



Velásquez Zapata Lida Dianet ²
Londoño Valencia John Alexander ³

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUAS GRISES PARA VIVIENDAS SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN ¹

RESUMEN

En los hogares colombianos una de las actividades que genera un mayor consumo de aguas es el que se obtiene desde el lavado de ropa en máquinas de lavado. La otra actividad que genera consumo de agua potable es debido al uso de los sanitarios. Consumo que se ve reflejado en las facturas de los servicios. Para realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas para los hogares de Medellín se deben tener en cuenta diversas disciplinas que permitan alcanzar los objetivos y por ende la meta final. La ingeniería de producción está basada en la optimización de los procesos productivos, debido a esto se puede decir que el diseño de este proyecto se enfoca en aprovechar y reutilizar el agua de la lavadora después de cada proceso de lavado, evitando así el desperdicio del recurso y a la vez generando una disminución en los costos de factura.

Este es un proyecto de investigación basado en el diseño de un sistema que permita la reutilización de aguas grises generadas en estas actividades. Nuestro trabajo se fundamenta principalmente en el compromiso con el medio ambiente y con el respecto al manejo adecuado del recurso del agua.

Palabras Claves: Sistema de tratamiento de aguas, aguas grises, medio ambiente, gestión de recursos hídricos.

ABSTRACT

In Colombian households, one of the activities that generates high water consumption is the use of washing machines. Another activity that consumes drinkable water is the flushing of toilets. This consumption is reflected on the utility bills.

In order to design a water treatment system for Medellín households, several disciplines that will help us reach the objectives and end goal need to be taken into account. Production engineering is based on the optimization of productive processes. So this project is focused on utilizing and reusing the washing machine water after each cleaning cycle. Avoiding the waste of this resource and decreasing the cost of the utility bills.

This a research project based on the design of a system that allows the reutilization of the Grey water generated during these activities. Our work is mainly based on our commitment to the environment and the correct management of water resources.

Keywords: Water treatment system, Grey water, environment, management of water resources.

1. Proyecto de investigación desarrollado en el grupo de investigación SEDEICOS.

2. Lida Dianet Velásquez Zapata, Aprendiz Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, ldvz.70@hotmail.com

3. John Alexander Londoño Valencia, Aprendiz Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, dermo1416@hotmail.com

1. ANTECEDENTES

Se calcula que el 97,5% del agua existente en el planeta es salada y tan solo un 2,5 % es agua dulce, de la cual el 0,4% está disponible para ser utilizada por los seres vivos. (Elkin Darío Niño Rodríguez Néstor & Martínez Medina, 2013)

Teniendo en cuenta que la contaminación es la acumulación de sustancias en un medio natural, las cuales son el resultado de las actividades humanas que ocasionan efectos negativos en los ecosistemas afectados y que, además, se da en todos los hogares, cada vez que se utiliza la ducha, el lavamanos, el lavado de ropa, en la cocina, etc. La reutilización de estas aguas es un tema que va tomando validez a nivel mundial. Debido a esto, muchas personas en el mundo se han dado la tarea de buscar nuevas alternativas para reducir la contaminación en los diversos ecosistemas naturales, entre ellos la reutilización de las aguas grises en el hogar. Estas alternativas son generalmente económicas y en su mayoría son diseñadas por aficionados, los cuales las aplican a sus hogares, pero también existen empresas que fabrican y venden estos sistemas de tratamientos. En España, por ejemplo, se ha desarrollado un sistema de tratamiento para aguas grises conocido como GreyWaterNet, el cual está diseñado para que el agua pase a través de una serie de tanques en los cuales se aplican varios tipos de tratamiento entre ellos la desinfección con rayos ultra violeta. Este sistema requiere de una conexión especial en la cual, la vivienda debe (Rojas, 2004) tener una separación de las tuberías en su sistema de desagüe con el ánimo de separar las aguas grises de las aguas negras, evitando que estas se mezclan. El sistema permite reutilizar aguas grises en la mayoría de los quehaceres domésticos excluyendo el consumo de esta. En Latinoamérica, México es uno de los países que se ha preocupado por el medio ambiente, en él se han desarrollado muchos proyectos y documentos de investigación con respecto al tratamiento del agua. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, 2016)

En el año 2012 se publicó una cartilla llamada “Las aguas jabonosas manual de buenas prácticas” en el cual se explica paso a paso el diseño de un sistema de tratamiento casero para aguas grises. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, 2016) En el 2004, Kestler Rojas en su trabajo “Uso, reusó y reciclaje del agua residual en una vivienda”, propuso un diseño del sistema de aguas residuales para Guatemala, que consistía en conducir por a medio de la Red de drenaje con tubería PVC, las aguas residuales procedentes de cocina como

restos de alimentos y materia orgánica, hacia una trampa de grasa. Recomienda en esta instancia adicionar unos dos miligramos por litros de cloro para aumentar la eficacia de la eliminación de la grasa. Los criterios de diseño para la trampa de grasa los realizó de acuerdo al Ing. Macghee. (Rojas, 2004)

En Colombia para el año 2013, Galvis A. Mónica realizó un estudio sobre la viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas, en el que se encontró viable económicamente la implementación de este tipo de soluciones en la que la recuperación de la inversión calculada requerida fue de un ahorro del 35% al 50% en los servicios de acueducto y alcantarillado. El sistema propuesto por ella consistía de un tanque de almacenamiento, tamiz de finos (tamiz rejilla tupida que está sujeta a un aro, también es conocido por cedazo o criba), coagulación-floculación empleando sulfato de aluminio, tren de filtrado y tanque de almacenamiento de agua tratada para desinfección. (Galvis., 2013)

En un estudio hecho en el año 2016, Díaz Oviedo, se enfocó en el diseño de un sistema de tratamiento para el agua utilizada en el proceso mecánico del lavado de ropa, orientado a los hogares que tuvieran máquina lavadora en la ciudad de Bogotá D.C. con el fin de reducir el consumo de agua potable, logrando una disminución en el costo de la factura y generando un impacto de agua potable, logrando una disminución en el costo de la factura y generando un impacto ambiental positivo. El proyecto abarca desde la contextualización del problema hasta el diseño de una propuesta de sistema para la reutilización del agua de la lavadora. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, 2016)

Sugirió que el uso de agua potable doméstica está dada según el grado de las necesidades básicas. De esta manera se puede decir que el consumo más alto de agua potable en el hogar, está dado por el lavado de ropa con un consumo promedio diario de 38,57 litros por persona, el cual representa un 27,99% del agua total consumida al día por una persona. Calcula el investigador que, del total de agua consumida al mes por un hogar, el 27,99% es utilizado en el proceso de lavado de ropa lo que se estimó en un consumo mensual de 5597,47 Litros de agua potable. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, 2016)

Para llevar a cabo el diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua, Díaz tuvo en cuenta una serie de parámetros que contribuyen a la recolección, tratamiento y reutilización del agua. Para el Almacenamiento primario de agua, considero que en un hogar de Bogotá D.C. se realizaban hasta 4 ciclos de lavado por semana, esto indicaría que por ciclo de lavado eran unos 80 litros y por semana se podrían gastar hasta 320 litros de agua. Por la que se debía contar con un tanque de almacenamiento cerrado con capacidad de 320 litros. Señala el autor que en el mercado se encuentran tanques cilíndricos de 350 litros ideales para el diseño. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, 2016)

Según pudo determinar en el análisis de laboratorio, por lo menos el 70% de los sólidos totales podrían ser removidos con la ayuda de la sedimentación, por lo tanto, encontró que la mejor manera de tratarlos era con la ayuda de tanques de Imhoff. Que En el mercado se podrían encontrar tanques de botella con capacidad de 350 litros, los cuales presentaban las características de un tanque de Imhoff y que fuesen propias para el desarrollo del diseño, este tanque, según él, tiene dimensiones de 90 cm de diámetro y 75cm de alto, medidas que estarían acorde al diseño según el espacio disponible en los hogares. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, 2016)

Señala además el estudio que la sedimentación de los sólidos en suspensión tiene un mejor efecto con la ayuda de coagulantes, por lo tanto, el tanque debe tener un pequeño compartimiento que permita dosificar de manera manual, los productos químicos. Además, Según las consultas realizadas, la dosificación debería tener una mezcla homogénea y controlada para maximizar la eficiencia de la sedimentación, por lo que se recomendó implementar una herramienta de mezclado sujeta a un pequeño motor eléctrico que permitiera controlar la velocidad para realizar un proceso de alta calidad. Para remover el 30% de los sólidos totales restantes, consideraron lo autores que era necesario contar con un sistema de filtrado. Y el más practico por ser altamente eficiente, fácil de hacer y sobre todo económico en su mantenimiento, sería un filtro de arena, el cual tiene varias capas de arenas que permiten retener los sólidos a medida que el agua pasa por ellos. Los materiales que comúnmente se utilizan son: grava, gravilla, arena, carbón activo. Y que, Aprovechando las

dimensiones del tanque, y los espacios que estos generan, los filtros tendrían una altura de 50 cm y un diámetro de 20 cm. Estas medidas permitirían una circulación rápida para el agua y que gracias a su diámetro las probabilidades de rotura o partición de las arenas eran mínimo. Además, Para que el proceso de filtrado fuera eficiente se requería que cada filtro contara con un solo material filtrante ya que entre mayor sea este, mayor es la eficiencia de filtración. Para completar todo el proceso de filtrado, se requiera hacer por lo menos 6 filtros, el primero de grava, el segundo era de gravilla, el tercero y cuarto de arena, el quinto de carbón activo y el ultimo filtro nuevamente de arena para atrapar materiales que pudieran desprender el carbón.

Estos filtros realizarían un proceso eficiente y a la vez económico, pretendía con esto captar el 30% de los sólidos suspendidos totales. Después del proceso de filtrado el agua debería circular a un nuevo lugar de almacenamiento el cual tendría que estar libre de contaminantes, por lo que era necesario un segundo tanque de almacenamiento con las mismas características del primer tanque. Finalmente, Para que el agua circulara del primer tanque, por los filtros y posteriormente al segundo tanque se hacía necesario generar una fuerza de empuje a través de una motobomba eléctrica, la cual, debería cumplir con las características de caudal y presión necesarias para llevar al agua de un punto al otro sin generar ningún trauma en el proceso. Por lo que recomendaron una bomba con capacidad 80 litros por minuto y con altura máxima de 23 metros. Así mismo Para trasportar el agua de un lugar a otro se incluiría tubos de 20 milímetros, los cuales tienen las especificaciones adecuadas para soportar la presión que llegara a generar. (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, 2016).

Aseguran los autores que es un tamaño ideal para casas que cuenten con un espacio destinado al área de lavado. El sistema así constaría de dos tanques de almacenamiento, uno sobre el otro, soportados con una estructura metálica. Cada tanque tendría en su interior mecanismos para contribuir a la recirculación y limpieza del agua. El tanque número 1 recogería el agua arrojada por la lavadora, este tanque contaría con dos dosificadores, uno de floculante y otro de coagulante; además tendría en su parte superior un motor que hace girar una hélice que se encargaría de agitar las sustancias anteriormente mencionadas.

Contaría también con un aspersor que facilita el aseo del interior del tanque, una salida para drenar hacia el desagüe, y otra salida atada a una motobomba que dirigiría el agua hacia los filtros y en seguida al tanque número 2. El tanque número 2 contaría en su interior con un aspersor similar al del tanque número 1 para facilitar el lavado, también tendría un flotador, un oxigenado y un dosificador para adicionar el desinfectante cuando sea necesario. El agua que arroja la lavadora acumulada en el tanque número 1 donde se le adiciona el coagulante y el floculante, los sólidos suspendidos se sedimentan, luego el agua es impulsada con ayuda de la motobomba hacia una línea de filtros y en seguida al tanque número 2 donde se deposita y queda lista para ser reutilizada en el siguiente proceso de lavado.

El sistema tiene entrada de agua potable para realizar lavado o para almacenar si se requiere, también tiene desagüe para evacuar los lodos obtenidos de la sedimentación, asimismo en la parte superior de los dos tubos hay un escape que dirige el agua al sistema de alcantarillado, Esto con el fin de evacuar el agua cuando los tanques se llenen si se presentara el caso. El costo de fabricación del sistema de reutilización de agua fue calculada en \$778.860, dicha inversión se vería reflejada en la disminución del valor del recibo del acueducto en el 25%, Ya que el proceso de lavado de ropa consume el 34% del consumo total mensual, este 34% corresponde a 4 ciclos de lavado, con la implementación del sistema sólo se utilizaría el agua de un ciclo, en los 4 lavados. Cada ciclo consume el 8.5% del consumo total. Es decir que el ahorro sería equivalente al consumo de 3 ciclos (Díaz Oviedo Jhon Jairo Ramírez, 2016). En el año 2014 Cristian Espinal y otros en su Trabajo de Grado, propusieron un sistema de reciclaje de aguas grises, cuyo principal objetivo es el diseño y simulación que permitiera volver a utilizar las aguas procedentes de lavados en general como: cocinas, lavamanos, duchas, conteniendo detergentes, restos de alimentos, materia orgánica y otros contaminantes; se estudiaron las posibles 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. (Velásquez, Acosta, & García, 2014).

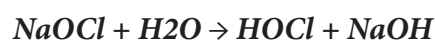
2 BASES TEORICAS

2.1 HIPOCLORITO DE SODIO

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es un compuesto que puede ser utilizado para la desinfección del agua. Se usa a gran escala para la purificación de superficies, blanqueamiento

y eliminación de olores. Alrededor del año 1785 el francés Berthollet desarrolló líquidos blanqueadores utilizando hipoclorito de sodio. La compañía de nombre Javel, introdujo este producto y lo llamó “licor de Javel”. Al principio, se usó para blanquear algodón. Debido a sus características específicas, se extendió con facilidad. Este compuesto puede eliminar manchas de la ropa a temperatura ambiente.

En Francia el hipoclorito de sodio todavía es conocido como el ‘eau de Javel’. Es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico. El cual, tiene una densidad relativa de 1,1 (5,5% solución acuosa). Como agente para blanquear de uso doméstico normalmente contiene 5% de hipoclorito de sodio (con un pH de alrededor de 11, es irritante). Si está a mayor concentración, contiene un 10 a 15% de hipoclorito de sodio (con un pH alrededor de 13, es corrosivo). Este compuesto es inestable, debido a que el cloro se evapora a razón de 0,75 gramos de cloro activo por día desde la solución, después de calentado el hipoclorito de sodio se desintegra. Esto también ocurre cuando éste contacta con ácidos, luz del día, ciertos metales y venenos así como gases corrosivos, incluyendo el gas de cloro. El hipoclorito de sodio es un oxidante fuerte y reacciona con compuestos combustibles y reductores, además de ser una base débil inflamable. Estas características se deben tener en cuenta en los procedimientos de transporte, almacenamiento y uso de la solución. Mediante la adición de agua al hipoclorito de sodio, se genera ácido hipocloroso



El ácido hipocloroso se divide en hipoclorito (HCl) y oxígeno (O). El hipoclorito de sodio es efectivo contra las bacterias, virus y hongos. Teniendo la propiedad de desinfectar de la misma manera que lo hace el cloro. Los hipocloritos también conocidos como compuestos halogenados están en uso desde 1792 cuando fueron producidos por primera vez con el nombre de Agua de Javel, y constituía una mezcla de hipoclorito de sodio y de potasio. En 1870, La barraque, químico francés obtiene el hipoclorito de sodio al 2,5% de cloro activo y usa esa solución como desinfectante de heridas. Este último ha sido usado como irrigante intra-conductos para la desinfección y limpieza por más de 70 años. Se le ha reconocido como agente efectivo contra un amplio espectro de microorganismos patógenos: gran positivos, gran negativos, hongos, esporas y virus incluyendo el virus de inmunodeficiencia adquirida.

2.2 HIPOCLORITO DE CALCIO

El hipoclorito de calcio, es un miembro de la clase de compuestos químicos conocidos como sales de oxácido de halógeno, también llamado “cal clorada” es un compuesto químico cuya fórmula es $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, se compone de las sales de calcio del ácido hipocloroso. Se produce disolviendo gas cloro (Cl_2) en una solución de óxido de calcio (CaO) e hidróxido de sodio (NaOH).

Es ampliamente utilizado en tratamiento de aguas por su alta eficacia contra bacterias, algas, moho, hongos y microorganismos peligrosos para la salud humana. Además es un agente blanqueador. Su apariencia es granulosa, de color beige claro. En solución acuosa desprende un olor similar al del hipoclorito sódico. Dado su elevado poder de antisepsia, se utiliza como agente desinfectante del agua de las piscinas, principalmente en concentraciones del 70%.

El Hipoclorito de Calcio es una sustancia química relativamente estable y es comúnmente usada por la industria como tratamiento de esterilización y purificación de aguas. De acuerdo a estudios previos esta sustancia muestra propiedades antibacterianas y la capacidad de disolver materia orgánica. En lugar de disminuir el pH como el gas de cloro hace, el Hipoclorito de Calcio aumenta el pH del agua (haciendo el agua menos ácida). Sin embargo, las concentraciones de hipocloroso y de hipoclorito dependen todavía del pH del agua; Por tanto, disminuyendo el pH del agua, el ácido hipocloroso seguirá estando presente en el agua. Como resultado, el hipoclorito de calcio y el gas de cloro producen el mismo tipo de residuos.

Estudios recientes del 2016 concluyen que las soluciones de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ son extremadamente alcalinas y tienden a tener un contenido de cloro más disponible que NaOCl , pero tienen una tensión superficial mayor que NaOCl . En cuanto al contenido de cloro activo, estas soluciones tienden a ser estables a 30 días de almacenamiento cuando se mantiene a 25 °C

2.3 FIBRA DE VIDRIO

Es un material de manufactura muy fácil y de buen costo, es muy fácil de transportar liviano y de fácil limpieza además su reparación es muy fácil da un hermoso acabado a la vista.

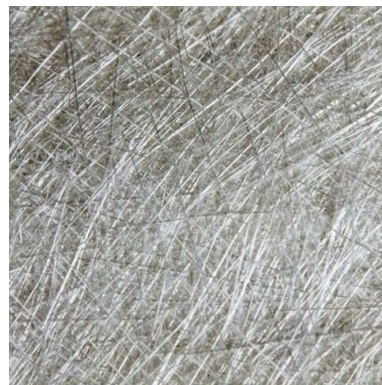


Figura 1. Fibra de vidrio
Fuente: Elaboración propia del autor

Estas son las ventajas del material

- 1. Resistencia química.** La resina es un componente de la fibra de vidrio que la hace resistente a la erosión química y del medio ambiente. Por tanto, la fibra de vidrio no se pudre ni se deteriora, ya que es resistente a la mayoría de los ácidos (excepto el ácido fluorhídrico y el ácido fosfórico).
- 2. Peso ligero.** El peso específico de materiales compuestos por fibra de vidrio permite que sea muy fácil de mover e instalar. Además, reducen el peso soportado por las estructuras de apoyo.
- 3. Bajo mantenimiento.** Gracias a las características intrínsecas de la fibra de vidrio, los compuestos no necesitan ningún mantenimiento especial, incluso después de muchos años de uso en aplicaciones externas. Esta característica, conduce automáticamente a ahorros de costos en el tiempo.
- 4. Aislamiento eléctrico.** La fibra de vidrio no conduce la electricidad, por lo que es ideal para aplicaciones donde se busque el aislamiento eléctrico de ciertas instalaciones.
- 5. Versatilidad.** Se trata de un producto muy versátil: amplia gama de filamentos, tamaños, tipos de fibra, etc. Estas características hacen que la fibra de vidrio ofrezca un gran abanico de posibilidades industriales.
- 6. Excelente aislante térmico.** La fibra de vidrio tiene un bajo coeficiente de expansión térmica y conductividad térmica relativamente alta. Esto hace que disipe el calor de forma más rápida y sea perfecto para usarlo como aislante térmico. Por tanto, es ideal para instalaciones en el exterior, ya que no tendremos que preocuparnos de que se deteriore por estar expuesto al sol durante mucho tiempo.

En el diseño a implementar es necesario un tanque fabricado bajo los más completos estándares de calidad en fibra de vidrio, contara con un sistema de rodachinas para su desplazamiento y fácil acceso a limpieza, también contara con una bomba sumergible.

2.4 ELECTROBOMBA AUTOMATICA

Esta bomba es la que más se ajusta a nuestro proyecto, después de investigar y revisar bombas similares encontramos que cuenta con un sistema ahorrador de energía, funciona con 12 voltios y tiene capacidad de entregar 45 libras por centímetro cuadrado suficiente para llegar a un 3° piso.

Se puede también utilizar con un panel solar, es silenciosa y puede funcionar 12 horas continuas, no genera ruido y funciona con sistemas de auto regulación de presión también puede ser utilizada con una batería recargable que puede durar 72 horas continuas de trabajo.



Figura 2. Electrobomba automática.
Fuente: Elaboración propia del autor

Teniendo en cuenta que surge la necesidad que el agua tenga presión de 30 psi los cuales serán suministrados por la bomba y para resistir esta presión se utilizara tubería pex al pex.

Tubo en cinco capas, que está compuesta por metal y plástico, las ventajas más destacadas son fácil instalación.

Color blanco (quedar a la vista).

Sin uniones o sellantes es de conexión por empaques a presión.

Como no usa uniones es muy difícil que se pueda romper o dañar y se puede utilizar un solo tramo porque la presentación que es comercial es en rollo de 25 metros y 50 metros.

2.5 TUBERIA PEX AL PEX

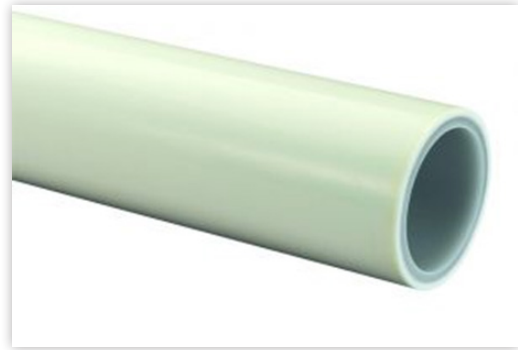


Figura 3. Tubería pex al pex.
Fuente: Elaboración propia del autor

2.6 REGISTRO DE BOLA CON TRES SALIDAS

Para el control de agua se utilizara una llave de tres salidas que permitirá el paso del agua almacenada pero en caso de haber reserva se puede utilizar agua de acueducto



Figura 4. Llave de bolas con tres salidas.
Fuente: Elaboración propia del autor

3. METODOLOGIA

El uso del agua en los hogares se debe determinar según el tipo de agua que queremos recuperar, en el caso de esta investigación nos enfocaremos en las aguas grises que no requieren un tratamiento muy avanzado como se hacen con las aguas negras, ya que ellas contienen elevadas cantidades de residuos orgánicos y fecales, que para su tratamiento es necesario sistemas muy avanzados para su recuperación.

Mediante un estudio que se hizo en diez (10) hogares, dicho estudio arrojó los siguientes resultados que fueron, Uno de los consumos más alto que se tiene en un hogar es la ducha ya que en promedio se gastan 200 litros en 10 minutos y la lavadora que en promedio gasta 65 litros por cada ciclo y teniendo en cuenta que cada lavado consiste en 3 ciclos para un total de 200 litros aproximadamente. Otro de los consumos que es de considerar es las descargas del sanitario.

Un tanque de sanitario consume en promedio 6 litros, que en una familia conformada por 4 integrantes y con uso de 4 descargas por cada una de ellos se utilizaría en promedio 100 litros por día, de esta forma se pensó en el uso del agua de la lavadora mediante un tratamiento que permita separar los materiales gruesos como pelos y motas.

También tratar el jabón que deja el agua de la lavadora, es muy importante para evitar que el agua entre en estado de descomposición y genere malos olores. La utilización de un aroma suave que sea capaz de evitar los malos olores que normalmente el sanitario tiende a presentar.

-Diseñar un sistema que funcione como depósito de agua para el agua de la lavadora que tenga la suficiente capacidad para poder soportar un ciclo de lavado y que sea capaz de direccionar toda el agua hasta el tanque del sanitario se consideraron varias cosas, entre las más importantes pensar en el tamaño de la vivienda promedio de la ciudad de Medellín, en la ubicación y el proceso que este debía realizar, se llegó al diseño de un prototipo que se ajusta a las necesidades de las viviendas de la ciudad. Se realizaron cuatro pruebas con varios productos, todas estas pruebas se hicieron en 1 litro de agua de la lavadora.

Prueba 1.

- 20 gramos de hipoclorito de calcio al 90%.
- 5 gramos de anilina vega color azul
- 10 mililitros de aroma artificial olor a chicle
- Tiempo de duración 5 días

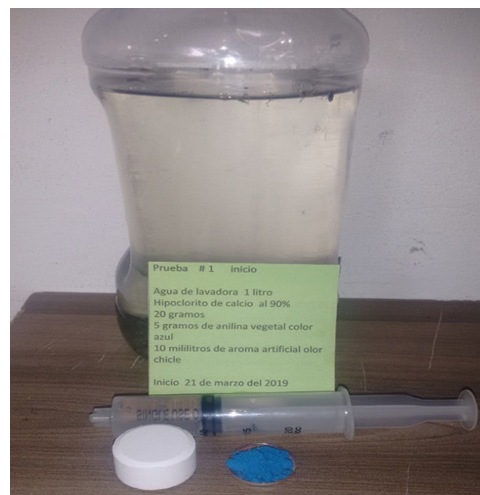


Figura 5. Prueba 1

Fuente: Elaboración propia del autor

Prueba 2. Se usaron las mismas cantidades de la prueba 1, la única variación fue la reducción a 10 gramos de hipoclorito de calcio al 90%.

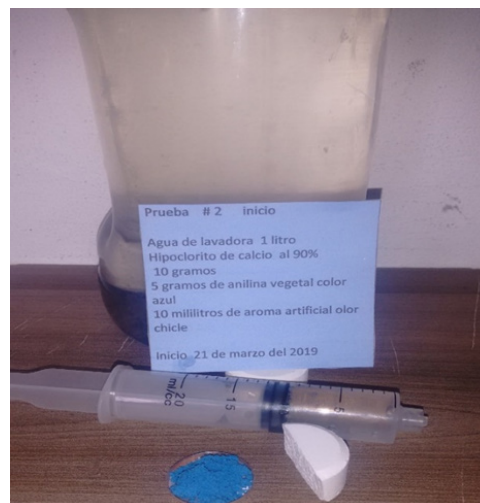


Figura 6. Prueba 2

Fuente: Elaboración propia del autor

Prueba 3. Se usaron las mismas cantidades de la prueba 1, la única variación fue la reducción a 5 gramos de hipoclorito de calcio al 90%.

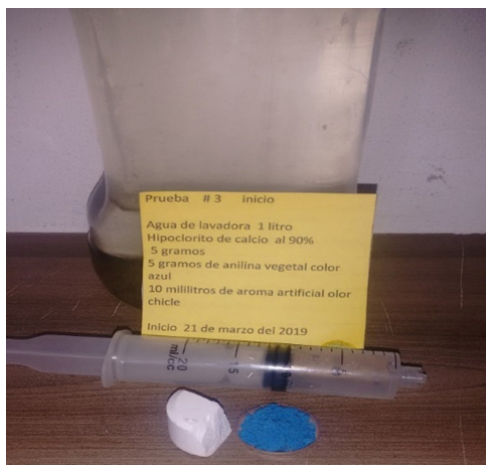


Figura 7. Prueba 3

Fuente: Elaboración propia del autor

Prueba 4.

- 10 Ml de hipoclorito de sodio al 5.25 %
- 5 gramos de anilina vega color azul
- 10 mililitros de aroma artificial olor a chicle.

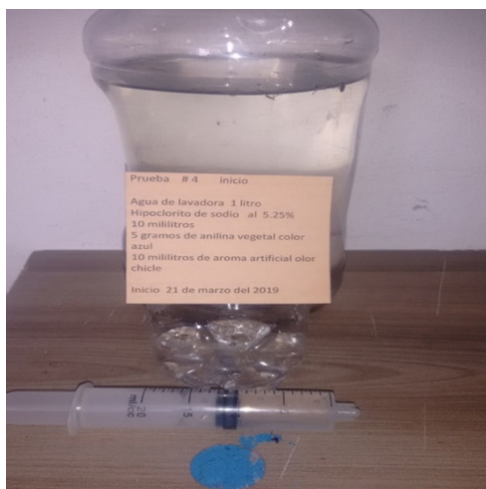


Figura 8. Prueba 4

Fuente: Elaboración propia del autor

El uso del agua se debe determinar según el tipo de agua que queremos recuperar. En esta investigación se partió desde las aguas grises, las cuales no requieren un tratamiento muy avanzado como es el caso de las aguas negras que contienen elevadas cantidades de residuos orgánicos y fecales.

Para este trabajo se hizo un sondeo en diez hogares y se encontró:

- Que Uno de los consumos más altos de agua es debido a la actividad de aseo personal pues en promedio se gastan unos 200 litros en diez minutos, que se consume bastante agua en el lavado de ropa en lavadora y en promedio gasta de 60 a 70 litros de agua por ciclo. Unos 120 a 140 litros entre los ciclos de enjabonado y enjuague.
- Que el gasto de agua por el uso del sanitario en un hogar promedio en la que viven cuatro personas y con un uso diario de cuatro descargas por cada integrante, sería de unos 120 litros.

Basados en lo anterior, se propuso en este trabajo diseñar un sistema que permitiera recoger el agua de lavado en máquina, almacenarlo y mediante un tratamiento químico, permitir que se pudiera utilizar para el uso de los sanitarios en una casa.

3.1. DOSIFICACION DEL HIPOCLORITO DE CALCIO

Para garantizar una concentración de 0,5-1,0 % se debe tener en cuenta la capacidad del tanque de almacenamiento. La siguiente tabla muestra la cantidad necesaria de hipoclorito para un volumen dado:

Hipoclorito de calcio (g)	Volumen de agua (L)
500	100
1000	200
2500	500

Tabla 1. Dosificación del hipoclorito sódico

Fuente: Elaboración propia del autor

3.2 Estabilidad del color. Con el fin de darle color agradable y característico al agua proveniente de la lavadora, se ensayó con anilinas y con pigmento azul.

3.3 Estabilidad de la fragancia. Para esto se partió de fragancias estables al hipoclorito y se evaluó la permanencia durante periodos de tiempo.

3.4 pH. Se sabe de la literatura que el hipoclorito es estable a pH altos por lo que se harán ensayos con hidróxido de calcio (cal) y con hidróxido de sodio (diablo rojo)

3.5. Diseño del sistema de recolección, almacenamiento y entrega del agua proveniente de las lavadora (figura 9).

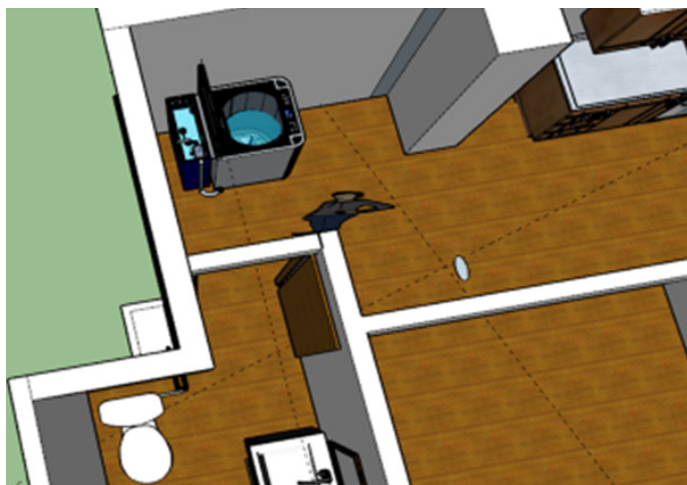


Figura 9. Sistema de reutilización de aguas grises en una casa
Fuente: Elaboración propia del autor

El tanque de almacenamiento se hizo en fibra de vidrio y lleva una bomba interior, de bajo consumo de electricidad, silenciosa y que puede estar activada hasta 23 horas y con una capacidad de subir agua hasta un tercer piso. El tanque también tiene una válvula que permite el llenado completo y que una vez se llene totalmente cierra automáticamente el paso de agua para que el agua siga su curso hacia el desagüe. También tiene unos filtros ubicados antes de la entrada del tanque y que retendrán el material particulado como motas y restos de cabello. Además tiene una llave en la parte inferior que permitirá sacar agua en los casos que se requiera (figura 10)

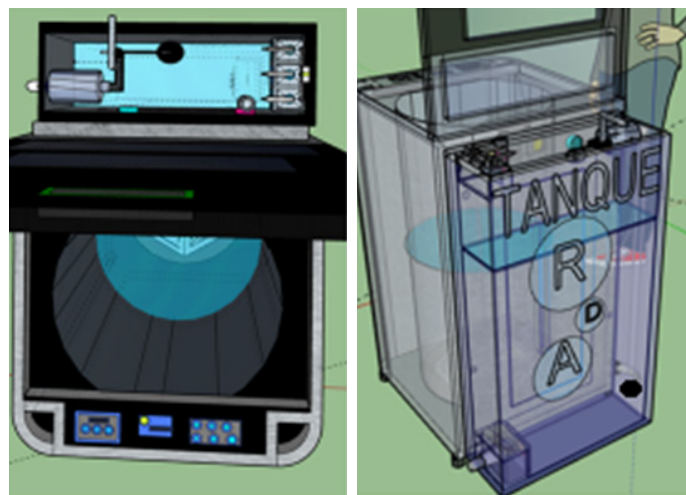


Figura 10. Tanque de almacenamiento
Fuente: Elaboración propia del autor

Lavadora, tanque de almacenamiento y tanque de sanitario van comunicados a través de tubería de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada y que en caso de construcciones nuevas puede esconderse para que no se vean. A la entrada de los sanitarios se deben tener una llave múltiple para que permita la entrada de agua desde la calle en los casos en que el tanque de almacenamiento este completamente vacío (figura 11)

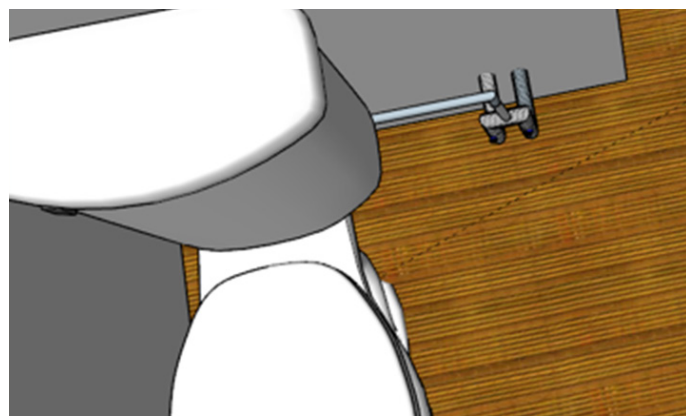


Figura 11. llave múltiple a la entrada del sanitario
Fuente: Elaboración propia del autor

4. RESULTADOS

Los resultados generados en las tres primeras pruebas fueron muy similares se inició aplicando 20 gramos de hipoclorito de calcio al 90% y luego se reducía a la mitad la cantidad durante las 2 pruebas siguientes, el contenido de jabón del agua de la lavadora era neutralizado pero de igual forma también el colorante y el olor a cicle, prevaleciendo así un olor fuerte a hipoclorito.

En la última prueba se usó el hipoclorito de sodio al 5,25% y dio como resultado la neutralización del jabón del agua de la lavadora, pero la anilina azul seguía preservando el color durante los 5 días de inspección, al igual que el olor a chicle siempre prevaleció.

El sistema de recolección, almacenamiento y posterior distribución empleando una bomba, mostro ser eficiente y de costos moderados, lo que permitirá que en cualquier casa se implemente.

5. CONCLUSIONES

El hipoclorito de Calcio no se ajusta a las necesidades que se requiere para darle ese tratamiento al agua, ya que su concentración es demasiado fuerte y no permite que otras sustancias pueda adherirse. El hipoclorito de sodio cumple con todas las necesidades y requerimientos que se necesitan para poder circular el agua de la lavadora al sanitario, conservando todas las propiedades que se deben conservar. El tamaño del prototipo debe tener una capacidad de almacenamiento de 100 litros para poder recolectar una cantidad considerable para el proceso, que también pueda justificar el uso seguido del sistema.

Se concluye de este trabajo que es posible ahorrar dinero y agua recogiendo las aguas grises como las que son generadas por actividades de lavado de ropa en máquinas lavadoras. Que la implementación de estos sistemas es de bajo costo y que los productos químicos necesarios para tratar, dar color y olor a estas aguas, son fáciles de conseguir. Que el mantenimiento de estos sistemas es sencillos y económicos y que el impacto para el ambiente es positivo.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICAS

Diaz Oviedo Jhon Jairo Ramirez, M. L. (2016). Diseño de un sistema e tratamiento y reutilizacion del agua de la lavadora aplicado a los hogares de Bogota D.C. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas., 1-98.

Elkin Darío Niño Rodríguez Néstor, C. M., & Martínez Medina, C. (2013). Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogota. Pontificia Universidad Javeriana., 1-177.

Galvis., M. A. (2013). Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas. Universidad Nacional de Colombia , 1-119.

Rojas, P. J. (2014). Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda. Universidad Rafael Landivar, 1-64.

Velasquez, C. M., Acosta, D. O., & Garcia, J. D. (2014). Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar. Universidad Tecnológica de Pereira, 1-84.

ROCIO, G. L. (2018). Evaluacion invitro de la eficacia antimicroiana del Hipoclorito de Calcio en 2,5% y el Hipoclorito de Sodio al 2,5% sobre un Biofil de Enterococcus Faecalis y Candida Albicans. Universidad Nacional De San Marcos, 28-32.