



Los alumnos deben llenar esta hoja y entregarla al supervisor junto con la versión final de su monografía.

Número de convocatoria del alumno

Nombre y apellido(s) del alumno

Número del colegio

Nombre del colegio

Convocatoria de exámenes (mayo o noviembre)

MAYO

Año

2013

Asignatura del Programa del Diploma en la que se ha inscrito la monografía: Tecnología del Diseño

(En el caso de una monografía en lenguas, señale si se trata del Grupo 1 o el Grupo 2.)

Título de la monografía: Purificador de agua alimentado por energía verde

### Declaración del alumno

*El alumno debe firmar esta declaración; de lo contrario, es posible que no reciba una calificación final.*

Confirmando que soy el autor de este trabajo y que no he recibido más ayuda que la permitida por el Bachillerato Internacional.

He citado debidamente las palabras, ideas o gráficos de otra persona, se hayan expresado estos de forma escrita, oral o visual.

Sé que el máximo de palabras permitido para las monografías es 4.000, y que a los examinadores no se les pide que lean monografías que superen ese límite.

Esta es la versión final de mi monografía.

Firma del alumno:

Fecha:

## Informe y declaración del supervisor

*El supervisor debe completar este informe, firmar la declaración y luego entregar esta portada junto con la versión final de la monografía al coordinador del Programa del Diploma.*

Nombre y apellido(s) del supervisor [MAYÚSCULAS]:

*Sí lo considera adecuado, escriba algunos comentarios sobre el contexto en que el alumno desarrolló la investigación, las dificultades que encontró y cómo las ha superado (ver página 13 de la guía para la monografía). La entrevista final con el alumno puede ofrecer información útil. Estos comentarios pueden ayudar al examinador a conceder un nivel de logro para el criterio K (valoración global). No escriba comentarios sobre circunstancias adversas personales que puedan haber afectado al alumno. En el caso en que el número de horas dedicadas a la discusión de la monografía con el alumno sea cero, debe explicarse este hecho indicando cómo se ha podido garantizar la autoría original del alumno. Puede adjuntar una hoja adicional si necesita más espacio para escribir sus comentarios.*

en un comienzo divagó ampliamente sobre el tema de utilización de energías en diferentes contextos; sin embargo, realizó un buen proceso de consulta y delimitación del tema que le permitió establecer un problema de investigación alcanzable en esta monografía.

Dentro del proceso de elaboración del producto encontró dificultades de fabricación, generando en él algo de desmotivación, sin embargo, fue muy receptivo frente a las sugerencias y recomendaciones tanto para el diseño como para su escrito, que junto a su perseverancia y creatividad, logró solucionar efectivamente los inconvenientes encontrados.

Al poner a prueba su dispositivo y a pesar que era evidente su efectividad, no se conformó con esto, buscando que entidades certificadas como la Universidad Nacional de Colombia, revisara la calidad del agua extraída al pasar por el equipo, llenándolo de satisfacción y orgullo al conocer los resultados.

*El supervisor debe firmar esta declaración; de lo contrario, es posible que no se otorgue una calificación final.*

He leído la versión final de la monografía, la cual será entregada al examinador.

A mi leal saber y entender, la monografía es el trabajo auténtico del alumno.

He dedicado  horas a discutir con el alumno su progreso en la realización de la monografía.

Firma del supervisor:

Fecha:

## Formulario de evaluación (para uso exclusivo del examinador)

Criterios de evaluación	Nivel de logro					
	Examinador 1	Máximo	Examinador 2	Máximo	Examinador 3	
A Formulación del problema de investigación	2	2		2		
B Introducción	2	2		2		
C Investigación	4	4		4		
D Conocimiento y comprensión del tema	4	4		4		
E Argumento razonado	3	4		4		
F Aplicación de habilidades de análisis y evaluación apropiadas para la asignatura	2	4		4		
G Uso de un lenguaje apropiado para la asignatura	3	4		4		
H Conclusión	2	2		2		
I Presentación formal	3	4		4		
J Resumen	2	2		2		
K Valoración global	4	4		4		
Total (máximo 36)		31				

---

Programa de Diploma  
Monografía de Tecnología del Diseño

Purificador de agua alimentado por energía verde

Tutor:

Convocatoria: Mayo de 2013

Numero de Palabras: 3957

---



## Purificador de agua alimentado por energía verde

El creciente problema de la deficiencia de agua potable ha inspirado a esta monografía para investigar con claridad **¿cómo la aplicación de las energías de uso no frecuente, como la solar, podría mejorar un sistema de purificación de agua basado en radiación ultravioleta para uso doméstico?**, fabricando un sistema de purificación que utilice la radiación UV y la filtración para eliminar patógenos y retener sólidos, aplicando teoría eléctrica y creando un producto capaz de utilizar la energía solar como fuente de alimentación. Siendo esto importante para que logre suplir la demanda de agua potable en regiones de nula fluidez eléctrica.

La radiación UV es utilizada para esterilizar ambientes y contrarrestar la creación de poblaciones microbacterianas, por lo que por medio de diferentes materiales se adaptará esta característica a un purificador. En esta monografía se realizaron varios cambios en el diseño, ya que al utilizar energía solar, se deben implementar ciertas teorías de circuitos. Así mismo por medio de este purificador se transporta el agua desde un filtro de percolación, a través una electroválvula para permitir el ahorro de energía y finalmente un filtro UV; en otras condiciones también puede ser adaptado un tanque, donde el agua no provenga de una llave sino de pre-filtradas manualmente por ejemplo. De esta manera se realizaron pruebas microbiológicas antes y después de tratar el agua de un pozo de un pueblo aledaño a Bogotá (Cota).

Al finalizar el análisis de muestras se evidencio un 100% de eficiencia en la eliminación bacteriana del agua, medida en coliformes totales y E. Coli. Este porcentaje de eficiencia es muy elevado, sin embargo este está sujeto las condiciones climáticas de la zona donde se encuentre el usuario, por ende el funcionamiento y eficacia del instrumento depende de la tensión acumulada por la batería mediante el panel solar.

Palabras: 299



## Purificador de agua alimentado por energía verde

Índice	
Introducción.....	4
Cuestión global.....	4
Posibles soluciones a la problemática.....	5
Para una necesidad, una solución.....	6
Importancia de un purificador.....	6
Alternativas eficaces.....	7
Ventajas y limitaciones del instrumento.....	8
Purificador de agua.....	9
Diseño.....	9
Cálculos electrónicos para la batería y el panel solar.....	11
Construcción.....	15
Análisis de muestras.....	18
Conclusión.....	19
Evaluación y limitaciones de la construcción.....	19
Resolviendo una necesidad mundial.....	20
Bibliografía.....	21
Anexos.....	23

## Introducción

### **Cuestión global**

El 70% de la superficie de la Tierra está compuesta por agua y de este porcentaje el 97.5% corresponde a agua salada, es decir que solamente el 2.5% es agua dulce, y de este último porcentaje solo el 1% es potable para el hombre<sup>1</sup>. Según la ONU (Organización de las Naciones Unidas), en sus estudios realizados, encuentra que cerca de 884 millones de habitantes viven sin agua potable en el mundo y que 2600 millones de personas no tienen los servicios mínimos de saneamiento.<sup>2</sup> Sabiendo que el organismo humano requiere de manera innata agua para su normal funcionamiento y para su quehacer diario, la purificación del agua entra a ser parte de un tema de gran importancia ambiental, ya que debido a las presiones demográficas y el mal uso de estos recursos hídricos, la pureza de este líquido se ha puesto en riesgo afectando la salubridad y existencia del hombre en la Tierra. Por todo esto se hace necesario buscar soluciones eficientes para enfrentar esta problemática.

En el caso particular de Colombia, entre los años 1996 y 2001, debido a incrementos tarifarios y a la inclusión de usuarios que no recibían servicios básicos como la electricidad, causó que el 25% del uso de agua potable haya decrecido<sup>3</sup>, además de enfrentar problemas de abastecimiento de agua potable en el país, en aproximadamente un 89% de los municipios y más de la mitad de la población total de éste, según lo afirma la cadena "Caracol Noticias"<sup>4</sup>. Es importante aclarar que según la ley 142 de 1994, artículo 5, estipula que: "los municipios tienen la responsabilidad de

---

<sup>1</sup> De León, Malema. (2007) Agua que malgastas hoy... Burica Press [página web]  
<http://burica.wordpress.com/2007/03/22/25-es-dulce-y-975-es-agua-salada-en-el-mundo/>

<sup>2</sup> Efe. (2010) La ONU afirma que casi 900 millones de personas viven sin agua potable en el mundo. El Mundo [página web]  
Recuperado de: <http://www.elmundo.es/elmundo/2010/03/15/solidaridad/1268666139.html>

<sup>3</sup> Fernández, Diego. (2004) Colombia: Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura. Balanceando las necesidades sociales y productivas de infraestructura. Banco mundial [página web] Recuperado de:  
[http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/07/12/000011823\\_20050712145543/Rendered/PDF/320880CO0REDI0Agua01bkgd0to0303791.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/07/12/000011823_20050712145543/Rendered/PDF/320880CO0REDI0Agua01bkgd0to0303791.pdf)

<sup>4</sup> Caracol. (2009) La mitad de Colombia tiene problemas de abastecimiento de agua potable: defensoría. Noticias Caracol [página web]  
Recuperado de: <http://www.caracol.com.co/noticias/actualidad/la-mitad-de-colombia-tiene-problemas-de-abastecimiento-de-agua-potable-defensoria/20090320/nota/781857.aspx>

asegurar que se presten a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica...”<sup>5</sup> Por lo tanto, si el gobierno falla en cumplir las leyes, se hace necesario buscar una solución óptima para una comunidad que carezca de dichos servicios básicos y agua potable, siendo necesario profundizar en conceptos de purificación y tratamiento de agua.

### **Posibles soluciones a la problemática**

Si se realiza una retrospectiva en el tiempo de las soluciones que se han brindado a este tema, se encuentra una en especial, en la cual, con la ayuda de organizaciones no gubernamentales (ONG), desde 1998 el grupo ceramistas por la paz ha brindado a diversas poblaciones filtros cerámicos caseros de tratamiento de agua hechos a mano, conocidos como Filtrones, los cuales salen a muy bajo costo.

Está claro que existen en la industria, otros filtros purificadores de agua, dentro de estos se encuentran los suavizantes por medio de cationes, este método consiste en “ablandar” el agua, mediante la combinación de cargas positivas y negativas. Del mismo modo, la utilización de filtros de carbón activado, que al tener una carga positiva absorben las impurezas del líquido, su uso se considera indispensable para retener pesticidas y metales pesados que el agua podría tener. Entre los más usados, se conoce el método de osmosis inversa, este método tiene como finalidad retener metales pesados y parásitos a través de una membrana semipermeable.

Ahora bien, basándose en purificadores que existen hoy en día y los adelantos que se han logrado en energía solar, esta monografía pretende analizar: **¿cómo la aplicación de las energías de uso no frecuente, como la solar, podría mejorar un sistema de purificación de agua basado en radiación ultravioleta para uso doméstico?** Teniendo en cuenta que el objetivo del producto es cubrir una necesidad, además que el modelo sea viable y de fácil acceso para zonas para las cuales el tratamiento de agua no es posible y donde los servicios no son garantizados por el estado Colombiano.

---

<sup>5</sup> Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1994). Ley 142 de 1994 Nivel Nacional. Alcaldía de Bogotá. [página web]

Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>



## Para una necesidad, una solución

### **Importancia de un purificador**

Un suceso de gran importancia fue que en 1899 Henry Clark, un investigador, reportó por primera vez la presencia de hierro y manganeso en el agua subterránea como resultado de la percolación de aguas saturadas con oxígeno disuelto, que estaban en contacto con materia orgánica; y solo hasta 1960 Griffin afirma que la presencia del manganeso está asociada con la actividad bacteriana.<sup>6</sup> Esto se ha dado debido al bajo pH que existe en este tipo de aguas y la gran concentración de  $CO_2$ . Siendo esto un argumento para la creación de filtros purificadores que prevengan la actividad bacteriana en el agua que consume cada individuo a diario.

Con el fin de comprender que el agua es una necesidad vital para el hombre, es importante mencionar el actual uso que se le están dando a las plantas de tratamiento; en relación a esto, la EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá), una empresa que se encarga de la calidad del agua en esta región, asegura que el agua es excelentemente tratada, pero ¿será esto cierto? El pasado 23 de Julio del 2012, la revista "Semana" (reconocido medio de comunicación Colombiano), publicó que el agua que les ofrecían a los bogotanos tenía presencia de la bacteria E.Coli. Siendo importante mencionar que era necesario tener evidencia de un análisis "se presentaron dos informes sobre la **potabilidad del agua**. Mientras en uno se revelaba la presencia de la bacteria, en otro -que era para entregar al público- se niega la presencia de dicha bacteria."<sup>7</sup>. De este modo, ¿qué posibilidad queda para enfrentar dicha bacteria conocida como Escherichia Coli?, teniendo en cuenta que puede llegar a causar problemas de daño renal y grave diarrea, y del mismo modo provocar el Síndrome Urémico Hemolítico (SUH) especialmente en menores de 5 años donde se expone a la destrucción de los glóbulos rojos y deficiencia renal.

La preocupación surge en regiones donde el gobierno no tiene una presencia efectiva para brindar los servicios básicos como a la fluidez eléctrica, como se menciona en el reporte de la UIET (Unidad de Inteligencia Estratégica Tecnológica de Colombia),

---

<sup>6</sup> (Restrepo, Tarquino Ines, 2007, p. 289).

<sup>7</sup> Semana, Archivo. (2012). Agua de Bogotá está certificada y es potable: gerente de la EAAB. Semana [página web] Recuperado de: <http://www.semana.com/nacion/agua-bogota-esta-certificada-potable-gerente-del-eaab/181321-3.aspx>

afirman que más de 2 millones de habitantes en el país no cuentan con el servicio de energía eléctrica<sup>8</sup>. Lo que no permite que estas regiones tengan un tratamiento efectivo en cuanto a eliminación de microorganismos, para que el agua sea apta para el consumo humano, ya que solo se utilizan escasamente filtros percoladores, que retienen los sólidos. Por lo que se ve necesario recurrir a una solución que incluya el uso de energías no convencionales, que permitan subsanar la deficiencia en el tratamiento del agua.

### **Alternativas eficaces.**

Esta monografía esta inspirada en proveer una solución a esta problemática, por lo tanto el diseño de este purificador debe estar adaptado a la necesidad de estas regiones, utilizando como factor importante la energía solar, (en vista de la deficiencia del fluido eléctrico) que alimentando a una lámpara UV, permita eliminar totalmente la actividad bacteriana en el agua y de esta forma disminuir el riesgo de enfermedades en estas poblaciones.

En la misma línea de investigación, empresas como, “Solar One Solutions”<sup>9</sup> desarrolló un purificador solar llamado **Harvester™ Micro-Utility System: Mobile**; este trata el agua en tres pasos: primeramente se tiene un filtro donde se eliminan todos los solidos suspendidos en el liquido, después pasa por un filtro UV que se encarga de las bacterias y por ultimo un filtro de carbón activado. No se pretende hacer un purificador de estos, ya que en este difiere el uso y mecanismo que tiene, este purificador produce entre 400 y 1200 galones por día, dependiendo de la potencia del panel solar y sus costos son elevados. El proyecto propuesto en esta monografía, está enfocado a una necesidad domestica más no a satisfacer a toda el agua de la región.

Como es bien sabido la radiación solar que incide sobre la superficie de la Tierra tiene una densidad de flujo máxima de alrededor  $1 \text{ kWm}^{-2}$ .<sup>10</sup> Es decir que la potencia de esta energía verdaderamente es grande, sin embargo es dispersa, por lo que es necesario concentrarla en celdas fotovoltaicas.

---

<sup>8</sup> Rivas, Cristian. (2012). Colombia: potencia energética. UIET [página web] Recuperado de: <http://uiet.cidet.org.co/noticias/sectoriales/colombia-potencia-energetica-2/>

<sup>9</sup>Harvester. Solar – electric generator. Solar One Solutions. [página web] Recuperado de: <http://www.solarone.net/products/harvester.cfm>

<sup>10</sup> (González, Velasco Jaime, 2009, p. 171)

En el diseño propuesto en esta monografía incluye también el uso del principio de los filtros percoladores, estos cumplen con retener los sólidos del líquido, así que será necesario su uso, ya que el filtro que se fabricará solamente está enfocado a tratar el agua microbiológicamente. El filtro percolador que se implementará en el sistema de purificación será de referencia Whirlpool (Anexo 1)

### **Ventajas y limitaciones del instrumento.**

Se utilizarán métodos de tratamiento de filtración y radiación ultravioleta, resaltando que estos purificadores son adaptados para situaciones específicas, por lo que no se podría hablar de una generalización que se maneje para todas las situaciones. De este modo, desde que estos diseños son personalizados, para una situación donde no haya energía ni recursos de agua potable, será necesario considerar la aplicación de energía alternativa en el diseño, siendo este la primera característica.

Sí se utiliza dicha combinación de sistemas de purificación se garantiza albergar una gran cantidad de contaminantes, contrarrestando los más comunes que tienen estas regiones, como turbidez, coliformes, E. Coli, contaminantes inorgánicos como mercurio, asbesto, acilamina, benceno, tetracloruro de carbono, xilenos entre otros. Por otro lado la opción de este tipo de purificador doméstico puede llegar a ser económico a un largo plazo ya que el funcionamiento del purificador no dependerá de factores externos como servicios públicos. Aún así el producto tiene limitaciones que se verán a continuación.

Si se tienen en cuenta aspectos económicos de los sistemas fotovoltaicos, pueden ser elevados, con la ventaja de que el coste de mantenimiento son bastantes reducidos, si se comparan con muchos otros sistemas de producción de energía, renovable o no renovable. No hay gasto en combustibles y, al no existir partes móviles, la posibilidad de averías se hace mínima si se compara, por ejemplo, con lo que puede ocurrir en turbinas eólicas.<sup>11</sup> Teniendo así una inversión alta a corto plazo pero con bastantes beneficios en el largo plazo.

Finalmente es necesario que el producto funcione en la ausencia del Sol, siendo importante considerar que todos los días no son ideales, y la presencia del Sol es casi siempre la mitad del día. Así pues será necesario adaptar un sistema de acumulación de

---

<sup>11</sup> (González, Velasco Jaime, 2009, p. 212)

energía a través de una batería al diseño, que tenga la posibilidad de recargarse por con la radiación solar y funcionar en la ausencia de este.

## Purificador de agua

### **Diseño**

Con el propósito de cumplir el objetivo de esta monografía, integrando de esta manera los procedimientos y operaciones que se realizan para purificar el agua, se hallará el diseño más eficiente y económico para su fabricación y utilización. Por lo tanto será necesario la combinación de dos métodos con el fin de tratar los mayores contaminantes que comúnmente se encuentran. Partiendo del hecho que éste es un diseño que será aplicado en una condición particular, en la que el agua está contaminada por residuos sólidos, patógenos, no existe flujo eléctrico y el agua puede provenir de un suministro público o bien que haya sido pre-tratada manualmente.

Cabe mencionar que en algunas regiones se utiliza cloro para desinfectar el agua, pero a pesar de que tenga una total eficiencia retirando bacterias patógenas, genera un ambiente electroquímico propicio para los virus, que atentarán contra la vida de la persona que ingiera esta agua tratada mediante este proceso.<sup>12</sup> Así que aunque sea un proceso notablemente eficiente en la desinfección química del agua, en cuanto a virus tiene una gran desventaja. Como el instrumento se enfoca en reducir la carga patógena con el filtro UV, se plantea una manera diferente de desinfección, que tiene más ventajas. Este filtro que utiliza un método físico para tratar al líquido, el cual debido a sus cortas longitudes de onda que la lámpara emite, entre 200 y 300 nanómetros, permite la desintegración microbiana al ser letal para estas bacterias (Ver Anexo 2).

Por último será necesario añadirle un filtro que tenga las propiedades de manejar la turbiedad del agua, como la monografía solo se enfoca en el diseño de un filtro, dicho filtro que maneje esta característica para tratar el agua será uno de fábrica de uso convencional. Siendo importante que aunque en el diseño y la elaboración no se tenga en cuenta para esta investigación, es indispensable su utilización llevando a la investigación a un óptimo resultado y lograr una mayor calidad en el agua.

De esta manera el boceto del filtro UV se puede observar en la Fig.1.

---

<sup>12</sup> Országh, Joseph. (2009) El cloro y la irradiación UV. Eutarcie [página web] Recuperado de: <http://www.eutarcie.org/es/03e.html>

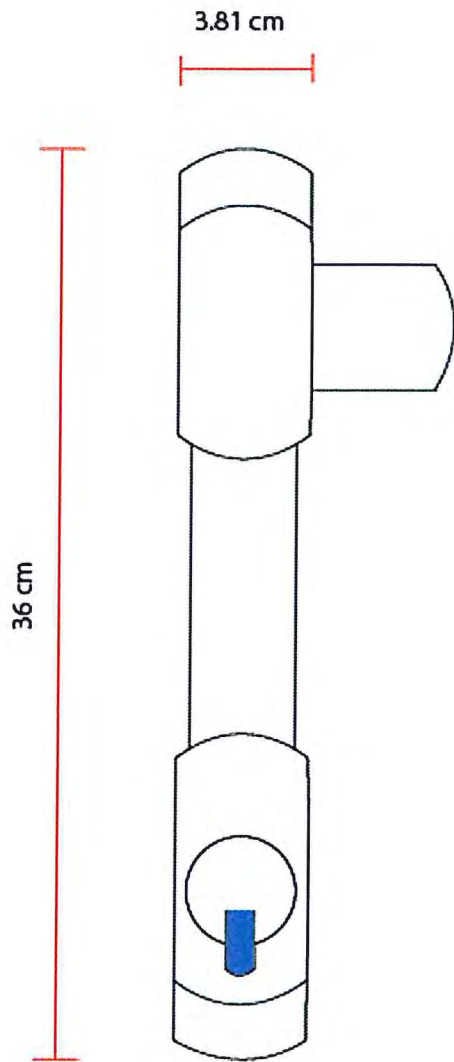


Fig. 1. El filtro tiene un diseño apropiado en cuanto a su orientación por donde entra y sale el agua. El agua que proviene del filtro percolador entra por arriba y el resultado final sale por la llave azul.

Finalmente todo será organizado en un soporte para la facilidad de uso del usuario (Fig. 2)

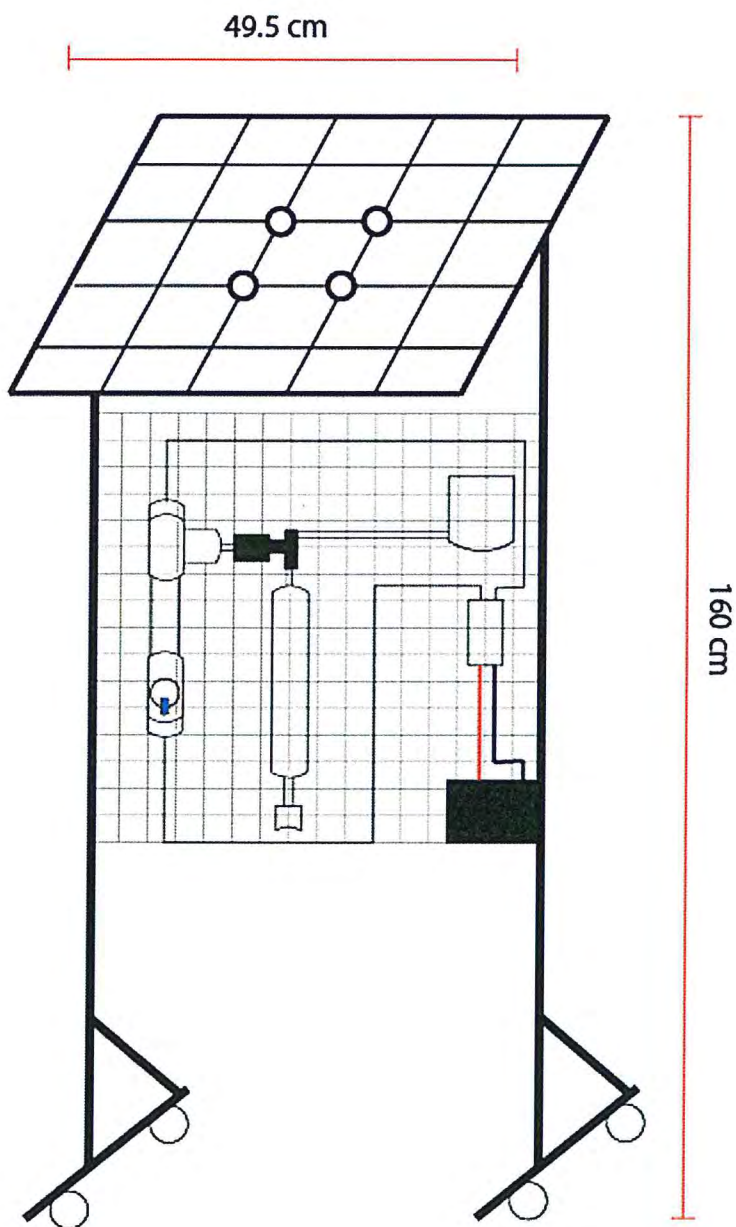


Fig. 2. Acá se muestra la organización del balastro, filtro UV, filtro percolador, batería, tanque auxiliar, entrada de agua, electroválvula y panel solar. Este último, para mayor eficiencia puede moverse variando su ángulo de inclinación con respecto a la posición del Sol.

**Cálculos electrónicos de batería y panel solar.**

La conexión del circuito se puede ver en la Fig. 3.

De esta manera se hicieron los cálculos necesarios para analizar cuanto consume el balastro realmente, a una diferencia de potencial de 12V, como se puede ver en el Anexo 3.

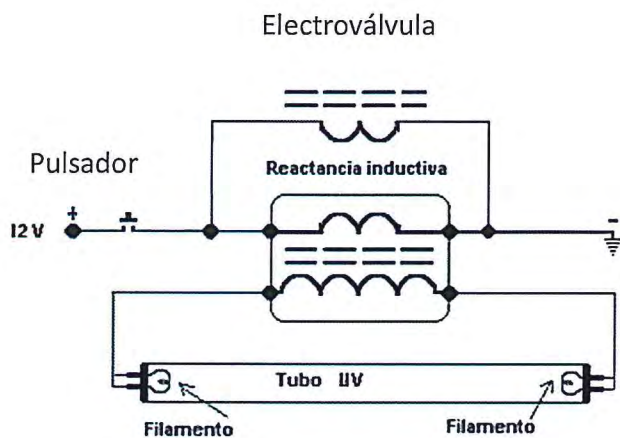


Fig.3 Circuito eléctrico del purificador, donde el voltaje que circula es en todo momento 12V.

Así que si  $P = IV$ <sup>13</sup>

$$P = 0.83 A (12V)$$

$$P = 9.96W$$

El fin del balastro es mantener estable y limitar el flujo de corriente de la lámpara de 8 W.

Por otra parte ya que electroválvula de 0.55 A consume

$$P = 0.55 A (12V)$$

$$P = 6.6W$$

Dado que el balastro está en paralelo con la electroválvula, como se pudo apreciar en la Fig.3, el consumo total de circuito eléctrico es

Descripción	Corriente (Amperios)	Potencia (Vatios)
<b>Balastro</b>	0.83	9.96
<b>Electroválvula</b>	0.55	6.6
<b>Total</b>	<b>1.38</b>	<b>16.56</b>

<sup>13</sup> P= Potencia- I= Intensidad de corriente eléctrica- V= Diferencia de potencial eléctrico.

$$t = 2.68h$$

Para encontrar el volumen máximo suministrado por el purificador, se halló el tiempo promedio para llenar un vaso de agua de 180 ml, mediante tres repeticiones.

Vaso	Tiempo en llenarse en segundos
1	6.5
2	6.8
3	7.1
<b>Tiempo promedio</b>	<b>6.8</b>

Este volumen para un tiempo máximo de descarga de batería.

$$3.26h = 11736s$$

$$\text{Número de vasos llenados} = \frac{11736s}{6.8s} \approx 1725 \text{ vasos}$$

$$\text{Volumen total} = 1725.88 \text{ vasos} \left( \frac{180 \text{ ml}}{\text{vasos}} \right) = 310658.82 \text{ ml} = \mathbf{310.66L}$$

Esta cantidad de agua producida representa el volumen máximo que se puede suministrar en un hogar a un trabajo máximo continuo con 0% de exposición solar, sin embargo este valor puede variar con el tiempo de uso del filtro percolador. Teniendo que la vida útil de este filtro es de 12 meses y la de la lámpara UV 1000 horas de uso.

Después de estos cálculos, se establece que para la lámpara de 8W se necesita una batería de 12 V y 4.5 A, un balastro de hasta 18W y una electroválvula de 0.55 A.

Dado a que en Colombia hay un promedio de 3.5 HSS (Hour Standard Sun), según lo afirma el Atlas de radiación solar en Colombia (Anexo 4)<sup>17</sup>, la potencia del panel solar que se necesita será de:

$$P = \frac{E}{t} \text{ }^{18}$$

<sup>17</sup>Atlas de radiación solar en Colombia. Upme (Unidad de Planeación Minero energética) [página web] Recuperado de: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)



Se tiene en cuenta que el acumulador se encuentra al 100%, siendo la carga amperios hora de la batería 4.5Ah, el tiempo de descarga de la batería es

$$C = I(t)^{14}$$

$$4.5Ah = 1.38A(t)$$

$$3.26h = t$$

El tiempo de carga de la batería a través del panel solar será

Descripción	Valor
<b>Voltaje en P máximo</b>	17.2V
<b>Corriente en P máximo</b>	1.17A
<b>Potencia</b>	20.12W

*Especificaciones del panel solar, Anexo 5*

En potencia:

$$P = CV^{15}$$

$$P = 4.5Ah(12V)$$

$$P = 54W$$

Su tiempo de carga es

$$t = \frac{E}{P}^{16}$$

$$t = \frac{54Wh}{20.12W}$$

<sup>14</sup> C= Carga amperios hora- I= Corriente en Amperios- t= tiempo en horas

<sup>15</sup> C= Carga amperios hora- P= Potencia- V= Voltaje

<sup>16</sup> t= tiempo en horas- E= energía – P= potencia

$$P = \frac{54Wh}{3.5h}$$

$$P = 15.43W$$

Es decir que un panel de 16 W bastaría para satisfacer, la situación en Bogotá, sin embargo será útil para el purificador otorgarle una mayor tolerancia a situaciones donde la radiación solar sea menos intensa, por lo que un panel de 20 W funcionará y se adaptará con mayor eficacia. Sin embargo, siendo el espacio experimental de este proyecto, Bogotá fue necesario hacer pruebas de cual era la diferencia de potencial eléctrico promedio que se generaba por el Sol, siendo esta de 20.19V (Anexo 6) y el máximo posible 21.8V en circuito abierto, es decir cumple con la potencia esperada necesaria para la acumulación de energía para la batería. Como se puede apreciar en las especificaciones del panel solar.

El tiempo de carga de la batería del 70% será

$$t = \frac{39.9WH}{20W(0.7)} = 2.85h$$

### **Construcción**

Los materiales utilizados para la construcción de este sistema de purificación se pueden ver en el Anexo 7.

Se parte del hecho que el filtro está destinado para uso domestico, es decir que este debe ser pequeño y modular, que se adapte a la necesidad del hogar, permitiendo que el agua que pase por el filtro sea en bajas cantidades para que la lámpara ultravioleta logre purificarla con gran eficacia.

Además de lo anterior se debe considerar que este sea de fácil conexión a una llave tradicional de agua como fuente de alimentación, sin embargo puede ser implementado un tanque de recolección de agua, lo se intenta explicar con esto es que no solo el agua debe provenir de una llave, si no que puede ser recolectada por el usuario (ej. Prefiltradas). De igual forma se pretende que el sistema ahorre energía, por tanto la

---

<sup>18</sup> P=potencia- E=Energía- t=tiempo

lámpara se encienda solo cuando se necesite de ella, es decir, al momento que pase el agua se prenda y en el instante que no halla flujo de agua se apague; para este propósito se utiliza un pulsador que acciona la lámpara y la electroválvula.

Como parte inicial de la construcción se utiliza un cristal de una lámpara UV a la cual se le retiraron los extremos, esta se incrusta en un tubo PVC donde al interior de esta estructura se encuentra una lámpara UV que funciona, eso se hace para que el contacto con el agua no dañe la lámpara que irradia este tipo de luz. Si se usa una de vidrio u otro material, se encuentra el riesgo de que parte de la luz se refracte, permitiendo así que el filtro no alcance su rendimiento optimo. Esto se puede observar en la Fig. 4.

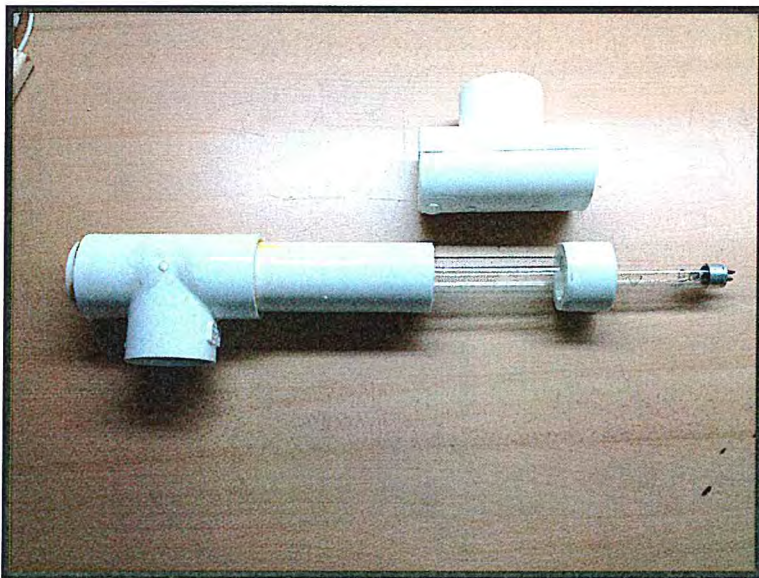


Fig. 4. Montaje de cómo está ubicada la lámpara ultravioleta, dentro de otra, en un tubo PVC.

Después se debe tener en cuenta una eficiente orientación de las T, en el filtro, como se puede ver en la Fig. 5.

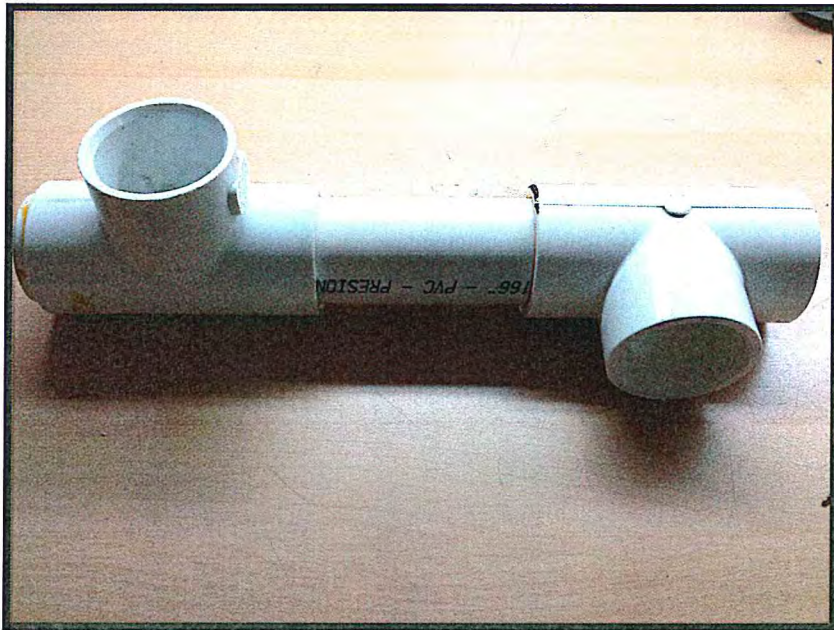


Fig. 5. Se asegura que el filtro tendrá una orientación correcta para el lugar de donde pase el agua después de ser tratada con el filtro de fábrica y por donde se obtiene el resultado final

Terminando el montaje del filtro, asegurando que este no tenga fugas, ni que la lámpara protectora esté fraccionada, se debe proseguir a hacer una estructura que soporte el los dos filtros (el de fábrica y el previamente hecho), la batería, el balastro, la electroválvula, el panel solar y el pulsador. Como se puede apreciar en la Fig. 6.



Fig. 6. La estructura tiene un rol de brindarle al usuario comodidad y organización al instrumento y sus demás accesorios.

## Análisis de muestras

Siendo importante comprobar la eficacia del instrumento en zonas rurales, con el fin de analizar los datos y concluir si microbiológicamente el agua carece de contaminación. Las muestras se tomaron en un pueblo aledaño a Bogotá, llamado Cota. Así pues el agua se obtuvo de un pozo profundo, donde ningún método de tratamiento se le practicó a este líquido. Se tomaron dos muestras en dos recipientes, un recipiente que sería llevado a un laboratorio y otro que sería tratado. El que se trató, se pasó por el mecanismo de purificación, mediante una jeringa, para asegurar la presión necesaria; después se transmitió el agua al primer filtro que remueve sólidos mayores de  $5\mu m$  y por último siguió el filtro UV. El recipiente con agua tratada y el no tratada se llevaron a la Universidad Nacional de Colombia, en la facultad de Ingeniería (Instituto de Ensayos e Investigaciones, laboratorio de Ingeniería Ambiental) para ser analizados, los resultados se podrán denotar en el Anexo 8.

En los resultados se puede analizar que inicialmente el agua tenía  $275 \frac{UFC}{100 ml}$  (275 Unidades Formadoras de Colonia en 100 mililitros) eso en cuanto a coliformes totales<sup>19</sup>, sin ningún tipo de E.Coli ya que el 99% de las fuentes de contaminación de esta, son de orígenes fecales, del cual no se presenció en el lugar del registro de muestras. Finalmente los resultados del agua tratada fueron que carecía de estos coliformes, no quedó ninguna colonia en el líquido. Así que si los coliformes se analizan como grado de calidad: "Los organismos coliformes se analizan solo como señalizadores de la eficacia del tratamiento y la integridad del sistema"<sup>20</sup>, por lo tanto se puede concluir que el agua tratada por el mecanismo realizado es totalmente potable y de óptima calidad. Por lo que se evidencia una gran eficacia del sistema.

---

19

**Coliformes totales y coliformes fecales:** todo bacilo gramnegativo, capaz de desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes (tensioactivos) que tengan propiedades similares inhibitorias del crecimiento y que sean capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 35° ó 37°C, con producción de ácido, gas y aldehído en un lapso de 24 a 48 horas; también son oxidasa negativas, no esporágenas y reducen el nitrato a nitrito.

Goez López, Mariano; Vázquez García, María José; Pena Caamaño, Pilar. Determinación y diferenciación de Escherichia Coli y coliformes totales usando un mismo sustrato cromogénico. Laboratorio Central. Aquagest Galicia. España . [página web] Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/determi.pdf>

<sup>20</sup> Goez López, Mariano; Vázquez García, María José; Pena Caamaño, Pilar. Determinación y diferenciación de Escherichia Coli y coliformes totales usando un mismo sustrato cromogénico. Laboratorio Central. Aquagest Galicia. España . [página web] Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/determi.pdf>

Ahora bien analizando los costos de fabricación del producto, se estableció que este sería aproximadamente de 150 USD, como se puede ver en el Anexo 9; sin embargo como ya se había mencionado antes esto puede parecer costoso a corto plazo, pero a largo plazo tendrá sus beneficios, ya que si de modo contrario se decide ingerir agua no tratada, la atención medica en un hospital puede oscilar entre 106-145 USD, según un reporte de la Universidad del Valle en Colombia<sup>21</sup>; sin mencionar los costos adicionales por exámenes o medicamentos, así que si se considera que si en cada instante que un individuo decida obviar el tratamiento de agua potable, podría salir mas costoso para su salud y economía. Así que una mejor solución para asegurar que el agua que se está bebiendo es totalmente potable, este purificador podría llegar a serlo que no solamente certifica un liquido libre de patógenos sino también de turbidez.

## Conclusión

### **Evaluación y limitaciones de la construcción**

Para llegar a un diseño óptimo del producto fue necesario pasar por unos diseños previos, al principio se tenia en cuenta una diferente orientación de las T, es decir estos dos estaban ubicados paralelamente, sin embargo se noto que era muy incómodo para la conexión y que se era estéticamente más apreciable con una orientación diferente, como se analiza en el Anexo 10. Además de esto antes de usar la electroválvula se tenia pensado en un diseño más reciclable, con un mecanismo de un calentador de gas, este cumplía con el trabajo de prender la lámpara UV solamente cuando pasara el agua por el filtro, aunque este era bastante difícil de activar, ya que al ser un mecanismo que no usa energía, necesita de una gran presión. Trabajar bajo un presión alta incrementa la probabilidad de dañar el sistema, ya que una vez se hizo el intento, el cristal que protege la lámpara se fraccionó y se quebró, por lo que fue necesario cambiarlo. Esto se resolvió colocando una electroválvula que justo cuando pase a esté filtro se pueda activar fácilmente, sin embargo consume mucha energía por lo que probablemente la eficacia del producto puede disminuir. Al construir el próximo cristal protector, se pegó con un sellante más fuerte y se tuvo en cuenta que los extremos de este cristal no estuvieran por fuera del PVC.

Así pues otro problema que surge, es que el filtro de fábrica necesita de una presión mínima para quitar la turbidez del agua, por lo que si se tiene en cuenta el pequeño

---

<sup>21</sup> Cortés, Armando; Flor, Edgar; Duque, Germán (2002) Análisis de costos de la atención hospitalaria. Colombia Medica. Universidad del Valle [página web] Recuperdo de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/283/28333201.pdf>

tanque, no se pasaría por este filtro al no funcionar con gravedad, solamente pasaría por el filtro UV, la limpiaría de una gran parte de microorganismos. De la misma manera el mecanismo de purificación puede no cumplir sus estándares de descontaminación si se le pasa agua de cualquier tipo, por ejemplo, si se decide purificar agua de pozos sépticos, será muy difícil para el instrumento, ya que para esto se necesitan otra serie de filtros, es por esto que la monografía solo se centra en necesidades domésticas donde se usa tres horas nocturnas y su objetivo es solamente dar confianza al usuario que el agua que se está tomando esta en libre de microorganismos y es potable. Por último es necesario tener en cuenta que la eficiencia del instrumento dependerá de la tensión acumulada por la batería mediante el panel solar.

### **Resolviendo una necesidad mundial.**

Siendo importante resaltar que el modelo construido puede ser fácilmente llevado a una mayor escala, lo que hace posible que el filtro diseñado pueda ser amplificado con una lámpara mas potente, y más filtros de este tipo para la idea de potabilizar agua en plantas de tratamiento con radiación UV alimentados por energía solar, ya que previamente se evidencio un 100% de descontaminación en el agua. Por ende, si se emplea este pequeño diseño domestico a una mayor escala es posible que solucione el problema de una entera región, sin importar que esta región tenga deficiencias en el flujo eléctrico, ya que para esto se investigó la viabilidad de un purificador alimentado con energía solar que depende de ciertas condiciones, como se analizo en las limitaciones.

Para resolver una problemática mundial, el modelo demuestra una gran efectividad, mitigando el riesgo de contraer futuras enfermedades gastrointestinales y de otras índoles derivadas del consumo de agua no potable. Finalmente se comprueba que la aplicación de energía solar a este tipo de purificadores es una alternativa eficiente, lo cual era el propósito de esta monografía.

Palabras: 3957

## Bibliografía

Arboleda, Valencia Jorge., y Soto Arnul. Rendón. 2000. Teoría Y Practica De La Purificación Del Agua. Santa Fé De Bogotá: McGraw Hill. Print.

Atlas de radiación solar en Colombia. UPME (Unidad de Planeación Minero energética) [página web] Recuperado de: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)

Cortés, Armando; Flor, Edgar; Duque, Germán (2002) Análisis de costos de la atención hospitalaria. Colombia Medica. Universidad del Valle [página web] Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/283/28333201.pdf>

Caracol. (2009) La mitad de Colombia tiene problemas de abastecimiento de agua potable: defensoría. Noticias Caracol [página web]

Recuperado de: <http://www.caracol.com.co/noticias/actualidad/la-mitad-de-colombia-tiene-problemas-de-abastecimiento-de-agua-potable-defensoria/20090320/nota/781857.aspx>

De León, Malema. (2007) Agua que malgastas hoy... Burica Press [página web] <http://burica.wordpress.com/2007/03/22/25-es-dulce-y-975-es-agua-salada-en-el-mundo/>

Efe. (2010) La ONU afirma que casi 900 millones de personas viven sin agua potable en el mundo. El Mundo [página web]

Recuperado de: <http://www.elmundo.es/elmundo/2010/03/15/solidaridad/1268666139.html>

Goez López, Mariano; Vázquez García, María José; Pena Caamaño, Pilar. Determinación y diferenciación de Escherichia Coli y coliformes totales usando un mismo sustrato cromogénico. Laboratorio Central. Aquagest Galicia. España . [página web] Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/determi.pdf>

González, Velasco Jaime. 2009 Energías Renovables. Barcelona: Reverté.

Fernández, Diego. (2004) Colombia: Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura. Balanceando las necesidades sociales y productivas de infraestructura. Banco mundial [página web] Recuperado de: [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/07/12/000011823\\_20050712145543/Rendered/PDF/320880COOREDIOAgua01bkgd0to0303791.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2005/07/12/000011823_20050712145543/Rendered/PDF/320880COOREDIOAgua01bkgd0to0303791.pdf)



Harvester. Solar – electric generator. Solar One Solutions. [página web] Recuperado de: <http://www.solarone.net/products/harvester.cfm>

Lesur, Luis. 1998. Manual De Purificación Del Agua: Una Guía Paso a Paso. México: Trillas.

Letterman, Raymond D. 2002. Calidad Y Tratamiento Del Agua: Manual De Suministros De Agua Comunitaria. Madrid [etc.: McGraw-Hill.

Országh, Joseph. (2009) El cloro y la irradiación UV. Eutarcie [página web] Recuperado de: <http://www.eutarcie.org/es/03e.html>

Pilatowsky, Figueroa Isaac., y Strevel Rodolfo Martínez. 2009. Sistemas De Calentamiento Solar De Agua: Una Guía Para El Consumidor. México: Trillas.

Restrepo, Tarquino Inés. 2007. Avances En Investigación Y Desarrollo En Agua Y Saneamiento Para El Cumplimiento De Las Metas Del Milenio. Cali: Universidad Del Valle.

Rivas, Cristian. (2012). Colombia: potencia energética. UIET [página web] Recuperado de: <http://uiet.cidet.org.co/noticias/sectoriales/colombia-potencia-energetica-2/>

Romero, Rojas Jairo A. 2006. Purificación Del Agua. Bogotá: Escuela Colombiana De Ingeniería,

Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1994). Ley 142 de 1994 Nivel Nacional. Alcaldía de Bogotá. [página web] Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>

Semana, Archivo. (2012). Agua de Bogotá está certificada y es potable: gerente de la EAAB. Semana [página web] Recuperado de: <http://www.semana.com/nacion/agua-bogota-esta-certificada-potable-gerente-del-eaab/181321-3.aspx>

**Anexo 1. Especificaciones del filtro Whirlpool.**

**Ice Cube and Ice Water Filter**

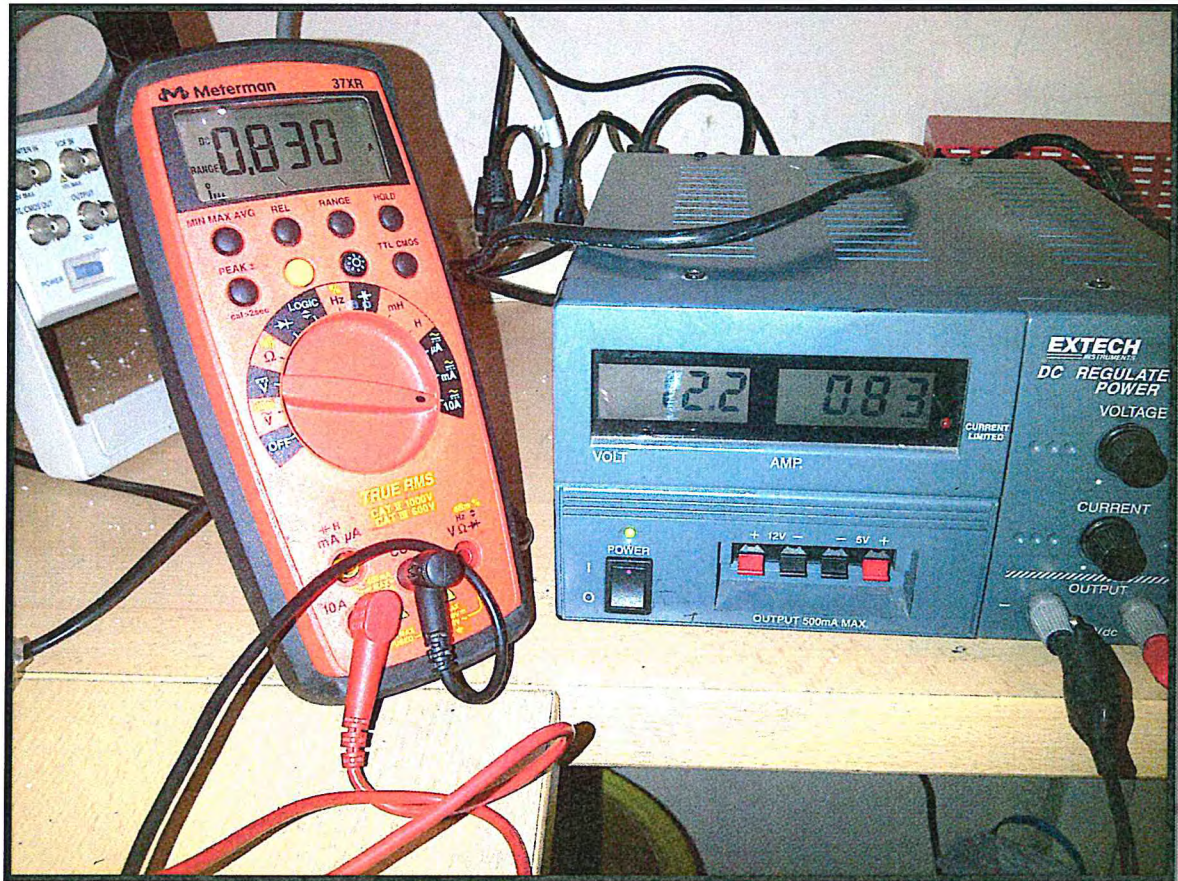
**Specifications**

<b>Service Flow Rate</b>	<b>Service life</b>	<b>Max. Press.</b>	<b>Max. Temp.</b>
.5 gpm (1.9 lit./min)	1500 gal. (5680 lit.)	125 psi (8.62 Bar)	100° <i>F</i> 38° <i>C</i>

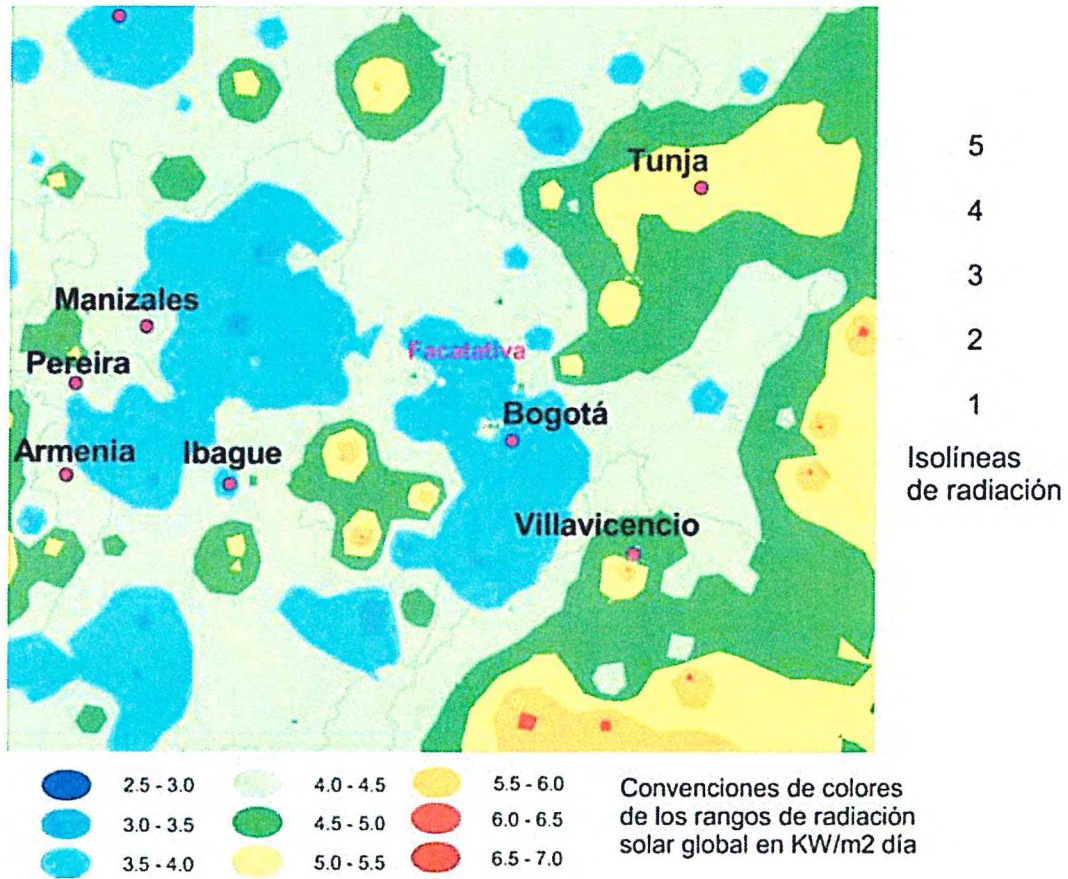
## Anexo 2. Especificaciones Técnicas de la lámpara UV

Nombre:	PHILIPS lámpara ultravioleta germicida TUV8W G8T5
publicado:	2012-10-27
validez:	365
Especificaciones:	TUV8W
cantidad:	1000.00
Descripción Precio:	
Detailed Product Description :	<p>UV de longitud de onda germicida de lámpara de radiación entre 200 nm a 300 nm ultravioleta extremadamente letal para los microorganismos, la energía de radiación 90% concentrado en 253.7nm, que está muy cerca de la curva de eficiencia bactericida longitud de onda pico (265 nm), por lo que cuando 253.7nm radiación alcanza un determinado valor, las bacterias del intestino, Aspergillus flavus y bacterias HBsAg (antígeno de la hepatitis B de superficie) en un período relativamente corto de tiempo para matar. Después de 8000 horas, la relación de salida de retención ultravioleta se puede mantener a 85%. El vidrio se producen longitud de onda 185nm para la capa de ozono de la radiación filtradas. La capa protectora puede estar dentro de la pared para evitar la atenuación de la radiación UV-C (Philips importada). Se utiliza principalmente en los siguientes sectores: aire esterilización: puede evitar que los gérmenes se propagan a través del aire en las escuelas, hospitales, teatros, como el flujo de personas más tubo de ventilación de la fábrica después de la esterilización aire enviado esterilización líquido: el agua de fabricación de hielo para el agua potable, el agua, las bebidas gaseosas con agua antiviral antiviral alimentos: . Antivirus para superficie de los alimentos, para evitar la contaminación bacteriana de los alimentos afuera, otros.: prendas de vestir, ropa de cama, alimentos, equipos médicos, materiales de envasado de alimentos, la esterilización de superficie, pero también para la impresión de pre-curado y la industria de impresión de la pantalla, las arrugas, hielo, tinta de refracción. 1. Straight tube: TUV4W G4T5, TUV6W G6T5, TUV8W G8T5, TUV11W G11T5, TUV15W G15T8, TUV16W G16T5, TUV25W G25T8, TUV36W G36T8, TUV30W G30T8, TUV55W G55T8 HO, HO TUV75W G75T8, TUV115W VHO, TUV115W VHO-R 2. El electrodo de cuatro electrodos y de un solo tubo recto: TUV 36 T5 SP, TUV 64 T5 SP, TUV 11W 4P-SE, TUV 16W 4P-SE, TUV 25W 4P-SE, TUV 36 T5 4P-SE, TUV, 64 T5 4P-SE 3. H tubo: TUV PL-S 5W TUV PL-S 9W TUV PL-S 9W TUV PL-S 11W, 13W TUV PL-S, TUV PL-L 18W TUV PL-L 24W TUV PL-L 35W HO, TUV PL-L 36W, TUV PL-L 55W HF, TUV PL-L 60W HO, TUV PL-L 95W HO</p>


### Anexo 3. Intensidad de corriente eléctrica experimental de la lámpara UV



Anexo 4 Mapa de radiación solar en Colombia



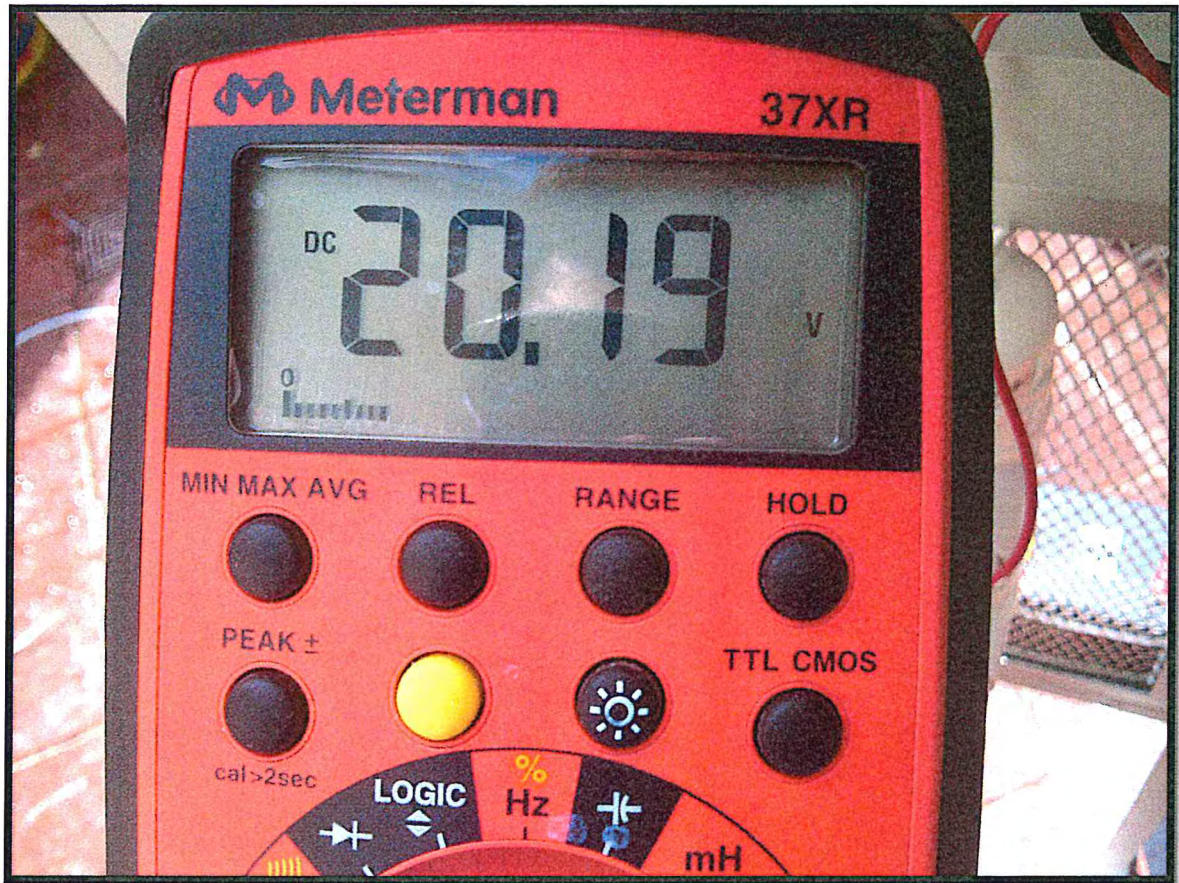
Anexo 5. Especificaciones del panel solar.



**ERASMUS**  
[www.erasmus.com.co](http://www.erasmus.com.co)

<b>Referencia:</b>	<b>EPS-20</b>
<b>Potencia máxima:</b>	<b>20W</b>
<b>Voltaje en P máx:</b>	<b>17.2 V</b>
<b>Corriente P máx:</b>	<b>1.17 A</b>
<b>Voltaje de circuito abierto:</b>	<b>21.8 V</b>
<b>Corriente de corto circuito:</b>	<b>1.23 A</b>
<b>Tolerancia en P máx:</b>	<b>±5%</b>
<hr/>	
<b>Peso:</b>	<b>2.6 kg</b>
<b>Dimensiones:</b>	<b>430 X 430 X 28 (MM)</b>
<b>Tensión máxima:</b>	<b>DC 1000V</b>
<b>Temperatura de operación:</b>	<b>-40°C a 85°C</b>
<b>Número de serie:</b>	

Anexo 6. Diferencia de potencial experimental.



## Anexo 7. Materiales.

- Tubo PVC de 1¼"
- 2 T de PVC 1¼"
- 2 Reductores de 1¼" a ½"
- Lámpara ultravioleta 18 W
- Lámpara ultravioleta 8W
- 2 Tapas PVC 1¼"
- Panel solar de 20W
- Batería de 4.5A y 12V
- Balasto electrónico
- Electroválvula de 12V – 0.55 A
- Filtro para agua Whirlpool.
- Pulsador



**Anexo 8. Muestras de la Universidad Nacional**

*Propiedades cualitativas de las muestras antes y después de tratarse.*



Análisis de muestra de pozo profundo de Cota antes de purificarse.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES  
LABORATORIO DE INGENIERIA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:			
Empresa:	ICL DIDACTICA LTDA	ANALISIS N°:	30811
Persona a contactar:	Sra. AMPARO ALZATE	Cotizacion N°:	033-2013
Dirección / Ciudad:	CARRERA 38 A No. 57- 22 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	021-2013
Telefono. Fijo/Fax/Movil:	221 66 64/69- 300 287 96 89	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	1/02/2013	Fecha de Entrega:	7/02/2013

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	COLEGIO CIEDI- VÍA COTA		
Punto de Captación:	POZO PROFUNDO ANTES DE FILTRO ULTRAVIOLETA		
Fecha de Muestreo:	1/02/2013	TIPO MUESTRA:	AGUA TRATADA

RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Filtración Membrana	275
E. coli	UFC/100 ml	Filtración Membrana	NEGATIVO

**OBSERVACIONES**  
La muestra analizada NO fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo.

*P/Cota M Velasquez*      *Cota M Velasquez*

Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LOPEZ      Qco. CARLOS M. VELASQUEZ R.  
Coordinador Laboratorio Ing Ambiental      P.Q. 1450

Análisis de muestra de pozo profundo de Cota después de purificarse



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES  
LABORATORIO DE INGENIERIA AMBIENTAL  
INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:			
Empresa:	ICL DIDACTICA LTDA	ANALISIS N°:	30812
Persona a contactar:	Sra. AMPARO ALZATE	Cotizacion N°:	033-2013
Dirección / Ciudad:	CARRERA 36 A No. 57- 22 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	021-2013
Telefono. Fijo/Fax/Movil:	221 66 64/69- 300 287 96 89	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	1/02/2013	Fecha de Entrega:	7/02/2013
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	COLEGIO CIEDI- VÍA COTA		
Punto de Captación:	POZO PROFUNDO DESPUES DE FILTRO ULTRAVIOLETA		
Fecha de Muestreo:	1/02/2013	TIPO MUESTRA:	AGUA TRATADA

RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Filtración Membrana	Negativo
E. coli	UFC/100 ml	Filtración Membrana	Negativo

**OBSERVACIONES**  
La muestra analizada NO fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo

*Dr. Martha Cristina Bustos Lopez*      *Qco. Carlos M. Velasquez R.*  
Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LOPEZ      Qco. CARLOS M. VELASQUEZ R.  
Coordinador Laboratorio Ing Ambiental      P.Q 1450

## Anexo 9. Balanza de precios

Cantidad	Descripción	Precio (USD)
<b>1</b>	Panel Solar	60.0
<b>1</b>	Batería	20.0
<b>2</b>	Lámpara UV	12.0
<b>1</b>	Filtro percolador	10.0
<b>1</b>	Balastro 18 W	4.0
<b>1</b>	Pulsador	1.0
<b>Varios</b>	Ferretería	43.0
	<b>Total</b>	<b>150.0</b>

Anexo 5. Instrumento de purificación construido.

