Marco para la cooperación internacional y la acción nacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales (RAMSAR, 2019).

Decreto 3930 de 2010

Infiltración de residuos líquidos, previo permiso de vertimiento se permite la infiltración de residuos líquidos al suelo asociado a un acuífero (Minambiente, 2003).

Normativa de reúso.

Se ha expedido la Resolución 1207 de 2014 “Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas tratadas”. Este, se constituyen en un logro en el marco de la implementación de la Política de Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010)

DISEÑO DE LA INVESTIGACION

La investigación realizada abarca la implementación de una metodología descriptiva centrada en la explicación de los mecanismos de funcionamiento y los métodos de diseño de un sistema de filtración portátil con retro-lavado para aguas lluvias.

2.5. TIPO DE ESTUDIO

Abarca un enfoque cuantitativo por cuanto se pretende evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la precipitación local a partir de muestras individuales las cuales permitan recolectar datos para el estudio de la calidad del agua, para así llegar a establecer conclusiones a partir de las cuales se elaboró el proyecto de investigación.

2.6. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La implementación de una metodología descriptiva da cabida al reconocimiento del proceso requerido para identificar las condiciones de la calidad de agua, dicho estudio se efectúa con seis tomas realizadas por personal de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja, generando el diagnóstico de la situación actual, se revisará la literatura y se construirá un marco teórico, se identificarán las variables y parámetros del alcance del proyecto y se establecerán mediciones para el posterior análisis.

Se detallan condiciones para la elaboración del sistema a proponer, así como las respectivas especificaciones técnicas, dimensiones, materiales, elaboración de planos, componentes electrónicos y mecánicos para la implementación de un sistema automatizado.

2.7. FUENTES DE INFORMACIÓN

- ✓ **Fuentes primarias.** Los datos son obtenidos directamente de la recolección de muestras para el registro de variables fisicoquímicas y microbiológicas, bases de datos, fichas técnicas de equipos, entre otros, los cuales permitan conocer las medidas de los elementos que conforman el sistema.
- ✓ **Fuentes secundarias.** Comprende todo el material bibliográfico físico, magnético y digital, que delimite el tema principal de estudio y en el que se describan los conocimientos, conceptos, técnicas y estrategias existentes aportados por uno o varios autores, que brinden una base para el estudio de la problemática expuesta y apoyen la formulación de alternativas de solución.

2.8. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Fase 1. Revisión literaria y estado del arte del proyecto

- **Actividad 1.** Consultar investigaciones a nivel nacional e internacional referentes al tema de investigación del trabajo presentado.
- **Actividad 2.** Establecer diferentes referentes teóricos, conceptuales y legales que enmarcan la investigación.

Fase 2. Evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la precipitación local.

- **Actividad 1.** Realizar la toma de muestras en diferentes zonas del municipio de Barrancabermeja con el propósito de enviarlas a un laboratorio para un análisis fisicoquímico y microbiológico de las variables, identificando así la condición de calidad del agua pluvial.

- **Actividad 2.** A partir de las muestras individuales se identificará las condiciones de calidad del agua.

Fase 3. Modelar un sistema de filtración portátil con retro-lavado para aguas lluvias a partir del dimensionamiento de los componentes del sistema.

- **Actividad 1.** Con base a las muestras seleccionada establecer las dimensiones del sistema piloto teniendo en cuenta la resolución 0330 de 2017 y 2115 de 2007.

Figura 7. Valores permisibles calidad de agua lluvia

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE	
		DECRETO 1594 DE 1984	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007
Turbiedad	UTN		2
Color aparente	UPC	75	15
pH		Entre 5 y 9	Entre 6,5 y 9
Conductividad	Microsiemens/cm		1000
Alcalinidad	mg/l		200
Cloruros	mg/l	250	250
Dureza total	mg/l		300
Hierro total	mg/l		0,3
Sulfatos	mg/l	300	250
Nitratos	mg/l	10	10
Nitritos	mg/l	10	0,1
Aluminio	mg/l		0,2
Coliformes totales	microorganismos/ 100 ml	20000	No debe contener

Fuente: Valores permisibles de calidad de agua lluvia teniendo en cuenta los criterios de la RAS definido bajo el decreto 1594 de 1984 y la resolución 2115 de 2007.

Actividad 2. Realizar mediante el software Solidworks el modelo final del sistema de filtro teniendo en cuenta los componentes.

Fase 4. Seleccionar los componentes mecánicos y electrónicos para la implementación de la automatización del proceso, a partir de los requerimientos del sistema de control y estudio de ingeniería de detalle.

- **Actividad 1.** Analizar el funcionamiento del sistema de filtración y las variables que intervienen en el sistema de control automatizado.
- **Actividad 2.** Realizar la selección de los componentes mecánicos y electrónicos para la construcción del sistema automatizado teniendo en cuenta los requerimientos del sistema de control y estudio de ingeniería de detalle.

Fase 5. Elaborar un presupuesto por medio de investigaciones comerciales para conocer los costos y gastos del sistema automatizado de filtración de agua con retro-lavado.

- **Actividad 1.** Analizar los costos y gastos requeridos en la implementación del diseño, con el propósito de evaluar la viabilidad de implementación.

Fase 6. Pruebas y análisis de resultados

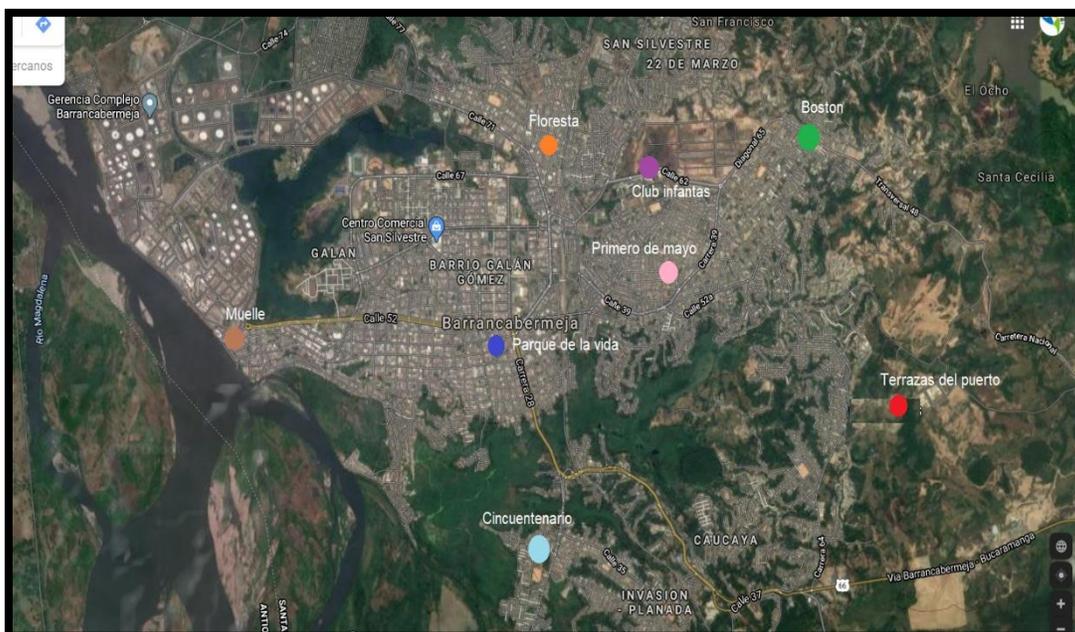
- **Actividad 1.** Revisión de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la precipitación local
- **Actividad 2.** Verificar la funcionalidad del modelo del sistema de filtración portátil con retro lavado para agua pluvial
- **Actividad 3.** Corroborar que los elementos seleccionados tanto electrónicos como mecánicos satisfagan los requerimientos y las especificaciones técnicas del sistema.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. EVALUAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA PRECIPITACIÓN LOCAL, A PARTIR DE MUESTRAS INDIVIDUALES, PARA IDENTIFICAR LAS CONDICIONES DE CALIDAD DE AGUA.

El desarrollo de este objetivo, se basa en la elaboración de unas pruebas de laboratorio que permitan evaluar los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua lluvia o agua pluvial en diferentes zonas del municipio de Barrancabermeja-Santander, con el propósito de conocer las condiciones de calidad del agua.

Figura 8. Ubicación de puntos mapa Barrancabermeja, Santander



Fuente: Autor

Las muestras seleccionadas para analizar diferentes áreas de la ciudad fueron tomadas en los siguientes barrios (Ver Figura 8): Terrazas del puerto, parque de la vida, floresta, primero de mayo, muelle, club infantiles, cincuentenario y el Boston.

Y posteriormente fueron enviadas al Laboratorio de análisis Lasertec el cual se encuentra acreditado con el IDEAM.

3.1.1. Caracterización Físicoquímica y microbiológica de las aguas residuales

La identificación de las muestras fue a partir de agua lluvia y el programa de muestreo estuvo dado bajo la ISO NTC 5667 con un tipo de muestreo compuesto. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 6. Resultados análisis físico y químicos de muestra

PARAMETRO	METODO	UNIDAD	RESULTADO	VALOR DE REFERENCIA
pH	SM 4500 –H+B	Und pH	7.07	6.5-9.0 Unid. pH
Temperatura	SM 2550 B	°C	25.0
Cloro residual libre	Kit fotométrico equivalente al SM 4500-CI G	Mg Cl_2/L	0.22	0.3 a 2.0 Mg Cl_2/L
Alcalinidad total	SM 2320 B	Mg $CaCO_3/L$	10.5	200 mg Mg $CaCO_3/L$
Color aparente	SM 2120 B	UPC	27.5	15 UPC
Conductividad	SM 2510 B	$\mu S/cm$	32.7	1000 $\mu S/cm$
Cloruros	SM 4500 CI – B	Mg Cl/L	<2.00	250 mgCl/L
Magnesio disuelto	SM 3500 Mg B	Mg Mg/L	2.00	36 mg Mg/L
Dureza total	SM 2340 C	Mg $CaCO_3/L$	13.0	300 mg $CaCO_3/L$
Hierro total	SM 3111 B	Mg Fe/L	<0.20	0.3 mg Fe/L
Calcio disuelto	SM 3500 – Ca B	Mg Ca/L	4.41	60 mg Ca/L

Nitritos	SM 4500 – NO ₂ B	Mg NO ₂ -N/L	0.0090	0.1 mg NO ₂ /L
Sulfatos	Sm 4500 – SO ₄ ⁻² E	Mg SO ₄ ⁻² /L	5.40	250 mg SO ₄ ⁻² /L
Turbiedad	SM 2130 B	UNT	2.76	2 UNT
Mesofilos	SM 9215 D	UFC/100mL	>1600	100 UFC/100 ³ cm

Fuente: Laboratorio Lasertec

La muestra analizada No cumple con los parámetros de cloro residual libre, color aparente, turbiedad y Mesofilos de acuerdo con los valores establecidos por la resolución 2115:2007.

Respecto a los datos anteriores, El agua no es viable para consumo humano, sin embargo, mediante un tratamiento físico-básico esta se puede volver potable.

Mediante el filtro se eliminan características no deseables del agua tales como sólidos, parásitos, virus y bacterias que pueden ser perjudiciales para la salud.

3.2. MODELAR UN SISTEMA DE FILTRACIÓN PORTÁTIL CON RETRO-LAVADO PARA AGUAS LLUVIAS A PARTIR DEL DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE CARGA.

3.2.1. Calculo del consumo promedio del agua en una vivienda

La realización de los cálculos es importante para la ejecución de este sistema, porque expresa los parámetros y el dimensionamiento del sistema. para el desarrollo de los cálculos se tienen en cuenta el consumo promedio de una familia.

Consumo de 1 persona = 3.8 m³ en el mes. Es decir, que en promedio para 4 personas, seria aproximadamente de 15.4 m³ (Epm, 2017).

Tabla 7. Consumo promedio de una familia de 4 personas.

Usos	Litros	M ³	Observaciones
Ducha	240	0.24 m ³	
Lavamanos	60	0.06 m ³	
Lavaplatos y Cocina	192	0.192 m ³	
Sanitario	40	0.04 m ³	
Lavado del Vehículo*	70	0.07 m ³	Una vez por semana
Lavadora*	50	0.05 m ³	Una vez por semana
PROMEDIO AL DIA	532	0.532 m³	
PROMEDIO MENSUAL	14932	14.93 m³	
PROMEDIO ANUAL	179184	179.184 m³	

Fuente: Autor.

En la tabla 7 se evidencia el uso promedio en litros y metros cúbicos de agua en una familia conformada por 4 personas. Teniendo en cuenta estos datos obtenidos, se procede a la identificación de variables, tales como áreas de recolección de agua pluvial, cuantos m³ recolectaría cada área anual y mensualmente según los datos de precipitación de la ciudad.

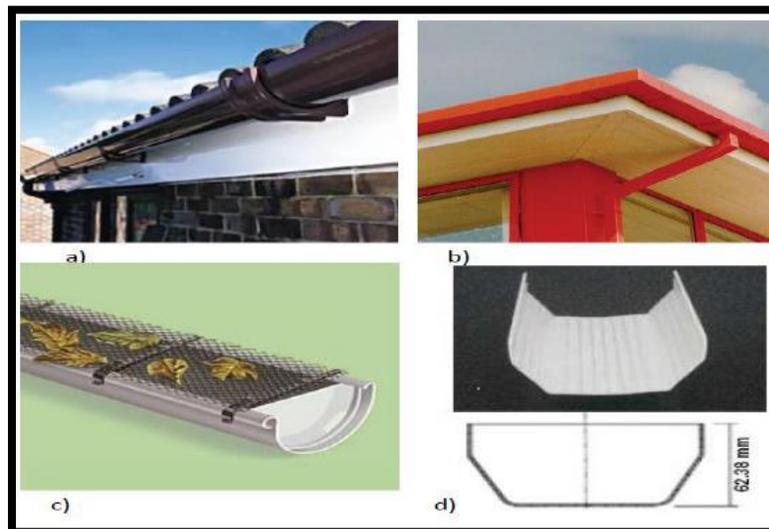
Tabla 8. Datos obtenidos de los puntos de la ciudad.

Punto	Área m ²	Mensual m ³	Anual m ³
Terrazas del Puerto	48 m ²	11.34 m ³	136.128 m ³
Parque a la Vida	120 m ²	28.36 m ³	340.32 m ³
La Floresta	45 m ²	10.635 m ³	127.62 m ³
Primero de mayo	63 m ²	14.889 m ³	178.668 m ³
Muelle	20 m ²	4.72 m ³	56.72 m ³
Club Infantas	260 m ²	61.44 m ³	737.36 m ³
Cincuentenario	72 m ²	17.016 m ³	204.192 m ³
El Boston	56 m ²	13.23 m ³	158.816 m ³

Fuente: Autor.

En la tabla 8 se observa, la cantidad de metros cúbicos obtenidos en diferentes puntos de la ciudad de Barrancabermeja, Santander

Figura 9. Tipo de canaletas.



Fuente: BOCANEGRA, Carlos. Diseño de sistema piloto de almacenamiento de agua lluvia a escala laboratorio en la sede piedra de bolívar. Cartagena: Universidad de Cartagena, 2015.

En la figura 9 se evidencia los tipos de canaletas utilizados para la recolección y conducción del agua lluvia.

De acuerdo al enfoque se considera el uso de materiales como bambú, madera, metal o el PVC, teniendo en cuenta las dimensiones de un ancho del canal equivalente a 7.5 cm y el máximo de 15 cm (Bocanegra & Almanza, 2015).

✓ **Calculo del caudal**

Teniendo en cuenta, que la fórmula de caudal es:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q: Caudal.

V: Velocidad del fluido.

A: Área del tubo donde pasa el fluido.

Teniendo en cuenta que el tubo a utilizar es un tubo de 2" tipo PVC, y su área es:

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.0254m^2$$

$$A = 0.0020 m^2$$

El caudal del fluido se determina teniendo en cuenta un tanque de 500 litros de capacidad, el cual se llena en 5 horas de lluvia. Este tipo de lluvias es común en la ciudad de Barrancabermeja, Santander.

5 horas = 18000 segundos

$$\frac{L}{s} = \frac{500 L}{18000 s} = 0.027 L/s$$

Pero para la unidad del caudal se tomará la unidad de m³/s, así que:

$$1 m^3 = 1000 L$$

$$\frac{m^3}{s} = 0.027 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 l} = 0.000027 m^3/s$$

Teniendo en cuenta estos resultados se procede a hallar la velocidad del fluido:

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

$$V = \frac{0.000027 m^3/s}{0.0020 m^2} = 0.0135 m/s$$

Tabla 9. Resultados

Caudal	0.000027 m ³ /s
Área	0.0020 m ²
Velocidad	0.0135 m/s

Fuente: Autor.

En la tabla 9 se evidencia los resultados del área, velocidad y el caudal.

✓ **Perdida de cargas.**

Para hallar la pérdida de cargas presente en este sistema se deben hallar: número de Reynolds, rugosidad relativa, pérdida de carga por fricción y pérdida de carga por accesorio.

$$Re = \frac{V * D}{\vartheta}$$

Donde:

Re: Numero de Reynolds.

V: velocidad del fluido.

D: Diámetro de la tubería.

ϑ : Viscosidad cinemática del fluido.

Para hallar la viscosidad cinemática del fluido se tiene en cuenta lo siguiente:

$$\vartheta = \mu/\rho$$

Donde:

μ : viscosidad dinámica del fluido.

ρ : Densidad del fluido.

$$\vartheta = \frac{0.001}{997} = 1.003 \times 10^{-6}$$

$$Re = \frac{0.0135 * 0.0508}{1.003 \times 10^{-6}} = 683.74$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se procede hallar la rugosidad relativa:

$$RR = \frac{K}{D}$$

Donde:

RR: Rugosidad relativa

K: Rugosidad absoluta

D: Diámetro de la tubería

$$RR = \frac{1.5 \times 10^{-6} m}{0.0508 m} = 2.95 \times 10^{-5}$$

Perdida de carga por fricción:

$$hf = F * \frac{lv^2}{D2g}$$

Donde:

hf: perdida de carga por fricción.

L: longitud real de la conducción.

V: Velocidad del flujo.

D: Diámetro de la tubería.

g: aceleración de la gravedad

$$F = \frac{64}{Re} = \frac{64}{68.37} = 0.936$$

$$hf = F * \frac{lv^2}{D2g} = 0.936 * \frac{1.5 * (0.0135 m/s)^2}{0.0508 * 2(9.8)} = 2.74 \times 10^{-4}$$

Perdida de carga por accesorio:

$$ha = \frac{K * V^2}{2g}$$

donde:

ha: perdida de carga por accesorio.

K: coeficiente de perdida.

V: Velocidad.

g: Aceleración de la gravedad.

$$h_a = \frac{0.065 * (0.0135)^2}{2 * 6.8} = 8.7 \times 10^{-7}$$

Tabla 10. Resultados de pérdidas de carga.

Numero de Reynolds.	683.74
Rugosidad Relativa	2.95×10^{-5}
Perdida de carga por fricción.	2.74×10^{-6}
Perdida de carga por accesorio.	8.7×10^{-7}

Fuente: Autor.

En la tabla 10 se evidencian los resultados de las pérdidas de carga presentada en el sistema de recolección de aguas pluviales.

3.2.2. Parámetros de filtros

✓ Tipos de filtración.

La filtración puede efectuarse en muchas formas distintas: con baja carga superficial (filtros lentos) o con alta carga superficial (filtros rápidos), en diferentes medios porosos (arena, antracita, grante, etc.) empleando solo un medio (lecho simple) o varios medios (lecho mixto), con flujo ascendente o descendente, los filtros pueden trabajar según sea la magnitud de la carga hidráulica a presión o por gravedad (Arturo Perez, 2014).

Tabla 11. Tipos de Filtros.

Según la velocidad de filtración	Según el medio filtrante usado	Según el sentido del flujo	Según la carga sobre el lecho
Lentos 2-10 m ³ /m ²	Arena	Ascendentes Descendentes	Por Gravedad
Rápidos 120-360 m ³ /m ²	Lecho simple: 1- Arena 2- Antracita	Ascendentes Descendentes	Por Gravedad por Presión
Rápidos 240-480 m ³ /m ²	Lecho Mixto: a) lecho Doble - Arena - Antracita b) Lecho Mixto - Arena - Antracita	Ascendentes descendentes	Por Gravedad Por Presión

Fuente: ARTURO, Jorge. Tratamiento de Aguas. Bogotá: Universidad Nacional, 2014.

En la tabla 11 se observa el tipo de filtros utilizados en las plantas de tratamiento de agua potable.

✓ **Lecho Filtrante.**

El lecho filtrante es el material granular de los filtros de las plantas de tratamiento de aguas, el cual pueden ser arena o antracita.

Arturo (2014) señala que las características de un material granular se definen por dos parámetros fundamentales: el tamaño efectivo (T.E) y el coeficiente de uniformidad (C.U), la determinación de ambos se realiza por medio de un análisis granulométrico.

Para utilizar un lecho mixto de arena y antracita se debe tener en cuenta los siguientes parámetros.

Tabla 12. Parámetros de lecho mixto.

Material	Espesor del lecho			Tamaño Efectivo			Coeficiente de uniformidad
	Rango (m)	Valor Medio (m)	Recomendación	Rango (m)	Valor Medio	Recomendación	
Antracita	0.45-0.70	0.55	0.7-1.3	0.7-1.3	1.0	0.9	<1.8
Arena	0.15-0.30	0.25	0.3-0.5	0.3-0.5	0.4	0.4	<1.6

Fuente: ARTURO, Jorge. Tratamiento de Aguas. Bogotá: Universidad Nacional, 2014.

En la tabla 12 se evidencia los parámetros de un lecho mixto de arena y antracita, el cual muestra los diferentes rangos que debe cumplir los materiales para que el filtro funcione de la mejor manera.

✓ Grava de soporte

La grava de soporte tiene como función servir de soporte al medio filtrante para que no se pierda por el drenaje de la filtración y evita la formación de chorros durante el lavado del filtro. Por lo general se coloca una capa de 0.40 m.

Tabla 13. Parámetros de la grava de soporte.

Posición	Espesor (cm)	Tamaño (pulg.)
En el fondo	12	2 - 1
Segunda capa	7	1 – ½
Tercera capa	7	½ - ¼
Cuarta capa	7	¼ - 1/8
Capa superficial	7	1/8 – 1/12

Fuente: ARTURO, Jorge. Tratamiento de Aguas. Bogotá: Universidad Nacional, 2014.

En la tabla 13 se evidencia los parámetros que debe tener la grava de soporte para el filtro.

Perdida de carga durante la filtración

Pérez (2014), señala que al pasar un caudal Q a través de un lecho granular de profundidad L , la fricción del flujo a través de los poros produce una pérdida de carga. Al comenzar la filtración, y como el filtro está limpio, la pérdida de carga se debe únicamente al tamaño, forma y porosidad de los granos del lecho filtrante y a la viscosidad y velocidad del agua.

Hay que considerar dos tipos de pérdida de carga:

- ✓ La pérdida inicial (h_0) que se presenta cuando el lecho está completamente limpio.
- ✓ La pérdida de carga por colmatación ($h_{\phi}(t)$) que va aumentando con el tiempo.

Perdida de carga inicial:

Para arena

$$\frac{h}{l} = 5 \times 10^{-3} * V$$

Donde:

h : Pérdida de carga inicial.

l : espesor del lecho filtrante.

V : Velocidad de filtración.

Para antracita:

$$\frac{h}{l} = 00.9 \times 10^{-3} * V$$

Donde:

h : pérdida de carga inicial.

l : espesor del lecho filtrante.

V : Velocidad de filtración.

Perdida de carga final.

$$h_f = h_o + h\phi(t)$$

donde:

$h\phi(t)$: pérdida de carga por acolmatación.

h_o : pérdida de carga inicial.

3.2.3. Diseño del filtro seleccionado

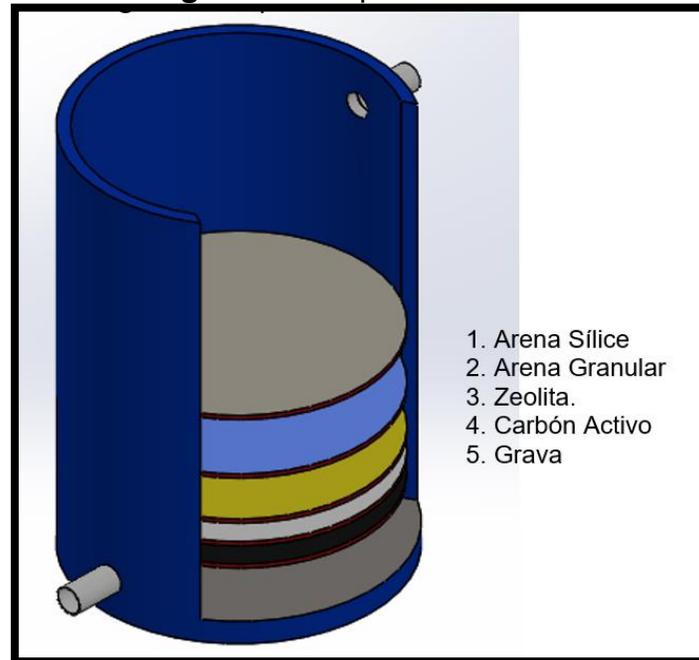
Para el diseño del filtro de retro-lavado se tuvo en cuenta los diferentes componentes bioquímicos que permiten brindar calidad y condiciones requeridas para que el agua pueda llegar a uso doméstico.

Los materiales seleccionados para el lecho del filtro de retro-lavado son los siguientes:

- ✓ Arena sílice
- ✓ Arena Granular.
- ✓ Zeolita.
- ✓ Carbón activado.
- ✓ Grava.

Estos componentes ayudan a mejorar el color, sabor, la remoción de fosfatos, sulfatos y cloruros que se encuentran en el agua cruda (Arturo Perez, 2014).

Figura 10. Esquema del filtro.



Fuente: Autor.

En la figura 10 se observa los diferentes compuestos que filtran el agua. Este filtro fue diseñado para eliminar los sólidos suspendidos, turbiedad, dureza y calcio, por esta razón el filtro se dividió de la siguiente manera:

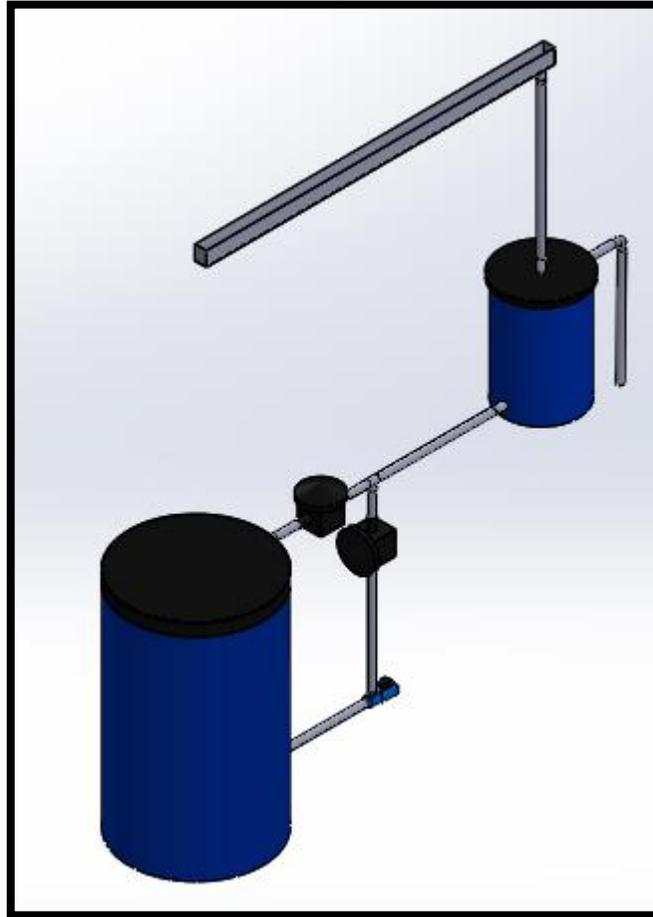
- ✓ La primera etapa del filtro es eliminar las impurezas solidas que contiene el agua al momento de entrar al filtro, el cual el primer componente que toca el agua es la arena sílice con un espesor de 10 cm, que es la encargada de regular la capacidad de filtración del agua y retiene la gran mayoría de solidos suspendidos.
- ✓ La segunda etapa del filtro, cuenta con una capa de arena granular de 10 cm de espesor, el objetivo de esta capa es de retener las partículas más grandes suspendidas en el agua.

- ✓ En la tercera etapa del filtro cuenta con una capa de zeolita de 5 cm de espesor, este material se encarga de retener partículas de hasta 5 micras, remueve patógenos y remueve sustancias inorgánicas.

- ✓ En la cuarta etapa del filtro, cuenta con una capa de carbón activado de 5 cm de espesor, la función de esta capa es de absorber partículas orgánicas, microorganismos y el mejoramiento de las propiedades del agua tales como el olor, sabor y color.

- ✓ En la quinta etapa del filtro, cuenta con una capa de Grava de 10 cm de espesor, la función de esta capa es dar soporte a las demás capas y retener arena e impurezas presentes en el agua.

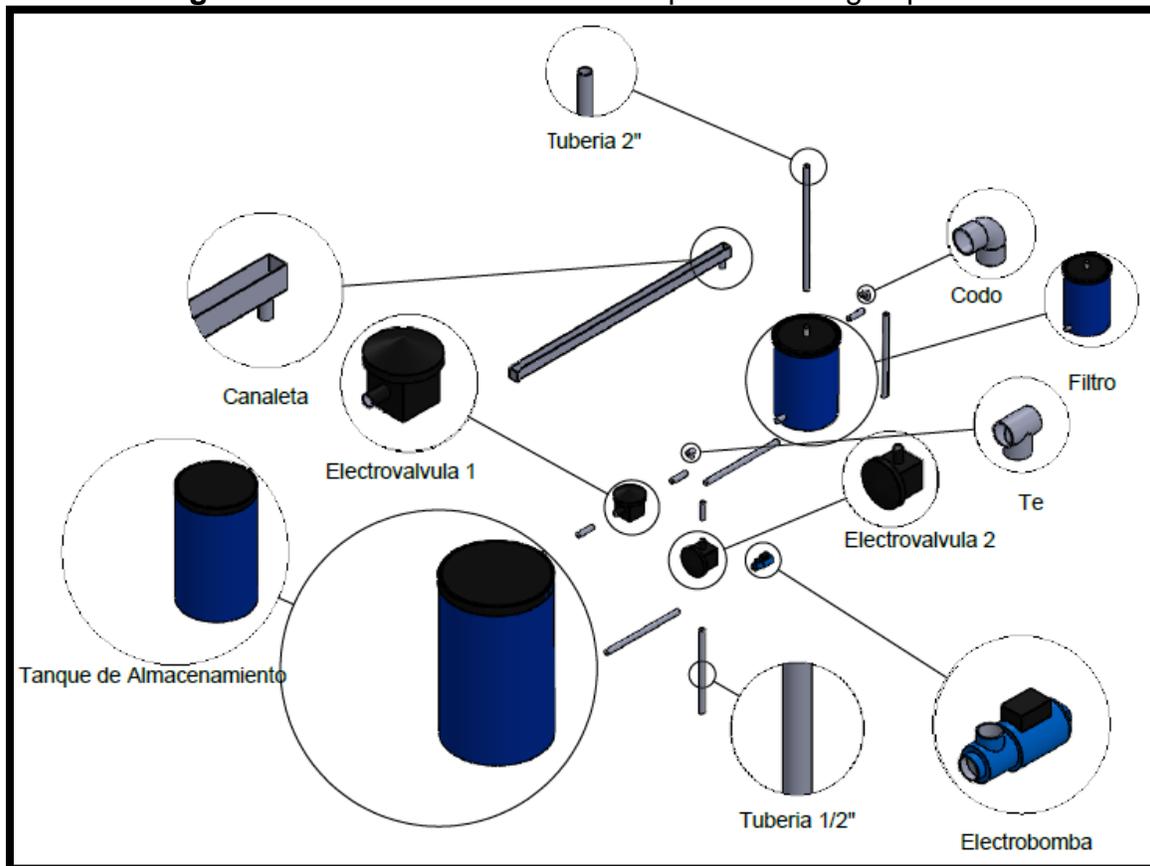
Figura 11. Diseño del sistema pluvial, Vista lateral Isométrica.



Fuente: Autor.

En la figura 11 se evidencia la vista Isométrica del diseño del sistema de recolección de agua lluvia o pluvial.

Figura 12. Partes del sistema de captación de Agua pluvial



Fuente: Autor.

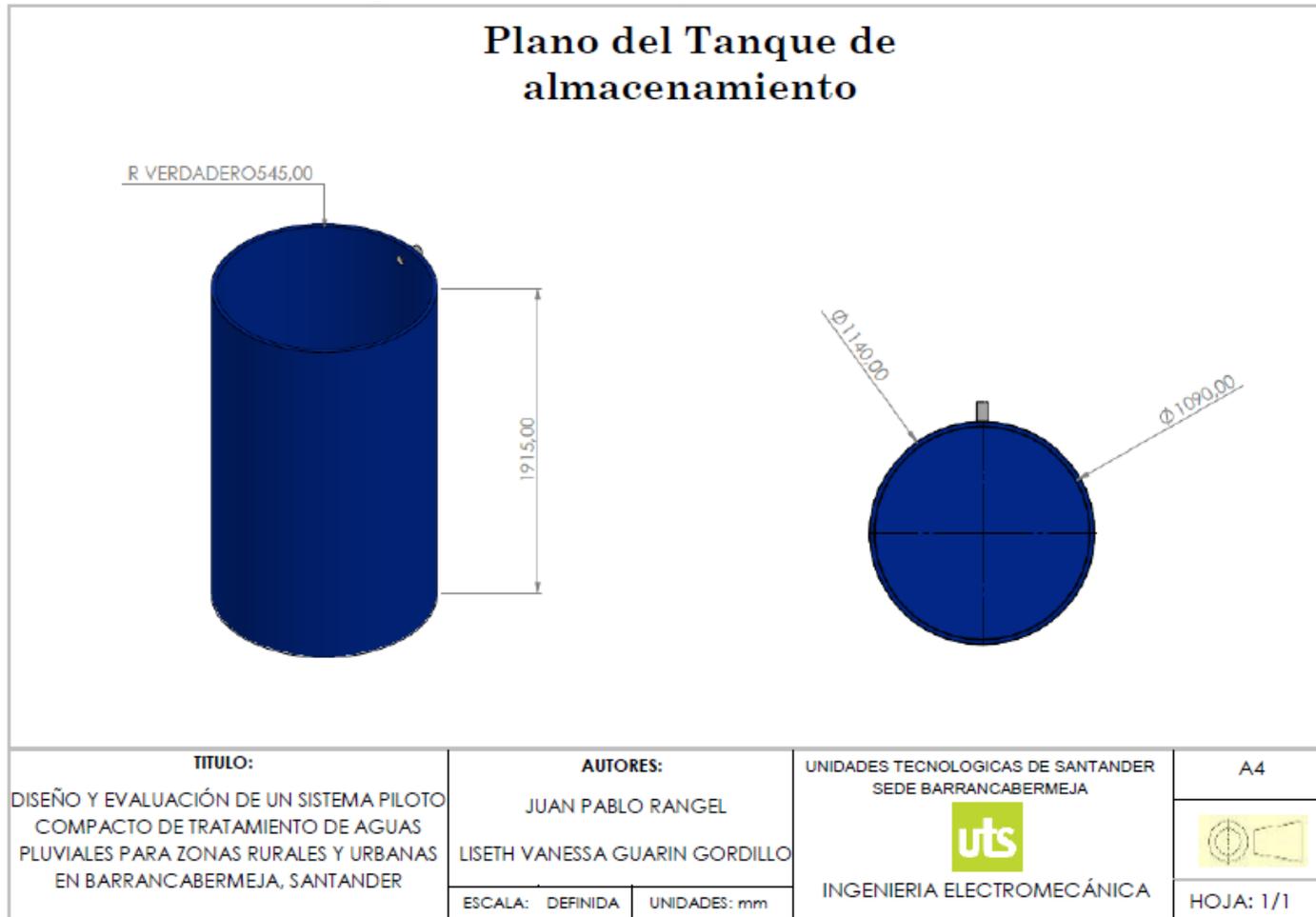
En la figura 12 se evidencia las partes que conforma el diseño del sistema de captación de agua pluvial con filtro de retro-lavado, las cuales está conformado por un tanque de almacenamiento de 500 litros, dos electroválvulas, el filtro, la electrobomba de $\frac{1}{2}$ Hp, la canaleta, tuberías de 2" y de $\frac{1}{2}$ ", y los accesorios tales como la Te de $\frac{1}{2}$ " y un codo de $\frac{1}{2}$ ".

Figura 13. Plano del filtro



Fuente: Autor.

Figura 14. Plano del tanque de almacenamiento.



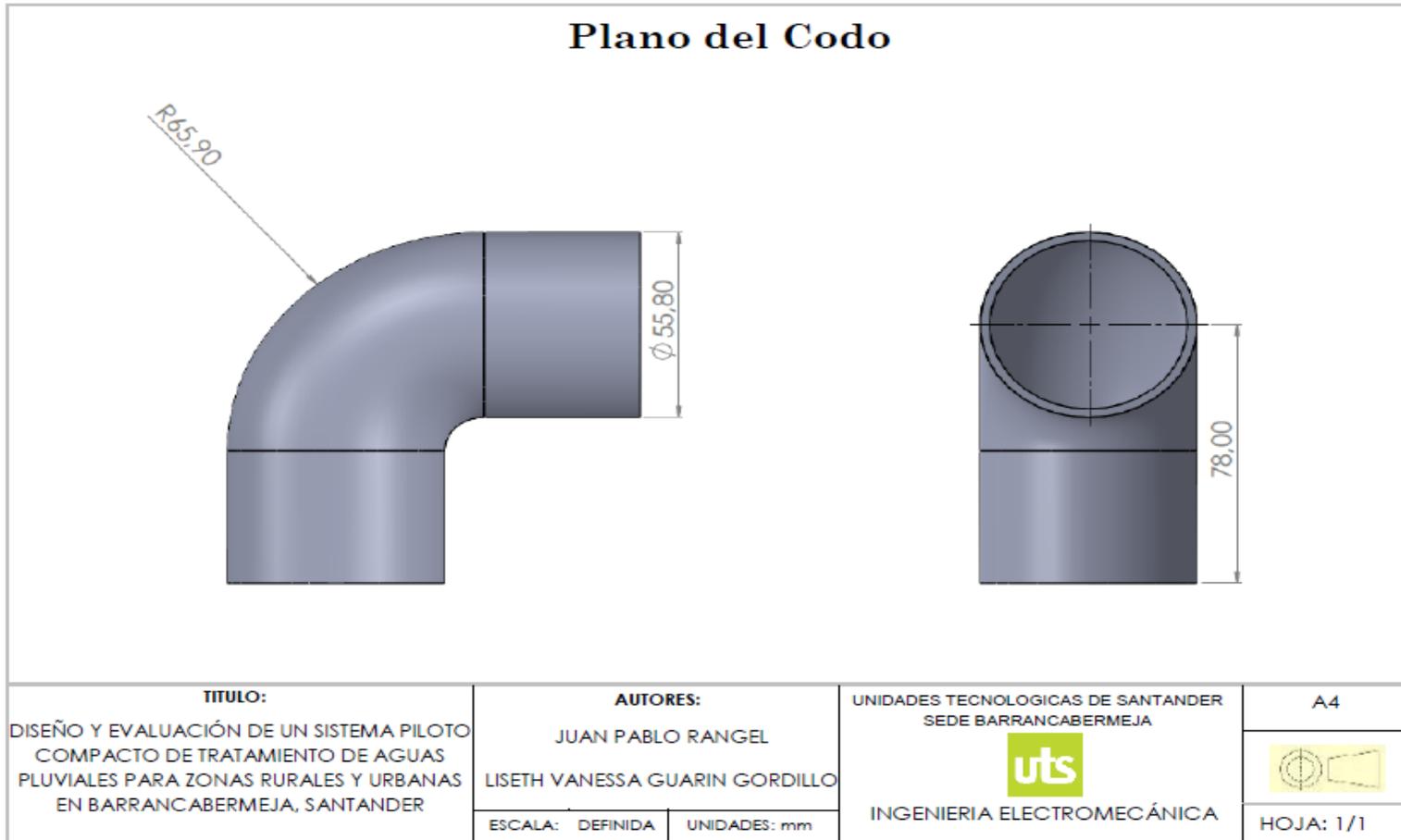
Fuente: Autor.

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

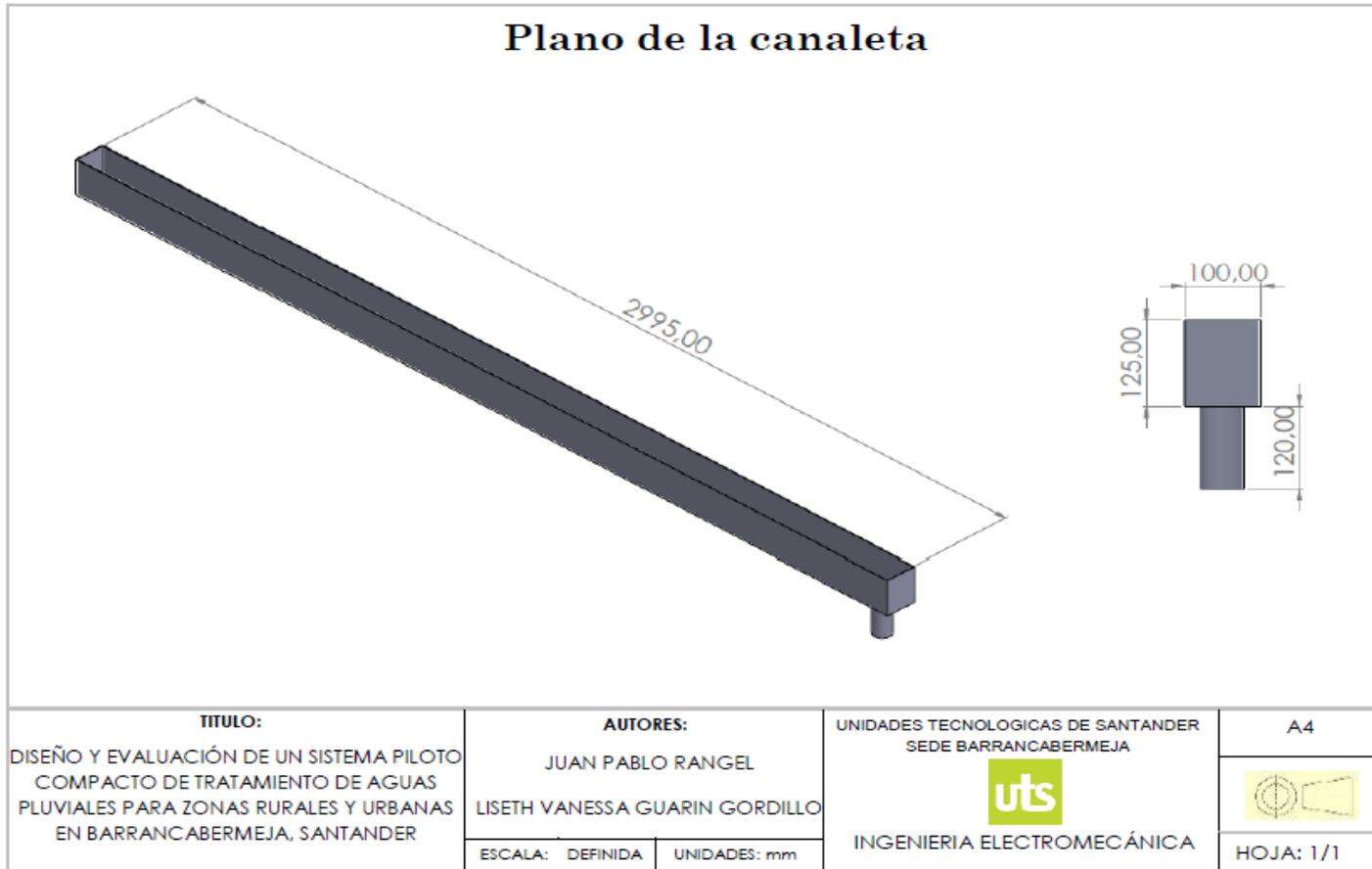
APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Figura 15. Plano del Codo.



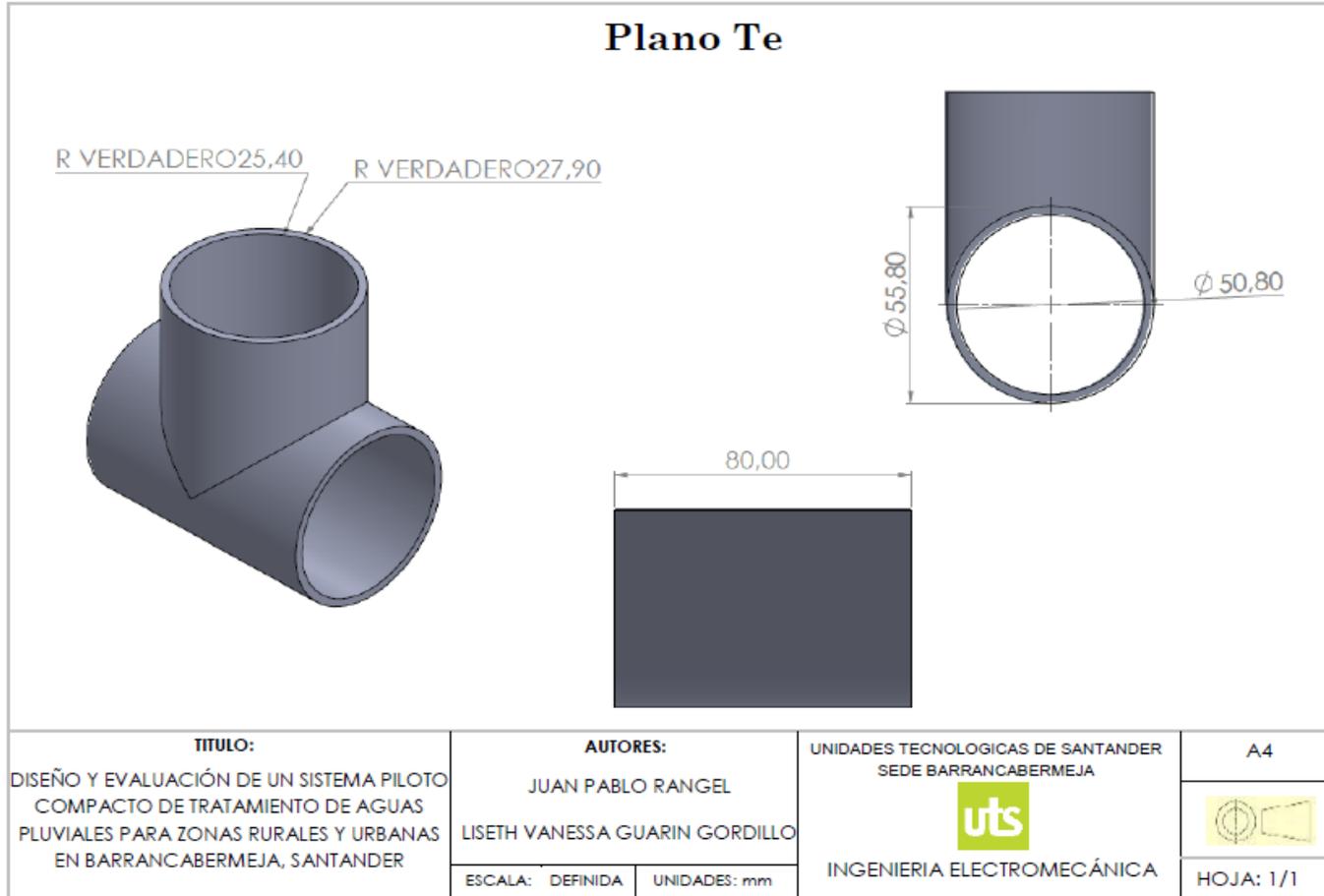
Fuente: Autor.

Figura 16. Plano de la Canaleta.



Fuente: Autor.

Figura 17. Plano Te.



Fuente: Autor.

3.3. SELECCIONAR LOS COMPONENTES MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN, A PARTIR DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL POR PÉRDIDAS DE CARGA.

3.3.1. Componentes electrónicos.

Para la selección de los equipos se tuvo en cuenta la capacidad del tanque de almacenamiento y el funcionamiento del filtro. Todo esto con el fin de identificar los dispositivos para la automatización del sistema.

Tabla 14. Especificaciones Técnicas de los componentes electrónicos.

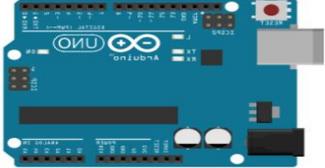
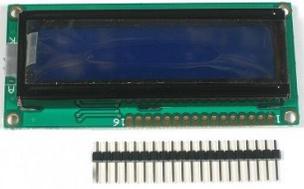
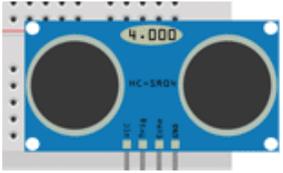
Arduino Uno	
Microcontrolador	ATmega 328
Voltaje Operativo	5v
Pines de entradas/Salidas digitales	14 (de las cuales 6 son salidas PWM)
Pines de entradas análogas	6
Memoria Flash	32 KB
SRAM	2KB
Eeprom	1 KB
Velocidad del Reloj	16 Mhz
Pantalla LCD 16x2	
Controlador	HD44780
Modo de Operación	4 y 8 bits
Voltaje de Operación	4.5 – 5.5 v
Electroválvula PGV Hunter	
Material	PVC y Acero Inoxidable
Caudal	0.04 a 27.2 m ³ /h; 0.7 a 454 l/m
Presión	1.4 a 10.3 bares; 20 a 150 PSI

Voltaje Operativo	24 vac
Interruptor de Flotador	
Marca	Kripal
Longitud de cable	3 Metros
Capacidad de corriente	15 Amperios
Voltaje	110 - 220 Vac
Contacto	NO o NC (Tanque alto o Bajo)
Material	Plástico
Aplicación	Tanques de agua limpia
Sensor Ultrasónico HC-SR04	
Rango	2 a 450 cm
Dimensiones del circuito	43x20x17
Tensión de alimentación	5 Vcc
Frecuencia de trabajo	40 KHz
Rango Máximo	4.5 m
Rango Mínimo	1.7 m
Pulsador Verde	
Marca	Schneider Electric
Material del bisel	Plástico
Material anillo	Plástico
Pulsador Rojo	
Marca	Schneider Electric
Material del bisel	Plástico
Material anillo	Plástico
Pulsador de apagado de emergencia	
Material del bisel	Plástico
Diámetro de montaje	22 mm

Potenciómetro	
Resistencia	5 KOhms
Estilo de montaje	Panel
Tolerancia	5%
Peso Unitario	0.67 oz
Contactor	
Marca	Chint
Referencia	NC1-1210
Voltaje	220V
Electro Bomba	
Hp	1/2
Marca	Uduke
Distancia Max. En línea recta	26 mts
Potencia	550 w
Succión Máxima	8 mts
Voltaje	110 v
Módulo Relé 2 Canales	
Canales	2
Voltaje de Funcionamiento	5 Vdc

Fuente: Autor.

Tabla 15. Dispositivos electrónicos.

Dispositivos	
Arduino Uno	
LCD 16x2	
Sensor Interruptor de flotador	
Sensor Ultrasonido	
Módulo Relé 2 Canales	
Pulsador Verde	

<p>Pulsador Rojo</p>	
<p>Pulsador de apagado de emergencia</p>	
<p>Electroválvula PGV Hunter</p>	
<p>Contactador</p>	
<p>Potenciómetro 5K</p>	

<p>Electro Bomba 1/2 hp</p>	
------------------------------------	--

Fuente: Autor.

3.3.2. Componentes mecánicos.

Para la selección de los equipos mecánicos se tuvo en cuenta la capacidad del tanque de almacenamiento. Todo esto con el fin de identificar los dispositivos mecánicos del sistema, tal como la tubería, reductores de tubería, codos y tee.

Estos componentes mecánicos, son los escogidos para automatizar el sistema de captación de aguas pluviales.

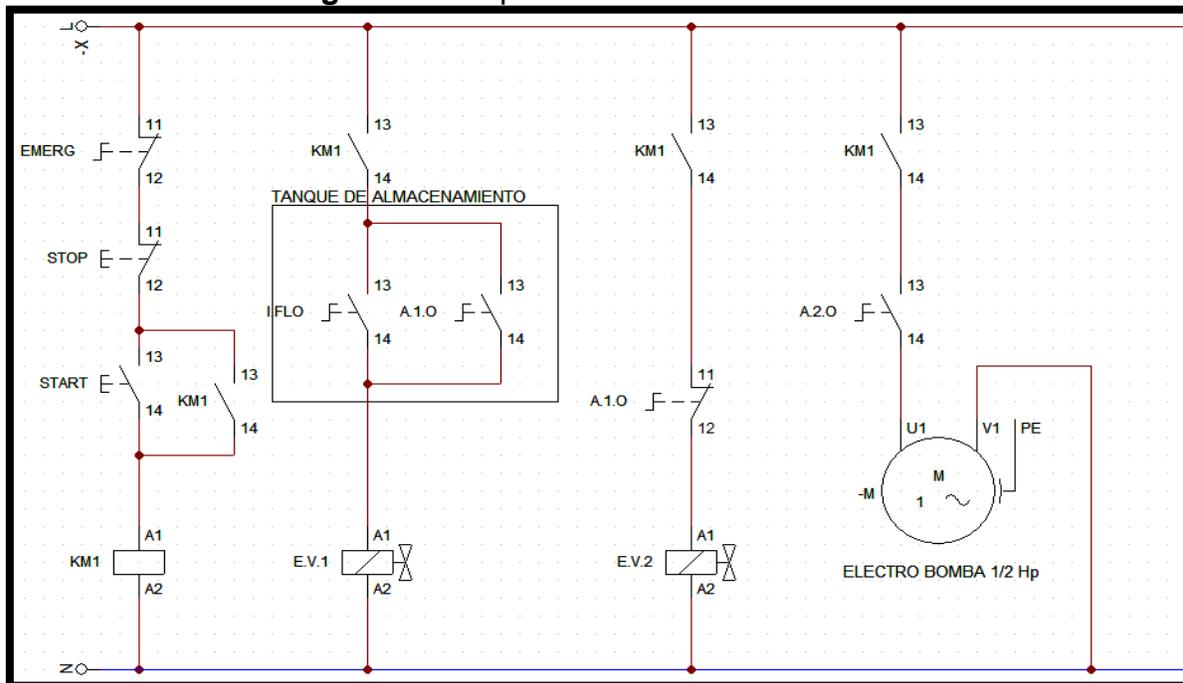
Tabla 16. Dispositivos mecánicos

<p>Dispositivos Mecánicos</p>	
<p>Tubería de 2" PVC</p>	
<p>Tubería de 1/2" PVC</p>	

<p>Tee de ½" PVC</p>	
<p>Codo de ½" PVC</p>	
<p>Tanque de 220 litros</p>	
<p>Tanque de 500 litros</p>	

Fuente: Autor.

Figura 18. Esquema eléctrico del sistema.



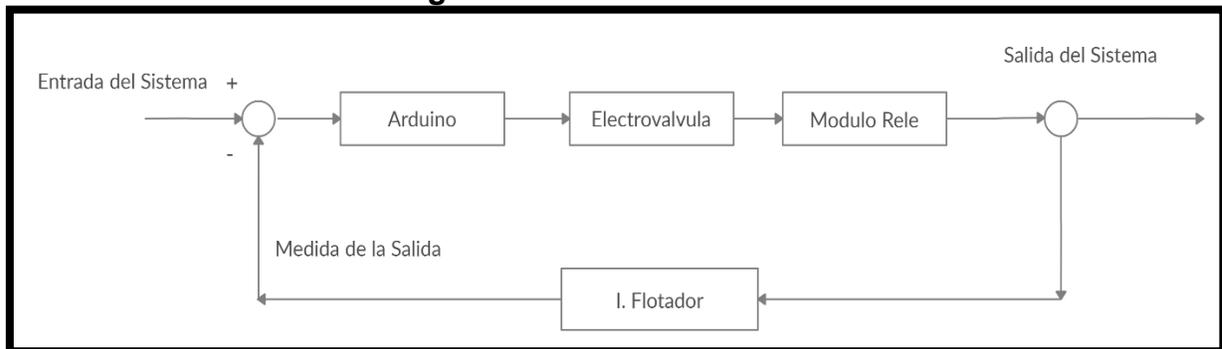
Fuente: CADeSim.

En la figura 18 se evidencia el esquema eléctrico del sistema de captación de agua pluvial.

Navarro (2016), dice que el filtro solo puede producir agua con determinada calidad durante un tiempo Fijo, a partir del cual empiezan a quedar impurezas en el agua filtrada.

El retro-lavado del filtro se accionará una vez cada 4 semanas, esto con el objetivo de eliminar las impurezas recolectadas en el filtro. Para este retro-lavado se invierte el sentido del flujo del agua para que pase a través del lecho del filtro y salga el agua con las impurezas por el desagüe, el procedimiento de retro-lavado durara entre 15 y 20 minutos aproximadamente.

Figura 19. Lazo de control.



Fuente: Autor.

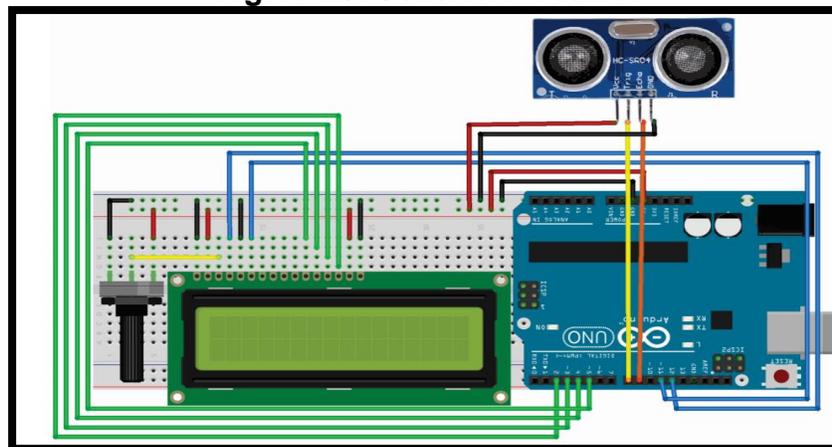
En la figura 19 se evidencia el lazo de control que tendrá el filtro de retro-lavado

El funcionamiento de este sistema eléctrico consta de la siguiente manera:

- ✓ Al oprimir el pulsador (START) activa el contactor (KM1), el cual se enclava utilizando uno de sus contactos auxiliares, energizando todos los circuitos que están conectados con este dispositivo eléctrico de mando.
- ✓ El interruptor flotador (I.FLO), se encuentra en el interior del tanque de almacenamiento. Este interruptor cuando se activa, cierra el circuito activando la electroválvula (E.V.1), interrumpiendo el paso del agua hacia este tanque, esta condición se da cuando el tanque está lleno de agua. También cuando el tanque de almacenamiento este sin agua, el interruptor abrirá el circuito desactivando la electroválvula (E.V.1), dejando que el agua llegue al tanque de almacenamiento. Este interruptor funcionara solo cuando la bobina del contactor (KM1) este energizada.
- ✓ La electroválvula (E.V.2), es la encargada del paso del agua para retro lavar el filtro, normalmente está cerrado impidiendo el paso del agua por esa sección, cuando el microcontrolador arduino envié una señal al módulo relé (A.1.O), este abrirá el circuito y dejará pasar el agua que bombea la electrobomba hacia el

filtro, si el nivel del agua del tanque de almacenamiento baja (que es donde tomamos el agua para el retro-lavado), se abrirá el circuito desactivando la electroválvula y ocasionando que el agua que va para el filtro también llegue al tanque de almacenamiento. para esto está el módulo relé (A.1.O), permaneciendo el circuito cerrado evitando que el agua para el retro lavado regrese al tanque.

Figura 20. Conexión Arduino.



Fuente: Arduino

- ✓ Para activar la electrobomba, arduino enviara una señal al módulo relé cerrando el circuito y activando el bombeo del agua, que posteriormente se dirige hacia el filtro para su respectivo lavado.
- ✓ Posteriormente a esto, el circuito cuenta con un pulsador de parada (STOP) y un interruptor de parada de emergencia (EMERG).

3.4. ELABORAR UN PRESUPUESTO GENERAL DE COSTOS Y GASTOS POR MEDIO DE INVESTIGACIONES COMERCIALES PARA EL SISTEMA AUTOMATIZADO DE FILTRACIÓN DE AGUA CON RETRO-LAVADO.

Para el desarrollo de este objetivo, se basa en la investigación comercial de los equipos elegidos para el sistema planteado, con el propósito de conocer el presupuesto general de los equipos.

Tabla 17. Presupuesto General.

ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DIAS	TOTAL
Electro bomba ½ hp	1	150.000	-	150.000
Electroválvula	2	255.000	-	510.000
Módulo Relé 2 Canales	1	8.000	-	8.000
Pulsador Verde	1	8.000	-	8.000
Pulsador Rojo	1	8.000	-	8.000
Pulsador de apagado de emergencia	1	13.000	-	13.000
Tubería de 2"	1	70.550	-	70.550
Tubería de ½"	1	9.200	-	9.200
Codo de ½"	1	500	-	500
Tee de ½"	1	500	-	500
Tanque de 220 litros	1	150.000	-	150.000
Tanque de 500 litros	1	165.000	-	165.000
Sensor Interruptor flotante	1	185.000	-	185.000
Arena Sílice	1	15.000	-	15.000
Arena Granular	1	30.000	-	30.000
Zeolita	1	175.000	-	175.000
Carbón Activado	1	80.000	-	80.000
Grava	1	5.500	-	5.500
Arduino Uno	1	26.000	-	26.000
Sensor de ultrasonido	1	6.000	-	6.000
Contactador	1	30.000	-	30.000
Potenciómetro de 5K	1	16.600	-	16.600
Electromecánico	1	60.000	4	240.000
Ayudante	1	35.000	4	140.000
TOTAL				2'067.800

Fuente: Autor.

En la tabla 17 se evidencia el presupuesto general del sistema de captación de agua lluvia o pluvial, el cual cuenta con los dispositivos eléctricos, electrónicos, compuestos del filtro y personal capacitado para la automatización e instalación de este sistema de captación de aguas lluvias.

4. RESULTADOS

La primera fase del proyecto abarco un análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la precipitación local, a partir de muestras individuales, las cuales fueron tomadas por investigadores del grupo DIANOIA de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Barrancabermeja con el fin de identificar las condiciones de calidad de agua.

Seguidamente, se elaboró el modelo del sistema de filtración portátil con retro-lavado para aguas lluvias a partir del dimensionamiento de los componentes y análisis de pérdidas de carga, considerando las variables obtenidas de las pruebas de laboratorio. La medida del filtro seleccionado consta de un tanque plástico de 220 litros de capacidad, el cual tiene una altura de 88 cm, diámetro de 58 cm y un área de 0.26m^2 . Los materiales utilizados para el lecho del filtro son: Grava, carbón activado, zeolita, arena granular y arena sílice. la altura de esta columna es de 43 cm y el caudal de filtración es de $0.00351\text{ m}^3/\text{s}$.

En tercer lugar, se realizó la selección de los componentes mecánicos y electrónicos con el propósito de elaborar la implementación del sistema automatizado, a partir del dimensionamiento del sistema de control por pérdidas de carga. El sistema de retro-lavado estará programado para que funcione una vez cada 4 semanas, este sistema funciona invirtiendo el flujo del agua que entra por la parte inferior del filtro, y el agua del lavado sube hasta el desagüe que se encuentra en la parte superior del filtro. Finalmente, se elaboró un presupuesto general de costos y gastos por medio de investigaciones comerciales para el sistema automatizado de filtración de agua con retro-lavado, evaluando así, la viabilidad económica de la construcción del prototipo.

5. CONCLUSIONES

Se concluyó que, en las zonas rurales, los problemas ocurren porque las tecnologías implementadas no son sostenibles económicamente; adicionalmente, que la operación de equipos mecánicos y manipulación de productos químicos, requiere de conocimientos técnicos que frecuentemente no se encuentra en las comunidades rurales.

De acuerdo a la información derivada durante la investigación se concluye que el proyecto cumple con los objetivos planteados en cuanto a la viabilidad de captación, pues cuenta con una precipitación y zonas disponibles para poder abastecerse de aguas lluvias durante varios meses al año, se recalca que la inversión es elevada, por lo que no se logra ser un sistema económico a corto plazo.

También hay que tener en cuenta los fenómenos del niño y de la niña, ya que estos fenómenos aumentan o disminuye la precipitación que hay en el ambiente.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda fortalecer las investigaciones locales sobre la calidad ambiental de las aguas pluviales. Además de investigar nuevas estrategias orientadas a optimizar el consumo de agua en Barrancabermeja ya que estos merecen ser vistos como parte de nuestro ecosistema y no solamente como botaderos de aguas residuales y demás desechos.

Se recomienda realizar investigaciones alternas a la presentada, para aprovechar la mayor cantidad de aguas lluvias y así beneficiar a la comunidad que más necesita este preciado líquido, teniendo en cuenta como base esta investigación.

Debido a la poca información disponible sobre las redes de distribución de las zonas rurales y urbanas donde se quiere emplear este método de captación de aguas pluviales, se recomienda hacer un levantamiento de redes hidráulicas para la disposición final de este recurso.

También se recomienda la ampliación de puntos de investigación en la ciudad y en el sector rural respecto a este sistema de diseño y evaluación de tratamientos de aguas pluviales, para así traer beneficios a mas comunidades que lo necesiten.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Artículo 34. (2012). Monitoreo de los vertimientos en aguas superficiales. Bogota : El tiempo.
- Ballen, Galarza, & Ortiz. (2016). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. sd: VISEREA.
- Carrillo, A. (2014). Sistemas automaticos de control. Colombia: UNF.
- Castañeda, N. (2015). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia con alternativa para el ahorro de agua potable. Bogota: Gestión y ambiente.
- Cualla, L. (2011). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Fernandez, D. (2014). Circulo de innovacion en tecnologicas medioambientales y energia. Colombia: Universidades e investigacion diseño.
- IDEAM. (2017). Precipitación en el municipio de Barrancabermeja. Barrancabermeja: IDEAM.
- Lesur. (1998). Manual de purificación del agua. Mexico: Trillas.
- Minambiente. (2003). Decreto de la asamblea legislativa del distrito federal. sd: Seduvi.
- Minambiente. (2007). Resolución numeri 2115. Colombia: Republica de Colombia.
- Minambiente. (2019). Reglamento parcial de la ley 9 de 1979. colombia: Minambiente.
- Moreno, J. (2017). Polemica en Barrancabermeja, por presunta contaminación del agua. Barrancabermeja: El Tiempo.
- Muñoz, M. (2017). Obras hidraulicas rurales. Cali: Universidad del valle.
- OMS. (2016). Acceso de agua potable. sd: OMS.
- RAMSAR. (12 de julio de 2019). Ramsar convention secretariat. Obtenido de Introducción a la convección sobre los humedales: <https://www.ramsar.org/pdf>

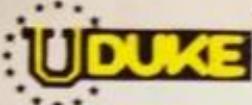
Rodriguez, E. (2013). Diseño de una central hidroelectrica a escala de laboratorio.

Colombia: Universidad Libre.

UNESCO. (2015). Agua potable y saneamiento basico. sd: UNESCO.

8. ANEXOS

Anexo 1. Ficha Técnica Bomba de Agua.

 UDUKE® BOMBA DE AGUA			MODELO QB60 ITEM: HT40016	
H. max. 1m+25m		Q. max. 22L/min		Succión: max 8m
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DEL AGUA: 10 °C + 50 °C		TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA: + 40 °C		NO EXCEDER 24 HORAS CONTINUAS DE TRABAJO
1-Mot.	110 V	60 Hz	3450 min ⁻¹	
kw. 0.37	0.5 HP.	In 2.5 A.	550 W.max	
C. 16 μF.	VL. 450 V.	I.CL. B	I.P. 44	
		Clase II. 	ISO9001	CE

Fuente: MERCADO LIBRE. Electro Bomba 1/2" Hp Uduke. Colombia. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-558552939-electro-bomba-12-hp-uduke-impeler-bronce-embobina-aluminio-_JM?quantity=1#position=3&type=item&tracking_id=b226527e-d45d-4d1e-9aba-2d94b1834f2f].

Anexo 2. Ficha Técnica Electroválvula

VENTAJAS PRINCIPALES

- El purgado manual externo e interno permite una activación rápida y sencilla de la válvula
- El diseño de doble reborde de la junta de diafragma garantiza un funcionamiento sin fugas
- Los tornillos cautivos de la tapa eliminan la posibilidad de perder piezas durante el desmontaje
- Los tornillos de la tapa se pueden manejar con tres herramientas: destornillador de punta plana o de estrella y llave de vaso
- Todas las válvulas están disponibles en versión en línea o en ángulo para facilitar su colocación
- El solenoide encapsulado con núcleo cautivo que se utiliza en las válvulas Hunter facilita un mantenimiento sin complicaciones
- El control del caudal maximiza la eficiencia y prolonga la vida útil del sistema

OPCIONES INSTALADAS POR EL USUARIO

- Regulador de presión Accu Sync™ en la válvula*
- Solenoide tipo latch de CC para programadores alimentados por pilas (Ref. 458200)
- Tapa de conductos del solenoide (Ref. 464322)
- Maneta de identificación de agua reciclada (Ref. 607105)

OPCIONES INSTALADAS DE FÁBRICA

- LS: solenoide sin válvula
- DC: solenoide tipo latch de CC para programadores alimentados por pilas



PGV-151
Diámetro de entrada: 1½" (40 mm)
Altura: 19 cm
Longitud: 15 cm
Anchura: 11 cm

PGV-201
Diámetro de entrada: 2" (50 mm)
Altura: 20 cm
Longitud: 17 cm
Anchura: 13 cm

VÁLVULAS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

- Caudal:
 - PGV-151: de 5 a 27 m³/h; de 75 a 450 l/min
 - PGV-201: de 5 a 34 m³/h; de 75 a 570 l/min
- Intervalo de presión recomendado: de 1,5 a 10 bares, 150 a 1000 kPa
- Temperatura nominal: 66 °C
- Periodo de garantía: 2 años
- * Información del producto Accu-Sync en la **página 94**

ESPECIFICACIONES DEL SOLENOIDE

- solenoide de 24 V CA
 - 350 mA en arranque, 190 mA operando, 60 Hz
 - 370 mA en arranque, 210 mA operando, 50 Hz

PGV DE 1½" (40 MM) Y DE 2" (50 MM)

Modelo	Descripción
PGV-151-B	Válvula en línea/ángulo de 40 mm con control de caudal
PGV-151-B-DC	Válvula en línea/ángulo de 40 mm con solenoide tipo latch CC
PGV-151-B-LS	Válvula en línea/ángulo de 40 mm sin solenoide
PGV-201-B	Válvula en línea/ángulo de 50 mm con control de caudal
PGV-201-B-DC	Válvula en línea/ángulo de 50 mm con solenoide tipo latch CC
PGV-201-B-LS	Válvula en línea/ángulo de 50 mm sin solenoide

PGV Instalado



Fuente: HUNTER INDUSTRIES. PGV de 1 ½ y de 2". México. Disponible en: [https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/00-rc-001-ca-vol38-huntercatalog-es.pdf].

Anexo 3. Ficha Técnica de tanques.

DOBLE CAPA.



Una capa externa de color azul o negra, y una capa interna blanca en los tanques negros que facilita la inspección de líquidos y limpieza del tanque, o una capa interna negra en los tanques azules que evita el paso de luz y previene el crecimiento de algas.

LIVIANOS - HIGIÉNICOS - DURABLES

HIGIÉNICOS.



No se corroen, no sueltan partículas, tienen superficies lisas y fáciles de limpiar.

RESISTENTES.



El material de los tanques plásticos está especificado para estar expuesto a la intemperie, resistir fuertes cambios de clima y ataques de agentes atmosféricos.

Los tanques plásticos de ETERNIT® son fabricados con polietileno de la mejor calidad, para garantizar productos livianos, resistentes y libres de elementos contaminantes. Todos nuestros tanques son elaborados tecnológicamente para cuidar y proteger el agua, usando materias primas grado FDA.

El diseño de los tanques Eternit de 6000L posee tres anillos de refuerzo que mejoran su resistencia, estabilidad y durabilidad.

También se ha diseñado el tanque plástico 250 mini de ETERNIT® para ser ubicado en lugares donde no se dispone de espacio o altura suficiente.

Transporte, Almacenamiento y Manipulación.

- Los tanques se pueden transportar en arrumes verticales, en las cantidades indicadas en el cuadro.
- Los arrumes pueden colocarse sobre la plataforma del camión o sobre otros productos teniendo la precaución de hacerlo sobre cartón para evitar daños por rozamiento y vibración durante el viaje.
- Cuando el espacio en altura no es suficiente, los tanques se pueden cargar acostados y encajados uno entre otro, siempre colocando cartones para evitar daños.

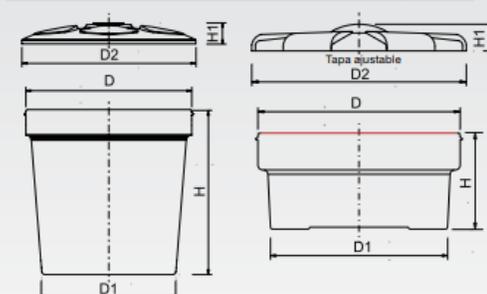
Para tanques de 6000L

Peso (Kg)	
96 ± 2 Cuerpo	20 ± 2 Tapa

Cantidad máxima por arrume	
Litros	Tanques
6000	2
2000	5
1000	8
500	12
250	13
250 mini	15
Agrotanque	15

- Los tanques de 6.000L deben ser manipulados por dos o más personas de acuerdo a su peso, con el fin de evitar lesiones del personal, cualquier tipo de golpe o afectación al tanque.
- Los tanques plásticos de 6.000L deben ser almacenados únicamente de forma vertical en arrumes de no más de dos unidades para evitar su deformación la cual puede impedir el cierre con su tapa; entre tanque y tanque se deben disponer de separadores de cartón o icopor para facilitar su desencaje.

Volumen Bruto Litros	Dimensiones del tanque mm			Dimensiones de la tapa mm	
	D	D1	H	D2	H1
250	810	677	720	850	138
250 mini	932	815	443	989	124
500	931	758	934	975	170
1000	1.232	1.031	1.030	1.275	236
2000	1.520	1.220	1.550	1.585	280
6000	2.205	1.800	2.197	2.277	250
Agrotanque	932	815	443	-	-



Fuente: ETERNIT. Tanques Plásticos. Colombia. Disponible en: [\[https://www.eternit.com.co/documents/32456/170778/FICHA+TECNICA+TANQUES+PLASTICOS.pdf/7ce436b6-e3ca-4580-8368-9c26dbab10ac\]](https://www.eternit.com.co/documents/32456/170778/FICHA+TECNICA+TANQUES+PLASTICOS.pdf/7ce436b6-e3ca-4580-8368-9c26dbab10ac).

Anexo 4. Ficha Técnica del interruptor flotador.

Descripción

Control de Nivel de líquidos tipo Flotador

Referencia: UKY2SY3

Marca: KRIPAL

Longitud De Cable: 3 Metros

Capacidad De Corriente: 15 Amperios

Voltaje: 110-220 Vac

Contacto: NO ó NC (Tanque alto ó bajo)

Material: Plástico

Aplicación: Tanques de agua limpia (NO RESIDUAL O SUCIA)

Fuente: MERCADO LIBRE. Interruptor flotador Kripal. Colombia. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-494977807-interruptor-flotador-o-control-de-nivel-uky2sy3-kripal-_JM?quantity=1#position=2&type=pad&tracking_id=afffb91-7ab6-4322-8a32-93a4cc986b9a&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=2&ad_click_id=Yml2Njl3N2YtZjdmZC00ZjJlTg5YjMtNmMwNmZiYjRjZDY5].