



PROYECTO AQUA. “SISTEMA DE POTABILIZADORA DE AGUAS LLUVIAS CON EL USO DE LA ENERGÍA SOLAR”

Cristian Alejandro Zafra Rodríguez, Flor Alba Méndez Martín, Alexander Reyes Moreno

**Universitaria Agustiniana
Bogotá, Colombia**

Resumen

Basados en el aprovechamiento de las aguas lluvias y la radiación solar se busca mediante la generación de un proyecto tipo brindar solución a la carencia y desabastecimiento de agua potable para las zonas rurales de Colombia.

La carencia y desabastecimiento de agua en zonas rurales no solo implica desmejoras en la calidad de vida de los pobladores si no que de igual manera repercute en la productividad del agro y en múltiples factores que tiene lugar por la falta del preciado líquido.

De forma idealista se puede pensar que la carencia del agua potable en las zonas rurales se puede mitigar con el incremento de la cobertura de redes de acueducto, pero esta solución en la actualidad carece de viabilidad técnica teniendo en cuenta la extensión del territorio nacional. Es por esto que se requiere dar solución al problema de carencia y desabastecimiento de agua potable en las zonas rurales, que mejor forma de hacerlo que mediante el uso eficiente del agua y mediante la aplicación de tecnologías verdes eco sostenibles.

Por esta razón esta investigación busca formular y desarrollar un proyecto que presente un sistema de potabilización de aguas lluvias con el uso de la energía solar. En términos generales el fin último de esta investigación es desarrollar un sistema de potabilización de aguas lluvias para el consumo humano el cual se fundamenta el aprovechamiento de las aguas lluvias mediante los procesos de potabilización y el uso de la energía solar como fuente energética en los procesos de bombeo del agua en el sistema, filtración ultravioleta, ozonificación e iluminación de la estructura.

Palabras clave: potabilización agua; paneles solares; energía fotovoltaica; eco sostenible; radiación solar

Abstract

By basing in the exploitation of the rainwater and the solar radiation it is sought by generating a project "Tipo" offer one solution to the lack and the shortage of potable water for the rural zones of Colombia.

The lack and the shortage of water in the rural zones don't imply only the deterioration in the life quality of the folks but equally it affect in the productivity to the agro and in multiple factors more that occur for the lack of the precious liquid.

Idealistically, it is thought the lack of potable water in the rural zones can be mitigated with the increase of the coverage of the aqueduct network, but this solution in the actuality lacks of technical viability because the extension of the national territory.

For that reason, it is required to solve the problems of lack and shortage of potable water in the rural zones, what better form of to make it than through the efficient use of the water and through the application of the green technologies.

Therefore, this investigation searches to formulate and to develop a project that show a rainwater purification system with the use of the solar energy. In general terms, the purpose of this investigation is to develop a rainwater purification system for the human consumption by exploiting the rainwaters through the purification processes and the use of the solar energy as energy source in the pumping of water processes in the system, ultraviolet filtration, ozonation and structure illumination.

Keywords: *purification; water; solar panels; photovoltaic energy; eco-friendly; solar radiation*

1. Introducción

Colombia es uno de los países que cuenta con más fuentes hídricas en el mundo, pero lamentablemente muchas de estas fuentes hídricas están contaminadas por el uso indiscriminado del recurso otras simplemente son de difícil acceso y o más importante aún sus aguas no son tratadas.

Es decir que si bien la población rural puede tener acceso limitado a fuentes hídricas esta población carece de agua potable para el consumo, obligando así a que la población consuma agua de los afluentes hídricos más cercanos los cuales pueden estar contaminados tanto con agentes patógenos, como con metales pesados, e incluso químicos. Es por esta razón que se hace de primordial importancia suministrar fuentes de agua potable a la población rural, comprendiendo que el pensar en un cubrimiento total del territorio nacional con redes de acueducto es idealista y presenta problemas de viabilidad técnica.

Esta investigación busca brindar una solución a la carencia y desabastecimiento de agua potable en las zonas rurales mediante el desarrollo de un proyecto tipo, entendiéndose como modelos de proyectos que presentan actividades estándar de alternativas de solución a problemáticas comunes, que brinde las bases para el desarrollo de un sistema de potabilización de aguas lluvias.

Donde este sistema se caracterice por el aprovechamiento de las aguas lluvias y el uso de la energía solar en los procesos de potabilización más específicamente en proveer energía eléctrica a los sistemas de bombeo, lámparas de desinfección ultravioleta, ozonificación entre otras tareas que requieran el uso de energía eléctrica de esta manera se logrará proveer de un sistema potabilizador de aguas lluvias eco sostenibles.

2. Planteamiento del problema

Para el año 2016 según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), la población rural se estimó en 11'414.753 habitantes alrededor del 29 % de la población nacional donde solo el 61.2 % de dicha población cuenta con cobertura del servicio de agua potable.

Es decir que aproximadamente 4'428.924 habitantes alrededor del 38% de la población rural no tiene cobertura de agua potable e incluso de alcantarillado, esto se refleja en el índice IRCA, (Índice de Riesgo de Calidad del Agua), donde para el 2014 el Consejo Nacional de Política Económica y Social establece que en las zonas rurales en promedio se encuentra un IRCA de 49.8%. Lo que quiere decir en términos de clasificación del nivel de riesgo en salud el 49.8 % representa un nivel alto de riesgo donde se considera que el agua no es apta para el consumo humano y requiere una vigilancia especial.

Comparando este indicador frente al mismo en zonas urbanas se tiene que en zonas urbanas el IRCA en promedio es de 13.2%, lo que traduce a un nivel de riesgo bajo donde se considera que el agua no apta para consumo humano es susceptible a mejoras. En contexto un nivel sin riesgo para la salud humana se clasifica en un IRCA de entre 0% y 5%, y un nivel de riesgo inviable sanitariamente se clasifica en un IRCA de entre 70.1% y 100%.

Estas razones derivan a la pregunta de investigación: ***¿Cómo suministrar agua potable apta para el consumo humano a las poblaciones rurales del territorio colombiano?***

Esto a su vez permite la sistematización del problema:

- ¿Qué especificaciones técnicas debe cumplir el agua, para considerarse agua potable para el consumo humano?
- ¿Qué fuentes de agua se usaran?
- ¿Qué recursos son requeridos para la potabilización de agua?
- ¿Qué tecnología se puede usar para la potabilización de aguas?

- ¿Qué tecnología se puede usar para abastecer de energía al sistema de potabilización desde el aprovechamiento de la energía solar?
- ¿Cuál es la forma más eficiente para lograr la máxima cobertura en la población rural?

3. Justificación

El agua en su estado natural no tratada es decir no potabilizada puede presentar riesgos para la salud humana puesto puede convertirse en un medio de propagación de bacterias, virus, parásitos, y enfermedades.

En la tabla 1 se presenta las principales afecciones de salud relacionadas con la ingesta de agua no potabilizada o no tratada.

Tabla 1. Principales enfermedades transmitidas por el agua

Enfermedad	Cusos y vía de trasmisión	Número de casos	Defunciones por año
Disentería amebiana	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una Persona con otra.	500 millones por año	*
Disentería bacilar	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una Persona con otra.	*	*
Enfermedades diarreicas	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos Contaminados, por contacto de una persona con otra.	4.000 millones actualmente	3-4 millones
Cólera	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una Persona con otra.	384.000 por año	20.000
Hepatitis A	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona Con otra.	600.000 a 3 millones por año	3 millones por año 2.400 a 12.000
Fiebre	Las bacterias pasan por la	16	600.

paratifoidea y tifoidea	vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una Persona con otra.	millones actuales	000
poliomielitis	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	82.000 actuales	9.000

a El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") — el número de casos existentes en un momento dado. *Incluidas las enfermedades diarreicas **No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente. ND = no disponible

Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

En la tabla anterior se observan las principales siete enfermedades transmitidas por el agua como de igual manera el número de casos presentados y la cantidad de defunciones a raíz de estas enfermedades.

Es por esta razón que se hace apremiante la necesidad de suministrar fuentes de agua potable a la población que carezca del servicio, en este caso las zonas rurales de Colombia con el fin de mitigar el riesgo de afecciones en la salud pública.

4. Objetivo

4.1. Objetivo general

Implementar el proyecto tipo que permita brindar una solución eco-sostenible a la carencia de agua potable para la población en zonas rurales del territorio nacional objetivo, mediante el aprovechamiento de las aguas lluvia y la energía solar.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar y determinar las especificaciones técnicas que debe cumplir el agua para considerarse apta para el consumo humano.
- Reconocer y precisar los recursos requeridos para la potabilización de agua lluvia.
- Determinar la tecnología idónea a usar en el sistema de potabilización de agua lluvia.
- Determinar la tecnología idónea a usar para los paneles solares como fuente energética del sistema de potabilización de aguas lluvias.
- Establecer la población objetivo para su realización.

- Formular y realizar el proyecto tipo que permita brindar los medios para la solución del problema.

5. Marco conceptual

El marco teórico que se desarrollará a continuación, permite conocer los conceptos básicos para el entendimiento del desarrollo de esta investigación.

5.1. Energía solar fotovoltaica

Uno de los pilares del sistema de potabilización de aguas lluvia propuesto es el aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía renovable para los componentes eléctricos requeridos para la potabilización de agua.

Este aprovechamiento de la energía solar se realiza por medio del uso de la electricidad fotovoltaica la cual corresponde a la generación de electricidad por medio de la absorción de los fotones presentes en la luz solar por medio de una célula fotovoltaica material capaz de convertir la energía lumínica en energía eléctrica. Este fenómeno fue descubierto por el físico francés *Alexander Edmond Becquerel* en el año 1839, pero sería hasta el año 1954 la empresa *Bell Telephone* en New Jersey quien desarrollo las primeras células fotovoltaicas funcionales. A partir de esta innovación se establecieron entorno a la energía solar múltiples usos y avances tecnológicos desde estar presente en la tecnología aeroespacial, hasta en la vida cotidiana y los hogares en todo el mundo.

5.2. Potabilización de agua

La potabilización de aguas hace referencia a las tareas, actividades u operaciones realizadas al agua con el fin de eliminar en gran proporción agentes contaminantes como: sólidos, químicos, bacterias, parásitos, microorganismos, metales pesados y demás agentes no deseables en el líquido con el fin de dotarlo de las condiciones idóneas e inocuas para el consumo humano.

Para la potabilización de agua se suele hacer uso de filtros y procesos de purificación donde se destacan:

- **Carbón activado:** termino genérico con el que se conoce al mineral adsorbente carbón que presenta una alta porosidad y cristalinidad el cual entre otros usos es empleado en la filtración de aguas.
- **Resina ionizante:** material con carga iónica usado para la suavización del agua.
- **Osmosis inversa:** filtración del agua desde una solución con mayor concentración a una solución con menor concentración por medio de una membrana semipermeable.
- **Ozonificación:** desinfección de agentes anaeróbicos en el agua mediante el paso o agregación de ozono al agua.

- **Luz ultravioleta:** radiación electromagnética cuya longitud de onda esta entre los 400 nm (4×10^{-7} m) y los 15 nm ($1,5 \times 10^{-8}$ m), usada en el tratamiento de aguas para la eliminación de bacterias, patógenos y la desinfección en general.

6. Marco metodológico

6.1. Enfoque metodológico de la investigación

Esta investigación es cualitativa de tipo correlacional donde se emplea un método de estudio Hipotético-deductivo, con un enfoque de investigación mixto.

6.2. Etapas de investigación

Esta investigación es desarrollada desde el Semillero de Investigación del Proyecto LEGIOS del Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería de la Universitaria Agustiniiana, en Bogotá D.C., Colombia. Contando con el apoyo interdisciplinar de estudiantes y docentes de los programas en Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecatrónica.

Donde se plantea una metodología de investigación cualitativa con un método hipotético deductivo de doce etapas, ver figura 1, las cuales permitirán desarrollar y culminar la investigación de manera lógica y estructurada.



Figura 1 Etapas de investigación Fuente: (Autores, 2017)

Como se puede observar en la figura anterior la investigación plantea una metodología de doce etapas para su desarrollo las cuales están seccionadas en tres niveles.

La primera sección contiene las etapas uno y dos, inicio de la investigación y recolección de datos, siendo esta la fase preliminar de la investigación donde las tareas de inicio tienen lugar.

La segunda sección contiene las etapas tres a seis. Análisis de datos, determinación de los requerimientos técnicos, vigilancia tecnológica, y diseño, respectivamente siendo esta la fase intermedia de la investigación.

La tercera sección o fase final del proyecto contiene las etapas siete a doce, presupuesto, prototipo, puesta en marcha, evaluación, formulación del proyecto tipo y fin de la investigación. Fase donde se busca implementar el sistema de potabilización de aguas lluvias con el uso de energía solar en la modalidad transferencia tecnológica en el Municipio de Sopó, Cundinamarca.

7. Avances de resultados

- Actualmente la investigación se encuentra iniciando la etapa de diseño del sistema de potabilización de aguas lluvias con el uso de energía solar.
- En las etapas anteriores de la investigación se logró identificar, Primero que el promedio de irradiación solar anual recibida en superficies para las principales ciudades de Colombia se encuentra entre 4577.8 (wh/m²) según datos IDEAM.
- Segundo que el promedio de precipitaciones anual en Colombia entre 1981 y el 2010 es de 2141 mm/ por metro cuadrado según datos IDEAM.
- Tercero referente a los requerimientos técnicos de calidad del agua potable exigidos por la normatividad colombiana se identifica y determina en primera instancia las pautas contenidas en la norma colombiana NTC 813 agua potable.
- Como de igual manera se hace referencia a la resolución No. 1096 del 17 de noviembre de 2000 por la cual se adapta el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico del ministerio de desarrollo económico dirección general de agua potable y saneamiento básico de la república de Colombia.
- Cuarto este sistema de potabilización se espera implementar en el municipio de sopo Cundinamarca.
- Quinto en la tabla 2 se muestra las especificaciones técnicas del sistema de potabilización de aguas lluvias.

Tabla 2 Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	
Capacidad de almacenamiento agua lluvia	2000 L
capacidad de almacenamiento agua potable	2000 L
capacidad de tratamiento	1000 L/h
caudal	0,27 LPS
presión de trabajo	20 PSI
presión máxima	50 PSI
acometida hidráulica	1"1/2

consumo eléctrico	428 W/h
sistema de manejo	Manual
material de fabricación	PRFV+PVC

Fuente: (Autores, 2017)

El sistema contará con una capacidad de almacenamiento de 2000 litros y una capacidad de tratamiento de 1000 litros hora.

En la tabla 3 se expresa los materiales y costos relacionados con la estructura física del sistema de potabilización.

Tabla 3. Materiales y Costos

#	Detalle	V. uni	VT
2	Tanque de almacenamiento 2000 litros	\$ 619.600	\$ 1.239.200
1	Electrobomba ½ HP	\$ 200.000	\$ 200.000
4	Paneles solares 320 W eficiencia 19.07 1m * 1.5m	\$1.200.000	\$ 4.800.000
12	Batería de almacenamiento arreglo conexión serie y paralelo = 24v 450 A/h	\$300.000	\$ 3.600.000
1	Regulador panel solar	\$ 300.000	\$ 300.000
1	Filtros de sedimento	\$ 200.000	\$ 200.000
1	Filtro de carbón activado	\$300.000	\$ 300.000
1	Filtro de resina ionizante	\$ 400.000	\$ 400.000
1	Filtro luz ultravioleta 30w	\$ 500.000	\$ 500.000
1	Ozonificador	\$ 300.000	\$ 300.000
1	Estructura en acero	\$ 400.000	\$ 400.000
2	Canales para agua 3m	\$ 70.000	\$ 140.000
4	lamina alveolar 6 mm 5,90X2,10m	\$ 509.000	\$ 2.036.000
1	Otros	\$ 635.760	\$ 635.760
	TOTAL	\$	\$
		5.934.360	15.050.960

Fuente: (Autores, 2017)

Donde se estima un valor total para la construcción del sistema de potabilización de 15.050.960 pesos colombianos con un retorno del capital de tres a dos años. Por último, se identifica en la figura 2 la idea principal del sistema de potabilización de aguas lluvias con el uso de la energía solar.



Figura 2 diseño preliminar del sistema de potabilización de aguas lluvias Fuente: (Autores, 2017)

En la figura anterior se puede evidenciar de manera gráfica la idea general del sistema de potabilización de aguas lluvias con el uso de energía solar donde se puede ver la disposición de los paneles solares en un techo con caída de aguas orientado hacia el centro de la estructura prestando las funciones de embudo para las aguas lluvias y de superficie adsorbente para los rayos solares.

Esta estructura a su vez presta resguardo a los equipos requeridos en la potabilización de aguas lluvias toda esta herramienta a su vez alimentadas eléctricamente por energía solar.

8. Conclusiones y recomendaciones parciales

- Como principales conclusiones se tiene que el proyecto AQUA tiene una inversión inicial de alrededor de \$ 16'000.000 COP de inversión la cual se espera retorne en 2 años.
- Por otro lado se concluye que dado la superficie de captación de aguas lluvias que se estima en 32 metros cuadrados y el promedio de lluvias mensuales en Cundinamarca es de 1000 milímetros por metro cuadrados, se estima que mensualmente puede captar 32.000 litros de agua lluvia al mes.
- Las fuentes de recolección de aguas pueden ser cambiadas a fuentes hídricas, posos, quebradas, lagos o ríos, sometiendo el sistema a un cambio estructural con el fin de hacer una recolección del líquido en función de la fuente de recolección.
- Se abren las puertas a futuras investigaciones que permitan establecer medios o estrategias de abastecimiento de las aguas potables tratadas por el sistema aquí propuesto esto con el fin de proporcionar una distribución eficiente del líquido en la población afectada.

9. Referencias

Artículo de revista

- ABB. (2015). Energía Solar. ABB Review, 5-76.
- Diaz, L. G., & Sera, A. S. (2001). Desinfección del agua con luz ultravioleta y energía solar fotovoltaica. Ingeniería hidráulica y ambiental, XXII, 36-38.
- Mondaca, M. A., & A, V. C. (2001). Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Agua Potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas, 155-168.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. (2013). CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

Libros

- Barrera, M. F. (2010). Energía solar Electricidad Fotovoltaica. Madrid: Liberfactory.
- Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación. (2007). Energía solar fotovoltaica. Madrid, España: Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación.
- Etienne, G. (2009). Potabilización y tratamiento de agua. Madrid, España: Mallard Drive.
- M, P. S. (2007). Energía Solar en arquitectura y construcción. Santiago de Chile: RIL editores.
- Nandwani, S. (2005). Energía solar conceptos básicos y su utilización. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional de Heredia.
- Russo, V. S. (2009). El Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales. Petrotecnia, 40-46.
- Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). Desinfección del agua. Lima Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Sobre los autores

- **Cristian Alejandro Zafra Rodríguez:** Estudiante de ingeniería industrial universitaria agustiniana. Inq.cristianzafra@gmail.com.
- **Flor Alba Méndez Martín:** Estudiante de ingeniería industrial universitaria agustiniana. floralbamm2@gmail.com.
- **Alexander Reyes Moreno:** Ingeniero Industrial, Master en Administración de Empresas con Especialidad en Gestión de la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente, Master en Administración Ambiental, Estudiante Doctorado en Ciencias Económicas y Administrativas. Profesor auxiliar. alexander.reyesm@uniagustiniana.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)