

DISEÑAR UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y AGUAS GRISES  
DENOMINADO “ECOTANK” PARA DISMINUIR EL USO DEL AGUA POTABLE EN  
ACTIVIDADES SECUNDARIAS EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT CUNDINAMARCA

Jessica Mercedes Larrota Ramírez, Edison Quitian Gómez y Diego Yobani Rodríguez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede/ Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Mayo de 2021

Diseñar un sistema de recolección de aguas lluvias y aguas grises denominado “EcoTank” para disminuir el uso del agua potable en actividades secundarias en el municipio de Girardot

Cundinamarca

Jessica Mercedes Larrota Ramírez, Edison Quitian Gómez y Diego Yobani Rodríguez

Trabajo de Grado Presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Edgar Orjuela Montoya

Ingeniero Civil

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede/ Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Mayo de 2021

### Dedicatorias

En mi vida cuento con la fortuna de tener el apoyo constante de mi familia, por esa razón este proyecto va dedicado a mi madre Omaira Gómez, mi hermana Breidy Yadira Gómez, mi padre Pedro Antonio Quitian Rusinque, quienes me brindaron y brindan su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida incluido el proceso educativo en el cual han sido fuente de motivación para lograr culminar esta etapa de mi vida de manera exitosa.

Edisson Quitian Gómez

Dedico este trabajo primeramente a dios, por permitir estar con vida y permitirme vivir este momento tan especial como lo es mi formación como profesional y en segundo lugar agradecerle a mi familia por este apoyo incondicional por ayudarme y poder contar con ellos en momentos difíciles que son de vital importancia para poder llegar a la cima y alcanzar este gran logro tan especial que lo es para mí y sé que para ellos también lo es.

También agradecerle a cada uno de mis amigos y compañeros que han estado a lo largo de este camino que no ha sido fácil y que han aportado su granito de arena y se han encargado de moldear una gran persona.

Diego Yobani Rodríguez

Quiero dedicarle este trabajo a Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar este proyecto de vida, a mi hijo que es lo que más amo, a mis padres y hermana por estar ahí cuando más los necesite; y en especial a esa persona que nunca me abandonó y que su gran sueño era verme terminar este gran proyecto y que sé que desde el cielo siempre me ha ayudado y me ha acompañado en este proceso que no ha sido fácil, Gracias a ti mi Edy porque este triunfo es de los dos.

Jessica Mercedes Larrota Ramírez

### Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familiares por todo el apoyo que nos brindaron durante nuestra carrera profesional, por animarnos para continuar y culminar con satisfacción este trabajo de investigación, por ser nuestro pilar y ejemplo a seguir.

Agradecemos a nuestro tutor Edgar Orjuela Montoya por guiarnos durante este proceso de llevar a cabo esta investigación, por sus consejos y recomendaciones para realizar de la mejor manera este proyecto. ¡Muchas gracias!

Jessica Mercedes Larrota Ramírez

Edison Quitian Gómez

Diego Yobani Rodríguez

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

**Contenido**

Lista de ilustraciones	IX
Lista de figuras	X
Lista de graficas	X
Lista de tablas	X
Lista de anexos	XI
Resumen	XII
Abstract	XIII
Introducción	1
1.	3
2.	5
3.	7
3.1	7
3.2	7
4.	8
4.1	8
4.1.1	8
4.1.2	12
4.1.3	15
4.1.4	17

4.1.5	20
4.1.6	25
4.2	32
4.3	35
4.4	38
4.4.1	38
4.4.2	39
4.4.3	39
4.4.4	39
4.4.5	41
4.4.6	41
4.4.7	41
4.4.8	41
4.4.9	42
5.	43
5.1	43
5.2	44
5.3	46
5.3.1	46
5.3.2	47

5.3.3 47

6. 48

6.1 48

6.2 53

6.2.1 53

6.2.2 54

6.2.3 58

6.3 60

6.5 68

7. 71

8. 72

9. 73

10. 74

11. 79



**Lista de ilustraciones**

<b>Ilustración 1.</b> Infografía ¿Cuánta agua hay en la tierra?	8
<b>Ilustración 2.</b> Pluviómetro	18
<b>Ilustración 3.</b> Esquema de correcta ubicación del pluviómetro.	19
<b>Ilustración 4.</b> Pluviógrafo y sus partes.	20
<b>Ilustración 5.</b> Hidrofló	21
<b>Ilustración 6.</b> Funcionamiento de un sistema hidroneumático.	22
<b>Ilustración 7.</b> Partes principales de un sistema hidroneumático.	24
<b>Ilustración 8.</b> Esquema de la instalación de un sistema hidroneumático	24
<b>Ilustración 9.</b> Objetivos de desarrollo sostenible.	26
<b>Ilustración 10.</b> Ecuación para calcular el beneficio si se implementa	32
<b>Ilustración 11.</b> Estación meteorológica Universidad de Cundinamarca- Girardot Cundinamarca	49
<b>Ilustración 12.</b> Estación meteorológica Nataima- Espinal Tolima	49
<b>Ilustración 13.</b> Ecuación para calcular velocidad.	55
<b>Ilustración 14.</b> Corte longitudinal de vivienda tipo.	61
<b>Ilustración 15.</b> Bajante agua lluvia.	62
<b>Ilustración 16.</b> Instalación sanitaria desde lavadora y lavamanos.	63
<b>Ilustración 17.</b> Tanque de filtro y tanque de agua tratada.	64
<b>Ilustración 18.</b> Instalación hidroflo.	64
<b>Ilustración 19.</b> Instalación tanque aéreo	65
<b>Ilustración 20.</b> Instalación hidráulica hacia puntos de jardín y garaje.	65
<b>Ilustración 21.</b> Tubería hidráulica hacia inodoro y tanque aéreo.	66

<b>Ilustración 22.</b> Tubería de desagüe del tanque de filtro.	67
---	----

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Variación en la oferta hídrica en año medio y seco (Estudio nacional del agua 2010 y 2014).	27
<b>Figura 2.</b> Distribución porcentual del agua en Colombia.	28
<b>Figura 3.</b> Estrategias Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico.	30
<b>Figura 4.</b> Esquema del sistema a través del cual se capta, se conduce y se dispone el agua para identificar oportunidades para el uso eficiente y ahorro del agua.	31

### Lista de graficas

<b>Gráfica 1.</b> Tabulación de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrada en estación Universidad de Cundinamarca- Girardot.	51
<b>Gráfica 2.</b> Tabulación de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrada en estación Nataima- Espinal.	53

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Estaciones climatológicas investigadas.	48
<b>Tabla 2.</b> Datos de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrados en estación Universidad de Cundinamarca- Girardot.	50
<b>Tabla 3.</b> Datos de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrados en la estación Nataima- Espinal.	52
<b>Tabla 4.</b> Datos del sistema para calcular el caudal.	55

<b>Tabla 5.</b> Cálculos con la formula Hazen Williams.	55
<b>Tabla 6.</b> Datos del sistema para calcular velocidad	56
<b>Tabla 7.</b> Cálculos de velocidad.	56
<b>Tabla 8.</b> Datos para calcular velocidad real.	56
<b>Tabla 9.</b> Datos necesarios para calcular la potencia de la bomba.	57
<b>Tabla 10.</b> Cálculo de potencia de la bomba.	58
<b>Tabla 11.</b> Consumo mensual en una vivienda estrato 3 en la ciudad de Girardot.	58
<b>Tabla 12.</b> Porcentajes de consumo de agua potable en una vivienda	59
<b>Tabla 13.</b> Valor de m <sup>3</sup> de agua recolectados mensualmente	59
<b>Tabla 14.</b> Reutilización del agua tratada en m <sup>3</sup>	60
<b>Tabla 15.</b> Ahorro de dinero mensual con el sistema ecotank	60
<b>Tabla 16.</b> Presupuesto de instalación proyecto EcoTank.	68

### **Lista de anexos**

<b>Anexo 1.</b> Recibo de acueducto y alcantarillado vivienda estrato 3 en Girardot.	78
<b>Anexo 2.</b> Plano de corte longitudinal de vivienda tipo con sistema EcoTank	78
<b>Anexo 3.</b> Manual de uso y mantenimiento del sistema EcoTank	79

### Resumen

El presente proyecto tiene por objetivo diseñar un sistema de recolección de aguas lluvias y aguas grises denominado (EcoTank) para la ciudad de Girardot Cundinamarca, con el propósito de disminuir el uso del agua potable en actividades secundarias, para usos generales diferentes al consumo humano, como las descargas de los sanitarios, lavado de pisos, al riego de plantas, etc.

Se recolectaron los datos meteorológicos del IDEAM correspondientes a las estaciones meteorológicas: Universidad de Cundinamarca en Girardot, y, Nataima en el Espinal. Con las precipitaciones máximas se calcula el caudal máximo que recibirá el tanque de filtro. De igual forma, se calcula el caudal de agua tratada que llevara el sistema.

Para el sistema de bombeo se plantea un sistema hidroneumático tipo hidroflo, para el cual se le calcula la potencia de la bomba, suficiente para impulsar el agua hasta el tanque aéreo donde se almacenará el agua tratada para ser utilizada en descarga del inodoro, lavado de pisos y autos, y riego de jardín y plantas.

En conclusión, este proyecto es funcional para recolectar agua en las épocas del año donde hay abundantes lluvias y poderse abastecer en las temporadas donde hay poca precipitación en Girardot Cundinamarca. El costo del sistema ecotank para ser implementado en una vivienda unifamiliar estrato 3 es de \$5.004.100. Teniendo en cuenta que el ahorro mensual es de \$26.130, esto quiere decir que anualmente se ahorraría \$313.560, por lo tanto, en 15 años aproximadamente se estaría recuperando la inversión inicial.

Los beneficios que tiene implementar este sistema es que genera reducción de consumo de agua potable, también trae beneficios para subsanar los problemas ambientales que afectan al planeta actualmente.

Palabras clave: aguas lluvias, aguas grises, precipitaciones, sistema hidroneumático.

### **Abstract**

The objective of this project is to design a rainwater and gray water collection system called (EcoTank) for the city of Girardot Cundinamarca, with the purpose of reducing the use of drinking water in secondary activities, for general uses other than human consumption, such as discharges from toilets, washing floors, watering plants, etc.

The meteorological data of the IDEAM corresponding to the meteorological stations were collected: University of Cundinamarca in Girardot, and Nataima in Espinal. With the maximum rainfall, the maximum flow that the filter tank will receive is calculated. In the same way, the flow of treated water that the system will carry is calculated.

For the pumping system, a hydropneumatic system of the hydrophilic type is proposed, for which the power of the pump is calculated, sufficient to drive the water to the air tank where the treated water will be stored to be used in flushing the toilet, washing the floors and cars, and garden and plant watering.

In conclusion, this project is functional to collect water in the times of the year when there is abundant rainfall and to be able to supply it in the seasons where there is little precipitation in Girardot Cundinamarca. The cost of the ecotank system to be implemented in a stratum 3 single-family home is \$ 5,004,100. Taking into account that the monthly saving is \$ 26,130, this means that \$ 313,560 would be saved annually, therefore, in approximately 15 years the initial investment would be recovered.

The benefits of implementing this system is that it generates a reduction in the consumption of drinking water, it also brings benefits to correct the environmental problems that currently affect the planet.

Keywords: rainwater, gray water, rainfall, hydropneumatic system.

## Introducción

La población mundial actualmente continua en aumento de forma exponencial y el estilo de vida que llevan los individuos no permite un consumo racional del agua. Según las Naciones Unidas está proyectado que “la población mundial alcance los 8.500 millones en 2030, 9.700 millones en 2050 y 11.200 millones en 2100” (Naciones Unidas, s.f.), esto se traduce en un exigente uso de agua potable que para el futuro será extremadamente elevado.

“Según el último informe de Naciones Unidas, 7.000 millones de personas sufrirán escasez de agua para el año 2050” (Martin de Lucas, 2017), como consecuencia de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y la utilización de métodos inadecuados por parte de los seres humanos.

Por otra parte, el calentamiento global está produciendo una menor incidencia de lluvias en diferentes partes del mundo, siendo esta una de las mayores fuentes de agua potable. La actividad industrial, las erupciones volcánicas y terremotos contribuyen de forma importante en la contaminación de aguas subterráneas y ríos. (Martin de Lucas, 2017)

Es de vital importancia y necesario empezar a desarrollar sistemas o dispositivos que permitan preservar el agua, teniendo en cuenta que aun con el avance tecnológico que se tiene en estos días, todavía hay poblaciones que no pueden acceder al servicio de agua potable en el lugar donde viven, y personas que por el contrario lo tienen y desperdician el precioso líquido vital en grandes cantidades, por esto es tan importante concientizar a los seres humanos ya que el agua es un recurso no renovable, y por ende se debe comenzar a hacer uso eficiente de esta para lograr un equilibrio entre el gasto y lo que realmente se necesita consumir.

Con este proyecto se presenta una alternativa de diseño para un sistema de reciclaje de aguas grises y aguas lluvias, lo cual conduce a un ahorro significativo de agua potable, partiendo del

hecho de captación de aguas grises, aguas que están levemente contaminadas para reciclarlas, teniendo en cuenta que esta es una gran alternativa para el manejo de este tipo de aguas ya que permiten el uso de tecnologías no tan costosas para su tratamiento.

## 1. Planteamiento del problema

El agua ha sido tema de interés a nivel mundial debido al papel vital que este recurso juega en la vida humana y su creciente escasez para abastecer los servicios requeridos por el hombre. Es por esto que el ahorro de agua potable en el hogar es fundamental en cualquier comunidad, y sobre todo en zonas donde el suministro de agua suele ser costoso y algunas veces irregular e insuficiente.

La población mundial crece exponencialmente al igual que el consumo del agua potable para las necesidades básicas. Si la población sigue aumentando al ritmo actual, los 7.400 millones de habitantes, pasarán a ser 9.200 millones en el año 2050. Esto se traduce en una exigencia de agua potable que, para entonces, será extremadamente elevada, difícilmente sostenible, e imposible. Según el último informe de Naciones Unidas 7.000 millones de personas sufrirán escasez de agua para el año 2050. (Martin de Lucas, 2017)

Girardot es un municipio turístico que tiene un costo de vida elevado, donde se ha venido presentando una sobre estratificación en sus zonas urbanas, lo que viene incrementando potencialmente el abastecimiento de este recurso, por lo cual se ha incrementado a gran escala el valor del metro cubico (m<sup>3</sup>) de agua; al tener el Rio Magdalena como su principal fuente de abastecimiento.

Por lo anterior, el desperdicio del agua potable se ha convertido en un problema actual y complejo que afecta directamente a la población girardoteña en lo referente al uso y aprovechamiento de este recurso hídrico para su diario vivir y para el desarrollo económico de la región; problemática que se incrementa con la baja disponibilidad de fuentes superficiales.



Surge entonces la oportunidad de formular el aprovechamiento de las aguas lluvias y grises, para la mitigación del uso del agua potable en actividades secundarias que no precisan de agua potable.

### **Pregunta de investigación**

¿Cómo aprovechar las aguas lluvias y aguas grises para reducir el uso del agua potable en actividades secundarias, disminuyendo el porcentaje de consumo vs costo de vida en Girardot Cundinamarca?

### **Solución del problema**

Diseñar un sistema llamado ECOTANK que consiste en la recolección de aguas lluvias y aguas grises, para la reutilización de las mismas en las viviendas, centros comerciales, zonas comunes de condominios y conjuntos, lavados de autos.

## 2. Justificación

“En un planeta en el que la escasez de agua afecta a más del 40 % de la población mundial, reducir el gasto innecesario de agua es imprescindible para cumplir con el sexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible”. (ambientum, 2018)

Las aguas grises y aguas lluvias tienen gran importancia ya que pueden ser regeneradas para reutilizarse como agua de riego de jardines o en la carga de cisternas de inodoros. Esta práctica tiene grandes ventajas desde un punto de vista medio ambiental, al mismo tiempo que supone un ahorro en el consumo.

La generación de agua en una vivienda de 4 personas es de unos 200 L/día. Esto significa que con el aprovechamiento de las aguas grises tenemos agua reciclada para el uso del inodoro de todo un año (38.000 L) así como también para el riego diario del jardín (100 puntos de goteo). Al mismo tiempo devolvemos al medio unos 140.000 L de agua de muy buena calidad. (Martin de Lucas, 2017)

Existen muchas labores diarias que no requieren de un agua de calidad potable y para las cuales, las aguas grises procedentes de duchas y lavamanos, tratadas en el mismo lugar en un sistema de filtros y cloración, son una alternativa eficaz y adecuada como aprovechamiento para cisternas de inodoro, riego, limpieza, etc., tanto en viviendas unifamiliares, bifamiliares o plurifamiliares, hoteles y residencias, polideportivos, edificios industriales, así como en grandes superficies.

Según la Guía Técnica Española de Recomendaciones para el Reciclaje de Aguas Grises en Edificios, pág. 4 “Aplicando la tecnología conveniente, se puede reducir un 40% el consumo de agua apta para el consumo humano de nuestros edificios y reservarla para aquellos usos estrictamente necesarios” (Aqua España, 2016), esto quiere decir que al unificar la reutilización

total de aguas grises y aguas lluvias puede ser mayor este porcentaje de reducción de consumo de agua potable.

El agua consumida por duchas y lavamanos es canalizada hasta el depósito de aguas grises, situado en el lugar más idóneo de la casa. Posteriormente bombeada a un tanque elevado a través de una bomba mecánica; El sistema de recolección de aguas lluvias y aguas grises pretende que el ahorro que se llevaría a cabo con ese proyecto supera la mitad del gasto mensual y por lo mismo se ve la necesidad de invertir en el proyecto.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Diseñar el sistema de recolección de aguas grises y aguas lluvias “EcoTank” como aprovechamiento de reutilización en actividades secundarias, para mitigar el impacto ambiental y económico en los habitantes de Girardot Cundinamarca

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Elaborar planos del sistema de recolección propuesto identificando sus componentes y la función de cada uno.
- Calcular el costo total de los materiales y mano de obra para la construcción del sistema de recolección ecotank a través de un presupuesto.
- Diseñar manual de uso y mantenimiento del sistema.
- Analizar el costo vs beneficio del proyecto “EcoTank” en una vivienda.

## 4. Marco referencial

### 4.1 Marco teórico

#### 4.1.1 Aguas Lluvias

En el mundo, el agua es un factor determinante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y la estabilidad económica y política. Aunque “El 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua; sin embargo, solo un pequeño porcentaje, el 0,025%, es apta para el consumo humano.” (Fundacion Aquae, 2018)

**Ilustración 1.** Infografía ¿Cuánta agua hay en la tierra?



Nota: Tomado de (Fundacion Aquae, 2018)

Por lo cual, la falta de agua es uno de los principales problemas para el desarrollo social y económico a nivel mundial, situación que se agudiza aún más en las zonas rurales. “En todo el mundo, alrededor de 3 de cada 10 personas, o 2100 millones de personas, carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar, y 6 de cada 10, o 4500 millones, carecen de un saneamiento seguro, según un nuevo informe de la Organización Mundial de la Salud” (Osseiran, 2017)

El ahorro del agua es una opción sostenible y es ambiental y económicamente favorable sobre el aumento de la oferta de agua para satisfacer la demanda. “La demanda o dotación por persona es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo. Esta necesidad de agua puede variar de 25 litros por día por persona, como mínimo, hasta 80 litros por día.” (Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura, 2013); Por esta razón, es importante la aplicación e instalación de sistemas de captación de agua lluvia, para satisfacer la demanda de los diversos tipos de consumo.

**Características de aguas lluvia:** Estas aguas se caracterizan por ser originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias las cuales fluyen por los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. En las aguas lluvias se conoce que los primeros flujos que caen son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie.

**Características Químicas:** Existen dos tipos de peligros químicos principales, los cuales son el pH y el plomo. Estos contaminantes llegan al agua debido a la presencia de diversas sustancias sobre las superficies de captación del agua lluvia. Por otro lado, los que provienen de materiales y sustancias químicas, se controlan optimizando los procesos y especificando las características de los productos utilizados en ella. Los elementos químicos más comunes en el agua lluvia son:

**Aluminio:** Las formas más comunes de encontrarlo presente es el de origen natural y las sales de aluminio que se utilizan como coagulantes.

**Amoniaco:** Se presenta en concentraciones mucho menores de las que pueden hacer daño

**Cloruro:** Es quien aporta el sabor salado, a partir de 250 mg/l es cuando se puede distinguir el sabor de los cloruros.

**Plomo:** Causa corrosión en las tuberías la cual es mayor en presencia del cobre. Es un metal pesado.

**Cloro:** Puede ser detectado mediante el olfato o el gusto, la concentración a la cual el consumidor puede detectar su presencia es de 0.6 a 1.0 mg/l.

**Clorofenoles:** Son el clorofenol, diclorofenol y triclorofenol de los cuales el último es el que presenta daños a la salud.

**Cobre:** Las tuberías de agua caliente pueden azular el agua, se presenta corrosión principalmente si conduce aguas blandas.

**Etilbenceno:** Posee un olor similar al de la gasolina, tiene efectos en la salud solo cuando se consume en grandes cantidades, puede provocar, irritación de garganta, opresión en el pecho y mareo.

**Hierro:** En grandes cantidades puede producir coloración roja.

**Manganeso:** En concentraciones mayores a 0.1 mg/l mancha la ropa y muebles sanitarios.

**Sodio:** La concentración en la que se encuentre define si puede o no ser detectado por el consumidor.

**PH:** El agua de lluvia tiene un pH relativamente ácido debido, fundamentalmente, a la elevada concentración de ácidos húmicos en la atmósfera. Una solución que tenga pH menor que

7 es ácida, la que tenga un pH equivalente a 7 es neutra y, si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina.

**Características físicas:** Las características físicas del agua, llamadas así porque se pueden percibir con los sentidos (olfato, vista, tacto, etc.). Los parámetros más relevantes se describen a continuación:

**Turbiedad:** Es originada por las partículas en suspensión, estas son de dimensiones variables desde 10nm hasta 0,1mm. Elevados niveles de turbiedad pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular la proliferación de bacteria.

**Color:** Las aguas superficiales pueden parecer altamente coloreadas debido a la presencia de materia pigmentada en suspensión, cuando en realidad el agua no tiene color. El material colorante resulta del contacto con detritus orgánicos como hojas.

**Olor y sabor:** Por lo general, la determinación que se realiza es la del olor (el olfato humano es más sensible que el paladar), debido a que el sabor depende de este. Las fuentes de sabores y olores en un agua responden a dos orígenes: naturales y artificiales. Las primeras incluyen gases, sales, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos y compuestos procedentes de la actividad vital de los organismos acuáticos. Los compuestos productores de olor/sabor de origen artificial pueden ser también orgánicos e inorgánicos y están probablemente más definidos, al poder identificarse la fuente concreta productora del problema.

**Temperatura:** Es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. La



temperatura aceptable para el consumo humano para una concentración máxima aceptable de 15 °C, en temperaturas altas disminuye la concentración de OD, y otras. legislaciones consideran la temperatura del agua de la zona con una variación de 3°C. (Guerra Romero, 2019).

**Características microbiológicas:** Las características microbiológicas de las aguas lluvias están relacionadas con la presencia de organismos microscópicos en el agua, los efectos de competencia y/o sinérgicos de las distintas especies. El parámetro principal se describe a continuación.

**Cloriformes totales:** También denominados termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas de hasta 45 °C, comprenden un grupo reducido de microorganismos indicadores de calidad, ya que son de origen fecal. (Guerra Romero, 2019)

#### **4.1.2 Aguas Grises**

Son aguas provenientes de las lavadoras, duchas, tinas y lavaderos; que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que están suficientemente limpias para regar las plantas.

Las aguas grises representan la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, representan entre el 50 y 80 % del uso total de agua. (Guerra Romero, 2019)

Las aguas grises no tienen mal olor después de ser descargadas, pero si se produce estancamiento se van a generar olores ya que los microorganismos presentes en ellas van a consumir oxígeno disponible y habrá mayor presencia de bacterias anaeróbicas, que además de dar mal olor, pueden crear un ambiente propicio para el desarrollo de agentes patógenos humanos. Además, es importante resaltar que las aguas grises contienen Fósforo, Potasio y Nitrógeno, que convierte a las mismas en una fuente de nutrientes para el riego.

Las aguas grises pueden contener partículas de alimentos, aceite, grasa, cabello, agentes patógenos, jabones, detergentes, champús, dentífricos, cremas de afeitar, detergentes, aceites corporales, cosméticos, restos de arena y otros productos químicos; además pueden contener diferentes metales y sustancias peligrosas.

La temperatura de las aguas grises, por lo general, oscila entre 18-30 °C, que es, generalmente, un poco mayor que la temperatura de suministro de agua. La concentración de sólidos en suspensión suele oscilar entre 50-300 mg/l de forma general.

También contienen materiales disueltos, siendo la sal más habitual el cloruro sódico. La conductividad normalmente está en un rango de 300 a 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Una salinidad demasiado alta (superior a 1.300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) conduce a problemas en el riego, ya que genera el inconveniente de la salinización del suelo; a pesar de ello, algunas plantas tolerantes a las sales pueden crecer en agua gris con alta salinidad.

El agua gris tiene menor contenido de patógenos que las aguas grises del inodoro, pero aún podría comportar un riesgo para la salud, ya que es susceptible de contener diferentes virus patógenos, bacterias, protozoos y parásitos intestinales. Muchas autoridades de todo el mundo siguen viendo el agua gris como un riesgo para la salud. La principal fuente de estos agentes patógenos son las heces de personas infectadas que contaminan el agua gris al lavarse las manos después de usar el inodoro, así como lavar a los niños después de la defecación y el lavado de ropa posterior. El agua gris tiene, por lo tanto, mayor concentración de patógenos si hay bebés y niños pequeños en un hogar. Lavar la carne cruda y vegetales crudos también puede contaminar el agua gris con agentes patógenos. El promedio de concentración de coliformes fecales en agua gris varía de 103-106 UFC/100 ml hasta 107-108 UFC/100 ml. (Guerra Romero, 2019)

**Características químicas:** Los compuestos químicos presentes en las aguas grises son: Aluminio, Arsénico, Plomo, Bario, Hierro, Calcio, Fosforo, Cadmio, Sulfatos, Cromo, Cloruros, Plata, Molibdeno, Nitrógeno, Cobre, pH (Potencial de hidrógeno), Níquel, Manganeso, Sodio, Grasas y aceites, Alcalinidad, Potasio, Magnesio, Surfactantes (Sustancias activas al azul de Metileno - MBAs) y Zinc. (Guerra Romero, 2019)

Por otro lado, se deben tener en cuenta dos parámetros claves en el estudio de la calidad del agua que son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). La DBO, es la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua residual. La DBO representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente. La DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación química de la materia orgánica presente en una muestra de agua. (Guerra Romero, 2019)

**Características microbiológicas:** Las características microbiológicas de las aguas grises están relacionadas con los Coliformes fecales, totales, *Escherichia coli*, entre otros, los cuales se deben fundamentalmente a los desechos humanos y animales, ya que los agentes patógenos bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y son de origen de muchas enfermedades y epidemias (fiebres tifoideas, disentería, cólera, polio, hepatitis infecciosa). Desde el punto de vista histórico, la prevención de las enfermedades originadas por las aguas constituyó la razón fundamental del control de la contaminación. En la red de control de aguas superficiales se analizan los Coliformes totales, y *Escherichia coli*, que es un indicador de contaminación fecal. En la red de control de aguas de baño se deben realizar controles de *Escherichia coli*. (Guerra Romero, 2019)

**Características físicas:** La principal característica física de estas aguas es, su color, el cual es gris por lo general. Otros parámetros físicos de importancia son la temperatura, la turbidez y el contenido de sólidos en suspensión. Las altas temperaturas pueden ser desfavorables, ya que favorecen el crecimiento microbiano y podrían en aguas sobresaturadas, inducir la precipitación.

#### **4.1.3 Procesos para el tratamiento de aguas lluvias y grises**

Actualmente existe la necesidad de implementar sistemas de tratamiento para la reutilización de aguas lluvias y grises en edificaciones. Estos sistemas traen consigo sobrecostos en materiales, herramientas y mano de obra; pero si se hace un análisis profundo se puede deducir que a largo plazo se recupera la inversión económica y se obtienen beneficios ambientales.

**Tratamiento de aguas grises:** Las aguas grises se definen como las aguas residuales urbanas, generadas por la duchas, lavamanos, lavaplatos, lavadoras y lavaderos. (Guerra Romero, 2019)

Los sistemas de reutilización de aguas grises pueden conseguir el ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable. La reutilización del agua disminuye los costos de agua potable y reduce la carga de las aguas residuales. (Guerra Romero, 2019)

Una amplia gama de tecnologías de tratamiento se ha aplicado en diferentes partes del mundo, las cuales consideran la calidad y cantidad de agua gris producida. En esta revisión se describirá algunos de los tratamientos más comunes y comerciales actualmente. Un sistema de tratamiento se considera eficaz si se produce la calidad del efluente requerido, es simple en su funcionamiento con un mantenimiento mínimo, y accesible debido a su bajo consumo de energía y los costos de operación y mantenimiento. (Guerra Romero, 2019)

**Procesos de tratamiento:** El tratamiento de las aguas residuales involucra una serie de pasos, cada uno de gran importancia en el proceso de depuración del agua de contaminantes. A continuación, se describen cada una de las fases del tratamiento.

**Pretratamiento:** Filtración del agua para eliminar los residuos sólidos o de mayor volumen que puedan estar contenidos en el líquido. En este paso el líquido será pasado por diferentes etapas en las que se removerá toda la basura de diferentes tamaños, para que el agua pueda pasar libremente por las tuberías hacia las cámaras de depuración. (Guerra Romero, 2019)

El proceso de homogenización, es el que permite mantener constantes las características del agua que pasa a los siguientes procesos. El mezclado se realiza en cualquier punto del tratamiento con el fin de adicionar reactivos químicos, y gases con el agua residual. También se usa el mezclado para mantener los sólidos en suspensión. A excepción del mezclado, el tratamiento preliminar es el que da origen a los lodos. (Guerra Romero, 2019)

**Tratamiento primario:** Proceso de depuración del agua residual, el líquido es colocado en tanques de sedimentación, en donde el estancamiento permitirá que se asienten los residuos en el fondo y se efectúe una clarificación primaria del agua que facilite el tratamiento posterior.

La sedimentación remueve los sólidos suspendidos y DBO haciendo uso de la fuerza de gravedad. La flotación consiste en desplazar los productos en suspensión hacia la superficie usando burbujas de agua; para que sean removidos por arrastre. La floculación es la formación de aglomerados de algunas partículas, lo que aumenta la velocidad de sedimentación y mejora los procesos de filtración. (Guerra Romero, 2019)

**Tratamiento secundario:** Se utilizan procedimientos biológicos aeróbicos para promover la desintegración del material contaminante presente en el agua. Las bacterias que se desarrollan gracias al medio aeróbico al que se expone el agua favorecen la eliminación de los residuos biológicos, con lo que se logra depurar en gran medida el líquido. El proceso se lleva a cabo en tanques de estabilización, tanques de aireación, percolación, lodos activos y digestores anaeróbicos. (Guerra Romero, 2019)

**Tratamiento terciario:** El agua es trasladada a cámaras finales de filtrado en donde se eliminan los últimos residuos que puedan permanecer en el líquido para ser trasladado a cámaras en las que se realizará el tratamiento a nivel químico. Este tratamiento puede incluir la aplicación de diferentes procesos, como filtración a través de carbón activado, aplicación de cloro o sometimiento del líquido a rayos ultra violeta.

**Filtración:** Paso del líquido a través de un medio que retenga las partículas sólidas. La arena, la antracita y la tierra de diatomeas son los materiales más comúnmente usados.

**Ósmosis inversa:** Paso del líquido a través de una membrana aplicando presión, lo que permite el paso del líquido y retiene el soluto.

**Adsorción:** Es la retención de las partículas disueltas por mediante fuerzas químicas o físicas. Este proceso se puede llevar a cabo usando carbón activado.

**Precipitación química:** Mediante la adición de sustancias o agentes químicas, se altera el estado de las partículas en solución, haciéndolas sedimentables.

**Tratamiento de aguas lluvias:** Los sistemas de recolección de agua de lluvia pueden ser diseñados e implementados a diferentes escalas, de acuerdo con el proyecto, esto va desde un sistema artesanal utilizado para una casa de orden rural hasta grandes proyectos como urbanizaciones, grandes centros comerciales. (Guerra Romero, 2019)

#### ***4.1.4 Precipitaciones***

Precipitación es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo.

El estudio de las precipitaciones es básico dentro de cualquier estudio hidrológico regional, para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la única entrada de agua a una

cuenca. También es fundamental en la previsión de avenidas, diseño de obras públicas, estudios de erosión, etc.

Intensidad de precipitación es igual a precipitación/tiempo.

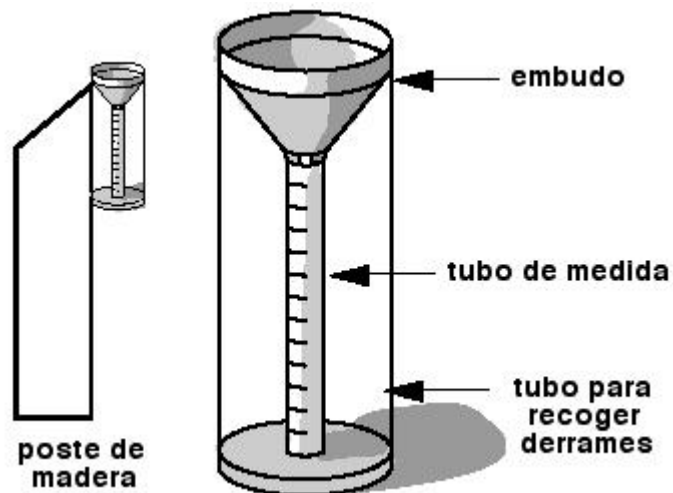
### **Unidades de medida**

Las precipitaciones caídas en un punto se pueden cuantificar mediante cualquier recipiente de paredes rectas, midiendo después la lámina de agua recogida. La unidad de medida es el milímetro (mm).

La intensidad de precipitación, aunque conceptualmente se refiere a un instante, suele expresarse en mm/hora. (Sánchez)

**Pluviómetros:** para poder leer con más precisión el agua recogida un pluviómetro recoge el agua en una bureta de sección menor a la de la boca del pluviómetro. La lectura del agua recogida se efectúa una vez al día. (Sánchez)

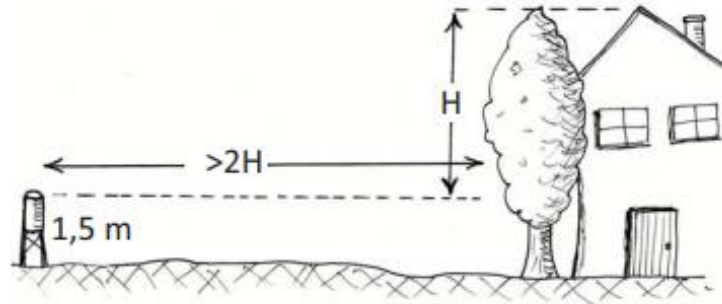
### **Ilustración 2. Pluviómetro**



Nota: Tomado de (Y8BL (CE), 2017)

La norma fundamental es que debe estar alejado de árboles o construcciones elevadas, en general a más del doble de altura del obstáculo. (Sánchez)

**Ilustración 3.** Esquema de correcta ubicación del pluviómetro.



Nota: Tomado de (Sánchez)

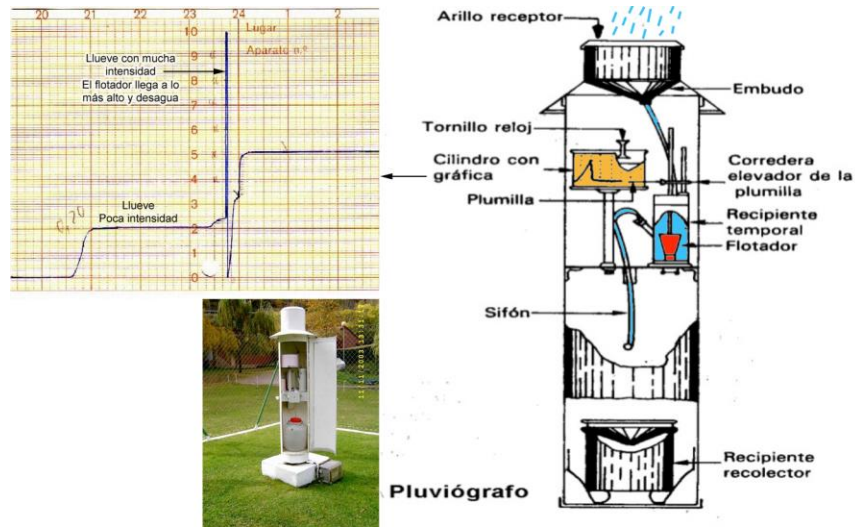
**Pluviógrafos:** En general, una medida al día de la precipitación puede ser suficiente, pero en muchas ocasiones se necesita un registro continuo del fenómeno.

Un pluviógrafo registra la evolución de la precipitación con el tiempo, ya sea con tinta y papel, o digitalmente. En algunos modelos, el pluviógrafo está dotado de un flotador que hace subir a una plumilla que registra gráficamente el llenado del recipiente a lo largo del tiempo.

El gráfico obtenido directamente con la plumilla o representando los datos digitales, se denomina pluviograma, y refleja la precipitación acumulada en función del tiempo.

La pendiente del gráfico obtenido en el pluviógrafo nos permite calcular la intensidad de precipitación en cada momento. (Sánchez)



**Ilustración 4.** *Pluviógrafo y sus partes.*

Nota: Una vez alcanzado su máximo nivel de agua, ésta es expulsada a través del sifón. Tomado de (Benito, 2020)

**4.1.5** *Sistema de presión de agua tipo hidroflo*

En este proyecto se incluirá el sistema de presión de agua tipo hidroflo para subir el agua tratada hacia el tanque aéreo, a continuación, se explica cómo funciona este sistema.

Es un sistema de bombeo de agua con un tanque para adicionar y aumentar la presión del agua con una velocidad constante, generando siempre la misma cantidad de presión dependiendo la cantidad y fuerza que se requiera gracias al hidroflo o motobomba conectada al tanque de agua.

(AG plomeria, s.f.)

**Ilustración 5. Hidrofló**

Nota: Tomado de (AG plomeria, s.f.)

**¿Qué son, cómo funcionan y qué alcance tienen los sistemas hidroneumáticos o domésticos?**

Los sistemas hidroneumáticos pueden cumplir variadas funciones en una vivienda al momento en el que se necesite trasladar agua de un sitio a otro, como lo son:





- Irrigación y riego de áreas verdes, huertas y jardines.
- Funcionamiento de aspersores de césped.
- Extracción de agua procedente de pozos, ríos, estanques, arroyos o incluso agua de lluvia.
- Suministro de agua de servicio.
- Abastecimiento de un hogar con agua limpia no potable.

Los componentes principales de un sistema hidroneumático son:

1. Una bomba de agua
2. Un tanque de presión precargado con aire comprimido

3. Elementos de control: un manómetro y un interruptor de presión.
4. Accesorios: válvulas de retención, válvulas de alivio de presión, caños, filtros, mangueras, acoples, etc.

**Ilustración 6.** *Funcionamiento de un sistema hidroneumático.*

ETAPA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tanque no tiene agua, sino solo aire.</li> <li>• El aire se expande llenando el área por encima de la bolsa.</li> </ul>	
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El operario enciende la bomba.</li> <li>• El agua comienza a ingresar en la bolsa del tanque.</li> <li>• A medida que la bolsa se llena de agua, comprime aún más el aire en el interior del tanque.</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando esta compresión iguala la presión de corte, el interruptor de presión se activa y la bomba se apaga.</li> <li>• En estas condiciones, la bolsa permanece llena de agua y la cañería queda presurizada.</li> </ul>	
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se abre una canilla o una ducha conectadas a la línea de suministro, el agua de comienza a consumirse y la presión desciende.</li> <li>• Cuando la presión cae hasta llegar a la presión de arranque, el interruptor de presión se activa nuevamente y la bomba se enciende.</li> </ul>	

Nota: Tomado de (De maquinas y herramientas, 2016)

Desde la apertura de una llave hasta que la bomba comienza a funcionar de nuevo es cuando usamos el tanque como reserva. Este volumen útil (VU), que es otro parámetro del sistema, evita que la bomba deba arrancar y parar ante consumos pequeños. Por lo tanto, la bomba no se enciende cada vez que se abre una llave, sino solamente cuando la presión iguala el valor de la

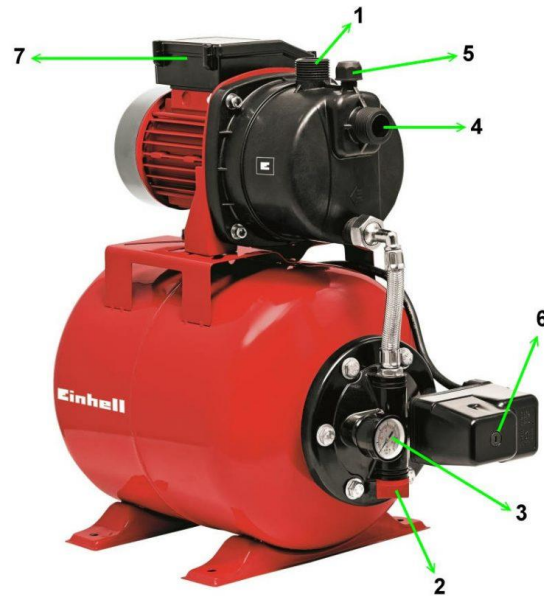
presión de arranque del sistema. Es claro que cuanto mayor sea el VU del tanque, menos ciclos de encendido/apagado tendrá la bomba. (De maquinas y herramientas, 2016)

De esto se desprende que los equipos hidroneumáticos reúnen una serie de ventajas evidentes, porque:

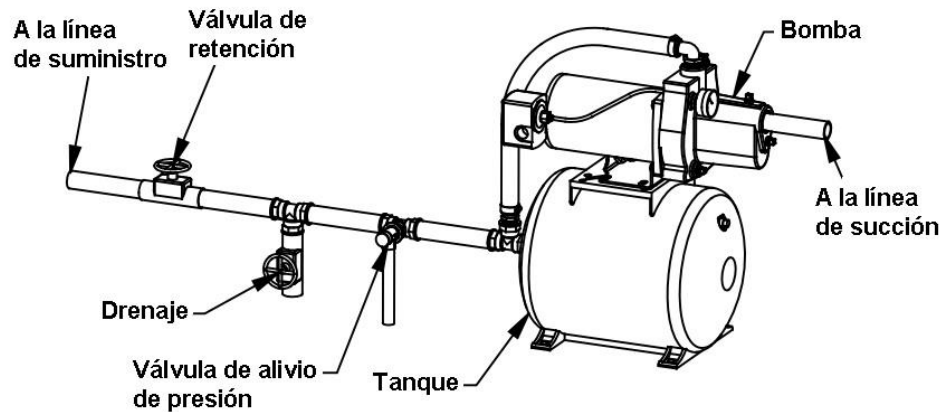
- Significan un ahorro de energía.
- Prolongan y protegen la vida útil de la bomba al reducir la cantidad de ciclos de encendido/apagado.
- Almacenan el agua y la suministran a presión solo cuando se necesita.
- Reducen el mantenimiento del sistema.
- Mantienen una reserva de agua a presión (VU), permitiendo que la bomba satisfaga la demanda total del sistema para garantizar un flujo constante de agua. (De maquinas y herramientas, 2016)

La ilustración 7 representa un sistema hidroneumático con sus partes principales:

1. Conexión para suministro (línea de descarga)
2. Tornillo de drenaje del agua
3. Manómetro
4. Conexión a la toma de agua (línea de succión)
5. Tornillo para llenado de agua
6. Interruptor de presión
7. Interruptor eléctrico

**Ilustración 7.** *Partes principales de un sistema hidroneumático.*

Para poder usar este útil dispositivo, primero debemos efectuar las conexiones correspondientes. La siguiente ilustración representa un esquema de una instalación típica de un sistema hidroneumático.

**Ilustración 8.** *Esquema de la instalación de un sistema hidroneumático*

Nota: Tomado de (De maquinas y herramientas, 2016)

#### ***4.1.6 Guía para el uso eficiente y ahorro del agua***

El uso eficiente y ahorro del agua a nivel mundial se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, considerándolo como un “recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente. El uso eficiente del agua implica entre otros, caracterizar la demanda del agua (cualificar y cuantificar) por parte de los diferentes usuarios y analizar los hábitos de consumo para emprender acciones dirigidas hacia cambios que optimicen su uso, así como a la promoción de prácticas que permitan favorecer la sostenibilidad de los ecosistemas y la reducción de la contaminación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021)

En Septiembre de 2015, la Organización de las Naciones Unidas - ONU, adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el objetivo 6: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” y establece para 2030 “(...) aumentar sustancialmente la eficiencia en el consumo de agua para todos los sectores y lograr una extracción y un abastecimiento sostenible del agua dulce para hacer frente a la escasez de agua, y reducir sustancialmente el número de personas que la padecen”. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

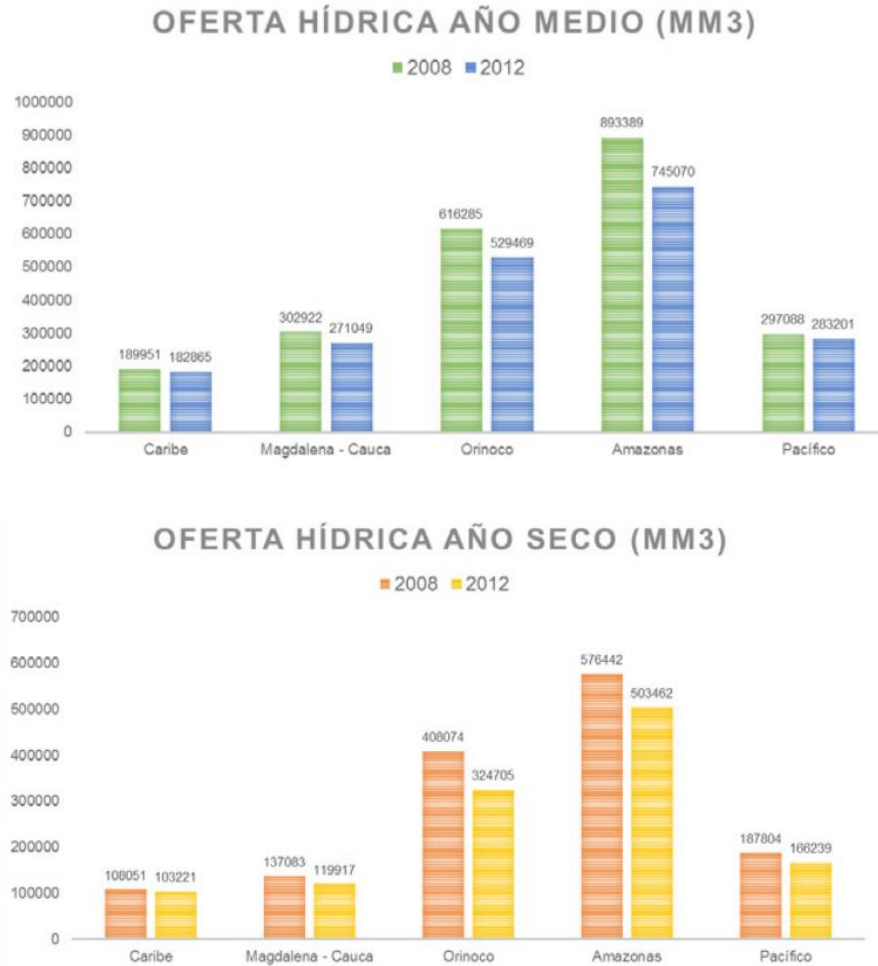
**Ilustración 9.** *Objetivos de desarrollo sostenible.*

Nota: Tomado de (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021)

La Guía para el uso eficiente y ahorro del agua, busca promover y orientar a los usuarios del recurso hídrico tanto superficial como subterráneo (los concesionarios), sobre la elaboración e implementación de los programas de uso eficiente y ahorro del agua y a las autoridades ambientales en relación con rol que desempeñan en la formulación de la línea de uso eficiente y ahorro del agua que deben incluir en sus planes de acción institucional, así como en la definición de los criterios mínimos a tener en cuenta para la aprobación, evaluación y seguimiento de los programas de uso eficiente y ahorro del agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

**Demanda de agua a nivel Nacional**

**Figura 1.** Variación en la oferta hídrica en año medio y seco (Estudio nacional del agua 2010 y 2014).



Nota: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

**Demanda de agua sectorial y proyecciones**

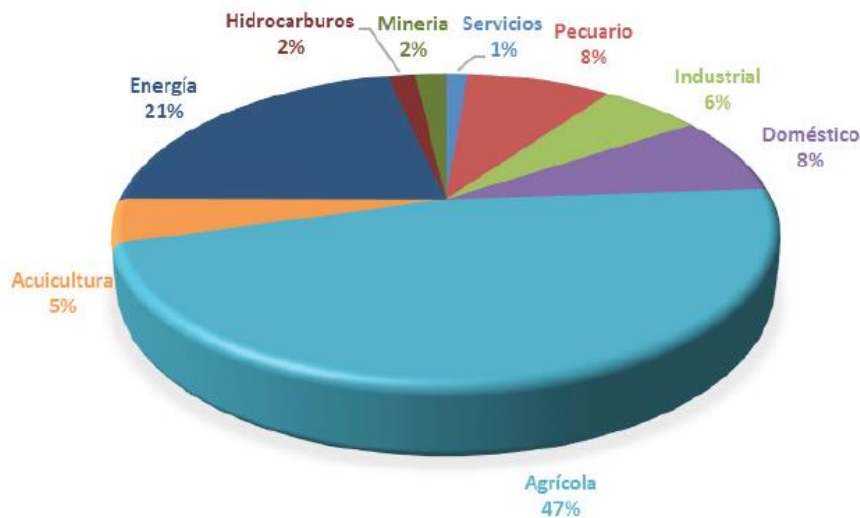
La demanda de agua para todos los usos está relacionada con el crecimiento de la población, por lo tanto, se requiere contar con la oferta hídrica para el abastecimiento de la población, y para la producción de bienes y servicios.

En el año 2012 la demanda total de agua fue de 35987. 1 millones de m3 y las pérdidas fueron de 2480.5 millones de m3, lo cual representa un 6.8 % respecto al total de agua demanda, sin



embargo, estos valores no incluyen las pérdidas para el uso de agua para riego, acuicultura, producción de hidrocarburos y minería (IDEAM, 2015). En la figura 7 se observa el uso de agua a nivel nacional, distribuidos para sectores económicos y uso doméstico. Se destaca que el sector agrícola tiene el porcentaje más alto de demanda de agua, seguido por el sector energía, por lo cual estos sectores son prioritarios en requerir el planteamiento e implementación de medidas para el uso eficiente del agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

**Figura 2.** *Distribución porcentual del agua en Colombia.*



Fuente: IDEAM (2015)

Nota: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

### **Ciclo del agua y su relación con el uso eficiente del agua**

En el ciclo del agua, la disponibilidad del agua, además de las variables hidroclimatológicas depende del caudal extraído, caudal de pérdidas y de la calidad del agua.

En el ciclo antropogénico del agua, se identifican dos aspectos determinantes la oferta y la demanda: las fuentes de agua existentes y el uso de estas por parte de los actores que habitan o desarrollan actividades en dichas fuentes, del conocimiento de estos depende la adecuada

administración del recurso hídrico. En el marco de la administración de la gestión integral del recurso hídrico, se encuentran los procesos de captación, uso y reúso el agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

Los usos del agua implican un cambio en la cantidad y calidad del agua lo cual se devuelve a la cuenca. El uso eficiente y ahorro del agua busca generar por parte de los concesionarios intervenciones que minimicen el impacto negativo al ciclo del agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

Dentro de los instrumentos generados en el marco normativo para hacer uso del agua, se encuentran las concesiones de agua, que son las herramientas principales para regular el uso y la distribución del agua, sin embargo con el crecimiento de la demanda y los posibles riesgos relacionados con la oferta en el contexto de la variabilidad climática y el cambio climático, es posible que las concesiones existentes, no se puedan mantener para el período otorgado si no se implementan las medidas necesarias para optimizar el uso del agua.

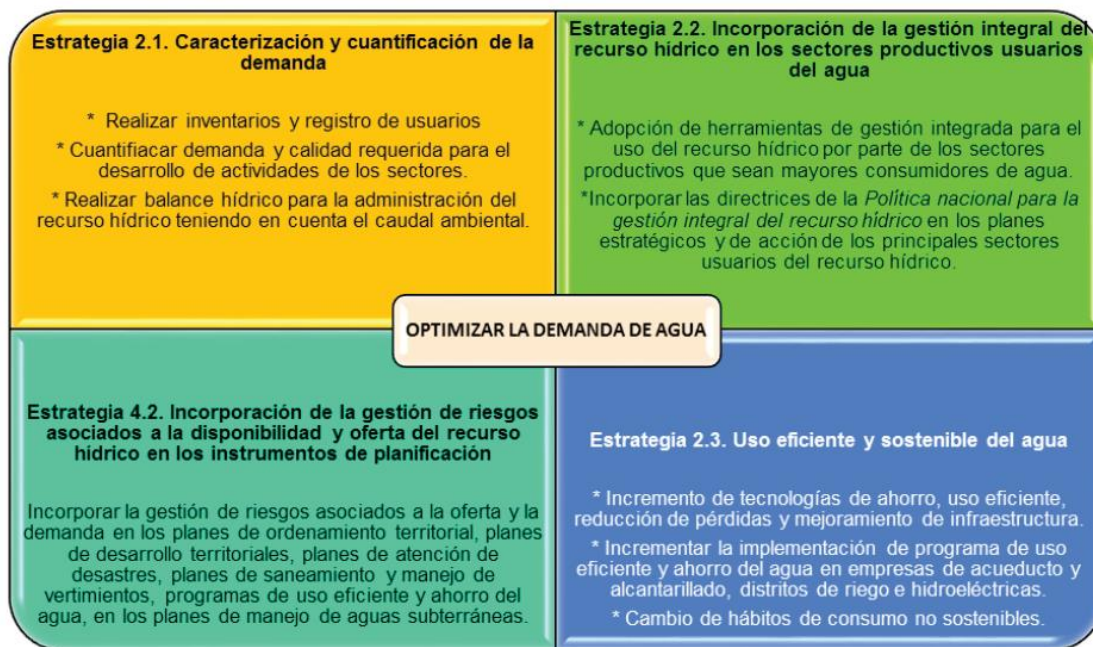
### **Estrategias principales para el uso eficiente y ahorro del agua**

- **Estrategias de reducción**

**Reducción de la demanda:** Dentro de los mecanismos para la reducción de la demanda se incluyen: instrumentos económicos como la tasa por uso de agua reglamentada por el artículo 2.2.9.6.1.1. del Decreto 1076 de 2015, incrementar progresivamente el costo por consumo adicional en subzonas con escasez de agua por variabilidad climática (Resolución CRA 695 de 2014), promover el uso de aparatos de bajo consumo de agua (Ley 373 de 1997); como otras opciones se encuentran las campañas para restringir ciertas actividades (p.ej.: lavar carros con agua del acueducto, etc.), diversificación de los cultivos, tecnificar el riego, optimizar las

centrales eléctricas para producir más energía con menos agua, captación de agua lluvia que puede ser utilizada en riego o como una fuente complementaria de agua para uso doméstico.

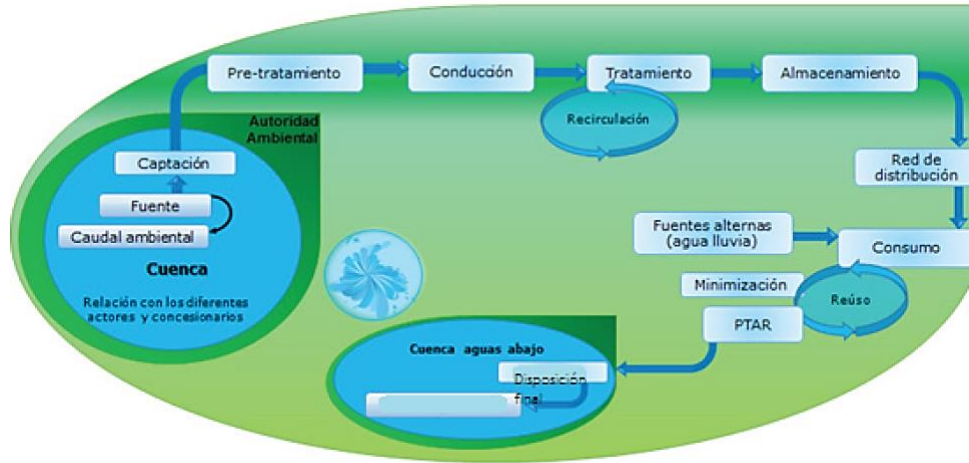
**Figura 3.** Estrategias Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico.



Nota: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

**Reducción de las pérdidas técnicas y económicas:** Revisión, manejo y mejoramiento de las pérdidas técnicas las cuales pueden presentarse en diferentes componentes del sistema de captación, conducción y disposición, las cuales se pueden deber principalmente a instalaciones obsoletas o falta de mantenimiento. Incluyen fugas en tuberías, rupturas en embalses y tanques, pérdidas en canales de riego, reboses, entre otros. El problema de pérdidas económicas puede incluir diferentes factores y actores tales como medidores que no estén calibrados o se encuentren en mal estado, conexiones fraudulentas, consumos parcialmente autorizados no facturados (p.ej.: asentamientos subnormales, uso en hidrantes, riego de parques públicos) pero también a usuarios que no pagan. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

**Figura 4.** Esquema del sistema a través del cual se capta, se conduce y se dispone el agua para identificar oportunidades para el uso eficiente y ahorro del agua.



(\*) PTAR: planta de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: convenio 335 de 2015 Minambiente - Univalle

Nota: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

**Valoración económica:** De cada posible intervención es necesario analizar la contribución al uso eficiente y ahorro del agua y el beneficio en términos económicos, sociales y ambientales, así como los factores que facilitan o limitan su implementación. La valoración económica es útil porque permite estimar los beneficios para adoptar cierta estrategia o proyecto y sus costos y así definir si la opción es viable o qué se requiere para su viabilización. La complejidad de su aplicación depende de la calidad de la información, del nivel de detalle y del conocimiento del sistema a través del cual se capta, se conduce y se dispone el agua, que tenga el formulador del programa de uso eficiente y ahorro del agua. Se recomienda que el planteamiento de las alternativas y su evaluación se realice teniendo en cuenta la escala de dicho sistema y de acuerdo con lo anterior será el nivel de complejidad. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

En el caso de proyectos de pequeña escala, para una rápida estimación se sugiere aplicar un análisis sencillo del costo-beneficio basado en la siguiente ecuación, sin embargo, el

concesionario podrá utilizar otra metodología para realizar este análisis. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

**Ilustración 10.** Ecuación para calcular el beneficio si se implementa

$$BTN = AECA - CAAI - CAO A$$

Donde:

**BTN:** beneficio total neto en \$/año si se implementa la medida

**AECA:** ahorros esperados en costos anuales en \$/año por la implementación de la medida (puede incluir beneficios directos, pero también indirectos por ejemplo en reducción de costos de tratamiento de agua usadas).

**CAAI:** costos amortizados adicionales de la implementación de la medida en \$/año incluyendo los costos de equipos etc. amortizados a lo largo de su vida útil (p.ej.: reemplazar un tramo de tuberías).

**CAOA:** costos operacionales adicionales anuales relacionados con la implementación de la medida (p.ej.: lectura y mantenimiento de medidores en caso de introducir medición etc.).

Nota: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

## 4.2 Marco conceptual

**Agua:** es una sustancia que se compone por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H<sub>2</sub>O) y se puede encontrar en estado sólido (hielo), gaseoso (vapor) y líquido (agua). Las propiedades físicas y químicas del agua son muy importantes para la supervivencia de los ecosistemas. (Valdivielso, iagua, s.f.)

**Aguas Grises:** aquellas aguas que se generan a partir de los residuos líquidos causados por el desagüe de bañeras, lavabos, pilas de la cocina, lavavajillas o lavadoras, su nombre es debido a su aspecto turbio y por su condición de estar en un punto intermedio entre el agua potable y las aguas residuales. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., s.f.)

**Aguas Lluvias:** La lluvia es agua que se condensa a partir del vapor de agua atmosférico y cae a la tierra. Antes pasa a través del aire y puede contaminarse con gases ácidos, polvo, polen o microorganismos. (Trilla, 2017)

**Agua Potable:** es el agua apta para consumo humano, es decir, el agua que puede beberse directamente o usarse para lavar y/o preparar alimentos sin riesgo alguno para la salud. (Raffino, 2020)

**Ahorrar:** Gastar de una cosa menos de lo que se gastaría no teniendo cuidado. (Gran Diccionario de la Lengua Española, 2016)

**Caballo de fuerza (HP):** Esta unidad de medida corresponde a una unidad de fuerza o trabajo, que en el sistema métrico corresponde al equivalente de la fuerza que se necesita para levantar 75 kg a un metro de altura, todo esto, en un segundo.

**Calentamiento Global:** aumento gradual de la temperatura de la tierra (incluyendo la atmósfera y los océanos). Esto, como resultado del incremento de gases de efectos invernadero que se caracterizan por retener el calor. (Roldán, 2017)

**Cambio Climático:** se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. (IDEAM, 2014)

**Captación de agua:** La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la acuicultura y usos domésticos. (Bocek)

**Caudal:** volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado. (Valdivielso, s.f.)

**Cloración del agua:** Es un proceso empleado en los tratamientos de aguas para lograr la desinfección de bacterias y organismos patógenos. (Nuevo, 2018)

**Conservación Del Agua:** La conservación o cuidado del agua implica las diferentes medidas, alternativas y acciones para un uso responsable o reducción del agua. (Pineda, s.f.)

**Estación meteorológica:** Es un dispositivo que recoge los datos de distintas variables atmosféricas que son de interés para la meteorología. (Gerardo, 2019)

**Hidrofló:** Es un sistema de bombeo de agua con un tanque para adicionar y aumentar la presión del agua con una velocidad constante, generando siempre la misma cantidad de presión dependiendo la cantidad y fuerza que se requiera gracias al hidroflo o motobomba conectada al tanque de agua. (AG plomeria, s.f.)

**Potencia:** Se define como la rapidez con la que se realiza un trabajo.

**Precipitación:** es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. (Perez, s.f.)

**Reciclar:** El reciclaje es el proceso mediante el cual los desechos se convierten en nuevos productos o en recursos materiales con el que fabricar otros productos. (Lineaverdehuelva.com, 2018)

**Recursos Hídricos:** Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida. (Pérez & Merino, 2016)

**Reutilizar:** es toda actividad del hombre para evitar tirar a la basura o desechar productos materiales que pueden volver a ser utilizados con mismos o diferentes fines para los que fue creado. (Gonzales, s.f.)

### 4.3 Estado del arte

Una vez realizado el análisis sobre investigaciones basadas en el tema de captación y reutilización de aguas lluvias y aguas grises para uso doméstico, encontramos a nivel nacional e internacional:

#### **Investigaciones nacionales**

En primer lugar, se destaca el trabajo de investigación llamado “metodología para la reutilización de aguas lluvias y grises en edificaciones” en el cual presenta como problema la escasez del agua, se planteó como alternativa el reúso de la misma; para darle un uso inteligente al consumo porque se incorpora nuevamente el agua al sistema sin tener que buscar nuevas fuentes de abastecimiento. Se planteó las diversas técnicas para la reutilización y tratamiento de aguas lluvias y grises en edificaciones, para minimizar el consumo de agua potable y reducir los costos de consumo. (Guerra Romero, 2019). El trabajo de grado fue realizado por Landys Patricia Guerra Romero, estudiante de la especialización en recursos hídricos de la Universidad Católica de Colombia, en el año 2019; quien después de estudiar los sistemas de tratamiento para aguas lluvias y compararlos con los parámetros admisibles del Decreto 1207 de 2014 para uso en sanitarios, concluyó que estas aguas se pueden reutilizar sin ningún tratamiento previo para la descarga de aparatos sanitarios. Con relación a las aguas grises a estas se les debe realizar un tratamiento previo a su reutilización. De igual manera, propone la utilización de filtros para las aguas lluvias con el fin de separar los sólidos antes de almacenar el agua captada. (Guerra Romero, 2019).

El presupuesto para construir este proyecto propuesto es de \$85.481.273; Guerra Romero hizo el comparativo de costos e inversión y en promedio en 6 años se estaría recuperando la inversión inicial y se tendría un ahorro aproximado de 5517,25824 m<sup>3</sup> de agua al año. Para el análisis no tuvo en cuenta los gastos de mantenimiento, que en promedio mensualmente representan \$358.333, los cuales contemplan limpieza y conservación del sistema. (Guerra Romero, 2019)



Por otra parte, se encuentra el trabajo de grado realizado por Jonathan Javier Borbón Torres y Luis Alejandro Rusinque Nieto, estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia, titulado “diseño e implementación de un sistema recuperador de aguas lluvias y/o grises para usos domésticos diferentes al consumo humano”, quienes realizaron en el año 2018 un diseño para un sistema de recolección de aguas lluvias y grises en una vivienda estrato 3 con 4 habitantes, localizada en la ciudad de Bogotá, y un consumo promedio mensual de  $7\text{m}^3$ , para su posterior implementación para usos distintos al consumo humano, como lo son las descargas de los puntos sanitarios, poceta de lavado de pisos (Terraza, Frente y demás áreas indicadas por el propietario). Borbón y Rusinque desarrollaron este proyecto como una empresa (Blu Water) para ser desarrollada a futuro como proveedor de este sistema como alternativa para uso adecuado de nuestro recurso hídrico. (BORBÓN TORRES & RUSINQUE NIETO, 2018) Encuentran en este proyecto una forma eficiente de recuperar agua para aportar al decrecimiento del consumo de agua potable en actividades que no están ligadas al consumo humano.

### **Investigaciones internacionales**

Con respecto a las investigaciones internacionales, en México en el año 2015 se llevó a cabo la tesis titulada: “sistema de cosecha de agua pluvial y reutilización de aguas grises de regadera en vivienda unifamiliar” realizada por el ingeniero Abad Posadas Bejarano, donde se evaluó la posibilidad de emplear un sistema de cosecha de agua pluvial y reutilización de aguas grises en vivienda unifamiliar de nivel medio ubicada dentro de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Se realizó un análisis volumétrico de disponibilidad hídrica basado en distintos niveles de precipitación, considerando además diferentes niveles de demanda y áreas de captación, con el fin de calcular las eficiencias potenciales de ahorro de agua potable. De igual manera, se realizó una propuesta de diseño arquitectónico de una vivienda de nivel medio en la que se

plantea el uso de esta clase de sistemas, obteniendo un ahorro de agua potable del 39% anual, considerando una precipitación media anual de 1,010 mm y 80 m<sup>2</sup> de captación. (POSADAS BEJARANO, 2015)

Paralelamente, en el año 2015 en Ecuador, Gonzaga Barreto Francisco German realizo el trabajo de grado llamado “diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico en la isla de Jambelí, cantón santa rosa, provincia de el oro”, en el cual, se desarrollaron diversas alternativas para la recolección de agua lluvia, que engloban desde sistemas de índole domiciliarios hasta institucionales. Para la selección de la alternativa viable se consideraron aspectos técnicos como los componentes que podían ser adaptados, así como también la sostenibilidad de la misma. Una vez escogida la opción factible se procedió a realizar el diseño de cada uno de los componentes del sistema, para lo cual se establecieron los respectivos criterios de diseño que permitieron dimensionar los elementos del sistema de una manera funcional y óptima. Luego de realizado el diseño se estimaron los rubros correspondientes para la implementación de un sistema de recolección de agua lluvia con los componentes detallados en el diseño, se establecieron los precios unitarios de acuerdo a los factores relacionados a la ejecución del sistema en la isla, conjuntamente a este se desarrolló la programación de obra respectiva (GONZAGA BARRETO, 2015). Finalmente se concluye que el sistema de recolección producirá un volumen anual de agua lluvia de 34.76m<sup>3</sup> que será destinado a actividades de alimentación y cocina, lavado de utensilios, aseo corporal menor. Se consideraron únicamente estas actividades debido a las condiciones climáticas de la isla Jambelí, además el sistema será un complemento al suministro actual de agua potable. En cuanto a costo-beneficio, el costo de implementación del sistema es de \$ 5588.48 USD (\$20.649.489 pesos colombianos) cuya inversión será solventada a corto plazo durante el periodo de construcción,

además de considerarse una vida útil de 20 años. Si se considera que el gasto anual de los habitantes en la compra de agua destinada a actividades de cocina, lavado y aseo es de \$ 726.84 USD (\$2.685.681 pesos colombianos), dando como resultado un total \$ 14536.80 USD (\$53.713.621 pesos colombianos) en un periodo de 20 años, se puede establecer que el sistema es económicamente factible. (GONZAGA BARRETO, 2015)

#### **4.4 Marco legal**

##### ***4.4.1 Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.***

**Título A:** el cual contiene el acto resolutivo mediante el cual el Ministerio de Desarrollo Económico, con base en las facultades que le otorga el Decreto No. 1112 de 1.996, lo expide como tal y le confiere carácter oficial para su aplicación en todo el territorio nacional. Los requisitos, procedimientos, prácticas y normatividad vigente, allí contenidos o mencionados, tiene el carácter de mandatorios y se reafirman por el uso frecuente de la palabra debe en cualquiera de sus acepciones.

**Título D: Recolección y evacuación de aguas residuales, domésticas y pluviales:** establece las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias, considerados como convencionales. Así mismo orienta la planificación, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento y el seguimiento de la operación de estos sistemas y sus componentes.

Incluye lineamientos para los elementos que conforman los alcantarillados de aguas residuales, lluvias y combinados como sistemas de recolección, manejo y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, sus diferentes componentes y estaciones de bombeo.

**Título E: Tratamiento de aguas residuales:** incluye generalidades, caracterización de las aguas residuales, sistemas de tratamiento en el sitio de origen, sistemas centralizados, emisarios

submarinos, aspectos de operación y mantenimiento y un Anexo con metodologías de diseño recomendadas.

#### **4.4.2 Resolución 0330 del 2017:**

Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

#### **4.4.3 Resolución 631 2015:**

Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Igualmente, se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o servicios, de conformidad con el artículo 18 de la presente resolución.

En el Anexo 2 se relacionan las actividades industriales, comerciales o de servicios, para las cuales se definieron parámetros y valores límites máximos permisibles específicos y de análisis y reporte.

#### **4.4.4 Ley 373 de 1997**

La Ley 373 de 1997 “Por la cual se establece el Programa para el uso eficiente y ahorro del agua”, tiene como propósito controlar y regular el uso del agua, así como priorizar acciones para el uso eficiente y ahorro del agua, trayendo beneficios sociales, ambientales y económicos.

(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

En la cual se propende por el uso eficiente y ahorro del agua y que dicta lo siguiente:

“**Artículo 2o.-** Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua. El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta

hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa”, sin embargo es poco lo que se conoce de los llamados incentivos para la utilización del recurso. En la misma ley se menciona lo siguiente: “**Artículo 5.** Reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua”, sin embargo, en consultas realizadas no se encontraron los casos de los cuales hace referencia la citada norma, en el **artículo 9** de la misma ley fija lo siguiente: “Artículo 9o.- De los nuevos proyectos. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consuma agua, deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable”, lo anterior en parte es aplicado a proyectos de gran escala que requieren licencia ambiental, sin embargo, para proyectos puntuales como edificaciones es poco lo que se ha logrado por parte de las entidades públicas encargadas de los licenciamientos de éstos proyectos.

#### **4.4.5 Ley 2811 de 1974**

Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

#### **4.4.6 Ley 142 de 1994**

que regula la prestación de servicios públicos incluyendo el de acueducto y alcantarillado, en ella se menciona la protección de los recursos naturales, la prestación del servicio por empresas públicas o privadas y el papel del estado en la regulación y control de las mismas.

#### **4.4.7 Decreto 302 de 2000**

por el cual se reglamenta la ley citada anteriormente y en la cual se dictan normas que regulan las relaciones que se generan entre las entidades prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado y los suscriptores y usuarios, sin embargo, en éstas dos solo se mencionan las aguas lluvias, como parte de los desagües de cualquier edificación y conmina las redes internas de cualquier proyecto a la responsabilidad del urbanizador o constructor del mismo.

#### **4.4.8 Decreto 673 de 2019**

ARTÍCULO 1. Adiciónese un inciso al artículo 2.3.6.3.5.15. de la sección 5, del capítulo 3, del título 6, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, en los siguientes términos:

"Por condiciones de variabilidad climática de carácter regional asociada a déficits de los niveles de precipitación en el país, de acuerdo con información aportada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) expedirá Resoluciones de Carácter General orientadas a incentivar el uso eficiente y de ahorro de agua. Las resoluciones serán publicadas en la página web de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico con

antelación no inferior a diez (10) días calendario de la fecha de expedición, con el fin de recibir las observaciones, reparos o sugerencias a que hubiere lugar en los términos señalados en el presente capítulo."

#### ***4.4.9 Decreto 1575 de 2007***

Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.

## 5. Metodología

En primer lugar, es necesario aclarar que el presente proyecto es de tipo no experimental, ya que los datos necesarios para calcular y diseñar el sistema de recolección de agua lluvias serán extraídos de fuentes existentes como el IDEAM. Esta investigación se realiza con un método cuantitativo puesto que se recolectará información numérica para realizar los cálculos para el diseño, cantidades y cálculos para poder determinar si este proyecto es viable comparando costo-beneficio y que genere reducción de gastos mensual para los girardoteños.

### 5.1 Diseño comprobatorio

Para comprobar que el diseño de este proyecto es factible se realizará una serie de estudios y análisis cuantitativos donde se podrá comparar el ahorro en promedio de m<sup>3</sup> y gastos de servicio público de acueducto.

Girardot es un municipio muy turístico, por donde podemos ver el paso de nuestro río Magdalena, uno de los ríos más importantes de nuestro país y la principal fuente hídrica de nuestro municipio. Sin embargo, hay una cantidad considerable de habitantes que vierten desechos en esta fuente hídrica, de igual manera se ha visto involucrado en sanciones por la CAR (Corporaciones Autónomas Regionales), ya que sus aguas residuales desembocan directamente en el río. Es necesario empezar a concientizar a la ciudadanía acerca de la escasez de agua potable que se presenta y como debemos hacer buen uso de ella. A raíz de esto, se pretende determinar ¿Cómo reducir el mal uso del agua potable, para disminuir consumos y a su vez costo de vida? Actualmente en la ciudad de Girardot, no se está efectuando ningún proyecto ambiental que incluya un sistema de recolección de aguas grises o lluvias. Por lo tanto, este proyecto se dará a conocer por medio de marketing digital donde las familias colombianas gasten en la



adecuación de este sistema con una retribución inmediata a corto y mediano y largo plazo, ya que se ahorraría mensualmente dinero y ayudamos al planeta.

Inicialmente, se planea implementar el proyecto en el interior de la construcción donde se lleve a cabo el proyecto debido a que será mucho más fácil acogerse al programa ya que se minimizan considerablemente los costos y se agiliza la ejecución del mismo, ya sea residencial o comercial, con pequeñas modificaciones en los hogares y en las costumbres diarias se puede llegar a un cambio positivo significativo si millones de personas aplican este sistema. Asimismo, también se puede implementar en las construcciones que ya están en la etapa constructiva, propietarios directos que ya hayan realizado la compra y viviendas familiares. Esta práctica trae consigo grandes ventajas ambientales ya que es una alternativa eficaz y adecuada que aplica en diversos ámbitos: cisternas de inodoro, riego, limpieza y demás. Cabe aclarar que las aguas grises procedentes de duchas y lavamanos, convenientemente tratadas, solo se pueden aplicar en actividades que no requieren de un agua de calidad potable. Se pretende que el ahorro que traería consigo la implementación de este proyecto supera la mitad del gasto mensual, la inversión inicial que se gasten en la adecuación de este sistema es considerable teniendo en cuenta la retribución inmediata a corto y mediano y largo plazo.

## 5.2 Variables e indicadores

En la ejecución del proyecto ECOTANK se tienen en cuenta las variables social, económica, ecológica, instalación y tratamiento.

En el ámbito **social** se puede llegar a generar un cambio en la conciencia de la comunidad en cuanto al uso y conservación adecuado del recurso hídrico. En el ámbito **económico**, primordialmente se debe hacer una explicación del producto, sus ventajas e información suficiente que permita conocer, entender el funcionamiento, el diseño y las aplicaciones que en el mundo se

han realizado sobre la recolección de las aguas lluvias, para motivar a las personas en la adquisición de este producto que no será en vano ya que obtendrán una reducción de costos en recibos públicos.

De la misma forma, se debe llevar registro de las cuentas correspondientes. Desde el punto de vista de la **instalación**, hay que tener en cuenta los siguientes indicadores:

Para la adecuación del lugar se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Excavación manual en terreno natural 1.5 m x 2.5 m. altura: 2 m.
- Compactación suelo y mejora con material conglomerado al 85%.
- Muros ladrillo tolete
- Columnas 15 cm x 20 cm
- Viga de amarre 15 cm x 20 cm
- Pañete muros opcional para mejorar acabados.

Para la instalación correcta del tanque, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Instalar tanque en una superficie lisa y uniforme.
- Instalación accesorios hidrosanitarios.
- Instalación de la válvula de llenado y flotador.
- Instalación filtro de sedimentos.

Respecto a las variables de **tratamiento** y **ecológico**, se debe tener en cuenta la canal que recoge el agua lluvia la cual será conducida al tanque de recolección de agua, revisar el sistema que este bien instalado y verificar que su propósito óptimo en cuanto a su desarrollo la tecnología actual permite tener los datos sistematizados de consumo diario del agua para analizar el ahorro que se está generando, poseer un control de lo que se consume, y generar una estadística sobre el beneficio del mismo. Evitar grandes cantidades de aguas contaminadas que llegan a ser descargadas en el

rio, y un destino final nuestros mares, estos vertimientos afectan directamente al río Magdalena y genera problemas de contaminación y salubridad. Por esa razón, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR aseguro recursos para cofinanciar la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con el fin de tratar las aguas residuales para contribuir en la conservación de los ríos, para lograr este objetivo, se firmó un Acta de Voluntades entre la CAR y la administración municipal de Girardot el 26 de junio del 2019. (CAR, 2019)

### **5.3 Procesos y procedimientos**

#### ***5.3.1 Recopilación de la información***

- Realizar consulta bibliográfica sobre el tratamiento de aguas, con la ayuda de libros, revistas, artículos, etc. Visita a bibliotecas.
- Realizar estudio y consulta bibliográfica sobre sistemas de tratamiento existentes en el mundo y en Colombia. Empresas prestadoras de este tipo de servicios, instrumentación existente.
- Realizar consulta bibliográfica sobre tipos de tratamiento de agua, sus diferentes aplicaciones y sus métodos, para determinar la mejor opción en la implementación de un sistema de reutilización mecánico y de bajo costo que pueda ser aplicado a los hogares de Girardot.
- Registrar el consumo de agua en los hogares de Girardot mediante cifras tomadas de sondeos a la población y documentos existentes.
- Determinar la cantidad de agua lluvia que puede recolectar los hogares de Girardot mediante cifras tomadas del IDEAM y aplicación de fórmula planteada en la Resolución 0330 del 2017- Título D

- Consultar la normativa aplicable al manejo y disposición de aguas en el país y en Girardot Cundinamarca

### **5.3.2 *Formulación y diseño.***

- Diseñar un esquema que se adapte al objetivo del proyecto.
- Diseñar planos del sistema propuesto donde se muestre claramente sus componentes y la función de cada uno.
- Determinar materiales y estructuras viables con base en los planos, para el funcionamiento del sistema de recolección.
- Estudiar basados en planos los materiales necesarios para el proyecto y mano de obra generando un presupuesto.
- Determinar el costo-beneficio generado por al invertir en este proyecto.
- Diseñar un manual de uso y mantenimiento del sistema

### **5.3.3 *Sustentación del proyecto***

- Presentar el proyecto al comité de jueces establecidos por la Universidad Minuto de Dios, recibir opiniones y puntos de vista para implementar y mejorar.

## 6. Resultados

### 6.1 Recolección de datos hidrometeorológicos.

En primer lugar, se consulta en la página web del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) los datos hidrometeorológicos de las estaciones más cercanas al municipio de Girardot; teniendo en primer lugar la estación Universidad de Cundinamarca ubicada en Girardot-Cundinamarca y en segundo lugar la estación Nataima ubicada en el municipio Espinal- Tolima. En la tabla 1 se describen los datos representativos de estas 2 estaciones seleccionadas:

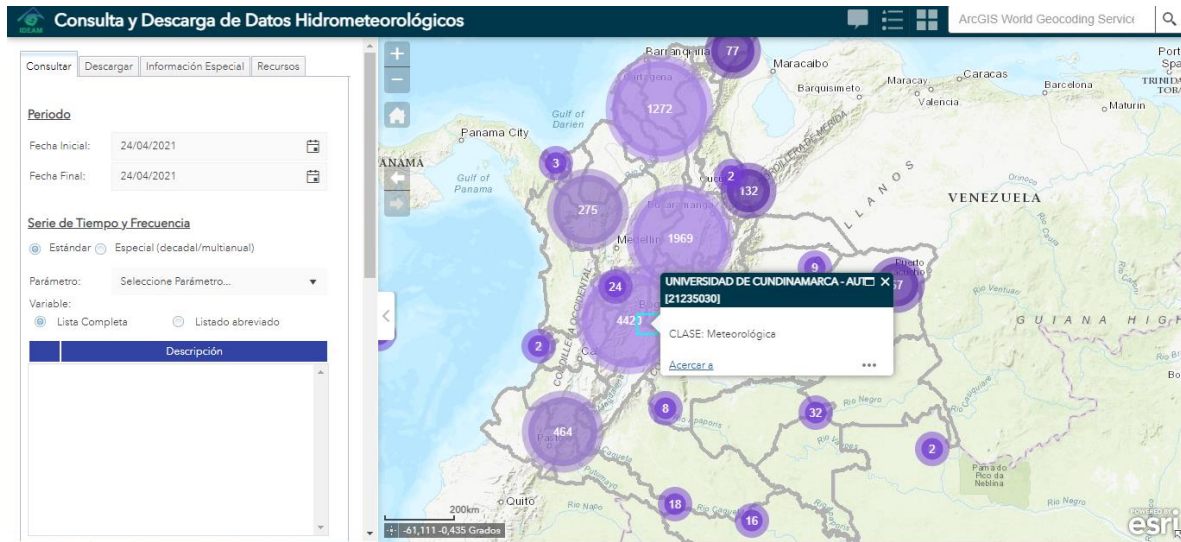
**Tabla 1.** *Estaciones climatológicas investigadas.*

<b>Estación</b>	<b>Código</b>	<b>Coordenada</b>	<b>Municipio</b>	<b>Altura m.s.n.m</b>
U. Cundinamarca	21235030	4.31N 74.80 W	Girardot	290
Nataima	21185009	4.15° N 74.89° W	Espinal	329
	0			

Nota: Fuente propia.

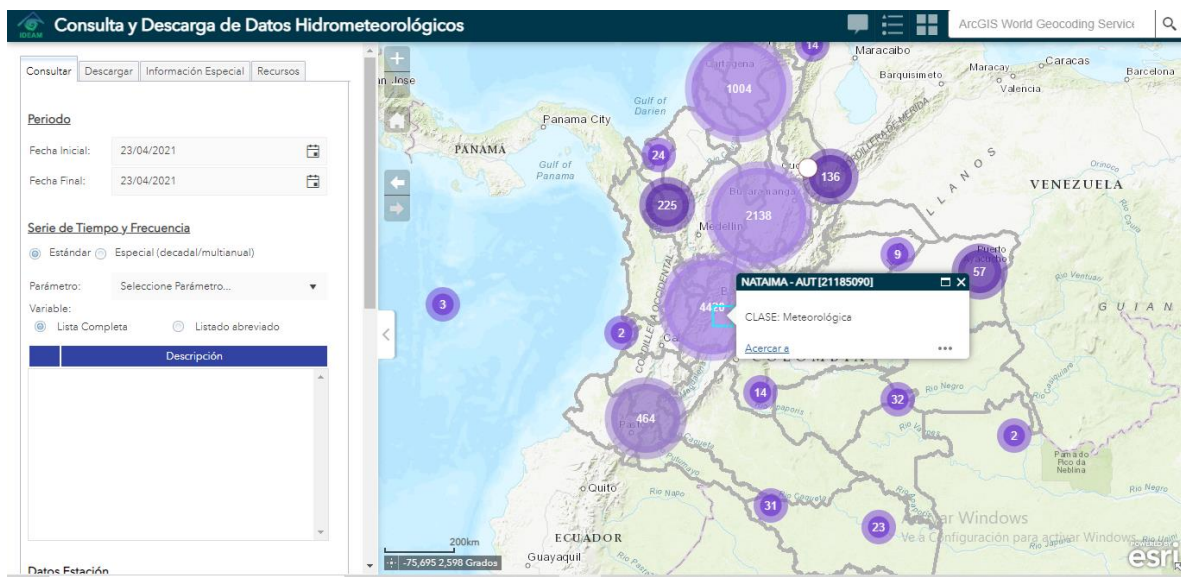
En las ilustraciones 11 y 12 se visualiza la ubicación de las estaciones Universidad de Cundinamarca y Nataima.

**Ilustración 11.** Estación meteorológica Universidad de Cundinamarca- Girardot Cundinamarca



Nota: Tomado de (IDEAM, s.f.)

**Ilustración 12.** Estación meteorológica Nataima- Espinal Tolima



Nota: Tomado de (IDEAM, s.f.)

De la estación Universidad de Cundinamarca se extraen los datos de temperatura máxima y precipitación máxima durante el periodo comprendido entre el año 2010 y 2019, datos que se reúnen en la información de la tabla 2 y la gráfica 1.

**Tabla 2.** Datos de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrados en estación Universidad de Cundinamarca- Girardot.

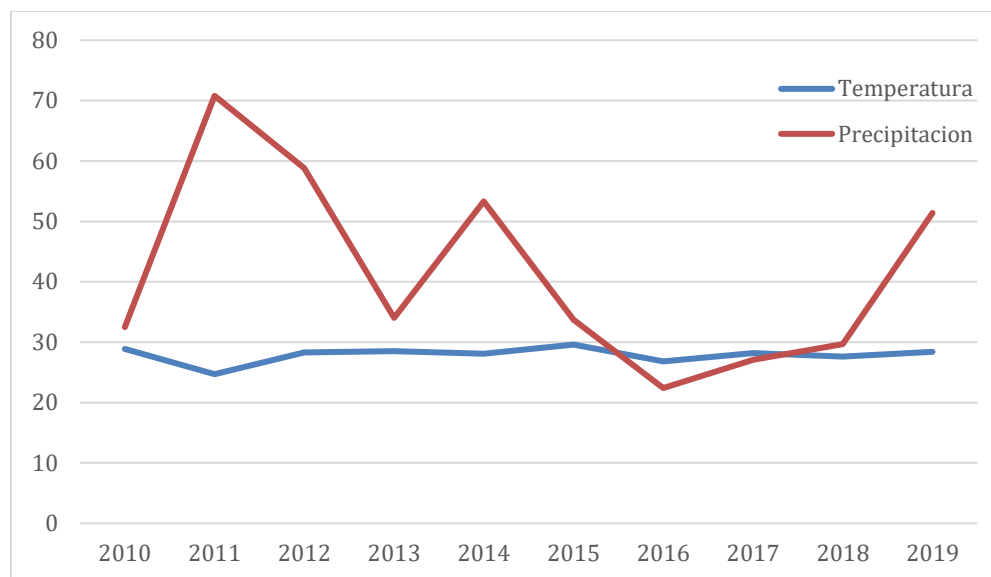
Año	Temperatura máx.	Precipitación máx.
2010	28,9	32,5
2011	24,7	70,8
2012	28,3	58,8
2013	28,5	34
2014	28,1	53,3
2015	29,6	33,7
2016	26,8	22,4
2017	28,2	27,1
2018	27,6	29,7
2019	28,4	51,4

Nota: Fuente propia.

Teniendo como resultado que, en esta zona de Cundinamarca, para el año 2011 hubo más lluvias (70,8 precipitación) y por ende se registra una menor temperatura (24,7°C) teniendo días más frescos; a raíz de esta información se puede decir que se presentó el fenómeno de la niña.

Por el contrario, en el año 2015 se presentaron días más calurosos (29,6°C temperatura máxima) porque hubo menos precipitación, pero no es la menor precipitación registrada a comparación de los años 2010, 2014, 2016, 2017, 2018.

**Gráfica 1.** Tabulación de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrada en estación Universidad de Cundinamarca- Girardot.



Nota: fuente propia.

Seguidamente, de la estación Nataima ubicada en el municipio Espinal- Tolima se extraen los datos de temperatura máxima y precipitación máxima durante el periodo comprendido entre el año 2010 y 2019, datos que se reúnen en la información de la tabla 3 y la gráfica 2.

**Tabla 3.** Datos de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrados en la estación Nataima- Espinal.

Año	Fecha de precipitación	Precipitación máx.	Fecha temperatura	Temperatura máx.
2010	3/09/2010 11:00AM	28	22/02/2010 12:00AM	26,7
2011		NO HUBO PRECIPITACION	16/03/2011 12:00AM	24,6



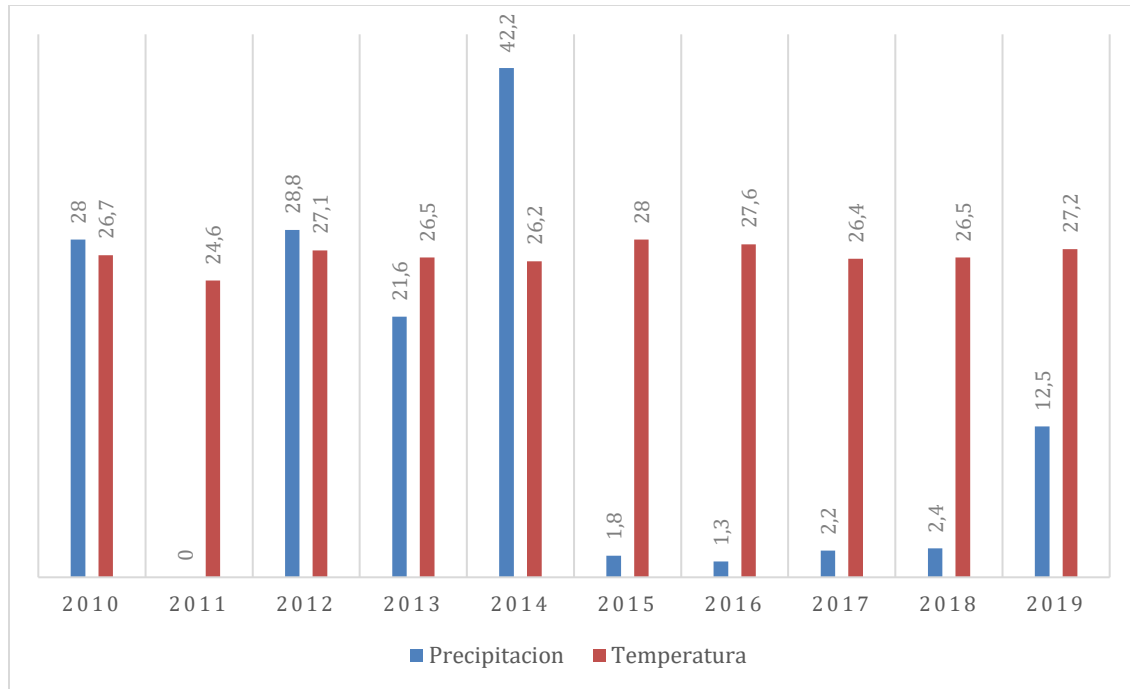
201	10/02/2012	28,8	2/10/2012 12:00AM	27,1
2	08:00AM.			
201	27/10/2013	21,6	14/04/2013 12:00AM	26,5
3	11:00AM.			
201	3/02/2014 3:00AM	42,2	14/04/2014 12:00AM	26,2
4				
201	8/05/2015 10:00AM	1,8	19/02/2015 12:00AM	28
5				
201	18/11/2016 04:00PM	1,3	20/01/2016 12:00AM	27,6
6				
201	25/10/2017 03:00PM	2,2	11/08/2017 12:00AM	26,4
7				
201	08/05/2018 06:00PM	2,4	01/09/2018 12:00AM	26,5
8				
201	01/10/2019 01:00AM	12,5	12/09/2019 12:00AM	27,2
9				

Nota: Fuente propia.

Por esta zona del Tolima, para el año 2014 en el primer semestre, se presentaron más lluvias (42,2 precipitación) y por esta razón se registra una menor temperatura (26,6°C), pero no es la menor temperatura a comparación con el año 2011 que presentó la menor temperatura, pero no se registraron precipitaciones; para el año 2011 se puede decir que se presentó el fenómeno del niño, un año de sequía.

Por el contrario, en el año 2015 se presentaron días más calurosos (28°C temperatura máxima) con la segunda precipitación más baja (1,8) de estos años.

**Gráfica 2.** Tabulación de temperatura máxima y precipitación máxima anual registrada en estación Nataima- Espinal.



Nota: Fuente propia.

## 6.2 Cálculos

### 6.2.1 Determinación de caudal máximo

Con los datos de precipitación recolectados de las dos estaciones meteorológicas se aplica el método de la ecuación racional para conocer el caudal máximo que recolecta el área de la cubierta de la vivienda tipo diseñada.

$$Q = \frac{(C \cdot i \cdot A)}{360}$$

Donde,

Q= Caudal de diseño, correspondiente al periodo de retorno seleccionado, en m<sup>3</sup>/s

C= Coeficiente de escorrentía

i= intensidad de lluvia de diseño

A= Área de la cubierta

El Caudal máximo respecto a la estación Universidad de Cundinamarca del municipio de Girardot, se calculó teniendo en cuenta las precipitaciones desde el año 2010 al 2019 teniendo como resultado que el año 2011 se presentó la mayor precipitación con 70,8.

$$Q = \frac{(0,9 * 70,8 * 0,000084)}{360}$$

$$Q = 0,00148799 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal máximo respecto a la estación Nataima del municipio del Espinal, se calculó teniendo en cuenta las precipitaciones desde el año 2010 al 2019 teniendo como resultado que el año 2014 se presentó la mayor precipitación con 42,2.

$$Q = \frac{(0,9 * 42,2 * 0,000084)}{360}$$

$$Q = 0,008862 \text{ m}^3/\text{s}$$

Teniendo como resultado que el mayor caudal es de **0,008862 m<sup>3</sup>/s**, este será el caudal que recibirá el tanque de filtro.

### 6.2.2 Diseño de la bomba

Para calcular la potencia de la bomba, inicialmente se utiliza la fórmula de Hazen Williams, con los datos de la tabla 4, para calcular el caudal que impulsará la bomba.

$$V = 0,455 * hf^{0,54} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$ha = 0,204 * V^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$hf = 20 - 0,204 * V^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

**Tabla 4.** Datos del sistema para calcular el caudal.

DATOS		
Z <sub>1</sub> =	80	m
Z <sub>2</sub> =	60	m

$\Delta H=$	20	m
$\Sigma K=$	4	
$d=$	16	in
$d=$	0,4064	m
$C=$	140	
$L=$	1800	m
<b>ángulo</b>	30	grados
<b>o</b>		
$L_{real}=$	2078	m

Nota: Fuente propia

**Tabla 5.** Cálculos con la formula Hazen Williams.

Iteraciones	H (m)	V (m/S)	Ha (m)	Hf (m)
1	20	2,293	1,072	18,93
2	18,9	2,226	1,010	18,99
3	18,9	2,230	1,014	18,99
4	18,9	2,230	1,014	18,99

Nota: Fuente propia.

Resultados:

%Ha= 5,1

%Ha= 94,9

Q= 0,289m<sup>3</sup>/s

Q= 289 L/s

**Ilustración 13.** Ecuación para calcular velocidad.

$$v = \frac{-2 \sqrt{2 g d h_f}}{\sqrt{f}} \log_{10} \left( \frac{k_s}{3.7 d} + \frac{2.51 v \sqrt{f}}{d \sqrt{2 g d h_f}} \right)$$

**Tabla 6.** Datos del sistema para calcular velocidad

DATOS	
$Z_1=$	100 m

$Z_2=$	80	m
$\Delta H=$	20	m
$\Sigma K=$	5,3	
$d=$	12	in
$d=$	0,3048	m
$L=$	1500	m
ángulo	30	grados
$LR=$	1732	m
$v=$	1,02,E-06	$m^2*s$
$Ks=$	1,5,E-06	m
$g=$	9,81	$m/s^2$

Nota: Fuente propia.

**Tabla 7.** Cálculos de velocidad.

H (m)	V (m/S)	Ha (m)	Hf (m)
20	2,353	1,496	18,50
18,50	2,255	1,374	18,63
18,63	2,263	1,384	18,62
18,62	2,263	1,383	18,62

Nota: Fuente propia

Resultados:

$\%Ha= 6,9$

$\%Ha= 93,1$

$Q= 0,165 m^3/s$

$Q= 165 L/s$

$Vr= 2,26 m/s$

**Tabla 8.** Datos para calcular velocidad real.

DATOS	
$Z_1=$	100 m
$Z_2=$	70 m

$\Delta H=$	30	m
$\Sigma K=$	8,5	
$d=$	6	in
$d=$	0,1524	m
$Q=$	35	l/s
$L=$	1100	m
$T=$	35	C
$v=$	7,22,E-07	$m^2 \cdot s$
$\mu=$	7,18,E-04	
$M=$	PVC	
$Ks=$	1,5,E-06	m
$V=$	2	m/2

Nota: Fuente propia

H (m)	V (m/S)	Ha (m)	Hf (m)
30	2,487	2,680	27,32
27,3	2,363	2,420	27,58
2			
27,5	2,376	2,445	27,56
8			
27,5	2,376	2,445	27,56
6			

%Ha= 8,1

%Ha= 91,9

Q= 0,043  $m^3/s$

Q= 43 L/s

D= 0,149 m

V= 2,0 m/s

Vreal= 1,92 m/s

**Tabla 9.** Datos necesarios para calcular la potencia de la bomba.

Datos	
<b>LD=</b>	15 m
<b>LS=</b>	8 m
<b>DN=</b>	1 1/2 in
<b>DI=</b>	43,68 mm
<b>Q=</b>	139 L/min

<b>n=</b>	75	%
<b>r=</b>	998	Kg/m <sup>3</sup>
<b>m=</b>	1,005,E-03	Pa*S
<b>e=</b>	1,5,E-06	m

Accesorios	
<b>codo 90°</b>	0,9
<b>val de globo</b>	10
<b># codos</b>	2

Nota: Fuente propia

Con los datos anteriormente mencionados se realizan los cálculos para hallar la potencia de la bomba en HP.

**Tabla 10.** *Cálculo de potencia de la bomba.*

Cálculos		
<b>V=</b>	1,55	m/s
<b>Re=</b>	67059	FLUJO TURBULENTO
<b>f=</b>	0,020	
<b>Hf<sub>1-3</sub></b>	2,70	m
<b>HT=</b>	17,70	m
<b>Pb=</b>	0,72	HP

Nota: Fuente propia.

Como resultado obtenemos que los HP necesarios para que la bomba impulse el caudal, es de 0,72 HP; por esta razón la capacidad de la bomba a utilizar en el sistema EcoTank es de 1 HP.

### 6.2.3 Consumo vs ahorro

Para conocer el consumo de agua potable en una vivienda estrato 3 en la ciudad de Girardot, se tomaron en cuenta los consumo desde junio a noviembre del 2020, se calcula el consumo promedio en m<sup>3</sup>.

**Tabla 11.** *Consumo mensual en una vivienda estrato 3 en la ciudad de Girardot.*

MES	CONSUMO (m <sup>3</sup> ) MENSUAL
-----	--------------------------------------

JUNIO	17
JULIO	17
AGOSTO	18
SEPTIEMBRE	19
OCTUBRE	20
NOVIEMBRE	18
<b>PROMEDIO</b>	<b>18,16666667</b>

Nota: Fuente propia (Recibo de Acuagyr)

Mensualmente en esta vivienda pagan \$59.100 por el servicio de acueducto y alcantarillado. Ver anexo 1.

**Tabla 12.** *Porcentajes de consumo de agua potable en una vivienda*

<b>cuarto de baño</b>	
lavamanos	21%
sanitario	18%
ducha	34%
	<b>73</b>
	<b>%</b>

<b>porcentaje de consumo en una vivienda</b>	
cocina	19%
cuarto de baño	73%
otros	8%
<b>total porcentaje</b>	<b>100%</b>

Nota: Fuente propia

Cantidad de agua que se va a recolectar de agua lluvias y aguas grises (lavadora y lavamanos)

es:

Consumo mensual de una lavadora= 4 m<sup>3</sup>

Consumo mensual del lavamanos= 2,3871 m<sup>3</sup>

Aguas lluvias= 0,008862 m<sup>3</sup>/s

**Tabla 13.** *Valor de m3 de agua recolectados mensualmente*

<b>valor m3</b>	<b>m3</b>	<b>valor m3 recolectados mensualmente</b>
\$5.795	6,40	\$37.065

Nota: Fuente propia.



La cantidad de agua que se recolectaría para ser reutilizada en inodoro, jardinería y lavado de vehículos es de 6,40 m<sup>3</sup> que representa un ahorro de \$37.065 mensual.

**Tabla 14.** *Reutilización del agua tratada en m<sup>3</sup>*

<b>reutilización del agua tratada (m<sup>3</sup>)</b>	
inodoro	2,3871
jardinería	1,061
lavado de vehículos	1,061
<b>total m<sup>3</sup> agua reutilizada</b>	<b>4,509</b>

Nota: Fuente propia.

De los 6,40m<sup>3</sup> recolectados, se reutilizaría 4,509m<sup>3</sup> al mes.

Según estos datos y cálculos realizados, el porcentaje de agua que se va a reutilizar con respecto al consumo es de 24,82%.

**Tabla 15.** *Ahorro de dinero mensual con el sistema EcoTank*

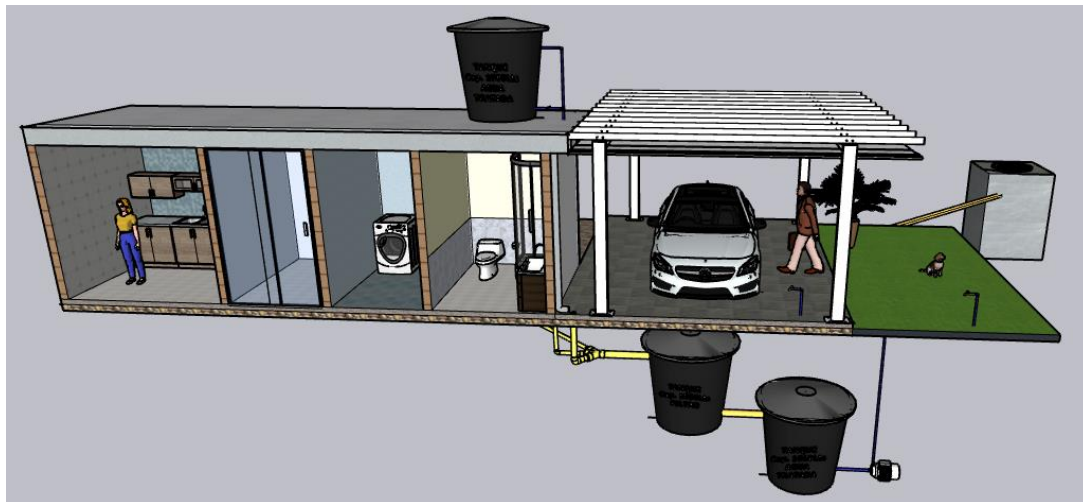
<b>valor m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup> reutilizados</b>	<b>total ahorro dinero</b>
\$5.795	4,509	<b>\$26.130</b>

Nota: Fuente propia.

La cantidad de dinero que se ahorraría mensualmente una vivienda estrato 3 en Girardot, implementando el sistema de recolección y reutilización de agua lluvias y aguas grises ecotank, es de \$26.130.

### **6.3 Diseños del proyecto.**

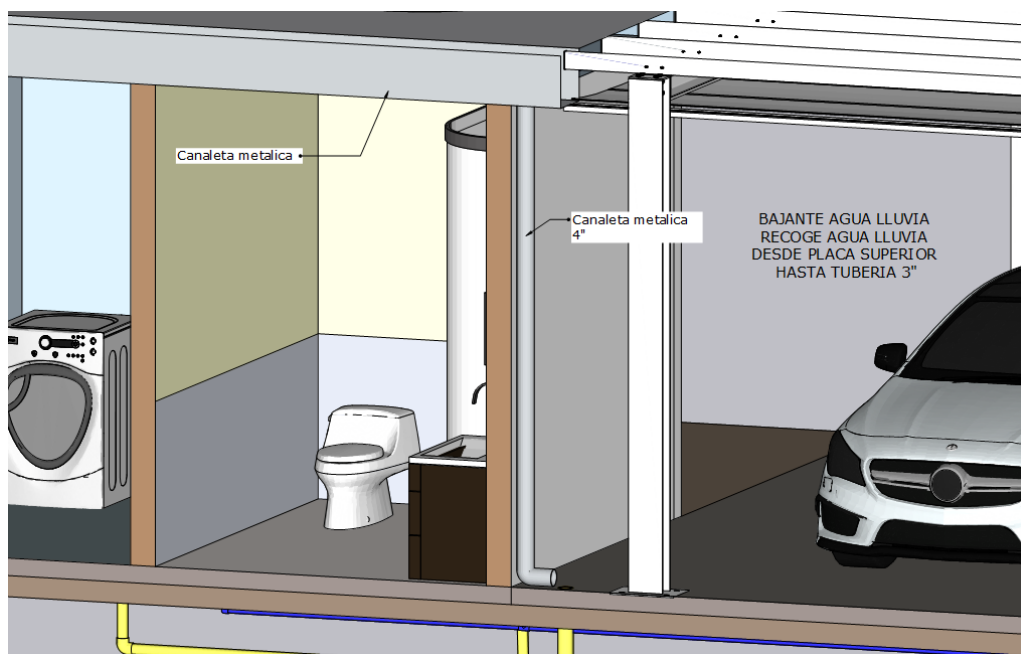
Se diseña una vivienda tipo unifamiliar de 1 nivel con placa en la cubierta, con jardín y garaje y se trabaja con un corte longitudinal que tiene aproximadamente 12m donde se puede visualizar los sitios con influencia de aguas como lo son el baño, el patio, el garaje, el jardín y la placa de cubierta (ilustración 14).

**Ilustración 14.** *Corte longitudinal de vivienda tipo.*

Nota: Fuente propia.

**Recolección aguas lluvias:**

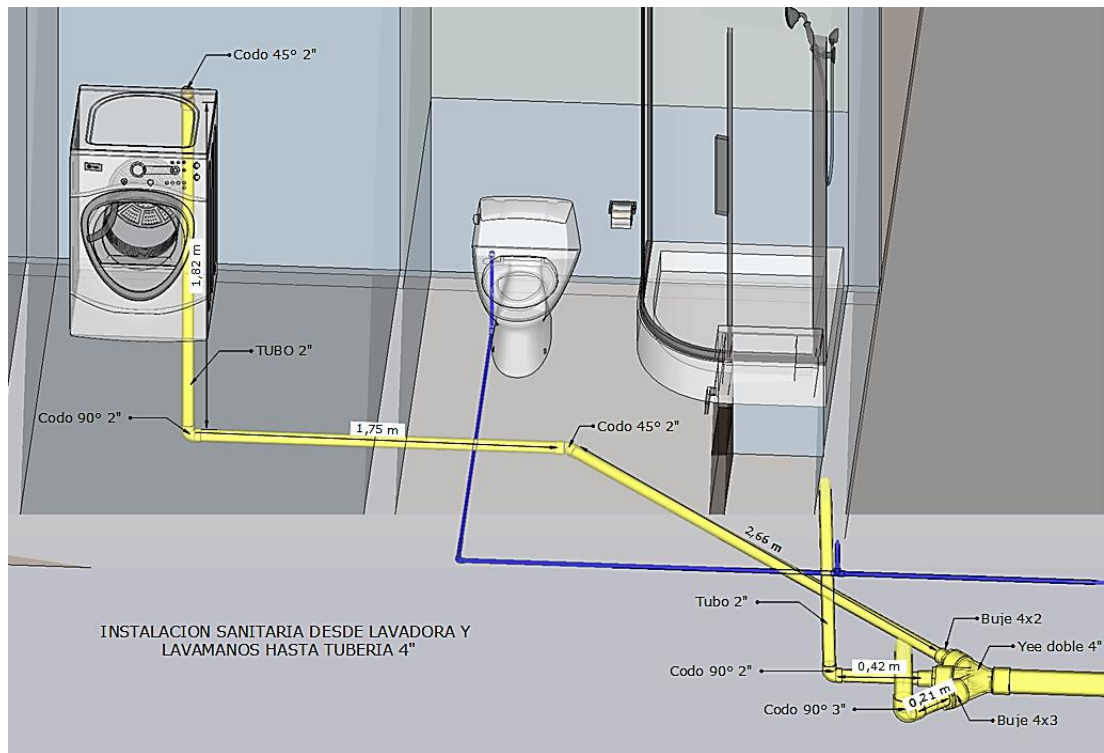
Las aguas lluvias provenientes de las precipitaciones serán recogidas a través de una canaleta metálica ubicada en la placa de cubierta de la vivienda (ilustración 15) para ser llevadas por medio de tubería de tubería de 3" al tanque que almacenará el agua lluvia y al mismo tiempo realizará el proceso de filtro, ubicado en el sótano (ilustración 17).

**Ilustración 15.** *Bajante agua lluvia.*

Nota: Fuente propia.

**Recolección aguas grises:**

Desde la lavadora y lavamanos salen los desagües en línea amarilla tubería sanitaria de 2" (ilustración 16) hacia el tanque de filtro (ilustración 17).

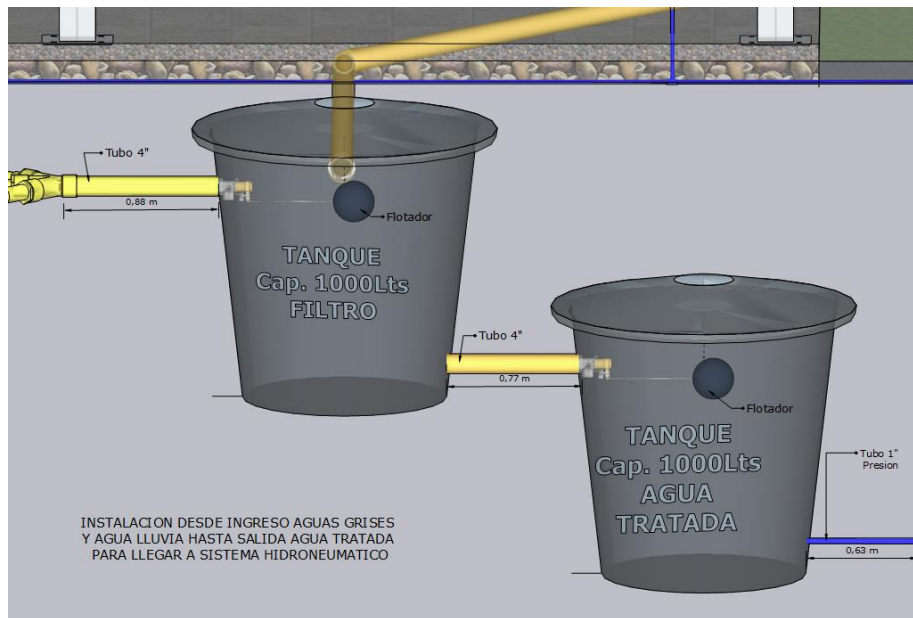
**Ilustración 16.** *Instalación sanitaria desde lavadora y lavamanos.*

Nota: Fuente propia.

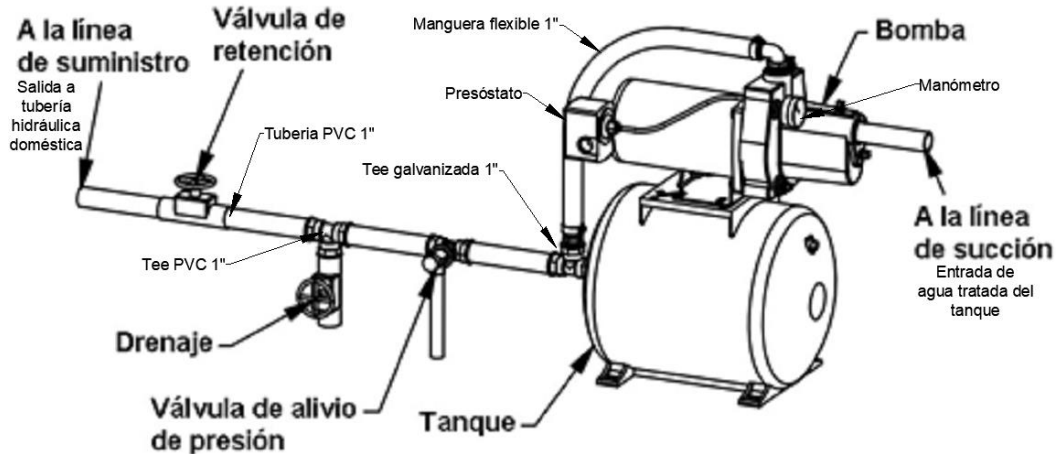
Las aguas lluvias y aguas grises (lavamanos y lavadora) se conectan por medio de una yee doble de 4" y los correspondientes bujes de reducción de 4x2 y 4x3 (ilustración 16), para llevar estas aguas al tanque de filtro con capacidad de 1000 litros; estas aguas son procesadas por el filtro, de ahí salen al tanque de agua tratada con tubería sanitaria de 4".

### **Distribución de agua tratada:**

Del tanque de agua tratada sale en tubería PVC presión de 1" (ilustración 17) hacia el sistema hidroneumático tipo hidrófilo (ilustración 18), agua tratada que será impulsada hacia el tanque aéreo ubicado en la placa de cubierta (ilustración 19).

**Ilustración 17.** Tanque de filtro y tanque de agua tratada.

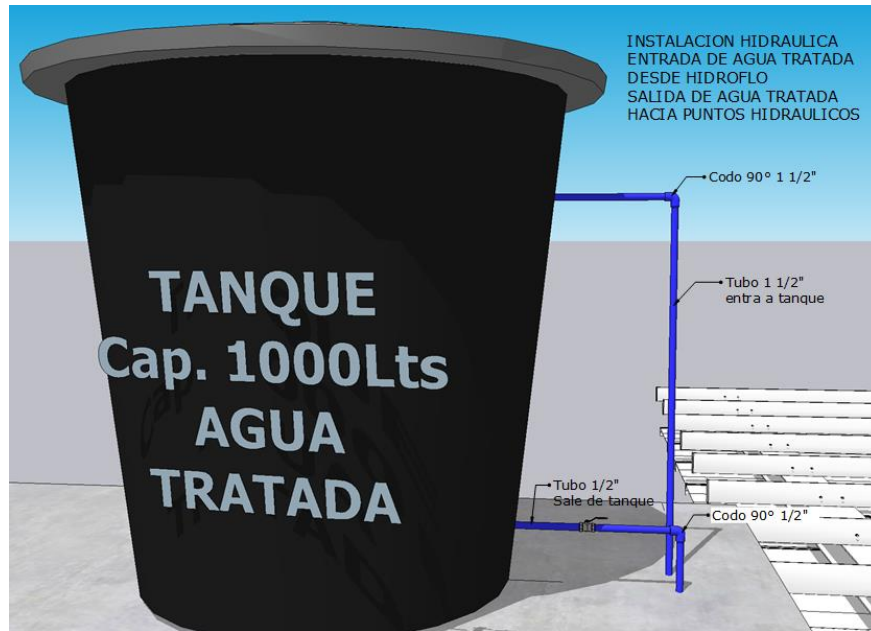
Nota: Fuente propia.

**Ilustración 18.** Instalación hidroflo.

Nota: Adaptado de (De maquinas y herramientas, 2016)

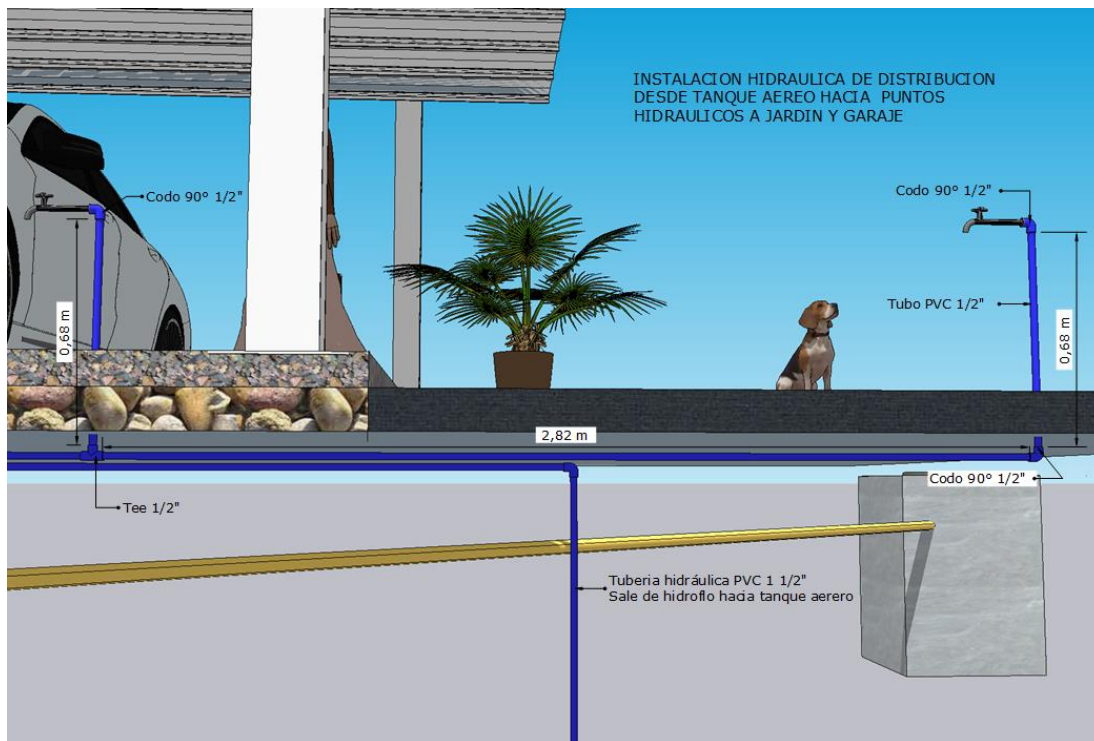
El hidroflo (ilustración 18) impulsa el agua tratada por medio de tubería PVC presión 1 ½” hacia el tanque aéreo. Desde este tanque sale el agua tratada por gravedad a través de tubería ½” hacia los puntos que serán abastecidos, como el punto hidráulico en el garaje y jardín (ilustración 20), e inodoro (ilustración 21).

**Ilustración 19.** *Instalación tanque aéreo*



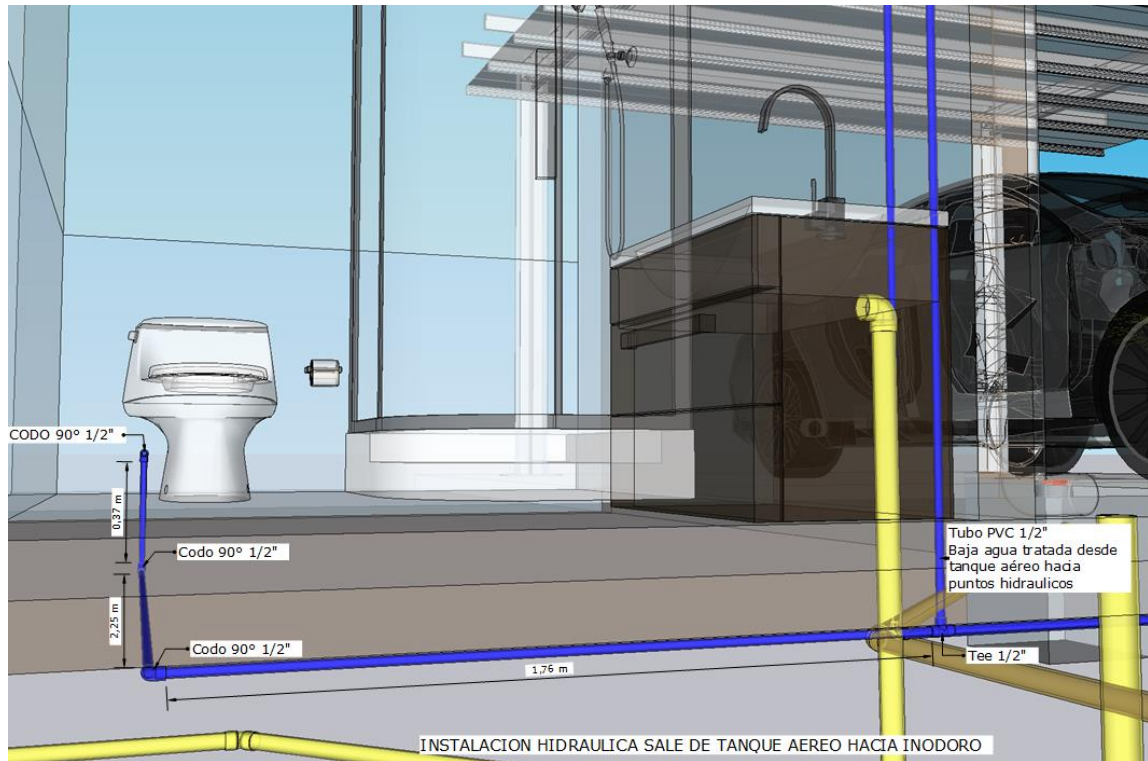
Nota: Fuente propia.

**Ilustración 20.** *Instalación hidráulica hacia puntos de jardín y garaje.*



Nota: Fuente propia

**Ilustración 21.** Tubería hidráulica hacia inodoro y tanque aéreo.



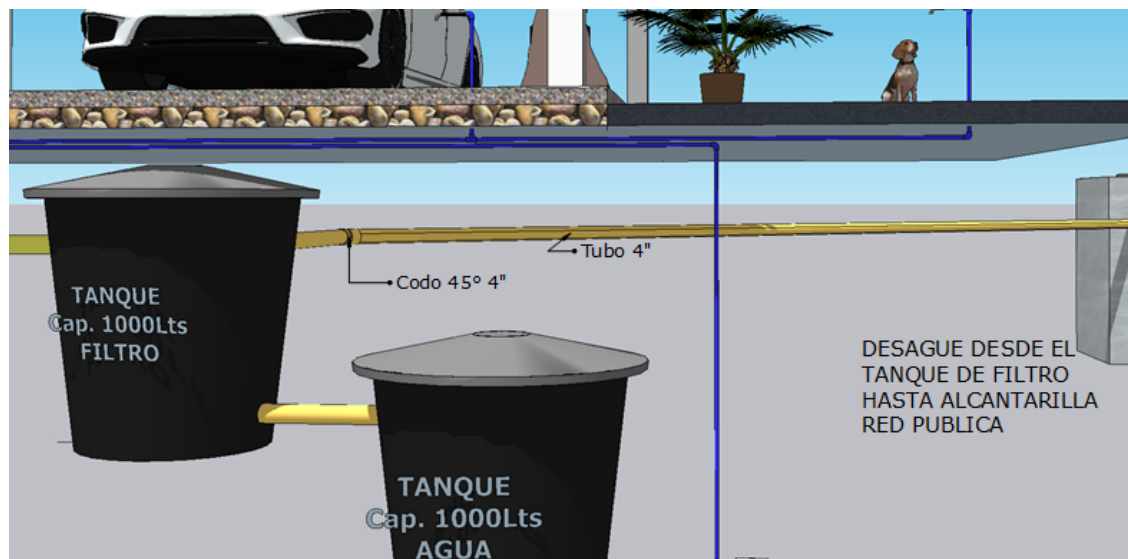
Nota: Fuente propia.

### **Desague por rebose de tanque de filtro:**

Del tanque de filtro sale una tubería sanitaria de 4" para el desague del tanque, con el fin de liberar el agua cuando el tanque haya alcanzado su máximo nivel de llenado (ilustración 22), esta agua sale directamente hacia la alcantarilla red pública.



**Ilustración 22.** Tubería de desagüe del tanque de filtro.



Nota: Fuente propia

Este diseño se puede visualizar en 3D en el siguiente enlace de YouTube:

<https://youtu.be/TsxvWgjWREo>

De igual forma, se creó un manual de uso y mantenimiento dirigido a los usuarios que implementen este proyecto en sus viviendas. Ver anexo 3.



## 6.5 Presupuesto.

Tabla 16. Presupuesto de instalación proyecto EcoTank.

ITE M	DESCRIPCION	UNIDA D	CANT	V. UNITARIO	V. TOTAL
<b>1</b>	<b>RED HIDRAULICA</b>				
1.1	TUBERIA PVC PRESION 1/2" X6m	UNIDAD	3	\$ 12.000,00	\$ 36.000,00
1.2	CODOS 90° PVC PRESION 1/2"	UNIDAD	10	\$ 450,00	\$ 4.500,00
1.3	TEE PVC PRESION 1/2"	UNIDAD	2	\$ 1.800,00	\$ 3.600,00
1.4	CHEQUE HORIZONTAL 1/2"	UNIDAD	1	\$ 17.000,00	\$ 17.000,00
1.5	LLAVE JARDIN 1/2"	UNIDAD	2	\$ 27.000,00	\$ 54.000,00
1.6	TEE PVC PRESION 1 1/2" x 6m	UNIDAD	3	\$ 55.000,00	\$ 165.000,00
1.7	CODO 90° PVC PRESION 1 1/2"	UNIDAD	3	\$ 2.000,00	\$ 6.000,00
1.8	MANO DE OBRA (INSTALACION)	UNIDAD	1	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 436.100,00</b>
<b>2</b>	<b>RED SANITARIA</b>				
2.1	TUBERIA SANITARIA PESADA 2" X6m	UNIDAD	3	\$ 50.000,00	\$ 150.000,00
2.2	TUBERIA SANITARIA PESADA 3" X6m	UNIDAD	1	\$ 75.000,00	\$ 75.000,00
2.3	TUBERIA SANITARIA PESADA 4" X6m	UNIDAD	2	\$ 104.000,00	\$ 208.000,00
2.4	CODO 45° 2" SANITARIA	UNIDAD	2	\$ 4.000,00	\$ 8.000,00
2.5	CODO 90° 2" SANITARIA	UNIDAD	3	\$ 3.000,00	\$ 9.000,00
2.6	CODO 90° 3" SANITARIA	UNIDAD	1	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00
2.7	CODO 45° 4" SANITARIA	UNIDAD	1	\$ 14.000,00	\$ 14.000,00
2.8	YEE DOBLE 4" SANITARIA	UNIDAD	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
2.9	BUJE 4X2	UNIDAD	2	\$ 9.000,00	\$ 18.000,00
2.10	BUJE 4X3	UNIDAD	1	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00
2.11	MANO DE OBRA (INSTALACION)	UNIDAD	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 871.000,00</b>
<b>3</b>	<b>RED BAJANTE AGUA LLUVIA</b>				

<b>3.1</b>	CANALETA METALICA 10mX0,30x0,30m	UNIDAD	1	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
<b>3.2</b>	TUBO BAJANTE 4" X3M	UNIDAD	1	\$ 62.000,00	\$ 62.000,00
<b>3.3</b>	CODO 90° BAJANTE	UNIDAD	1	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
<b>3.4</b>	MANO DE OBRA (INSTALACION)	UNIDAD	1	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 589.000,00</b>
<b>4</b>	<b>ALMACENAMIENTO DE AGUA</b>				
<b>4.1</b>	TANQUE 1000 LITROS	UNIDAD	3	\$ 260.000,00	\$ 780.000,00
<b>4.2</b>	FLOTADOR PARA TANQUE	UNIDAD	3	\$ 172.000,00	\$ 516.000,00
<b>4.3</b>	MANO DE OBRA (INSTALACION)	UNIDAD	3	\$ 50.000,00	\$ 150.000,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 1.446.000,00</b>
<b>5</b>	<b>EQUIPO HIDRONEUMATICO</b>				
<b>5.1</b>	HIDROFLÓ 1HP	UNIDAD	1	\$ 1.350.000,00	\$ 1.350.000,00
<b>5.2</b>	TUBERIA PVC PRESION 1" X6m	UNIDAD	2	\$ 27.000,00	\$ 54.000,00
<b>5.3</b>	TEE PVC PRESION 1"	UNIDAD	1	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
<b>5.5</b>	TEE GALVANIZADA 1"	UNIDAD	1	\$ 11.000,00	\$ 11.000,00
<b>5.6</b>	CHEQUE HORIZONTAL 1"	UNIDAD	2	\$ 45.000,00	\$ 90.000,00
<b>5.7</b>	MANO DE OBRA (INSTALACION)	UNIDAD	1	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$ 1.662.000,00</b>
<b>TOTAL PROYECTO ECOTANK</b>					<b>\$ 5.004.100,00</b>

Nota: Este presupuesto es basado en precios de Homecenter. Fuente propia.

El anterior presupuesto aplica únicamente para la vivienda tipo que se realizó para este proyecto, el precio para otras viviendas varía según la magnitud de la vivienda, debido a la cantidad de puntos hidráulicos y sanitarios que existan o se vayan a instalar.



## **7. Análisis y discusión de resultados**

Una vez calculado el caudal de diseño se tiene como resultado que el mayor caudal es de 0,008862 m<sup>3</sup>/s, este será el caudal producto de las precipitaciones que recibirá el tanque de filtro.

Según el caso en estudio, el costo del sistema EcoTank para ser implementado en una vivienda unifamiliar estrato 3 es de \$5.004.100. Teniendo en cuenta que el ahorro mensual es de \$26.130, esto quiere decir que anualmente se ahorraría \$313.560, por lo tanto, en 15 años aproximadamente se estaría recuperando la inversión inicial.

Los beneficios que tiene implementar este sistema es que genera reducción de consumo de agua potable, también trae beneficios para subsanar los problemas ambientales que afectan al planeta actualmente.

## 8. Conclusiones

El presupuesto del presente trabajo aplica únicamente para la vivienda tipo que se realizó para este proyecto, el precio para otras viviendas varía según las necesidades de la comunidad y la magnitud de la vivienda, debido a la cantidad de puntos hidráulicos y sanitarios que existan o se vayan a instalar. De igual manera, la capacidad de la bomba va a variar según el diseño de cada vivienda debido al caudal que se vaya a trabajar.

La desventaja de la utilizar sistemas de recolección de aguas lluvias para ser reutilizadas, es que estos dependen de temporadas de lluvia, en temporadas de sequía no serían muy útiles, sin embargo, según las precipitaciones registradas, este proyecto es funcional para recolectar agua en las épocas del año donde hay abundantes lluvias y poderse abastecer en las temporadas donde hay poca precipitación en Girardot Cundinamarca.

## 9. Recomendaciones

Se recomienda adaptar este proyecto según la necesidad de la comunidad donde se requiera aplicar, ya que los caudales de diseño van a variar según la ubicación, temperatura y precipitaciones que se presenten, de la misma forma, los materiales y cantidades van a variar según la magnitud del proyecto donde se desee poner en marcha este proyecto.

Para diseñar un sistema de recolección de aguas lluvias y reutilizar esta agua en actividades secundarias, es necesario realizar un estudio de precipitaciones según la zona donde se desee ejecutar.

A nivel nacional se podría implementar políticas de estímulo para las viviendas que reduzcan notablemente el consumo de agua potable y así de esta forma motivar la implementación de los sistemas de recolección de agua lluvia y aguas grises; ya que estos sistemas son una buena alternativa para subsanar los problemas ambientales que se viven actualmente.

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema ecotank se le debe dar buen uso y realizar el mantenimiento de sus componentes y, reparaciones preventivas y correctivas en el caso que sea necesario.

## 10. Bibliografía

AG plomeria. (s.f.). *Instalacion de hidroflo*. Obtenido de [https://agplomeria.com/instalacion-](https://agplomeria.com/instalacion-hidroflo-aumento-de-presion-agua.html#:~:text=Es%20un%20sistema%20de%20bombeo,conectado%20al%20tanque%20de%20agua)

[hidroflo-aumento-de-presion-](https://agplomeria.com/instalacion-hidroflo-aumento-de-presion-agua.html#:~:text=Es%20un%20sistema%20de%20bombeo,conectado%20al%20tanque%20de%20agua)

[agua.html#:~:text=Es%20un%20sistema%20de%20bombeo,conectado%20al%20tanque](https://agplomeria.com/instalacion-hidroflo-aumento-de-presion-agua.html#:~:text=Es%20un%20sistema%20de%20bombeo,conectado%20al%20tanque%20de%20agua)

[%20de%20agua.](https://agplomeria.com/instalacion-hidroflo-aumento-de-presion-agua.html#:~:text=Es%20un%20sistema%20de%20bombeo,conectado%20al%20tanque%20de%20agua)

ambientum. (7 de marzo de 2018). *ambientum*. Obtenido de

[https://www.ambientum.com/ambientum/agua/mal-uso-y-consumo-del-agua-en-las-](https://www.ambientum.com/ambientum/agua/mal-uso-y-consumo-del-agua-en-las-ciudades.asp)

[ciudades.asp](https://www.ambientum.com/ambientum/agua/mal-uso-y-consumo-del-agua-en-las-ciudades.asp)

Aqua España. (2016). *Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en*

*edificios*. Obtenido de

<https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Guia.tecnica%20grises.pdf>

Benito, C. (24 de mayo de 2020). Obtenido de

<http://www.eltiempodelosaficionados.com/PARAQUESIRVE.html>

Bocek, A. (s.f.). *Introducción a la captación de agua*. Obtenido de

[https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%](https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf)

[20Water%20Harvesting.pdf](https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf)

BORBÓN TORRES, J. J., & RUSINQUE NIETO, L. A. (2018). Obtenido de

[http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5055/DISEN%cc%83O](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5055/DISEN%cc%83O%20E%20IMPLEMENTACIO%cc%81N%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20RE)

[%20E%20IMPLEMENTACIO%cc%81N%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20RE](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5055/DISEN%cc%83O%20E%20IMPLEMENTACIO%cc%81N%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20RE)

[COLECCIO%cc%81N%20DE%20AGUAS%20LLUVIAS-](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5055/DISEN%cc%83O%20E%20IMPLEMENTACIO%cc%81N%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20RE)

[GRISES%20V12.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5055/DISEN%cc%83O%20E%20IMPLEMENTACIO%cc%81N%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20RE)

CAR. (27 de junio de 2019). <https://www.car.gov.co/>. Obtenido de

<https://www.car.gov.co/saladeprensa/girardot-tendra-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-car-aseguro-cofinanciacion>

De maquinas y herramientas. (22 de septiembre de 2016). Obtenido de

<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/sistemas-hidroneumaticos-como-funcionan>

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (s.f.). *Blog Fibras y Normas de Colombia S.A.S.* Obtenido

de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-grises-definicion-y-tratamiento/>

Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura. (2013). *CAPTACIÓN Y*

*ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA*. Santiago de Chile: FAO.

Fundacion Aquae. (2 de agosto de 2018). Obtenido de [https://www.iagua.es/noticias/fundacion-](https://www.iagua.es/noticias/fundacion-aquae)

[aquae/sabias-que-solo-0025-agua-tierra-es-potable-infografia-fundacion-aquae](https://www.iagua.es/noticias/fundacion-aquae)

Gerardo. (26 de febrero de 2019). *Meteocultura*. Obtenido de

<https://estaciondemeteorologia.com/que-es-una-estacion-meteorologica/>

GONZAGA BARRETO, F. G. (noviembre de 2015). Obtenido de

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3115/1/SISTEMA%20DE%20CAPTACION%20DE%20AGUA%20LLUVIA.pdf>

Gonzales, R. (s.f.). Obtenido de <https://www.ecologiahoy.com/reutilizar>

Gran Diccionario de la Lengua Española. (2016). *thefreedictionary*. Obtenido de

<https://es.thefreedictionary.com/ahorrar>

Guerra Romero, L. P. (2019). *repository.ucatolica.edu.co*. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23395/1/Metodolog%C3%ADa-para-la-reutilizaci%C3%B3n-de-aguas-lluvias-y-grises-en-edificaciones.pdf>



IDEAM. (2014). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>

IDEAM. (s.f.). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Obtenido de <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

Lineaverdehuelva.com. (2018). Obtenido de <http://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos-ambientales/reciclaje/Que-es-el-reciclaje.asp>

Martin de Lucas, H. (8 de febrero de 2017). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/humilde-martin-lucas/reutilizacion-aguas-grises-practica-viable-todos>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Guia para el uso eficiente y ahorro del agua*. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Usos-eficiente-y-ahorro-del-agua/GUIA\\_USO\\_EFICIENTE\\_DEL\\_AGUA.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Usos-eficiente-y-ahorro-del-agua/GUIA_USO_EFICIENTE_DEL_AGUA.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recurso-hidrico/demanda/uso-eficiente-y-ahorro-de-agua#:~:text=El%20uso%20eficiente%20y%20ahorro,gesti%C3%B3n%20debe%20basarse%20en%20un>

Naciones Unidas. (s.f.). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Nuevo, D. (17 de Abril de 2018). Obtenido de <https://www.tecpa.es/cloracion-tratamiento-aguas/>

Osseiran, N. (12 de julio de 2017). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>

Perez, G. (s.f.). Obtenido de <https://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>

Pérez, J., & Merino, M. (2016). Obtenido de <https://definicion.de/recursos-hidricos/>

Pineda, J. (s.f.). Obtenido de <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/conservacion-del-agua/#:~:text=En%20este%20sentido%2C%20la%20conservaci%C3%B3n,agua%20para%20las%20futuras%20generaciones.>

POSADAS BEJARANO, A. (Enero de 2015). Obtenido de

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/33162/Tesis%20Abad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2021). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Raffino, M. E. (18 de junio de 2020). *Concepto.de*. Obtenido de agua potable:

<https://concepto.de/agua-potable/>

Roldán, P. N. (31 de julio de 2017). *Economipedia.com*. Obtenido de

<https://economipedia.com/definiciones/calentamiento-global.html>

Sánchez, J. (s.f.). *Hidrologia*. Obtenido de <https://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>

Trilla, A. (4 de octubre de 2017). *La vanguardia*. Obtenido de

<https://www.lavanguardia.com/ciencia/20171004/431684723498/preguntas-big-vang-es-seguro-beber-agua-lluvia.html>

Valdivielso, A. (s.f.). Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal>

Valdivielso, A. (s.f.). *iagua*. Obtenido de ¿Qué es el agua?: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>

Y8BL (CE). (1 de agosto de 2017). *Climatología, Estación meteorológica*. Obtenido de <https://y8meteorologiayexcel.wordpress.com/2017/08/01/pluviometro-pluvimetro/>

11. Anexos

Anexo 1. Recibo de acueducto y alcantarillado vivienda estrato 3 en Girardot.



NIT. 890.600.003-6  
VIOLADA POR LA R.S. P.D.  
Servicios de Acueducto y Alcantarillado

**DATOS GENERALES DEL CLIENTE**

CÓDIGO: 72430  
 SUSCRIPTOR: DUCUARA GAMEZ ISMENIA Y  
 C.C. o NIT: 39577965  
 DIRECCIÓN: MZ 19 CS 9  
 BARRIO: ALTOS DEL PENON Círculo: 32  
 CATEGORÍA: RESIDENCIAL Rutas: 11-054-382  
 ESTRATO: 3 - MEDIO BAJO Diámetro: 5  
 No. MEDIDOR: 14-16012079  
 Ref. Catastral: 25-307-01-04-0496-0009-000

**Factura de Servicios Públicos No. 8881724**

Tarifa Aplicada: 2520-12  
 Fecha Emisión: 2020-12-10  
 Período Factura: 01/11/2020 - 02/12/2020  
 Cupón No. 11917755  
**MESES DE DEUDA 1**  
**TOTAL A PAGAR: \$ 59.100**  
**PAGO OPORTUNO HASTA:**  
**16/DICIEMBRE/2020**

**DATOS DE CONSUMOS EN M<sup>3</sup>**

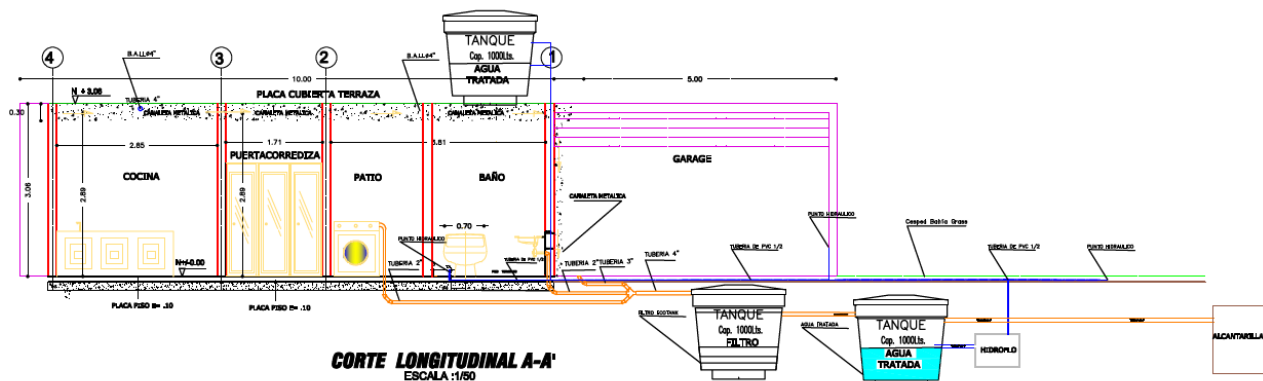
CONSUMOS ANTERIORES						PROM	CONSUMO ACTUAL				
JUN-20	JUL-20	AGO-20	SEP-20	OCT-20	NOV-20	18	Fecha Lectura	Lectura Actual	Lectura Anterior	Consumo Período	Observ. Lectura
17	17	16	19	20	18		2020-12-02	946	926	20	LEIDO

**LIQUIDACIÓN SERVICIOS Y OTROS COBROS AGUAGYR**

CONCEPTOS	M <sup>3</sup>	ACUEDUCTO \$ / M <sup>3</sup>	ALCANTARILLADO \$ / M <sup>3</sup>	VALOR LIQUIDACIÓN	SALDOS DIFERIDOS Y/O A FAVOR IVA	CUOTA PEND.
Cargos fijos				2.780,00		8.583,19
Consumo Básico 0 - 10	18	2.605,74	32.411,04	917,76	14.884,12	47.396,00
Consumo Complementario 11 - 32	4	2.605,74	3.102,06	617,26	3.671,44	11.774,00
Subsidio IVA Contribución				-5.700,76		8.301,42
Subsidio A La Deuda						-1,73
<b>(A) TOTAL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO...</b>				<b>\$ 59.100,00</b>		
<b>(B) TOTAL OTROS COBROS...</b>				<b>\$ 0,00</b>		
<b>(C) TOTAL SALDO VENCIDO...</b>				<b>\$ 0,00</b>		
<b>(D) TOTAL OTROS COBROS</b>				<b>\$ 0,00</b>		
<b>TOTAL A PAGAR (A) + (B) + (C) + (D)</b>				<b>\$ 59.100</b>		

Scanned by TapScanner

Anexo 2. Plano de corte longitudinal de vivienda tipo con sistema EcoTank



**Anexo 3. Manual de uso y mantenimiento del sistema EcoTank****MANUAL DE USO Y  
MANTENIMIENTO**

sistema de recolección de aguas lluvias y  
aguas grises  
ECOTANK

**MANUAL DE USO**

- Verificar las conexiones del sistema con el lavamanos, la lavadora, el lavaplatos y la tubería de desagüe, evitando las fugas.
- Verifique que las conexiones eléctricas de la motobomba estén bien conectadas.
- Verifique que el agua circula normalmente por el filtro.
- Enjuague con agua limpia el tanque de filtrado para evitar contaminación.
- Si percibe mal olor el agua, abrir las válvulas de drenaje.

**MANUAL DE  
MANTENIMIENTO**

- Mantenga el espacio del sistema libre de químicos ajenos.
- Realizar lavado de tanques cada vez que se desocupen. Dicho lavado debe realizarse con agua limpia y si es necesario restregar con escoba suave el interior del tanque sin golpear el aspersor ni los mecanismos internos.
- En caso de realizarle mantenimiento a la lavadora se debe desconectar la tubería.
- Limpie constantemente los elementos internos del tanque para evitar que se adhieran contaminantes del agua jabonosa.