

REUTILIZACIÓN DE AGUA EN CONSTRUCCIONES VERTICALES

**TANYA ALEJANDRA MORENO ARIZA
DANIEL CAMILO QUINTERO GUTIÉRREZ**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN
CONSTRUCCIONES VERTICALES**

**TANYA ALEJANDRA MORENO ARIZA
DANIEL CAMILO QUINTERO GUTIÉRREZ**

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

**Directora
Paula Andrea Villegas González
Ingeniera Civil
COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2014**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Ing. PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Directora de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 27, Noviembre, 2014

Primeramente agradezco a dios por darme las habilidades requeridas para finalizar la carrera con éxito, a mis padres y hermano por apoyarme económica y emocionalmente ya que sin estos dos apoyos hubiera sido imposible culminar con eximo mis estudios y a mi novia por servirme de confidente y de apoyo en momentos de debilidad y dificultad.

Daniel Camilo Quintero Gutiérrez

Al inicio de todo gran proyecto existen dificultades y temores, los cuales tenemos que afrontar solos, o en mi caso con ayuda de los seres que más amo en esta vida.

Doy gracias a Ernesto Moreno y Patricia Ariza quienes son mis padres, mis hermanos Fernando y Santiago, y Camilo Quintero quien ha sido mi amigo y compañero sentimental que han estado incondicionalmente a lo largo de todo este proyecto que acaba de culminar.

Tanya Alejandra Moreno Ariza

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. ANTECEDENTES	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
4. ESTADO DEL ARTE SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUA	20
4.1 AMÉRICA	20
4.1.1 Tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales urbanas: Análisis económico (Argentina)	20
4.1.2 Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura (Colombia)	21
4.1.3 Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura (Venezuela)	22
4.2 EUROPA	22
4.2.1 Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios (España)	22
4.3 ÁFRICA	26
4.3.1 Future water reuse and other marginal water use possibilities (África)	26
4.4.1 Wastewater reuse	30
5. MODELACIÓN DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN CONTRUCCIONES VERTICALES	33
5.1 RESULTADOS ENCUESTA	33
5.2 PROCEDIMIENTO ANÁLISIS AGUA JABONOSA LABORATORIO	55
5.3 RESULTADOS PRUEBAS FÍSICAS EN EL LABORATORIO	64
5.4 ESQUEMA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN Y BOMBEO	70
6. ANÁLISIS BENEFICIO DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRICES	74
6.1 BENEFICIO AMBIENTAL	76

7. CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS.....	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Red de reutilización de aguas grises.....	22
FIGURA 2. Reciclaje de aguas con corto tiempo de reacción	23
FIGURA 3. Tratamiento físico-químico	24
FIGURA 4. Tratamiento biológico	25
FIGURA 5. Captación de aguas.....	27
FIGURA 6. Sistema de recirculación de agua en los hogares	30
FIGURA 7. Porcentaje de agua a reutilizar por aparato.....	31
FIGURA 8. ¿A qué hora se baña?	35
FIGURA 9. ¿Cuánto tiempo dura en la ducha?	36
FIGURA 10. ¿Escupe en la ducha?.....	37
FIGURA 11. ¿Orina en la ducha?	38
FIGURA 12. ¿Se afeita y/o depila en la ducha?	39
FIGURA 13. ¿Se suena en la ducha?.....	40
FIGURA 14. ¿Se lava los dientes en la ducha?.....	41
FIGURA 15. ¿Utiliza trampa para cabellos en su ducha?.....	42
FIGURA 16. ¿Cuándo se baña usa jabón y champú todas las veces?	43
FIGURA 17. ¿Cuántas veces se baña cuando tiene el periodo?.....	44
FIGURA 18. ¿Cuántas veces usa el inodoro en el día?	45
FIGURA 19. ¿Cada vez que usa el inodoro lo descarga?	46
FIGURA 20. ¿Le parece higiénico utilizar el agua de su ducha en su sanitario?..	47
FIGURA 21. ¿Si sabe que le agua de su sanitario es reutilizada y la encuentra turbia sentiría desconfianza?.....	48
FIGURA 22. ¿Qué tan importante le parece el rehusó del agua?.....	49
FIGURA 23. ¿Aplicaría una serie de consejos en el uso de la ducha?.....	50
FIGURA 24. ¿Lo motivaría el comprar en una edificación donde se reutilice el agua?	51
FIGURA 25. ¿Le interesaría un edificio donde el valor de su recibo de agua disminuya?	52
FIGURA 26. ¿Número de personas que se bañan en su casa?.....	53
FIGURA 27. ¿Número de baños con ducha en su casa?	54
FIGURA 28 Tubería captación de agua a reutilizar	71
FIGURA 29 Sistema de tratamiento.....	72
FIGURA 30 Conexión de aparatos sanitarios	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros del agua para uso en agricultura.....	27
Tabla 2. Parámetros del agua para uso en agricultura.....	28
Tabla 3. Resultados encuesta.....	32-33
Tabla 4. Pruebas físico-químicas.....	54
Tabla 5. Elaboración filtro.....	55-56
Tabla 6. Muestra de agua jabonosa por el filtro.....	57-59
Tabla 7. Prueba sólidos disueltos y suspendidos.....	60-61
Tabla 8. Filtro de vela.....	62
Tabla 9. Resultados parámetros físico químicos.....	64
Tabla 10. Parámetros AQUAESPANA.....	66
Tabla 11. Comparación parámetros laboratorio- AQUAESPANA.....	66
Tabla 12. Parámetros rehusó de agua urbana en México.....	67
Tabla 13. Comparación parámetros laboratorio-rehusó de agua urbana en México.....	67
Tabla 14. Precio del agua por descarga.....	73
Tabla 15. Precio del agua gastada por persona en el uso del sanitario.....	73
Tabla 16. Precio del agua por vivienda.....	74
Tabla 17. Precio del agua por vivienda por mes.....	74
Tabla 18. Ahorro de agua por recibos.....	74

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA.....	80
ANEXO B. CÁLCULO REDES HIDROSANITARIAS.....	80
ANEXO C. PLANOS REDES HIDROSANITARIAS.....	80
ANEXO D. MANUAL DEL CORRECTO USO DE LA DUCHA.....	80
ANEXO E. DISEÑO DEL TANQUE DE AQUIETAMIENTO “SKETCHUP”.....	80
ANEXO F. LOGO “REUTILIZACIÓN DE AGUA EN CONSTRUCCIONES VERTICALES”.....	80

GLOSARIO

AGUAS GRISES: Las aguas grises deben su nombre a su aspecto turbio y de su condición de ser el medio, agua potable fresca y aguas residuales. En un contexto familiar, las aguas grises son las aguas sobrantes de baños, duchas, lavabos y sólo lavadoras. Algunas definiciones de las aguas grises incluyen el agua de la pileta de la cocina. El agua que contiene residuos fecales humanos se considera agua negra.

AGUAS RESIDUALES: Se conoce como aguas residuales a las aguas que resultan después de haber sido utilizadas en domicilios, fábricas entre otras. Las aguas residuales son sucias y contaminadas: llevan grasas, detergentes, materia orgánica, residuos de la industria y de los ganados, herbicidas y plaguicidas y en ocasiones algunas sustancias tóxicas.

Estas aguas residuales, antes de volver a la naturaleza, deben ser depuradas. Para ello se conducen a las plantas o estaciones depuradoras, donde se realiza el tratamiento más adecuado para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles.

CARGA CONTAMINANTE: Entendida como la medida para determinar el grado de contaminación presente en los cuerpos de agua, ya sean aguas residuales o fuentes de agua superficial o subterránea, medida en unidades de masa por unidad de tiempo.

CONSTRUCCIÓN VERTICAL: La construcción vertical es una alternativa creciente desde la década de los 70 y ha ido tomando auge en los últimos años. El vivir en un condominio es una idea que no agrada a muchas personas que añoran tener patio, no gustan de las alturas o simplemente el modelo de apartamento no les satisface. Pero, ante la urgente necesidad de preservar los espacios verdes, la construcción vertical es una opción favorable.

IMPACTO AMBIENTAL: El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, en términos simples el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

INSTALACIONES HIDRÁULICAS: Es el conjunto de tuberías, válvulas, ramales y conexiones que proveen de agua a los diferentes servicios de una construcción.

INSTALACIONES SANITARIA: Conjunto de tuberías, conexiones y ramales provistos para desalojar las aguas servidas o residuales de las construcciones,

MANUAL: Documento donde se especifica una serie de indicaciones, el cual pretende ayudar al lector a cumplir de manera adecuada el objetivo que contiene la publicación.

PESOS (\$): denominación que se le da al peso colombiano.

REDES DE ALCANTARILLADO: Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usadas para el transporte de aguas residuales o servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan. Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas

que funcionan a presión atmosférica. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión. Normalmente son canales de sección circular, oval, o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas. La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes en las ciudades de países en desarrollo es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable. Esto genera importantes problemas sanitarios.

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. Quiere decir que no se desechen productos o artículos cuando aún pueden ser útiles.

SONARSE: acción de expulsar la mucosa nasal mediante presión por medio de la nariz.

RESUMEN

La investigación está compuesta por el diseño de una red hidrosanitaria de reutilización de aguas grises en construcciones verticales. Para desarrollarla fue necesaria la implementación de una encuesta, la cual arrojó como resultado el desarrollo y creación de un manual del correcto uso del agua en la ducha que incluye algunos consejos prácticos, con el fin de mejorar la calidad del agua gris obtenida, para que de esta forma el funcionamiento del sistema sea óptimo, el manual se desarrolló con unas imágenes divertidas y de fácil comprensión para generar en el lector interés en leer y aplicar sus consejos.

Para la caracterización del agua a reutilizar se desarrollaron pruebas de laboratorio a una muestra de agua jabonosa, dando como resultado el diseño de un tanque de aquietamiento y sedimentación, con lo cual culmina el tratamiento del agua para su posterior uso en la descarga de los sanitarios en toda la edificación.

Además se realizó un análisis de beneficio, calculado a partir de la cantidad de agua reutilizada por vivienda y el costo por metro cubico de la misma dependiendo del estrato en la ciudad de Bogotá, Colombia.

INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta la investigación de trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Civiles. De esta forma se espera obtener un prototipo para el tratamiento de aguas grises en edificaciones, la red de suministro y un manual del correcto uso del agua en las duchas.

Para el diseño del prototipo se realizaron pruebas de la calidad del agua gris, el sistema más adecuado de tratamiento para que el agua cumpla con las condiciones físico-químicas mínimas, antes de llegar a los sanitarios para lavarlos; además se desarrolló un estado del arte donde se recopiló gran cantidad de información que sirvió como base fundamental para la creación de dicho manual.

El manual consta de una variedad de precauciones y recomendaciones que deben tener los habitantes en el momento de utilizar su ducha y de esta forma hacer más fácil el tratamiento del agua para su posterior uso.

El documento se clasifica en varios capítulos donde se muestra todo el desarrollo de la investigación y los resultados de la misma.

En el primer capítulo, se encuentra el estado del arte, donde se evidencio las diferentes maneras de reutilización de agua doméstica en el mundo.

En el segundo capítulo, se halla el diseño de la red y el tratamiento del agua a implementarse en las edificaciones, para el aprovechamiento de las aguas grises generadas en las duchas de cada inmueble.

En el tercer capítulo, se analiza el impacto de este sistema desde el punto de vista económico y ambiental. Teniendo en cuenta los materiales a utilizar en una edificación con este sistema y la cantidad de agua reutilizada al implantarlo.

1. ANTECEDENTES

Colombia es uno de los países con gran riqueza en recursos hídricos en el mundo. En él se pueden encontrar seis tipos de aguas incluyendo aguas lluvias, aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas termo minerales, aguas marinas, aguas oceánicas y aguas de alimentación glacial.

La “Riqueza hídrica” de Colombia puede volverse una invención, pues está amenazada por la ausencia o debilidad de políticas claras y de acciones efectivas para su gestión y protección. La oferta y la calidad del agua se han reducido progresivamente en las últimas décadas debido al crecimiento urbano, a la deforestación y degradación en las cuencas, a la contaminación y a los impactos no controlados de actividades industriales, agrícolas, ganaderas y energéticas. En Las regiones y municipios se registran fenómenos preocupantes de baja o nula disponibilidad así como de calidad deficiente del agua.

Esta situación es más grave cuando se tiene en cuenta que cerca del 80% de las cabeceras municipales del país se abastece de arroyos y quebradas con baja regulación y alta vulnerabilidad. Estudios y proyecciones del IDEAM han advertido que en un escenario de condiciones climáticas e hidrológicas secas, como es el caso del fenómeno del Niño, la ausencia de medidas efectivas de conservación y manejo elevaría el riesgo de desabastecimiento a un nivel muy preocupante para más del 60% de la población colombiana. En otras palabras, el problema hídrico no es un asunto “del futuro” sino de nuestro presente inmediato.

En el presente Colombia atraviesa una crisis por cuenta de las sequías que atacan en mayor medida la Costa Atlántica. Este hecho volvió a poner sobre el tapete la polémica entre el desarrollo económico y la protección a la biodiversidad¹.

Dado que en todo el territorio nacional el problema de abastecimiento de agua es evidente y teniendo en cuenta la densa población de Bogotá, se hace necesario el cuidar el agua potable por medio de la reutilización, reduciendo de esta forma la cantidad de agua potable requerida para suplir la demanda, es por esto que se propone desarrollar este proyecto partiendo de las actuales problemáticas que existen en el país tales como el elevado grado de contaminación del Rio Bogotá; “El río Bogotá es la principal fuente hídrica de la Sabana de Bogotá y el receptor de los aportes domésticos de los habitantes de Santa Fe de Bogotá y los municipios de la Sabana. El 90% de la carga contaminante del río llega a través de los ríos Salitre o Juan Amarillo, Fucha y Tunjuelo. Un 30% de este caudal proviene de la cuenca del Salitre, un 39% del Fucha y un 21% del Tunjuelo, estando

¹ FOROS SEMANA. La riqueza hídrica de Colombia puede volverse un mito. [en línea]. Bogotá: José Luis Gómez. [citado 8 de Agosto, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.forossemana.com/agenda/articulo/la-riqueza-hidrica-de-colombia-puede-volverse-un-mito/6435>>.

compuesto el 10% restante por los aportes combinados de las sub cuencas de Torca, Conejera, Jaboque, Tintal y Soacha”².

Dado que las plantas de tratamiento son insuficientes y el caudal de aguas negras generado por la comunidad es superior al de diseño, se evidencia el daño que se causa a las fuentes hídricas y a la calidad del agua.

Es por esto, que la construcción de edificaciones amigables con el medio ambiente produciría un impacto positivo en los ecosistemas. Puntualmente este trabajo trata sobre el componente hídrico, al generar un caudal menor de aguas servidas sería más económico su tratamiento, además el hecho de empezar a disminuir el consumo de agua potable ayudaría con el problema de abastecimiento que se genera en algunos sectores del país; por este motivo es considerada importante la idea de reutilizar las aguas domésticas, dado que además de disminuir costos de tratamientos y servicios públicos, ayudaría a los ecosistemas, puesto que no es necesaria la captación de agua en grandes cantidades.

² EN COLOMBIA. La contaminación ambiental del río Bogotá. [en línea]. Colombia. [citado 2 de Agosto, 2014]. Disponible en internet: URL: <<http://www.encolombia.com/medioambiente/humedales/hume-plantatratamientorio>>.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Estudiar los sistemas de reutilización de aguas grises en construcciones verticales y realizar una propuesta de diseño para su transporte y tratamiento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estado del arte sobre la implementación de sistemas de reutilización de agua.
- Diseñar un modelo para la reutilización de aguas grises en construcciones verticales.
- Desarrollar un análisis de beneficio que permita evidenciar los impactos económicos y ambientales generados con la implementación del sistema.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el país las redes de aguas residuales reciben una gran cantidad de agua contaminada, la cual suscita grandes inconvenientes de orden ambiental, contaminación de importantes ríos tales como río Bogotá, río Cauca, río Medellín, río Magdalena, río Combeima y río Lebrija esto en las principales ciudades de Colombia, donde estas hacen sus descargas finales, generando malos olores y reduciendo la calidad de vida de las personas que habitan aguas abajo, de igual forma reduce el costo del terreno aledaño a los ríos contaminados³.

Es por esto que con este proyecto se pretende disminuir la cantidad de agua consumida por habitante, además reducir el caudal de agua residual vertido en las redes de las ciudades, empleando el sistema de rehusó de agua doméstica.

³ GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL REHUSÓ DEL AGUA EN COLOMBIA. Vertimiento de centros urbanos. [en línea]. Colombia. [citado 2 de Agosto, 2014]. Disponible en internet: <URL: http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_guias/guia_implementacion_reuso_agua_colombia.pdf>.

4. ESTADO DEL ARTE SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUA.

En este capítulo se analizarán algunas alternativas propuestas en otros países y en Colombia para atender el problema de desperdicio de agua potable, donde se usan métodos para reciclar, tratar y re circular aguas grises dentro de las edificaciones; esto con la intención de proponer una solución a dicha problemática.

Una de las herramientas más comunes en los países del mundo es el diseño de manuales explicando el adecuado uso del agua, en donde cada uno de ellos dependiendo la zona, se concentra en dar soluciones a su respectiva problemática. El control en el consumo de agua creando conciencia en los habitantes e implantando sistemas de recirculación de aguas grises con el fin de generar un menor impacto ambiental. A continuación son presentados los casos de reutilización de agua en algunos países del mundo.

4.1 AMÉRICA

4.1.1 Tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales urbanas: Análisis económico (Argentina). La contaminación es uno de los factores que preocupa a Argentina, ya que en muchas poblaciones se presenta el problema del tratamiento de aguas residuales, en base a esto se implementaron 3 medidas en las cuales se les realizó el análisis costo-beneficio, donde los beneficios económicos proceden de la venta de los productos vegetales y los beneficios ambientales de la descontaminación del agua.

Estos estudios se realizaron en el sur del país, más específicamente en la Provincia de Córdoba, en la localidad de Adelia María, a finales de los años 90; “Esta localidad no cuenta con cursos de aguas permanentes que permitan recibir los efluentes y la capa freática tiene una profundidad de 12 a 16m. Hasta el final de los años 90, la técnica utilizada eran los “pozos negros”. El primer caso trata del tratamiento de los efluentes cloacales de desarrollo en Adelia María con una planta equipada 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.

En Río Cuarto (Córdoba- Argentina) que posee una población de 160.000 habitantes se refleja el segundo caso en donde la población vierte sus aguas a un sistema cloacal que llega a una planta de tratamiento primaria y secundaria, en donde se implementa un filtro verde requerido para captar todo el vertido de la ciudad.

El tercer caso se ubica en las residencias estudiantiles de la Universidad Nacional de Río Cuarto, donde se encuentra instalada una planta piloto de tratamiento de los efluentes. En la planta se tratan 100 m³ de efluentes diarios. La planta cuenta

con un sistema de colección de efluentes conducidos a un reactor biológico, donde luego pasan a una piscina de maduración con la misma capacidad y posteriormente son almacenados los efluentes en una piscina.

Tras implementar estos casos se llegó a la conclusión de que el segundo caso “El filtro verde” era la mejor opción. Porque no requería de ningún otro tratamiento y además al momento de retener toda la materia orgánica se estaba depurando el agua y a si obtenían material de abono para la agricultura⁴.

4.1.2 Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura (Colombia). La publicación presenta diferentes datos de las aguas residuales, como el contenido de bacterias y virus, la presencia de jabones, materiales disueltos, materiales suspendidos, entre otros; da a conocer el hecho de que en Colombia no existe una reglamentación estricta sobre la reutilización del agua además del Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, a diferencia de países como Costa Rica (Secretaría de recursos naturales y ambiente, 1997), México (Secretaría de medio ambiente, recursos naturales y pesca, 1997) y Salvador (Ministerio de medio ambiente y recursos naturales, 2000).

Presenta una serie de casos de reutilización a nivel internacional y local, dando a conocer que en diversos lugares del territorio nacional se reutiliza el agua sin ningún tratamiento previo, además de su mezcla con fuentes naturales esto con el fin de disminuir la carga contaminante en un volumen mayor de agua, pero, como es utilizada para el riego de cultivos podría generar un problema de salud pública dado que podrían darse condiciones propicias para la reproducción de virus y bacterias⁵.

Esto indica que el aprovechamiento de agua residual es una idea tenida en cuenta en varios países de latino América, aunque sin el tratamiento adecuado, pero, no obstante han sido bien recibidas y de gran importancia en sus diferentes poblaciones.

⁴REVISTA AMBIENTE Y AGUA. Tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales urbanas: análisis económico. [en línea]. Argentina. [citado 11 de Agosto, 2014]. disponible en internet: <URL: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=92829234010>>.

⁵ REÚSO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN AGRICULTURA. [en línea]. Colombia. Red de revistas científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal. [citado 28 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314732020>>.

4.1.3 Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura (Venezuela). En Maracaibo Venezuela se realizó un experimento el cual consistía en regar un área de 5 ha y en ellas había cultivos de guayaba, mango, lima persa y níspero, tenían dos fuentes de abastecimiento una era de agua fresca y la otra de una laguna de estabilización la cual tenía un tiempo de retención hidráulico de 20 días y que trataba 1'296.000 l/día dando como resultado que las especies se comportaron casi de igual manera con los dos tipos de agua lo que da a entender que la laguna daba como resultado un agua de buenas características para el cultivo de estas especies⁶.

4.2 EUROPA

4.2.1 Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios (España). AQUA España propone diversos sistemas de reutilización de aguas grises provenientes de las duchas y lavamanos de una edificación siendo dirigida hacia un tanque de almacenamiento para su posterior tratamiento hasta que el agua alcance las características requeridas para ser bombeada hacia los sanitarios y los sistemas de riego como se muestra en la.

FIGURA 1 donde se puede apreciar la forma en que es captada el agua y posteriormente bombeada de regreso hacia los sanitarios.

FIGURA 1. Red de reutilización de aguas grises



Fuente: AQUA ESPAÑA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

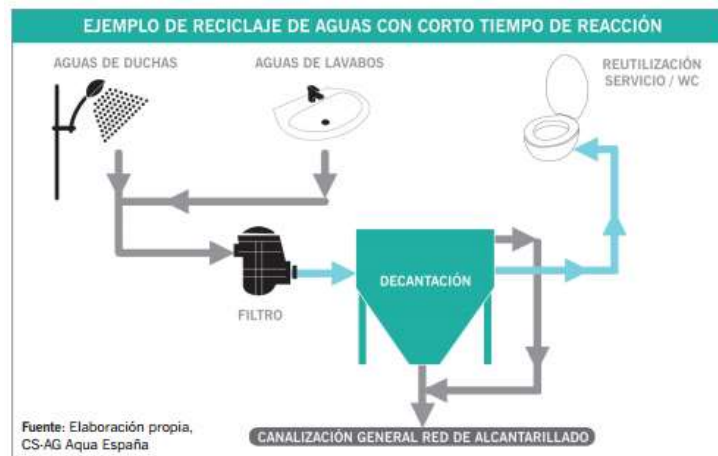
⁶ REÚSO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN AGRICULTURA. [en línea]. Colombia. Red de revistas científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal. [citado 28 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314732020>>.

La asociación española de empresas de tratamiento y control de aguas indica que utilizando los sistemas de reutilización del agua se puede ahorrar hasta un 40% de agua potable y de esta manera ayudar en gran medida al control del recurso más importante para la humanidad y contribuir con el medio ambiente.

En su estudio AQUA España presenta diversos tipos de tratamiento dentro de ellos se pueden encontrar tratamientos físicos, químicos, físico-químicos y biológicos, estos últimos deben cumplir con unas condiciones específicas y mantenimiento exhaustivo⁷.

El tratamiento físico tiene como único fin la separación de aceites, grasas y sólidos en suspensión que se puedan presentar en el agua a tratar; en este tratamiento se utilizan mallas para la retención de sólidos y tiempos de retención largos para la decantación de los mismos. La FIGURA 2 se muestra el funcionamiento del sistema físico, el agua es tomada de las ducha y lava manos de los baños, luego conducida hacia un filtro, posteriormente dirigida a un decantador donde por acción de la gravedad las partículas más densas se transportan al fondo del tanque para su posterior remoción, el agua más limpia que sale por la parte superior es conducida de nuevo hasta los sanitarios para ser utilizada en su lavado.

FIGURA 2. Reciclaje de aguas con corto tiempo de reacción



Fuente: AQUAESPÑA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

⁷AQUAESPÑA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

Por otra parte la guía muestra un tratamiento físico químico que se utiliza para la separación de aceites-grasas, emulsiones, coloides, partículas en suspensión, materia orgánica y turbidez. En la fase del tratamiento se pueden incorporar las siguientes etapas:

- Uso de un pre filtro para eliminar los residuos y las partículas previas al almacenamiento.
- Dosificación de coagulantes / floculantes.
- Filtración de afino (p.ej. arena, multiestrato, etc.).
- Desinfección para evitar el crecimiento microbiológico (p.ej.: hipoclorito sódico, UV, etc.).

En la FIGURA 3 se muestra la forma en la que funciona el tratamiento físico químico, luego de ser el agua transportada hasta un tanque de almacenamiento tiene dos procesos el primero filtra el agua almacenada y lo lleva al tanque de almacenamiento de agua tratada o al desagüe; el segundo pasa el agua por una tubería donde es aplicado el desinfectante y luego se almacena en el tanque de reserva para posteriormente ser bombeada a los sanitarios de la edificación.

FIGURA 3. Tratamiento físico-químico



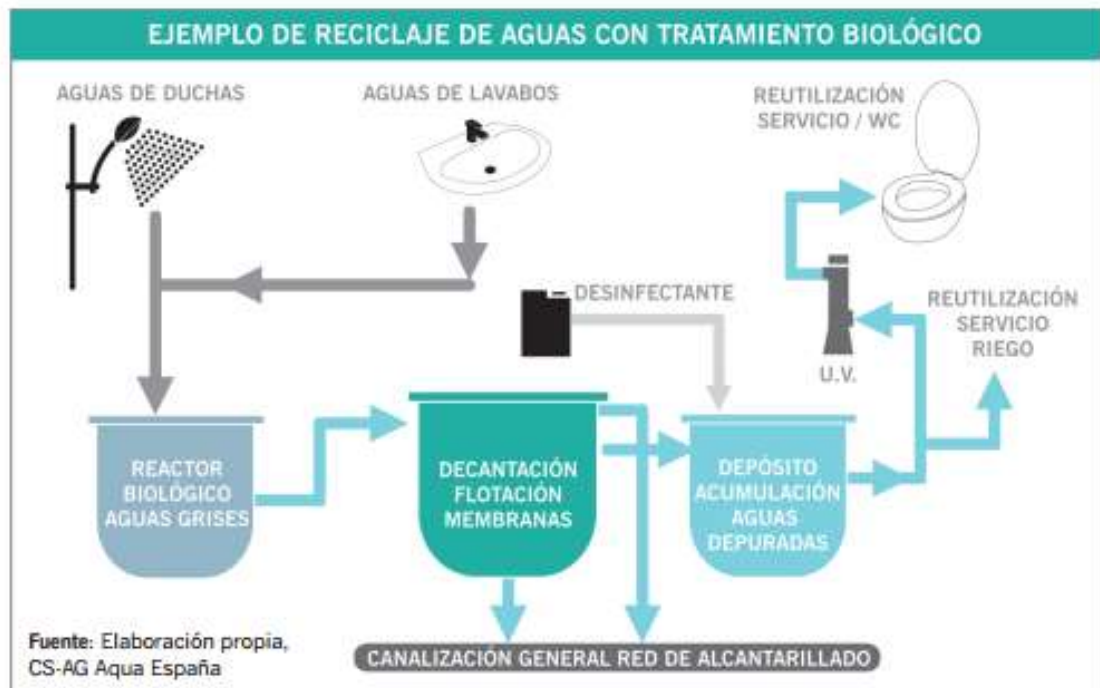
Fuente: AQUAESPÑA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

Por otra parte los sistemas biológicos varían en forma y complejidad, pero el concepto siempre es el mismo: degradación de la materia orgánica presente en

las aguas grises mediante microorganismos, cuyo crecimiento se produce aportando oxígeno al sistema. Dicha aportación puede realizarse de distintas maneras según el tipo de sistema, entre los más utilizados se destacan los reactores secuenciales, los reactores biológicos de membrana y los sistemas biológicos naturalizados:

- "Reactores secuenciales, utilizan un proceso biológico con fangos activos, en el cual el tratamiento se realiza en forma discontinua en varias etapas: llenado, aireación, decantación y separación.
- Reactores biológicos de membrana, además del proceso biológico utilizan membranas de micro filtración o ultrafiltración para la separación de los sólidos en suspensión, y/o coloides, la mayoría de bacterias y virus, así como compuestos orgánicos de elevado peso molecular.
- Sistemas biológicos naturalizados, en la FIGURA 4 se puede observar que se utiliza un determinado tipo de vegetación para el aporte natural de oxígeno a los microorganismos, que se encuentran en forma de una biocapa sobre un sustrato que está en contacto con el agua a tratar. Tiene gran cantidad de elementos constructivos y operativos, pero, será el más óptimo dado que no genera un gran impacto sobre el ambiente por omitirse la inclusión de químicos".

FIGURA 4. Tratamiento biológico



Fuente: AQUAESPÑA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

Es de destacar el interés de las empresas españolas en la preservación del agua y considerar que por medio de la reutilización en las viviendas se podría generar un impacto positivo sobre el ambiente⁸.

4.3 AFRICA

4.3.1 Future water reuse and other marginal water use possibilities (Africa).

El documento muestra la preocupante situación que se presenta en el río Olifants en las provincias de Limpopo, Mpumalanga y Gaza en el país de Sudáfrica; el cual presenta un alto grado de contaminación a causa de los vertimientos que en él se realizan por parte de las viviendas y las industrias, este estudio se realiza en el año 1993.

El gobierno propone un plan que consiste en recoger el agua lluvia, agua subterránea, aguas negras de las viviendas y aguas negras de las industrias; llevarlas hasta una gran zona de captación para su posterior tratamiento y utilización en el riego de sembradíos para cosechar alimentos.

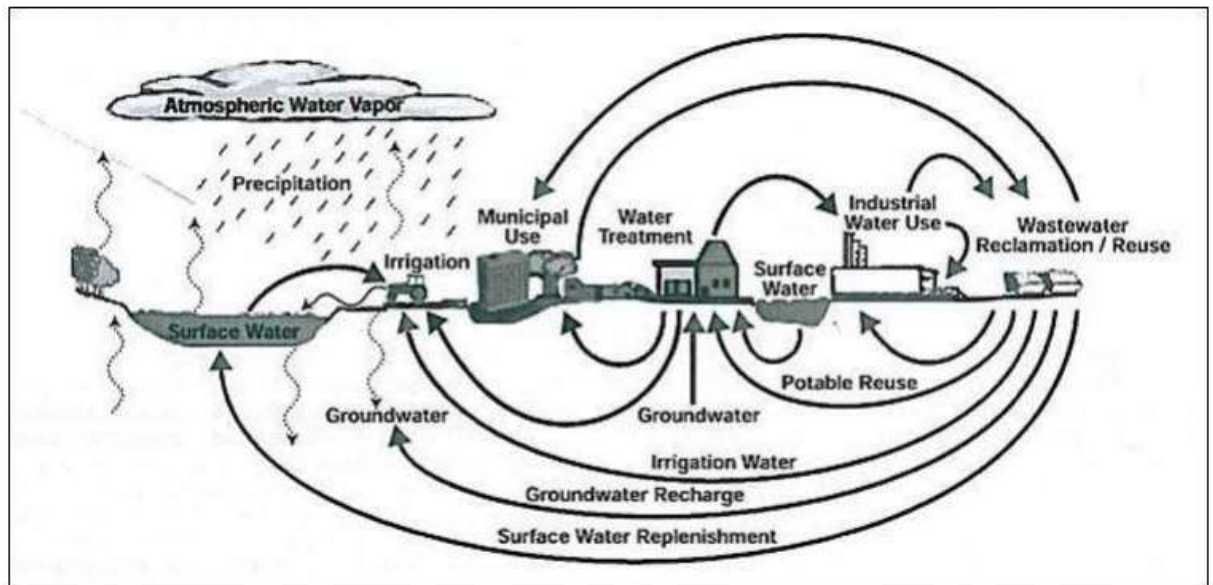
En el proceso de desarrollo de la solución se encuentran algunos impactos positivos y otros negativos por no utilizar el agua convencional, de tipo social, ambiental, de salubridad. Dado que como el agua se reutilizara en los sembradíos de alimentos se preocupan porque no alcance las características físico químicas y bacteriológicas requeridas para este fin, y se puedan generar enfermedades en grandes cantidades de población⁹.

En la FIGURA 5 se observa la forma en la que se pretende captar el agua, después de ser utilizada por la industria, las viviendas y la irrigación. Se transporta hasta una planta de tratamiento de agua residual para realizar el procedimiento de mejora de calidad del agua, luego se transporta hasta el lugar de origen y además hasta una fuente superficial donde un volumen se evapora y es devuelto a la tierra en forma de lluvia.

⁸AQUAESPANA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

⁹GOBIERNO DE SUR AFRICA. Future water reuse and other marginal water use possibilities. [En línea]. África. [citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.dwaf.gov.za/Projects/OlifantsRecon/Documents/Supporting%20Reports/ORRS%20Future%20Water%20Resuse%20&%20Other%20Marginal%20Water%20Use%20Possibilities.pdf>>.

FIGURA 5. Captación de aguas



Fuente: GOBIERNO DE SUR ÁFRICA. Future water reuse and other marginal water use possibilities. [En línea]. África. [Citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.dwaf.gov.za/Projects/OlifantsRecon/Documents/Supporting%20Reports/ORRS%20Future%20Water%20Resuse%20&%20Other%20Marginal%20Water%20Use%20Possibilities.pdf>>.

En la tabla 1 se encuentra los parámetros con los que debe contar el agua una vez sea tratada para ser reutilizada en el riego de cultivos. Se muestran los rangos de tolerancia para: el total de sólidos suspendidos, la cantidad de cloro, pH, absorción de sodio, conductibilidad y fluoruro.

Tabla 1. Parámetros del agua para uso en agricultura.

Water Quality Guidelines For Agricultural Use: Irrigation					
Variable	Units	Ideal	Acceptable	Tolerable	Unacceptable
Physical Requirements					
Total Suspended Solids	mg/l	50	75	100	>100
Chemical Requirements					
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: GOBIERNO DE SUR ÁFRICA. Future water reuse and other marginal water use possibilities. [En línea]. África. [Citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.dwaf.gov.za/Projects/OlifantsRecon/Documents/Supporting%20Reports/ORRS%20Future%20Water%20Resuse%20&%20Other%20Marginal%20Water%20Use%20Possibilities.pdf>>.

En la tabla 2 se encuentran los rangos de aceptación de elementos químicos y parámetros biológicos, para que el agua cumpla los rangos de aceptación y poder ser reutilizada en la agricultura de acuerdo con los estándares del país de Sur África.

En la tabla se especifican los parámetros que se le miden a cada químico y los niveles de tolerancia que debe tener muestra el parámetro ideal, aceptable, tolerable e inaceptable.

Tabla 2. Parámetros del agua para uso en agricultura.

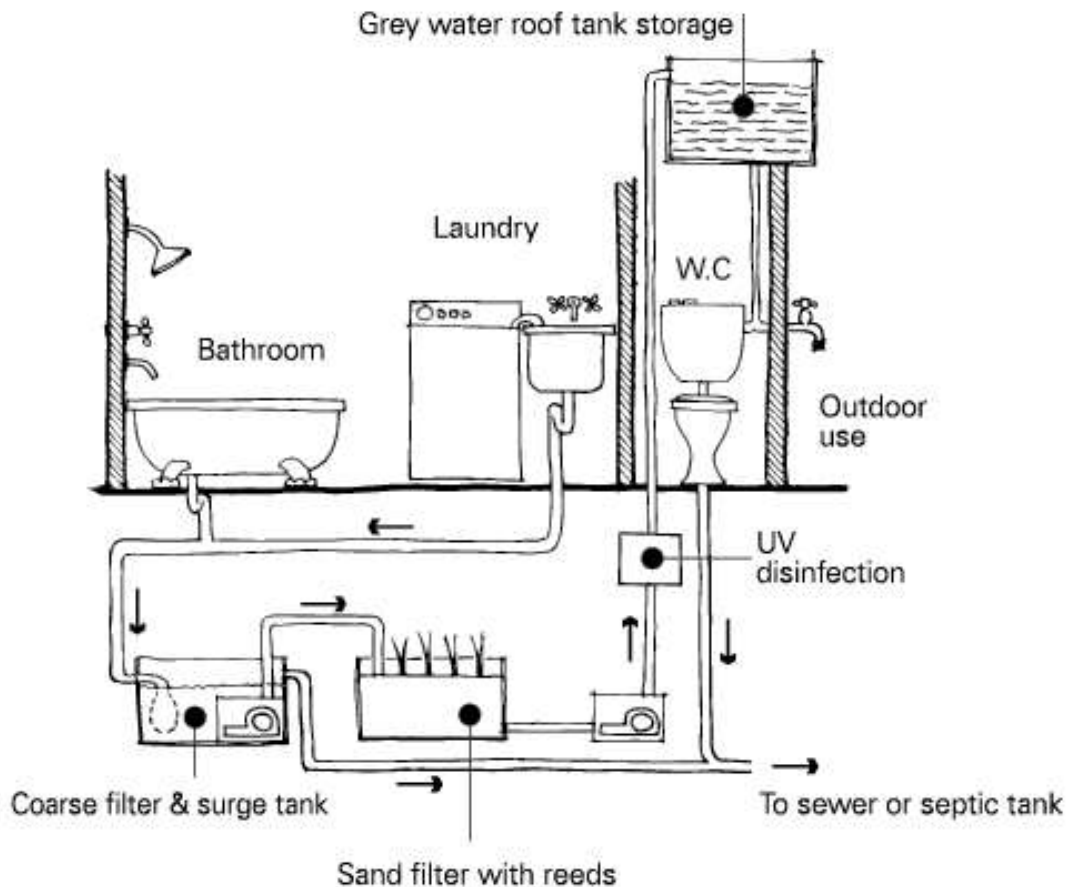
Water Quality Guidelines For Agricultural Use: Irrigation					
Variable	Units	Ideal	Acceptable	Tolerable	Unacceptable
Sodium	mg/l	70.0	92.5	115.0	>115.0
Aluminium	mg/l	5.0	12.5	20.0	>20.0
Arsenic	mg/l	0.1	1.05	2.0	>2.0
Beryllium	mg/l	0.1	0.3	0.5	>0.5
Boron	mg/l	0.5	0.75	1.0	>1.0
Cadmium	mg/l	0.01	0.03	0.05	>0.05
Chromium VI	mg/l	0.1	0.56	1.0	>1.0
Cobalt	mg/l	0.05	2.75	5.0	>5.0
Copper	mg/l	0.2	2.6	5.0	>5.0
Iron	mg/l	5.0	12.5	20.0	>20.0
Lead	mg/l	0.2	1.1	2.0	>2.0
Lithium	mg/l	2.5	2.5	2.5	>2.5
Manganese	mg/l	0.02	5.1	10.0	>10.0
Molybdenum	mg/l	0.01	0.03	0.05	>0.05
Nickel	mg/l	0.2	1.1	2.0	>2.0
Selenium	mg/l	0.02	0.04	0.05	>0.05
Uranium	mg/l	0.01	0.06	0.1	>0.1
Vanadium	mg/l	0.1	0.56	1.0	>1.0
Zinc	mg/l	1.0	3.0	5.0	>5.0
Biological					
Faecal coliforms	per 100ml	1	500	1 000	>1 000

Fuente: GOBIERNO DE SUR ÁFRICA. Future water reuse and other marginal water use possibilities. [En línea]. África. [Citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.dwaf.gov.za/Projects/OlifantsRecon/Documents/Supporting%20Reports/ORRS%20Future%20Water%20Resuse%20&%20Other%20Marginal%20Water%20Use%20Possibilities.pdf>>.

4.4 OCEANÍA

4.4.1 Wastewater reuse. El gobierno de Australia presenta una manera de reutilizar el agua residual de los hogares provenientes de las duchas, lavamanos, lavadoras y lavaderos en los sanitarios. Como lo muestra FIGURA 6. Sistema de recirculación de agua en los hogares se capta el agua y se conduce hacia un filtro en el cual se obtiene un tratamiento primario y luego se conduce a un tanque elevado para ser utilizada en los sanitarios.

FIGURA 6. Sistema de recirculación de agua en los hogares

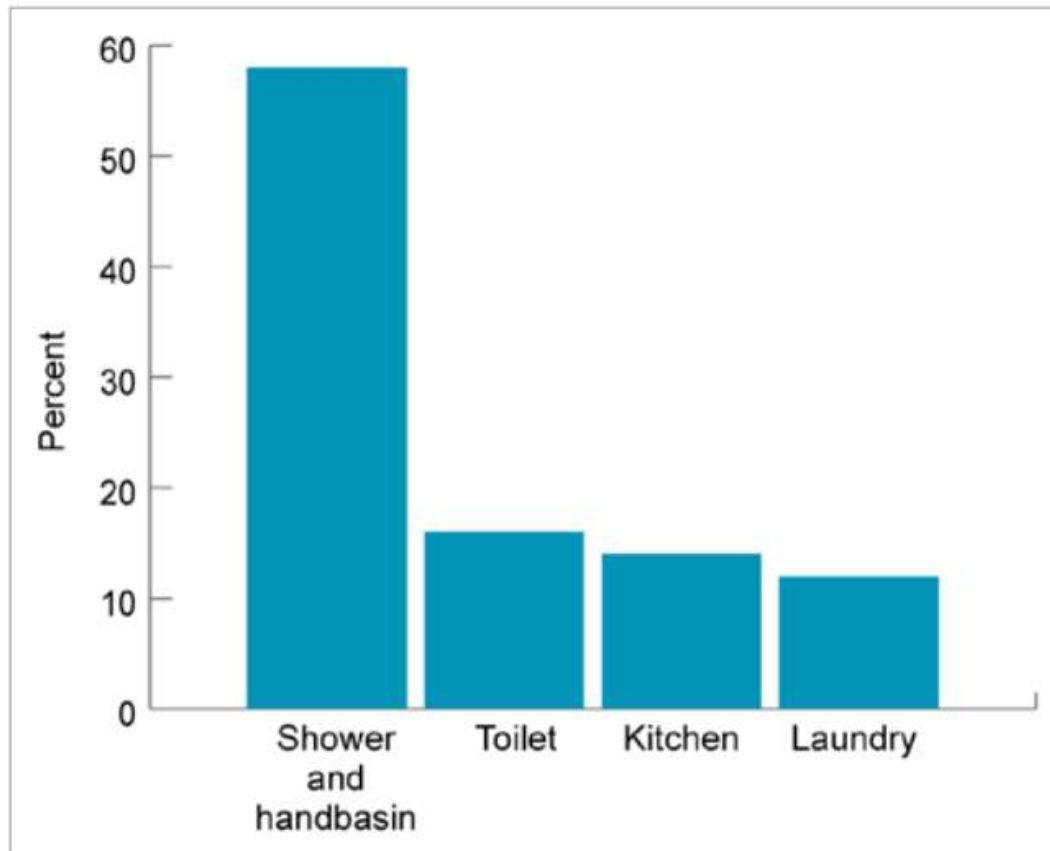


Fuente: WASTEWATER REUSE. [En línea]. Australia. [Citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>>.

Muestran unas desventajas económicas puesto que la instalación del sistema puede resultar costosa para muchos, además hacen la salvedad de que si la casa es una casa de fin de semana es necesaria la inclusión de un sistema de tratamiento biológico puesto que si el agua dura más de 24 horas en el tanque de almacenamiento genera una proliferación importante de bacterias que pueden afectar la salud de los ocupantes.

Además explican que el adoptar este sistema de reutilización podría hacer disminuir el consumo de agua entre un 30% y 50 % de agua potable por vivienda. El mayor volumen de agua se genera en la ducha y lavamanos como se puede evidenciar en la FIGURA 7¹⁰.

FIGURA 7. Porcentaje de agua a reutilizar por aparato



Fuente: WASTEWATER REUSE. [En línea]. Australia. [Citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>>.

- De acuerdo con lo investigado en el estado del arte se concluye que varios países alrededor del mundo están pensando en la reutilización de agua como alternativa de solución a la escases que se ve próxima; dentro de las opciones de reutilización se encuentran sistemas que pretenden reutilizar el agua de las viviendas en piscicultura claro esta después de un adecuado tratamiento, como otro sistema está el de reutilizar toda el agua residual de una ciudad y luego de un tratamiento proceder al riego de cultivos. Además se encontró que en España y Australia se re circula el agua residual producida en los lavamanos y las duchas de las viviendas con el fin

¹⁰ WASTEWATER REUSE. [En línea]. Australia. [Citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>>.

de regar jardines y lavar sanitarios, dando algunos parámetros acerca de la calidad del agua de orden físico y químico.

Cabe resaltar que en estos dos ejemplos cada familia se hace responsable de las calidades de su agua y dependiendo de eso el tratamiento es más o menos complejo y dependiendo de esto más y menos caro. Esto sirvió para comparar las características del agua propuestas en las guías con las del agua de muestra.

5. MODELACIÓN DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN CONTRUCCIONES VERTICALES.

En este capítulo se desarrollaron diversas etapas de la metodología propuesta en el trabajo de investigación, tales como, la elaboración de una encuesta, pruebas de laboratorio y el diseño del prototipo para el tratamiento del agua a reutilizar.

Para desarrollar el modelo de reutilización de aguas grises en edificaciones, se consideró necesaria la opinión de una muestra de la población, desarrollando una encuesta, sobre, sus hábitos en la ducha. Lo importante que es el tema de reutilización para cada uno de ellos y la oportunidad de reducir el costo de sus recibos de agua, por medio de la implementación de este sistema.

Para mostrar los resultados de la encuesta se desarrolló la tabla 3 en la cual están expresados los datos en porcentaje.

La muestra de la población encuestada fue de 50 personas, donde participaron 25 hombres y 25 mujeres, esto con el fin de obtener resultados veraces.

5.1 RESULTADOS ENCUESTA

Tabla 3. Resultados encuesta.

RESULTADOS ENCUESTA EN PORCENTAJE				
	0	1	2	3
¿Cuántas veces se baña en el día?		84	16	
	3-6	7-10	1-5	6-10
¿A qué hora se baña?	58	42	10	
	1-5	5-10	10-20	más de 20
¿Cuánto tiempo en minutos dura en la ducha?	8	48	36	8
		SI	NO	
¿Escupe en la ducha?		50	50	
¿Orina en la ducha?		20	80	
¿Se afeita y/o depila en la ducha?		42	58	
¿Se suena en la ducha?		38	62	
¿Se lava los dientes en la ducha?		20	80	
¿Utiliza trampa para cabellos en su ducha?		32	68	
¿Cuándo se baña usa jabón y champú todas las veces?		32	68	
	1-2	2-3	3-4	más de 4
¿Cuántas veces se baña el cabello en la semana?	14	28	18	40

RESULTADOS ENCUESTA EN PORCENTAJE				
	1	2	3	más de 3
¿Cuántas veces se baña cuando tiene el periodo?	28	52	8	12
	2	3	4	más de 4
¿Cuántas veces usa el inodoro en el día?	20	36	28	16
		si	no	
¿Cada vez que usa el inodoro lo descarga?		82	18	
¿Le parece higiénico utilizar el agua de su ducha en su sanitario?		80	20	
¿Si sabe que el agua de su sanitario es reutilizada y la encuentra turbia sentiría desconfianza?		48	52	
	0	1	2	3
¿Qué tan importante le parece el rehusó del agua?	0	4	18	78
		si	no	
¿Aplicaría una serie de consejos en el uso de la ducha?		96	4	
¿Lo motivaría el comprar en una edificación donde se reutilice el agua?		96	4	
¿Le interesaría un edificio donde el valor de su recibo de agua disminuya?		98	2	
	1	2	3	4
¿Número de personas que se bañan en su casa?	2	10	28	32
	5	6	10	
	22	4	2	
	1	2	3	4
¿Número de baños con ducha en su casa?	30	54	16	0

Fuente: Autores

De acuerdo con los resultados obtenidos se desarrollan una serie de diagramas, en los cuales se puede ver de forma gráfica los resultados de cada pregunta.

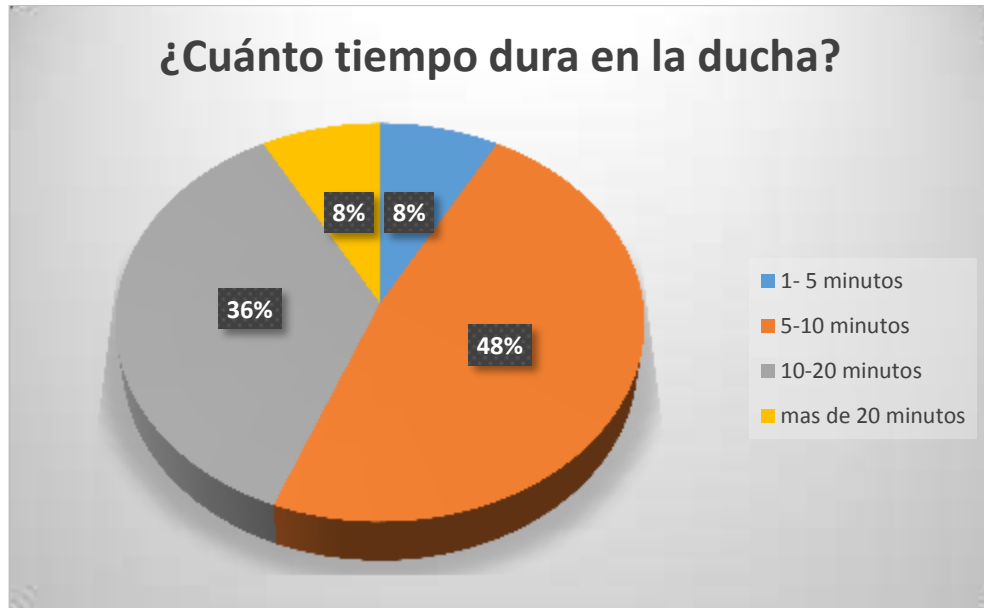
FIGURA 8. ¿A qué hora se baña?



Fuente: Autores

La FIGURA 8 muestra que entre las 3 y las 6 de la mañana se captaría el 53% del agua total que ingresaría al sistema; entre las 7 y las 10 de la mañana se obtendrá el 37% y entre la 1 y las 5 de la tarde el 10%, lo que significa que el sistema tendrá abastecimiento durante la mayoría del día.

FIGURA 9. ¿Cuánto tiempo dura en la ducha?



Fuente: Autores

La FIGURA 9 demuestra que el 8 % de las personas encuestadas se bañan en 5 minutos o menos, el 48% se bañan entre 5 y 10 minutos, el 36% de los encuestados se demoran entre 10 y 20 minutos y el 8 % duran más de 20 minutos bañándose. Teniendo en cuenta que entre más tiempo se demoren en bañarse, mayor es el consumo del agua, y por lo tanto esto genera un mayor abastecimiento al sistema de reutilización del agua y no se tendrían problemas de suministro.

FIGURA 10. ¿Escupe en la ducha?



Fuente: Autores

La FIGURA 10 demuestra que el 50 % de la población encuestada escupe en la ducha, esto indica que en el agua recogida podrían existir bacterias. Esto generaría descomposición del agua y malos olores en la misma, además el tiempo de almacenamiento sería mucho menor y sería necesario desechar o utilizar el agua en un muy corto tiempo.

FIGURA 11. ¿Orina en la ducha?



Fuente: Autores

La FIGURA 11 muestra que el 20% de la población encuestada orina en la ducha, por lo cual el agua que se tendrá en el tanque de reserva podría tomar un olor desagradable. Y la población que utilice el sistema podría no sentirse a gusto con el olor de su sanitario.

FIGURA 12. ¿Se afeita y/o depila en la ducha?



Fuente: Autores

La FIGURA 12 muestra que el 42 % de las personas encuestadas se afeitan y/o depilan en la ducha. Esto generaría vellos de pequeños tamaños y evidencia la necesidad de un filtro para retener sólidos suspendidos en el agua. Ya que según las personas encuestadas no les agradaría que existieran sólidos suspendidos en el agua de su sanitario dado que sentirían repulsión en utilizar su sanitario.

FIGURA 13. ¿Se suena en la ducha?



Fuente: Autores

FIGURA 13 muestra que el 38% de la población encuestada se suena en la ducha, podría generar molestias con el consumidor final del agua captada, pero con la filtración mencionada anteriormente se podría solucionar ese problema.

FIGURA 14. ¿Se lava los dientes en la ducha?



Fuente: Autores

La FIGURA 14 muestra que el 20% de la población encuestada se lava los dientes en la ducha. Esto generaría los mismos problemas que el escupir en la ducha, malos olores y bacterias presentes en el agua.

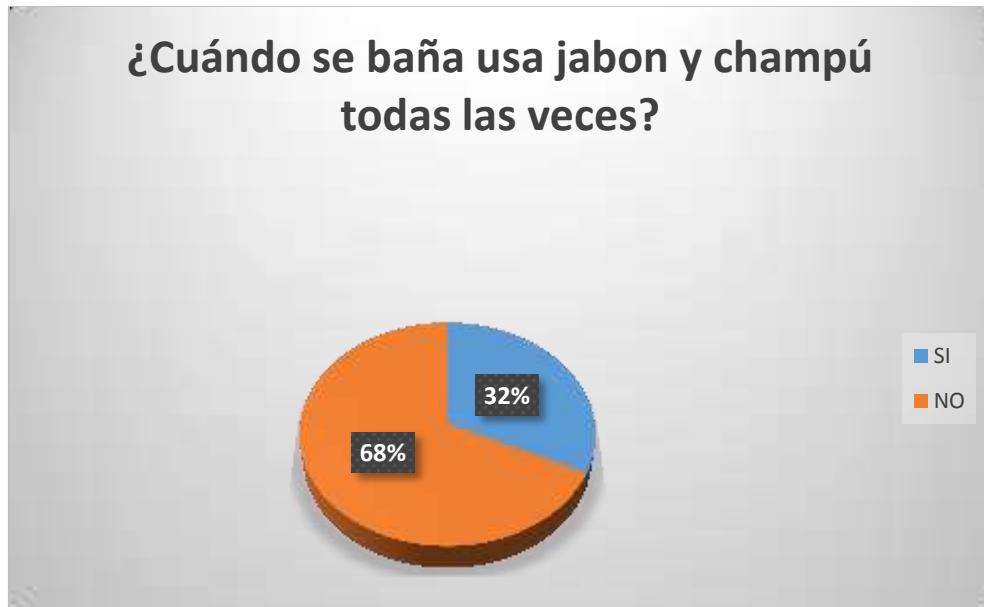
FIGURA 15. ¿Utiliza trampa para cabellos en su ducha?



Fuente: Autores

La FIGURA 15 muestra que el 32% de la población utilizan trampa para los cabellos en sus duchas, esto es en parte bueno puesto no están arrojando tantos cabellos hacia la red de alcantarillado, pero por otra parte, el 68% no utilizan trampa para cabello, y de implementarse el sistema contribuiría de gran forma en impedir el paso cabellos a los tanques. Y finalmente al ser utilizada el agua en los sanitarios no saldrían al alcantarillado público.

FIGURA 16. ¿Cuándo se baña usa jabón y champú todas las veces?



Fuente: Autores

La FIGURA 16 muestra que el 32% de la población utiliza jabón y champú cada vez que se baña lo que indica que las características del agua son más o menos constantes. Pero también cuando se utiliza solo jabón la cantidad de sólidos disueltos sería menor y el agua tendría mejores características.

FIGURA 17. ¿Cuántas veces se baña cuando tiene el periodo?



Fuente: Autores

La

FIGURA 17 de muestra que el consumo de agua por causa del periodo de las mujeres no aumenta de forma considerable, así que no contribuirá con nuestro caudal de suministro. Tampoco es importante considerar el aporte de color por causa de la sangre ya que la cantidad de agua en la que se disolverá es mucho mayor que la de sangre.

FIGURA 18. ¿Cuántas veces usa el inodoro en el día?



Fuente: Autores

La FIGURA 18 muestra que el 36 % de los encuestados utilizan el inodoro 3 veces en el día y el 16 % más de 4 veces esto servirá para calcular la demanda que tendrá el sistema cuando esté en funcionamiento. Dado que se gastan 100 litros de agua cada 5 minutos en la ducha y se gastan unos 20 litros de agua en cada descarga del sanitario, incluso en el caso más desfavorable de uso del inodoro el tanque de almacenamiento siempre tendría agua¹¹.

¹¹ SABES CUÁNTA AGUA SE GASTA EN... [en línea]. México. Cespe. [citado 18 de octubre, 2014]. disponible en internet: <URL: <http://www.cespe.gob.mx/?id=gastoagua>>.

FIGURA 19. ¿Cada vez que usa el inodoro lo descarga?



Fuente: Autores

La FIGURA 19 demuestra que el 82% de la población descarga el sanitario cada vez que lo utiliza, esto quiere decir que se descargaría el sanitario entre una y más de cuatro veces al día por persona. Esto ayudaría a mantener el agua del sanitario fresca y disminuiría la probabilidad de descomposición del agua en el tanque de almacenamiento ya que circularía todo el día.

FIGURA 20. ¿Le parece higiénico utilizar el agua de su ducha en su sanitario?



Fuente: Autores

De acuerdo con la FIGURA 20 el 80 % de la población está de acuerdo y le parece higiénico utilizar el agua de su ducha en su sanitario. Esto motiva el continuar con este estudio y demuestra que el agua a captar es la adecuada para este estudio.

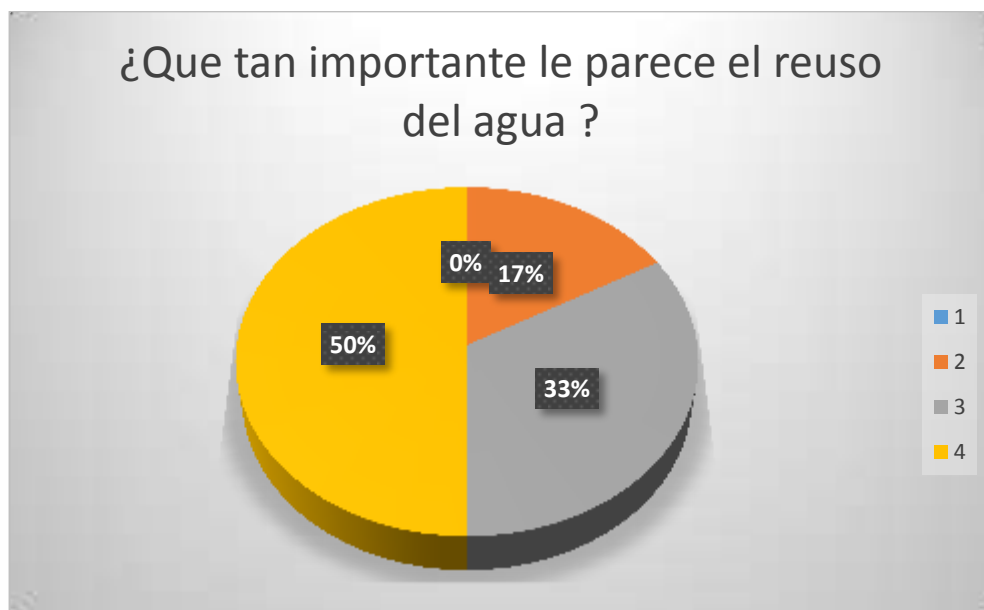
FIGURA 21. ¿Si sabe que le agua de su sanitario es reutilizada y la encuentra turbia sentiría desconfianza?



Fuente: Autores

La FIGURA 21 muestra que aproximadamente el 50% de la población sentiría desconfianza al utilizar su sanitario si encuentra el agua turbia a pesar que se explicó que es de su ducha y que la turbiedad no quiere decir residuos sólidos visibles sino que sería por causa de los jabones disueltos. Esto genera un problema puesto que toda la población debería tener una conciencia de reutilización y entorpecería el proceso de venta de un posible inmueble con este sistema de reutilización.

FIGURA 22. ¿Qué tan importante le parece el rehusó del agua?



Fuente: Autores

En la FIGURA 22 se muestran los resultados a la pregunta que tan importante le parece el rehusó del agua siendo 1 la menos calificación y 4 la mayor, la mitad de la población expresa que es muy importante para contribuir de alguna forma con el medio ambiente, cabe anotar que, a ninguna persona encuestada no le importa el rehusó del agua lo que demuestra que se tiene un cierto grado de conciencia ambiental en Bogotá.

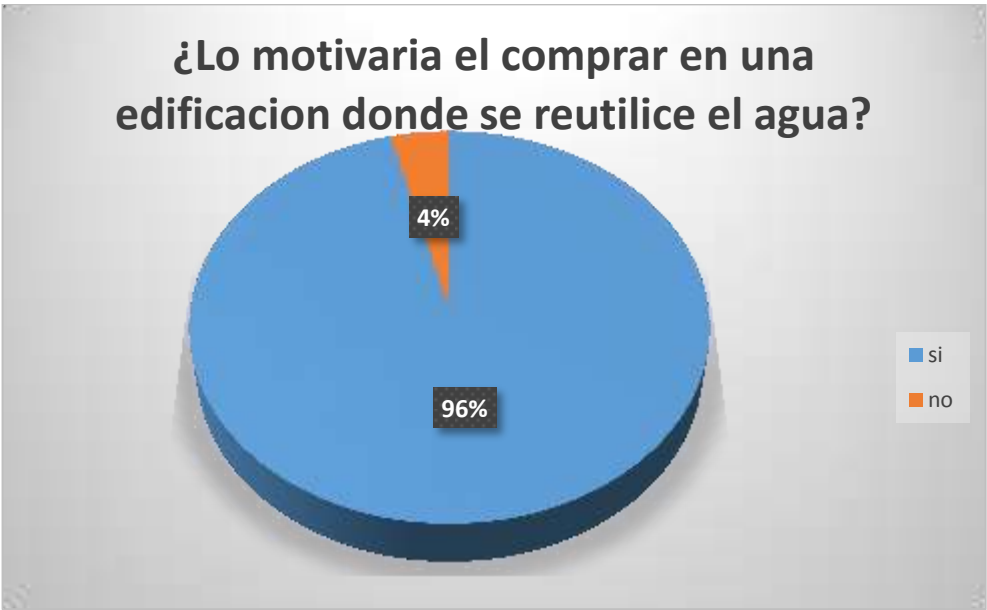
FIGURA 23. ¿Aplicaría una serie de consejos en el uso de la ducha?



Fuente: Autores

La FIGURA 23 muestra que el 96 % de la población aplicaría una serie de consejos en el uso correcto de su ducha estos con el fin de mejorar la calidad del agua a reutilizar, lo que promueve el construir el manual para las personas que van a utilizar el sistema.

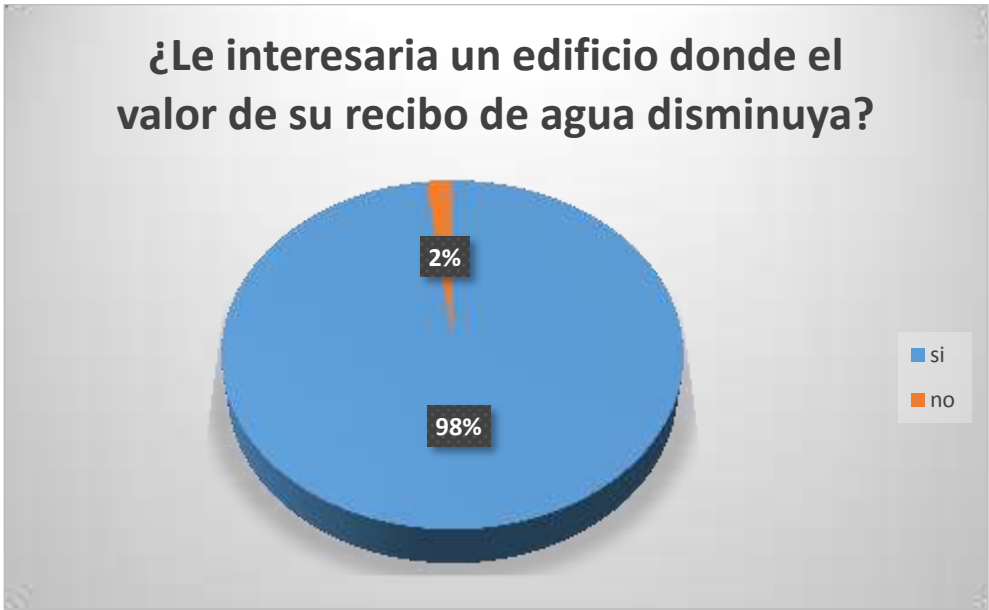
FIGURA 24. ¿Lo motivaría el comprar en una edificación donde se reutilice el agua?



Fuente: Autores

La FIGURA 24 ilustra que el 96% de la población lo motivaría el comprar en un edificio que reutilice el agua, pero existe una incongruencia con los datos puesto que no la misma cantidad de población está de acuerdo con la importancia de reutilizar el agua.

FIGURA 25. ¿Le interesaría un edificio donde el valor de su recibo de agua disminuya?



Fuente: Autores

La FIGURA 25 muestra que el 98% de los encuestados le importaría comprar en un edificio donde el valor de su factura de agua disminuya porque existe un sistema de reutilización. Esto aporta un valioso conocimiento a este estudio puesto que en el análisis costo beneficio se tendrán en cuenta estos aspectos.

FIGURA 26. ¿Número de personas que se bañan en su casa?



Fuente: Autores

La FIGURA 26 sirve para hacerse una idea de la cantidad de agua que se podría captar en una vivienda en Bogotá. Pero dado que el número de personas solo serviría para calcular el tamaño del tanque de almacenamiento por que como ya se comentó anteriormente la cantidad de agua utilizada en el baño es casi igual al utilizado en el sanitario. .

FIGURA 27. ¿Número de baños con ducha en su casa?









Fuente: Autores

La cantidad de baños con ducha por vivienda no lo muestra la FIGURA 27 siendo 4 baños el 40% de las viviendas de la población encuestada. Pero tampoco tiene relevancia en este estudio por lo anteriormente comentado.

5.2 PROCEDIMIENTO ANÁLISIS AGUA JABONOSA LABORATORIO.

Las pruebas de laboratorio se desarrollaron con el fin de conocer las características físico-químicas de una muestra de agua jabonosa, tomada de un baño común.

Tabla 4. Pruebas físico-químicas.

<p>1. En la imagen 1, se encuentran 3 muestras de agua jabonosas, a las cuales se les toman diferentes parámetros físicos del agua.</p>	 <p>1</p>	 <p>2</p>
<p>2. Las imágenes 2, 3, 4 muestran que características se pueden obtener por medio de un multiparamétrico tales como la turbidez, alcalinidad, salinidad, conductividad, temperatura, resistibilidad, total de sólidos suspendidos, oxígeno y PH.</p>	 <p>3</p>	 <p>4</p>
<p>3. Las imágenes 5 y 6 muestran una capsula de cuarzo con agua jabonosa la cual sirve para determinar el color aparente de la muestra en un espectrofotómetro.</p>	 <p>5</p>	 <p>6</p>

Fuente: Autores

Tabla 5. Elaboración filtro.

1. En la imagen 1, 2 y 3 muestra el procedimiento de elaboración de un filtro.
2. En las imágenes 4 y 5 se encuentra el material con el cual se va a elaborar el filtro para el sistema de aguas jabonosas, los materiales que se utilizaron fueron, antracita y material particulado.



1



2



3



4

3. En las imágenes 6 y 7 se agregaron las cantidades de material particulado y antracita que se usaron en el filtro.

4. En la imagen 8 se ve el filtro ya organizado con los materiales escogidos.

5. En la imagen 9 está el filtro predispuesto al sistema de reutilización del agua, se debe realizar previamente un lavado al material ya que estos expulsan colores propios, los cuales afectan el resultado.



5



6



7



8



9

Fuente: Autores

Tabla 6. Muestra de agua jabonosa por el filtro.

1. En la imagen 1 se puede observar cómo se pasó el agua jabonosa por el filtro; en la imagen 2 es el resultado del agua que pasó por el filtro.
2. La imagen 3 muestra el color del agua, en la que se ve que el resultado no es el esperado, ya que se pretendía eliminar color y olor del agua, aunque se observa que ha retenido material suspendido; dado que el color es oscuro se determinó que fue por causa de la antracita; por esta razón se decidió lavar nuevamente el filtro para eliminar cualquier otro aporte de color de la antracita, este proceso se ve realizado en la imagen 4.



1



2



3



4

3. Realizado el proceso anterior, se vierte nuevamente una nueva muestra de agua al filtro para observar el resultado de este; al caer el agua como lo muestra en la FIGURA 6 se puede ver que el agua trae nuevamente un aporte de color por parte de la antracita. Por lo cual se cree que es por una filtración rápida; la solución que se le da a esta es hacer una filtración lenta.

4. La filtración lenta se realiza añadiéndole una botella más y haciendo menos agujeros a la botella como se observa en la imagen 7, para hacer que el agua pase de una forma más lenta y de esta forma evitar el aporte de la antracita.

5. En la imagen 8 se observa el resultado del proceso que se llevó a cabo, y se ve que el procedimiento no funciono, porque hubo un aporte de la antracita además no se eliminó color ni olor.



5



6



7



8

6. Debido a lo sucedido anteriormente se decide implementar en el filtro una capa de arena como se ve en la imagen 9, con lo cual se quiso obtener una mejor retención de sólidos.



9



10

7. Se decide seguir con la filtración lenta como esta en la imagen 10; el resultado de esta se ve en la imagen 11, en la cual se puede apreciar que la arena hizo un aporte de color al agua además no se cambió en el olor.



11



12

8. En la imagen 12 se observa la diferencia que existe entre una muestra de agua sin pasar por el filtro (la pequeña) y otra que paso por el este (la grande); la diferencia que existe es el color aportado por la arena, pero el olor es el mismo.

9. En la imagen 13 se ve la una muestra de agua potable y una de agua jabonosa, esto es para ver la diferencia de color de una a otra.



13

Fuente: Autores

Tabla 7. Prueba sólidos disueltos y suspendidos.

1. En la imagen 1 se ve cómo se realizó la prueba de sólidos disueltos, primero se pesa un papel filtro para después compararlo con la muestra final y saber qué cantidad de sólidos existen.
2. En la imagen 2 se pasa la muestra por el papel filtro y después, se recoge lo que queda retenido en el papel, se observan los sólidos que se encuentran en la muestra de agua jabonosa.



1



2



3



4

3. En la imagen 5 se ve la sedimentación de una muestra de agua jabonosa. Esto ocurre después de un tiempo de 5 horas.



5

Fuente: Autores

Tabla 8. Filtro de vela.

1. En la imagen 1 se observa el filtro de vela dentro de la caneca que lo contiene antes del vertimiento del agua jabonosa.



1

2. En la imagen 2 se ve el montaje completo del filtro de vela, que consiste en un filtro superior de carbón, una caneca pequeña que contiene el filtro de vela y una caneca más grande que contiene el líquido una vez filtrado.



2

3. En la imagen 3 se observa la forma en la que se vierte la muestra de agua jabonosa en el filtro.



3

4. En la imagen 4 se ve el filtro en acción, haciendo pasar el agua por su interior de forma lenta. Se puede observar la cantidad de jabón que retiene el filtro.



4

5. En la imagen 5 se ve el color con el que sale el agua una vez.



5

Fuente: Autores

5.3 RESULTADOS PRUEBAS FÍSICAS EN EL LABORATORIO.

Las pruebas se desarrollaron durante cuatro días dado que en este tiempo los valores físicos del agua no cambiaron de una manera abrupta y en el día tres y cuatro los valores son más o menos constantes, no se consideró necesario el estudiar las muestras por más tiempo, dado que el agua mantuvo sus características constantes a lo largo del muestreo, además la investigación tubo un tiempo límite de 6 meses.

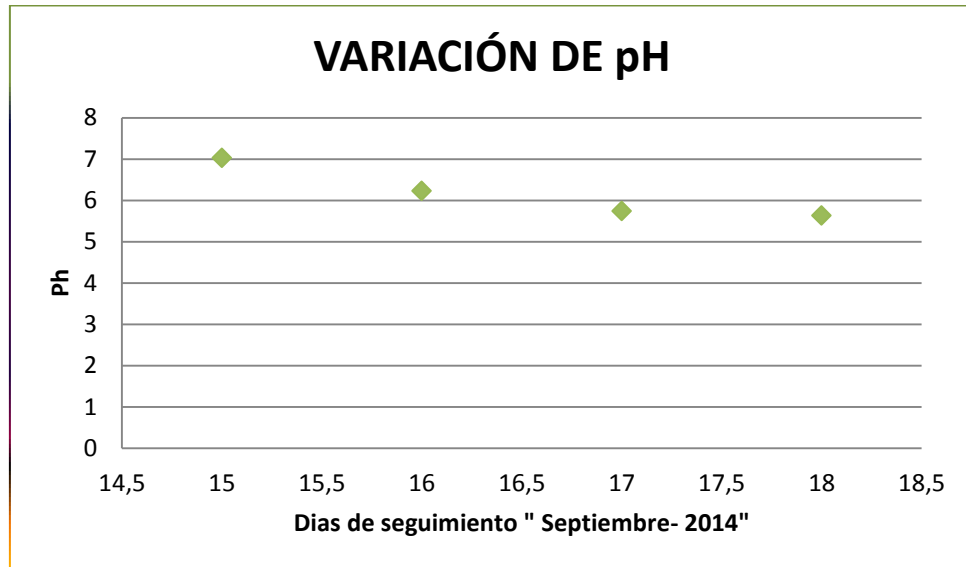
Los resultados se presentan en la siguiente tabla. Donde se encuentran los cambios de los parámetros en el tiempo.

TABLA 9. RESULTADOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS.

	15- sep-2014	16- sep -2014	17- sep -2014	18- sep-2014
Hora	07:30 a. m.	07:30 a. m.	07:30 a. m.	07:30 a. m.
Turbiedad (NTU)	130	120	108	98
Conductividad (μ/cm)	166,2	166,2	166,2	166,2
Resistibilidad (KΩ/cm)	6,01	6,01	6,01	6,01
Salinidad(sal)	0,1	0,1	0,1	0,1
TDS (total de sólidos suspendidos) (ml/cm)	88,4	88,4	88,4	88,4
Temperatura (°C)	21,1	21,1	21,1	21,1
Oxigeno (ml/cm)	0,74	0,74	0,74	0,74
pH	7,0	6,2	5,7	5,6
Color aparente				
HORA	10:00 a. m.	10:00 a. m.	10:00 a. m.	10:00 a. m.
Turbiedad (NTU)	128	114	101	94,9
pH	6,329	5,902	5,63	5,63

Fuente: Autores

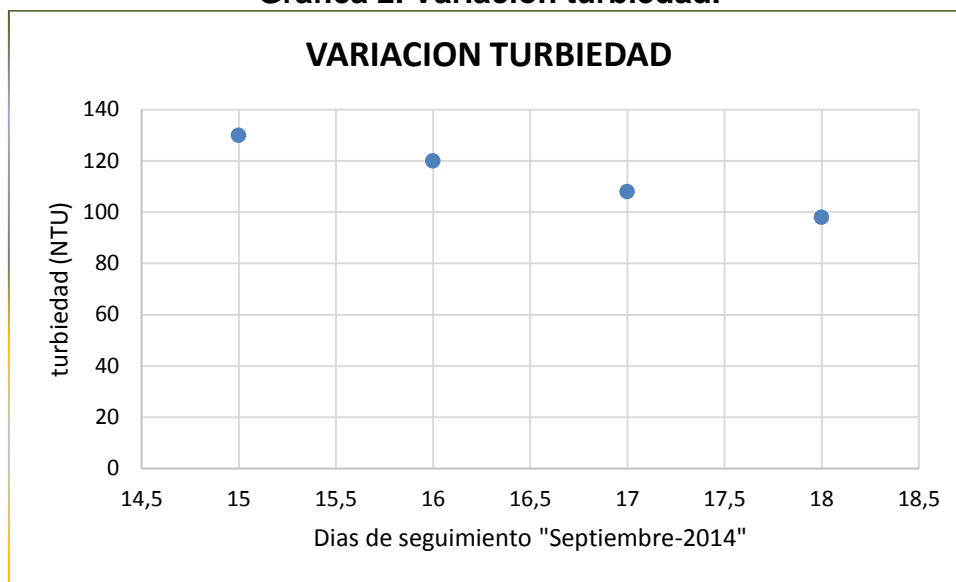
Grafica 1. Variación pH.



Fuente: Autores

Los resultados demuestran que el potencial de hidrogeno (pH) varia en el tiempo, cambiando desde 6.329 hasta 5.63. Esto refleja un buen comportamiento, puesto que durante un día se mantuvo constante y no generaría daños a las estructuras por causa de la corrosión que se presentaría, si el agua fuera muy acida. Esto teniendo en cuenta que el jabón es alcalino el agua potable entra a neutralizar la disolución lo que facilita su almacenamiento.

Grafica 2. Variación turbiedad.



Fuente: Autores

La gráfica muestra la variación que sufrió la turbiedad con el pasar de los días; demuestra que entre más tiempo dure en reposo, porque de esta manera decanta más rápidamente los sólidos suspendidos y pierde color, lo que favorece a la apariencia del agua y la aceptación de este sistema, dado que las personas encuestadas dijeron que sentirían desconfianza al utilizar un sanitario con el agua turbia.

Tabla 10. Parámetros AQUAESPANA.

Parámetro	Valor
Sólidos en suspensión	45 - 330 mg/l
Turbidez	22 - 200 NTU
DBO ₅	90 - 290 mg/l
Coliformes totales	10 ¹ - 10 ⁶ UFC/100 ml
Escherichia Coli	10 ¹ - 10 ⁵ UFC/100 ml
Nitrógeno Kjeldahl	2,1 - 31,5 mg/l

Fuente: AQUAESPANA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

Tabla 11. Comparación parámetros laboratorio-AQUAESPANA.

Comparación parámetros		
Parámetros	Laboratorio	Guía AQUAESPANA
Sólidos en suspensión (mg/l)	88,4	45 – 330
Turbiedad (NTU)	98	22-200

Fuente: Autores

La tabla 11 muestra la comparación entre los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio versus los valores propuestos por la guía de AQUAESPANA, lo que indica que el agua de muestra está dentro de los estándares permitidos por este país.

Tabla 12. Parámetros rehusó de agua urbana en México.

Parámetro	Guías EPA	Arizona	California	Nuevo México	NOM-003 ECOL-1997
pH	6 - 9	4.5 - 9.0	-----	-----	-----
DBO ₅ (mg/L)	≤ 10	-----	-----	-----	-----
Turbiedad (NTU)	≤ 2	5	2	-----	-----
Coliformes Fecales (organismos/100ml)	No detectable	25 (mediana) 75 (m. simple)	2.2 (mediana) 23 (m. Simple)	100	240
Cloro Residual (mg/L)	1	-----	-----	-----	-----
Huevos de Helminto (organismos/L)	-----	-----	-----	-----	<1

Fuente: EL REHUSÓ DE AGUA EN MÉXICO. [En línea].México. [Citado 11 de Diciembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf>>.

La tabla 12 muestra algunos parámetros para la reutilización de agua en zonas urbanas en México, como lo son el pH, coliformes fecales, DBO (demanda biológica de oxígeno), turbiedad, cloro residual y organismos parasitarios.

Tabla 13. Comparación parámetros laboratorio-rehusó de agua urbana en México.

Comparación parámetros		
Parámetros	Laboratorio	Rehusó de agua urbana en México
pH	6.2	6 - 9
Turbiedad (NTU)	98	≤ 2

Fuente: Autores

En la tabla 13 se encuentra la comparación de los resultados obtenidos a través del laboratorio y de los parámetros de rehusó de agua urbana en México; los cuales indican que el pH del laboratorio se encuentra entre los límites de aceptación que imparte la norma de México.

Por otro lado la turbiedad obtenida del laboratorio es superior a la norma de México; esta diferencia se da porque, los estándares no son para el mismo fin de reutilización.

La norma rehusó de agua urbana en México se restringe para la práctica del riego agrícola con aguas residuales, técnicamente sólo se han realizado estudios de sus efectos en las zonas aledañas de la Ciudad de México.

Los estudios que se han realizado para la reutilización de agua residual se ven enfocados para el riego y aprovechamiento industrial; mas no para la utilización de las aguas grises que son generadas de los lavamanos, duchas y lavadoras.

Lo cual deja al descubierto fallas o vacíos de la normatividad que existen en algunos países, aunque se destaca la propuesta por el país de España, quien ha sido pionero en el tema de reutilización de aguas grises y ha implementado estándares de calidad del agua para su aprovechamiento.

En términos de calidad y de sostenibilidad, se puede decir que la demanda y los recursos están estrictamente relacionados, ya que resulta difícil mantener la calidad de los recursos naturales cuando hay poca cantidad de dinero, y adicionalmente, la falta de calidad del agua condiciona gravemente la ecología de los ecosistemas hídricos.

5.4 ESQUEMA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN Y BOMBEO.

En la FIGURA 28 se encuentra el funcionamiento del sistema de reutilización de aguas grises, en el cual se observa la distribución y localización de las tuberías correspondientes de cada aparato sanitario como lo son la tubería de agua a presión, agua caliente, sanitaria y agua a reutilizar; el sistema de tratamiento del agua se puede observar en la FIGURA 29 en donde consta de 2 tanques, uno de ellos es de quietamiento y el otro tanque de almacenamiento, el sistema de bombeo, el cual proporciona energía al agua para que esta pueda llegar a los sanitarios y la red de captación y suministro del agua.

El sistema se deberá construir con colectores de cuatro pulgadas, con el fin de garantizar la fuerza tractiva y arrastre de posibles sólidos que ingresen en el sistema, en el momento justo antes de que el agua ingrese al tanque de quietamiento y decantación se deberá instalar una malla, con el fin de retener sólidos suspendidos presentes en el agua.

Los tanques deben ser calculados dependiendo del número de personas que habiten en el edificio donde se va a implementar el sistema, y dependiendo del tamaño del tanque el ingeniero calculista deberá especificar los espesores de los muros con el fin de garantizar su estabilidad estructural.

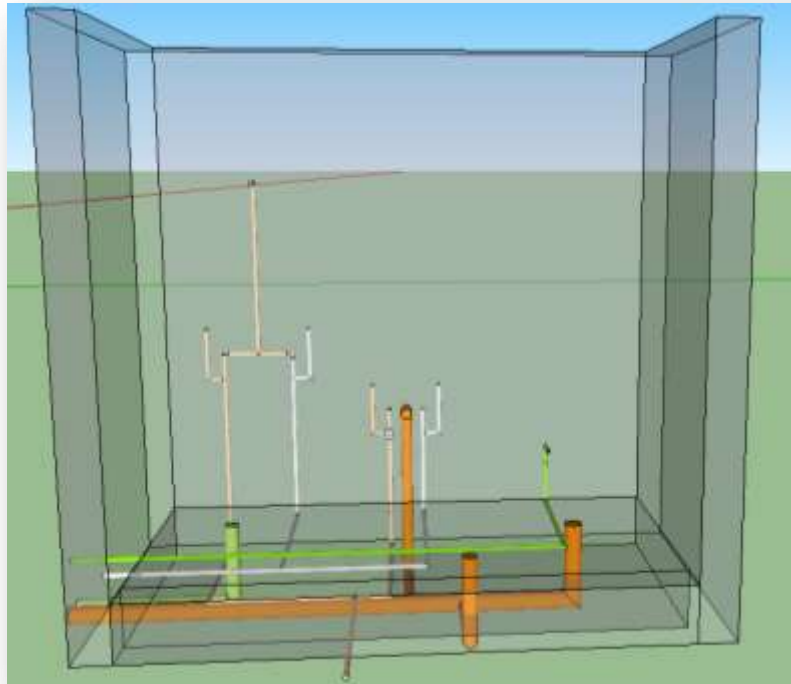
Luego de que el agua ingrese al tanque de almacenamiento posterior al tanque de decantación, el agua será bombeada por una tubería de PVC de diámetro a calcular, hacia los sanitarios de la edificación.

La limpieza de los tanques se hará por medio de una llave, la cual será colocada en la parte inferior de cada uno de estos, con el fin de desalojar los sólidos que se encuentren en la parte inferior del mismo.

La filtración se ejecutara mediante una malla tipo tamiz 200 removible con el fin de poder limpiarla adecuadamente, dado que se llenara de pequeños sólidos e inevitablemente se obstruirá, se recomienda ser lavada con agua a presión sin detergentes.

En la FIGURA 30 se especifica la distribución y conexión de los aparatos sanitarios, dando a entender el funcionamiento y comportamiento de las tuberías del sistema de reutilización de aguas grises.

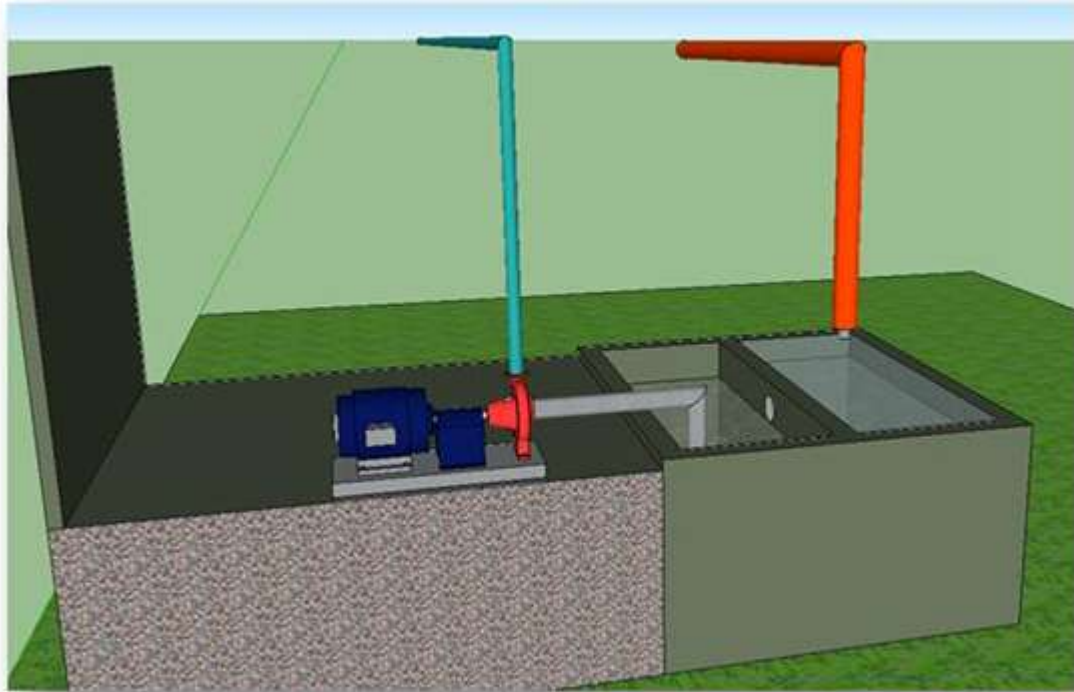
FIGURA 28 Tubería captación de agua a reutilizar



Fuente: Autores

Tubería crema: Agua caliente
Tubería blanca: Agua a presión
Tubería anaranjada: Sanitaria
Tubería verde: Agua a reutilizar

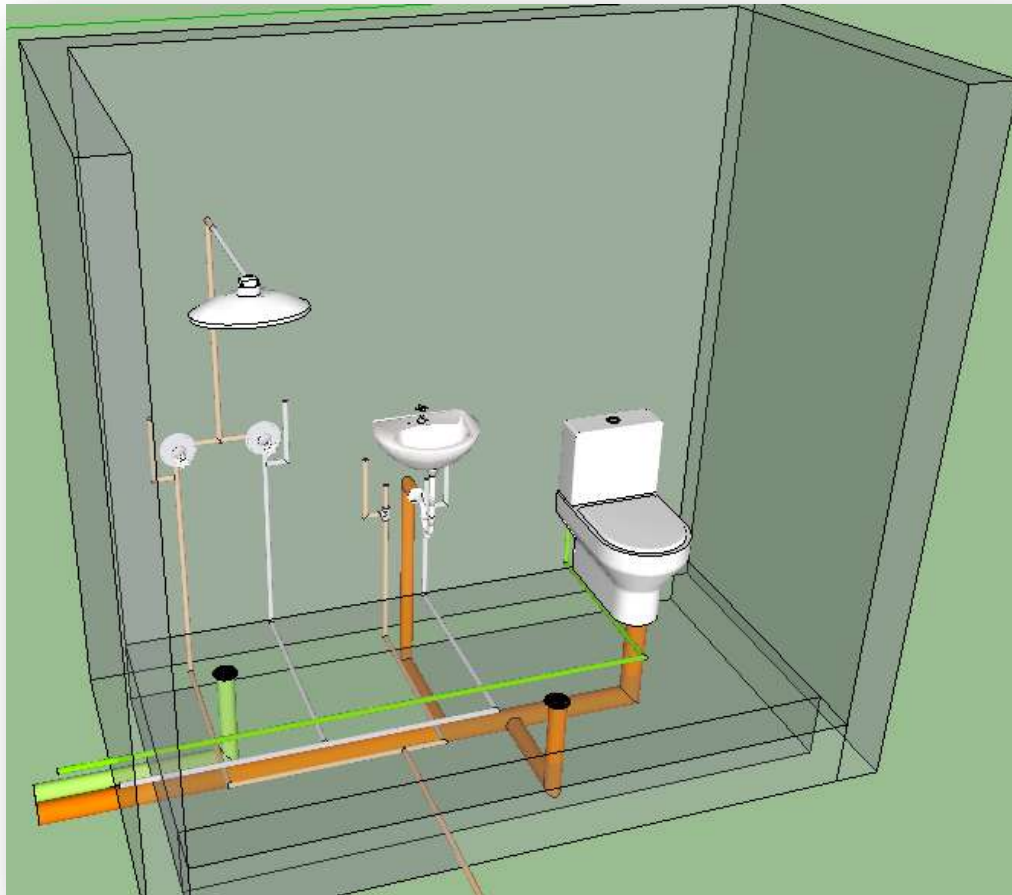
FIGURA 29 Sistema de tratamiento



Fuente: Autores

Tubería gris: Captación de agua a reutilizar
Tubería azul: Agua a presión
Tubería anaranjada: Sanitaria

FIGURA 30 Conexión de aparatos sanitarios



Fuente: Autores

Tubería crema: Agua caliente
Tubería blanca: Agua a presión
Tubería anaranjada: Sanitaria
Tubería verde: Agua a reutilizar

La memoria de cálculos de las redes hidrosanitarias se encuentran en los anexos 8.2 cálculo redes hidrosanitarias del documento así como también en el numeral 8.3 planos redes hidrosanitarias el plano de estas además del manual de correcto uso del agua 8.4 manual del correcto uso de la ducha el cual sirve para mejorar la calidad del agua.

6. ANÁLISIS BENEFICIO DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRICES.

Teniendo en cuenta que se consumen entre 6 y 18 litros de agua cada vez que se descarga el sanitario y de acuerdo con la encuesta, las personas en su mayoría utilizan el sanitario 4 veces en el día, lo descargan todas las veces y los habitantes promedio por hogar son 5. Se desarrolla el siguiente análisis de reducción del precio del recibo del agua por estrato.

Se realiza un promedio para calcular la cantidad de litros para el análisis.

$$\text{Consumo} = \frac{6\text{ L} + 18\text{ L}}{2} = 12\text{ Litros (Ecuación 1)}$$

Tabla 14. Precio del agua por descarga.

Estrato	Precio m ³ de agua potable (\$)	Litros por descarga	Precio por descarga(\$)
1	753.37	0.012	9.04
2	1,506.75	0.012	18.08
3	2,134.55	0.012	25.61
4	2,511.24	0.012	30.13
5	3,892.43	0.012	46.71
6	4,143.55	0.012	49.72

Fuente: Autores

Tabla 15. Precio del agua gastada por persona en el uso del sanitario.

Estrato	Precio por descarga (\$)	Veces descargas por día por persona	Precio agua por persona por día (\$)
1	9.04	4	36.16
2	18.08	4	72.32
3	25.61	4	102.44
4	30.13	4	120.52
5	46.71	4	186.84
6	49.72	4	198.88

Fuente: Autores

Tabla 16. Precio del agua por vivienda.

Estrato	Precio agua por persona por día (\$)	Número de personas por vivienda	Precio del agua por día por vivienda (\$)
1	36.16	5	180.8
2	72.32	5	361.6
3	102.44	5	512.2
4	120.52	5	602.6
5	186.84	5	934.2
6	198.88	5	994.4

Fuente: Autores

Tabla 17. 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 (\$)
1	180.8	30	5424
2	361.6	30	10848
3	512.2	30	15366
4	602.6	30	18078
5	934.2	30	28026
6	994.4	30	29832

Fuente: Autores

Dado que en Bogotá el recibo del agua llega cada dos meses el ahorro de agua por factura sería:

Tabla 18. Ahorro de agua por recibos.

Estrato	Precio del agua por mes por vivienda (\$)	Ahorro de dinero por factura (\$)
1	5424	10848
2	10848	21696
3	15366	30732
4	18078	36156
5	28026	56052
6	29832	59664

Fuente: Autores

6.1 BENEFICIO AMBIENTAL

Al momento de implementar el sistema de reutilización de agua, el impacto ambiental será positivo, ya que el disminuir el consumo del bien más valioso para la humanidad es incalculable, además de la cantidad de agua que dejaría de ser vertida a las redes de alcantarillado público y finalmente transportada hasta las plantas de tratamiento de agua residual.

El comenzar a utilizar este sistema de reutilización de agua en una ciudad, no solo sería beneficioso para los habitantes porque se reduce el costo de sus facturas sino que también, las ampliaciones de las plantas de tratamiento serán requeridas en un tiempo superior al planteado inicialmente.

El uso racional del agua potable mejoraría la forma en que utilizamos los recursos naturales y este proyecto podría aportar conciencia en el buen uso de los demás recursos naturales.

7. CONCLUSIONES

- Se encontró que en diferentes países del mundo se está tomado en serio la idea de reutilizar el agua, dado que es un recurso finito y su fabricación resulta muy costosa. Es importante resaltar la labor de España, al generar incluso una guía sobre el tema y el interés del gobierno de Australia en la implementación de sistemas de reutilización de agua en las viviendas.
- Como resultado de las pruebas de laboratorio se encontró que el agua jabonosa es de difícil tratamiento, la manera óptima de reducir su turbiedad es permitiéndole decantar algunos sólidos suspendidos presentes en la misma.
- Se decide proponer la construcción de un tanque de decantación contiguo al de almacenamiento de agua residual, con una malla de retención de sólidos muy fina con el fin de detener cabellos y otros elementos que puedan ingresar al sistema de drenaje.
- Se deduce que construir un sistema de reutilización de aguas en edificaciones nuevas es viable dado que el ahorro de dinero por esta práctica es sustancial dependiendo del estrato, además del beneficio generado al medio ambiente que en términos generales es incalculable.
- La población encuestada está de acuerdo con la reutilización de agua lo que indica que la comunidad universitaria tiene un sentido ambientalista y una visión futurista permitiendo y aceptando la implementación de técnicas de reutilización en la infraestructura de la ciudad de Bogotá.
- La investigación evidencia la falta de estándares de calidad para la reutilización de agua en latino América, es recomendable el desarrollar una investigación con el fin de generar dicha norma para tener unos estándares con los cuales trabajar o basarse.

BIBLIOGRAFÍA

AQUAESPÑA. Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. [En línea]. España. [Citado 2 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>>.

EL REHUSÓ DE AGUA EN MÉXICO. [En línea]. México. [Citado 11 de Diciembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf>>.

EN COLOMBIA. La contaminación ambiental del rio Bogotá. [en línea]. Colombia. [citado 2 de Agosto, 2014]. Disponible en internet: URL: <<http://www.encolombia.com/medioambiente/humedales/humepantatratamientorio>>.

GOBIERNO DE SUR AFRICA. Future water reuse and other marginal water use possibilities. [En línea]. África. [citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.dwaf.gov.za/Projects/OlifantsRecon/Documents/Supporting%20Reports/ORRS%20Future%20Water%20Resuse%20&%20Other%20Marginal%20Water%20Use%20Possibilities.pdf>>.

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL REHUSÓ DEL AGUA EN COLOMBIA. Vertimiento de centros urbanos. [en línea]. Colombia. [Citado 2 de Agosto, 2014]. Disponible en internet: <URL: http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_guias/guia_implementacion_reuso_agua_colombia.pdf>.

REVISTA AMBIENTE Y AGUA. Tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales urbanas: análisis económico. [en línea]. Argentina. [Citado 11 de Agosto, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=92829234010>>.

REÚSO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN AGRICULTURA. [en línea]. Colombia. Red de revistas científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal. [citado 28 de Julio, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314732020>>.


SABES CUÁNTA AGUA SE GASTA EN.... [en línea]. México. Cespe. [citado 18 de octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.cespe.gob.mx/?id=gastoagua>>.

SEMANA. La riqueza hídrica de Colombia puede volverse un mito. [en línea]. Bogotá: José Luis Gómez. [citado 8 de Agosto, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.forsemana.com/agenda/articulo/la-riqueza-hidrica-de-colombia-puede-volverse-un-mito/6435>>.

WASTEWATER REUSE. [En línea]. Australia. [Citado 2 de septiembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.yourhome.gov.au/water/wastewater-reuse>>.

ANEXOS

ANEXO A ENCUESTA

 <p>U CATÓLICA de Colombia</p>	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA				
	PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL				
	PROYECTO DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN CONSTRUCCIONES VERTICALES				
SI ALGUNA PREGUNTA LO HACE SENTIR INCOMODO SIÉNTASE EN LA LIBERTAD DE NO RESPONDER					
DATOS DE IDENTIFICACIÓN					
NOMBRE Y APELLIDOS (opcional)					
NUMERO DE PERSONAS QUE SE BAÑAN EN SU CASA					
NUMERO DE BAÑOS CON DUCHA					
FECHA		D	M	A	
SEXO		M		F	
USO DE LA DUCHA					
1	¿Cuántas veces se baña en el día?	0	1	2	más de 2
2	¿A qué hora se baña?	3 – 6 am	7 – 10 am	1 – 5 pm	6 – 10 pm
3	¿Cuánto tiempo en minutos dura en la ducha?	1 - 5	5 - 10	10 – 20	más de 20
4	¿Escupe en la ducha?		si	no	
5	¿Orina en la ducha?		si	no	
6	¿Se afeita y/o depila en la ducha?		si	no	
7	¿Se suena en la ducha?		si	no	
8	¿Se lava los dientes en la ducha?		si	no	
9	¿Utiliza trampa para cabellos en su ducha?		si	no	
10	¿Cuando se baña usa jabón y shampoo todas las veces?		si	no	
11	¿Cuántas veces se baña el cabello en la semana?	1 -2	2- 3	3-4	más de 4
12	¿Cuantas veces se baña cuando tiene el periodo?	1	2	3	más de 3
USO DEL INODORO					
1	¿Cuantas veces usa el inodoro en el día?	2	3	4	más de 4
2	¿Cada vez que usa el inodoro lo descarga?		si	no	
SANIDAD					
1	¿Le parece higiénico utilizar el agua de su ducha en su sanitario?		si	no	
2	¿Si sabe que el agua de su sanitario es reutilizada y la encuentra turbia sentiría desconfianza?		si	no	
CONCIENCIA AMBIENTAL Y ECONOMICA					
1	¿Qué tan importante le parece el reusó del agua?	0	1	2	3
2	¿Aplicaría una serie de consejos en el uso de la ducha?		si	no	
3	¿Lo motivaría el comprar en una edificación donde se reutilice el agua?		si	no	
4	¿Le interesaría un edificio donde el valor de su recibo de agua disminuya?		si	no	
SUGERENCIAS: _____					

ANEXO B CÁLCULO REDES HIDROSANITARIAS
ANEXO C PLANOS REDES HIDROSANITARIAS
ANEXO D MANUAL DEL CORRECTO USO DE LA DUCHA
ANEXO E DISEÑO DEL TANQUE DE AQUIETAMIENTO “SKETCHUP”
ANEXO F LOGO “REUTILIZACIÓN DE AGUA EN CONSTRUCCIONES
VERTICALES”