

Análisis De La Viabilidad Del Reemplazo De Los Pozos Sépticos Por Biodigestores En Un Contexto Rural

Gabriela Rodríguez, estudiante, grodrig28062@universidadean.edu.co

Francisco García, estudiante, fgarcia02097@universidadean.edu.co

Darlynth Ramírez, estudiante, dramirez330@universidadean.edu.co

David Rodriguez, estudiante, drodriq67207@universidadean.edu.co

David Rodriguez, estudiante, drodriq67207@universidadean.edu.co

Jarileiny Roperó, estudiante, jropero97767@universidadean.edu.co

David Abril Ramírez, estudiante, dabrilr80200@universidadean.edu.co

Resumen

El tratamiento de aguas residuales domésticas en un contexto rural representa una problemática que afecta negativamente el medioambiente y como consecuencia la salud humana. A lo largo del tiempo se han diseñado diferentes sistemas para el manejo adecuado de estas aguas, entre los más implementados se encuentra los pozos sépticos, cuyas características de facilidad y practicidad han permitido su popularización en el contexto colombiano. Sin embargo, de este sistema existen múltiples deficiencias identificadas que otros sistemas alternativos pueden solucionar.

Bajo dicho contexto, el presente documento busca realizar un análisis de viabilidad para el tratamiento de aguas residuales planteando una comparación de los sistemas de pozos sépticos con respecto a los biodigestores como sistema alternativo.

Introducción

En los últimos años, los ríos y quebradas que cubren el territorio nacional han servido como medio de eliminación de aguas negras, domésticas, industriales, agropecuarias y desechos sólido (Solano, 2011). De lo anterior se evidencia la alteración directa en los indicadores de calidad de agua, como el BDO (Demanda biológica de oxígeno) y COD (Demanda química de oxígeno) dando origen a la eutrofización de los cuerpos de agua de sobre carga de nutrientes (Pinos, y otros, 2012) y la trasmisión de microorganismos patógenos causantes de un aumento del riesgo de desarrollar enfermedades infecciosas gastrointestinales en las

comunidades que están en contacto con estos cuerpos de agua. (Berrantes, Chacón, Solano, & Achí, 2013).

Esta investigación se realiza a partir de la necesidad de brindar alternativas para las comunidades rurales de Colombia que afrontan diferentes problemáticas relacionadas con la gestión de agua residuales. A partir de la necesidad de dar respuesta a estas problemáticas, se propone la implementación de biodigestores como sistema para la gestión de aguas residuales, como alternativa a los sistemas tradicionales (pozos sépticos).

Analizando la percepción que tienen en la comunidad académica, comparando ventajas y desventajas de estos sistemas en materia de funcionalidad, presupuesto e indicadores de calidad del agua. Los criterios de análisis estarán enfocados hacia el cumplimiento de los lineamientos establecidos en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), tomando como referencias los objetivos 6, 11 y 14: calidad del agua y saneamiento, comunidades más sostenibles respectivamente (UN, 2021).

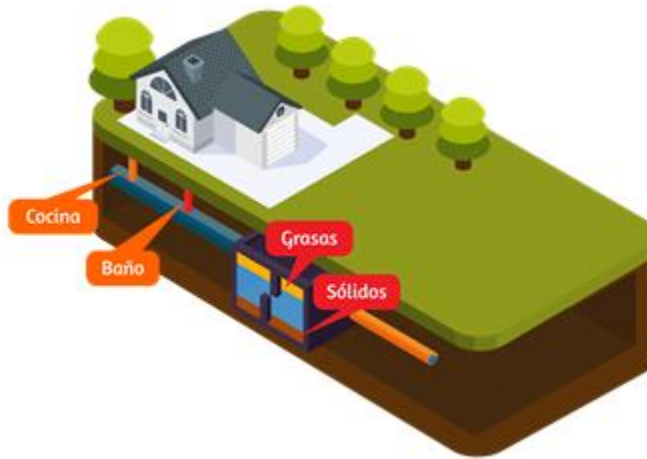
Marco de referencia

- **Pozos Sépticos**

Es un sistema que se construye debajo de la superficie, en viviendas que no cuentan con alcantarillado público (ver Figura 1), allí se reciben y separan las aguas residuales domésticas, mediante la transformación fisicoquímica de la materia orgánica contenida en dichas aguas, para facilitar su correcta degradación y reducir el impacto en el suelo y los cuerpos de agua (Progresar E.SP., 2020).

Los pozos sépticos reciben a diario diferentes clases de desperdicios provenientes de inodoros, duchas, lavamanos, cocinas, albercas, lavadoras y pisos. Estos desperdicios son ricos principalmente en materia orgánica y grasas. En los sistemas de drenaje y dentro de los pozos sépticos habitan billones de bacterias que en condiciones óptimas pueden degradar esos compuestos.

Figura 1. Pozo Séptico



Fuente: (Progresar E.SP., 2020)

El vaciado de los lodos debe hacerse cada año o cada dos años dependiendo del número de habitantes de la casa. La reglamentación ambiental colombiana exige que la disposición final de estos lodos se haga en sitios técnicamente adecuados para evitar el impacto en los ecosistemas (Progresar E.SP., 2020).

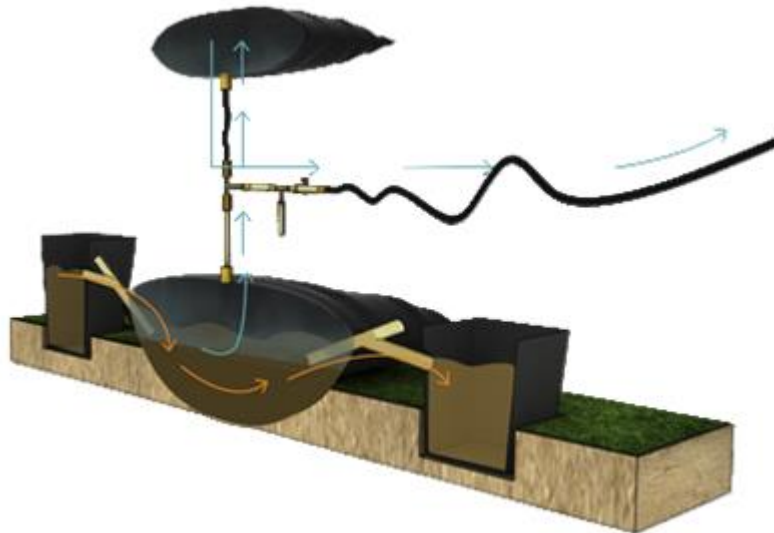
- **Biodigestores**

Es un contenedor sellado herméticamente para el almacenamiento de desperdicios orgánicos, desechos humanos, estiércol y materia orgánica, entre otros. La generación de biogás puede ser utilizada en calefacción, cocción y electrificación como fuente de energía alternativa. Funciona por medio de un proceso de digestión anaeróbica donde los residuos orgánicos se transforman generando biogás y biofertilizante (UNAM, 2021).

La digestión anaeróbica se realiza en el tanque sellado, donde se desarrolla un ambiente ideal para que las bacterias logren fermentar todos los residuos orgánicos vertidos en biodigestor y así generar el biogás. Del total de los residuos orgánicos vertidos en el tanque se logra entre un 30% y 60% de biogás. El biogás producido es conducido por medio de una línea de gas hacia un tanque independiente en la parte superior del digestor (ver Figura 2) y se instala una tubería por la cual se administra la salida del gas hacia sus diferentes usos, mientras viaja por la tubería el biogás, que en un principio era caliente, se va enfriando a medida que se transporta por la tubería. Dependiendo del resultado del gas producido puede haber la necesidad de utilizar un lavador de gases como el ácido sulfhídrico. El

biogás se utiliza para generar calor o electricidad o ambos, se puede evidenciar el proceso en la figura 2 (Arévalo & Zambrano, 2007).

Figura 2. Diagrama de Biodigestor



Fuente: (Arévalo & Zambrano, 2007)

La energía generada del biogás puede ser una alternativa para reducir el desgaste medioambiental y a la vez ayudaría a resolver otro problema económico y medioambiental que es la disposición de desperdicios orgánicos.

- **Reglamento Técnico Para El Sector De Agua Potable Y Saneamiento**

El Ministerio de vivienda, ciudad y Territorio expidió el 17 de junio de 2017 la resolución 330, por la cual se adopta el Reglamento Técnica para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. (Ministerio de Ciudad, Vivienda y Territorio, 2017) donde se reglamentaron los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto alcantarillado y aseo.

Posteriormente se expide en la resolución 844 del 2018 donde se establece que Para la construcción de viviendas u otra infraestructura o equipamientos en zonas rurales en las que no se cuente con disponibilidad de servicios de acueducto o alcantarillado, se podrán emplear soluciones alternativas de agua para consumo humano y doméstico o de saneamiento básico que cumplan con los requisitos técnicos establecidos para estas soluciones en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Esta certificación será emitida por el municipio o distrito en el que se ubique la construcción (MinVivienda, 2018)

Metodología

El alcance del proyecto es descriptivo y explicativo porque se “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice”. Dado que el levantamiento de la información se hace en un solo periodo de tiempo, es una investigación transversal, el cual “consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, fenómenos, comunidades, etc., y proporcionar su descripción” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

La metodología más conveniente para llevar a cabo el objetivo de esta investigación es de tipo no experimental. Y esto debido a que no se manipula deliberadamente las variables para ver su efecto sobre otras (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). La encuesta es el instrumento para la recopilación de datos para la investigación, la cual será enviada vía electrónica, esta nos da una forma fácil y rápida de acceder a la información de los encuestados, debido a la facilidad del envío y respuesta del encuestado.

La población con la que se llevó a cabo la encuesta son estudiantes y docentes de la Universidad EAN, ubicada en Bogotá. Se estima que tiene cerca de 7500 estudiantes y cuenta con una planta de docentes y personal administrativo de 800 personas, teniendo en cuenta lo anterior se escogió una muestra de 110 personas, entre estudiantes y docentes de la institución (ver Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros Ecuación de Muestreo

Parámetro		Valores
Tamaño de la población	N	490

Nivel de confianza	Z	95% (1,96)
Probabilidad de que ocurra el evento	P	50%
Probabilidad de que no ocurra el evento	Q	50%
Error estimado	e	5%
Tamaño de muestra buscado	n	109,99

Fuente: Elaboración Propia

Resultados

El presente capítulo se centra en el análisis de los resultados obtenidos a partir de una muestra estadística de 110 personas encuestadas, obtenida de una población de 490 personas, en dicha muestra participaron estudiantes de semestres intermedios y finales de ingenierías de la universidad EAN, así como docentes de la institución. Seguidamente se realizó una encuesta virtual con 15 preguntas. La primera sección permitió identificar el perfil de las personas encuestas, obteniendo los siguientes resultados:

- **Segmentación de los encuestados:**
 - Género: El 54% de la muestra estaba compuesta por hombres, mientras que el 45,1% estuvo compuesta por mujeres.
 - Edad: El 64,6% de los encuestados están en un rango de edad de 19 a 24 años, el 27,4% entre 25 y 30 años, y un 7,9% mayor a 30 años.
 - Nivel Académico: Se encontró que el 52,2% de los encuestados tienen hasta un pregrado completado, el 19,5% poseen título de bachiller, el 19,5% tienen un estudio técnico completado y el 8,8 % restante cuentan con un posgrado.

Seguidamente, en la segunda y tercera parte de la encuesta se realizaron preguntas enfocadas a la investigación y análisis de viabilidad y uso de los pozos sépticos y de los biodigestores:

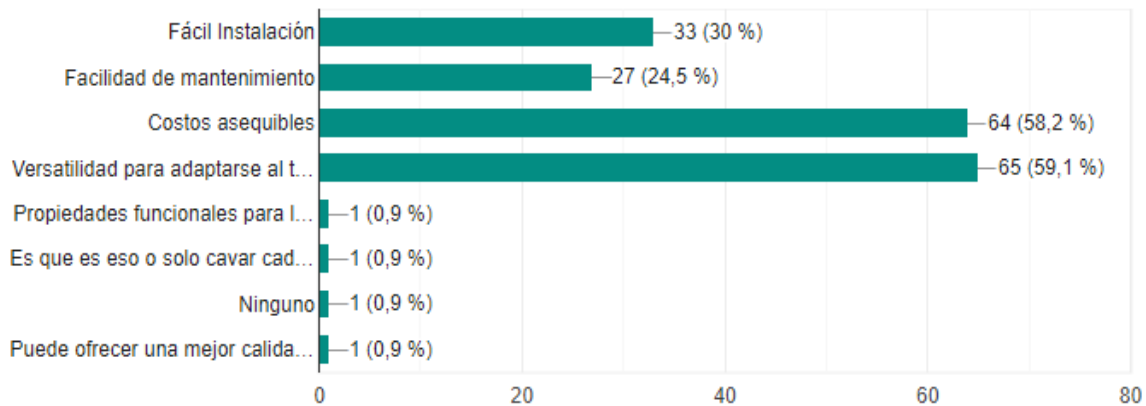
- **Entendimiento de los pozos sépticos:**
 - ¿Conoce el funcionamiento de un pozo séptico? el 68,1% afirma que si lo conoce, mientras que el 31,9% de las personas encuestas afirma que no lo conoce.

- ¿Qué ventajas considera que ofrecen los pozos sépticos? el 59,1% de los encuestados considera que la ventaja más importante es la versatilidad que ofrecen los pozos sépticos, al igual que su asequibilidad con un 58,2%. La fácil instalación y la facilidad de mantenimiento fueron seleccionadas 33 y 27 veces respuestas respectivamente. En la figura 3 se muestra el detalle de las opciones y el número de veces elegido por el total de los encuestados.

Figura 3. ¿Qué ventajas considera que ofrecen los pozos sépticos?

¿Qué ventajas considera que ofrecen los pozos sépticos?

110 respuestas



Fuente. Elaboración propia de encuesta “Tratamiento de aguas residuales”.

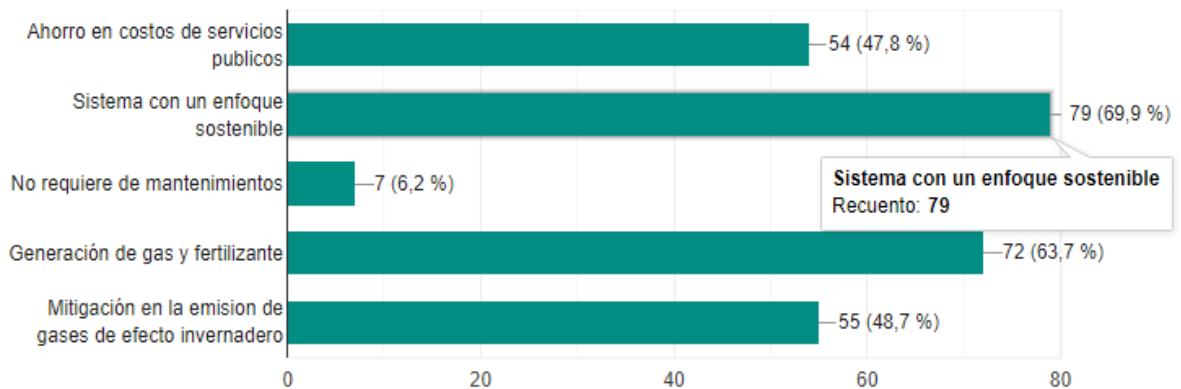
A partir de los anteriores resultados se logra evidenciar que existe un gran porcentaje de personas que no conocen el funcionamiento de los sistemas para tratar aguas residuales, por otra parte, existe un gran vacío a nivel general con respecto a los costos, funcionamiento e impacto ambiental que estos sistemas conllevan.

- **Entendimiento de los biodigestores:**

- ¿Conoce el funcionamiento de un biodigestor? el 45,3% respondió que Si, mientras que el restante 54,7% respondió que No.
- ¿Cuáles considera que son las ventajas de un biodigestor? El “sistema con un enfoque sostenible” fue la opción más veces elegida con un 69,9% de los encuestados, seguido de “la generación de biogás y fertilizante” con un 63,7% , y “mitigación en la emisión de gases de efecto invernadero” con un

48,7% de las respuestas. “Ahorro en costos de servicios públicos” fue elegida por el 47,8% de los entrevistados, mientras que la menos veces elegida fue “No requiere mantenimiento” con un total de 6,2% de los votos (ver Figura 4).

Figura 4. ¿Cuáles considera que son las ventajas de un biodigestor?



Fuente. Elaboración propia de encuesta “Tratamiento de aguas residuales”.

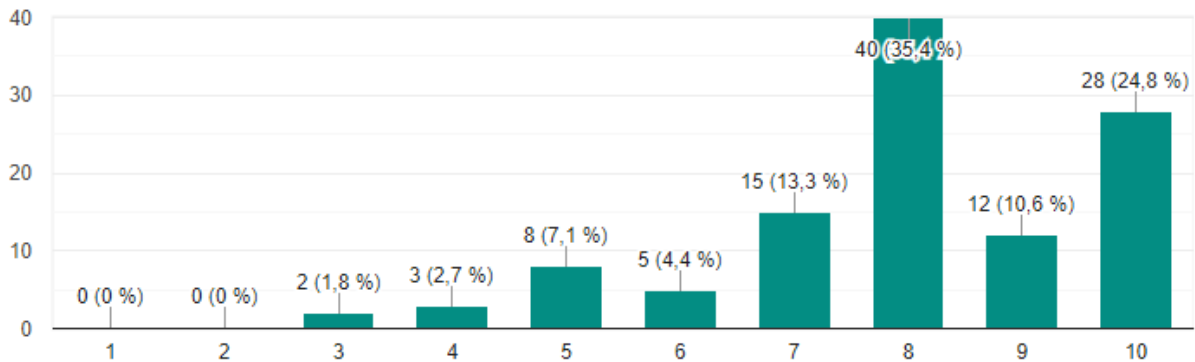
Se evidencia que más de la mitad de las personas desconocen lo que es un biodigestor, igualmente se da paso para abrir una discusión sobre la necesidad de orientar a las personas acerca de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y cómo un “buen” ó “mal” sistema abarca tantos aspectos relevantes a nivel económico, funcional y ambiental.

Por último, la cuarta parte de la encuesta realizada está diseñada para que los encuestados tomen una opción de respuesta frente a los pozos sépticos y los biodigestores permitiéndolos comparar en diversos parámetros como estilos de vida, costos, impacto ambiental, entre otros. A continuación se detallan los resultados.

- **Comparación de sistemas:**
 - ¿Cuál sistema incorporaría en su domicilio en el caso hipotético que se encontrara en un contexto rural?, el 82,3% afirma que SI preferiría un biodigestor frente a un pozo séptico, mientras que el restante 17,7% respondieron que No.

- ¿Cuál considera que tiene un mayor costo de inversión? El 63,7% afirma que un biodigestor, mientras que el restante 36,3% respondieron que un pozo séptico.
- ¿Cuál considera que tiene un mayor impacto ambiental? el 72,6% afirma que un biodigestor, mientras que el restante 27,4% respondieron que un pozo séptico.
- En un caso hipotético y en un contexto rural, de 1 a 10, ¿qué tan interesado se encontraría en adquirir un biodigestor frente a un pozo séptico?, un 70,8% de los encuestados evidenciaron un interés superior a 8, mientras que el 29,3% evidenciaron un interés inferior a 8. El detalle se encuentra en la figura 5, expuesta a continuación:

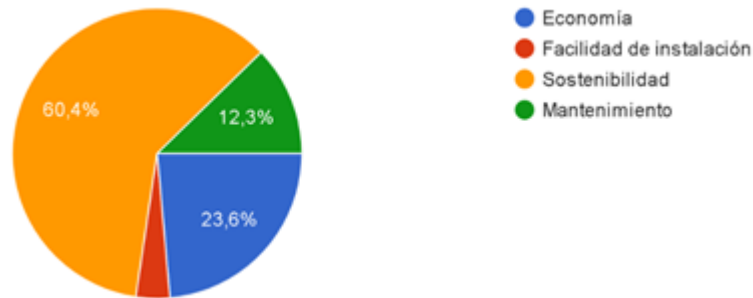
Figura 5. En un caso hipotético y en un contexto rural, ¿De 1 a 10, ¿qué tan interesado se encontraría en adquirir un biodigestor frente a un pozo séptico?



Fuente. Elaboración propia de encuesta “Tratamiento de aguas residuales”.

- ¿Cuál es el factor más importante para usted a la hora de escoger un sistema de tratamiento de aguas residuales?, se identificó que el 60,4% de los encuestados buscan es que el sistema sea sostenible, el 23,6% que el sistema sea económico y el 12,3% que sea fácil el mantenimiento (ver figura 6).

Figura 6. ¿Cuál es el factor más importante para usted a la hora de escoger un sistema de tratamiento de aguas residuales?



Fuente. Elaboración propia a partir de la encuesta de percepción.

- ¿Cuál sistema de tratamiento de aguas residuales considera que tiene un mayor enfoque a la sostenibilidad?, el 83,2% de las personas encuestadas se inclinó por los biodigestores, mientras que el 16,8% se inclinó por los pozos sépticos.

Finalmente, se realizaron dos preguntas abiertas con las cuáles se buscaba que las personas encuestadas aportaran su conocimiento y puntos de vista acerca de las ventajas y desventajas de usar pozos sépticos y biodigestores como alternativas para el tratamiento de aguas residuales:

- ¿Cuáles considera que son las ventajas y desventajas de los biodigestores?, esta pregunta tuvo como resultado 87 respuestas, en donde los aspectos más relevantes en ventajas fueron el bajo impacto ambiental, la innovación, el mayor aprovechamiento de residuos y en desventajas los posibles altos costo de instalación y mantenimiento.
- ¿Cuáles considera que son las ventajas y desventajas de los pozos séptico?, esta pregunta tuvo como resultado 85 respuestas, resaltando aspectos importantes en ventajas el bajo costo de instalación y mantenimiento, siendo un sistema sencillo de aplicar, mientras que para las desventajas se evidencia que no se aprovechan al máximo los residuos almacenados.

Discusión

Según los resultados aplicados en las encuestas realizadas viabilidad de la implementación de los biodigestores esta supeditada a la calidad de los materias que serán instalados para su funcionamiento, no obstante una barrera que poseen es el desconocimiento por parte de la población dado que a esta tecnología no se le da la relevancia como una alternativas

de fuentes de energía y aprovechamiento de los residuos en las comunidades que viven en zonas rurales y que no tienen que incurrir a combustibles contaminantes (como lo es la leña) y que tienen los pozos sépticos como sistema de gestión de residuos. Un ejemplo obtenido de la investigación es en la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, debido a que una fuente de energía en esta zona es la proveniente de la tala de árboles para cocinar con leña, y uso de pozos sépticos (Hernandez & Anibal, 2013) lo que no resulta sostenible y no existe un control de los residuos sólidos, ni aprovechamiento de los mismos depositados en los pozos sépticos. Para ello se establece que usar el biodigestor en lugar de los pozos sépticos reduciría la contaminación ambiental mediante el tratamiento de los residuos orgánicos que actualmente se desechan en las calles, ayudaría a la independencia de los combustibles fósiles brindando un biocombustible que se utiliza en cocción de alimentos, se reduciría las emisiones de los gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global.

De esta manera, los biodigestores sirven como una herramienta para la valorización de residuos orgánicos y la agricultura ecológica, expansión y promoción de sistemas renovables. Estableciendo un modelo de economía circular mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios para el beneficio propio (Media Lab, 2018). Así, implementar este sistema de biodigestores también trae consigo beneficios sociales, como, por ejemplo: mejorar la calidad de vida de las personas, generar una expectativa de lo que se puede lograr con los residuos que generamos.

Conclusiones

El proyecto investigativo desde el planteamiento de objetivos, se orienta en enmarcar una serie de conceptos y ofrecer un estudio alternativo para el uso de sistemas biodigestores en áreas rurales, con el fin de plantear las posibles alternativas al inconveniente de manejo y aprovechamiento de residuos, el cual es recurrente en zonas donde los asentamientos que no cuentan con sistemas enfocados en la gestión de residuos, han ocasionado una serie de baches sociales, de tipo ambiental y claramente económicos.

Se logra enfocar el estado del arte de la biodigestión en un marco referencial, el cual argumenta de manera concisa el potencial en biodigestores. Por ende, se concluye mediante un sistema de encuestas que cerca del 70% de los participantes determina el sistema biodigestor como una técnica ideal para zonas rurales por las facilidades ambientales, socioeconómicas, que presenta este sistema alternativo.

La priorización en la triada de sostenibilidad y la capacidad en tratamiento de residuos y aguas residuales detalla un crecimiento y validación de las cualidades y beneficios que ofrece este sistema biodigestor en ámbitos rurales. Asimismo, se infiere que el proceso de uso de biodigestores enmarca una justificación de viabilidad basada en economía circular para el uso y expansión de sistemas renovables con el biodigestor en un contexto rural.

La derivación de este análisis socio ambiental, procede en la descripción de aspectos enfocados en la viabilidad de dichos sistemas biodigestores. Por ende, al intervenir en una encuesta a docentes conocedores y expertos del sistema en aprovechamiento de residuos y estudiantes universitarios, se determina el potencial de beneficios que deriva la implementación de un sistema biodigestor, todo ello se afilia con los numerales expuestos en la encuesta realizada los cuales trazan un marco de sostenibilidad y reincorporación económica.

Las funcionalidades que se establecen en la construcción de un plan de gestión que aumenten el tratamiento de aguas y reutilización de residuos orgánicos generados, tiene como cimiento el sistema legal y regulatorio, una serie de reglamentos técnicos de instalación y aprovechamiento, enmarcado en una sucesión de resoluciones y decretos que detallan en un plan complejo los tramites y aspectos regulatorios de un biodigestor y la normativa del mismo, enfocados en la integración de ambiente y desarrollo sostenible, así como la viabilidad de un diseño que potencia la participación energética de los residuos.

La verificación de objetivos se diseñó como un complemento analítico que lograra reforzar las conclusiones, esta se basó en la implementación de encuestas a personal de nivel universitario y expertos en el tema de sistemas de tratamiento de residuos. Igualmente, para el cumplimiento de dichos objetivos de carácter específico, Se realizó un método investigativo en el área legal y técnica de construcción, basados en la triada de sostenibilidad. Por último, la validación con expertos en el tema fue construida a partir de una serie de preguntas realizadas por una encuesta, la cual participaron gestores en el área energética y de residuos, con amplio conocimiento en esta serie de proyectos y sistemas de biodigestión.

Referencias

Arévalo, J., & Zambrano, L. (2007). *Implementación De Un Sistema Autosostenible En La Granja*. Obtenido de Revista Virtual Pro: <https://bucketvirtualprivate.s3.amazonaws.com/files-bv/20131001/20131001-023.pdf?X-Amz-Content->

Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAYKA7DVMDNQAJFXPY%2F20211114%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20211111

Berrantes, K., Chacón, L. M., Solano, M., & Achí, R. (2013). *Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011*. Obtenido de Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562013000100009

Hernandez, E., & Anibal, J. (2013). *El potencial de los biodigestores como técnica sostenible para la producción de biogás en la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58557>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación. Sexta Edición*. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Media Lab. (2018). *Biodigestores a escala para el tratamiento de residuos orgánicos*. Obtenido de <https://www.medialab-matadero.es/proyectos/biodigestores-escala-para-el-tratamiento-de-residuos-organicos>

Ministerio de Ciudad, Vivienda y Territorio. (2017). *Resolución 330 del 2017*. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0650-2017.pdf>

MinVivienda. (2018). *Resolución 844 del 2018*. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0844-2018.pdf>

Pava, P. (2020). *Vegetación urbana como estrategia para reducir la contaminación del aire en áreas urbanas*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36084>

Pinos, J., Garcia, J., Peña, L., Rendón, J., Gonzalez, C., & Tristán, F. (2012). *Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América*. Obtenido de Agrocienca: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004

Progresar E.SP. (2020). *¿Qué es un pozo séptico?* Obtenido de <https://progresaresp.com/que-es-un-pozo-septico/>

Solano, M. (2011). *Impacto ambiental por aguas residuales y residuos*. Obtenido de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf>

UN. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

UNAM. (2021). *Biodigestores*. Obtenido de Unidad de Ecotecnologías:
<https://ecotec.unam.mx/nosotros-ecotec>