

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE
RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO AGUAS LLUVIAS EN CASA MULTIFAMILIAR
PARA USO DOMÉSTICO EN EL BARRIO CONSUELO LOCALIDAD DE RAFAEL
URIBE URIBE

LEIDY JOHANA CASTELLANOS RINCÓN

CAMILO ANDRÉS GARCÍA PARRA



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

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE
RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO AGUAS LLUVIAS EN CASA MULTIFAMILIAR
PARA USO DOMÉSTICO EN EL BARRIO CONSUELO LOCALIDAD DE RAFAEL
URIBE URIBE

LEIDY JOHANA CASTELLANOS RINCÓN

CAMILO ANDRÉS GARCÍA PARRA

Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Ingeniero(a) Civil

Directora
Paula Andrea Villegas González
Ingeniera Civil



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2015



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

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, Julio 03 de 2015

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	13
2	ANTECEDENTES	14
3	OBJETIVOS	15
3.1	OBJETIVO GENERAL	15
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
5	ESTADO DEL ARTE SOBRE MANEJO DE AGUAS LLUVIAS.....	17
5.1	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE.	17
5.2	SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA VIVIENDA URBANA.....	18
5.3	HISTORIA DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUAS LLUVIAS.....	19
5.4	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD DE LA ESCORRENTÍA PLUVIAL SOBRE TEJADOS PARA SU POSIBLE APROVECHAMIENTO EN ZONAS PERIURBANAS DE BOGOTÁ	19
5.5	APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA PARA RIEGO Y LAVADO DE ZONAS DURAS Y FACHADAS EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA (BOGOTÁ)	20
5.6	IDEAS GENERALES SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.....	21
5.7	INFLUENCE OF THE FLOW CONTROL IN THE FILTRATION PROCESS IN DRINKING WATER TREATMENT – INFLUENCIA DEL CONTROL DE FLUJO SOBRE EL PROCESO DE FILTRACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	21
6	NORMATIVIDAD.....	23
7	CARACTERIZACION COMUNIDAD BARRIO EL CONSUELO	28
7.1	ANALISIS SOCIOECONÓMICO.....	30
7.2	CONSUMO DE AGUA.....	31
7.3	EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	31
7.3.1	PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES.....	32
7.3.2	PARTICULAS CUYO TAMAÑO NO EXCEDE LAS 10 MICRAS.....	32
7.3.3	MONOXIDO DE CARBONO	32
7.3.4	METANO.....	32
8	SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS.....	34

8.1	SISTEMA DE RECOLECCION	34
8.2	SISTEMA DE DISTRIBUCION	37
8.3	CALIDAD DEL AGUA RECOLECTADA	37
8.3.1	TURBIDEZ	39
8.3.2	pH.....	41
8.3.3	CONDUCTIVIDAD	43
8.3.4	OXIGENO	44
8.3.5	TEMPERATURA	45
8.3.6	SOLIDOS	47
8.3.7	SALINIDAD	48
8.3.8	COLOR	49
8.3.9	HIERRO	51
8.3.10	ALCALINIDAD.....	52
8.3.11	ALUMINIO.....	55
8.3.12	DUREZA	56
9	DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	58
9.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	58
9.1.1	DESCRIPCIÓN DEL FILTRO.....	59
9.2	ELABORACION FILTRO NATURAL	60
9.3	MONTAJE DEL FILTRO	63
9.4	CALIDAD DEL AGUA FILTRADA.....	67
9.5	CUADRO COMPARATIVO CALIDAD DEL AGUA FILTRADA	75
10	DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS	76
10.1	PROPUESTA DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS 76	
11	CONCLUSIONES	78
12	BIBLIOGRAFIA.....	81

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Normas de Calidad de Agua Potable según decreto 475/98. Fuente Tabla C 2.2. RAS-2000.....	27
Tabla 2 Análisis socioeconómico	30
Tabla 3 Consumo de agua per cápita localidad N°18 periodo 2003-2005	31
Tabla 4 Parámetros de la norma para evaluación de gases contaminantes.....	32
Tabla 5 Emisiones atmosféricas per cápita localidad N°18 (toneladas/habitante/año) año 2002	33
Tabla 6 Comparativo calidad de agua filtrada.....	75

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1 Ubicación localidad Rafael Uribe Uribe.....	28
Imagen 2 Ubicación barrio El Consuelo	29
Imagen 3 Área de afectación UPZ N°54 Marruecos	29
Imagen 4 Propuesta Filtro Natural	59
Imagen 5 Prototipo Diseño Filtro Natural	60
Imagen 6 Diagrama Ramal Adicional Para BALL	77
Imagen 7 Prototipo Sistema de Distribución Aguas Lluvias	77

LISTADO DE FOTOS

Foto 1 Sistema de recolección N°1.....	34
Foto 2 Instalaciones caneca de recolección	35
Foto 3 Acumulación de impurezas sistema recolección N°1	35
Foto 4 Sistema de recolección N°2.....	36
Foto 5 Acumulación de impurezas sistema recolección N°2	36

Foto 6 Sistema de distribución.....	37
Foto 7 Muestra N°1.....	38
Foto 8 Muestra N°2.....	39
Foto 9 Pruebas de turbidez Muestra N°1	40
Foto 10 Resultados pruebas de turbidez Muestra N°1	40
Foto 11 Pruebas de turbidez Muestra N°2.....	41
Foto 12 Resultados pruebas de turbidez Muestra N°2	41
Foto 13 Resultados pruebas de pH Muestra N°1.	42
Foto 14 Resultados pruebas de pH Muestra N°2	43
Foto 15 Resultados pruebas de conductividad Muestra N°1	44
Foto 16 Resultados pruebas de conductividad Muestra N°2.	44
Foto 17 Resultados pruebas de oxigeno Muestra N°1.....	45
Foto 18 Resultados pruebas de oxigeno Muestra N°2.....	45
Foto 19 Resultados pruebas de temperatura Muestra N°1	46
Foto 20 Resultados pruebas de temperatura Muestra N°2.....	46
Foto 21 Resultados pruebas de solidos Muestra N°1	47
Foto 22 Resultados pruebas de solidos Muestra N°2.....	48
Foto 23 Resultados pruebas de salinidad Muestra N°1	49
Foto 24 Resultados pruebas de salinidad Muestra N°2	49
Foto 25 Resultados pruebas de color Muestra N°1	50
Foto 26 Resultados pruebas de color Muestra N°2	50
Foto 27 Resultados pruebas de hierro Muestra N°1	51
Foto 28 Resultados pruebas de hierro Muestra N°2.....	52
Foto 29 Pruebas de alcalinidad Muestra N°1.....	53

Foto 30 Pruebas de alcalinidad Muestra N°2.....	53
Foto 31 Resultados pruebas de alcalinidad Muestra N°1.	54
Foto 32 Resultados pruebas de alcalinidad Muestra N°2.	54
Foto 33 Resultados pruebas de aluminio Muestra N°1.....	55
Foto 34 Resultados pruebas de aluminio Muestra N°2.....	56
Foto 35 Resultados pruebas de dureza Muestra N°1	57
Foto 36 Resultados pruebas de dureza Muestra N°2.	57
Foto 37 Arena de río	61
Foto 38 Carbón activado.....	61
Foto 39 Gravilla.....	62
Foto 40 Materiales sintéticos: Geotextiles	62
Foto 41 Prototipo del filtro natural.....	63
Foto 42 Instalación material sintético.....	64
Foto 43 Ubicación de arena	65
Foto 44 Ubicación carbón activado.....	65
Foto 45 Ubicación malla de tela.....	66
Foto 46 Ubicación Gravilla.....	66
Foto 47 Montaje final filtro natural.....	67
Foto 48 Resultados pruebas de conductividad	67
Foto 49 Resultados pruebas de Temperatura	68
Foto 50 Resultados pruebas de sólidos.....	68
Foto 51 Resultados pruebas de salinidad.....	69
Foto 52 Resultados pruebas de pH	69
Foto 53 Resultados pruebas de porcentaje de oxígeno.....	70

Foto 54 Resultados pruebas de dureza	70
Foto 55 Resultados pruebas de color	71
Foto 56 Resultados pruebas de Hierro	71
Foto 57 Resultados pruebas de aluminio.....	72
Foto 58 Resultados pruebas de dureza cálcica	72
Foto 59 Resultados pruebas de dureza magnésica.....	73
Foto 60 Ensayo conos de Imhoff	73
Foto 61 Resultado ensayo conos de Imhoff.....	74

GLOSARIO

AGUAS PLUVIALES: El agua de la lluvia que fluye a través de la superficie de la tierra, en vez de penetrar directamente en ella; llegando finalmente en un río, lago, arroyo, etc.; llevando consigo una variedad de contaminantes y sedimentos de la tierra.

BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS: Tubería vertical encargada del manejo de aguas lluvias. Por medio de esta el agua es transportada al sistema de alcantarillado.

ESTÁNDARES DE CALIDAD: Se hace referencia a las características óptimas con las que debe contar el agua, dependiendo del uso para el cual se desee emplear.

FILTRO DE TRATAMIENTO: Herramienta utilizada para realizar purificación de agua, eliminando la mayor cantidad de impurezas que está presente.

PRACTICAS EMPÍRICAS: Conocimientos adquiridos por medio de la experiencia adquirida al realizar una acción de manera repetitiva.

PRECIPITACIONES: “El uso más frecuente de precipitación se halla en el ámbito de la meteorología y nombra al agua que cae a la superficie terrestre desde la atmósfera. La lluvia, el granizo y la nieve, en este sentido, son tipos de precipitación”.

PROTOTIPO: “Procede de la lengua griega. Este término se emplea para nombrar al primer dispositivo que se desarrolla de algo y que sirve como modelo para la fabricación de los siguientes o como muestra. Lo habitual es que un prototipo se emplee a modo de prueba antes de proceder a la producción”

RECURSO HÍDRICO: “Cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. El problema es que, aunque en su mayoría son recursos renovables, la sobreexplotación y la contaminación que provocan diversas actividades humanas hacen que los recursos hídricos estén en riesgo. Su capacidad de regeneración muchas veces no resulta suficiente ante el ritmo de uso”.

RESUMEN

Con el fin de aprovechar el recurso hídrico obtenido por medio de precipitaciones, se planteó la opción de creación de un sistema de recolección de aguas lluvias para que este sea reutilizado en labores domésticas y que con la implementación de un filtro, el agua obtenida tuviera una calidad similar a la del agua procesada en plantas de tratamiento de agua potable. Aun así, a pesar de que los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de agua antes y después de ser utilizado el filtro, no se recomienda que el agua obtenida tenga como destino el consumo humano, ya que no todos los microorganismos son eliminados y algunos de ellos pueden acarrear problemas a la salud.

Aun así, se encontró que resulta siendo una solución muy efectiva en términos económicos y medioambientales considerando inicialmente que la implementación del sistema en el área de estudio del proyecto, el cual fue realizado en el barrio Consuelo de la localidad Rafael Uribe Uribe de la ciudad de Bogotá, genera una reducción en el consumo del recurso, por lo tanto representa una disminución significativa en el precio que pagan los usuarios por la prestación del servicio de agua potable, y medioambiental debido a que el aprovechamiento del recurso hídrico obtenido por precipitaciones genera beneficios considerando que de acuerdo a estudios realizados por organizaciones internacionales como Greenpeace, OEI (Organización de Estados Iberoamericanos), WWF (World Wide Found for Nature), entre otras, han demostrado que se ha presentado una reducción significativa en los niveles de agua dulce, por lo cual el sistema propuesto presenta una alternativa para reutilizar este recurso y del mismo modo disminuir la acelerada reducción en los niveles de agua dulce disponible.

1 INTRODUCCION

En el actual informe se presenta la investigación de trabajo de grado realizada por alumnos de la universidad Católica de Colombia, durante el primer semestre de año 2015, para optar al título de Ingenieros Civiles

Su enfoque está basado en la implementación de agua lluvia para uso doméstico en viviendas multifamiliares, en el barrio consuelo de la localidad Rafael Uribe Uribe, ubicada al sur de Bogotá. Este proceso se realizó por medio de una propuesta para un sistemas de distribución de aguas lluvias. También se proyectó por medio de un prototipo, el filtro de tratamiento para lograr los estándares de calidad requeridos para el uso deseado.

El desarrollo de este trabajo se encaminó principalmente en cuatro capítulos en los cuales se pretende abarcar de forma general los estudios que influyen en el progreso y puesta en marcha de la implementación del sistema propuesto.

Inicialmente se realizó un análisis de la normatividad existente a nivel nacional e internacional, para considerar los aspectos más relevantes en el tratamiento de aguas lluvias y los beneficios que con la ejecución de este tipo de procedimientos, se pueden ofrecer a las familias y comunidades que cuenten con tales sistemas.

Seguido a esto, se realizó la caracterización de la comunidad o área de estudio, en el cual se pretende implementar inicialmente el sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias, para de esta forma tener un conocimiento más amplio de la población que se puede beneficiar con el sistema a desarrollar.

En tercera medida se realiza un estudio del sistema actual de recolección de aguas lluvias que se resume como la forma en que actualmente las familias del barrio Consuelo captan el agua de las precipitaciones con el fin de utilizarla en sus labores domésticas.

Finalmente, se describió en detalle el planteamiento y la descripción del sistema de recolección o captación del agua y a su vez el diseño del filtro que permitirá la obtención de agua de mejor calidad para su aprovechamiento por la comunidad para la cual se realizó el estudio.

2 ANTECEDENTES

En una de las localidades más vulnerables del sur Bogotá como lo es Rafael Uribe Uribe específicamente el barrio Consuelo, es común la utilización de aguas lluvias para usos domésticos como lavado de piso y descargas sanitarias. La principal estimulación de esta práctica es por factores económicos debido a que en dichas poblaciones es común encontrar entre dos y tres familias por casa. Sin embargo esta práctica se hace sin ninguna precaución, con métodos que la misma comunidad ha desarrollado en el transcurso del tiempo.

Una de las maneras más comunes de recolección de aguas lluvias es por medio de canecas plásticas de gran tamaño las cuales son localizadas en las bajantes de aguas lluvias de dichas viviendas, de allí es destinada sin ningún tratamiento a los usos domésticos anteriormente mencionados. Es evidente que la falta de tratamiento puede ocasionar problemas de salud a las familias que realizan estas prácticas, ya que el agua allí recolectada llega con todas las impurezas propias de la polución depositada en los tejados, al igual que de los residuos de diferentes animales que circulan por allí como lo son aves y roedores. Sumándole a esto, las canecas muchas veces no son desocupadas en su totalidad el mismo día que se generaron las lluvias, dejándolas en reposo. Estas son utilizadas posteriormente o en algunas ocasiones al generarse nuevamente las precipitaciones donde se mezclan las aguas lluvias allí contenidas, Otra particularidad de este proceso es el mantenimiento de las canecas las cuales se deben lavar periódicamente debido a que en su base se acumulan las partículas sólidas que trae el agua lluvia exponiéndose así una vez más la salud de quienes manipulan este líquido.

Los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia, Por medio de esta investigación quiere proponer a la comunidad una forma práctica y económica que pueda emplearse para el manejo de aguas lluvias, ya que se sobreentiende que no se realiza este tipo de tratamiento tanto por desconocimiento del mismo como de los riesgos a los cuales se exponen. Otro de los principales inconvenientes que se tiene es la apatía de las personas para implementar sistemas de tratamiento a causa del costo de inversión que pueda generar, una práctica que es gratuita para la mayoría.

Tomando como referencia los diferente artículos de investigación previamente consultados se evidencia un interés por la reutilización de aguas lluvias en diferentes áreas, el factor común encontrado es favorecer no solo al medio ambiente sino también a la comunidad.

De esta manera y teniendo en cuenta los antecedentes presentado se quiere concienciar a las personas de las precauciones que deben tener al realizar la reutilización de aguas lluvias, y proponer una solución eficaz y económica de fácil acceso y manejo.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema reutilización del agua lluvia en áreas urbanas proponiendo un sistema económico y eficiente para así dar un adecuado uso y tratamiento de la misma.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar el sistema actual de recolección implementado por la comunidad del barrio Consuelo.
- Diseñar e implementar el sistema de tratamiento para las aguas lluvias recolectadas
- Proponer un sistema de recolección de aguas lluvias para viviendas multifamiliares en el barrio Consuelo de la localidad Rafael Uribe Uribe por medio de diseños virtuales y prototipo a escala.

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las practicas empíricas de recolección de aguas lluvias ha tenido gran acogida en los barrios del sur de Bogotá debido a que esto genera un ahorro en la utilización de agua potable la cual se ve reflejada cada mes en la factura del servicio público. Esta investigación se enfoca específicamente en el barrio Consuelo de la localidad Rafael Uribe Uribe donde la comunidad ha adoptado este sistema de recolección sin ningún tipo de precaución.

Como se mencionó anteriormente el principal propulsor de este practica es el ahorro económico generado por la recolección de aguas lluvias, ya que esta medida ayuda de gran forma a muchas familias de bajos recursos quienes encontraron en esta un apoyo para sus problemas financieros. Sin embargo esto también es la desventaja más grande al momento de plantear un adecuado uso de estas aguas ya que por bajo que sea el costo para el tratamiento del mismo es un gasto adicional que no está contemplado.

Es por esto que se debe concientizar a las personas de los riesgos que corren al no hacer un uso adecuado del recurso hídrico, y plantear una solución eficiente para la comunidad.

La problemática que se quiere abordar es: ¿Cómo proporcionar a las comunidades un sistema de tratamiento eficiente y económico, que adopten de forma masiva?

5 ESTADO DEL ARTE SOBRE MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

A continuación se presenta un breve resumen de diversas fuentes de información consultadas, estas se tomaron como textos guía para el desarrollo del presente trabajo. Los artículos consultados ofrecen información histórica, técnica y de aplicación, referente a los procesos de reúsos de aguas lluvias.

5.1 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE.

El aprovechamiento de agua lluvia es un método interesante tanto ambientalmente como económicamente; debido a que las cuencas hidrográficas no alcanzan a suministrar agua en todos los países, ciudades y pueblos. En este artículo se presenta una propuesta para economizar la cantidad de agua consumida al mes en una institución del municipio de Caldas, Antioquia. Por ende el pago del agua potable disminuiría. Se presenta un análisis técnico y económicamente del aprovechamiento de aguas lluvias. Los resultados de los estudios realizados para el aprovechamiento de agua lluvia son técnicamente viables; pero financieramente la inversión es muy alta y se recuperaría seis años después de contemplado el proyecto. Una de las opciones que se puede dar para realizar el proyecto es por patrocinadores que quieran ayudar financieramente al colegio, con el fin de que el dinero el cual se ahorraría mensualmente sea invertido en infraestructura o útiles para los estudiantes.¹

Para el sistema de recolección propuesto, es necesario identificar los niveles de precipitación anuales para estimar el volumen de recurso a recuperar y de esta forma diseñar el tanque de almacenamiento que cuente con la capacidad suficiente para este fin, pero del mismo modo, es importante considerar que a pesar de los niveles de precipitación registrados, hay picos de consumo en el año, y teniendo en cuenta que el sistema propuesto principalmente se enfoca en la recolección y utilización de aguas lluvias para una institución educativa, habrá periodos en el año que no tendrán un alto consumo, como durante los meses de Diciembre, Enero, Junio y Julio.

Cabe aclarar que debido a que la propuesta presentada, se está considerando únicamente la utilización de aguas lluvias como recurso principal, no se obvia la utilización del agua potable como fuente de adquisición del agua, por lo cual, se seguirá contando con la prestación del servicio por parte de la empresa de servicios públicos correspondiente.

¹ Palacio Castañeda, Natalia., [En línea]. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia con alternativa para el ahorro de agua potable. Gestión y Ambiente. 2010. Vol. 13; no. 2; pp 25-39. Consultado Febrero 04 de 2015. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25392/25903>

Debido a que previamente se contaba con un sistema de distribución para el agua potable, es necesario considerar un sistema de distribución alternativo para evitar que se mezclen las aguas lluvias con el agua potable, sin que esto implique la instalación de una nueva red, únicamente se debe considerar la unión de los dos sistemas.

Se evidencia el interés que genera la reutilización de aguas lluvia para usos no potables, debido al aporte ambiental, sin embargo se sobrepone la parte económica haciendo de este proceso algo ineficiente. Se tomaran como guía la metodología utilizada para hallar el caudal de captación.

5.2 SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA VIVIENDA URBANA

Se estudian los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en viviendas urbanas en lugares con deficiencias en el suministro. La metodología abarca dos etapas factibilidad técnica y factibilidad financiera. Allí se estudia si es viable o no el sistema. Este sistema consiste en aprovechar el agua que precipita sobre las cubiertas sean de casas, centros comerciales, bodegas y otras. Se divide en dos sistemas. El económico donde el agua es captada e inmediatamente es utilizado. El costoso y complejo donde se realizan diseños para captar, tratar, almacenar y distribuir el agua para las necesidades en la edificación. Estas instalaciones hidráulicas van paralelas a las redes de agua potable².

Es necesario en este caso la inserción de este sistema a la red de distribución existente de tal manera que siempre se cuente con la disponibilidad del recurso hídrico, ya sea por su obtención por la empresa de servicios públicos de la región o por la implementación del sistema de almacenamiento de aguas lluvias para de esta forma garantizar su suministro.

De esta forma, no solo se optimiza el sistema de abastecimiento hídrico ya sea a viviendas, oficinas, centros de comercio, etc., sino que también se presenta como alternativa para la disminución en los costos de la obtención de este recurso, lo cual resulta conveniente en los sectores menos favorecidos de la comunidad, ya que pueden contar con el suministro de agua sin depender totalmente de la empresa de servicios públicos, y al mismo tiempo, generando un ahorro en sus recursos económicos.

² Palacio Castañeda, Natalia., [En línea]. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia con alternativa para el ahorro de agua potable. Gestión y Ambiente. 2010. Vol. 13; no. 2; pp 25-39. Consultado Febrero 04 de 2015. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25392/25903>

Este artículo es un claro ejemplo de las diferentes formas que se podrían implementar para lograr la reutilización de recursos hídricos, también evidencia la problemática económica que se presenta al realizar este tipo de prácticas.

5.3 HISTORIA DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUAS LLUVIAS.

El almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias se ha venido presentando alrededor de 4000 A.C. La historia de la captación, almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias viene desde hace mucho tiempo debido a la inexistencia de una red de acueducto. Esta realiza el tratamiento de purificación y distribución del agua de las cuencas hidrográficas hasta cada uno de los hogares. Las metodologías se están implementando en diferentes lugares del mundo iniciando por la captación y almacenamiento de aguas lluvias, debido a las necesidades de la sociedad (demanda de agua) en muchos lugares donde no existe una red de acueducto, la calidad de agua es muy baja y el acceso al agua potable es muy costoso. Debido a estas u otras condiciones obligan a la sociedad a utilizar estas metodologías³.

Las prácticas de recolección de aguas lluvias se ven presentes desde hace varias décadas. Y se siguen realizando sin ninguna precaución. Pero se debe considerar que las condiciones ambientales a la que ahora estamos expuestos son más perjudiciales para la salud que en la antigüedad. Se puede tomar como referencia histórica los casos expuestos en este artículo. Sin embargo los métodos anteriormente empleados se han vuelto obsoletos para la mayoría de los procesos de purificación.

5.4 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD DE LA ESCORRENTÍA PLUVIAL SOBRE TEJADOS PARA SU POSIBLE APROVECHAMIENTO EN ZONAS PERIURBANAS DE BOGOTÁ

Debido a la necesidad que presenta la comunidad a la reutilización de aguas lluvias evidenciada con la continua recolección de este recurso, estudiantes de la universidad Javeriana (Bogotá-Colombia) realizaron estudios de calidad para las aguas lluvias en dos barrios del sur de Bogotá (Kennedy y Soacha). Estos estudios se efectuaron teniendo en cuenta no solo la recolección inadecuada de este recurso si no también los diferentes contaminantes identificados en el sector debidos a la alta contaminación generada por las industrias que allí se localizan. Los resultados arrojados por las diferentes pruebas realizadas a las muestras recolectadas arrojan datos no favorables ya que no es adecuada para el consumo

³ Ballén Suárez, José Alejandro., Galarza García, Miguel Ángel., Ortiz Mosquera, Rafael Orlando. [En línea]. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua. 5 a 7 de Junio de 2006. Consultado Febrero 04 de 2015. Disponible en <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/sereea/6sereea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

humano, tampoco para descargas sanitarias, sin embargo se podría utilizar para diferentes usos domésticos.⁴

Se tomarán como base los estándares de calidad requeridos, de acuerdo al estudio realizado en esta investigación esto permitirá combatir los contaminantes existentes en los tejados y sistemas de recolección, también los presentes en el ambiente, generados por los diferentes tipos de contaminación. De esta forma se determinara el uso que se le podrá dar al recurso hídrico una vez tratado.

5.5 APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA PARA RIEGO Y LAVADO DE ZONAS DURAS Y FACHADAS EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA (BOGOTÁ)

Al igual que en artículos ya mencionados, estudiantes de la Universidad Javeriana realizaron trabajos de investigación para reutilización de agua lluvia. En este artículo se realiza el estudio de recolección y almacenamiento de aguas lluvias para su uso posterior en riego, lavado zonas exteriores y duras, dando una opción muy válida para dejar de utilizar un recurso tan valioso como el agua potable en actividades que no la requieren. Realizaron estudios alrededor de todo el campus, dividiéndolo por zonas y recolectando información de dos de ellas, con los diferentes datos obtenidos determinaron que el agua era apta para riego y uso doméstico pero no podía tener contacto con las personas. Su almacenamiento lo realizaron en un tanque existente, el cual modificaron para suplir las nuevas necesidades. Esta práctica es beneficiosa en cuanto la parte económica y ambiental.⁵

El estudio realizado es válido para grandes zonas, sin embargo en áreas residenciales se debe manejar de diferente forma. Debido a que las necesidades varían significativamente, además de esto el volumen de agua a tratar es inferior por lo tanto el proceso se maneja con mayor control. Se tomaran en cuenta los estándares de calidad trabajados.

⁴ Torres, Andrés., Méndez Fajardo, Sandra., López Kleine, Liliana., Marín, Valentina., González, Jorge Andrés., Suárez, Juan Camilo., Pinzón, Julián David., Ruíz, Alejandra. [En línea]. Evaluación Preliminar De La Calidad De La Escorrentía Pluvial Sobre Tejados Para Su Posible Aprovechamiento En Zonas Periurbanas De Bogotá. Rev. UDCA Act. & Div. Cient. 14(1), pp 127-135. 2011. Consultado Febrero 04 de 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n1/v14n1a16.pdf>

⁵ Lara Borrero, Jaime Andrés., Torres Abello, Andrés Eduardo., Campos Pinilla, María Claudia., Duarte Castro, Leonardo., Echeverri Robado, Jairo Iván., Villegas González, Paula Andrea. [En línea]. Aprovechamiento del agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana. pp 193 – 202. 2007. Consultado Febrero 04 de 2015. Disponible en <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/929>

5.6 IDEAS GENERALES SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS

La información consignada en el libro titulado: aprovechamiento de aguas lluvias, da varios lineamientos de cómo, y dónde reutilizar este recurso, nos dan parámetros de cómo realizar un adecuado uso de las misma y los beneficios que este ejercicio nos aporta. Este texto guía es una gran orientación para la adecuada utilización del agua lluvia. Ya que no solo nos dicen los beneficios que se tiene con su reutilización, también nos dan las indicaciones de los diferentes contaminantes a los que es expuesta el agua lluvia.

Este texto es sin duda uno de los principales lineamientos que se utilizaran. Ya que en este presentan una forma práctica de manejo de aguas lluvias. Dan un enfoque de los parámetros que se deben trabajar. Se encontrara una guía de cómo realizar la adecuada captación, recolección y distribución del recurso hídrico. Un gran inconveniente de este texto es que está enfocado hacia la parte de jardinería, y lavado de zonas duras. Se requiere hacer una adaptación de los sistemas implementados, para cumplir con los requerimientos de la investigación que se realizará en el presente trabajo.

5.7 INFLUENCE OF THE FLOW CONTROL IN THE FILTRATION PROCESS IN DRINKING WATER TREATMENT – INFLUENCIA DEL CONTROL DE FLUJO SOBRE EL PROCESO DE FILTRACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

Teniendo en cuenta la importancia del agua en el consume humano y la importancia de darle un debido tratamiento para potabilizar este recurso, es conveniente anotar que factores como el del nivel de pureza del recurso (sea agua clarificada o agua cruda), deben ser tenidos en cuenta luego de haberse llevado a cabo el proceso de filtración.

Es necesario en esta misma evaluación, tener en cuenta al momento de los ensayos los flujos de agua, si estos son variables o constantes y su tasa de variabilidad, y del mismo modo, controlar periódicamente la influencia del flujo en el filtro y su desempeño en el proceso de filtración.⁶

Es importante considerar aspectos como el de la variación del flujo hidráulico, teniendo en cuenta que de acuerdo a los cambios climáticos es posible tener una mayor o menor captación de aguas lluvias que puedan ser tratadas por medio del filtro implementado, y del mismo realizar una verificación y chequeo del correcto

⁶ Perea, Torres, L.; Torres-Lozada, P., And Cruz-Vélez, C. Influence Of The Flow Control (Declining Rate – Constant Rate) On The Filtration Process In Drinking Water Treatment. Ingeniería y Universidad. Vol. 18, No 2, Pp. 217-234. 2014. Consultado Febrero 16 de 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47732595001>

funcionamiento del sistema. De esta forma se pueden evitar las enfermedades que pueden contraerse por la acumulación de aguas sin el correcto tratamiento.

La filtración rápida es un proceso complejo e importante dentro de los tratamientos convencionales de agua para potabilización, ya que es la última barrera física para retener partículas y controlar el riesgo microbiológico. en general la operación a tasa declinante permitió un mejor desempeño de los filtros, debido a que se obtuvo una menor turbidez en el agua filtrada durante el periodo de máxima eficiencia, lo cual se puede asociar con una mejor distribución de los sólidos sobre el medio filtrante, lo cual reducía el riesgo de que partículas sólidas traspasaran el filtro.

6 NORMATIVIDAD

A nivel mundial, con el fin de garantizar calidad en la prestación de servicios de potabilización de agua, se han establecido parámetros y normas para la regularización de dicho servicio, y del mismo modo, en algunos países, se ha considerado la opción de aprovechar recursos como aguas residuales, ya sea por escasez del mismo recurso en la región, por ahorro en su consumo, o por generar un impacto ambiental positivo. Por tal motivo, algunas organizaciones mundiales y locales han establecido parámetros y normatividades que regularizan la reutilización del recurso hídrico con el fin de que se genere un correcto aprovechamiento del agua residual, dependiendo del sector social para el cual se destine dicho reuso.

A pesar de que en el mes de Noviembre de 2014 el alcalde de Bogotá, Gustavo Petro, estableciera la creación de un sistema de drenaje que permitiera la reutilización de aguas lluvias, establecido mediante el decreto 528 del 24 de Noviembre de 2014, este se basó en las técnicas de recolección de aguas lluvias y su utilización para propender por la preservación de paisajes urbanísticos y del mismo modo la prevención del riesgo de inundación. De esta forma se encontró que este decreto, y su implementación, no incluyen el uso de estas aguas lluvias para el consumo humano o su utilización en actividades domésticas o comerciales.⁷

En la actualidad no existe un sistema legislativo perfectamente definido en nuestro país que se base en la reutilización de aguas lluvias para fines domésticos, por lo cual el marco normativo y de referencia que se tuvo en cuenta en el desarrollo de este proyecto fue el definido en el Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000

Por otro lado, mediante resolución 1207 del 25 de Julio de 2014, “por el cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas”⁸, se establecieron las disposiciones generales aplicables al uso de aguas residuales, pero dicha resolución se enfoca en los sectores agrícola e industrial, definiendo los parámetros mínimos de cumplimiento en cuanto a la calidad del agua permitida para su uso en estos sectores y del mismo modo, los diferentes usos aplicables al agua luego de su tratamiento.

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) durante 1996, publicó el Manual de técnicas parasitológicas y bacteriológicas de laboratorio, el cual está orientado a aquellos países en desarrollo que por su actividad agrícola frecuentan

⁷Decreto 528 de 2014, Alcaldía Mayor de Bogotá, [en Línea], <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=60065>, Consultado Marzo 15 de 2015

⁸ Resolución 1207 de 2014, Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, [En Línea], <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=59135>, Consultado Mayo 11 de 2015

el uso de aguas residuales para el riego en sus cultivos considerando que esta contiene mayores nutrientes que les proporcionan mayores rendimientos. Dada la reutilización de aguas residuales en el ámbito agrícola, la OMS describe en el mismo manual los métodos más sencillos y eficaces que permiten verificar la calidad del agua reutilizada de acuerdo a los parámetros publicados por la misma organización.

A nivel latinoamericano, se puede tener como referencia un listado de leyes que promueven la reutilización de aguas lluvias como en el caso del Distrito Federal en México, donde desde 2003 se encuentra aprobada una ley que exige la captación de aguas lluvias en nuevas edificaciones, las cuales tienen un beneficio particular y es que para las edificaciones que implementen este tipo de sistemas, pueden recibir apoyos fiscales por parte de la Secretaría de Medio Ambiente de la ciudad.

Entre muchas, se encuentran normatizadas la Ley de Aguas del Distrito Federal del 27 de Mayo de 2003 que busca promover, regular, organizar e incentivar la cosecha de agua lluvia y su potabilización para el consumo humano mediante el artículo 123 de la misma ley. Los sistemas implementados y certificados ante la Secretaría de Medio Ambiente pueden ser presentados como acciones individuales o colectivas en la comunidad.⁹

Posterior a esto, en Noviembre de 2008, se creó el Programa de Certificación de edificaciones sustentable por la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, cuyo objetivo es fomentar la reducción de emisiones contaminantes y el uso eficiente de los recursos naturales en el diseño y operación de edificaciones con base en criterios de sustentabilidad y eficiencia ambiental a través de la implementación y certificación de un proceso de regulación voluntaria y el otorgamiento de incentivos económicos.

Los incentivos presentados y las formas de implementación y regulación de los sistemas de reuso y aprovechamiento de aguas lluvias fueron incluidos en la Ley de cambio climático, el código Fiscal y el código financiero.

De acuerdo con lo expuesto previamente, las directrices generales encontradas respecto al tema de tratamiento y uso de aguas residuales se enfoca principalmente en los sectores agrícola e industrial y en cuanto al aprovechamiento domestico del recurso hídrico, no se han establecido a nivel general las condiciones mínimas de calidad que regularicen la reutilización de este recurso.

⁹ Ley de Aguas del Distrito Federal, Decreto de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 27 de Mayo de 2003, [En Línea], http://www.seduvi.df.gob.mx/portal/docs/transparencia/articulo14/fraccion1/leyes2013/Ley_de_Aguas_del_Distrito_Federal.pdf, consultado Marzo 26 de 2015

Sin embargo, teniendo en cuenta que para la potabilización del agua si se encuentran establecidos unos parámetros que en el caso colombiano se establecen en el Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico, se busca que el agua residual obtenida y tratada cumpla con los mismos parámetros de calidad que los obtenidos al potabilizar el agua en plantas de tratamiento especializadas (Tabla 1) y de esta forma darle un uso eficiente y benéfico al agua reutilizada.

En Colombia, teniendo en cuenta que actualmente no hay normatividad establecida para los sistemas de aprovechamiento de recursos naturales, es posible no solo la implementación de estos sistemas, sino también el reconocimiento por parte del gobierno de los mismos y la forma de generar y/o presentar diversos tipos de beneficios a las familias y/o comunidades que certifiquen el aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de que, más familias y comunidades ejecuten este tipo de sistemas.

Características	Valor Máximo Admisible	Procedimientos analíticos recomendados		Parámetros de comparación de la calidad de la fuente recomendados según el nivel calidad de la fuente			
		Norma Técnica NTC	Standard Method ATM	1. Aceptable	2. Regular	3. Deficiente	4. Muy Deficiente
MICROBIOLOGICAS							
Coliformes totales UFC/100 cc	0			X	X	X	X
Escherichia coli UFC/100 cc	0		D 5392			X	X
ORGANOLÉPTICAS Y FÍSICAS							
pH	6.5 – 9.0		D 1293	X	X	X	X
Turbiedad UNT	5	4707	D 1889	X	X	X	X
Color verdadero – UC	15			X	X	X	X
Conductividad US/cm	50 - 1000		D 1125	X	X	X	X
Sustancias flotantes	Ausentes			X	X	X	X
Olor y sabor	Ninguno		D 1292	X	X	X	X
QUÍMICAS CON EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD HUMANA							
Fenoles totales – mg/L	0.001	4582	D 1783				X
Grasas y aceites– mg/L	Ausentes	3362	D 4281				X

Aluminio – mg/L	0.2		D 857				X
Nitratos – mg/L	10		D 3867				X
Nitritos – mg/L	0.1		D 3867	X	X	X	X
Antimonio – mg/L	0.005		D 3697				X
Arsénico – mg/L	0.01		D 2972				X
Bario– mg/L	0.5		D 4382				X
Cadmio – mg/L	0.003		D 3557				X
Cianuros totales – mg/L	0.1	1312	D 2036				X
Cobre – mg/L	1		D 1688				X
Cromo hexavalente – mg/L	0.01		D 1687				X
Mercurio – mg/L	0.001		D 3223				X
Níquel – mg/L	0.02		D 1886				X
Plomo – mg/L	0.01		D 3559				X
Selenio – mg/L	0.01	1460	D 3859				X
Sustancias activas al azul de metileno– mg/L AB5	0.5		D 2330				X
PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS							
Tóxicos tipo I– mg/L	0.001						X
Tóxico tipo II y III– mg/L	0.01						X
Baja toxicidad– mg/L	0.1						X
Trihalometanos totales– mg/L	0.1						X
QUÍMICAS CON EFECTO INDIRECTO SOBRE LA SALUD HUMANA							
Alcalinidad total – mg/L	100		D 1067	X	X	X	X
Acidez – mg/L	50		D 1067	X	X	X	X
Dureza total– mg/L	160	4706	D 1126	X	X	X	X
Calcio– mg/L	60		D 511	X	X	X	X
Magnesio– mg/L	36		D 858	X	X	X	X
Cloruros– mg/L	250		D 512	X	X	X	X
Sulfatos – mg/L	250	4708	D 516	X	X	X	X
Hierro total– mg/L		0.3	D 1068	X	X	X	X

Manganeso	0.1		D 858			X	X
Fosfatos	0.2		D 515			X	X
Zinc	5		D 1691				X
Fluoruros (mg/L)	1.2		D 1179				X

Tabla 1 Normas de Calidad de Agua Potable según decreto 475/98. Fuente Tabla C 2.2. RAS-2000

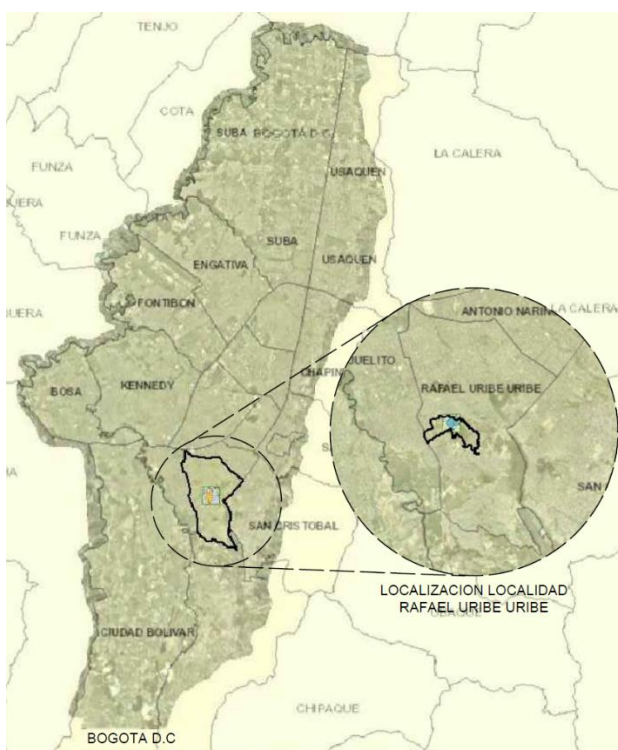
7 CARACTERIZACION COMUNIDAD BARRIO EL CONSUELO

Se efectuó la caracterización del barrio El Consuelo, realizando la descripción geográfica y social del sector, para de esta forma contextualizarnos con la problemática social que allí se presenta.

El barrio consuelo pertenece a la localidad N°18 Rafael Uribe Uribe (ver Imagen 1), ubicada en el sur oriente de la ciudad y limita, al norte, con la localidad de Antonio Nariño; al sur, con la localidad de Usme; al oriente con la localidad de San Cristóbal, y al occidente, con la localidad de Tunjuelito, tiene una extensión total de 1.388 hectáreas (ha) urbanas, de las cuales 138 de ellas están ubicadas en suelo protegido.

A partir del Acuerdo 7 de 1974 se crea la localidad Rafael Uribe Uribe y se le otorgó el número 18, el cual fue ratificado mediante el Acuerdo 8 de 19773 . La localidad cuenta con cinco UPZ (Unidad de Planeación Zonal): 36 San José, 39 Quiroga, 53 Marco Fidel Suárez, 54 Marruecos, 55 Diana Turbay, y está compuesta por 114 barrios¹⁰.

Imagen 1 Ubicación localidad Rafael Uribe Uribe

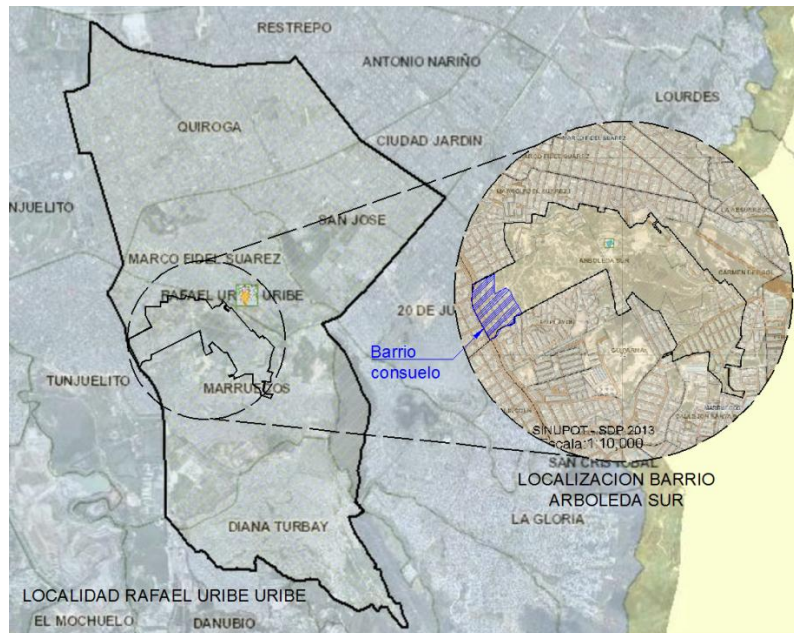


Fuente: Adaptado de SINUPOT Bogota.gov.co [en Línea], <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#> Consultado Marzo 25 de 2015

¹⁰ Acuerdo 003 plan de desarrollo RUU 2012-2016_alcaldia local de Rafael Uribe Uribe [en Línea], <http://www.rafaeluribe.gov.co/index.php/desarrollo-local/2013-09-23-23-42-29> Consultado Marzo 25 de 2015

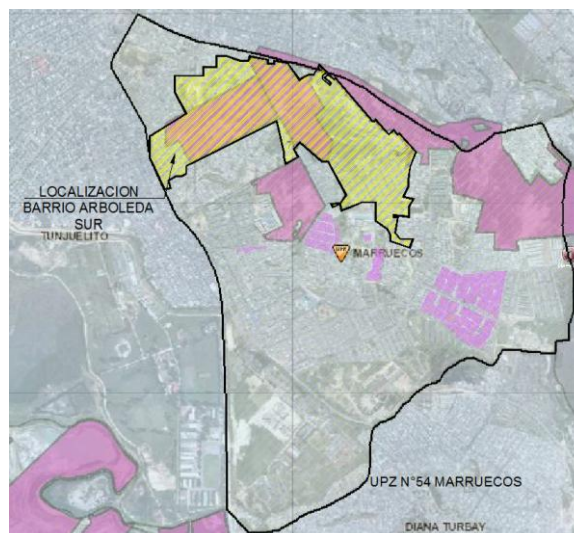
El consuelo es un sector del barrio arboleda sur (ver Imagen 2). Este se encuentra dentro de la UPZ N° 54 Marruecos, la cual cuenta con volumen poblacional de 114.966 habitantes, correspondiente al 28% de la población de la localidad N°18, de acuerdo al censo del DANE 2005.(ver Imagen 3)

Imagen 2 Ubicación barrio El Consuelo



Fuente: Adaptado de SINUPOT Bogota.gov.co [en Línea], <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#> Consultado Marzo 25 de 2015

Imagen 3 Área de afectación UPZ N°54 Marruecos



Fuente: Adaptado de SINUPOT Bogota.gov.co [en Línea], <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#> Consultado Marzo 25 de 2015

7.1 ANALISIS SOCIOECONÓMICO

Con base a la información otorgada por la alcaldía local de Rafael Uribe Uribe daremos un breve resumen del comportamiento socioeconómico de la localidad N°18, donde está involucrado el sector en el cual se realizó el presente trabajo (ver Tabla 2), considerando en este, en un aspecto general, las condiciones de la población de la misma localidad y de esta forma considerar la viabilidad de la implementación del proyecto.

DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	RESULTADOS
Nivel poblacional	Se hace referencia a la UPZ N°54 con base al censo realizado por el DANE en el año 2005	114,966 habitantes
Índices de pobreza	De acuerdo con los resultados de la Encuesta de Calidad de vida realizada a la localidad de Rafael Uribe Uribe, mostraremos los niveles de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas), registrados por el DANE entre los años 2003, 2007, 2011	10,6% se encuentra en pobreza por NBI. 0,5% de la población se encuentra en miseria por NBI Es la tercera localidad con mayor percepción de pobreza.
Estrato socioeconómico	Total de habitantes de Rafael Uribe Uribe para el 2009	Estrato bajo: El 44,4% de los habitantes de la localidad que pertenece a este estrato socioeconómico se encuentra en Marruecos, el 27,9% en Diana Turbay y el 26,9% en Marco Fidel Suárez, unidades que en su conjunto agrupan el 99,2% de la población (182.075 habitantes). Estrato medio – bajo: De las 149.867 personas que se encuentran en este estrato socioeconómico, el 57,1% se ubican en la Unidad de Planeamiento Zonal de Quiroga, el 31,4% en San José y el 11,0% en Marco Fidel Suárez, representando en su conjunto el 99,5% de la población de la localidad en este estrato Estrato bajo – bajo: La población en éste estrato (38.835 habitantes) está concentrada principalmente en las Unidades de Planeamiento Zonal de Diana Turbay (69,8%) y Marruecos (30,2%). La población sin estratificar (6.927 personas) se distribuye entre las Unidades de Planeamiento Zonal, de la siguiente manera: Marruecos (44,7%), Quiroga (23,3%), Diana Turbay (19,2%), San José (6,8%) y Marco Fidel Suárez (6,0%)
Total de hogares particulares	censo DANE 2005 localidad Rafale Uribe Uribe	104606 hogares

Tabla 2 Análisis socioeconómico

Fuente: Adaptado de Acuerdo 003 plan de desarrollo RUU 2012-2016_alcaldia local de Rafael Uribe Uribe [en Línea], <http://www.rafaeluribe.gov.co/index.php/desarrollo-local/2013-09-23-23-42-29> Consultado Marzo 25 de 2015

7.2 CONSUMO DE AGUA

El consumo de agua por persona depende de diferentes factores, como lo son: los costos, la precipitación, y el uso para cual es destinado este recurso hídrico.

Este indicador mide la relación de consumo anual del agua para uso doméstico con el número de habitantes vinculados con la red de abastecimiento. El resultado es completado para el promedio diario de un año.

El consumo de agua Rafael Uribe Uribe se ubica en 4.4 m³/habitante/día promedio (ver Tabla 3), en el año 2005.este consumo en la localidad ha registrado un leve aumento en los tres años analizados¹¹, por lo cual, considerando el costo del servicio de agua potable, representa para la población también un incremento en sus gastos básicos.

Localidad	2003	2004	2005
Mártires	9,02	8,47	8,57
Antonio Nariño	5,96	5,53	4,83
Puente Aranda	9,73	14,75	9,60
Candelaria	12,21	12,87	13,71
Rafael Uribe	4,27	4,23	4,40
Ciudad Bolívar	3,78	3,68	3,10
Sumapáz	-	-	-
Bogotá	6,34	6,28	6,00

Tabla 3 Consumo de agua per cápita localidad N°18 periodo 2003-2005

Fuente: programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos – un hábitat. informes geo locales. rafael uribe uribe. 2008. [en línea] oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/.../GEO_18_RafaelUribeUribe.pdf,, consultado marzo 25 de 2015

7.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

La contaminación atmosférica afecta la salud humana (de manera aguda y crónica), la vegetación, los edificios, los materiales de construcción, los monumentos y sitios de patrimonio histórico. En ocasiones por emisiones de fuentes móviles y fijas directamente vinculadas con el consumo de energía, con la política ambiental, con la densidad urbana y con el transporte de vehículos motorizados y la concentración de industrias.

Este indicador mide las emisiones totales en toneladas per cápita en un año de:

¹¹ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS – UN HÁBITAT. Informes Geo Locales. Rafael Uribe Uribe. 2008. [en Línea] oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/.../GEO_18_RafaelUribeUribe.pdf, Consultado Marzo 25 de 2015

7.3.1 PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES

En estas se incluye tanto la fracción inhalable como las partículas mayores de 10 micras que no sedimentan en periodos cortos si no que permanece en suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad. Los efectos de presencia de partículas no inhalables, en el ambiente, se refiere principalmente a daños en la vegetación, deterioro de materiales y reducción de la visibilidad entre otros.

7.3.2 PARTICULAS CUYO TAMAÑO NO EXCEDE LAS 10 MICRAS

Son de mayor interés desde el punto de vista de riesgo sobre la salud humana debido a que puede ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman.

7.3.3 MONOXIDO DE CARBONO

Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles y que afectan la salud debido que es más afín por la hemoglobina de la sangre q ele oxígeno, interfiriendo en el proceso de transporte de oxígeno en el torrente sanguíneo.

7.3.4 METANO

Es el hidrocarburo alno más sencillo, se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas y es muy peligroso por su facilidad para inflamarse¹²

	Periodo	Norma	Unidad de Medida
Partículas PM10	Anual	70	µg/m3
	24 Horas	150	µg/m3
Partículas suspendidas totales PST	Anual	100	µg/m3
	24 Horas	300	µg/m3
Monóxido de Carbono CO	8 horas	8,8	ppb
	1 hora	35	ppb

Tabla 4 Parámetros de la norma para evaluación de gases contaminantes

Fuente: programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos – un hábitat. informes geo locales. rafael uribe uribe. 2008. [en línea] oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/.../GEO_18_RafaelUribeUribe.pdf, consultado marzo 25 de 2015

¹² PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS – UN HÁBITAT. Informes Geo Locales. Rafael Uribe Uribe. 2008. [en Línea] oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/.../GEO_18_RafaelUribeUribe.pdf, Consultado Marzo 25 de 2015

No	Localidad	PST	PM10	CO	CH4
5	Usme	$1,2 \times 10^{-03}$	$4,5 \times 10^{-04}$	$2,2 \times 10^{-02}$	$4,0 \times 10^{-04}$
6	Tunjuelito	$4,6 \times 10^{-05}$	$9,8 \times 10^{-06}$	$4,4 \times 10^{-05}$	$9,3 \times 10^{-05}$
7	Bosa	$5,7 \times 10^{-06}$	$5,8 \times 10^{-05}$	$4,2 \times 10^{-05}$	$1,1 \times 10^{-06}$
8	Kennedy	$4,8 \times 10^{-05}$	$6,2 \times 10^{-04}$	$8,9 \times 10^{-05}$	$4,2 \times 10^{-06}$
9	Fontibón	$1,3 \times 10^{-04}$	$1,6 \times 10^{-03}$	$2,8 \times 10^{-04}$	$1,3 \times 10^{-05}$
10	Engativá	$4,6 \times 10^{-06}$	$2,2 \times 10^{-05}$	$6,0 \times 10^{-05}$	$1,3 \times 10^{-06}$
11	Suba	$3,2 \times 10^{-06}$	$4,0 \times 10^{-05}$	$1,6 \times 10^{-05}$	$5,3 \times 10^{-07}$
12	B. Unidos	$5,2 \times 10^{-04}$	$3,7 \times 10^{-04}$	$4,1 \times 10^{-04}$	$1,1 \times 10^{-05}$
13	Teusaquillo	$1,0 \times 10^{-05}$	$1,3 \times 10^{-04}$	$4,8 \times 10^{-05}$	$1,7 \times 10^{-06}$
14	Mártires	$1,8 \times 10^{-05}$	$2,7 \times 10^{-03}$	$8,4 \times 10^{-05}$	$1,2 \times 10^{-06}$
15	Antonio Nariño	$1,3 \times 10^{-05}$	$4,1 \times 10^{-05}$	$1,2 \times 10^{-04}$	$2,5 \times 10^{-06}$
16	Puente Aranda	$2,1 \times 10^{-04}$	$4,1 \times 10^{-03}$	$1,2 \times 10^{-03}$	$2,8 \times 10^{-05}$
17	Candelaria	$1,5 \times 10^{-06}$	$1,8 \times 10^{-05}$	$2,2 \times 10^{-05}$	$3,6 \times 10^{-07}$
18	Rafael Uribe	$5,3 \times 10^{-05}$	$2,3 \times 10^{-05}$	$9,3 \times 10^{-04}$	$1,6 \times 10^{-05}$
19	Ciudad Bolívar	$5,4 \times 10^{-05}$	$5,0 \times 10^{-04}$	$2,9 \times 10^{-04}$	$4,8 \times 10^{-06}$
	Bogotá	$1,0 \times 10^{-04}$	$4,3 \times 10^{-04}$	$1,2 \times 10^{-03}$	$2,6 \times 10^{-06}$

Tabla 5 Emisiones atmosféricas per cápita localidad N°18 (toneladas/habitante/año) año 2002

Fuente: programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos – un hábitat. informes geo locales. rafael uribe uribe. 2008. [en línea] oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/.../GEO_18_RafaelUribeUribe.pdf, consultado marzo 25 de 2015

Los resultados registrados en la Tabla 5 correspondientes a las diferentes localidades, indican que la localidad N°18 cuenta con grandes porcentajes de contaminantes atmosféricos, superando los parámetros de calidad estipulados en la norma.

Teniendo en cuenta la información presentada en la Tabla 4 y la Tabla 5, se considera que las emisiones atmosféricas que generan contaminación al ambiente, también producen que en ocasiones se presenten lluvias acidas, por lo tanto, el agua recolectada que no presente tratamiento, no será adecuada para el uso en labores domésticas, y por supuesto tampoco para el consumo humano.

8 SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

En este capítulo se presenta cómo es el sistema de recolección y almacenamiento actual implementado por los habitantes en las viviendas del barrio el consuelo, teniendo como finalidad mostrar las ventajas y desventajas de este proceso.

8.1 SISTEMA DE RECOLECCION

El sistema de recolección actual de aguas lluvias se ha realizado de manera empírica por los habitantes de la comunidad del barrio EL consuelo. A continuación se mostrara el sistema de recolección realizado en unas de las viviendas del sector.

En la Foto 1 y Foto 2 se muestra el primer sistema de recolección utilizado, el cual cuenta con dos fuentes de captación. El agua lluvia que cae de forma natural en el tejado es recolectada por medio de una canal metálica y una viga canal las cuales la transportan a la BALL y de allí es depositada en una caneca, donde se almacenara hasta ser utilizada posteriormente en usos domésticos. La capacidad de recolección de este sistema es de 0.254m^3 , el agua es recolectada desde el primer minuto de lluvia.

Los caudales dependen de la intensidad pluvial.

Foto 1 Sistema de recolección N°1



Fuente: Autoría Johana castellanos 01 abril 2015

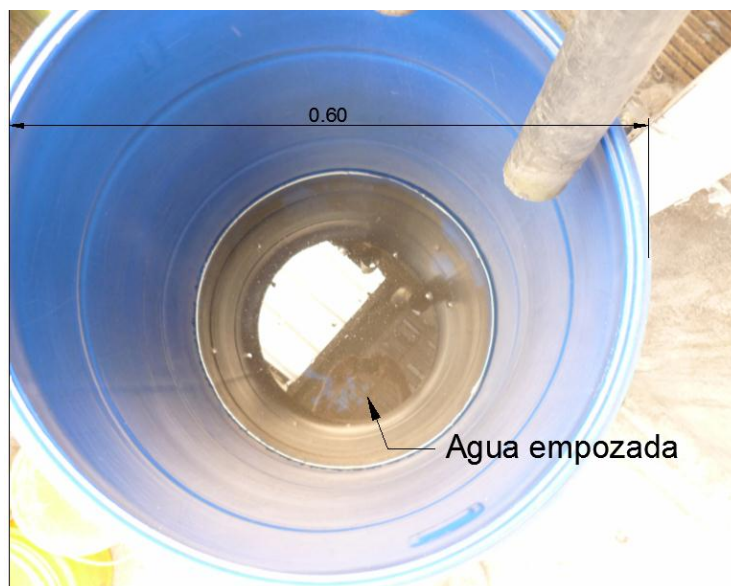
Foto 2 Instalaciones caneca de recolección



Fuente: Autoría Johana castellanos 01 abril 2015

Normalmente el agua lluvia no es utilizada de forma inmediata y en ocasiones los residuos restantes se conservan por periodos superiores a los 8 días, generando una biopelícula en las paredes de la caneca, y acumulando en su base las partículas sólidas que trae el agua lluvia. Esto implica que los habitantes tengan contacto directo con los diferentes agentes contaminantes provenientes de la polución, puesto que se requiere hacer mantenimiento de forma manual. (Ver Foto 3).

Foto 3 Acumulación de impurezas sistema recolección N°1



Fuente: Autoría Johana castellanos 01 abril 2015

En la Foto 4 se muestra el segundo sistema de recolección utilizado. El modo de captación es igual que el sistema anterior, las variaciones se presentan en la cantidad de agua recolectada, debido a que solo se recoge el agua acumulada en la viga canal y la capacidad de recolección de la caneca es menor al volumen de la anterior. Es decir 0.095 m^3 aproximadamente el 62.5% menos de capacidad de almacenamiento.

Se presentan los mismos problemas de mantenimiento, sin embargo al ser mayor el diámetro de la caneca y tener una altura menor facilita el mantenimiento exponiendo de forma significativamente menor a quien realice la limpieza de la misma. (Ver Foto 5).

Foto 4 Sistema de recolección N°2



Fuente: Autoría Johana castellanos 01 abril 2015

Foto 5 Acumulación de impurezas sistema recolección N°2



Fuente: Autoría Johana castellanos 01 abril 2015

8.2 SISTEMA DE DISTRIBUCION

Una vez se llega al límite de capacidad de recolección de las canecas se dispone a realizar la distribución del agua lluvia a los diferentes niveles de la vivienda. Esto se realiza por medio de una manguera situada de forma artesanal, la cual por gravedad realiza la distribución a las canecas localizadas en cada piso. (Ver Foto 6).

Si la intensidad pluvial continua, una vez finalizado el sistema de recolección al interior de la vivienda, al no haber más capacidad de recolección el agua se desborda de las canecas.

El agua que no es recolectada cae al suelo de la azotea y posteriormente es llevada a una alcantarilla que arroja el agua a la calle.

Foto 6 Sistema de distribución



Fuente: Autoría Johana castellanos 01 abril 2015

8.3 CALIDAD DEL AGUA RECOLECTADA

A continuación son mostrados los resultados del estudio realizado al agua recolectada. Se tomaron dos muestras las cuales se clasificaron de la siguiente manera:

Muestra N°1: Recolección de la caneca. Esta muestra se tomó de la caneca, cuando el agua ya se encontraba en reposo, lo que implica que los sólidos en suspensión tuvieron un proceso de sedimentación (Ver Foto 7).

Muestra N°2: Recolección directa. La muestra se toma directamente de la BALL, esta llega con todas las impurezas propias del medio (Ver Foto 8).

El agua que normalmente utilizan los habitantes del sector es la que ya ha realizado un proceso de sedimentación.

Las muestras fueron tomadas 24 horas antes de las pruebas de laboratorio, la recolección se realizó en recipientes inertes, su transporte se realizó en neveras de polietileno para evitar alteraciones en los resultados.

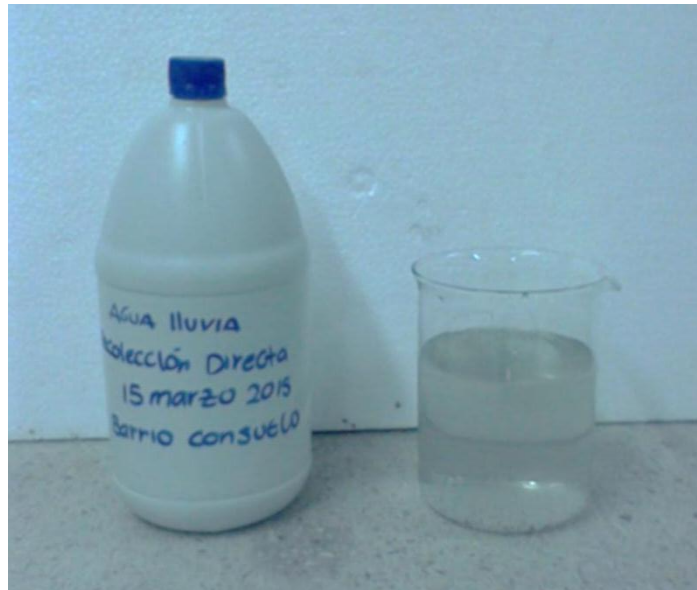
Las pruebas se realizaron en los laboratorios de la Universidad Católica de Colombia con la asesoría del laboratorista.

Foto 7 Muestra N°1.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 8 Muestra N°2.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.1 TURBIDEZ

Se considera que el agua es turbia cuando se pierde gran porcentaje de su grado de transparencia, adoptando tonalidades oscuras, siendo esta una indicación de contaminación de presente en la misma.

Se realizó el análisis de las dos muestras de agua lluvia recolectada, por medio de un Turbidímetro de Mesa HACH 2100N (Método nefelométrico). Se basa en una comparación de la intensidad de la luz desviada por la muestra, bajo condiciones definidas, con la intensidad de la luz desviada por una suspensión Standard de referencia, bajo las mismas condiciones. Este calcula el valor de turbidez que tiene el agua (toma de Muestras y resultados presentados en Foto 9, Foto 10, Foto 11, Foto 12). Se tienen como resultados los siguientes datos:

Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
7.10 NTU	16.0 NTU

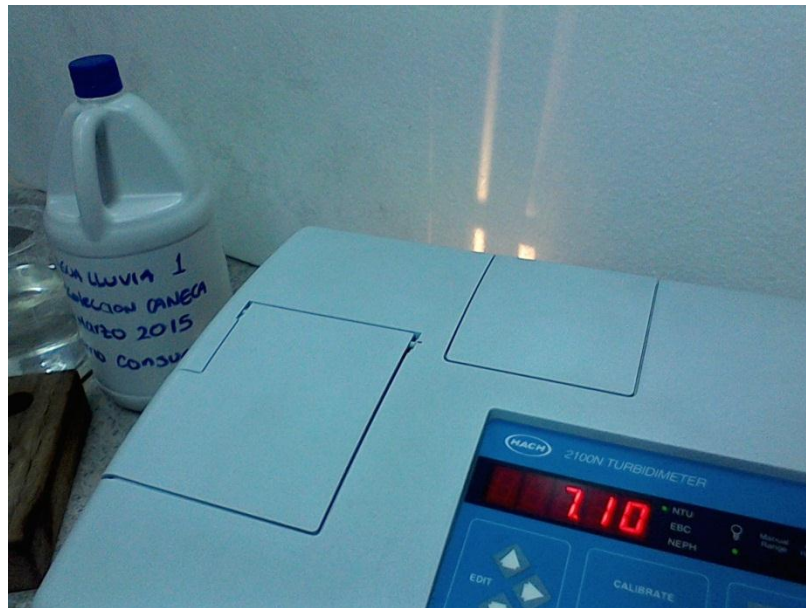
Los valores de turbiedad deseados en las muestras de agua son bajos, lo cual indica que la recolección directa, contiene más impurezas.

Foto 9 Pruebas de turbidez Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 10 Resultados pruebas de turbidez Muestra N°1



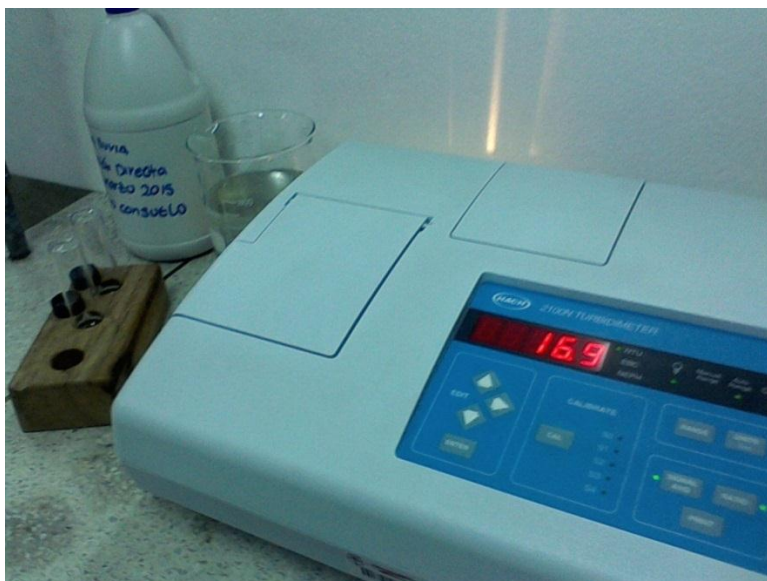
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 11 Pruebas de turbidez Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 12 Resultados pruebas de turbidez Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.2 pH

Por medio de este ensayo se determina si una muestra de agua es acida, alcalina o neutra. Esto se realiza clasificándola entre un rango de 0 a 14. Menor de siete (7) se clasifica como acida, mayor de siete (7) se clasifica como alcalina, cuando

el rango es siete (7) es considerada neutra. El equipo utilizado para esta práctica fue el Multiparamétrico con sondas respectiva para pH (Marca Consort C862), el cual arrojó los siguientes valores:

Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
6.97 Ph	6.70 NTU

Las dos muestras de agua lluvias analizadas son clasificadas como acidas, la muestra que se encontraba depositada en la caneca, presenta un grado de acidez superior al de recolección directa (resultados presentados en Foto 13 y Foto 14).

Foto 13 Resultados pruebas de pH Muestra N°1.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 14 Resultados pruebas de pH Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.3 CONDUCTIVIDAD

Se considera al agua como conductiva cuando el caudal que pasa por un área unitaria permite medir la capacidad de un acuífero para transportar agua. Para consumo humano se sugiere que se encuentre en un rango entre 50 y 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

A continuación se presentan los resultados obtenidos antes de que se pase el agua por el filtro diseñado (resultados presentados en Foto 15 y Foto 16)

Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
155.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$	46.9 $\mu\text{s}/\text{cm}$

Foto 15 Resultados pruebas de conductividad Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 16 Resultados pruebas de conductividad Muestra N°2.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.4 OXIGENO

Por medio de la medición de oxígeno en el cuerpo de agua, se pretende determinar el nivel de polución presente en el mismo. Considerando que la cantidad ideal de oxígeno presente en el cuerpo de agua para el consumo según la normatividad colombiana es de 4 mg/L o superior. A continuación se presentan los resultados obtenidos en el ensayo realizado (resultados presentados en

Foto 17 y Foto 18).

Muestra N° 1	Muestra N° 2
--------------	--------------

(Recolección de la caneca)	(Recolección directa)
1.37 mg/L	5.06 mg/L

Foto 17 Resultados pruebas de oxígeno Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 18 Resultados pruebas de oxígeno Muestra N°2.



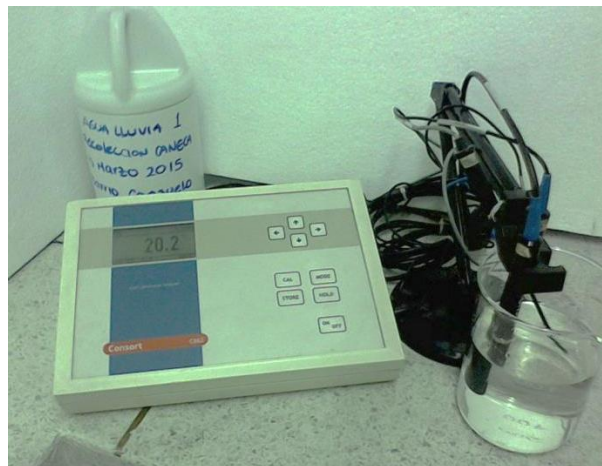
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.5 TEMPERATURA

Teniendo en cuenta las alteraciones que puede generar la temperatura en el agua, como su modificación al pH, ya que si le temperatura aumenta, el pH disminuye, se recomienda que el agua se encuentre en un rango entre 10°C y 25°C (según recomendación realizada por personal de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá) (resultados presentados en Foto 19 y Foto 20).

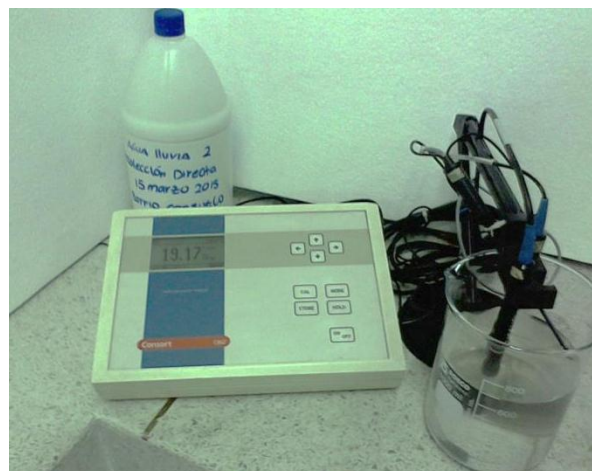
Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
20.2	19.17

Foto 19 Resultados pruebas de temperatura Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 20 Resultados pruebas de temperatura Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.6 SOLIDOS

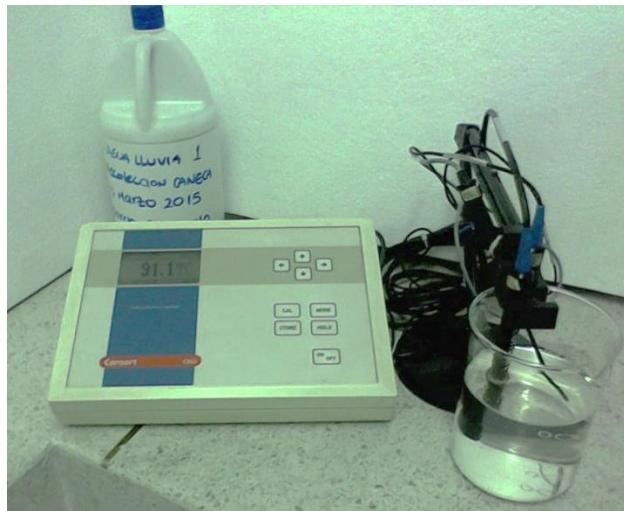
Los TDS representan el total de solidos disueltos, identificados de esta forma por su significado en ingles Total Dissolved Solids, que de acuerdo a lo establecido en la RAS 2000, se recomienda que para el almacenamiento de agua potable, la cantidad de solidos no supere 5 mg/L.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las muestras analizadas para determinar la cantidad de solidos disueltos (resultados presentados en Foto 21 y Foto 22).

Cabe aclarar que cada TDS representa 1 mg/L.

Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
91.1 TDS	27.1TDS

Foto 21 Resultados pruebas de solidos Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 22 Resultados pruebas de solidos Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.7 SALINIDAD

Representa la cantidad de sales disueltas en un cuerpo de agua que en se presentan como adimensionales, pero se consideran para métodos practicos como mg/L (resultados presentados en Foto 23 y Foto 24)

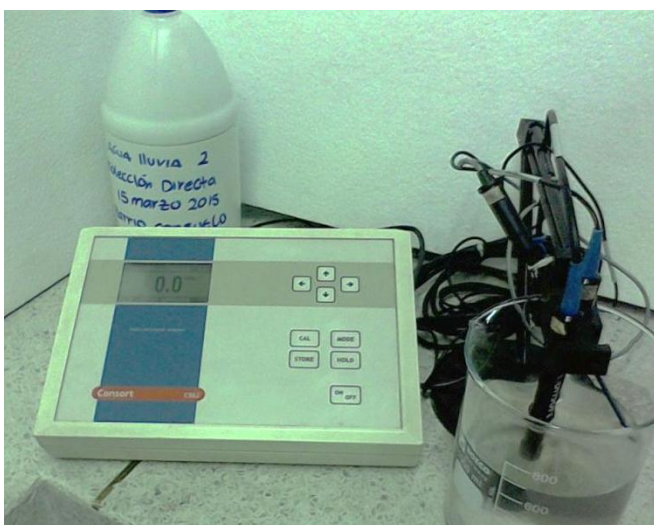
Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
0.1	0

Foto 23 Resultados pruebas de salinidad Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 24 Resultados pruebas de salinidad Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.8 COLOR

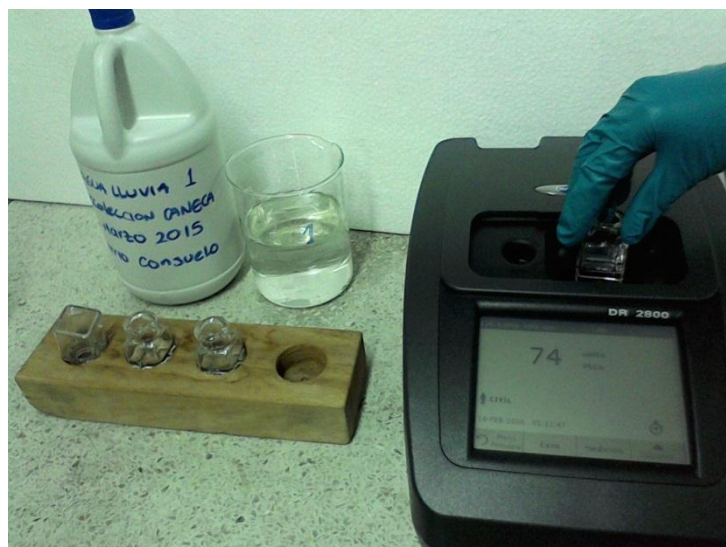
El color en el agua puede resultar de la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso) humus, sedimentos y descargas industriales.

Para determinar el color de las muestras recolectadas se utilizó el espectrofotómetro DR2800. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
74 UPC	145 UPC

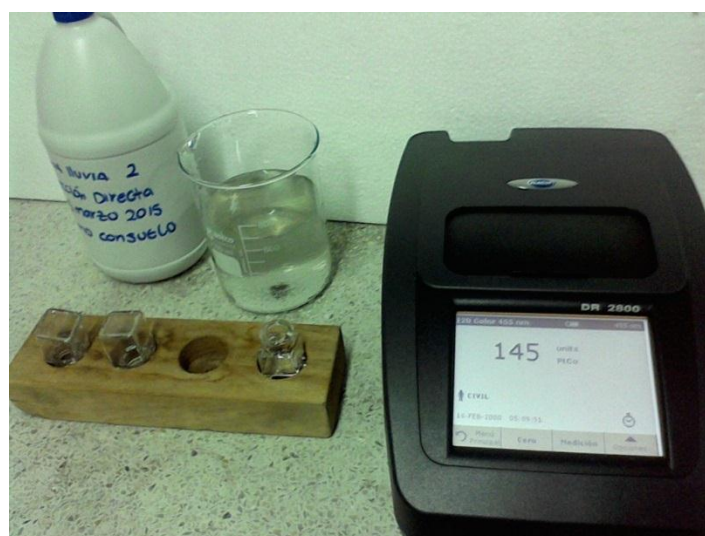
La muestra de recolección directa presenta mayores valores UPC, indicando la presencia de posibles sustancias en solución. (resultados presentados en Foto 25 y Foto 26)

Foto 25 Resultados pruebas de color Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 26 Resultados pruebas de color Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

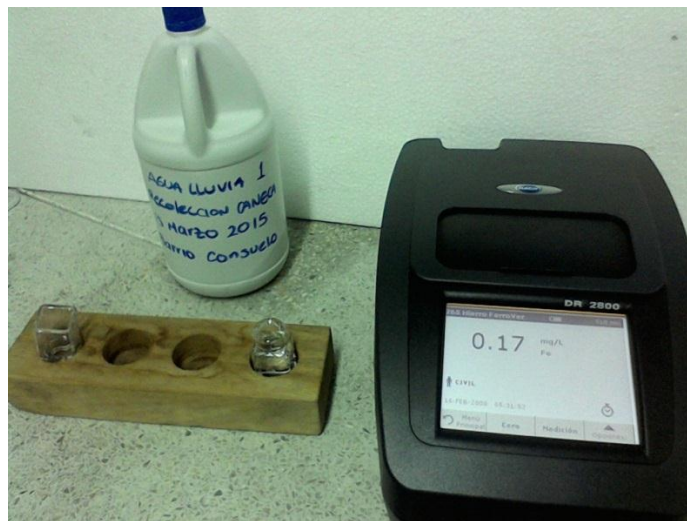
8.3.9 HIERRO

Considerando que dentro de los parámetros de calidad en potabilidad de agua, una concentración de hierro superior a 0.30 mg/L es considerada perjudicial, tornando el agua de un color rojo después de que se expone al aire, proceso conocido como oxidación.

Según los resultados obtenidos, presentados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** las muestras con las que se realizó el análisis presentaron contenido de hierro de 0.17 mg/L y 0.20 mg/L respectivamente, por lo cual se concluye que esta presencia no es nociva para la salud humana (resultados presentados en Foto 27 y Foto 28).

Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
0.17 mg/L	0.20 mg/L

Foto 27 Resultados pruebas de hierro Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 28 Resultados pruebas de hierro Muestra N°2



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.10 ALCALINIDAD

Esta es la propiedad del agua para neutralizar los compuestos ácidos que la forman. En esta prueba de laboratorio se quiere determinar si la muestra es alcalina.

Particularmente en este caso, el resultado se verifica visualmente con la aplicación de una base en el caso de que el líquido sea alcalino, o un ácido si se trata de una base siendo estos identificados por el color que toma el líquido al mezclarlo con el reactivo (muestras y resultados presentados en Foto 29, Foto 30, Foto 31 y Foto 32).

Foto 29 Pruebas de alcalinidad Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 30 Pruebas de alcalinidad Muestra N°2



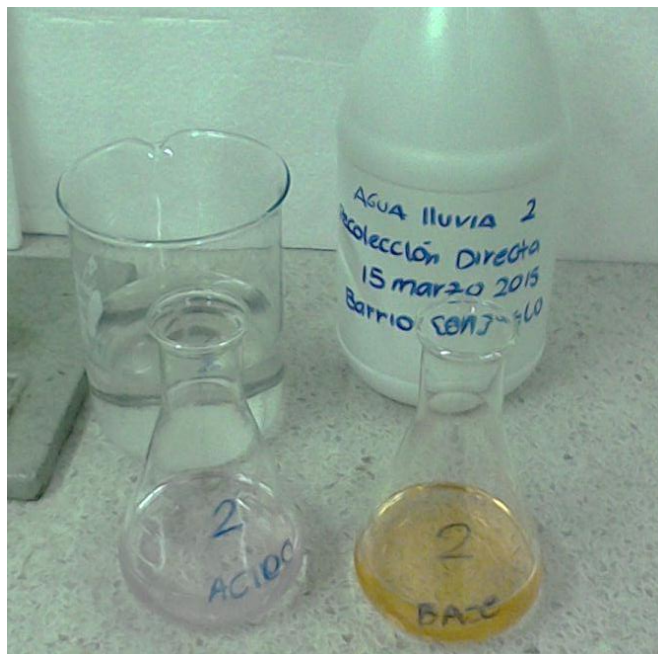
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 31 Resultados pruebas de alcalinidad Muestra N°1.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 32 Resultados pruebas de alcalinidad Muestra N°2.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.11 ALUMINIO

Siendo el aluminio uno de los metales pesados más abundantes en la corteza terrestre es común encontrar rastro de el en el agua, este ocasiona cambios de color y sabor en la misma.

Para determinar la cantidad de este metal en las muestras de agua se realizaron pruebas de laboratorio con ayuda del Programa 10 utilizado en el espectrofotómetro HACH para la determinación de aluminio (resultados presentados en Foto 33 y Foto 34).

Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
-0.001 mg/L	-0.014 mg/L

Foto 33 Resultados pruebas de aluminio Muestra N°1.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 34 Resultados pruebas de aluminio Muestra N°2.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

8.3.12 DUREZA

Esta es la prueba más importante en este estudio ya que permite determinar la dureza magnésica y cálcica que contiene la muestra de agua, siendo los iones de cálcicos y magnésicos los encargados de disolver las sustancias jabonosas.

Teniendo en cuenta que el objetivo es reutilizar el agua lluvia para uso doméstico los resultados esperados son bajos. Se realizó la titulación con EDTA (ácido etilendiaminotetracético y su sal de sodio), el calcio y el magnesio se vuelven complejos y cuando este proceso finaliza la solución cambia a azul, se reporta la cantidad de EDTA necesaria para que la muestra se torne azul y este se multiplica por 20 (resultados presentados en Foto 35 y Foto 36)

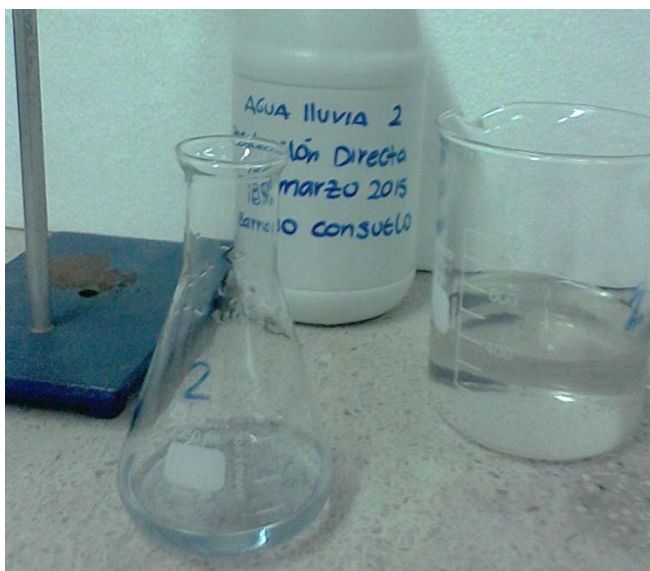
Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)
1.5 mg/L*20=30 mg/L	1.0 mg/L*20=20 mg/L

Foto 35 Resultados pruebas de dureza Muestra N°1



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

Foto 36 Resultados pruebas de dureza Muestra N°2.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 16 Marzo 2015

9 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS

En este capítulo se muestra el desarrollo y proceso de diseño empleados para el filtro de tratamiento y sistema de recolección propuesto.

Es indispensable, en el desarrollo del diseño del sistema de tratamiento de aguas lluvias, tener presente la forma como se pretende recolectar el recurso hídrico pluvial, y para ello, se debe identificar la región donde se va a desarrollar el proyecto con el fin de conocer los recursos con los que cuenta la comunidad, y de esta forma diseñar un sistema de recolección que se ajuste a su capacidad económica.

De esta forma, considerando que aproximadamente 2000 personas actualmente habitan el barrio El Consuelo y teniendo en cuenta que las condiciones socioeconómicas del sector no son muy altas, los sistemas de recolección consistirán básicamente en la captación de aguas lluvias por medio de los tejados, que conducen el agua recolectada a las bajantes y estas a su vez llevaran el recurso al sistema de purificación que se diseñará.

Del mismo modo, así como se recolecta el agua por medio de las cubiertas de las viviendas de la localidad, también se puede presentar un sistema de recolección abierto, el cual captaría el agua directamente de las lluvias cuando se presenten precipitaciones. Estas aguas irán a tanques de almacenamiento que permitirán a su vez tener una reserva adicional de agua y de esta forma, se puede utilizar el recurso recolectado en las labores domésticas. Cabe aclarar que solo después de haber sido filtrada el agua recolectada se recomienda su uso doméstico y principalmente, determinar si es posible o no que también sea destinado al consumo humano.

9.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Actualmente el agua lluvia es recolectada y posteriormente reutilizada en uso doméstico por los habitantes del barrio consuelo. Este proceso es realizado hace varias décadas sin ningún tipo de precaución.

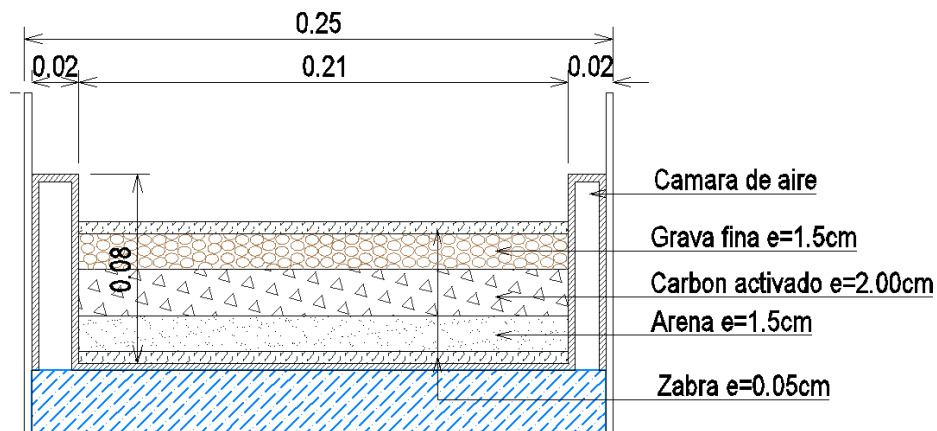
En este trabajo se propone un sistema de tratamiento económico y de fácil acceso, que se puede emplear en viviendas multifamiliares.

Se plantea emplear uno de los filtros más comunes y antiguos, un filtro natural, este permite una depuración físico-química del agua lluvia, ya que está constituido por materiales orgánicos, que además son de fácil acceso. Adicional a esto se ha buscado que la construcción sea realmente sencilla, buscando hacer una adecuada implementación.

9.1.1 DESCRIPCIÓN DEL FILTRO

Con el fin de brindar una mejor calidad de agua a la comunidad del barrio El Consuelo, se propone realizar un tratamiento al agua lluvia recolectada, previo a su reutilización (para uso doméstico, como lavado de pisos, descargas sanitarias, etc.). Para este fin se propone trabajar con un filtro natural el cual está constituido por diferentes materiales de origen natural como: Arena, carbón activado y grava (Ver Imagen 4). Las propiedades de estos materiales aportan una filtración físico-química, esto se debe a que tanto la grava como la arena generan retención de las partículas contaminantes que lleva el agua lluvia al momento de su recolección (filtración física), el carbón por sus propiedades adsorbentes o de remoción eliminan impurezas en el agua (filtración química). Se propone adicionar un material adicional en la parte superior e inferior respectivamente para recolección de partículas, se trabajaría con zabra, el cual es un material normalmente utilizado por las amas de casa para lavado de ollas u oficios de cocina.

Imagen 4 Propuesta Filtro Natural

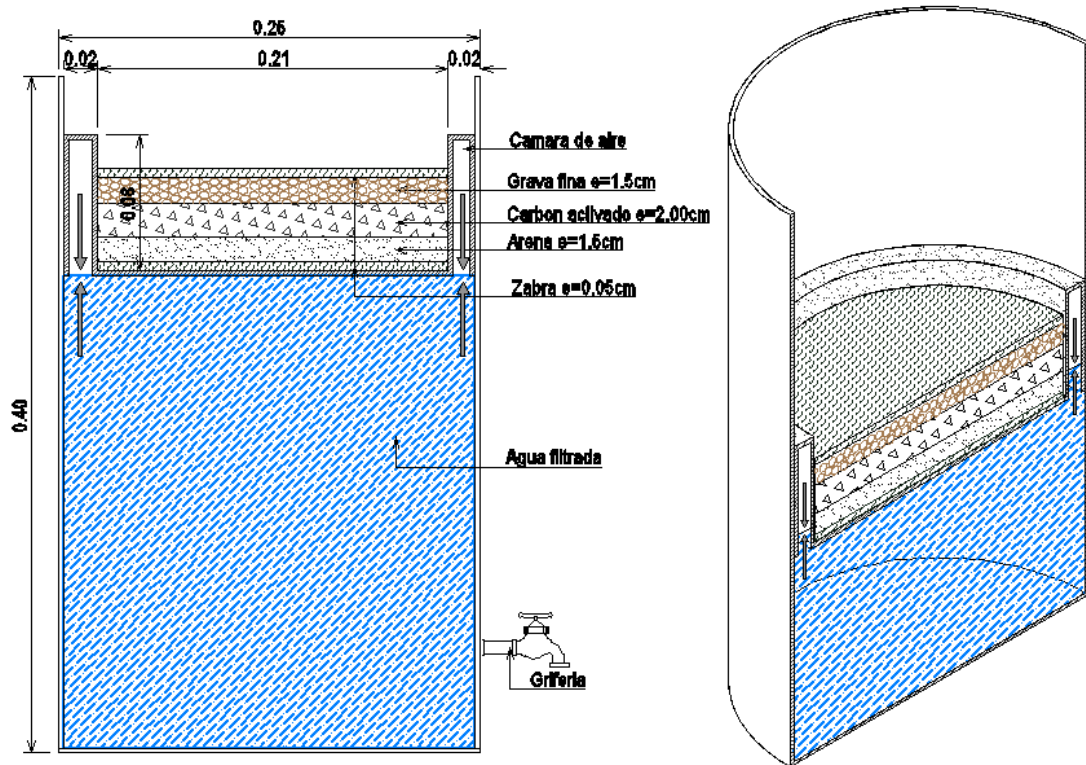


Fuente: Elaboro Johana Castellanos 10 mayo 2015

Se trabajó con un prototipo a escala para realizar la simulación del proceso de filtración del agua lluvia y mantenimiento del filtro.

El diseño cuenta con cámaras de aire en las paredes, la presión generada por agua que va quedando bajo el mismo hace que suba de manera independiente, brindando seguridad y facilidad, a quien realice el mantenimiento del filtro (ver Imagen 5).

Imagen 5 Prototipo Diseño Filtro Natural



Fuente: Elaboro Johana Castellanos 10 mayo 2015

9.2 ELABORACION FILTRO NATURAL

Este tipo de filtros es muy común y antiguos, es en su mayoría la simulación del proceso natural de purificación a la que se somete el agua en su cauce natural. Con algunas leves modificaciones como la adición del carbón activado para dar una reacción química que contrarreste los agentes que el agua adquiere al entrar en contacto con nuestra atmosfera la cual ha sufrido alteraciones a raíz de la contaminación provocada por las emisiones de los carros y fábricas.

Los materiales que componen este filtro son de origen natural, químico y sintético, todos de fácil acceso. Se realiza un listado de ellos a continuación:

Arena: Este material se puede obtener de formas muy fáciles en ferreterías o si es posible en su estado natural ya sea arena de peña o arena de rio (Foto 37).

Foto 37 Arena de río



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 02 Mayo 2015

Carbón activado: Se debe verificar al obtener este material que sea el indicado, si el material suelta un polvillo negro se debe cambiar. Se obtiene en almacenes de distribución de químicos (Foto 38).

Foto 38 Carbón activado



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 02 Mayo 2015

Gravilla: este material varia de tamaño dependiendo el uso, para este ejercicio se requiere gravillas pequeñas. Se puede obtener en ferreterías (Foto 38; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Foto 39 Gravilla



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 02 Mayo 2015

Sintéticos: Para garantizar una mejor filtración se adicionaran dos capas de sintético una en la parte inicial y otra en la final, estos se puede elaborar en diferentes materiales, aquí proponemos algunos dejando a libre elección de quien lo fabrique, sin que cualquiera de estos genere algún tipo de contaminación al material filtrado: guata, geotextiles, zabra (Foto 40 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En el prototipo se utilizara zabra.

Foto 40 Materiales sintéticos: Geotextiles



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 02 Mayo 2015

9.3 MONTAJE DEL FILTRO

Se realiza el montaje del filtro en el prototipo de acrílico construido, para simular el comportamiento del mismo.

Se construyó en primer lugar un recipiente en acrílico de altura 40cm y diámetro 25cm para simular la caneca de recolección que se encuentra en las viviendas.

El filtro también se elaboró en acrílico con el fin de mostrar el comportamiento que este tiene dentro de la caneca, su elaboración se puede realizar de forma casera utilizando las tapas de las canecas, sin embargo se recomienda hacer la elaboración del mismo en fábricas de plásticos, para mayor comodidad, el costo de este filtro no es levado sin embargo puede variar dependiendo de su tamaño y de quien lo fabrique. En la Imagen 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los planos del filtro para su elaboración, se deben ajustar datos dependiendo de la necesidad de quien los utilice. El prototipo particularmente fue diseñado considerando las dimensiones de una caneca de 40 galones cuyas medidas son de $h=0.80m$ $d=0.50m$, por lo cual se planteó teniendo en cuenta la mitad de su altura y la mitad de su diámetro.

Teniendo en cuenta la consecución de los materiales y la elaboración y montaje del filtro, su costo final ($h=0.40m$, $d=0.25m$) es de alrededor de \$150.000, lo que permite que sea de fácil consecución para la población del área de estudio considerando el estudio socioeconómico realizado. Un filtro con el mismo diseño de dimensiones $h=0.80m$, $d=0.50m$, puede llegar a un predio de cerca de \$270.000.

Foto 41 Prototipo del filtro natural



Fuente: Autoría Johana Castellanos 09 mayo 2015

Se realiza el montaje por capas de los materiales mencionados previamente dentro del filtro. Los espesores de la materia no están estandarizados, sin embargo se recomiendan estos espesores mínimos basados en las pruebas de laboratorio y en el eficiente comportamiento que mostraron en el ensayo realizado:

- 1) Se instala el material sintético dentro del filtro de tal manera que cubra toda la base y no permita el paso de la arena (Foto 42).
- 2) Se sitúa una capa de área de 1.5cm de espesor (Foto 43).
- 3) El carbón activado por su gran aporte tendrá más cantidad de material. El espesor recomendado será de 2cm (Foto 44).
- 4) Para separar el carbón activado de la grava se coloca una malla, esta puede ser de tela o plástica (se puede utilizar la malla de un colador) (Foto 45).
- 5) Se adiciona la gravilla, se puede adicionar otra capa de grava más gruesa separándolas entre sí con malla esto teniendo precaución de no poder sobre peso al filtro y así evitando que este suba (Foto 46).
- 6) Finalmente si se desea se coloca otro material sintético de la misma forma que en el primer paso.

Foto 42 Instalación material sintético



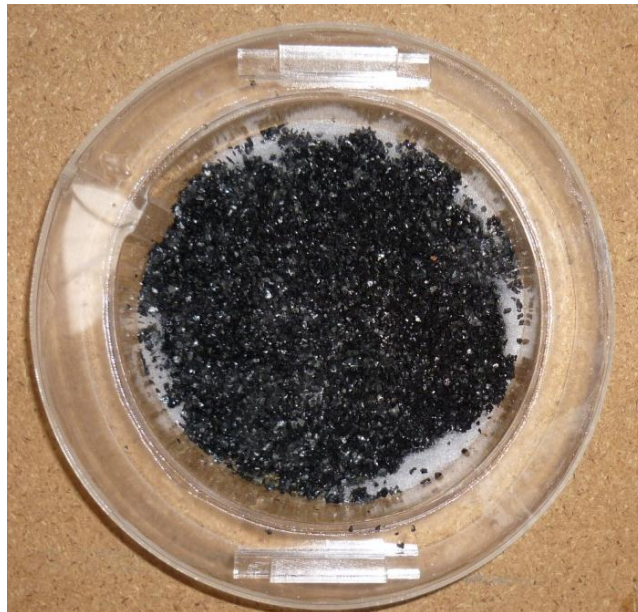
Fuente: Autoría Johana Castellanos 09 mayo 2015

Foto 43 Ubicación de arena



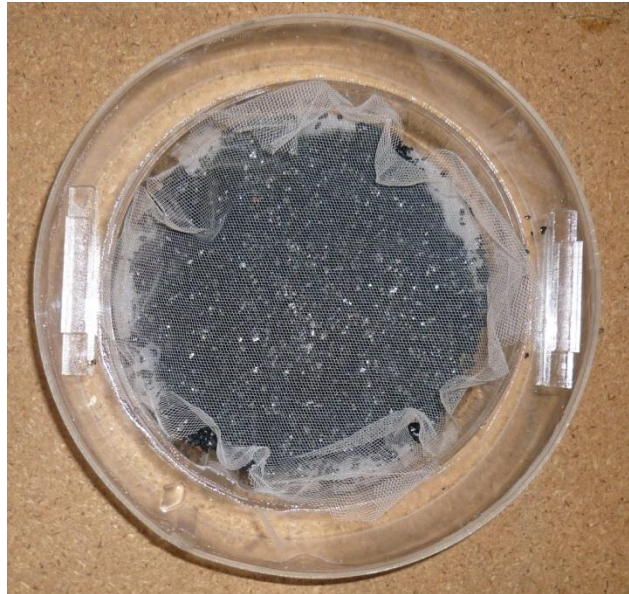
Fuente: Autoría Johana Castellanos 09 mayo 2015

Foto 44 Ubicación carbón activado



Fuente: Autoría Johana Castellanos 09 mayo 2015

Foto 45 Ubicación malla de tela



Fuente: Autoría Johana Castellanos 09 mayo 2015

Foto 46 Ubicación Gravilla



Fuente: Autoría Johana Castellanos 09 mayo 2015

Foto 47 Montaje final filtro natural

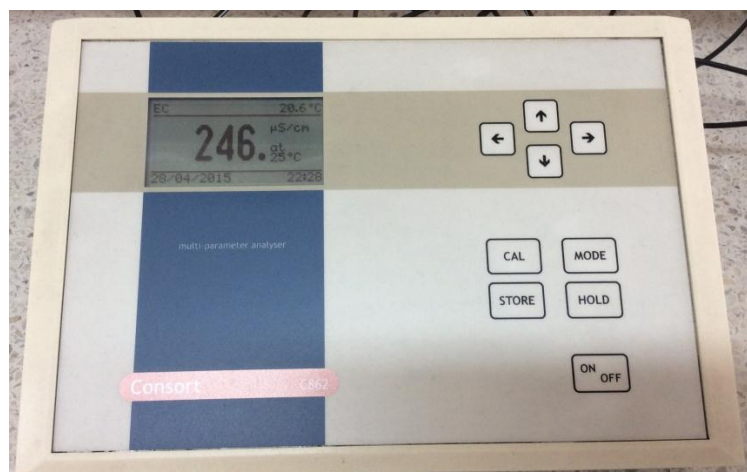


Fuente: Autoría Johana Castellanos 09 mayo 2015

9.4 CALIDAD DEL AGUA FILTRADA

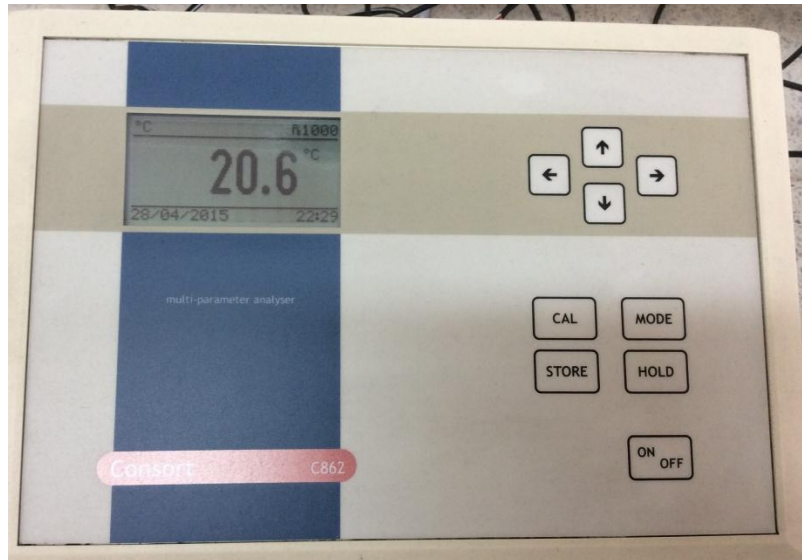
A continuación se muestran los resultados de laboratorio realizados a las muestras de agua lluvia filtrada.

Foto 48 Resultados pruebas de conductividad



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 49 Resultados pruebas de Temperatura



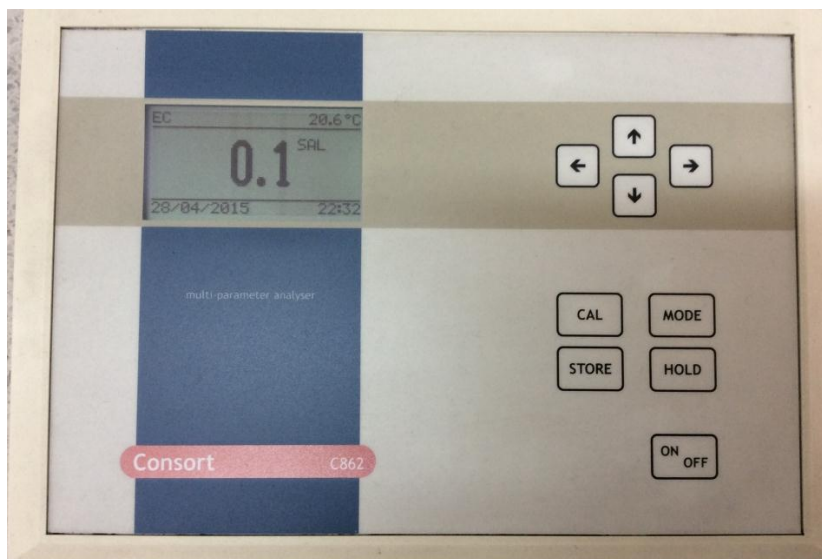
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 50 Resultados pruebas de sólidos.



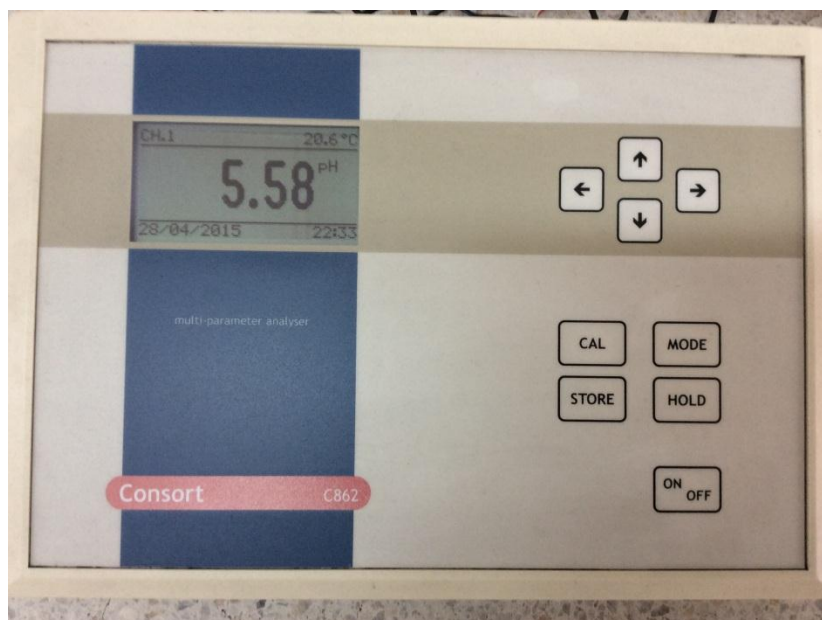
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 51 Resultados pruebas de salinidad.



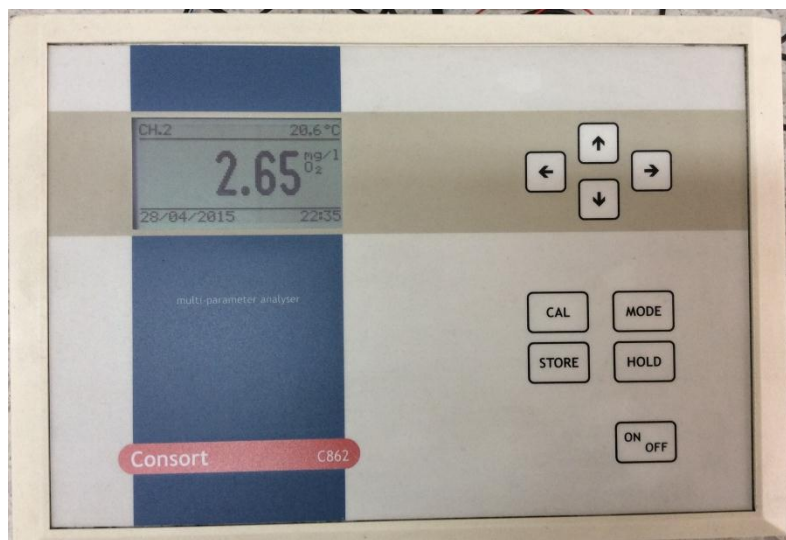
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 52 Resultados pruebas de pH



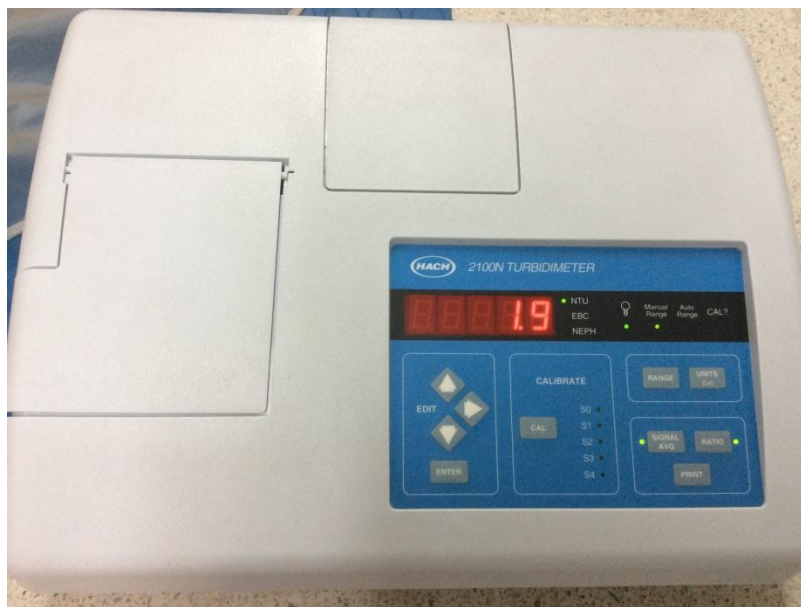
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 53 Resultados pruebas de porcentaje de oxigeno



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 54 Resultados pruebas de dureza



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 55 Resultados pruebas de color



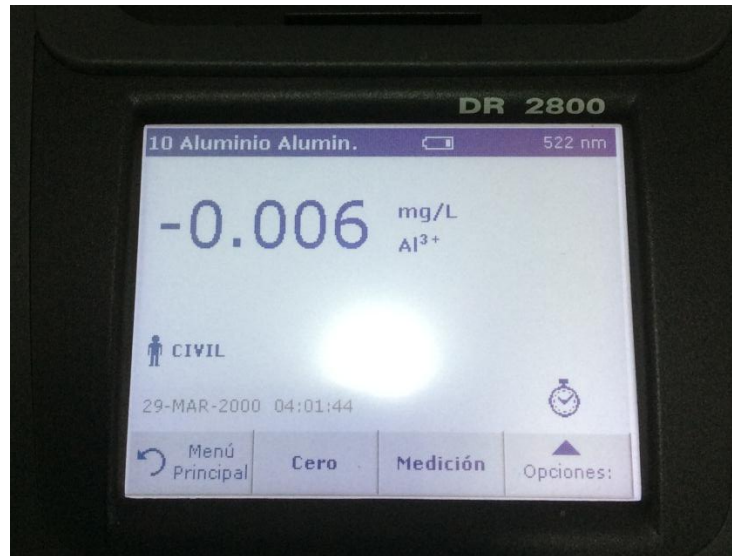
Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 56 Resultados pruebas de Hierro



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 57 Resultados pruebas de aluminio.



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 58 Resultados pruebas de dureza cálcica



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 59 Resultados pruebas de dureza magnésica



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

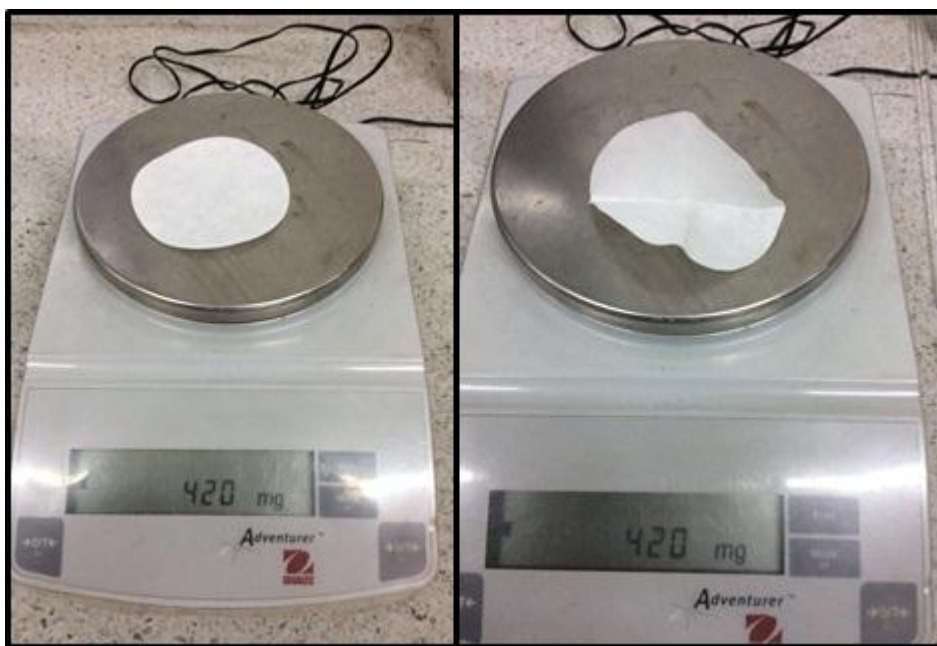
Finalmente se realiza un ensayo de conos de Imhoff (Foto 60), considerando el valor tan alto obtenido en el ensayo de sólidos. Por tal motivo, con el fin de comparar un parámetro cercano con este valor, se realizó la prueba mediante la cual se pretende determinar la cantidad total de solidos suspendidos que se pueden sedimentar en la muestra de agua donde se encontró que no se presentaba más de 1 mg/L de solidos (Foto 61).

Foto 60 Ensayo conos de Imhoff



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

Foto 61 Resultado ensayo conos de Imhoff



Fuente: Autoría Johana Castellanos Andrés García 28 abril 2015

En términos generales, los resultados obtenidos, tal y como se muestra en la Tabla 6, se encuentran dentro de los parámetros de calidad tanto de la norma colombiana (RAS 2000), como de la Environmental Protection Agency (EPA) Agencia de Protección Ambiental, por lo cual se concluye que el agua tratada por el filtro diseñado, tiene la calidad necesaria para ser utilizada en labores domésticas.

9.5 CUADRO COMPARATIVO CALIDAD DEL AGUA FILTRADA

Cuadro comparativo Pruebas de Laboratorio						
Prueba	Muestras de agua sin filtrar		Muestra Filtrada	Parámetros según norma RAS 2000	Parámetros según norma EPA 1992 ¹³	Conclusión
	Muestra N° 1 (Recolección de la caneca)	Muestra N° 2 (Recolección directa)				
Turbidez	7.10 NTU	16.0 NTU	1.9 NTU	< 5	< 2	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
Color	74 UPC	145 UPC	25 UPC	< 10	-	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
pH	6.97 PH	6.70 PH	5.58 PH	6.5 - 9.0	6 - 9	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
Conductividad	155.2 μ s	46.9 μ s	246 μ s	50 - 1000 μ s	-	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
Oxígeno	1.37 mg/L	5.06 mg/L	2.65 mg/L	> 4 mg/L	-	Disminuye la cantidad de oxígeno debido a que su tiempo de almacenamiento es mayor considerando que su recolección no es directa
Temperatura	20.2 °C	19.17 °C	20.60°C	15 - 25°C	-	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
Sólidos	91.1 TDS	27.1 TDS	131 TDS	< 5 mg/L	-	Incumple el parámetro de la norma por lo cual se considera comparar con ensayo de Cono de Imhoff
Salinidad	0.1	0	0.1	< 0.1	-	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
Hierro	0.17 mg/L	0.20 mg/L	0.11 mg/L	< 0.3 mg/L	< 5,0	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
Aluminio	0.001mg/L	0.14 mg/L	0.006 mg/L	< 0.2 mg/L	< 5,0	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia
Dureza	1.5 mg/L*20 = 30 mg/L	1.0 mg/L*20 = 20 mg/L	1.9 mg/L*20 = 38 mg/L	< 160 mg/L	-	Cumple con los parámetros de las normas tomadas como referencia

Tabla 6 Comparativo calidad de agua filtrada

¹³ Arreguín Cortes, Felipe I., Moeller Chavez, Gabriela., Escalante Estrada, Violeta., Rivas Hernández, Armando., [En Línea]. Reuso de agua en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

10 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

Se encontró que el sistema de recolección que actualmente es utilizado, a pesar de ser eficiente, tiene carencias que pueden perjudican a largo plazo a la comunidad. En el capítulo 8 se realizó la descripción del sistema actual de recolección, donde se evidenciaron los principales inconvenientes a continuación descritos:

- Exposición a agentes contaminantes del medio.
- Posible contacto con roedores y aves.
- Capacidad de recolección no controlada.
- Biopelícula en las canecas de recolección.

Con el sistema de recolección propuesto se pretenden disminuir estos percances, ofreciéndole a la comunidad una mejor calidad de vida.

10.1 PROPUESTA DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

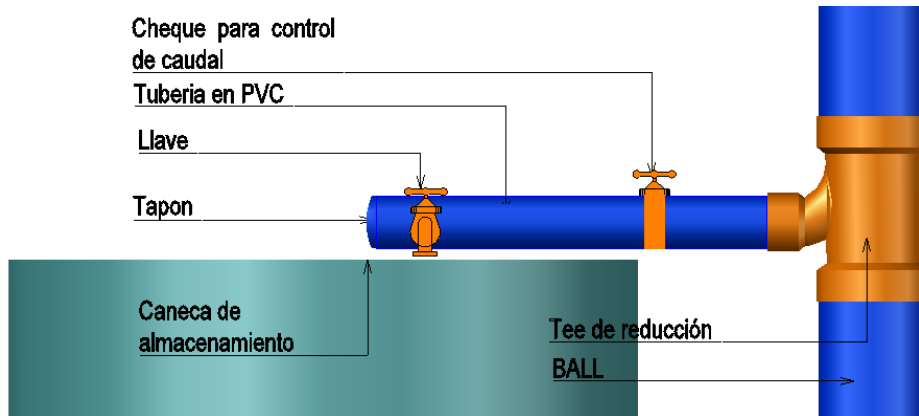
El diseño presentado en este documento se realizó para una vivienda multifamiliar de tres niveles, basándose en las características de las viviendas del sector.

Con el fin de realizar un control del caudal que reciben las canecas de almacenamiento se propone realizar una modificación a la bajante aguas lluvias (BALL) por medio de un ramal adicional. Dicho ramal está compuesto por una tubería en PVC, un registro o cheque, una llave y un elemento de cierre como un tapón (Imagen 6).

Esto no solo permitirá que una vez se llegue a la capacidad de almacenamiento de las canecas, se suspenda el llenado, dirigiendo el agua lluvia a la red pluvial pública (Imagen 7). Adicionalmente se controla el momento de llenado, es decir que no se recaudaran el agua hasta después de los primeros cinco (5) minutos del inicio la precipitación teniendo en cuenta que durante este lapso el agua tiende a arrastrar sedimentos y materiales sólidos.

La distribución a los siguientes niveles se realiza por medio de la bajante de aguas lluvias a la cual se le dispondrá una rejilla en la parte superior de la misma bajante para evitar el ingreso de agentes contaminantes o animales. Al ser un proceso realizado por gravedad no se requieren elementos adicionales a los ya mencionados.

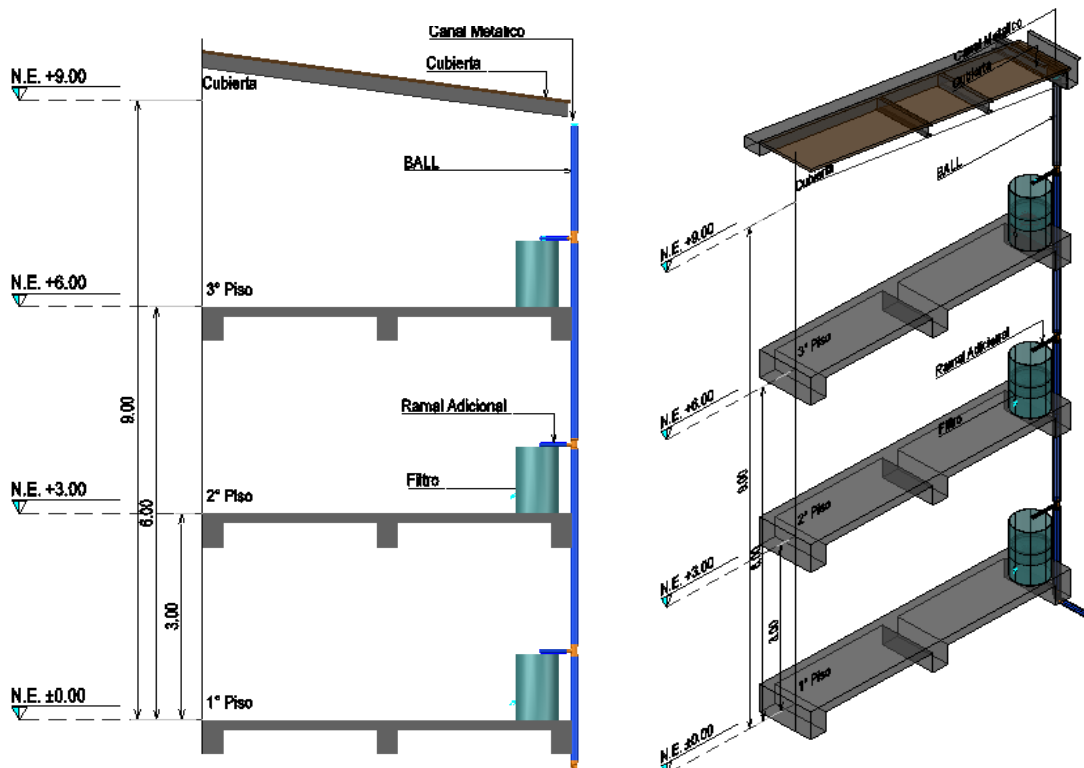
Imagen 6 Diagrama Ramal Adicional Para BALL



Fuente: Autoría Johana Castellanos 20 Mayo 2015

La misma distribución se realiza en el caso de que la vivienda cuente con más o menos pisos de los representados en la Imagen 7, en caso de que solo tenga un piso, al momento de llenar el tanque con filtro, se suspende el llenado y el agua que no pueda ser recolectada, seguiría su curso normal por la bajante de aguas lluvias.

Imagen 7 Prototipo Sistema de Distribución Aguas Lluvias



Fuente: Autoría Johana Castellanos 20 Mayo 2015

Es importante aclarar que al ser un filtro de fácil montaje, es también fácilmente remover sus materiales con el fin de realizarle mantenimiento, el cual basta con ser expuesto a la luz solar durante unas horas, para que de esta forma, con la acción de los rayos UV, los materiales como la gravilla, la arena y el carbón activado recuperen sus propiedades, por lo tanto, no es necesario realizar una gran inversión en su mantenimiento.

De esta forma, se presenta la alternativa planteada, que además de ser amigable ambientalmente por contribuir con la disminución en el consumo del recurso hídrico que en el planeta cada vez es más escaso, también es económico y de fácil acceso y al mismo tiempo presenta una opción de mejor calidad al reuso de aguas lluvias.

11 CONCLUSIONES

Se dio a conocer el actual mecanismo de captación de aguas lluvias que en las viviendas del barrio El Consuelo se ha implementado y se presentó la forma en la que, sin algún tipo de tratamiento particular, se almacena el agua para su posterior uso.

Se diseñó el sistema de recolección y tratamiento de aguas lluvias propuesto y se fabricó un prototipo del filtro que realiza el tratamiento del recurso recolectado; dejando planteada la forma de implementar el sistema presentado en viviendas multifamiliares, principalmente para la población de los estratos 1, 2 y 3, quienes serían los mayores beneficiados con esta propuesta según la descripción del diagrama de ramal adicional y el sistema de distribución de la bajante de aguas lluvias.

Se propuso y diseñó un sistema que permite una disminución en el consumo del recurso hídrico potable por medio del aprovechamiento de aguas lluvias, la cual se filtra y permite su uso en labores domésticas.

Partiendo de la base de la inexistente normatividad en el país en la regulación de los sistemas privados de reutilización de aguas lluvias, es conveniente definir parámetros que permitan el buen uso de este recurso y la forma más apropiada de presentarle beneficios a las familias y comunidades que implementen estos sistemas. No solo con la reducción de su consumo de los recursos públicos, sino también presentando formas de incentivar la reutilización de recursos naturales en pro del desarrollo de la ciudad y el país.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos realizados a las muestras de agua tomadas antes y después de utilizar el filtro, se encontró que la calidad de agua en general presenta una mejora, debido a la acción de los agentes de los compuestos filtrantes utilizados. Sin embargo, considerando que no se le realiza un tratamiento similar al realizado en las plantas de tratamiento de agua potable, no es recomendable su uso para el consumo humano ya que a pesar de tener algunas de las características obtenidas en el agua potable, no es posible eliminar por completo los microorganismos que pueden estar presentes en el agua.

Teniendo en cuenta que no fueron realizados ensayos a las muestras, en los que se considerara la presencia de bacterias y microorganismos en el agua. No es posible determinar los problemas de salud que puede ocasionar a los humanos y animales, el consumo del agua captada luego de que haya sido tratada mediante el filtro diseñado.

Considerando que el área de estudio del proyecto presentado es un sector popular de estratos dos y tres, se considera conveniente la implementación del sistema de filtro de aguas lluvias con el fin de que se genere una reducción en el consumo del

recurso hídrico (dependiente del volumen de precipitaciones) que puede variar entre 10% y 40%, considerando que el agua recolectada puede ser utilizada en la limpieza general de la vivienda, aparatos sanitarios como lavamanos, lavaplatos, sanitarios, etc., y a su vez, para los usuarios, una reducción en el pago de sus facturas del servicio público de agua potable.

Se plantea la posibilidad de que en eventos de emergencia o catastróficos, el filtro proporcione una alternativa provisional con el fin de proveer a los afectados de agua de calidad, que pueda ser consumible, pero como se ha mencionado previamente, no se recomienda su uso para el consumo humano sin antes realizar los respectivos estudios microbiológicos y bacteriológicos.

12 BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía local de Rafael Uribe Uribe. Acuerdo 003 Plan de desarrollo RUU 2012-2016 [en Línea]. <http://www.rafaeluribe.gov.co/index.php/desarrollo-local/2013-09-23-23-42-29> Consultado Marzo 25 de 2015.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. Decreto 528 de 2014. [en Línea]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=60065>, Consultado Marzo 15 de 2015.
- Arreguín Cortes, Felipe I., Moeller Chavez, Gabriela., Escalante Estrada, Violeta., Rivas Hernández, Armando., Reuso de agua en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. [En Línea]. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf>
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal. Ley de Aguas del Distrito Federal (Decreto). 27 de Mayo de 2003. [En Línea]. http://www.seduvi.df.gob.mx/portal/docs/transparencia/articulo14/fraccioni/leyes2013/Ley_de_Aguas_del_Distrito_Federal.pdf. Consultado Marzo 26 de 2015
- Ballén, José Alejandro., Galarza, Miguel Ángel., Ortiz, Rafael Orlando. [En línea]. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua. 5 a 7 de Junio de 2006.
- Definición. ED [en línea]. [Citado 5 Marzo, 2015]. Disponible en Internet: <http://definicion.de/precipitacion/#ixzz3TYhiX0Mb>
- Definición. ED [en línea]. [Citado 5 Marzo, 2015]. Disponible en Internet: <http://definicion.de/?s=prototipo#ixzz3TYjCOvm8>
- Definición. ED [en línea]. [Citado 5 Marzo, 2015]. Disponible en Internet: <http://definicion.de/recursos-hidricos/#ixzz3TYkOO0E3>
- Lara Borrero, Jaime Andrés., Torres Abello, Andrés Eduardo., Campos Pinilla, María Claudia., Duarte Castro, Leonardo., Echeverri Robado, Jairo Iván., Villegas González, Paula Andrea. [En línea]. Aprovechamiento del agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana. pp 193 – 202; 2007
- Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 1207 de 2014. [En Línea]. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=59135>. Consultado Mayo 11 de 2015
- Morato, Jordi., Subirana, Anna., Gris, Anna., Carneiro, Alex., Pastor, Rosario., [En línea]. Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales Revista Lasallista de Investigación, vol. 3, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 19-29.

Palacio Castañeda, Natalia., [En línea]. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia con alternativa para el ahorro de agua potable. Gestión y Ambiente; 2010; Vol. 13; no. 2; pp 25-39

PEREA TORRES, L., TORRES-LOZADA, P., AND CRUZ-VÉLEZ, C. Influence of the Flow Control (Declining Rate – Constant Rate) on the Filtration Process in Drinking Water Treatment. Ingeniería y Universidad. 2014, vol. 18, no. 2, pp. 217-234. [En línea]. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.IYU18-2.ifcd>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS – UN HÁBITAT. Informes Geo Locales. Rafael Uribe Uribe. 2008. [en Línea]. oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/.../GEO_18_RafaelUribeUribe.pdf. Consultado Marzo 25 de 2015

Torres, Andrés., Méndez Fajardo, Sandra., López Kleine, Liliana., Marín, Valentina., González, Jorge Andrés., Suárez, Juan Camilo., Pinzón, Julián David., Ruíz, Alejandra., [En línea]. Evaluación Preliminar De La Calidad De La Escorrentía Pluvial Sobre Tejados Para Su Posible Aprovechamiento En Zonas Periurbanas De Bogotá; Rev. UDCA Act. & Div. Cient. 14(1), pp 127-135; 2011