

**ALTERNATIVA DE AHORRO DE AGUA POTABLE EN UNA VIVIENDA FAMILIAR EN  
LA CIUDAD DE RIOHACHA-LA GUAJIRA**

**ANYELI MARYED CURIEL ACOSTA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2021**

**ALTERNATIVA DE AHORRO DE AGUA POTABLE EN UNA VIVIENDA FAMILIAR EN  
LA CIUDAD DE RIOHACHA-LA GUAJIRA**

**ANYELI MARYED CURIEL ACOSTA**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniera Civil**

**Director:  
M.Sc ANDRÉS CAMILO SALAZAR**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
BOGOTÁ D.C.  
2021**



## Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia.](#)

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, 25, junio, 2021

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	3
GLOSARIO .....	5
INTRODUCCIÓN .....	7
1. GENERALIDADES.....	8
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....	8
1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.3.1 Objetivo general. ....	12
1.3.2 Objetivos específicos. ....	12
1.4 DELIMITACIÓN .....	13
1.4.1 Espacio. ....	13
1.4.2 Tiempo .....	13
1.4.3 Alcances.....	13
1.4.4 Limitaciones. ....	13
2. MARCO DE REFERENCIA.....	14
2.1 Estado del arte.....	14
2.2 Marco Teórico.....	19
2.3 Marco Legal.....	26
3. METODOLOGÍA .....	28
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO .....	28
4. DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO EN RIOHACHA .....	30
4.1 Contexto General.....	30

4.2	Aspectos Socioeconómicos .....	31
4.3	Suministro de agua .....	32
4.4	Demanda de agua en Colombia .....	35
4.5	Consumo básico de agua en Colombia .....	36
4.6	Sistema de abastecimiento de Riohacha .....	37
4.7	Resultados encuesta .....	39
5.	DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE AHORRO DE AGUA POTABLE .....	46
5.1	Consumo de agua .....	46
5.2	Esquema del sistema de reutilización de agua .....	48
5.3	Proceso de instalación .....	49
6.	RESULTADOS .....	51
7.	CONCLUSIONES .....	55
8.	RECOMENDACIONES .....	56
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	57
10.	ANEXOS .....	62
10.1	ANEXO 1 .....	62
10.2	ANEXO 2 .....	63
10.3	ANEXO 3. DETALLES DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DEL AGUA PROVENIENTE DEL LAVAMANOS HACIA EL INODORO .....	64
	ANEXO 3. CONTINUACIÓN .....	65

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Trabajos Relacionados</b> .....	14
<b>Tabla 2. Trabajos Relacionados (Continuación)</b> .....	15
Tabla 3. Parámetros del agua para uso en agricultura .....	18
Tabla 4. Contenido de aguas grises .....	21
<b>Tabla 5. Marco Legal</b> .....	26
<b>Tabla 6. Marco Legal (Continuación)</b> .....	27
Tabla 7. Información general de la vivienda .....	30
Tabla 8. Empresas por actividad económica en Riohacha .....	31
Tabla 9. Cobertura de servicios públicos domiciliarios en Riohacha.....	32
Tabla 10. Indicadores del Servicio de Acueducto de Riohacha .....	34
Tabla 11. Tarifas a partir del periodo de marzo 2021 .....	34
Tabla 12. Oferta hídrica total por área hidrográfica .....	35
Tabla 13. Demanda hídrica sectorial por área hidrográfica.....	36
Tabla 14. Rangos de consumos por piso térmico (suscriptos/mes) .....	37
Tabla 15. Consumo últimos meses .....	46
Tabla 16. Aparatos promedio por viviendas .....	47
Tabla 17. Aparatos de la vivienda .....	47
Tabla 18. Precio del agua por descarga.....	51
Tabla 19. Precio del agua gastada por persona en el uso del sanitario .....	51
Tabla 20. Precio del agua por vivienda .....	52
Tabla 21. Precio del agua por vivienda por mes .....	52
Tabla 22. Ahorro de dinero por factura .....	52
<i>Tabla 23. Litros de agua por minuto – Lavamanos</i> .....	52
Tabla 24. Litros consumidos por minuto por persona .....	53
Tabla 25. Gasto promedio lavamanos.....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Escasez de agua para el año 2050 .....	7
Gráfico 2. Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico en Colombia .....	8
Gráfico 3. Corregimientos y resguardos indígenas de Riohacha .....	11
Gráfico 4. Reutilización de aguas sin tratamiento.....	16
Gráfico 5. Sistemas con tratamiento de aguas grises.....	17
Gráfico 6. Esquema de reutilización de aguas grises .....	17
Gráfico 7. Sistema de recirculación de agua en los hogares.....	19
Gráfico 8. Producción de aguas grises en viviendas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Gráfico 9. Esquema de funcionamiento soliclíma .....	22
Gráfico 10. Sistemas BRAC .....	23
Gráfico 11. Método AQUUS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Gráfico 12. Sistema Skilvirk.....	25
Gráfico 13. Localización general .....	30
Gráfico 14. Cuenca hidrográfica del Río Tapias. ....	32
Gráfico 15. Configuración general del sistema de acueducto de Riohacha .....	33
Gráfico 16. Continuidad del servicio de Acueducto por sectores en la cabecera municipal (Riohacha).....	38
Gráfico 17. Encuesta-Pregunta 1. ....	39
Gráfico 18. Encuesta-Pregunta 2 .....	40
Gráfico 19. Encuesta-Pregunta 3 .....	40
Gráfico 20. Encuesta-Pregunta 4 .....	41
Gráfico 21. Encuesta-Pregunta 5 .....	42
Gráfico 22. Encuesta - Pregunta 6 .....	42
Gráfico 23. Encuesta-Pregunta 7 .....	43
Gráfico 24. Encuesta-Pregunta 8 .....	44
Gráfico 25. Encuesta-Pregunta 9 .....	44
Gráfico 26. Encuesta-Pregunta 10 .....	45
Gráfico 27. Detalles del sistema de reutilización de agua .....	48
Gráfico 28. Detalles del sistema .....	48
Gráfico 29. Materiales .....	49
Gráfico 30. Ubicación inicial de lavamanos .....	49
Gráfico 31. Instalación lavamanos .....	50
Gráfico 32. Sistema de reutilización de agua .....	50



## GLOSARIO

**ACUEDUCTO:** Conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano

**AGUAS GRISES:** Son aguas provenientes de las lavadoras, duchas y lavaderos las cuales tuvieron un uso ligero, pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias. Son un recurso que, una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes.

**AGUA POTABLE:** Reúne los requisitos organolépticos (olor, sabor y percepción visual), físicos, químicos y microbiológicos, y puede ser consumida por la población sin producir efectos adversos a la salud.

**AGUAS RESIDUALES:** Contienen desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas, industrias y demás inmuebles.

**CALIDAD DE AGUA:** De acuerdo al Artículo 1 Decreto 475 de 1998, la calidad de agua es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

**CONSUMO BÁSICO:** Es el destinado a satisfacer las necesidades esenciales de las familias en el uso de agua, se encuentra subsidiado para los estratos 1,2 y 3 en el país siempre y cuando no supere los valores de consumo básico establecidos.

**CONSUMO COMPLEMENTARIO:** Es el consumo de una familia que depende de los pisos térmicos, si la familia está en clima frío, mayor de 11 m<sup>3</sup> y menor o igual a 22 m<sup>3</sup> mensuales por suscriptor facturado, si esta en clima templado mayor de 13 m<sup>3</sup> y menor o igual a 26 m<sup>3</sup> y si se encuentra en clima cálido, mayor de 16 m<sup>3</sup> y menor o igual a 32 m<sup>3</sup> mensuales por suscriptor facturado.

**CONSUMO Suntuario:** Es el consumo de una familia que depende de los pisos térmicos, si la familia está en clima frío, mayor de 22 m<sup>3</sup> mensuales por suscriptor facturado, si esta en clima templado mayor de 26 m<sup>3</sup> y si se encuentra en clima cálido, mayor a 32 m<sup>3</sup> mensuales por suscriptor facturado.

**DOTACIÓN:** Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

**O-RING:** Tienen la función de asegurar la estanqueidad de fluidos. Por lo general, se encuentra en equipos para impedir el intercambio de líquidos o gases en las uniones entre piezas desmontables.

**REUTILIZACIÓN:** Es la acción de volver a usar un artículo o producto para otro fin, al reutilizar se recicla y contribuye a mejorar y cuidar el medio ambiente.

## INTRODUCCIÓN

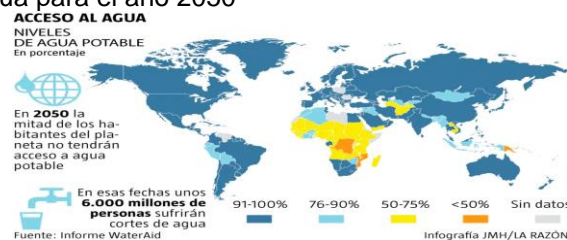
La propuesta del presente proyecto nace por la necesidad de contribuir de alguna manera al ahorro de agua potable, en un departamento donde este recurso es escaso. Como se sabe, el agua es uno de los recursos más importante y valioso para la sociedad, dado que es imprescindible para el desarrollo y conservación de la misma, pero también es cierto que hoy en día este recurso es muy limitado y la principal razón es el alto consumo y mal uso que se le da al mismo. En el caso de La Guajira, la carencia de agua potable se debe en cierta parte a la corrupción que se vive allí, al abandono del estado, insuficiencia de recursos económicos entre otros.

La Guajira se encuentra ubicada al norte del país, se divide en Alta Guajira, es una zona semidesértica donde predominan los cactus, Media Guajira la cual es una zona menos desértica y prevalecen las dunas y en esta zona se encuentran los municipios de Riohacha y Dibulla, por último se encuentra la Baja Guajira que hace referencia a la Sierra Nevada de Santa Marta, en esta zona del departamento hay un poco más de humedad lo cual permite que la tierra sea fértil.

En la actualidad son muchas las poblaciones que presentan problemas de abastecimiento de agua potable, esto debido al alto crecimiento poblacional y la gran demanda que se debe cubrir, al aumento de la demanda alimentaria y de bienestar económico. (Mundial, 2006).

Es muy importante que se concientice a las personas del manejo del agua, debido a que son muchos los informes, investigaciones y estudios que demuestran que a futuro se presentará escasez de agua, como se puede observar en el gráfico 1.

Gráfico 1. Escasez de agua para el año 2050



Fuente: Informe WaterAid

De acuerdo con lo anterior, y en busca de disminuir esta problemática, que es el desperdicio de agua potable, se plantea realizar un sistema para reutilizar el agua proveniente del lavamanos de una casa familiar en la ciudad de Riohacha, esto como alternativa para el ahorro de agua potable, con el fin de proponer una mejor distribución del recurso, generando así un ahorro y evitando un gran porcentaje de desperdicio de agua.

# 1. GENERALIDADES

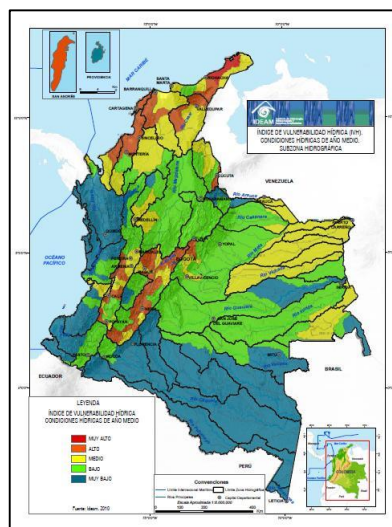
## 1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Es importante desarrollar esta investigación, dado que, a largo plazo podría ser de gran ayuda para que entidades públicas busquen mayores soluciones al problema de abastecimiento de agua en esta zona del país. Hoy en día, cerca de 1,100 millones de personas no tienen acceso a agua potable y más de 2. 600 millones de personas no tienen servicios de saneamiento básico. (Arboleda Montaño, 2016)

La Guajira se posiciona en el primer lugar en cuanto a uso indiscriminado del agua, el desperdicio de este recurso hídrico oscila entre 78 y 82 por ciento, lo anterior se debe al mal estado en que se encuentra la infraestructura de la entidad encargada de prestar el servicio, además de las malas prácticas de conexiones ilegales a la línea de conducción, lo cual ocasiona que este recurso hídrico sea un poco escaso, añadiendo también a este problema los largos periodos de sequía que se presentan durante el año. Actualmente, en la capital de la Guajira, los ciudadanos tienen acceso a este recurso un día a la semana, por lo que deben buscar la manera de almacenar toda el agua posible para que les alcance durante la semana.

De acuerdo al Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico-IVH, en varios de los municipios de La Guajira se presenta un riesgo elevado de presentar desabastecimiento del recurso hídrico. (Martínez Ortiz, 2019)

Gráfico 2. Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico en Colombia



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Es preciso mencionar que anteriormente se han realizado proyectos de investigación relacionados al tema de investigación, tal es el caso de (Cruz Ardila et al., 2014) quien planteo una idea de aplicación electrónica para el ahorro de agua en una casa familiar a partir de aguas grises proveniente de ducha, lavamanos, lavadora y agua lluvia, estas son conducidas por tuberías específicas a etapas de filtrado, retención de sólidos, luego a un tanque de almacenamiento bajo y finalmente es impulsada por bombeo a un tanque elevado para su reutilización.

El uso de agua potable por persona va en aumentado, esto se debe al crecimiento de la población, la falta de cultura y conciencia en el uso eficiente del agua, de no generar cambios en los hábitos de consumo, la consecuencia será la escasez de agua a corto, mediano y largo plazo debido al desperdicio de agua.(Orlando et al., 2017). Las Naciones Unidas afirman que según estudios independientes, el mundo enfrentara un déficit global de agua del 40% para el año 2030 y además, esta situación se verá agravada por los desafíos que hoy en día atraviesa el mundo como lo es el COVID-19 y el cambio climático. (UNESCO, 2021)

A través de los años y teniendo en cuenta informes realizados sobre la crisis de agua que enfrenta hoy en día el mundo, se han venido desarrollando acciones que se enfocan en la conservación y uso racional de este recurso hídrico mediante labores como el aprovechamiento de aguas grises generadas en actividades domésticas y productivas (EPA, 2012).

La defensoría del pueblo en su informe sobre el diagnóstico de la calidad del agua en los departamentos de Colombia, plantea que el derecho al agua tiene como propósito garantizar a cada uno de los ciudadanos una cantidad mínima de agua de buena calidad, que se permita beber, utilizar para realizar alimentos y para la higiene sin generar enfermedades ni afectar la salud y vida de cada ser humano. (Defensoría del pueblo, 2006)

Muchos hogares a nivel mundial han adoptado la idea de reutilización de agua para actividades realizadas dentro de la cotidianidad de su hogar, ya sea para riego de jardines, evacuar el inodoro y limpieza de algunas áreas de la vivienda, de esta manera se cuida del alto consumo de agua. En países como Australia, Alemania y Japón, se han realizado planes piloto para estudiar las tecnologías que ayuden a la reutilización de aguas, puesto que es una actividad que ha aumentado al pasar el tiempo, en Alemania o Reino unido la escasez de agua no es crítica pero aun así reciclan el recurso hídrico porque la preocupación por el medio ambiente es mayor. (Jaramillo & Llorente, 2014)

En cuanto a Colombia, los estudios e investigaciones realizadas sobre este tema no han sido muchas, y algunas de estas se han puesto en práctica de manera muy mínima. La Sociedad Colombiana de Ingenieros del Quindío presento un proyecto

en el Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología relacionado con la reutilización de aguas grises, el cual es más viable realizar en un edificio antes que en una vivienda familiar.

El agua gris, que no contiene desechos humanos, tales como orina o heces, al ser reutilizada se puede aprovechar en actividades que no requieren del uso de agua potable, tal es el caso de la descarga de inodoros o riego de jardines. La reutilización de aguas grises es de gran importancia, esta medida ayudaría a disminuir el uso de agua potable, de facturas y se tendría una fuente adicional para el riego de jardines, o en el caso del presente proyecto, para la descarga de sanitarios, de esta manera el agua tratada podría reservarse para otras necesidades de más alta calidad, por lo anterior, esta alternativa en una zona semiárida como lo es Riohacha ayudaría a contrarrestar de alguna manera el problema de escasez del recurso hídrico y sequía que se presenta.

La reutilización de aguas grises ha estado desde siempre, las casas de la civilización Hindú estaban conectadas a tuberías de desagüe y no se les permitía verter el agua residual a las calles sin antes haber realizado como mínimo un procedimiento de sedimentación. (NIÑO, ELKIN DARIO; MARTINEZ, 2013) Un tiempo después los griegos y romanos deciden mejorar los sistemas de alcantarillado, y más tarde se realizan instalaciones para el tratamiento de aguas residuales las cuales fueron de gran ayuda para la salud pública.

Cabe resaltar que la NASA desde el año 1975, ha venido estudiando e investigando varios aspectos para la reutilización del agua, en especial la proveniente de lavamanos, ducha y lavadoras, para así utilizarla en la descarga de inodoros. (D- et al., 1975).

Oteng-peprah & Nanne, (2018), en su artículo *“Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception - a Review”*, menciona que el reúso de aguas grises, puede ayudar a reducir la gran dependencia de los recursos de agua dulce y además puede ser una fuente complementaria a las fuentes de agua existentes en áreas donde hay una crisis aguda de agua o en regiones climáticas áridas.

## 1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Riohacha es la capital del departamento de La Guajira, tiene una extensión de 3,120 km<sup>2</sup>, conformado por 10 comunas, 16 corregimientos y 8 resguardos indígenas, de acuerdo a los resultados y proyecciones (2005-2020) del censo 2005 realizado por el DANE, para el año 2020 Riohacha contaba con una población estimada de 307.987 habitantes. (DANE, 2020a)

Gráfico 3. Corregimientos y resguardos indígenas de Riohacha



Fuente: Observatorio del Caribe Colombiano con base en el POT del municipio de Riohacha

El río Tapias es la principal fuente hídrica del municipio, tiene un caudal aproximado de 1550 l/s, caudal medio de 3200 l/s y un caudal máximo de 4100 l/s. (Avanzadas Soluciones de Acueducto y Alcantarillado ASAA S.A ESP, 2017)

Producto de los problemas de escasez de agua potable en esta zona al norte del país, los habitantes se ven en la necesidad de buscar alternativas que suplementen la falta de este recurso, una de ellas es el uso de albercas y tanques elevados, pero estos en ocasiones no son suficientes o, muchos de los ciudadanos no cuentan con recursos económicos para la construcción de los mismos, otros acuden al servicio de carro tanques encargados del transporte y suministro de agua potable, haciendo del problema de escasez un negocio rentable.

Al respecto,(Fernández, Janhia., 2014) , opina que, las anteriores alternativas no han acabado con este problema, puesto que estas implican un valor adicional y las

personas de bajos recursos económicos no pueden acceder a dichas alternativas y se ven obligadas a subsistir sin agua varios días.

Por lo anterior, el presente trabajo busca encontrar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la mejor alternativa de ahorro para el aprovechamiento de agua proveniente del lavamanos en una vivienda de estrato 3 ubicada en la ciudad de Riohacha?

### **1.3 OBJETIVOS**

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

Plantear un sistema de recolección de agua gris proveniente del lavamanos como una alternativa de ahorro de agua potable en una vivienda familiar.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Reunir información sobre proyectos de investigación de reutilización de agua domiciliaria tanto a nivel nacional como departamental.
- Analizar la calidad del agua en el municipio de Riohacha a partir de datos suministrados por entidades confiables.
- Elaborar una alternativa para la reutilización de agua proveniente del lavamanos con el fin de utilizarla en la descarga del tanque sanitario.
- Realizar encuestas a los residentes donde se pretende aplicar la alternativa de reutilización de agua del lavamanos y demás población para analizar los factores socioeconómicos, psicológicos y la probabilidad del uso de la misma en otras viviendas.
- Implementar el sistema de reutilización de agua proveniente del lavamanos para descarga de tanque sanitario.



## 1.4 DELIMITACIÓN

- 1.4.1 Espacio.** El trabajo de grado se está llevando a cabo en una vivienda familiar estrato 3 ubicada en la ciudad de Riohacha.
- 1.4.2 Tiempo.** Para la realización del presente proyecto, el tiempo estimado fue de cuatro (4) meses, teniendo como mes de inicio febrero de 2021 y mes de terminación mayo. (Según período académico)
- 1.4.3 Alcances.** Esta investigación permitió determinar qué tan viable es la realización de alternativas de ahorro de agua potable, esto en cuanto a la parte económica y social. De igual manera concientizar a los ciudadanos de la importancia de conservar este recurso hídrico que es tan importante para nuestras vidas y presentar el desarrollo de una propuesta para lograr un uso eficiente del agua.
- 1.4.4 Limitaciones.** Hasta el momento están al alcance los materiales que se puedan llegar a utilizar.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

**2.1 Estado del arte.** Para la realización del presente proyecto es necesario tener como base trabajos, investigaciones los cuales faciliten la elaboración de esta propuesta. (Véase Tabla 1).

**Tabla 1. Trabajos Relacionados**

AUTORES DE INVESTIGACION	TITULO DE TRABAJO	RESUMEN	RESULTADOS	FECHA DE PUBLICACION, INSTUCION Y CIUDAD
MONICA ARDILA GALVIS	VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL APROVECHAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS	Para evaluar la viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas en conjuntos residenciales, se realizó un estudio orientado a la selección de un sistema de tratamiento apropiado a las características de los vertimientos generados y usos potenciales establecidos.	Se encontró viable económicamente la implementación de este tipo de soluciones, con un ahorro del 35% y 50% en los servicios de acueducto y alcantarillado.	2013, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, BOGOTÁ D.C.
NATALACIA PALACIO CASTAÑEDA	PROPUESTA DE UN APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE, EN LA INSTRUCIÓN EDUCATIVA MARÍA AUXILADORA DE CALDAS, ANTIOQUIA	Este proyecto presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros.	Es viable para hacer un uso eficiente del agua dentro de las instituciones educativas, pues con la precipitación de la zona y el espacio disponible, se logra abastecer los sanitarios y lavascobas pero, la inversión inicial es muy alta, por lo que lo que puede volverlo inaccesible si no se cuenta con la adecuada financiación externa para desarrollar el proyecto.	JULIO 2010, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
JUAN ESTEBAN RAMIREZ	TECNOLOGIAS DE AHORRO DE AGUA POTABLE EN VIVIENDAS MULTIFAMILIARES	Se pretende estudiar alternativas que se han implementado en el mundo y mirar su aplicabilidad en la ciudad de Bogotá.	Los dispositivos de ahorro en grifería y duchas son tecnologías viables tanto ambientales como económicas. Muestran ahorros considerables sin afectar el confort del usuario. Estos dispositivos son alcanzables inclusive por estratos menores.	2009, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, BOGOTA D.C
DÍAZ OVIEDO JHON JAIRO RAMÍREZ MIELES LIZETH YOHANA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA DE LA LAVADORA APLICADO A LOS HOGARES DE BOGOTÁ D.C.	Diseño de un sistema de tratamiento de aguas para los hogares de Bogotá D.C., el cual se fundamenta en el compromiso con el medio ambiente con respecto al manejo adecuado del recurso más importante que tiene el hombre, el agua.	Con la implementación del sistema se obtiene un ahorro del 25.5% del consumo total del agua en el hogar. La reutilización del agua es un mecanismo que beneficia el medio ambiente, ya que ciudades como Bogotá, tiene una demanda elevada debido a su numerosa población.	2016, UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS BOGOTÁ

Fuente: Autor

**Tabla 2. Trabajos Relacionados (Continuación)**

AUTORES DE INVESTIGACION	TITULO DE TRABAJO	RESUMEN	RESULTADOS	FECHA DE PUBLICACION, INSTUCION Y CIUDAD
JAHNIA ANDREA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN EL MUNICIPIO DE MAICAO.	Maicao es un municipio con una problemática de escasez predominante y con problemas de desarrollo y manejo de recursos públicos, por lo tanto se plantea analizar la viabilidad de implementar un sistema de recolección del agua lluvia a nivel residencial para aprovecharla y así mitigar los problemas de escasez provocados por la condición de zona semiárida del municipio.	La implementación de un sistema de recolección de aguas lluvias en el municipio de Maicao es viable, técnica, social y económicamente, por lo que su implementación puede desarrollarse con el respaldo de estos tres factores, logrando un beneficio ambiental para la cuenca al disminuir los volúmenes de escorrentía en épocas de lluvias, la erosión del suelo, generar beneficios a los habitantes al proporcionar una fuente de abastecimiento sin costos.	2014, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES BOGOTÁ D.C.
DAYAN LIZETH PARRA ASTUDILLO LUIS JAVIER CARRILLO PUERTO EDDER ALEXÁNDER VELANDIA DURÁN	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y REÚSO DEL AGUA DOMÉSTICA	El reúso de las aguas grises en edificaciones amplía la disponibilidad del recurso agua en un sistema de abastecimiento municipal, al atender una población con menor demanda de agua y, por ende, menor infraestructura.	Los resultados del balance de agua gris indican que la oferta del agua por recircular supera el consumo demandado por las actividades de reutilización. En consecuencia, se asegura que no se presentarán limitaciones para el abastecimiento continuo	2014, UNIVERSIDAD DE LA SALLE BOGOTA D.C.
CRISTIAN MAURICIO ESPINAL VELASQUEZ DAVID OCAMPO ACOSTA JUAN DAVID ROJAS GARCIA	CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE RECICLAJE DE AGUAS GRISES EN EL HOGAR	Se propone un sistema de reciclaje de aguas grises, el objetivo es el diseño y simulación que permita volver a utilizar este tipo de aguas, para lo cual fue necesario la ubicación de los principales puntos de captación en el hogar desde donde se pueden obtener aguas grises, se estudiaron las necesidades dadas en sistemas de reutilización de aguas grises, y los diferentes esquemas realizados para el sistema, con el propósito de escoger el más adecuado.	Se logró un reciclaje sencillo de este tipo de aguas, eliminado partículas presentes y la gran cantidad de espuma que se generaba, y teniendo también en cuenta que se utilizaría en otro tipo de actividades menos su consumo.	2014, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. PEREIRA

Fuente: Autor

### 2.1.1 Implementación de sistemas de reutilización de agua

#### **Tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales urbanas:**

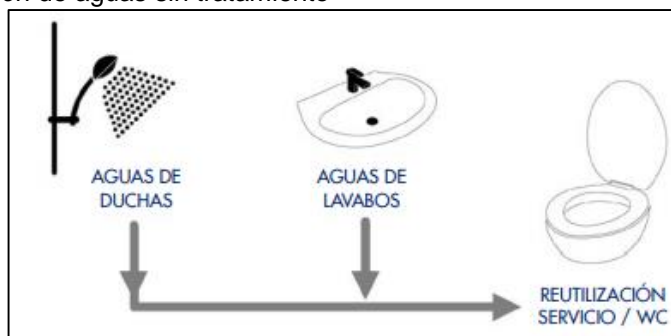
**Análisis económico:** Se desarrolló en Argentina y el objetivo principal fue evaluar el comportamiento económico de tecnologías convencionales basadas en la ingeniería civil e hidráulica (TC) y tecnologías verdes (TV), utilizando el análisis beneficio-costos, los beneficios económicos se derivan de la venta de productos vegetales y los ambientales de la descontaminación del agua.

Los estudios se realizaron en la Provincia de Córdoba a finales de los años 90, para esa época la técnica utilizada era los pozos negros porque no contaban con cursos de aguas permanentes que permitieran los efluentes. El primer caso trata del tratamiento de los efluentes cloacales con una planta vaticinada de un filtro de reja, lagunas facultativas de estabilización y filtros verdes; como cuerpo receptor de los efluentes tratados se cuenta además con piscinas de aireación, en donde se degradan el material de manera natural y/o con ayuda de químicos adecuados. (Quintero & Moreno, 2015)

Luego de realizar el estudio de los casos, se concluyó que la tecnología de filtros verdes era la mejor opción, dado que no necesitaba otro tratamiento y al momento de suspender la materia orgánica se depuraba el agua y se conseguía abono para la agricultura.

**Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios AQUA:** Existen sistemas que utilizan aparatos sencillos para recolectar el agua gris y enviarla directo a los puntos de uso sin tratamiento previo y con ausencia de almacenamiento.

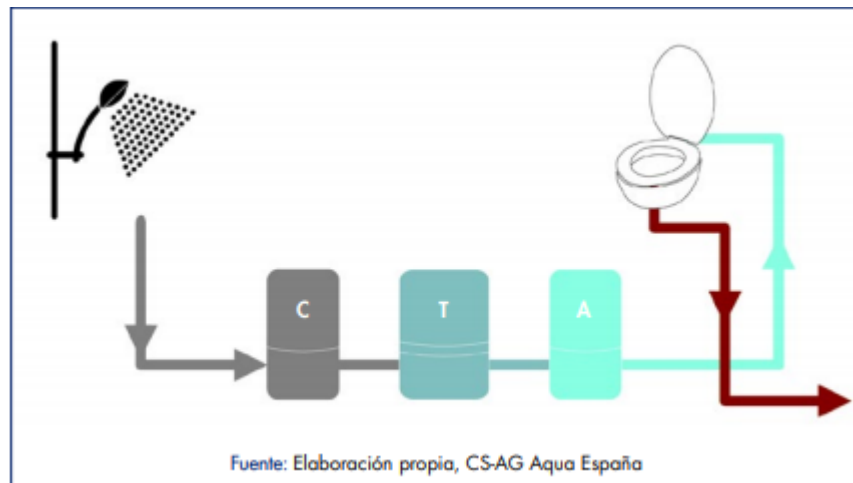
Gráfico 4. Reutilización de aguas sin tratamiento



Fuente: (AQUA España, 2017)

Los sistemas con tratamiento, generalmente más no exclusivamente, tienen etapa de captación y almacenamiento de aguas grises, tratamiento de las mismas y almacenamiento e impulsión del agua tratada tal como se muestra en el gráfico 5.

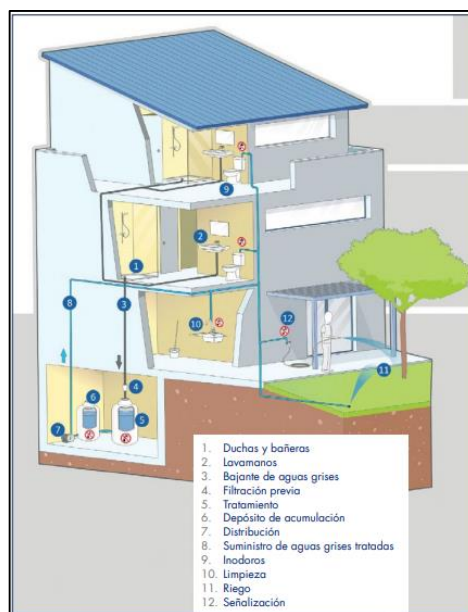
Gráfico 5. Sistemas con tratamiento de aguas grises



Fuente: (AQUA España, 2017)

La empresa española AQUA plantea distintos sistemas de reutilización de aguas grises, en la gráfica 6 se puede observar de qué manera es captada el agua para luego ser bombeada de regreso a los sanitarios. Utilizando los sistemas de reutilización planteados por la empresa se puede lograr un ahorro del 40% de agua potable y de esta manera contribuir al medio ambiente.

Gráfico 6. Esquema de reutilización de aguas grises



Fuente: (AQUA España, 2017)

### **Future water reuse and other marginal water use possibilities (África):**

Debido al alto grado de contaminación del río Olifants, el gobierno propone un plan para recolectar aguas lluvias, aguas negras de viviendas e industrias, aguas subterráneas y llevarlas a una zona de captación para tratarlas y utilizarlas en el riego de cultivos de alimentos.

La propuesta presenta pros y contras, estos últimos por no utilizar el agua convencional, de tipo social, ambiental, de salubridad, dado que el agua se reutilizara en los cultivos de alimentos genera preocupación que no alcance las características físico químicas y bacteriológicas requeridas para este fin, lo que puede generar enfermedades en la población

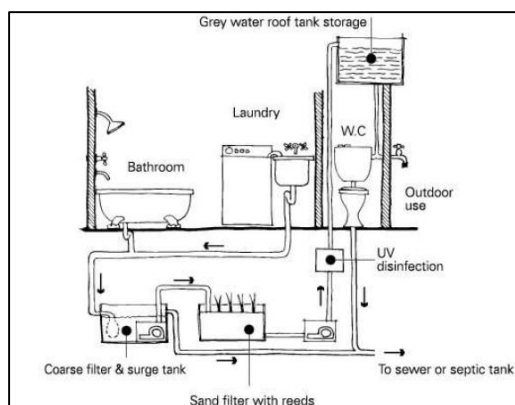
Tabla 3. Parámetros del agua para uso en agricultura

Water Quality Guidelines For Agricultural Use: Irrigation					
Variable	Units	Ideal	Acceptable	Tolerable	Unacceptable
<b>Physical Requirements</b>					
Total Suspended Solids	mg/l	50	75	100	>100
<b>Chemical Requirements</b>					
Chloride	mg/l	100	137.5	175	>175
Electrical Conductivity	mS/m	40	90	270	>270
Fluoride	mg/l	2.0	8.5	15.0	>15.0
pH (upper)		8.4	8.4	8.4	>8.4
pH (lower)		6.5	6.5	6.5	<6.5
Sodium Absorption Ratio	mmol/l	2.0	8.5	15.0	>15.0

Fuente: (Quintero & Moreno, 2015)

**Wastewater reuse.** En Australia presentó una manera de reutilizar el agua, a partir de un sistema de recirculación del recurso hídrico en las viviendas, que funciona realizando la captación del agua y luego se conduce a un filtro donde obtiene el tratamiento y finalmente se conduce a un tanque elevado para ser utilizada en los sanitarios.

Gráfico 7. Sistema de recirculación de agua en los hogares



Fuente: (Matos et al., 2012)

## 2.2 Marco Teórico

**Aguas Grises.** Son aquellas que se encuentran entre el agua potable y el agua residual, muchas veces son utilizadas para actividades domésticas. Proviene de lavado de ropa, duchas, lavaplatos, lavamanos, entre otros. Si todas las personas reutilizaran estas aguas, se podría ahorrar 90.000 litros de este recurso hídrico lo cual ayudaría a compensar el problema de escasez de agua a nivel mundial. Lo anterior, representa un 30% de ahorro de agua potable, lo cual reduciría, además del desperdicio, el valor de facturas de agua y la carga de aguas residuales (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas ONU, 2010)

Según lo explican (NIÑO, ELKIN DARIO; MARTINEZ, 2013), la utilización de aguas grises representa la mayor fuente de ahorro de agua en las viviendas, logrando un ahorro entre 50 y 80%.

La reutilización de aguas grises está surgiendo como una parte interna de la gestión de la demanda de agua, promoviendo así la preservación de suministros de agua potable y reduciendo el contaminante en el medio ambiente. (Liu et al., 2010)

“Las aguas grises no presentan mal olor al momento de ser descargadas, contienen fósforo, potasio y nitrógeno, que convierte a las mismas en una fuente de nutrientes para el riego”(GUERRA, 2019)

### **Aguas residuales domesticas**

Resultan de la combinación de aguas negras y aguas grises, hoy en día existen sistemas que permiten el tratamiento de este tipo de aguas por separado. Según

(Friedler & Hadari, 2006) la generación de aguas grises en una vivienda se encuentra entre 60% y 70% mientras que las aguas negras es de 30 – 40%.

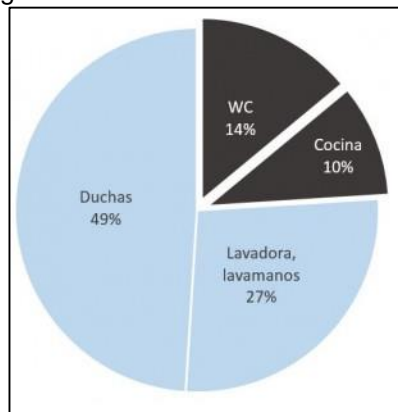
### **El reciclaje de agua domestica**

El reciclaje de aguas grises ha aumentado considerablemente en los últimos años, lo que significa que efectivamente esta alternativa como solución a la problemática del agua es válida, a pesar de la carga de contaminantes que puedan afectar la salud humana estos pueden ser tratados en un 98 %, logrando una purificación casi total por medio de tecnologías rentables y con costos asequibles para países en vía de desarrollo que su implementación. (Levine & Asano, 2004)

En la actualidad, en Riohacha no existe algún tipo de sistema de recolección de aguas grises, proveniente del lavamanos. Si se han realizados trabajos de investigación en pro de ayudar a buscar soluciones ante la escasez de agua a partir del aprovechamiento de las fuentes hídricas, recolección de agua lluvia, estudio de las necesidades de agua, saneamiento e higiene realizado por UNICEF, entre otros proyectos relacionados con la sequía presentada no solo en la ciudad sino también en el departamento.

Debido a la escasez de agua muchas personas han optado por reciclar agua, de acuerdo con estudios realizados, se estima que el consumo de agua diario por persona es de 130 litros, la mitad de estos corresponde a la descarga del inodoro, lavamanos y ducha. El agua proveniente de estos sitios, en los hogares colombianos se utilizan para el aseo, al respecto, (NIÑO, ELKIN DARIO; MARTINEZ, 2013), opinan que de esta manera no solo se aprovecha el agua para lavado de pisos y riego, sino también se almacena para posterior uso.

Gráfico 8. Producción de aguas grises en viviendas



Fuente: Adaptado de (H2OME VICTORIA, 2013)



## Características de aguas grises

La calidad del agua suministrada, el estado en que se encuentre la red de distribución, tanto de agua potable como de agua gris, y las actividades que se realicen en el hogar, son puntos que intervienen o que de alguna manera hacen que las características de las aguas grises varíen.

Tabla 4. Contenido de aguas grises

CONTENIDO DE AGUAS GRISES		
ORIGEN	CONTENIDO	OBSERVACIONES
Lavaplatos/Fregadero	Materia orgánica, nutrientes, sólidos, detergentes, altos niveles de grasas y aceites	Partículas sólidas y solidificación de grasas obstruyendo unidades del sistema de tratamiento
Lavadero	Altas concentraciones de detergente, productos químicos de agentes de limpieza, pelusas y sólidos	Lavado de pañales aumenta contenido de patógenos. Mayor número de enjuagues mejora la calidad del agua
Ducha/Tina	Jabón, shampoo, grasas y bacterias.	Aumenta el contenido de patógenos prácticas como orinar en la ducha
Lavamanos	Jabón, pasta de dientes y otros productos de higiene	-

Fuente: Adaptado de (Ministerio de Salud, 2018)

## Reutilización de aguas grises a nivel mundial

La reutilización de aguas grises reduce el uso de agua potable para necesidades de calidad no potable, el agua potable a menudo se usa innecesariamente en el hogar para fines en los que las aguas grises serían aceptables. A mediados de los años 70, se facilitó la utilización de esquemas sencillos de reúso de agua en viviendas del estado de California en Estados Unidos, la acogida de dichos esquemas fue de manera rápida, por lo tanto en el Código de Plomería de California se establecieron normas para la reutilización del recurso hídrico, esto significó la implementación de modelos automatizados y auto limpiantes para el uso de agua gris en riego.(Martínez, 2018)

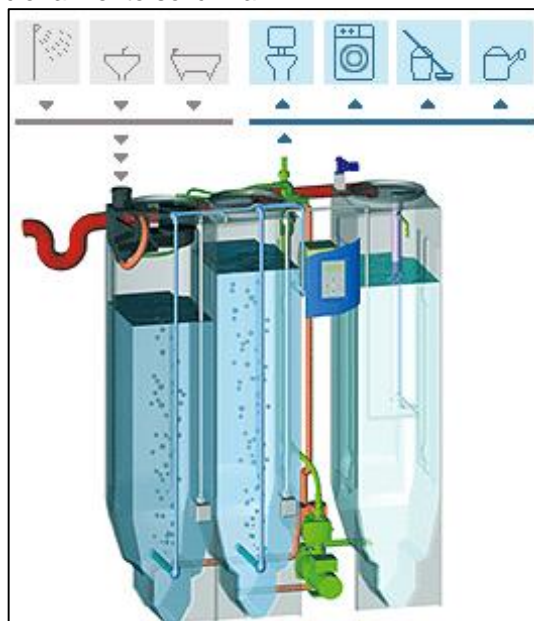
Países como Australia y España tienen ideas claras acerca de la reutilización de aguas en hogares, aportando modelos para la calidad del agua y de esta manera poder reutilizarla. (Quintero, Daniel; Moreno, Tanya; Villegas, 2013).

Uno de los sistemas de reutilización de agua gris es GreyWaterNet que se encuentra en España, este a diferencia de otros tiene un sistema de registro inteligente que disminuye el uso de energía. El sistema de tratamiento de aguas grises de GreyWaterNet es uno de los más económicos en el mercado, utiliza un

sistema natural sin agregar ingredientes químicos. Además de GreyWaterNet, la empresa española EcoAgua es precursora experta de la reutilización de agua a partir de humedales artificiales, por su construcción natural y generar vegetación estos humedales trae variedad de beneficios al medio ambiente.

Aunque su principal actividad es la instalación de todo tipo de energías renovables, la empresa española SOLICLIMA también se encarga de ofrecer productos para la reutilización de aguas grises lo cual genera un ahorro de hasta un 80% del total a lo largo del año. En el gráfico 5 se observa el esquema de funcionamiento del producto, pasando por una etapa de filtrado, luego un tratamiento biológico y por ultimo esterilización, tiene el tamaño aproximado de un armario.

Gráfico 9. Esquema de funcionamiento soliclíma

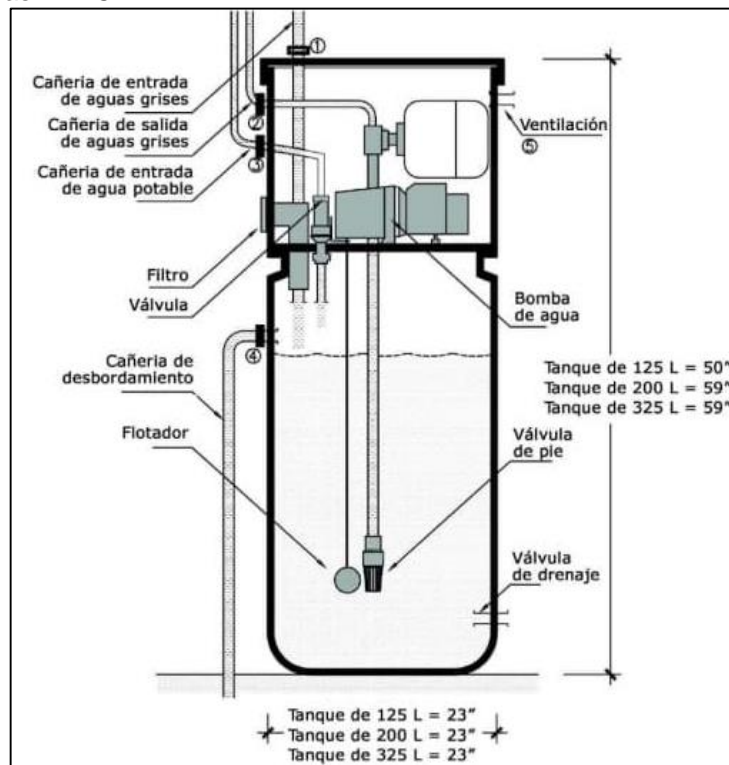


Fuente: <http://www.soliclima.com/aguas-grises.html>

La conciencia de las limitaciones naturales de este recurso hídrico es cada vez mayor, por lo que la reutilización del agua ha adquirido un gran significado. En Israel, el 70% de las aguas residuales tratadas se reutiliza para riego de cultivos. (Matos et al., 2012)

Los sistemas BRAC, de origen canadiense con sede en Costa Rica, además de recibir agua proveniente de duchas, lavandería, lavamanos y de tinajas, cuentan con filtros y una bomba que permiten un óptimo reciclaje de aguas grises, para luego alimentar los tanques de los sanitarios. Estos sistemas permiten el ahorro de aproximadamente un tercio del consumo de agua potable en una vivienda particular. (Espinal et al., 2013)

Gráfico 10. Sistemas BRAC



Fuente: Adfer Dazne, Arquitectura Prefab, 2017

En México se han realizado investigaciones en cuanto al tratamiento de aguas grises, el Instituto Carlos Slim de la salud elaboró una cartilla donde le enseña de una manera fácil a los ciudadanos como reutilizar aguas grises a partir de un sistema de tratamiento casero. El agua gris puede aprovecharse si se envía a una trampa de grasas, se filtra y se vuelve a usar, además una vez tratada, contiene potasio, fósforo y otros minerales en cantidades pequeñas que sirve para abonar la tierra sin hacerles daño a las plantas, el filtro absorbe gran parte de los contaminantes y la suciedad que llevaba antes de pasar por él. (Marta Alcocer, 2012)

En el estado de Kentucky-Estados Unidos, se desarrolló el método AQUUS, este es un sistema novedoso donde el agua proveniente del desagüe del lavamanos se almacena, se filtra y se desinfecta, luego se conduce hasta el tanque del sanitario. Según el fabricante se podría ahorrar entre 7.000 y 30.000 litros de agua al año por hogar.

Gráfico 11. Método AQUUS



Fuente: (Ecohoe, 2008)

### **Tecnologías de reutilización de aguas grises en Colombia**

En Colombia, la reutilización del agua potable para actividades domésticas es la segunda actividad que más demanda del recurso hídrico después de la agricultura, principalmente en las grandes ciudades, como Bogotá. (Galeno, 2017)

En la actualidad, en el país son pocos los proyectos relacionados a la reutilización y tratamiento de aguas grises en los hogares, aunque muchos ciudadanos reciclan de una manera casera lo cual muchas veces ocasiona mal olor por el agua estancada y la cantidad de residuos que contiene.

- **SISTEMA SKILVIRK:** Se trata de un sistema capaz de tratar las aguas usadas con el fin de reutilizarlas posteriormente en la descarga de sanitarios diseñado por Jesús Fernando Cubillos. Está compuesto por tuberías que conducen las aguas grises a unos tanques encargados de filtrar los sedimentos, grasas y bacterias, enviando finalmente el líquido tratado a un tanque que le abastece todos los sanitarios del hogar. En la ilustración 2 se puede observar cómo funciona. (Findeter, 2017)

Gráfico 12. Sistema Skilvirk



Fuente: Findeter, Banca de desarrollo territorial

- Aguas de Colombia SAS (AGUACOL), es una empresa dedicada al tratamiento de aguas, la cual diseña e instala plantas de tratamiento de aguas residuales y domesticas para apartamentos, aunque muchas veces las adaptan a comunidades de varios hogares. (Díaz & Ramírez, 2016)
- Eko aqua es un sistema diseñado por Nicolás Carrillo y Steven Puentes, y lo que hace es tomar el agua proveniente de la ducha y lavamanos, purificarla, la filtra de partículas sólidas, la purifica con bacterias y finalmente llega a un nuevo tanque del que saldrá para su posterior utilización en el inodoro. (Agencia de Noticias de la Universidad Nacional, 2013)

En la actualidad, en el país, edificios como el de las oficinas de Bancolombia en Medellín, el edificio de centro deportivo de la Universidad de los Andes en Bogotá, el colegio Rochester de Bogotá entre otros, cuentan con un sistema de reutilización de agua potable utilizada para descarga de cisternas y riego de jardines, lo cual genera un gran ahorro tanto del recurso hídrico como económico esto en cuanto a facturas de acueducto. (NIÑO, ELKIN DARIO; MARTINEZ, 2013)

Se podría decir que en el presente son pocas las empresas dedicadas a la fabricación de sistemas de tratamiento de aguas grises para el hogar, pero gracias a la tecnología y el acceso a internet se ha realizado la divulgación de investigaciones, relacionadas con el tema, estas en su mayoría las realizan personas interesadas en disminuir costos de factura y aportar al cuidado del medio ambiente. (Díaz & Ramírez, 2016)

## 2.3 Marco Legal

**Tabla 5. Marco Legal**

<b>Normatividad</b>	<b>Aspectos generales</b>
<b>Constitución política de Colombia</b>	<p>Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a disfrutar de un ambiente sano.</p> <p>Rige el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales garantizando el desarrollo sostenible</p> <p><i>(Constitución Política de La República de Colombia [Const]. Art 79, 1991)</i></p>
<b>Ley 99 de 1993</b>	<p>Determina que la acción para la protección y recuperación ambiental del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado.</p> <p><i>(Ley 99 de 1993. Por La Cual Se Crea El Ministerio Del Medio Ambiente., 1993)</i></p>
<b>Ley 142 de 1994</b>	<p>Aplica a los servicios públicos y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios. Protección de los recursos naturales.</p> <p><i>(Ley 142 de 1994. Por La Cual Se Establece El Régimen de Los Servicios Públicos Domiciliarios y Se Dictan Otras Disposiciones., 1994)</i></p>
<b>Ley 373 de 1997</b>	<p>Establece programas para uso eficiente y ahorro del agua con metas anuales para reducir pérdidas en los sistemas de acueducto.</p> <p><i>(Ley 373 de 1997. Por La Cual Se Establece El Programa Para El Uso Eficiente y Ahorro Del Agua., 1997)</i></p>

Fuente: Autor

**Tabla 6. Marco Legal (Continuación)**

<b>Normatividad</b>	<b>Aspectos generales</b>
<b>Ley 9 de 1979</b>	<p>Establece normas y medidas que regulan los residuos o que afecten o que puedan afectar el medio ambiente.</p> <p><i>(Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias., 1979)</i></p>
<b>Ley 79 de 1886</b>	<p>Prevé la conservación y preservación del agua.</p> <p><i>(Ley 79 de 1886. Por La Cual Se Prevee a La Conservación Del Agua., 1886)</i></p>
<b>Decreto 2811 de 1994</b>	<p>Tiene como objetivo controlar y prevenir los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables como el agua en cualquiera de sus estados.</p> <p>Se dicta el código Nacional de recursos renovables y de protección del medio ambiente.</p> <p><i>(Decreto 2811 de 1974 [Con Fuerza de Ley]. Por Medio Del Cual Se Expide El Código de Recursos Renovables y Protección Al Medio Ambiente., 1974)</i></p>
<b>Decreto 3102 de 1997</b>	<p>Utilización de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. Obligaciones de las entidades prestadoras del servicio de acueducto.</p> <p><i>(Decreto 3102 de 1997 [Con Fuerza de Ley]. Por El Cual Se Reglamenta El Artículo 15 de La Ley 373 de 1997 En Relación Con La Instalación de Equipos, Sistemas e Implementos de Bajo Consumo de Agua., 1997)</i></p>
<b>Decreto 155 de 2004</b>	<p>Establece tasas por utilización de aguas superficiales, las cuales incluyen las aguas estearinas, y las aguas subterráneas.</p> <p><i>(Decreto 155 de 2004 [Con Fuerza de Ley]. Por El Cual Se Reglamenta El Artículo 43 de La Ley 99 de 1993 Sobre Tasas Por Utilización de Aguasy Se Adoptan Otras Disposiciones., 2004)</i></p>
<b>Resolución 1508 de 2010</b>	<p>Promueve el uso eficiente y ahorro del agua potable imponiendo sobrecostos al uso excesivo los cuales destinan al Fondo Nacional Ambiental (FONAM.)</p> <p><i>(Resolución 1508 de 2010 [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por La Cual Se Se Establece El Procedimiento Para El Recaudo de Los Recursos Provenientes de Las Medidas Adoptadas Por La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneami, 2010)</i></p>

Fuente: Autor

### **3. METODOLOGÍA**

El proyecto tiene características descriptivas, dado que parte del análisis de investigaciones que se han realizado sobre el tema de reutilización de agua, de igual manera se determinó una alternativa para el ahorro de agua potable la cual ayuda a cuidar del consumo de agua generado en una vivienda familiar. Primero se realizó el diagnóstico de la vivienda, teniendo así la cantidad de personas que residen y un aproximado de la cantidad de agua que se utiliza, a partir de esta información se tuvieron en cuenta proyectos o investigaciones realizadas para plantear una alternativa adecuada y acorde con el presupuesto.

#### **3.1 DISEÑO METODOLÓGICO**

El proyecto se desarrolla a partir de la siguiente metodología, esto con el fin de cumplir a cabalidad con los objetivos trazados:

##### **ETAPA I: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Para dar inicio al proyecto se realizó una consulta bibliográfica de investigaciones, trabajos o proyectos relacionados con la reutilización de aguas grises tanto a nivel mundial, como nacional y en el departamento de La Guajira, así como también el tratamiento de las mismas, lo anterior con el fin de conocer sobre diferentes alternativas que permitan el paso del agua proveniente del lavamanos hacia el tanque del sanitario, y de esta manera determinar la mejor opción en la implementación de una alternativa de ahorro de bajo costo y que pueda ser aplicado a mediano o largo plazo en las viviendas del municipio de Riohacha.

Con la ayuda de datos y/o investigaciones realizadas en el departamento, se analizara la calidad de agua potable con la que se cuenta en el municipio.

##### **ETAPA II: ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO SOBRE EL USO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE RIOHACHA**

Se hace una revisión de la vivienda determinando las condiciones en que se encuentra, número de habitantes para así determinar el consumo promedio de agua en el hogar.

Se realizará una caracterización del agua proveniente del lavamanos, así como la calidad de la misma, a partir de datos suministrados en investigaciones realizadas en el distrito de Riohacha.

Realizar encuestas tanto a residentes como a vecinos del sector para conocer su opinión sobre la realización de una alternativa de ahorro en sus hogares y a la vez dar a conocer los beneficios de un sistema de reutilización de aguas grises.



### **ETAPA III: DISEÑO DE LA ALTERNATIVA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUA GRIS PROVENIENTE DEL LAVAMANOS**

Se presenta una propuesta para optimizar el ahorro de agua potable, cumpliendo con funciones básicas pero que a su vez genere ahorro en el gasto de agua potable, lo anterior será reciclando y reutilizando el agua del desagüe del lavamanos para que alimente la cisterna del tanque sanitario, esto con el fin de que el gasto sea el menor posible y tenga las mismas prestaciones.

Realizar un esquema donde se evidencie el funcionamiento del sistema propuesto, sus características y materiales.

Una vez planteada la estructura, se inicia con la construcción del prototipo seguido de su instalación, con el fin de evaluarlo e identificar posibles errores en cuanto a la construcción.

### **ETAPA IV: SOCIALIZACION Y ENTREGA DEL PROYECTO**

Hacer entrega del proyecto a la comunidad interesada, en este caso residentes de la vivienda y vecinos, dando a conocer el funcionamiento y costo del mismo.

Elaboración del documento e informe final con sus respectivos resultados y que tan factible es realizar esta alternativa en otras viviendas de la ciudad teniendo en cuenta la disminución en el costo de la factura.

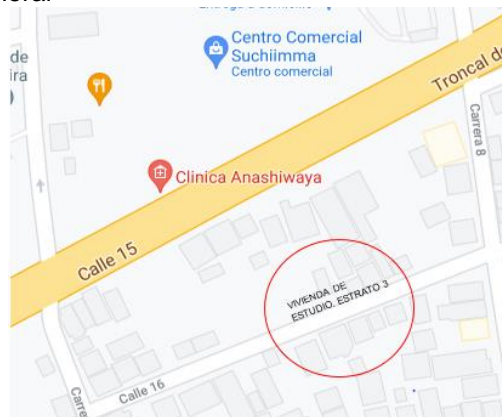
## 4. DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO EN RIOHACHA

### 4.1 Contexto General

Riohacha es la capital del departamento de La Guajira, su temperatura promedio es de 28°C, tiene una extensión de 3,120 km<sup>2</sup>, conformado por 10 comunas, 16 corregimientos y 8 resguardos indígenas, de acuerdo a los resultados y proyecciones (2005-2020) del censo 2005 realizado por el DANE, para el año 2020 Riohacha contaba con una población estimada de 307.987 habitantes. (DANE, 2020a)

La vivienda donde se realiza el estudio para implementar una alternativa de ahorro se encuentra ubicada en la calle 16 con carrera 8.

Gráfico 13. Localización general



Fuente: Google Maps

Tabla 7. Información general de la vivienda

Información General		
<b>DIRECCIÓN</b>	Calle 16 No. 8 - 88	
<b>COORDENADAS</b>	Latitud	11,542076
	Longitud	72,908732
<b>BARRIO</b>	El Progreso	
<b>SECTOR</b>	Nuestra Señora de los Remedios - Comuna 6	
<b>ESTRATO</b>	3	
<b>HABITANTES</b>	7	

Fuente: Autor

## 4.2 Aspectos Socioeconómicos

Riohacha se encuentra compuesta por 5 estratos, del 1 al 5 donde 1 es el más bajo y 5 más alto, estos representan los niveles socioeconómicos del municipio. Para llevar a cabo el proyecto se seleccionó una vivienda de estrato 3 ubicada en el barrio el progreso.

El registro mercantil de 2017 reportó en el municipio de Riohacha un total de 6.389 empresas de las cuales 22 son grandes, 17 medianas, 177 pequeñas y 6.173 corresponden a microempresas.(Cámara de comercio de La Guajira, 2017) Actualmente no se cuenta con datos recientes donde se evidencie el aumento del número de empresas, teniendo en cuenta que debido a la situación por la que atraviesa el país (COVID – 19) muchas personas del municipio han decidido emprender.

Tabla 8. Empresas por actividad económica en Riohacha

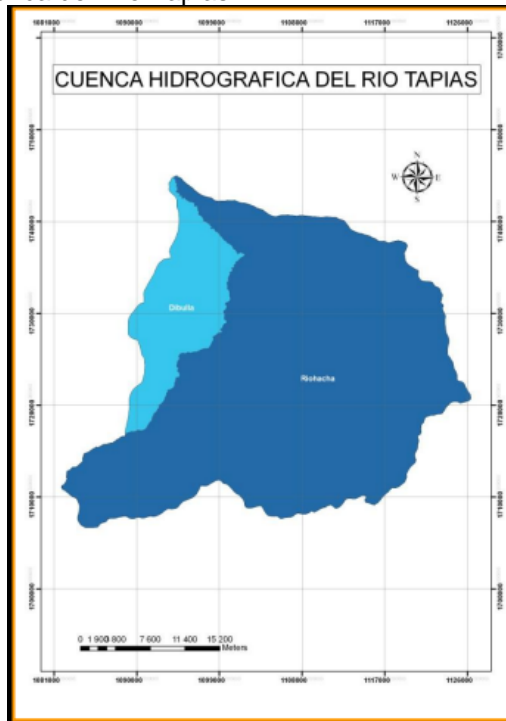
ACTIVIDAD ECONOMICA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	94	1,5%
Explotación de minas y canteras	7	0,1%
Industrias manufactureras	442	7,1%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	11	0,2%
Distribución de agua; saneamiento ambiental	40	0,6%
Construcción	374	6,0%
Comercio al por mayor y al por menor	2.560	41,4%
Transporte y almacenamiento	258	4,2%
Alojamiento y servicios de comida	659	10,7%
Información y comunicaciones	179	2,9%
Actividades financieras y de seguros	84	1,4%
Actividades inmobiliarias	52	0,8%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	461	7,5%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	345	5,6%
Administración pública y defensa; seguridad social	8	0,1%
Educación	108	1,7%
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	199	3,2%
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación	111	1,8%
Otras actividades de servicios	192	3,1%
<b>TOTAL</b>	<b>6.184</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: (Cámara de comercio de La Guajira, 2017)

### 4.3 Suministro de agua

El río Tapias es la principal fuente hídrica del municipio, este nace en la cresta cuchillo del mico en Dibulla, con un área de 1037 km<sup>2</sup>, tiene un caudal aproximado de 1550 l/s, caudal medio de 3200 l/s y un caudal máximo de 4100 l/s. (Avanzadas Soluciones de Acueducto y Alcantarillado ASAA S.A ESP, 2017). En el gráfico 9 se puede observar que Riohacha ocupa el 85,5% del área en la cuenca hidrográfica del río Tapias.

Gráfico 14. Cuenca hidrográfica del Río Tapias.



Fuente:(CORPOGUAJIRA, 2008)

En la tabla 9 se puede evidenciar que para el año 2020 según informó el DANE, el 79% de la población contaba con servicio de acueducto y 55,2% con servicio de alcantarillado. Lo anterior se debe principalmente a la mala gestión administrativa de los recursos, lo cual hace que el servicio prestado no sea óptimo.

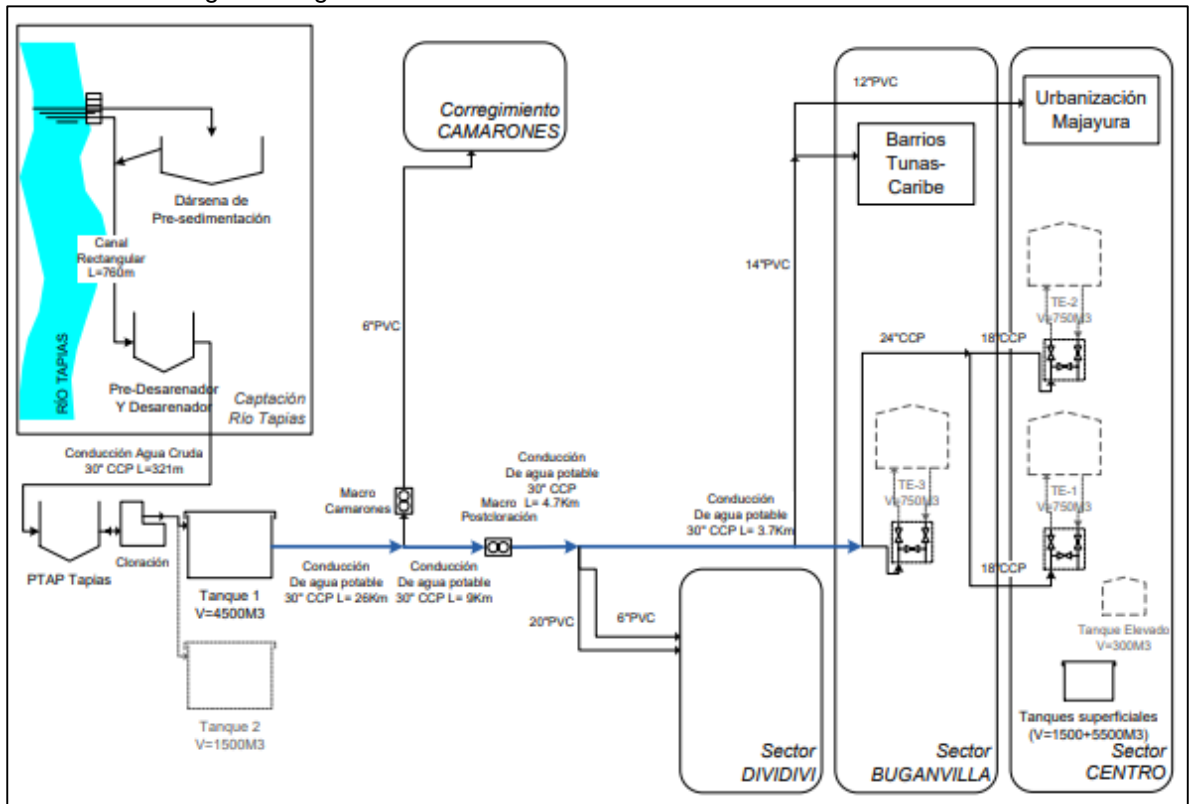
Tabla 9. Cobertura de servicios públicos domiciliarios en Riohacha

Información de Viviendas	Municipio	COBERTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS	
		Acueducto	Alcantarillado
CNPV 2018	Riohacha	79%	55,2%

Fuente: Adaptado de (DANE, 2020)

Actualmente la empresa encargada del suministro de agua potable en Riohacha, es Avanzadas Soluciones de Acueducto y Alcantarillado S.A E.S.P – ASAA, el recurso hídrico es captado en el río Tapias en el corregimiento de Tomarrazón, luego el agua captada es conducida a la planta de tratamiento de agua potable y posteriormente al municipio de Riohacha pasando por procesos de cloración y finalizando en las redes de distribución. En el año 2020 se obtuvo un Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) de 0% lo cual es un gran avance dado que se encuentra en el rango 0-5% que establece que el agua no presenta riesgo para el consumo humano.

Gráfico 15. Configuración general del sistema de acueducto de Riohacha



Fuente: (Gil, 2013)

La baja capacidad de transporte y el material de las tuberías, son las principales razones para que el sistema de acueducto del municipio presente deficiencias en el suministro de agua potable.

Tabla 10. Indicadores del Servicio de Acueducto de Riohacha

INDICADOR	30 DE JUNIO DE 2018
Agua no contabilizada	62%
Tasa de recaudo	61%
Cobertura de Acueducto	84%
Continuidad del servicio de Acueducto	7.7 horas
Micro medición	69% (23,141 micro medidores)

Fuente: Adaptado de (Banco Mundial, 2019)

El plan de choque es un proyecto que inicio en Riohacha a mediados de 2018, su objetivo principal es mitigar la situación de deficiencia del suministro de agua a los sectores hidráulicos además de disminuir la interrupción del servicio, por tal motivo se desarrolló una nueva propuesta de abastecimiento en función de la oferta disponible.

A inicios del presente año, ASAA dio a conocer las nuevas tarifas para el servicio de acueducto, las cuales comenzaron a regir a partir de marzo, en el caso de alcantarillado las tarifas siguen igual al año anterior.

Tabla 11. Tarifas a partir del periodo de marzo 2021

USO RESIDENCIAL		ACUEDUCTO				ALCANTARILLADO			
Categoría / Estrato	Cargo	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21
Estrato 3 (Medio-Bajo)	Vr. Cargo fijo (\$/usuario)	5.275,50	5.275,50	5.275,50	5.275,50	4.464,15	4.464,15	4.464,15	4.464,15
	Vr. Consumo básico (\$/m³)	1906,64	1906,64	1906,64	1906,64	1295,20	1295,20	1295,20	1295,20
	Vr. Consumo complementario (\$/m³)	2.243,11	2.243,11	2.243,11	2.243,11	1523,76	1523,76	1523,76	1523,76
	Vr. Consumo Suntuario (\$/m³)	2.243,11	2.243,11	2.243,11	2.243,11	1523,76	1523,76	1523,76	1523,76
	Vr. Tasa ambiental (\$/m³)	4,96	4,96	4,96	4,96	25,20	25,20	25,20	25,20

Fuente: (AVANZADAS SOLUCIONES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ASAA S.A. E.S.P., 2021)

Para la determinación de la calidad del agua en la zona rural del municipio de Riohacha, se analiza el estado de las fuentes hídricas del municipio a partir de parámetros físicos químicos y microbiológicos. La Universidad de La Guajira ha realizado investigaciones relacionadas con el tema, en alguna de ellas los resultados han arrojado presencia de coliformes fecales y totales, es decir que el agua presenta un grado de contaminación, además altos niveles de turbiedad, color, alcalinidad, hierro y manganeso, microorganismos como Pseudomonas, las cuales provocan infecciones en vías urinarias o neumonía, bacterias como Mesófitas,

generado principalmente por los malos hábitos de higiene, realización de necesidades fisiológicas a campo abierto cerca de las fuentes de agua; y la falta de aplicación de tratamientos previos al agua antes de su uso y consumo. (Martínez Agüero, 2018)

#### 4.4 Demanda de agua en Colombia

De acuerdo con el Decreto 3930 de 2010, la demanda hídrica total es la suma del volumen de agua utilizada para los diferentes usos. El beneficio que representa el recurso hídrico para el desarrollo del país es de 9,99% del PIB.

Colombia cuenta con gran riqueza hídrica y es reconocida por tener extensos tramos de ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas y humedales, seguidos de zonas de alta montaña, llanuras y selvas húmedas, abundantes precipitaciones y complicadas relaciones ecológicas. (Orlando et al., 2017)

Tabla 12. Oferta hídrica total por área hidrográfica

Área Hidrográfica	Oferta total (Mm <sup>3</sup> )	Cambio respecto ENA 2014 (%)	Caudal medio (m <sup>3</sup> /s)
Caribe	200.280	8,7	6.350,80
Magdalena Cauca	273.338	0,8	8.667,40
Orinoco	533.843	0,8	16.928,00
Amazonas	728.247	-2,3	23.092,50
Pacífico	287.405	1,5	9.113,50

Fuente: Adaptado de (IDEAM, 2019)

El estudio nacional de agua presentado por el IDEAM en 2018, determinó que el sector que tiene mayor consumo de agua con un 43,1% es el agrícola, seguido del energético con un consumo de 24,3%. Además para el año 2018 el tratamiento de aguas residuales no supera el 50%. (IDEAM, 2019)

Tabla 13. Demanda hídrica sectorial por área hidrográfica

USO DEL AGUA	ÁREA HIDROGRÁFICA					Total general (Mm <sup>3</sup> /año)
	Caribe	Magdalena-Cauca	Orinoco	Amazonas	Pacífico	
<b>Agricultura</b>	2.702,90	10.952,90	1.677,10	36,30	697,90	16.067,10
<b>Pecuario</b>	297,4	2.124,90	496,8	83,8	49,1	3.052,00
<b>Piscícola</b>	283,5	2.000,80	644,2	51,4	43,4	3.023,30
<b>Industria</b>	87,3	834,70	131,5	6,1	15	1.074,60
<b>Construcción</b>	22,3	351,30	61,5	0,1	0,7	435,90
<b>Minería</b>	90,9	436,90	3,9	0,6	135,9	668,20
<b>Hidrocarburos</b>	2,3	120,70	430,8	25	0	578,80
<b>Energía</b>	1.279,40	6.553,20	1.106,10	-	130,80	9.069,50
<b>Doméstico</b>	365,5	1.947,40	202,5	89,7	141,8	2.746,90
<b>Servicios</b>	38,5	443,80	69,2	9,6	9,8	570,90
<b>Total demanda</b>	5.170,00	25.766,60	4.823,60	302,60	1.224,40	37.287,20

Fuente: Adaptado de (IDEAM, 2019)

Las entidades estatales han identificado como problema la escasez de agua, especialmente el acceso al agua potable, esto se evidencia cuando Colombia se acoge al compromiso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales buscan un mejor balance en el país a nivel económico, social y ambiental.

#### 4.5 Consumo básico de agua en Colombia

El consumo básico, definido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), es el volumen de agua destinado a satisfacer las necesidades básicas de las familias. Desde 1995 el consumo básico de agua en Colombia está establecido en 20 m<sup>3</sup> mensuales por cada suscriptor. La comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico en compañía del Departamento Nacional de Planeación (DNP), realizaron un estudio del consumo promedio de los suscriptores residenciales en 18 ciudades capitales del país, el cual considero variables como el clima y el estrato en un periodo de 10 años, allí se evidenció que el consumo promedio en los hogares ha disminuido.

En atención a esta significativa disminución se establecieron nuevos rangos para el consumo básico por suscriptor, pero dependiendo del piso térmico en el que se encuentre el suscriptor, esta medida fue adoptada mediante la Resolución CRA 70 de 2016 y comenzó a regir a partir del 2018. (Ver tabla 13)

En Colombia los servicios públicos domiciliarios antes de estos nuevos valores se encentraban subsidiados hasta 70% en estratos 1, 40% en el estrato 2 y 15% en el



estrato 3, actualmente si se encuentran por encima de los valores fijados no habrá subsidio.

Tabla 14. Rangos de consumos por piso térmico (suscriptos/mes)

<b>Consumo</b>	<b>Básico</b>	<b>Complementario</b>	<b>Suntuario</b>
Ciudades y municipios con altitud promedio mayor a 2.000 m.s.n.m	11 m <sup>3</sup>	Entre 11 m <sup>3</sup> y 22 m <sup>3</sup>	> 22 m <sup>3</sup>
Ciudades y municipios con altitud promedio entre 1.000 y 2.000 m.s.n.m	13 m <sup>3</sup>	Entre 13 m <sup>3</sup> y 26 m <sup>3</sup>	> 26 m <sup>3</sup>
Ciudades y municipios con altitud menor a 1.000 m.s.n.m	16 m <sup>3</sup>	Entre 16 m <sup>3</sup> y 32 m <sup>3</sup>	> 32 m <sup>3</sup>

Fuente: Adaptado de (Orlando et al., 2017)

#### **4.6 Sistema de abastecimiento de Riohacha**

Se cuenta con una planta de tratamiento con capacidad de producción de 560 l/s, la captación se encuentra ubicada en el corregimiento Tomarrazón y la línea de conducción atraviesa una zona de alta producción agrícola y ganadera. Algunos de los principales problemas que ha tenido en varias ocasiones la bocatoma durante la época de lluvias, han sido el taponamiento parcial y deterioros en la línea de conducción. (*AVANZADAS SOLUCIONES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ASAA S.A. E.S.P.*, 2021)

Según informa la empresa encargada del suministro de agua, ASAA, en el año 2017 se llevó a cabo un trabajo de mantenimiento, instalación, cortes de acometidas no autorizadas y reparación de fugas, esto con el fin de reducir pérdidas en la línea de conducción que va desde la planta hasta la ciudad.

En cuanto a la continuidad del servicio de acueducto, se puede detallar en el siguiente gráfico, donde se observa cada sector que cuenta con el servicio de abastecimiento de agua y su respectivo horario de operación.

Gráfico 16. Continuidad del servicio de Acueducto por sectores en la cabecera municipal (Riohacha)



Fuente: (AVANZADAS SOLUCIONES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ASAA S.A. E.S.P., 2019)

En Riohacha, el agua proveniente del Río Tapias se utiliza para agricultura, sistemas de riego, acuicultura y además es la fuente principal que provee el agua destinada para consumo humano de la capital.

Producto de la temporada de sequía que se presenta en lo que va del año 2021 en el departamento, la administración distrital de Riohacha recomendó ahorrar agua, dado que se presenta bajo niveles en los ríos. De acuerdo a lo anterior, la coordinación de gestión del riesgo entregó recomendaciones para el uso racional del recurso hídrico con el fin de no presentar desabastecimiento del mismo como ha sucedido años anteriores. (Guerrero, 2021)

#### 4.7 Resultados encuesta

Con el fin de conocer la opinión de una parte de la población en cuanto a reutilización de agua en los hogares, se realizó una encuesta sobre el uso del sanitario y el lavamanos, tanto a los habitantes de la vivienda donde se va a implementar la alternativa de ahorro, como a vecinos del sector y personas de otros estratos.

La encuesta se le realizó a 23 personas, dos (2) adultos de la vivienda, doce (12) son vecinos del sector, cinco (5) residen en estrato dos (2), y tres (3) de los encuestados viven en cuatro (4). A continuación se presentan los resultados de dicha encuesta:

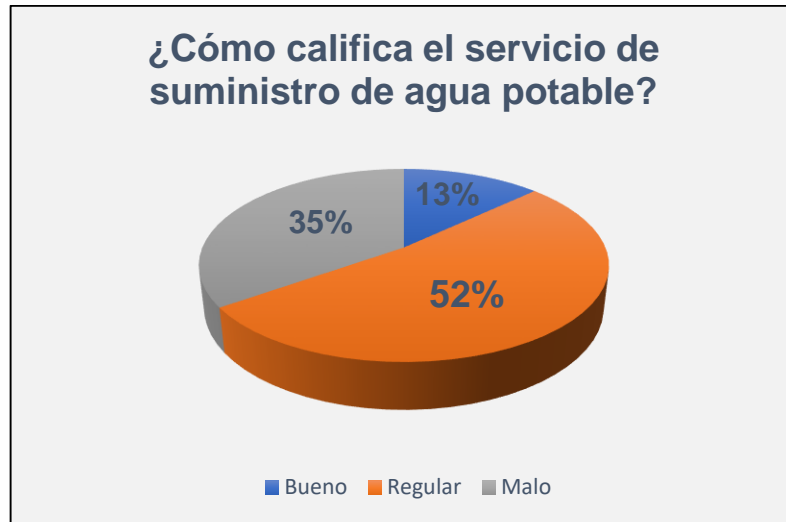
Gráfico 17. Encuesta-Pregunta 1.



Fuente: Autor

El gráfico 17 muestra los resultados obtenidos a la pregunta, ¿con qué frecuencia llega el recurso hídrico a su vivienda?, donde el 17% de las personas encuestadas respondió que una vez a la semana les llega el servicio, la mayoría pertenece al estrato 3 y 4, el 83% corresponde a las personas que les llega el recurso hídrico dos veces a la semana y pertenecen al estrato 2. Es importante aclarar, que algunos sectores de la ciudad estrato 3 cuenta con el servicio de agua 24 horas los 7 días de la semana.

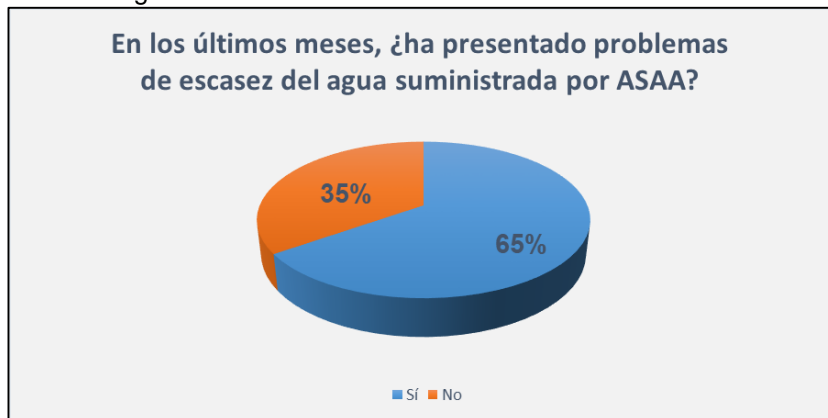
Gráfico 18. Encuesta-Pregunta 2



Fuente: Autor

De acuerdo a lo manifestado por los encuestados a la pregunta ¿cómo califica el servicio de suministro de agua potable?, un poco más del total de encuestados lo califican como regular aclarando que en los últimos meses han visto mejorías, teniendo un porcentaje del 52%, el 13% opina que el servicio es bueno y por último tenemos al 35% que corresponde a un servicio malo, las razones que dieron es que muchas veces suspenden el servicio sin dar aviso, ya sea por mantenimientos en el sector o problemas en el abastecimiento producto de la temporada de sequía.

Gráfico 19. Encuesta-Pregunta 3



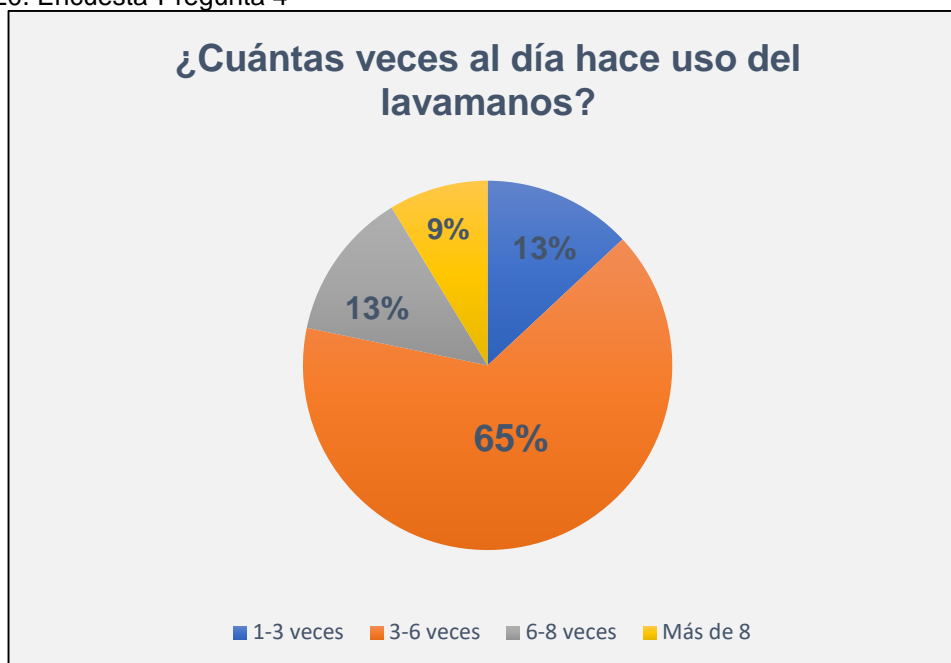
Fuente: Autor

A la pregunta, ¿en los últimos meses ha presentado problemas de escasez del agua suministrada por ASAA?, 15 respondieron que sí que corresponde al 65% de encuestados, por tal motivo los habitantes se ven en la necesidad de realizar actividades de ahorro y la búsqueda de suministro de agua diferentes al acueducto,

muchos recurren a la compra de agua a través de carrotanques, por su parte el 35% no ha presentado problemas de escasez e informan que se debe a que tratan en lo posible de ahorrar y reutilizar el agua.

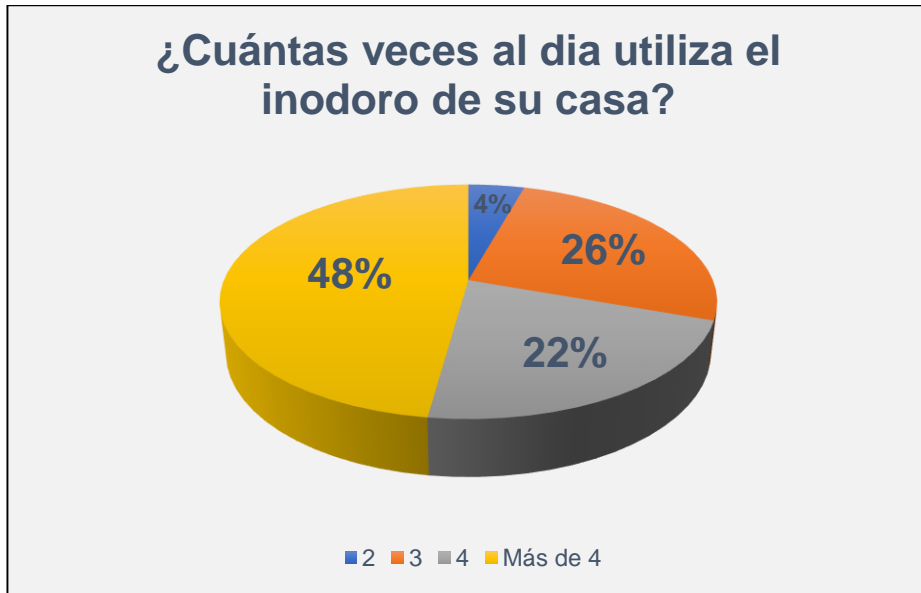
La idea de la alternativa de ahorro en vivienda familiar tiene como aparato principal el lavamanos, por tal razón se le realizó la pregunta ¿cuántas veces al día hace uso del lavamanos? La mayoría, 65%, respondió que utilizan el lavamanos de 3-6 veces al día, bien sea para lavado de manos, cepillarse los dientes, lavarse la cara o limpiar algún objeto, el 13% lo utilizan de 1-3 veces al día, manifiestan que trabajan los días de semana y no mantienen en la vivienda y teniendo cuenta la situación de COVID otros dicen que se lavan las manos en el lavaplatos. El otro 13% hace uso del lavamanos de 6 a 8 veces. En el siguiente gráfico se observan los resultados.

Gráfico 20. Encuesta-Pregunta 4



Fuente: Autor

Gráfico 21. Encuesta-Pregunta 5



Fuente: Autor

Para determinar la demanda que tendrá el sanitario cuando esté en funcionamiento se realizó la pregunta, ¿cuántas veces al día utiliza el inodoro de su casa?, a lo que el 48% responde que más de cuatro (4) veces, el 26% tres (3) veces al día, lo utilizan cuatro (4) veces al día el 22% de encuestados y por último las personas que respondieron 2 veces al día, 4%, informan que salen muy temprano de sus casa y regresan por la noche.

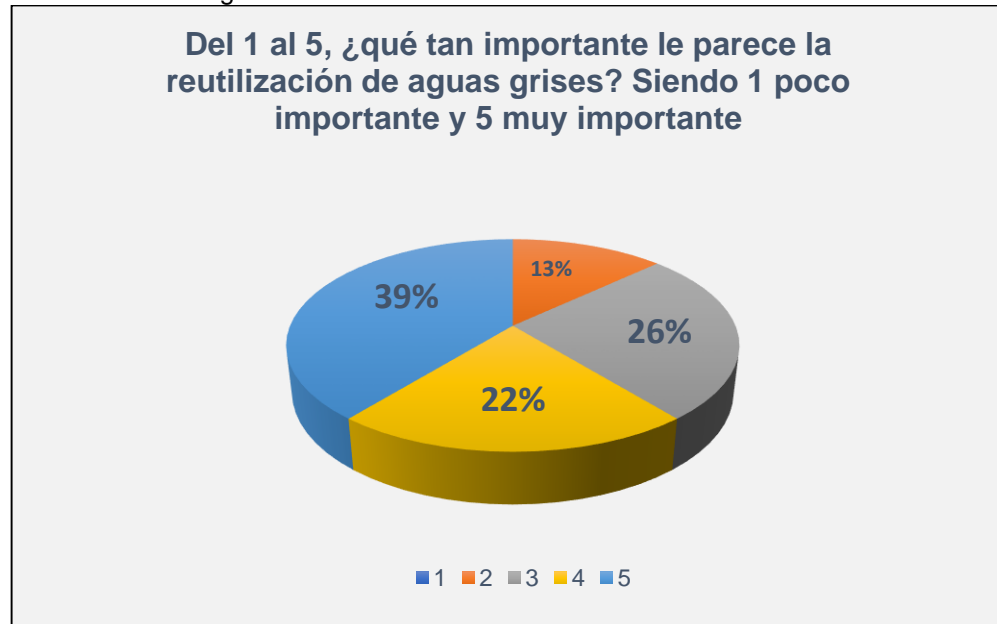
Gráfico 22. Encuesta - Pregunta 6



Fuente: Autor

En el gráfico 22 se tiene como resultado que el 74% descarga el sanitario cuando lo utiliza mientras el otro 26% no lo hace, la razón, es una manera de ahorrar teniendo en cuenta que el sanitario consume entre 8 y 20 litros de agua cada que se descarga.

Gráfico 23. Encuesta-Pregunta 7



Fuente: Autor

A la pregunta, ¿qué tan importante le parece la reutilización de aguas grises? Calificando del 1 al 5, donde 1 es la menor calificación y 5 la mayor, la población encuestada responde que es muy importante, porque no solo contribuyen al cuidado del medio ambiente sino que también se benefician al no tener problemas de escasez y en la disminución del valor de la factura de agua.

En Riohacha, a raíz de la escasez de agua y mal manejo de los recursos, muchos de los habitantes recurren a reutilizar agua, casi siempre agua del lavado de ropa y cuando llueven, que son pocas veces, también recogen el agua y la almacenan y luego la utilizan para riego de jardines o descarga de inodoros. En el siguiente gráfico se puede analizar que de la población encuestada más de la mitad reutilizan agua en sus viviendas, y el 35% aún no implementa métodos de reutilización y ahorro del recurso.

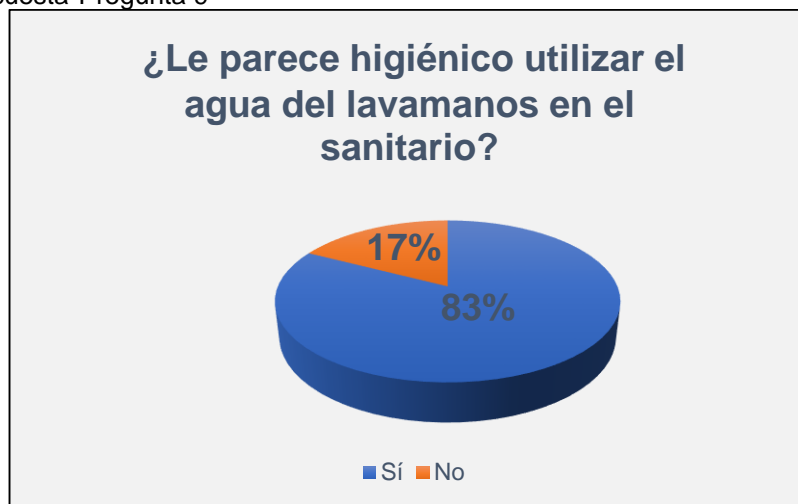
Gráfico 24. Encuesta-Pregunta 8



Fuente: Autor

La pregunta 9 tiene como objeto conocer si a los encuestados les parece higiénico utilizar el agua proveniente del lavamanos en el sanitario, se les explico un poco como sería el sistema de ahorro, el 83% respondió que sí manifestando que no le ven problema siempre y cuando les beneficie, lo cual es bueno porque motiva continuar con el estudio.

Gráfico 25. Encuesta-Pregunta 9



Fuente: Autor



Gráfico 26. Encuesta-Pregunta 10



Fuente: Autor

Aunque la población encuestada es pequeña, se sabe que los Riohacheros son conscientes de la problemática de escasez de agua y aunque no se cuente con planes de reutilización de agua hay quienes se las ingenian para ahorrar agua. Dicho lo anterior, en el gráfico 21, tenemos que el 91% de los 23 encuestados están interesados en adquirir un sistema económico para la reutilización del agua proveniente del lavamanos. El 9% que respondió no, manifiestan que les parece interesante pero no mantienen en sus viviendas por lo que el gasto de agua es muy bajo.

La última pregunta realizada fue abierta, se les preguntaba ¿qué beneficio le encontraría a este sistema?, la mayoría coincidió en responder que se haría un mejor manejo y control del agua, así como el valor reflejado en las facturas.

## 5. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE AHORRO DE AGUA POTABLE

Se plantea implementar un sistema de ahorro de agua gris proveniente del lavamanos para su aprovechamiento en descarga de sanitarios, con el fin de contrarrestar el problema de escasez de agua presentado en el departamento, cabe aclarar que a la fecha Riohacha no cuenta con un sistema de reutilización de aguas grises, muchos habitantes a partir de métodos caseros realizan la recolección de aguas bien sea del lavado de ropa, ducha u otros. Con la puesta en marcha del proyecto permite a las personas tener una opción viable de sistema de reciclaje.

La vivienda seleccionada, ubicada en el centro de Riohacha, se encuentra ocupada por cinco (5) adultos y dos (2) niños, cuenta con tres (3) baños, dos (2) con lavamanos.

### 5.1 Consumo de agua

Los principales factores que influyen en el consumo de agua pueden ser: clima, nivel de vida y costumbres de la población, calidad del agua suministrada, tarifa del agua, presión en la red de distribución, pérdidas en el sistema, entre otros.

La vivienda a evaluar tiene un tipo de consumo de uso doméstico, es decir, el agua suministrada se utiliza para la descarga de sanitarios, ducha, cocina, lavado de ropa, riego de jardín y patio, entre otros. El consumo diario de una vivienda se encuentra entre 150 y 450 l/hab/día.

La lectura del medidor se realiza cada mes, es decir, la factura de acueducto y alcantarillado llega mensualmente. En la tabla se evidencia el consumo mensual de los últimos meses de la vivienda, cuyos datos fueron extraídos de la factura del servicio de acueducto y alcantarillado.

Tabla 15. Consumo últimos meses

Consumo de los últimos meses							
Mes	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	Actual
Consumo (m <sup>3</sup> )	22	14	47	17	27	33	13
Periodo Facturado	oct-nov	nov-dic	dic-ene	ener-febr	febr-mar	mar-abr	abr-may

Fuente: Adaptado de la factura de la empresa de acueducto y alcantarillado ASAA

Para el suministro de agua, se debe tener en cuenta la cantidad de aparatos consumidores de agua, es decir, aquellos aparatos que van a demandar una cantidad de agua específica y que pueden trabajar de forma simultánea o de forma no

simultanea, sin importar cuantos aparatos estén funcionando de forma simultánea se debe garantizar, existiendo presión constante, que no habrá pérdida de agua en un sistemas, lo anterior es en función al número de aparatos colocados por estrato.

Tabla 16. Aparatos promedio por viviendas

<b>Resumen de aparatos por estrato</b>				
<b>Tipo de aparato</b>	<b>Estratos</b>			
	<b>1 y 2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5 y 6</b>
Sanitario de tanque	1	2	3	4
Lavamanos	1	2	3	4
Duchas	1	2	3	3
Lavadero	1	1	1	1
Lavadora	0	1	1	1
Lavaplatos	1	1	1	1
Lava escobas	0	0	1	1
Bañera	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>16</b>

Fuente: (Empresas Públicas de Medellín-EPM, 2011)

A continuación se presenta la cantidad de aparatos con los que cuenta la vivienda, teniendo en cuenta lo reportado en la tabla 16

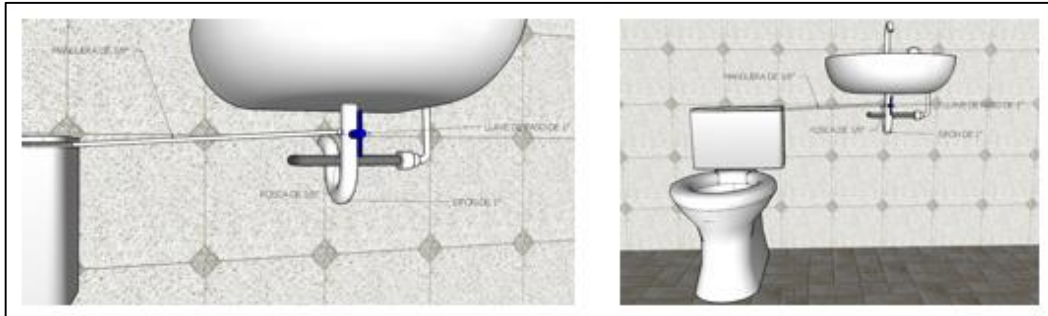
Tabla 17. Aparatos de la vivienda

<b>Tipo de aparato</b>	<b>Estrato</b>
	<b>3</b>
Sanitario de tanque	3
Lavamanos	2
Duchas	2
Lavadero	1
Lavadora	1
Lavaplatos	1
Lava escobas	0
Bañera	0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>

Fuente: Autor

## 5.2 Esquema del sistema de reutilización de agua

Gráfico 27. Detalles del sistema de reutilización de agua

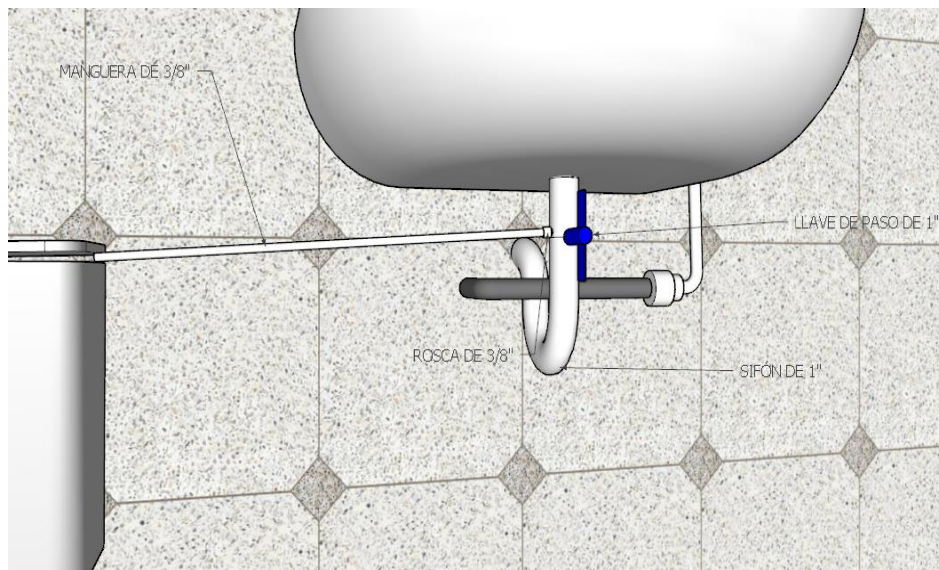


Fuente: Autor

En el gráfico 27 se observa el esquema y funcionamiento del sistema propuesto para la reutilización de agua proveniente del lavamanos para la descarga del sanitario como alternativa de ahorro.

El sistema cuenta con una llave de paso de una (1) pulgada de diámetro conectada al sifón o codo también de una (1) pulgada, tanto a la llave de paso como al tubo que sale del desagüe del lavamanos se le realizó, con ayuda del taladro, un agujero con diámetro de tres octavos (3/8) de pulgada, seguido se instaló una manguera de tres octavos de pulgada (3/8") con una rosca del mismo diámetro, permitiendo el paso del agua del lavamanos hasta el tanque del sanitario.

Gráfico 28. Detalles del sistema



Fuente: Autor



Luego, al desagüe del lavamanos se le adiciona un tubo de tres octavos de pulgada, y seguido se conecta la llave de paso de una pulgada. Antes de instalar el lavamanos en su posición final, se realiza una perforación a la llave de paso con una broca de 3/8 de pulgada.

Gráfico 31. Instalación lavamanos



Fuente: Autor

Después de haber realizado la perforación, se procede a realizar la instalación nuevamente del lavamanos, al final de la llave de paso se le adiciona una brida flexible, creando un sello seguro para evitar fugas.

Se conecta la manguera de tres octavos de pulgada (3/8”), asegurándola con una rosca del mismo diámetro, hacia el tanque del sanitario. Al momento de probar el sistema se cierra la llave de paso, evitando que el agua pase sifón, y conduciendo el recurso hídrico a la cisterna como se puede observar en el gráfico 32.

Gráfico 32. Sistema de reutilización de agua



Fuente: Autor

## 6. RESULTADOS

El análisis de resultados se realizó teniendo en cuenta investigaciones realizadas relacionadas con la reutilización de agua en el hogar. El principal beneficio y que más llama la atención es la reducción del precio de la factura en estratos 2 y 3, que de acuerdo a la encuesta realizada son los más interesados en tener una alternativa de ahorro en sus hogares.

Partiendo de la base que cada que se descarga el tanque del sanitario se consumen de 6 a 18 litros, los resultados de la encuesta a la pregunta ¿cuántas veces utiliza el inodoro? arrojaron que la mayoría lo utiliza más de 4 veces, y por último se sabe que en promedio los hogares de Riohacha se encuentran ocupado por 5 o más personas, en nuestro caso, en la vivienda viven siete (7) personas y dos (2) son niños. Quintero & Moreno, en el año 2015 plantearon la siguiente ecuación para calcular la cantidad de litros para el análisis de la reducción de la tarifa del recibo.

$$Consumo = \frac{\sum Consumo}{2} = \frac{6 \text{ litros} + 18 \text{ litros}}{2} = 12 \text{ litros}$$

Tabla 18. Precio del agua por descarga

Estrato	Precio m <sup>3</sup> de agua potable (\$)	m <sup>3</sup> por descarga	Precio por descarga (\$)
2	1.570,18	0,012	18,842
3	1.906,64	0,012	22,880

Fuente: Autor

El precio en metro cúbico de agua potable se puede solicitar a la empresa prestadora de servicio de acueducto y alcantarillado. Teniendo el valor del precio en m<sup>3</sup> de agua potable y el m<sup>3</sup> por descarga, se calcula el valor de precio por descarga multiplicando los dos valores mencionados anteriormente.

Las personas utilizan el sanitario más de 4 veces, entonces para estrato 2 y 3 se va a suponer que lo utilizan 5 veces, al multiplicar el valor calculado en la tabla anterior y la cantidad en la que usan el sanitario se obtiene el precio agua por personas por día, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 19. Precio del agua gastada por persona en el uso del sanitario

Estrato	Precio por descarga (\$)	Veces descargas por día por persona	Precio agua por personas por día (\$)
2	18,842	5	94,210
3	22,880	5	114,400

Fuente: Autor

Se multiplica el precio agua por persona por día y el número de personas promedio que habitan una vivienda para calcular el precio del agua por vivienda

Tabla 20. Precio del agua por vivienda

Estrato	Precio del agua por persona por día	Número de personas por vivienda	Precio del agua por vivienda (\$)
2	94,210	5	471,050
3	114,400	5	572,000

Fuente: Autor

Luego, este valor se multiplica por la cantidad de días del mes, en promedio todos los meses tienen 30 días, y de esta manera se tiene el ahorro de agua (\$) por recibos por mes.

Tabla 21. Precio del agua por vivienda por mes

Estrato	Precio del agua por día por vivienda (\$)	Días por mes	Precio del agua por mes por vivienda (\$)
2	471,050	30	\$ 14.132
3	572,000	30	\$ 17.160

Fuente: Autor

En Riohacha la factura del servicio de acueducto llega mensual, por lo tanto el ahorro en la factura será el que se aprecia en la tabla 22.

Tabla 22. Ahorro de dinero por factura

Estrato	Ahorro de dinero por factura (\$)
2	\$ 14.132
3	\$ 17.160

Fuente: Autor

Para el cálculo del volumen de agua ahorrada utilizando este sistema, se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en la encuesta y valores aproximados de la cantidad de litros de agua por minuto que se consumen al momento de hacer uso del lavamos, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 23. Litros de agua por minuto – Lavamanos

Utilidad	Litros de agua por minuto.
Lavado de manos	4 litros
Lavado de cara	5 litros
Lavado de dientes	4 litros

Fuente: Autor



Teniendo esos datos, conociendo que la mayoría de personas utilizan el lavamanos de 3 a 6 veces en el día y la cantidad de habitantes promedio en una vivienda (5 personas), se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 24. Litros consumidos por minuto por persona

Uso	Litros de agua por minuto.	Residente s	Litros gastados por minuto	
			3 veces al día	6 veces al día
Lavado de manos	4	5	60	120
Lavado de cara	5		75	150
Lavado de dientes	4		60	120

Fuente: Autor

Una persona que realice las tres actividades al tiempo 3 veces al día, estaría consumiendo un aproximado de 39 litros por minuto. En un caso hipotético que las realice 6 veces al día, el consumo es de 78 litros por minuto. Ahora bien, en Riohacha el uso que mayor le dan al lavamos es el de cepillarse los dientes y el lavado de manos, se saca un valor promedio de las veces que dan uso al lavamanos, en este caso será de 5.

Tabla 25. Gasto promedio lavamanos

Uso	Litros por minuto	Personas	3	5	TOTAL (L)
Lavado de manos	4	1	12	20	32
Lavado de dientes	4		12	20	32
<b>TOTAL (L)</b>			24	40	64

Fuente: Autor

Suponiendo que la persona solo se lava los dientes 3 veces al día, el consumo es de 12 litros por minuto, si se lava las manos y los dientes las 5 veces al día, está gastando 40 litros por minuto y si solo se lava las manos 5 veces al día sería 20 litros por minuto.

La cantidad promedio de habitantes en una vivienda es de cinco (5) personas, sí los 5 se lavan las manos 5 veces al día se tendría un gasto de 100 litros por minuto, se lavan manos y dientes consumen 200 litros, si se lavan los dientes 3 veces al día, el gasto es de 60 litros por minuto.

Un inodoro tradicional descarga entre 6 y 16 litros, por lo tanto sí una (1) persona recurre al lavamanos 5 veces solo a lavarse las manos estaría reciclando 20 litros

por minuto, los cuales se almacenan en el tanque del sanitario para luego su posterior descarga.

En cuanto a beneficios ambientales y sociales, la implementación de este sistema de reutilización sería de gran ayuda, dado que con el crecimiento poblacional se requiere de una mayor demanda de agua, y según estudios realizados si no se hace un uso racional de este preciado recurso, tendremos una gran escasez de agua.

Hoy en día, en tiempos de pandemia, para promocionar y dar a conocer algún producto han sido de gran ayuda las redes sociales, por tal motivo la manera de dar a conocer esta alternativa de ahorro es a partir de charlas que involucren a toda la comunidad riohachera, además creando páginas las cuales contengan videos interactivos de la instalación y funcionamiento del sistema, así como también los beneficios no solo económicos sino también ambientales. De esta manera el sistema de reutilización de agua, a largo plazo y a nivel departamental, podría ser de gran ayuda para dar solución parcial al problema de escasez de agua que se viene presentando.

## 7. CONCLUSIONES

En cuanto al tema principal de escasez de agua, se planteó un sistema de ahorro a partir de la reutilización de agua proveniente del lavamanos para ser utilizada en la descarga de sanitarios, a partir de los resultados se logra determinar que dicho sistema es viable, dado que el consumo para el periodo abril-mayo disminuyó en comparación con el periodo de marzo-abril. (Ver anexo 4)

La construcción e implementación de este tipo de sistemas de reutilización de agua en viviendas en el municipio de Riohacha se considera viable y el ahorro de dinero depende del estrato donde se implemente.

A partir de la recolección y revisión de proyectos planteados para el reúso de agua, se hace evidente que en Colombia no se cuenta con una normatividad que regule el uso de sistemas de reutilización de aguas grises, de igual manera son pocos los sistemas, que cumplen dicha función, que se encuentren en el mercado.

A pesar de que el Índice de Calidad de Agua (IRCA) de Riohacha, presentado en el mes de noviembre de 2020 luego de realizar distintas pruebas de laboratorio, arrojó un porcentaje de 0%, la comunidad opina que el agua suministrada al municipio no es apta para el consumo humano.

Luego de realizar investigaciones, se evidencia que en Colombia varios son los proyectos planteados para la reutilización de aguas grises, más específicamente aguas provenientes de la ducha y lavadoras, a partir de ahí se elaboró la mejor alternativa que fuera de fácil acceso e instalación.

La población encuestada es consciente del problema de escasez de agua que atraviesa el departamento, por tal motivo estarían dispuestos a adquirir e implementar el sistema de reutilización presentado en sus hogares.

En la Guajira pocos son los proyectos realizados para la reutilización de aguas grises, aun cuando el problema de escasez de agua potable es preocupante, por lo que la alternativa presentada puede ser de gran ayuda tanto para la comunidad como para el ente prestador del servicio.

Luego de un mes de estar en funcionamiento el sistema de reutilización, se evidencia que los datos de ahorro en la factura obtenidos en los resultados coinciden en parte con el valor de la factura con periodo de facturación abril – mayo.

Analizando los resultados y dando respuesta a la pregunta de investigación, el sistema es viable, de bajo costo y fácil instalación, lo que permite que sea asequible para la comunidad, referente a lo anterior, este sistema se presentó a vecinos del sector y se mostraron interesados al comprobar que es de gran ayuda a la preservación del medio ambiente.

## 8. RECOMENDACIONES

Para la presente alternativa planteada, se presentan las siguientes recomendaciones, con el fin de tener un mejor rendimiento del sistema:

- Instalar una llave de paso en la conexión del suministro de agua al inodoro al tanque del mismo, puesto que de lo contrario los residentes tendrían que cerrar la llave del tanque elevado mientras el sanitario es llevado a través del agua proveniente del lavamos, lo anterior implica que se dejen de realizar otras actividades en el hogar.
- Dado que los sanitarios, en su mayoría, son de un material muy frágil, se recomienda ubicar una especie de acoples o soportes en la parte superior del mismo, con el fin de que la tapa del tanque del sanitario quede en su lugar.
- Para hacer más sencilla la aplicación e instalación de esta alternativa, se recomienda diseñar sifones de lavamanos con llaves de paso, es decir, al momento de comprar un lavamanos este ya incluya dicho accesorio, de esta manera sería mucho más fácil la instalación del sistema de reutilización.
- Debido a la crisis sanitaria por la que atraviesa actualmente el país, la población encuestada fue reducida, por lo tanto sería recomendable a largo plazo realizar una encuesta a un mayor número de personas y conocer a cerca de su opinión, no solo de esta alternativa sino también de otras que conozcan o quizás hayan escuchado.
- Colocar a prueba el sistema en otros lugares del hogar, para la reutilización de agua proveniente del lavado de ropa para ser utilizada en
- Además, y tal vez lo más importante, se recomienda que las autoridades estatales del municipio de Riohacha realicen campañas que concienticen a la comunidad del buen manejo que se le debe dar al agua para de esta manera ayudar a la preservación de dicho recurso y que a la vez aporta al cuidado del medio ambiente. De lo contrario la implementación de alternativas de ahorro no serán de ayuda si la población no se concientiza del gran problema de escasez que presenta el departamento.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Noticias de la Universidad Nacional. (25 de Diciembre de 2013). *El espectador*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/estudiantes-de-la-u-nacional-disenan-mecanismo-para-ahorrar-agua-potable/>
- AQUA España. (2017). *Guía técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios*.
- Arboleda Montaña, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de Los Lagos, Buenaventura. *Luna Azul*, 43(43), 29–55. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.3>
- AVANZADAS SOLUCIONES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ASAA S.A. E.S.P. (2019).
- AVANZADAS SOLUCIONES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ASAA S.A. E.S.P. (2021).
- Banco Mundial. (2019). *INFORME DE CIERRE DEL PROYECTO INFRAESTRUCTURA Y GESTIÓN DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA*.
- Cámara de comercio de La Guajira. (2017). *Informe Socioeconomico De La Guajira 2017 Estudio Sobre El Desempeño Economico Territorial De La Guajira*. 89. [www.camaraguajira.org](http://www.camaraguajira.org)
- Constitución Política de la República de Colombia [Const]. Art 79. (1991). 68–70.*
- CORPOGUAJIRA. (2008). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE UN SIG DE CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRANEAS DE LAS CUENCAS DEL RIO TAPIAS Y RANCHERIA EN LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA – CORPOGUAJIRA*.
- Cruz Ardila, J., Gómez-Etayo, D., Sánchez Mina, L., & Cuervo-Ballester, J. (2014). Aplicación electrónica para el ahorro de agua en una vivienda familiar. *Entramado*, 10(2), 322–335.
- D-, N. T. N., Hypes, W. D., Batten, C. E., & Wilkins, J. R. (1975). *PROCESSING OF COMBINED DOMESTIC BATH AND LAUNDRY WASTE WATERS FOR REUSE*. 4(October).
- DANE. (2020a). *2005 - 2020*.

- DANE. (2020b). *Sistema Estadístico Nacional - SEN - La Guajira*.
- Decreto 155 de 2004 [con fuerza de ley]. *Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones*. (2004).
- Decreto 2811 de 1974 [con fuerza de ley]. *Por medio del cual se expide el Código de Recursos Renovables y Protección al Medio Ambiente*. (1974).
- Decreto 3102 de 1997 [con fuerza de ley]. *Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua*. (1997).
- Defensoría del pueblo. (2006). Diagnóstico calidad de agua para consumo humano. Segundo informe defensorial. *Meta*, 1–185.  
[www.defensoria.gov.co/attachment/14/informe\\_123.pdf%0A](http://www.defensoria.gov.co/attachment/14/informe_123.pdf%0A)
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas ONU. (2010). *ESCASEZ DE AGUA: DECENIO INTERNACIONAL PARA LA ACCION "EL AGUA FUENTE DE VIDA" 2005-2015*.
- Díaz, J. J., & Ramírez, L. Y. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA DE LA LAVADORA APLICADO A LOS HOGARES DE BOGOTÁ D.C.* [UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS].  
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3140/Díaz?sequence=1>
- Ecohoe, E. (2008). *Reciclaje de agua en casa*.
- Empresas Públicas de Medellín-EPM. (2011). *Criterios para definir el diámetro de la acometida y el medidor para urbanizaciones y edificios*.
- EPA. (2012). Guidelines for water reuse. *Guidelines for Water Reuse, September*.
- Espinal, C., Ocampo, D., & Rojas, J. D. (2013). *Diseño y simulación de un sistema para el reciclaje de aguas grises en el hogar*.
- Fernandez, J. A. (2014). Analisis de la viabilidad de la implementacion de sistemas de recoleccion de aguas lluvias en el municipio de Maicao. *Facultad de Ingenieria*, 65.
- Findeter, P. S. (2017). *Agua Potable, bien invertida*.
- Friedler, E., & Hadari, M. (2006). *Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings*.
- Galeno, A. (2017). Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones para vivienda a través de la reutilización de aguas grises. *Universidad Nacional de Colombia*.

- Gil, J. J. C. (2013). *Formulación del proyecto de optimización hidráulica y gestión de demanda para los sistemas de acueducto de los municipios de Riohacha, San Juan del Cesar, Barrancas y el Molino en el departamento de La Guajira*. 582.  
[https://www.laguajira.gov.co/web/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1182&Itemid=78](https://www.laguajira.gov.co/web/index.php?option=com_content&view=article&id=1182&Itemid=78)<https://www.laguajira.gov.co/web/la-guajira/la-guajira.html>
- GUERRA, L. P. (2019). *METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES EN EDIFICACIONES*. 5–10.
- Guerrero, S. (2021). *AHORRO DE AGUA POR TEMPORADA SECA EL HERALDO*.
- H2OME VICTORIA. (2013). *Aqua2use\_catalog\_for\_GWTS1000.pdf*.
- IDEAM. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*.  
[http://www.andi.com.co/Uploads/ENA\\_2018-comprimido.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf)
- Jaramillo, M., & Llorente. (2014). Potencial de reuso de agua residual doméstica como estrategia para el control de la contaminación en el valle geográfico del río Cauca [Potential for reuse of domestic wastewater as a strategy for pollution control in the geographical valley of the Cauca]. *Esucela de Recursos Naturales y Del Medio Ambiente*, 187.  
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7632/1/7720-0446201.pdf>
- Levine, A. D., & Asano, T. (2004). Peer Reviewed: Recovering Sustainable Water from Wastewater. *Environmental Science & Technology*, 38(11), 201A-208A.  
<https://doi.org/10.1021/es040504n>
- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.* (1994).
- Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.* (1997).
- Ley 79 de 1986. Por la cual se prevee a la conservación del agua.* (1986).
- Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias.* (1979).
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente.* (1993).
- Liu, S., Butler, D., Memon, F. A., Makropoulos, C., Avery, L., & Jefferson, B. (2010). Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system. *Water Research*, 44(1), 267–277.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.023>
- Marta Alcocer, I. C. Y. M. V. (2012). *Las aguas jabonosas*. 1, 39.

- Martinez Aguero, D. F. (2014). *Evaluación Del Agua Para Consumo Humano En Las Veredas Calabazas Y San José De La Selva, Riofrio – Valle Del Cauca: Aplicación De La Metodología Radwq Y Análisis De Los Factores De Riesgo En El Agua Para Consumo Humano En El Área Rural*.  
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7702/1/3754-0446259.pdf>
- Martinez, C. J. (2018). *Gray Water Reuse in Florida 1 Why Reuse Gray Water ? January 2010*.
- Martínez Ortiz, A. (2019). La Guajira - Caracterización Departamental y municipal - Informe presentado a Cerrejón Minería responsable. *Cerrejon*, 192.  
[https://repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3736/Repor\\_Enero\\_2019\\_Martinez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3736/Repor_Enero_2019_Martinez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Matos, C., Sampaio, A., & Bentes, I. (2012). Greywater Use in Irrigation: Characteristics, Advantages and Concerns. *Irrigation - Water Management, Pollution and Alternative Strategies, May 2014*. <https://doi.org/10.5772/30026>
- Ministerio de Salud. (2018). *Proyecto de Reglamento sobre condiciones sanitarias básicas para la reutilización de aguas grises*. 12. <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Reglamento-Aguas-Grises.pdf>
- Mundial, P. (2006). *El Agua: una responsabilidad compartida, 2° informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, resumen ejecutivo; 2006*.
- NIÑO, ELKIN DARIO; MARTINEZ, N. (2013). *ESTUDIO DE LAS AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EN TRES NIVELES SOCIOECONOMICOS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ*.
- Orlando, J., Méndez, M., Mesías, F. V., Jose, G., Sundheim, R., & Santana, C. (2017). *Estudio Paralelo Proyecto Piloto: Análisis De Impacto Normativo: Ahorro En El Uso De Agua Potable*. 50.  
<https://www.cra.gov.co/documents/Consumo-Suntuario.pdf>
- Oteng-peprah, M., & Nanne, K. (2018). *Greywater Characteristics , Treatment Systems , Reuse Strategies and User Perception — a Review*.
- Quintero, Daniel; Moreno, Tanya; Villegas, P. (2013). Reutilización de agua en construcciones verticales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Quintero, D., & Moreno, T. (2015). Reutilización De Agua En Construcciones Verticales. *Investigación EcoCivil*, 1–12.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1782#.XSwgeTvAsOo.mendeleyn%0Aatamoreno92@ucatolica.edu.co>
- Resolución 1508 de 2010 [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial].*




*Por la cual se se establece el procedimiento para el recaudo de los recursos provenientes de las medidas adoptadas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneami. (2010).*

UNESCO, W. . (2021). THE UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT 2021 VALUING WATER. In *Water Politics*.  
<https://doi.org/10.4324/9780429453571-2>

## 10. ANEXOS

### 10.1 ANEXO 1

A continuación se presenta el modelo de la encuesta realizada a residentes y vecinos de la vivienda en estudio.

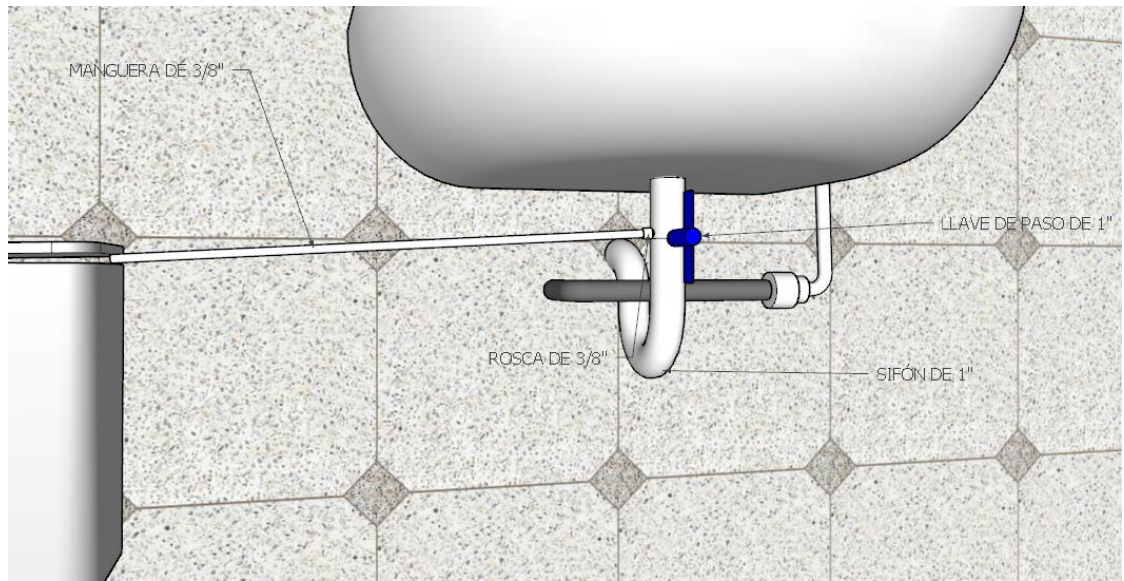
 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA</b> <small>Vigilada Mineducación</small> <b>PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ALTERNATIVA DE AHORRO DE AGUA POTABLE DE UNA VIVIENDA FAMILIAR EN LA CIUDAD DE RIOHACHA</b> <b>ENCUESTA REALIZADA POR ANYELI CURIEL ACOSTA</b>					
DATOS DEL ENCUESTADO					
Nombre y Apellido (opcional)					
Número de personas que viven con usted					
Número de baños					
Número de baños con lavamanos					
PREGUNTAS					
1. ¿Con que frecuencia llega el recurso hídrico a su vivienda?	No llega	1 vez a la semana	2 veces a la semana	Otro	
2. ¿Cómo califica el servicio de agua potable?	Bueno	Regular	Malo	Excelente	
3. ¿Ha presentado problemas de escasez del agua suministrada por ASAA S.A. E.S.P?	Sí		No		
4. ¿Cuántas veces al día hace uso del lavamanos?	1-3	3-6	6-8	Más de 8	
5. ¿Cuántas veces al día utiliza el inodoro?	2	3	4	Más de 4	
6. ¿Cada vez que utiliza el inodoro lo descarga?	Sí		No		
7. Del 1 al 5, ¿qué tan importante le parece la reutilización de aguas grises? Siendo 1 poco importante y 5 muy importante	1	2	3	4	5
8. ¿Reutiliza agua en su vivienda?	Sí		No		
9. ¿Le parece higiénico utilizar el agua del lavamanos en el sanitario?	Sí		No		
10. Si existiera un sistema económico para la reutilización del agua del lavamanos, ¿estaría interesado en adquirirlo?	Sí		No		
11. ¿Qué beneficios le encontraría a este sistema?					

## 10.2 ANEXO 2

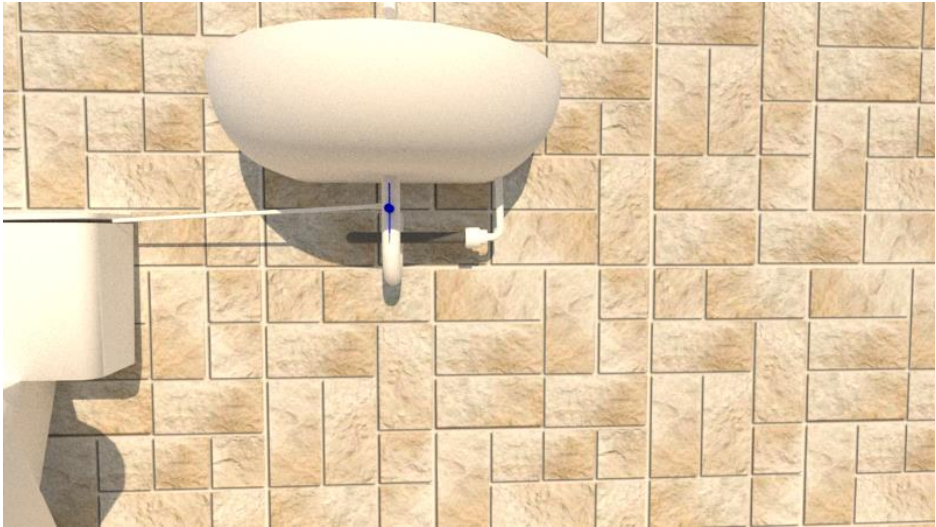
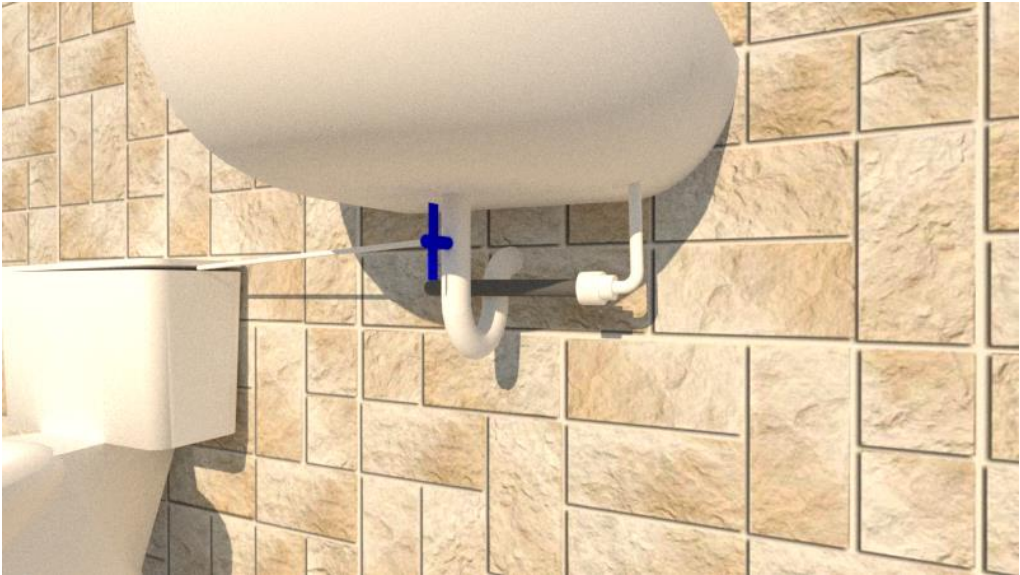
En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados obtenidos en cada una de las preguntas realizadas con su respectivo porcentaje. La población encuesta es pequeña debido a la situación actual que vive el país (COVID – 19), en especial Riohacha, lo cual hizo difícil el poder llegar a una mayor población.

Población encuestada: 23 personas de diferentes estratos				23
<b>Pregunta 1. ¿Con que frecuencia llega el recurso hídrico a su vivienda?</b>				
<i>No llega</i>	<i>1 vez a la semana</i>	<i>2 veces a la semana</i>	<i>Otro</i>	
0	19 83%	4 17%	0	
<b>Pregunta 2. ¿Cómo califica el servicio de agua potable?</b>				
<i>Bueno</i>	<i>Regular</i>	<i>Malo</i>	<i>Excelente</i>	
3 13%	12 52%	8 35%		
<b>Pregunta 3. En los últimos meses, ¿ha presentado problemas de escasez del agua suministrada por ASAA?</b>				
<i>Sí</i>		<i>No</i>		
15 65%		8 35%		
<b>Pregunta 4. ¿Cuántas veces al día hace uso del lavamanos?</b>				
<i>1-3 veces</i>	<i>3-6 veces</i>	<i>6-8 veces</i>	<i>Más de 8</i>	
3 13%	15 65%	3 13%	2 9%	
<b>Pregunta 5. ¿Cuántas veces al día utiliza el inodoro de su casa?</b>				
<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Más de 4</i>	
1 4%	6 26%	5 22%	11 48%	
<b>Pregunta 6. ¿Cada vez que utiliza el inodoro lo descarga?</b>				
<i>Sí</i>		<i>No</i>		
17 74%		6 26%		
<b>Pregunta 7. Del 1 al 5, ¿qué tan importante le parece la reutilización de aguas grises? Siendo 1 poco importante y 5 muy importante</b>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
0 0%	3 13%	6 26%	5 22%	
<b>Pregunta 8. ¿Reutiliza agua en su vivienda?</b>				
<i>Sí</i>		<i>No</i>		
15 65%		8 35%		
<b>Pregunta 9. ¿Le parece higiénico utilizar el agua del lavamanos en el sanitario?</b>				
<i>Sí</i>		<i>No</i>		
19 83%		4 17%		
<b>Pregunta 10. Si existiera un sistema económico para la reutilización del agua del lavamanos, ¿estaría interesado en adquirirlo?</b>				
<i>Sí</i>		<i>No</i>		
21 91%		2 9%		

### 10.3 ANEXO 3. DETALLES DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DEL AGUA PROVENIENTE DEL LAVAMANOS HACIA EL INODORO




**ANEXO 3. CONTINUACIÓN**





## 10.4 ANEXO 4. FACTURA PERIODO MARZO – ABRIL

CONVENIOS DE PAGO			
NO POSEE PLAN DE PAGO			
SUSCRIPTORES Y CANTIDAD DE CONCEPTOS			
Aporte			
Subsidio	-5.316	-5.816	-9.132
Total	0.000	-5.816	-9.132
Financiación Covid			
<small>           Usar: No de contrato      Fecha de inscripción      Fecha de inscripción         </small>			
<small>           Fecha de inscripción      Fecha de inscripción      Fecha de inscripción         </small>			
 <b>USUARIO PUNTUAL</b>			

TOTAL FACTURABLE	
<b>\$116,465</b>	
Fecha de Facturación: 06 Mar 2021 - 06 Abr 2021 Fecha de Facturación: 06 Mar 2021 - 06 Abr 2021 Fecha de Facturación: 06 Mar 2021 - 06 Abr 2021 Suspensión a partir del: Abril 15-21 Suspensión a partir del: Marzo 23-21 Suspensión a partir del: \$97.392 Suspensión a partir del: 0 Suspensión a partir del: 0 El no pago de esta factura genera intereses del: 0.4% El no pago de esta factura genera intereses del: 0.4% El no pago de esta factura genera intereses del: 0.4%	\$116,465 \$97,392 0 0 0.4%

## 10.5 ANEXO 5. FACTURA PERIODO ABRIL-MAYO

DATOS DEL CLIENTE			
Nombre:	GURE EDER		
Zona/Barrío:	Zona SubSector 42/EL PROGRESO		
Recuento:	4-200-00003-20-0		
Dirección:	CL 16 8-88		
Dirección de Envío:	CL 16 8-88		
Código Predial Catastral:	010400310025000		

CLASIFICACION DEL PREDIO			
Tipo	Categoría	Clase de servicio	Unidades
INDIVIDUAL	3	RESIDENCIAL	1

DATOS DEL MEDIDOR			
Placa	Modelo	Clasificación	Fecha de Instalación
SN MEDICOR			

Datos del Consumo		Acueducto y Alcantarillado	
Mes	Fecha de Lectura	Lectura (m <sup>3</sup> )	Historial de Suministro (m <sup>3</sup> )
Anterior	14/04/2021		
Actual	14/05/2021	18	
Consumo del Mes:			
Consumo Real / Estimado	ESTIMADO		
Promedio:	18		
Días de Consumo:	30		

TARIFA (PRECIO) REFERENCIA			
Clase de Servicio	Tarifa de Acueducto	Tarifa de Alcantarillado	Alcantarillado
R	6,204	6,702	1,524

CONVENIOS DE PAGO			
Vale	Nº De Cuentas	Pagado	Cuentas y Saldo Pendiente
			Saldo
NO POSEE PLAN DE PAGO			

SUBSIDIO Y APORTE			
Detalle	Acueducto	Alcantarillado	Total Subsidio / Aporte
Aporte			
Subsidio	-8,329	-4,518	-12,847

SERVICIOS DOMICILIARIOS			
Descripción	Tarifa	Unidades	Precio / Valor a Pagar
Carga fija residencial	-15,00%	1	6,215,16 6,215
Consumo básico residencial	-15,00%	18	1,806,34 30,306
Tasa de uso consumo básico residencial	-15,00%	18	4,18 75

OTROS CONCEPTOS			
Concepto	Tarifa	Unidades	Saldo Pendiente / Valor a Pagar
Financiamiento			6,214
Módulo Costos			1,947
Intereses De Mora			38,377
Total Otros Conceptos			\$47,838

TOTAL FACTURA MES:	
Factura + Alcantarillado + Otros conceptos	\$109,288

Fecha de Facturación:	Mayo 20-21
Periodo de Facturación:	14 Abr 2021 - 14 May 2021
Pague Hasta:	Mayo 26-21
Renovación a partir de:	