

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS
LLUVIAS UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN
VIVIENDAS RURALES DE CUNDAY TOLIMA

ESTEBAN FELIPE BAUTISTA ACOSTA

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS
BOGOTÁ D.C

29 DE NOVIEMBRE DE 2020



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Fundada en 1951

**DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS
LLUVIAS UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO
EN VIVIENDAS RURALES DE CUNDAY TOLIMA**

Esteban Felipe Bautista Acosta

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo en
construcciones arquitectónicas.**

Jorge Armando Cárdenas

Anna Ramírez

Docentes de la facultad de arquitectura

Universidad La Gran Colombia



Facultad de Arquitectura
Tecnología en construcciones arquitectónicas
Bogotá D.C

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

2

Dedicatoria

Se la dedico a mi hermano a quien acabo de perder, él me inspiro a ser el hombre que soy, a ser una persona que se preocupa por los demás y procura ser parte y hacer el cambio. A mi familia, a mis padres por su infinito amor y las oportunidades que me han dado. A mis dos hermanos mayores, los cuales siempre han estado para mí, dando lo mejor de ellos, mil gracias. A mis amigos, quienes son como mis hermanos, siempre me inspiran a ser mejor cada día.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

3

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Abstract	11
1 Introducción.....	12
2 Justificación	13
3 Objetivos.....	17
3.1 Objetivo General.....	17
3.2 Objetivos Específicos.....	17
4 Antecedentes.....	18
5 Marco Referencial	20
5.1 Lluvia	20
5.2 Consumo de agua.....	21
5.3 Aguas Lluvias	22
5.4 Captación de aguas Lluvias	24
5.5 Áreas o superficies de captación	25
5.6 Estándares de calidad de Agua	26
5.7 Filtro de aguas Lluvias.....	26

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

	4
5.8 Precipitación	28
5.9 Índice fluvial en Cunday Tolima	28
5.10 Cribado	29
5.11 Arena	29
5.12 Carbón Activado	29
5.13 Grava	30
5.14 Guadua	30
6 Aspectos Metodológicos.....	31
6.1 Problema y pregunta de investigación.	31
6.2 Hipótesis.....	31
7 Resultados.....	32
7.1 Materiales	38
7.2 Método	38
7.2.1 Elaboración.....	38
7.2.2 Instalación	41
7.3 Costos.....	42
7.4 Material pedagógico	43

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

	5
Lista de Referencia o Bibliografía	44
Anexos	46

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

6

Lista de Tablas

<i>Tabla 1.</i>	21
<i>Tabla 2.</i>	22
<i>Tabla 3.</i>	26
<i>Tabla 4.</i>	43

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Servicios con que cuenta la vivienda (DANE, 2010)</i>	15
<i>Figura 2. Promedio de personas por hogar en Tolima (DANE, 2010)</i>	16
<i>Figura 3. Hogares con actividad financiera (DANE, 2010)</i>	16
<i>Figura 4. Tipos de vivienda en Tolima (DANE, 2010)</i>	16
<i>Figura 5. Prototipo final filtro a base de guadua y materiales de fácil acceso (elaboración propia)</i>	32
<i>Figura 6. Prototipo final filtro a base de guadua y materiales de fácil acceso (elaboración propia)</i>	33
<i>Figura 7. Primer recipiente en vidrio con el volumen de la tierra que se filtrará (elaboración propia)</i>	34
<i>Figura 8. Segundo recipiente en vidrio con el agua tratada con el uno por ciento de los sedimentos (elaboración propia)</i>	35
<i>Figura 9. Comparacion del agua antes y despues de ser tratada por el filtro a base de guadua (elaboración propia)</i>	36
<i>Figura 10. La muestra de cada sustancia y su reaccion a la cinta activa (elaboración propia).</i>	37
<i>Figura 11. Diseño de Filtro de aguas lluvias a base de guadua (elaboración propia).</i>	39
<i>Figura 12.. Pasos para la elaboración del Filtro de aguas lluvias a base de guadua (elaboración propia).</i>	39

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

7

Figura 13. Modelo 3D del filtro vs prototipo final (elaboración propia)41

Figura 14. Plano de corte de la instalación del módulo filtrante (elaboración propia)42

Figura 15. Plano lateral de la instalación y proceso de Filtro de aguas lluvias (elaboración propia).42

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

10

Resumen

La escasez de agua en el mundo ha llevado a buscar alternativas para la captación y conservación de este recurso, por ello el aprovechamiento de aguas lluvias permite un mayor acceso al agua. En Cunday Tolima se encuentra una problemática respecto a la disponibilidad de agua en temporada de sequía, por lo anterior, el Gobierno debe abastecer estas zonas de agua, siendo aun así insuficiente para las necesidades de toda la población, adicional a esto, se encuentra que esta comunidad no almacena ni realiza tratamiento de aguas lluvias, lo que maximiza las problemáticas que desencadena la escases de este recurso natural. Por lo anterior, la pregunta problema para la siguiente investigación es ¿Cómo a partir de materiales locales se puede diseñar la instalación de un sistema de tratamiento de agua lluvias en las áreas rurales que permita por medio de un modulo filtrante su aprovechamiento para las viviendas? y en este estudio se propone diseñar un módulo filtrante construido con guadua, gravas, arenas y carbón activo para el aprovechamiento de aguas lluvias en las viviendas rurales situadas en la zona rural de Cunday, Tolima.

Palabras claves: Filtro, Aguas Lluvias, Rural, Guadua, Grava, Arena.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

11

Abstract

The scarcity of water in the world has led to find alternatives for the collection and conservation of this resource, so the use of rainwater allows greater access to water. In Cunday Tolima there is a problem regarding the availability of water during the dry season, therefore, the Government must supply these areas of water, still being insufficient for the needs of the entire population, in addition to this, it is found that this community does not store or carry out rainwater treatment, which maximizes the problems that trigger the scarcity of this natural resource. Due to the above, the author asks: How to design the installation of a rainwater treatment system in rural areas that allows, through a filter module, its use for homes from local materials? and in this study it is proposed to design a filter built with guadua, gravels, sand, and activated coal for the use of rainwater in rural homes located in the rural area of Cunday, Tolima.

Keywords: Filter, Rainy Waters, Rural, Guadua, Gravel, Sand.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

12

1 Introducción

La escasez de agua en el mundo ha llevado a buscar alternativas para la captación y conservación de este recurso, por ello el aprovechamiento de aguas lluvias permite un mayor acceso al agua (Suárez, Mesa, Prieto, & Bravo, 2015). El bajo costo de la captación de agua de lluvia las hace asequibles a los productores rurales de bajos ingresos mejorando su calidad de vida, se encuentra que según el IDEAM cerca del 50 % de la población colombiana que reside en municipios está expuestas a sufrir problemas de suministro de agua, sin embargo, aún las técnicas de captación de lluvia están poco extendidas entre los productores (Suárez, Mesa, Prieto, & Bravo, 2015; Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).

En Cunday Tolima se encuentra una problemática respecto a la disponibilidad de agua en temporada de sequía, por lo anterior, el Gobierno debe abastecer estas zonas de agua, siendo aun así insuficiente para las necesidades de toda la población, adicional a esto, se encuentra que esta comunidad no almacena ni realiza tratamiento de aguas lluvias, lo que maximiza las problemáticas que desencadena la escases de este recurso natural. Por lo anterior, es necesario aprovechar el gran índice fluvial en épocas de lluvia por medio de un módulo filtrante construido a base de guadua, grava, arenas y carbón activo, estos materiales son de fácil acceso en esta región facilitando la elaboración y el acceso de toda la población a esta herramienta de aprovechamiento de aguas lluvias para el consumo de los animales, riego de cultivos, trabajos cotidianos, entre otros.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

13

2 Justificación

El Estudio Nacional del Agua –ENA- realizado por el IDEAM indica que sí las condiciones hidrológicas son de año seco, el 80% de la población de las cabeceras municipales estarían en Alto riesgo desabastecimiento (Ballén Suárez, Galarza G, & Ortiz Mosquera, 2006). Por esta razón, se proponen los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia como una alternativa para el suministro de agua, en Colombia la mayoría de las aplicaciones realizadas son de tipo empírico sin un diseño previo que corresponda a las características ambientales de la región y a las necesidades de los usuarios, por lo que es necesario tecnificar la aplicación de estos sistemas en lo que respecta al uso en viviendas, entendiendo que de un adecuado diseño y mantenimiento del sistema depende la calidad y cantidad del agua suministrada (Ballén Suárez, Galarza G, & Ortiz Mosquera, 2006).

Así, la captación de aguas lluvias trae a los beneficiarios múltiples ventajas, entre ellas: el bajo costo a causa de la gratuidad del agua de lluvia, habiendo una única inversión para la captación y el tratamiento y un adecuado mantenimiento; la diversa funcionalidad del recurso, así, los componentes del agua lluvia permiten múltiples usos como el riego de las plantas, labores domésticas, inodoros, entre otros; además, sirve de soporte cuando hay escasez del agua subterránea y disminuyen el riesgo de erosión (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008; Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

14

Por último, es de resaltar que el agua de lluvia se recolecta y almacena cerca del edificio o casa que la utiliza, lo cual elimina la necesidad de sistemas de distribución complejos; logra un gran ahorro de energía y permite aplicarse prácticamente de inmediato a todas las comunidades urbanas, rurales o alejadas que no cuenten con redes de agua potable (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008).

El DANE aporta datos y estadísticas de esta población soportando y reafirmando la necesidad del filtro en esta parte del país, esta institución informa que casi el diecinueve por ciento (19%) de los hogares no tienen acceso al servicio de acueducto (ver figura 1), esta es una cifra muy preocupante si se piensa en que casi el veinte por ciento (20%) de los hogares no tienen acceso al agua y por cada hogar viven al menos viven cuatro personas (ver figura 2) , lo anterior empeora al saber que alrededor de solamente el seis por ciento (6%) de los hogares en este departamento tienen actividad económica en sus hogares (ver figura 3) (DANE, 2010). Por otro lado, en relación al diseño del filtro, este se debe construir para ser instalado principalmente en casas y no apartamentos u otro tipo de vivienda, puesto que el DANE también nos señala que en promedio el ochenta por ciento (80%) de los hogares son casas (ver figura 4) de esta forma se beneficiaría una mayor población por el filtro de agua (DANE, 2010).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

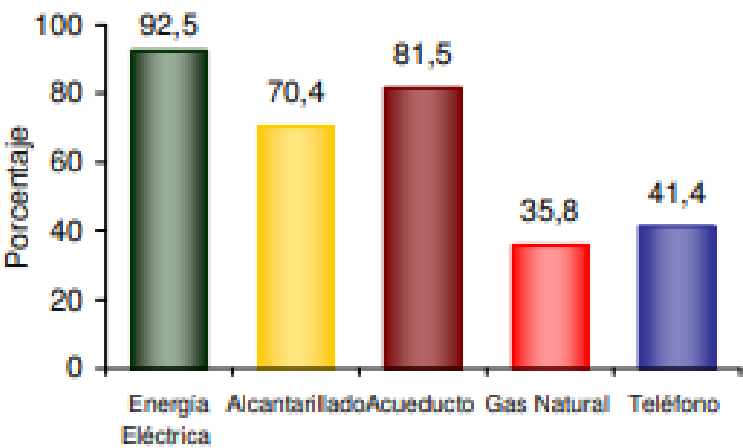
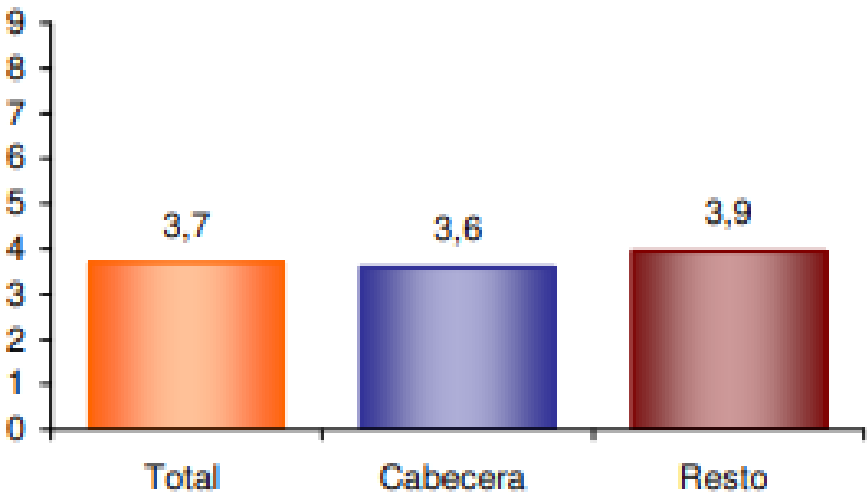


Figura 1. Servicios con que cuenta la vivienda (DANE, 2010)



DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

Figura 2. Promedio de personas por hogar en Tolima (DANE, 2010)



Figura 3. Hogares con actividad financiera (DANE, 2010)

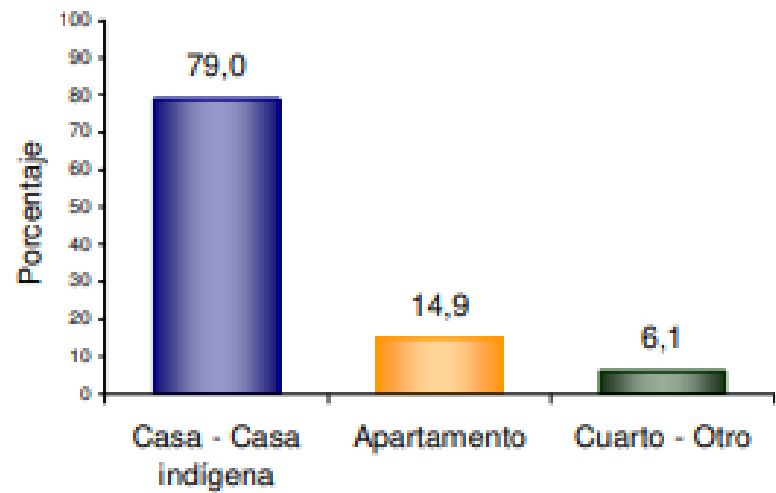


Figura 4. Tipos de vivienda en Tolima (DANE, 2010)

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

17

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Plantear el diseño de la instalación de un modulo filtrante de aguas lluvias compuesto con materiales naturales de fácil acceso para su futura implementación en las viviendas situadas en la zona rural de Cunday, Tolima.

3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el sistema filtrante de aguas lluvias más indicado y los materiales existentes para el diseño de un filtro adaptado a las necesidades y materiales disponibles en Cunday, Tolima.
- Elaborar a partir de los materiales locales seleccionados el diseño de un sistema que permita el filtrado de aguas lluvias comprobando su funcionamiento, compatibilidad, capacidad, y eficiencia.
- Identificar la factibilidad del proyecto, analizando los costos de realización e implementación del filtro en Cunday, aportando recomendaciones y conclusiones para el desarrollo futuro del proyecto.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

18

4 Antecedentes

Desde sus comienzos el hombre aprovecha el agua lluvia, por ejemplo, en el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, hace 4.000 años o más, se utilizaban sistemas de captación de agua de lluvia que se fundamentaban en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, dirigiéndose entonces a predios agrícolas en las zonas más bajas, por otro lado, en el sur este de Túnez se utilizaron técnicas de micro captación para el crecimiento de árboles, luego, en Estados Unidos y México se implementaron técnicas similares (Ballén Suárez, Galarza G, & Ortiz Mosquera, 2006; Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).

Si bien hace miles de años la captación de agua de lluvia por medio de filtros caseros o industriales era una práctica común para muchos pueblos, en nuestra época dicha práctica ha sido sustituida por el suministro de agua de las instituciones de gobierno (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008; Noreña Cifuentes, 2009). Sin embargo, el éxito mundial de los filtros de aguas lluvias parte del interés reciente por el calentamiento global y el impacto del hombre sobre el medio ambiente, principalmente sobre el agua. Esta situación preocupa a la comunidad que se da cuenta que el recurso del agua no siempre estará y busca soluciones a la escases, por lo que surge el filtro convencional (Noreña Cifuentes, 2009).

A continuación, se presentarán algunos ejemplos de filtros convencionales, sus materiales y características. Primero, Suarez & cols (2015) construyeron un filtro que consta de luffa

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

19

cylindrica como soporte combinado con cascarilla de arroz como medio filtrante y otro que solo funcionó con cascarilla de arroz como medio filtrante, a la cascarilla de arroz se le realizó un lavado y luego fue triturada, por otro lado, para la recolección se usó una bajante la cual condujo el agua hacia un tanque de almacenamiento y cosecha. Sin embargo, al evaluar los resultados físicos, químicos y microbiológicos se encontró que los filtros no generaron una mejora en parámetros como pH, turbidez, SST y DQO (Suárez, Mesa, Prieto, & Bravo, 2015).

Por otra parte, se evaluó el comportamiento de un filtro con partículas finas de hueso como material filtrante, un análisis de pretratamiento de la corriente de alimentación mostró después de un período de cinco (5) días que el proceso de tratamiento alcanzó una eficiencia global 86,60 % de turbidez, SST 69,34 %, 62,70 % de TDS, 84,38 % de DBO, DQO 41,88 % y 51,20 % de reducción de nitrato, de lo anterior, concluyeron que la absorción de un filtro relleno con partículas finas de hueso es eficiente (Suárez, Mesa, Prieto, & Bravo, 2015).

Más aún, en Ecuador, se propuso un filtro con alternativas sustentables como el uso minerales que se pueden encontrar fácilmente en el medio como carbón, gravas y arenas que en una combinación exacta mejoraron en gran medida las características del agua lluvia pudiendo ser usada en las actividades de uso doméstico en las zonas rurales del Cantón Jipijapa (Cedeño & Álvarez, 2018). En este caso emplearon: Grava gruesa, 772 gr retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ ", Grava intermedia, 570 gr retenidos en el tamiz n° 10, Agregado fino de mar, 310 gr retenidos en el tamiz

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

20

200, Agregado fino de rio, 362 gr retenidos en el tamiz 200 y Carbón activado comercial, 500 gr (Cedeño & Álvarez, 2018).

Por otro lado, la universidad tecnológica de Pereira innova con un filtro de aguas residuales del proceso de extracción del almidón a la yuca con tres medios de soporte (cáscara de coco, anillos de guadua y lecho mixto compuesto por residuos de ladrillera y cáscara de coco) mostró que el medio que permitió encontrar las mejores condiciones operacionales (Torres, Rodriguez, & Uribe , 2003).

5 Marco Referencial

5.1 Lluvia

La lluvia es la precipitación de agua desde las nubes hacia el suelo, proceso que se produce a partir de la condensación del vapor de agua dentro de las nubes y que cae por efecto de la gravedad hacia el suelo. Es importante mencionar que la lluvia siempre se encuentra en estado líquido, aunque a veces puede estar acompañada de otros estados como el gaseoso como es el caso de la neblina o sólido como el granizo (Cedeño & Álvarez, 2018).

De esta forma, la lluvia se puede clasificar respecto a la cantidad de precipitación por hora (mm/h): Débiles: cuando su intensidad es ≤ 2 mm/h; Moderadas: > 2 mm/h y ≤ 15 mm/h; Fuertes: > 15 mm/h y ≤ 30 mm/h; Muy fuertes: > 30 mm/h y ≤ 60 mm/h; Torrenciales: > 60 mm/h (Sánchez Castaño, 2010). Al respecto de esta última, las lluvias torrenciales pueden causar

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

21

estrágos como lo son inundaciones repentinas, deslaves y otros daños materiales (Sánchez Castaño, 2010).

5.2 Consumo de agua

El consumo de agua puede variar dependiendo de varios factores como lo son el contexto de la vivienda (clima cálido, húmedo, seco, frío; ingresos económicos; disponibilidad del recurso; cultura; entre otras). A continuación, se relaciona el consumo de litros de agua por habitante al día por población para tener un aproximado del consumo en general y adicionalmente, un acercamiento al consumo específico de agua por persona.

Tabla 1.

Datos estadísticos del consumo de agua

TIPO DE POBLACIÓN	LITROS POR HABITANTE AL DÍA
Capitales de más de 100.000 habitantes	De 200 a 300
Poblaciones de más de 50.000 habitantes	De 100 a 200
Población con menos de 5.000 habitantes	De 50 a 100
Medio Rural	De 30 a 50

Fuente: (Sánchez Castaño, 2010)

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

22

Tabla 2.

Datos unitarios del consumo de agua en las viviendas

ACTIVIDAD	LITROS
Bebida, cocina y limpieza (x persona y x día)	De 20 a 30
Lavado de ropa (x persona y x día)	De 10 a 15
Descarga de retretes (cada vez)	De 8 a 15
Baño	De 200 a 300
Ducha	De 20 a 35

Fuente: (Sánchez Castaño, 2010)

5.3 Aguas Lluvias

El agua al entrar en contacto con la atmosfera va modificando composición original, tanto desde el punto de vista físico siendo perceptiblemente diferente para los sentidos, como químico y microbiológico, necesitando análisis específicos para comprender su composición, por tanto, estos dos aspectos principales determinan la calidad del agua (Cedeño & Álvarez, 2018).

De esta forma el agua de consumo o de riego adicional es igual a la captación de agua; a continuación, se encuentra la formula correspondiente a captación de agua lluvia (Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000):

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

23

Captación de agua de lluvia = escorrentía inducida + precipitación recogida

$AC = (PP * Ac * Ce) + (PP * As)$ AC = Volumen de agua captado (litros) PP = Precipitación (mm)

Ac = Área de captación de agua (m²) As = Área de siembra/cosecha (m²) Ce = Coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía depende de las características del suelo en el área de captación, el suelo más conveniente es el que facilita la escorrentía por ejemplo, una superficie compacta, impermeable y sin vegetación. (Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).

Las características de la lluvia más relevantes para determinar la cantidad son: la intensidad, la duración y la distribución de la precipitación. Por otro lado, la frecuencia de las lluvias es la periodicidad media estadística en años en que pueden presentarse eventos de características similares en intensidad y duración (Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000). Igualmente, la duración y la intensidad son importantes porque la escorrentía ocurre sólo después de exceder un cierto límite dependiente del suelo. Al hablar de intensidad de la lluvia se hace referencia a la relación entre la cantidad total de lluvia que cae durante un período dado y la duración del período, y se expresa en mm/h (Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000). Así, las características del agua de la lluvia una vez tratada correctamente, permiten que sea perfectamente utilizable para el uso doméstico o industrial (Sánchez Castaño, 2010).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

24

5.4 Captación de aguas lluvias

La captación de agua de lluvia es la recolección, transporte y almacenamiento del agua de lluvia que cae sobre una superficie de manera natural o construida por el hombre, estas superficies pueden ser techos de casas, edificios o almacenes, etc. El agua almacenada puede ser usada para cualquier fin, siempre y cuando se empleen los filtros apropiados para cada uso, es decir, para usos domésticos, sanitarios y riego puede usarse un filtro muy sencillo; y para aseo personal o de consumo, se deberá tener un sistema de filtros más avanzados (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008).

Adicionalmente, cada sistema de captación de agua de lluvia consta de un área de captación o recolección y de un área cultivada o de almacenamiento, siembra, plantas, etc. Por esto, para un diseño apropiado es necesario determinar la relación entre el área de captación (A_c) y el área cultivada (A_s) (Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).

Las técnicas de captación pueden ser agrupadas en: Micro captación que consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de la siembra o en áreas contiguas al área sembrada o plantada; y Macro captación, la cual consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, ubicadas contiguas o apartadas del área de cultivo (Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2013).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

25

5.5 Áreas o superficies de captación

Las áreas o superficies de recolección es cualquier superficie no permeable por donde escurra el agua de lluvia, y sea factible recolectarla, de esta forma, pueden ser techos, patios, explanadas, caminos pavimentados, garajes, entre otros (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008). Las superficies de barro o concreto son porosas, por lo que para reducir la pérdida de agua, la superficie puede ser pintada o barnizada con sellador teniendo en cuenta que estos no desprenden toxinas al contacto con los rayos del sol y el agua de lluvia; las superficies de metal y fibra de vidrio son livianas, fáciles de instalar y requieren poco mantenimiento, sin embargo, pueden ser costosas o de difícil acceso; otra superficie de excelente escurrimiento son las láminas de plástico de más fácil acceso, sin embargo con varios años de uso expuesta al sol puede perder sus características; Tejas compuestas o de asfalto, estas superficies compuestas no son apropiadas para sistemas de captación de agua para consumo directo humano, pero puede ser utilizada para sistemas de recolección para riego de jardines y plantas de ornato y de limpieza de las casas o del excusado o retrete. Otras superficies pueden ser de Madera, alquitrán y grava que generalmente no son adecuadas para el consumo directo humano a causa sus compuestos (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008).

Es importante señalar que la limpieza de las superficies de captación permitirá un buen funcionamiento del sistema y asimismo una mejor calidad de agua (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

26

5.6 Estándares de calidad de Agua

Tabla 3.

Comparación estándares de la calidad del agua

	Estándares de la OMS	Estándares europeos
	1993	1998
Sólidos suspendidos	No hay directriz	No se menciona
Oxidabilidad		5,0 mg/l O ₂
Conductividad	250 microS/cm	250 microS/cm
Aluminio	0,2 mg/l	0,2 mg/l
Arsénico (As)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Boro (B)	0,3 mg/l	0,001 mg/l

Fuente: (Office), 2020)

5.7 Filtro de aguas lluvias

Un filtro de agua es un aparato o embudo compuesto por diversas capas de materiales sobrepuestos entre sí, por lo general las capas están compuestas por minerales de fácil acceso. La función principal del filtro es purificar el agua que pasa por él, eliminando partículas pequeñas, sólidos y sustancias químicas disueltas, o metales pesados que pudieran ser nocivos entre sus capas, dependiendo los materiales que lo componen, el diseño, así como el uso que se le dará al agua, será el porcentaje de purificación que proporcione este instrumento (Cedeño & Álvarez,

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

27

2018; Adler , Carmona , & Bojalil , 2008). Por esto, se pueden encontrar diferentes tipos de filtros que varían de acuerdo a su configuración y elaboración, principalmente existen filtros industriales y caseros (Cedeño & Álvarez, 2018).

Es necesario tener en cuenta que una de las principales razones por la que fracasan muchos sistemas de captación pluvial es por la calidad del agua recolectada, puede haber desarrollo de algas o el agua toma mal olor, sobre todo después de largos periodos de almacenamiento, por lo tanto, el tratamiento, filtración y/o desinfección son elementos clave de cualquier sistema de captación y esto también dependerá del uso final que se le quiera dar al agua (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008).

Lo llamado filtro de agua son distintos procesos que derivan en cribado, floculación y coagulación estos suceden en un recipiente independientemente de su forma lineal usando el principio de filtración.

Un buen proceso de recuperación de agua lluvia permite ahorrar alrededor de 80.000 litros de agua por año, la instalación es muy simple y sólo necesita un mínimo de mantenimiento, además, según la necesidad o prioridad el agua puede servir para usos simples como limpieza de pisos, inodoros o excusados, limpieza de ropa, riego de plantas, limpieza de autos y otros (Sánchez Castaño, 2010; Adler , Carmona , & Bojalil , 2008).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

28

5.8 Precipitación

el informe de Cortolima junto al DANE CLIMATOLOGÍA CUENCA MAYOR DEL RIO PRADO. En CORTOLIMA, explica que lo que se entiende por precipitacion es el agua que proviene del vapor de agua en la atmosfera, aterrizada en la superficie de la tierra no importa el proceso que haya sufrido, los cuales son lluvia, rocío, granizo, chubazco, neblina, niebla y nieve, con respecto a Colombia solo tiene en cuenta lluvia, rocío, granizo, neblina, todos menos nieve pues al estar ubicado en una region tropical y los lugares que tienen nieve son insignificantes se opto por eliminar la nieve

5.9 Índice fluvial en Cunday Tolima

Según el informe de Cortolima junto al DANE CLIMATOLOGÍA CUENCA MAYOR DEL RIO PRADO. En CORTOLIMA, Proyecto nos dice que el índice fluvial en la región del Tolima, este se caracteriza por presentar una temporada de lluvias bimodal, lo particular es que se divide por dos épocas trimestrales del año, los cuales el primero se encuentra en los meses de Marzo, Abril y Mayo, y en Octubre, Noviembre y Diciembre para el segundo trimestre, por lo contrario la época de baja precipitación se encuentra en Julio y Agosto, dejando los meses de transición Enero, Febrero, y Junio para el primer semestre, y Septiembre para el segundo semestre.

En promedio la mayor precipitación total de la primera mitad del año corresponde a Marzo (219.6 mm), para la segunda mitad del año se evidencia que el mes más lluvioso es Noviembre

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

29

(268.7 mm) ósea el 14,18% de la precipitación total, en 21497.60 hectáreas tiene un índice fluvial de 2469.2 mm mensualmente

5.10 Cribado

Es un proceso que elimina solidos de gran tamaño y espesor como los son las ramas, piedras o rocas por medio de rejas, en las que estos quedan ahí (Chulluncuy Camacho, 2011).

5.11 Arena

La arena es un elemento granular que se encuentra en la naturaleza, compuesta por un conjunto de partículas de rocas silíceas y minerales, principalmente silicatos (Cedeño & Álvarez, 2018; Sánchez Castaño, 2010; Adler , Carmona , & Bojalil , 2008). Las arenas se dividen en tres tipos: Arenas gruesas: pasan por el tamiz de malla de 5mm y la retiene un tamiz con malla de 2mm. Arenas Medias: pasan un tamiz de 2mm y son retenidas en un tamiz de 0,5mm. Arenas Finas: atraviesan el tamiz 0,5mm y son retenidas por el tamiz de 0,02mm. (Cedeño & Álvarez, 2018). La arena puede estar compuesta de variables elementos, dependiendo de la roca fuente o las condiciones (Sánchez Castaño, 2010).

5.12 Carbón Activado

El carbón activo o activado es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008; Cedeño &

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

30

Álvarez, 2018). Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado por el ser humano, puede ser del tipo granular o en bloque, elimina color, olor y sabor del agua, además del cloro y de algunos compuestos químicos. Es importante para que cumpla su función lavarlo con cierta frecuencia, el retrolavado consiste en verter agua limpia en sentido contrario al flujo normal de filtrado eliminando impurezas y sólidos, también se debe reemplazar por completo una vez que se haya saturado (Adler , Carmona , & Bojalil , 2008).

5.13 Grava

La grava o gravilla puede ser producida por el hombre o pueden ser naturales producida por el desgaste natural en los lechos de rio, está compuesta por partículas granulares de material pétreo; así es como este material se origina por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial, este último corresponde principalmente a minerales de caliza, granito, dolomita, basalto, arenisca, cuarzo, cuarcita. El diámetro de las gravas varía entre 2 y 64 mm (Cedeño & Álvarez, 2018).

5.14 Guadua

La guadua es un material que sobresale por sus propiedades estructurales, es buena para construir, liviana y de una gran resistencia, fácil de cortar y trasportar, es óptima en la protección del suelo (Villegas, 2005).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

31

6 Aspectos Metodológicos

6.1 Problema y pregunta de investigación.

En Cunday Tolima la población campesina supera los 7000 habitantes, todos ellos tienen un problema en común y es que no tienen ningún almacenamiento ni tratamiento de aguas lluvias, este problema se agravó en el 2016 cuando el fenómeno del niño llegó al país y representó la sequía más fuerte en dos décadas, esto ocasionó que el gobierno le tocara abastecer esta zona ya que la gente se moría de sed y hambre. Por lo anterior, la pregunta de investigación es: **¿Cómo a partir de materiales locales se puede diseñar e implementar un sistema de tratamiento de agua lluvias en las áreas rurales que permita su aprovechamiento para las viviendas?**

6.2 Hipótesis

El diseño del filtro construido con guadua, gravas, arenas y carbón activado permitirá la elaboración e instalación de este facilitando el aprovechamiento de aguas lluvias en las viviendas rurales situadas en la zona rural de Cunday, Tolima.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

32

7 Resultados

Los resultados del diseño de un módulo filtrante de agua lluvia y el prototipo final compuesto con materiales naturales de fácil acceso se presentan a continuación (ver figura 5 y 6), se espera que este documento facilite su futura implementación en las viviendas situadas en la zona rural de Cunday, Tolima.



Figura 5. Prototipo final filtro a base de guadua y materiales de fácil acceso (elaboración propia)

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

33



Figura 6. Prototipo final filtro a base de guadua y materiales de fácil acceso (elaboración propia)

A este prototipo se le hizo una serie de pruebas para comprobar su eficiencia y rendimiento las cuales fueron escritas en informes y grabadas en video para su mayor comprensión y confiabilidad.

Informe de procedimiento de toma de porcentaje de sedimentos filtrados.

Resultados: al medir el porcentaje de sedimentos que se asentaron se logró evidenciar que su presencia es menor al uno por ciento es decir el noventa y nueve por ciento de los sedimentos fueron retenidos por el filtro (ver figura 7 y 8).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

34

Conclusión: se puede concluir que el filtro tiene una gran eficiencia ya que si puede filtrar el noventa nueve por ciento de los sedimentos se podrá utilizar el agua tratada para las tareas destinadas.



Figura 7. Primer recipiente en vidrio con el volumen de la tierra que se filtrará (elaboración propia)

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

35

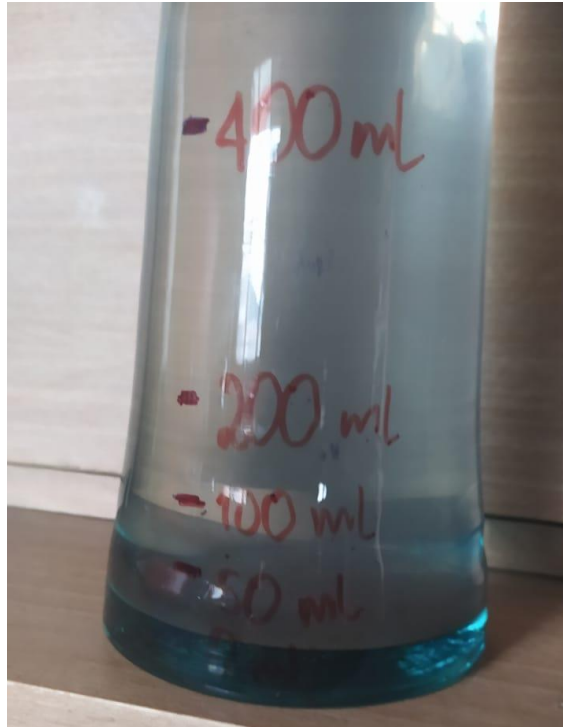


Figura 8. Segundo recipiente en vidrio con el agua tratada con el uno por ciento de los sedimentos (elaboración propia)

Informe de procedimiento para el cálculo de litros de agua filtrada por minuto

Resultados: el filtro llego a tratar 1.23 litros por minutos

Conclusión: el filtro tiene la capacidad de tratar una gran cantidad de agua siendo suficiente para la demanda que podría tener.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

36

Informe de procedimiento de toma de muestra de sedimentos en el agua tratada

Resultados: en el recipiente final se pudo evidenciar el exitoso filtrado del cien por ciento de sedimentos gruesos y sedimentos medianos además se filtró el noventa y nueve por ciento de sedimentos pequeños (ver figura 9)

Conclusión: el filtro es muy efectivo con los sedimentos medianos y gruesos, con los sedimentos pequeños se notó una presencia muy pequeña al fondo del recipiente.



Figura 9. Comparacion del agua antes y despues de ser tratada por el filtro a base de guadua (elaboración propia)

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

37

Informe de comprobación de PH optimo

Resultados: el agua tratada resulto y se evidencio en el color de las cintas con una tonalidad de seis en el indicador universal esto quiere decir que es un PH óptimo. (ver la figura 10)

Conclusión: al lograr evidenciar que el agua tratada tiene un PH optimo demuestra que el agua es útil para las tareas destinadas.

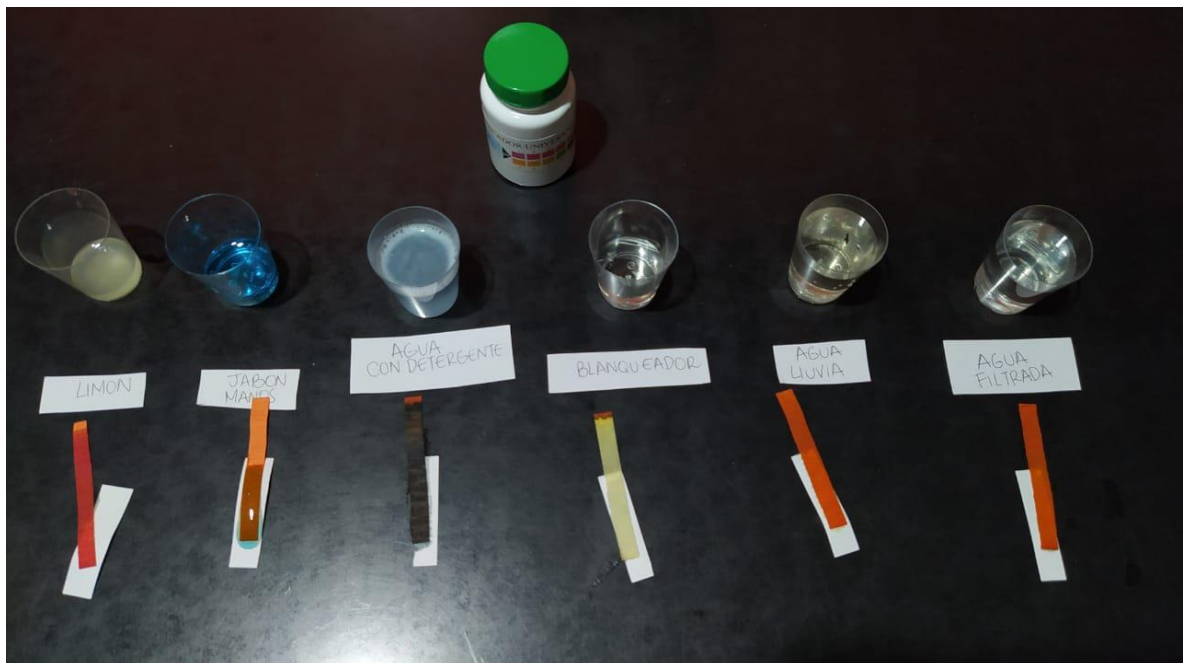


Figura 10. La muestra de cada sustancia y su reaccion a la cinta activa (elaboración propia).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

38

7.1 Materiales

Los materiales que constituyen el filtro son:

- Guadua angustifolia biotipo macana
 - 30 a 60 cm de largo
 - 2 – 5 pulgadas de diámetro
- Arena de 0.063 a 0.1 mm
- Carbón activado
- Gravas entre 2 y 12 mm
- Malla plástica o metálica (tipo gallinero) 12x12cm
- Tela 10x10cm
- Unas puntillas

Las herramientas necesarias para la elaboración del filtro son:

- Una segueta o serrucho
- Un Martillo
- Un cortafríos o alicate

7.2 Método

7.2.1 Elaboración

La construcción del filtro utiliza la guadua como estructura principal, además, está compuesta del 71% de grava entre 2 y 12 mm, un 21% de arena de 0.063 a 1 mm, 6%

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

39

carbón activado Y 2% de tela, además, para darle soporte y sellar el filtro se utiliza una malla plástica con membrana de diámetro pequeño (ver figura 11).

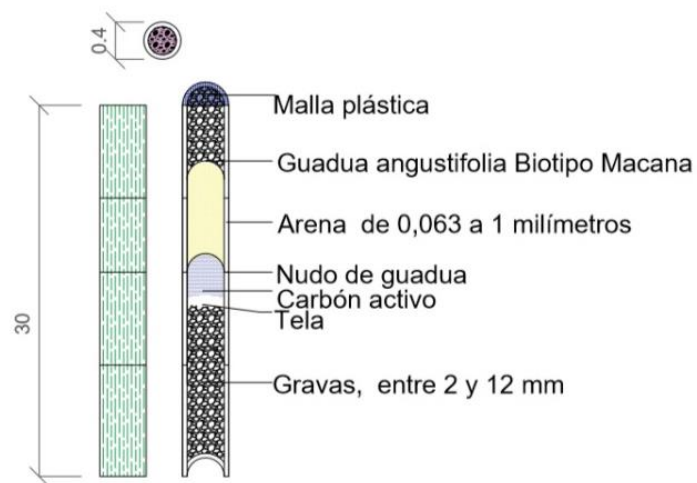


Figura 11. Diseño de Filtro de aguas lluvias a base de guadua (elaboración propia).

Para la elaboración de este filtro se deben ejecutar los siguientes pasos (ver figura 12):



Figura 12. Pasos para la elaboración del Filtro de aguas lluvias a base de guadua (elaboración propia).

- Paso 1: Cortar el palo de guadua después del nudo, calculando 30 cm de largo.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

40

- Paso 2: Marcar la malla 2 cm más que el diámetro de la guadua y se corta con los alicates o el corta fríos.
- Paso 3: Se debe romper el nudo de la guadua, utilizando un palo y un martillo, ubicas el palo verticalmente dentro de la guadua y con cuidado dar golpes con el martillo hasta que el palo atraviere la guadua.
- Paso 4: Se debe cubrir un extremo de la guadua con la malla y con una cosedora industrial o con puntillas en v se fija a la guadua.
- Paso 5: Se introduce gravilla, llenando el 50% de la guadua, seguido por el trozo de tela que se debe ubicar justo arriba de la gravilla, a continuación, se agrega el carbón activo, en este punto, tenga en cuenta tamizar el carbón de forma que no quede polvillo sino únicamente el material sólido, el carbón activo debe cubrir completamente la tela, luego, introduzca la arena de forma que complete el 80% de la guadua, por último, complete con gravilla.

Algunas recomendaciones para la elaboración del filtro son:

- No maltratar la guadua para evitar que se rompa.
- Al momento de clavar las puntillas, tenga cuidado y use puntillas de diámetro pequeño.
- Al escoger el trozo de tela confirme que no sea tan gruesa y permita el flujo del agua.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

41

- Al romper el nudo de la guadua tenga presente que si golpea con mucha fuerza deteriorará toda la guadua.

7.2.2 Instalación

La instalación consiste en usar la cubierta de una casa rural como área de captacion del agua lluvia despues por medio de la canal y las bajantes van al filtro a base de guadua el cual trata el agua lluvia convirtiéndola en agua útil y se almacenara en un reservorio permitiendo su uso en tareas caseras, riego de cultivos y consumo animal (ver figura12-14).



Figura 13. Modelo 3D del filtro vs prototipo final (elaboración propia)

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

42

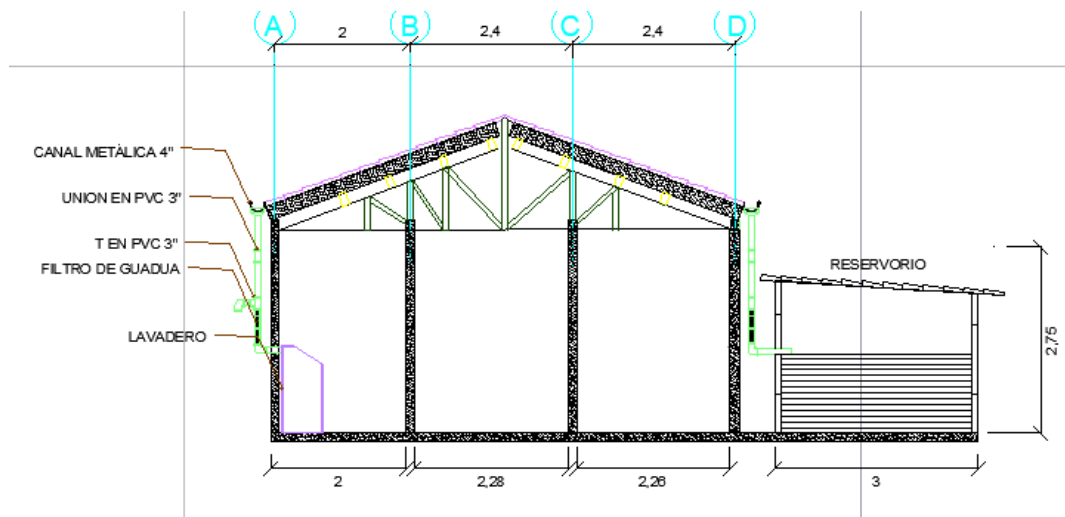


Figura 14. Plano de corte de la instalación del módulo filtrante (elaboración propia)

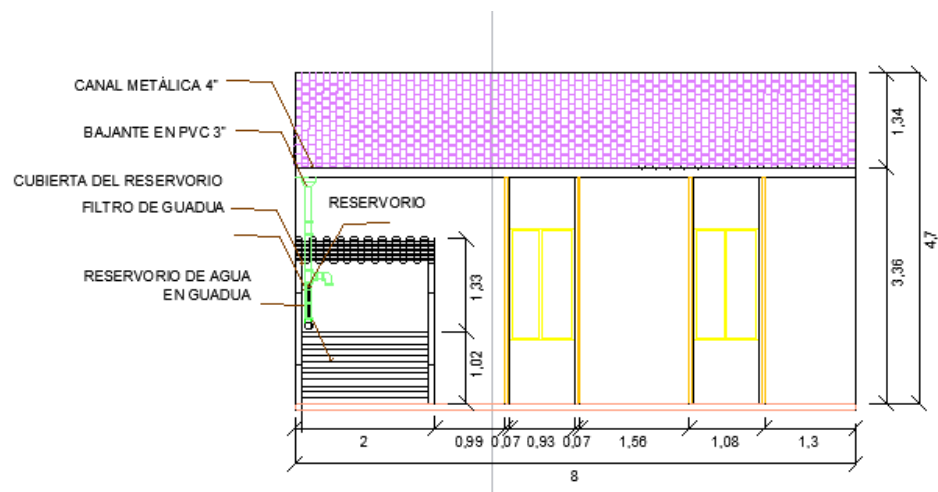


Figura 15. Plano lateral de la instalación y proceso de Filtro de aguas lluvias (elaboración propia).

7.3 Costos

A continuación, se relacionan los costos de dos filtros comerciales y el del filtro a base de guadua, promediando el valor de los materiales requeridos para la elaboración, también se relaciona la vida útil y las ventajas que ofrece cada uno de ellos.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

43

Tabla 4.

Comparación costos y beneficios de filtros de agua comerciales vs filtro a base de Guadua.

	Filtro A	Filtro B	Filtro Guadua
Costo	\$479.900UND	\$194.900UND	\$7.900UND
Vida Útil	2 AÑOS APROX	2 AÑOS APROX	6 MESES APROX
Ventajas	Su filtro es eléctrico y potabiliza el agua	Potabiliza el agua, su filtrado es rápido	Económicas, la fácil elaboración y ambientales

(Fuente: elaboración propia)

7.4 Material pedagógico

Con el fin de complementar la información brindada respecto a la utilidad, la elaboración y la instalación del filtro de aguas lluvias a base de guadua se elaboran dos infografías informativas con fines pedagógicos para la población y una encuesta sociodemográfica que permitirá analizar las necesidades individuales para el momento de la implementación (Ver Anexo).

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

44

Lista de Referencia o Bibliografía

- Adler , I., Carmona , G., & Bojalil , J. A. (2008). *Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos* . Pnuma- irri.
- Ballén Suárez, J. A., Galarza G, M. Á., & Ortiz Mosquera, R. O. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água* .
- Cedeño, J. A., & Álvarez, M. (2018). *Diseño de filtros Grava-Arena-Carbón para el tratamiento de aguas lluvias almacenadas en cisternas de viviendas unifamiliar en zonas Rurales de Jipijapa*. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Chulluncuy Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 153-170.
- DANE. (2010). *Boletín Censo General Senso 2005 Tolima*. Bogotá.
- Noreña Cifuentes, A. J. (2009). *Sistema de tratamiento de aguas lluvias para la comunidad de desplazados en situación de emergencia. Caso Villaclarin- Magdalena*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Office), L. (. (07 de 05 de 2020). *Lenntech*. Obtenido de https://www.lenntech.es/contacto/feedback-esp.htm?ref_title=Tratamiento%20y%20purificaci%C3%B3n%20del%20agua

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

45

Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*. Santiago de Chile.

Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. (2000). *Manual de captación y aprovechamiento*. Santiago de Chile.

Sánchez Castaño, A. M. (2010). *Sistema de filtración para tratamiento de aguas lluvias*. Pereira: Universidad Católica Popular de Risaralda.

Suárez, A., Mesa, P., Prieto, A., & Bravo, V. (2015). Evaluación de un sistema de filtros de cascarilla de arroz y luffa cylindrica para el tratamiento de aguas lluvias . *Mutis*, 21-27.

Torres, P., Rodríguez, J., & Uribe, I. (2003). Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte. *Scientia et Technica*, 75-80.

Villegas, M. (2005). *Guadua: Arquitectura y diseño*. Villegas Editores.

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

46

Anexos

Anexo 1

**ENCUESTA SOCIODEMOGRAFICA Y ACCESO AL AGUA EN LA ZONA
RURAL DE CUNDAY TOLIMA**

1. Tipo de vivienda
 - a. Casa
 - b. Apartamento
 - c. Cuarto
 - d. Finca
 - e. Otro

2. Su hogar está integrado por
 - a. Hogar nuclear: Conformado por padre y madre con o sin hijos; o por padre o madre con hijos.
 - b. Hogar extenso compuesto: Conformado por un hogar nuclear más otros parientes o no parientes.
 - c. Hogar sin núcleo: No existe un núcleo conyugal primario o una relación padre/madre- hijo/hija, pero si hay otras relaciones de parentesco de primer o segundo grado de consanguinidad.
 - d. No familiar: Conformados por una sola persona o conformado por hogares en los cuales no existe un núcleo conyugal.

3. ¿Cuánto tiempo lleva residiendo en Cunday Tolima?: _____

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

47

4. ¿Cuántos miembros de la familia desempeñan una actividad económica?: _____
5. Actividad económica o laboral en la que se desempeñan: _____
6. ¿Tiene acceso a agua potable? SI_____ NO_____
7. Este servicio de agua potable ¿es constante todo el año? SI _____ NO _____
8. ¿Cómo accede a este servicio?: _____
9. ¿Considera que el servicio tiene un costo elevado? SI_____ NO _____
10. Califique la calidad del servicio de 1-5 (1 Muy malo; 5 Excelente): _____
11. ¿Conoce el sistema de tratamiento de aguas lluvias? SI _____ NO _____
12. ¿Estaría dispuesto a implementar un sistema de tratamiento de aguas lluvias en su hogar?
SI _____ NO _____ ¿Por qué? _____

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

48

Anexo 2

FILTRO DE AGUA LLUVIAS A BASE DE GUADUA

¿POR QUÉ CONSTRUIR ESTE FILTRO DE AGUAS LLUVIAS?

LOS MATERIALES DE ESTE FILTRO SON DE FÁCIL ACCESO EN LA REGIÓN DE CUNDAY TOLIMA, ALGUNOS DE LOS MÚLTIPLES BENEFICIOS QUE NOS TRAE SON:

01 SALUD E HIGIENE
CON EL ACCESO PERMANENTE AL AGUA SE PERMITE EL APROVECHAMIENTO DE ESTE RECURSO EN TAREAS DE ASEO E HIGIENE PERSONAL, CONTRIBUYENDO EN LA SALUD DE LOS HABITANTES.

02 ECONÓMICO
CON EL ACCESO PERMANENTE AL AGUA SE PERMITE MANTENER LOS RIEGOS DE LOS CULTIVOS, AL AGUA QUE EL SUMINISTRO A LOS ANIMALES, INCLUSO EN EPÓCAS DE SEQUÍA.

03 OTROS BENEFICIOS
CON EL ACCESO PERMANENTE AL AGUA SE FACILITAN LABORES DOMESTICAS:
- LAVADO DE ROPA
- LAVADO DE LOZA
- INODORO
- RIEGO DE PLANTAS

¿QUÉ MATERIALES NECESITO PARA CONSTRUIR ESTE FILTRO DE AGUAS LLUVIAS?

MATERIALES

- GUADUA
- CARBÓN ACTIVADO
- CAYUELA
- ARENA
- UN TROZO DE TELA
- MALLA PLÁSTICA O METÁLICA

¿QUÉ NECESITO PARA LA INSTALACIÓN DEL FILTRO DE AGUAS LLUVIAS?

PARA LA INSTALACIÓN VAS A NECESITAR:

1. UN TANQUE O RECIPIENTE QUE RECOLECTARÁ EL AGUA LLUVIA, ENTRE MÁS GRANDE SEA MAYOR CANTIDAD DE AGUA PARA FILTRAR Y APROVECHAR.
2. UNA UNIÓN DE PVC QUE CONECTA EL TANQUE AL FILTRO DE GUADUA.
3. EL FILTRO DE GUADUA
4. UN TANQUE QUE RECIBA EL AGUA FILTRADA

ANÍMATE A CONSTRUIR TU PROPIO FILTRO DE AGUAS LLUVIAS A BASE DE GUADUA Y DISFRUTA DE TODOS LOS BENEFICIOS QUE TE PUEDE APORTAR.

ESTERAN BAUTISTA A

Para verla con más detalle puede consultarla en el siguiente link: <https://infogram.com/filtro-de-agua-lluvia-1hke60r03dg365r> .

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS RURALES DE CUNDAY TOLIMA

49

Anexo 3



Para verla con más detalle puede consultarla en el siguiente link: <https://infogram.com/pasos-filtro-de-agua-1hxr4zvory8e2yo?live> .

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

50

Anexo 4

Informe: Procedimiento de toma de muestra de sedimentos en el agua tratada		Fecha:16/11/2020
Objetivos: Analizar el porcentaje de sedimentos filtrados	Hipótesis: Se espera comprobar que el filtrado de los sedimentos gruesos y medianos sea de cien por ciento y de los sedimentos pequeños un noventa por ciento.	
Introducción: La lluvia en la mayoría de ocasiones tiene sedimentos naturales y orgánicos como lo es la tierra, partículas de hojas, platas y frutos que son recogidos por las gotas al caer desde las nubes, toda esta serie de sedimentos hace que el agua no sea funcional para el uso o consumo del ser humano puesto que pigmenta los materiales, puede producir olores de fermentación o descomposición y su funcionalidad es nula, lo anterior muestra lo importante que es remover los sedimentos del agua, por eso es que esta prueba es vital para comprobar la funcionalidad de agua tratada.		

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

51

Procedimiento: en un recipiente trasparente había agua con sedimentos naturales (tierra), este líquido se vertió al filtro a base de guadua el cual después de tratar el agua esta era recolectada a otro recipiente trasparente.

Resultados: en el recipiente final se pudo evidenciar el exitoso filtrado de el cien por ciento de sedimentos gruesos y sedimentos medianos además se filtró el noventa y cinco por ciento de sedimentos pequeños



Conclusión: el filtro es muy efectivo con los sedimentos medianos y gruesos, con los sedimentos pequeños se notó una presencia muy pequeña al fondo del recipiente

Referencias bibliográficas:

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

52

Anexo 5

Informe: Procedimiento para el cálculo de litros de agua filtrada por minuto		Fecha:16/11/2020
Objetivos: Analizar la cantidad de litros de agua filtrado por minuto	Hipótesis: se espera saber la cantidad máxima de litros de agua filtrada por minuto que pueda hacer el filtro a base de guadua	
Introducción: en Cunday hay meses o temporadas de lluvia con una alta precipitación que puede llegar hasta (268 mm) lo que significa que el filtro a base de guadua en ciertos meses del año tendrá una demanda grandísima de agua por eso es vital saber cuál es la capacidad máxima de agua que puede tratar el filtro		
Procedimiento: en un recipiente lleno de diez litros de agua se vertió al filtro por medio de bombeo, el filtro trató el agua en su totalidad y la deposito en otro recipiente mientras que el cronometro media el tiempo en el que los diez litros llegaban en su totalidad al segundo recipiente		
Resultados: el filtro llego a tratar 1.23 litros por minutos		

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

53

Conclusión: el filtro tiene la capacidad de tratar una gran cantidad de agua siendo suficiente para la demanda que podría tener.
Referencias bibliográficas:

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

54

Anexo 6

Informe: Procedimiento de toma de porcentaje de sedimentos filtrados.		Fecha:16/11/2020
Objetivos: Calcular el porcentaje de sedimentos filtrados en el agua tratada.	Hipótesis: se espera que los sedimentos pequeños tengan una muy pequeña presencia en el agua filtrada	
Introducción: los sedimentos pequeños como lo es la tierra, arena o polvo son los más difíciles de filtrar ya que sus partículas son muy pequeñas y alcanzan a pasar las membranas permeables de los filtros, aunque su presencia en el agua lluvia es poca pero el filtro no puede dejar circular una gran cantidad de este tipo de sedimentos porque donde se comprobara la presencia en gran cantidad en el agua tratada esta ya no sería de utilidad.		
Procedimiento: en un recipiente de cristal marcamos 50ml, 100ml, 200ml, 400ml, 600ml y 800ml al cual depositamos 170 gramos de tierra lo que dio 200 ml en volumen, a este mismo recipiente se le añadió agua lluvia hasta que llego a los 800 ml, se revolvió para que la		

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

55

mezcla (tierra-agua lluvia) fuera más homogénea, esta mezcla se vertió en el filtro y el agua tratada se depositó en otro recipiente de cristal que también estaba igual demarcado al primer recipiente, el agua tratada se dejó reposar para que los sedimentos flotantes se asentaran en el fondo y poder medirlos.

Resultados: al medir el porcentaje de sedimentos que se asentaron se logró evidenciar que su presencia es menor al uno por ciento es decir el noventa y nueve por ciento de los sedimentos fueron retenidos por el filtro.



Conclusión: se puede concluir que el filtro tiene una gran eficiencia ya que si puede filtrar el noventa y nueve por ciento de los sedimentos se podrá utilizar el agua tratada para las tareas destinadas.

Referencias bibliográficas:

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

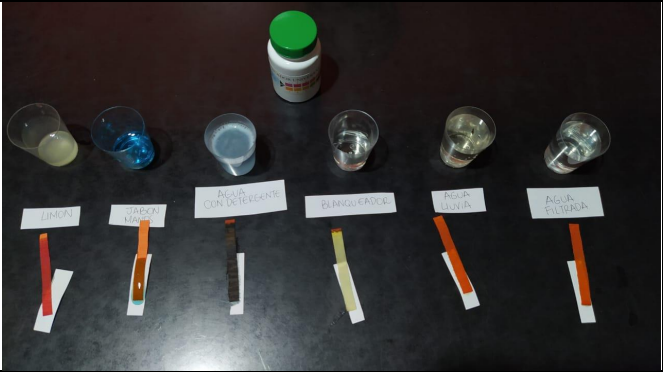
56

Anexo 7

Informe: Comprobación de PH optimo		Fecha:16/11/2020
Objetivos: comprobar que el agua filtrada tiene un Ph óptimo.	Hipótesis: Se espera que al comprobar el PH del agua tratada se optimo y balanceado.	
Introducción: El PH es un barómetro el cual nos ayuda para medir el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia, para saber el nivel de PH se puede utilizar cintas activas las cuales están fabricadas para reaccionar al PH de cualquier sustancia estas cintas reaccionan cambiando de color y la tonalidad que se ponga la cinta es el resultado del nivel PH, esta tonalidad se compara con el Indicador Universal para saber si el PH es óptimo la tonalidad es 6 o 7 si no es esta el PH seria desbalanceado		
Procedimiento: se recolecto en una copa agua filtrada, y en otras cinco copas depositaron cinco sustancias diferentes a las cuales se les introdujo una cinta activa y se registró el color de cada cinta para comprobar el PH.		

DISEÑO DE LA INSTALACION DE UN MODULO FILTRANTE DE AGUAS LLUVIAS
UTILIZANDO GUADUA, GRAVAS, ARENAS Y CARBON ACTIVO EN VIVIENDAS
RURALES DE CUNDAY TOLIMA

57

Resultados: el agua tratada resulto y se evidencio en el color de las cintas con una tonalidad de seis en el indicador universal esto quiere decir que es un PH óptimo.	
Conclusión: al lograr evidenciar que el agua tratada tiene un PH optimo demuestra que el agua es útil para las tareas destinadas	
Referencias bibliográficas:	