

Diseño y Construcción de un Prototipo de Planta de Tratamiento de Aguas Grises para Viviendas Rurales y Urbanas en la Región del Ariari, Durante el Segundo Semestre del 2017

Design and construction of a prototype of a gray water treatment plant for rural and urban houses in the region of Ariari, during the second half of 2017

Projeto e construção de um protótipo de estação de tratamento de água cinza para habitações rurais e urbanas na região de Ariari, durante o segundo semestre de 2017

Jorge Iván Garzón León

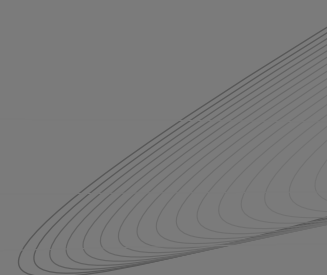
Estudiante de ingeniería civil, Universidad Cooperativa de Colombia, jorge.garzonl@campusucc.edu.co

Omar Jhon Byron Ortiz Mariño

Estudiante de ingeniería civil, Universidad Cooperativa de Colombia, omar.ortizm@campusucc.edu.co

Edwin David Orduy Garay

Estudiante de ingeniería civil, Universidad Cooperativa de Colombia, edwin.orduy@campusucc.edu.co



Resumen

A medida que el tiempo avanza, se hace cada vez más notoria la contaminación, y en especial la contaminación del agua pues la escasez de esta nos afecta directamente. Por esto y con el ánimo de aportar con la conservación de este líquido tan importante para la vida, se decidió diseñar y construir un prototipo que trate las aguas grises de los hogares para reutilización allí mismo. Con la puesta en marcha de este, se logró evidenciar un ahorro del 29,73 % en el consumo de agua en la vivienda, un buen resultado en cuanto cantidad de agua tratada e impacto ambiental se refiere; para este último se estima que el agua tratada anualmente sería la equivalente para llenar 305 piscinas olímpicas siendo este un ahorro importante y un excelente aporte medioambiental.

Palabras clave: Agua gris, contaminación, fitodepuración, reutilización, sedimentación, tratamiento.

Abstract

Key words: Grey water, contamination, Phyto depuration, reuse, sedimentation, treatment.

Para citar este artículo: Garzón –Leal, J.I., Ortiz-Mariño, O.J. & Orduy-Garay, E.D “*Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas grises para viviendas rurales y urbanas en la región del Ariari, durante el segundo semestre del 2017.*”. *L’Esprit Ingénieux*. Vol.1-2018, p.p 93-104

Resumo

Palavras chave: Água cinzenta, poluição, fitodepuração, reutilização, sedimentação, tratamento.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha venido presentando una disminución en la cantidad de agua dulce disponible en el planeta, la cual solo el 0,025 % es potable y apta para el ser humano. De acuerdo a la evaluación del proyecto GIWA [1], se enfrentará una crisis global en cuanto a la accesibilidad para el 2020; debido a factores como la sobrepoblación humana, la contaminación, la sobre pesca y el cambio climático.

A raíz de dicha problemática se diseñó y construyó un prototipo de planta de tratamiento de aguas grises; “son aguas provenientes de las lavadoras, regaderas, tinas y lavabos. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que están suficientemente limpias para regar ser reutilizadas dice Allen” [2], con el fin de que cada vivienda tenga la capacidad de tratar y reutilizar estas aguas en inodoros, aseo de la vivienda, jardines, lavado de vehículos y otros, de esta manera se lograría disminuir el consumo de agua potable, beneficiando al medio ambiente y nuestro factor económico. La

materia orgánica y productos químicos (restos de alimentos, jabones y detergentes) son los que consumen el oxígeno del agua y produce malos olores, por tanto, además de incluir filtros (en malla y filtros de material pétreo como arena y grava sílice, carbón activado y antracita), también se implementaron plantas acuáticas con características de fitodepuración, con el fin de oxigenar y eliminar en gran medida la contaminación presente en el agua a tratar.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Los proyectos acerca del cuidado y mejoramiento del medio ambiente han sido un tema de gran importancia hace ya varios años, debido a que se ha venido evidenciando que la magnitud de contaminación no solo a nivel local, sino también a nivel mundial es enorme.

Dicha contaminación trae consigo graves consecuencias, llegando al punto de afectar la calidad de vida de los seres humanos y todos los seres vivos que habitan el planeta; consecuencias como la destrucción de la capa de ozono generando el calentamiento global y con ello el deshielo de los polos, la contaminación y disminución del agua, el incremento de dióxido de carbono en el ambiente que causa múltiples problemas en la salud, la contaminación del suelo, el agua y la atmosfera originada por el uso extensivo de pesticidas sintéticos derivados de los hidrocarburos clorados en el control de plagas, entre muchas otras y esto se ha mostrado en los últimos años de forma acelerada en comparación con años atrás.

Ahora bien, como indica Bigorda [3], la contaminación del agua es constante, se deben entender las consecuencias de esta contaminación ya que afecta a los seres vivos que viven en el planeta, de tal manera que los contaminantes se incluyen en la cadena alimenticia y toman fuerza hasta llegar al ser humano, al alimentarnos de los seres vivos contaminados, ingerimos y acumulamos inconscientemente las toxinas que estos llevan, siendo esto un riesgo, y como consecuencia, a futuro puede llegar a ocasionar cáncer.

Por este motivo se hace de vital importancia la intervención del ser humano para contrarrestar los efectos antes mencionados y mejorar las condiciones actuales del medio ambiente. Por otro lado, los entes gubernamentales a nivel nacional e internacional han venido desarrollando una serie de propuestas en busca de soluciones para esta crisis, pero han sido insuficiente y se requiere la sensibilización y educación acerca de estos temas a todas las personas, y de esta manera poder contar con un mayor apoyo.

Ante esta problemática surge la idea de este proyecto, el cual será beneficioso para la comunidad del Ariari, la cual tiene una afectación importante en el servicio de saneamiento básico y manejo de vertimientos. El proyecto tiene como enfoque el agua y las condiciones actuales de esta (la escasez que produce el derroche de agua potable, el mal manejo y falta de aprovechamiento de las aguas residuales, contaminación de las fuentes hídricas, entre otras), por esta razón, se ve como una gran oportunidad de contribuir con esta labor y con el objetivo principal de aprovechar de la mejor manera el agua residual proveniente de los hogares.

DISEÑO DEL PROTOTIPO

Teniendo en cuenta el tipo de agua a tratar (agua gris), se decidió implementar un sistema de 4 tanques, cada uno con diferente función, pero que en conjunto logran dar un tratamiento preliminar al agua residual, pues como indican Lizarazo & Orjuela [4], y Robinson et al. [5], los tratamientos preliminares consisten en eliminar la basura, grasa y arenas del agua. A continuación, se describe cada uno de los tanques y el proceso que el agua tendrá en cada tanque. Cabe destacar que el material utilizado para la construcción del prototipo es acrílico de 5mm y 8mm, pues como dice Benítez [6], este material tiene muy buen comportamiento

ante la presencia de este tipo de agua, además de su elasticidad que puede reducir las probabilidades de romperse.

El tamaño y capacidad de los tanques, se eligió a criterio propio teniendo en cuenta el bajo caudal de agua que será recolectado.

Tanque 1, filtro de material grueso

El primer tanque que incluye el sistema, tiene la función de evitar el paso de material grueso a los demás tanques con el fin de tener una mejor calidad, mediante la implementación de dos mallas con una apertura de 2 mm, colocadas perpendicularmente al flujo del agua de manera que en ellas queden retenidos los sólidos en suspensión que queremos eliminar; es decir, que este tanque funciona como cribado del agua gris y este proceso es bastante importante en cuanto a tratamiento de agua se refiriere según Oropeza [7], además afirma Ramalho [8], el cribado ayuda a mantener en buen estado las bombas que estén presentes en el proceso, para nuestro caso, evita el taponamiento de los filtros que se puede dar con el tiempo.

Figura 1. TANQUE No. 1.



Fuente: elaboración propia

Tanque 2, trampa de grasas

El segundo tanque del sistema llamado trampa de grasas, tiene por objetivo eliminar al máximo posible la grasa que se encuentre presente en el agua, pues como dicen Hernández & Sánchez [9], éstas pueden ocasionar taponamientos en la tubería. La eliminación de la grasa se logró incluyendo en el tanque 2 pantallas en serie perpendiculares al flujo del agua, éstas evitan el paso directo del agua y en cambio la conducen por una especie de zigzag vertical, con el fin de lograr que por su baja densidad la grasa flote y pueda ser evacuada por un orificio presente en este tanque. El manejo inadecuado de las grasas hace que sea necesaria la implementación de estas trampas como lo dicen Alvarado & Ramos [10].

Figura 2. TANQUE No. 2.



Fuente: elaboración propia

Tanque 3, filtro de gravas

El filtro de gravas, correspondiente al tercer tanque del sistema es el más grande de todos, pues en él se incluyeron los material filtrantes como carbón, arena y grava sílice (como menciona Pérez [11], el uso de material pétreo como filtro del agua, puede ser capaz de potabilizar el agua contaminada sin uso de químicos) y plantas acuáticas, el uso de plantas, como lo indica Fernández et al. [12], se hace con el fin de reducir o eliminar contaminantes del agua mediante una serie de procesos químicos y biológicos que realizan las plantas llamado fitodepuración.

Como su nombre lo indica, este tanque funciona como un filtro, conduciendo el agua por una serie de materiales pétreos y carbón para lograr una mejor limpieza del agua, además en la parte superior de éste se implementaron plantas con funciones de depuración llamadas macrofitas acuáticas, para generar la Fitodepuración del agua y oxigenarla, mejorando así su calidad. Se utilizaron dos tipos de carbón, carbón activado que al poseer una alta porosidad y una gran superficie específica según dice Arana [13], hace a este medio apto para el proceso de adsorción dando como resultado un óptimo tratamiento del agua.

Figura 3. TANQUE No. 3.



Fuente: elaboración propia

1.4 Tanque 4, Desarenador

Luego de realizarse el proceso de filtración en el tanque anterior y con el fin de hacer que las posibles partículas de grava, arena y carbón que están en el tanque 3 (filtro de gravas) y pasen al tanque 4 (sedimentador) queden retenidas en éste, se implementó un proceso de desarenado. Para esto, se instalaron 3 pantallas perpendiculares al flujo del agua de manera que el recorrido del agua sea en zigzag vertical similar al recorrido en el tanque 2; a diferencia de éste, el agua en el tanque tendrá que bajar y subir dos veces dando mayor dificultad de realizar el recorrido a las partículas de grava, arena y/o carbón y logrando así su sedimentación.

Figura 4. TANQUE No. 4.



Fuente: elaboración propia

RESULTADOS

Para efectos de obtener los mejores resultados, se tuvieron en cuenta los cálculos del número de suscriptores del municipio de Granada Meta, donde se realizó la construcción y puesta en marcha del prototipo (esto con la ayuda de la información dada por el PSMV [14] del municipio y la proyección de población dada por el DANE [15]), para lograr obtener la dotación bruta de agua del mismo (con base en los lineamientos dados por el RAS 2000 [16], lo estipulado por la reciente resolución del ministerio de vivienda [17], sobre la cual se adoptan algunos reglamentos y se derogan algunas resoluciones). Se calcularon también los tiempos de retención del agua en el prototipo, pues según indica Balaguer [18] este tiempo es muy importante ya que con éste se determina si los procesos son adecuados o no, estos y más cálculos para llegar a los resultados dados a continuación.

Número de suscriptores del municipio

Como se mencionó anteriormente [14], se logró determinar que para el año 2017 el municipio de granada cuenta con 7.815 suscriptores del servicio de acueducto, alcantarillado y aseo.

Dotación neta y dotación bruta del municipio

Con las proyecciones de población dadas por el DANE [15], se obtuvo que la cantidad de habitantes para 2017 en el municipio de granada es de 87.622 habitantes, con esto y

aplicando las respectivas formulas normativas por el RAS 2000 [16] y el ministerio de vivienda [17], la dotación neta fue de 16,8m³/suscriptor*mes. Y la dotación bruta fue de 22,4 m³/suscriptor*mes.

Caudal de diseño del prototipo

Para determinar el caudal de entrada que tuvo el prototipo, se analizaron los procedimientos aplicables a este caso, y se determinó trabajar con el cálculo por unidades de consumo de los aparatos sanitarios (las unidades de consumo están determinadas por el código colombiano de fontanería [19]), sugerido por Rodríguez [20] en su libro. De esta manera, se obtuvo que el caudal de entrada que tendrá en prototipo es de 0.566 l/s.

Tiempo de retención de los tanques del prototipo

En la siguiente tabla se resumen los resultados de caudales, tiempos de retención y volúmenes de cada tanque que componen el prototipo, para el caudal constante manejado en la vivienda por una llave jardinera, pues simular el caudal de diseño se torna difícil.

Tabla 1. Caudales, Tiempos de Retención y Volúmenes de los Componentes

TANQUE	CAUDAL DE ENTRADA (L/s)	CAUDAL DE SALIDA (L/s)	TIEMPO (s.)	VOLUMEN (L) $V = Q * T$
1	0,0434	0,0574	1048	45,5
2	0,0574	0,0516	827	47,5
3	0,0516	0,0476	2500	129
4	0,0476	0,0492	983	50,7

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, el tiempo de retención real que habrá desde el inicio del proceso hasta el final es de 0.644 días teniendo en cuenta que el promedio diario de agua tratada es de 424 L/día, lo que equivale a 15 horas y 27 minutos aproximadamente. Cabe resaltar que este tiempo depende directamente del caudal consumido a diario en la vivienda.

Cantidad de agua tratada

Para determinar la cantidad de agua recolectada en los distintos aparatos, se utilizaron recipientes con medidas de volumen en litros. Durante 14 días en cada aparato sanitario donde se haría la recolección de agua se colocó un recipiente, en los lavamanos y lavaplatos se tuvo que dejar el paso directo del agua al recipiente, es decir se desconectó de la red de desagüe de la vivienda. Al lavadero se tuvieron que hacer adecuaciones para poder recolectar el agua y con la lavadora no se tuvo problema, pues ésta posee manguera de evacuación de agua.

Como resultado se tuvo un conteo de 5.936,5 litros de agua tratada en los 14 días, de esta manera se asumió que mensualmente la cantidad de agua tratada será el doble, siendo 11.873 litros de agua tratada por mes.

Porcentaje de ahorro de agua

Para determinar el porcentaje de agua que se va a reutilizar en la vivienda es necesario conocer el consumo de los aparatos en los cuales el agua tratada será utilizada. A continuación, se muestran los consumos de los diferentes aparatos de la vivienda, así como también el consumo mensual de la vivienda.

Tabla 2. Consumo de Aparatos en la Vivienda

APARATO	CONSUMO (L/mes)
Lavamanos	1743
Lavaplatos	2936
Lavadero	1712
Lavadora	5482
Inodoros	4180
Duchas	7340
Llave jardinera (incluye riego de plantas, lavado de vehículos y otros)	3950
Consumo total mensual de la vivienda o suscriptor	27343

Fuente: elaboración propia

El agua tratada se reutilizará solo en inodoros y llaves jardineras. La cantidad de agua que será reutilizada entonces es de 8130 litros mensuales y la cantidad de agua tratada mensualmente es de 11873 litros; esto quiere decir que la cantidad de agua tratada si alcanzará a suplir los consumos de los aparatos indicados y que además habrá una cantidad aproximada de 3742 litros de agua tratada a la cual no se le dará uso.

El porcentaje de agua que se ahorrara es de 29,73%, teniendo en cuenta que el consumo total mensual de la vivienda que es de 27.343 L/mes.

Evaluación económica

Con el fin de mirar la viabilidad económica del proyecto y la cantidad de dinero ahorrada mensualmente, se decidió realizar una evaluación económica que muestre de forma clara los anteriores puntos.

Ahorro económico mensual

Para saber cuál es el ahorro monetario mensual, se tomaron como base las tarifas de una factura del servicio de acueducto alcantarillado y saneamiento básico, y se aplicó el porcentaje de ahorro de agua al valor del servicio de acueducto y alcantarillado, con esto se obtuvo que el valor que se ahorrara en la factura mensualmente al implementar el prototipo de planta de tratamiento de aguas grises en la vivienda es de \$ 24.561.

Recuperación de la inversión

Después de conocer el valor que se ahorrara por mes, se realizó el cálculo para saber en cuanto tiempo se recuperara el monto invertido en la construcción del prototipo, pues según Simón [21], este es un parámetro muy importante para determinar la viabilidad de un proyecto. Ahora bien, el mes donde se habrá recuperado el costo de inversión será el mes 59 que corresponde a aproximadamente 5 años.

IMPACTO AMBIENTAL

El desarrollo de este proyecto implica la posibilidad de contribuir con el problema medioambiental de desperdicio de agua, pues cada vez es más evidente que este líquido se agota y nos afecta directamente. De esta manera, el ahorro de agua que se tendría si se lograra implementar en la totalidad de las viviendas sería considerable, pues se aportaría en la conservación del agua y se reduciría en parte dicho problema, además, se lograría ser uno de los municipios en Colombia con mayor consciencia ante esta problemática y un ejemplo a seguir.

Tabla 3. Ahorro de Agua Mensual en el Municipio

Mes	Consumo total suscriptores (L)	Consumo total suscriptores con prototipo (L)	Ahorro de agua (L)
1	213662	150140	63522
2	427324	300281	127043
3	640986	450421	190565
4	854648	600561	254087
5	1068311	750702	317609
6	1281973	900842	381130
7	1495635	1050983	444652
8	1709297	1201123	508174
9	1922959	1351263	571696
10	2136621	1501404	635217
11	2350283	1651544	698739
12	2563945	1801684	762261

Fuente: elaboración propia

Con esto se evidencia un ahorro anual de 762.261 m³ de agua en el municipio, lo que equivale a llenar 305 piscinas olímpicas, esto suponiendo que la totalidad de los suscriptores implementaran la planta de tratamiento de agua gris.

CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua como lo dicen las políticas para el suministro de agua potable según el CONPES [22], son las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del elemento, que hacen que sea apto para un uso determinado y no lo sea para otro. Es evidente que no es necesario que reúna los mismos requisitos un agua destinada al consumo humano que una destinada al riego; para este caso la calidad del agua tratada por el prototipo es de mayor importancia para la actividad de riego de plantas, pues estas pueden verse afectadas por pH muy altos y/o bajos.

Con el objetivo de conocer si el pH del agua tratada es adecuado para el riego de platas, se realizaron varias pruebas de pH y pruebas de medición del nivel de cloro, pues este es otro factor que puede afectar algunas plantas.

Tabla 4. Resultados Pruebas de Ph

Dia	Pruebas de pH en agua no tratada			Pruebas de pH en agua tratada		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
1	8,2	8,2	8,2	6,8	6,8	6,8
3	8,2	8,2	8,2	6,8	6,8	7,2
7	8,2	8,2	8,2	6,8	6,8	6,8
11	8,2	8,2	8,2	7,2	6,8	6,8
14	8,2	8,2	8,2	6,8	6,8	6,8

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Resultados Pruebas de Cloro

Dia	Pruebas de cloro en agua no tratada			Pruebas de cloro en agua tratada		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
1	0,2	0,2	0,2	0	0	0
3	0,2	0,2	0	0	0	0
7	0	0,2	0,2	0	0	0
11	0,2	0	0,2	0	0	0
14	0,2	0,2	0,2	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en las tablas anteriores, se realizaron pruebas en diferentes días, y en cada uno de estos días se realizaron 3 pruebas a diferente hora del día con el fin de ver la variación del pH.

La repetición de los datos obtenidos del nivel de pH y de cloro, se debe principalmente al reducido número de opciones de la prueba que se utilizó, pues cuenta solo con 5 valores y colores para la identificación del pH los cuales son: 6,8 – 7,2 – 7,6 – 7,8 – 8,2 (escala de pH) y 0,2 – 0,6 – 1 – 1,5 – 3 (escala para el nivel de cloro). Esto puede hacer que los valores obtenidos no sean los acertados y se vea reflejado en la mal interpretación de los datos.

Según Medina et al. [23] el rango óptimo del pH para que las plantas no se vean afectadas es de 6.5 a 7.5, y el agua tratada por el prototipo según las pruebas antes mostradas tiene un pH final de 6,8. Este valor está dentro del rango optimo, por tanto, la calidad del agua final no tendrá afectaciones en las plantas.

CONCLUSIONES

Con la ejecución del proyecto, se pudo evidenciar que se cumplieron los objetivos propuestos, pues se logró la construcción y puesta en marcha del prototipo. Además, se obtuvieron muy buenos resultados en cuanto cantidad de agua tratada (mensualmente el prototipo puede tratar 11.873 litros de agua gris) e impacto ambiental se refiere, para este último se estima que el agua tratada anualmente sería la equivalente para llenar 305 piscinas olímpicas (suponiendo que la totalidad de los suscriptores implementaran el proyecto), siendo este un ahorro importante y un excelente aporte medioambiental.

El prototipo de planta de tratamiento de aguas grises para viviendas propuesto, es una alternativa económica y eficaz, dado que éste genera un factor de retorno o de ahorro de agua de 29,73 % logrando una reducción considerable en el consumo de agua, y esto hace que disminuya el valor del servicio de acueducto y alcantarillado (el ahorro monetario mensual en el servicio de acueducto y alcantarillado es de \$ 24.561), pero también y más importante, se contribuye con la conservación y reutilización de tan preciado recurso.

Teniendo en cuenta el costo total del proyecto, se estima que en 59 meses (aproximadamente 5 años) se recuperará la inversión inicial. Esto genera que al ser un costo tan bajo y una recuperación de la inversión tal larga, el proyecto sea inviable económicamente, pues las ganancias económicas serán pocas y a largo plazo. Ahora bien, lo verdaderamente viable e importante, aporte esta en lo ambiental, teniendo en cuenta que, podría reducir en gran medida el consumo anual de agua del municipio (se podrían reducir hasta 762.261 litros de agua al año).

Se pudo evidenciar que el tiempo de retención hidráulico del prototipo (15 horas y 27 min aprox.), fue suficiente para obtener una muy buena y adecuada calidad de agua tratada, pues las mediciones de pH inicial comparadas con las de pH de salida muestran claramente una disminución en la alcalinidad del líquido, volviéndose más neutro. También se observó disminución en las partículas sólidas gracias a

los filtros en malla y filtros de grava, arena y carbón; además, el uso de plantas acuáticas como la *Eichhornia crassipes* nombre científico de la planta utilizada (comúnmente llamada buchón de agua o pato de agua) para la depuración y oxigenación del agua, fue de gran importancia para la calidad del agua haciendo que se conservara sin malos olores.

REFERENCIAS

- [1] M. Sommer, *Agua: Despilfarro, escasez y contaminación* [online]. Alemania: 2002 Disponible en: https://www.ecoportal.net/temas-especiales/agua/agua_despilfarro_escasez_y_contaminacion/
- [2] L. Allen, Manual de diseño para manejo de aguas grises, *"Greywater action" vol. 2*, pp. 2-5, abr. 2015.
- [3] T. Bigorda, El problema de la contaminación del agua, *"Kaosenlared" vol. 15*, pp. 1, jun. 2017.
- [4] J. M. Lizarazo, M. I. Orjuela, "Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia" (Especialización), Dep. Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 2013.
- [5] D. Robinson, J. White, R. González, Planta de tratamiento de aguas residuales DULCES NOMBRES, *"Burns & McDonnell Eng. Comp."*, pp. 2-5, May. 2014.
- [6] N. Benítez, *Acrílico ofrece una resistencia que no iguala a ningún otro material plástico* [online]. Colombia: 2015 Disponible en: <http://www.metacrilatos.net/2015/04/acrilico-ofrece-una-super-resistencia.html>
- [7] V. M. Oropeza, "Parque reserva, Península del Carrizal" (Pregrado), Dep, Arquitectura, Universidad de las Américas Puebla. México. 2004
- [8] R. S. Ramalho, "Pretratamientos y tratamientos primarios", Tratamiento de aguas residuales, Primera ed. Quebec, Canadá; Editorial Reverté S.A., 2003, pp. 91-102.
- [9] D. Hernández, S. Sánchez, "Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para

el municipio de San Marcos – Departamento de sucre,” *Revista de arquitectura U. Católica*, pp. 2-4, Feb. 2015.

[10] J. F. Alvarado, J. E. Ramos, “Estado del arte de las estructuras: Trampa de grasa y desarenadores en sistemas de alcantarillado” (Pregrado), Dep. Ingeniería, Universidad de la Salle, Colombia. 2010.

[11] T. Pérez, Agua potable sin químicos, “*El tiempo*” dic. 1996.

[12] J. Fernández, E. Beascochea, J. Muñoz, D. Curt, *Manual de Fito depuración de macrofitas en flotación* [online]. España: 2005 Disponible en: <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%201%20a%202.pdf>

[13] J. E. Arana, “Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca” (Pregrado). Dep. Ingeniería, Universidad del Valle, Colombia 2016.

[14] J. Lozano, “Plan de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV,” Alcaldía de Granada Meta, 2015

[15] DANE, “Proyección de población granada Meta,” Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2015.

[16] *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000)*, Ministerio de desarrollo económico. 2000.

[17] *Resolución 0330 por la cual se adopta el RAS 2000 y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009*, Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017.

[18] E. Balaquer, “Estudio de la influencia del tiempo de retención hidráulico en un reactor biológico secuencial (SBR) de depuración de aguas residuales procedentes de una tenería y optimización de la fase de sedimentación” (Maestría), Dep. de Ingeniería química y nuclear, Universidad Politécnica de Valencia. España. 2008.

[19] *Código Colombiano de fontanería, Norma técnica colombiana (NTC 1500)*, Icontec internacional. 2004.

[20] H. A. Rodríguez, “Etapas de diseño del sistema de agua potable para una edificación,” Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones, Primera ed. Bogotá, Colombia; Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, pp. 85-92.

[21] P. Simón, El retorno de la inversión (ROI) en los eventos, herramienta imprescindible para la evaluación del éxito, “COMPE,” jul. 2014.

[22] *Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural*, CONPES. 2004.

[23] E. K. Medina, O. R. Mancilla, M. M. Larios, R. D. Guevara, J. L. Olguín, O. B. García, Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxacuesco, Jalisco, “IDESIA” vol. 34, N° 6, pp. 51-59, dic. 2016.

[24] Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Impacto ambiental*. Recuperado de: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/impacto_ambiental

[25] D. Gómez, “Evaluación de impacto ambiental,” Evaluación de impacto ambiental, 2.ª ed. Madrid, España; Editorial Mundi-Prensa, 2003, pp. 169-515