

Diseño de un separador por decantación para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

Decantation separator design for the utilization organic solid waste

Muñoz Jaimes, Mayra Alejandra ¹, Rodríguez Granados, Yarith Natalia ¹ y Jara Mora, Freddy Alexander²
Fundación Universitaria de San Gil, Unisangil
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental
San Gil, Colombia

mayraamunoz@unisangil.edu.co
ynrodriguez@unisangil.edu.co
fjara@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: 4 de febrero de 2022
Fecha de aceptación: 18 de marzo de 2022

Resumen — Los residuos sólidos son un problema que ha ido creciendo a través del tiempo y con el aumento de población, que genera mayores cantidades, son difíciles de separar y darles una buena disposición final. En este artículo se pretende implementar la separación de residuos sólidos orgánicos por medio de la decantación centrífuga, con el fin que esta permita aprovechar los residuos orgánicos sin contaminación de plástico. Para cumplir con lo antes mencionado, se realiza un estudio de las variables por medio de un análisis bibliográfico, una caracterización de residuos, el diseño y evaluación funcional del prototipo para determinar la separación de la materia orgánica del plástico, caracterizando los residuos sólidos de los municipios del sur de Santander. Este proyecto plantea la mitigación del impacto con la presencia de partículas plásticas en la materia orgánica, condición que afecta la calidad del compost.

Palabras clave — Residuo, orgánico, decantador, centrífuga, densidad.

Abstract — Solid waste is a problem that has increased over time and with the increase in population that generates larger amounts that are difficult to separate and give it a good final disposal. This article intends to implement the separation of organic solid waste by means of centrifugal decantation, to allow the use of organic waste without plastic contamination. To accomplish this objective, a study of the variables is carried out through a bibliographical analysis, a characterization of waste, the design and functional evaluation of the prototype to determine the separation of organic matter from plastic, characterizing the solid waste of municipalities. South of Santander. This project mitigates the impact of the presence of plastic particles in organic matter, a condition that affects the quality of the compost.

Keywords — Waste, organic, decanter, centrifuge, density.

¹ Ingeniero Ambiental, Unisangil.

² Docente, Unisangil. Ingeniero Mecánico UIS, Especialista en evaluación y gerencia de proyectos, UIS.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos es un problema que se ha ido fortaleciendo en la sociedad, por las grandes cantidades que se generan, siendo un causante del cambio climático, la contaminación del recurso hídrico y los daños en la salud humana. En el proceso de poder implementar un tratamiento óptimo para los residuos sólidos orgánicos se presenta la problemática de la difícil separación de estos residuos con el plástico, ya que se adhieren de una forma compleja y realizar este proceso de forma manual es una tarea tediosa, además hace que sea imposible o muy complejo utilizar los residuos orgánicos en procesos como el compostaje.

Las alternativas de manejo en las plantas de aprovechamiento son principalmente de dos tipos: reciclaje para la fracción inerte y compostaje para la fracción orgánica. Otras alternativas de aprovechamiento incluyen combustión o aprovechamiento de gas del relleno sanitario, pero la no correcta separación de los residuos sólidos que disminuye el valor como materia prima, que puede ser aprovechada en el caso del compostaje que brinda un resultado de reducción de volumen de hasta el 50% liberando CO₂ y agua. [1]

Por este motivo se plantea la separación de residuos sólidos orgánicos del plástico mediante el proceso de decantación centrífuga, que a través de la diferencia de densidades, o la gravimetría, realiza la separación con una menor impureza en el residuo orgánico y el posterior uso del compostaje sin un porcentaje alto de contaminación; esta es una solución factible para la reducción en la cantidad de residuos sólidos orgánicos y la mitigación de sus impactos ambientales.

La decantación centrífuga es un proceso que se ha implementado en el tratamiento de las aguas residuales para la separación de lodos y que ha brindado resultados muy positivos. Por esto se analiza la factibilidad de aplicarlo, pero con los residuos sólidos que actualmente son un problema de urgente atención.

El Decreto 2412 de 2018 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, aplica para las personas prestadoras de las actividades principales y complementarias del servicio público de aseo y para las entidades territoriales. El Decreto regula, de manera estricta, el cobro del incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (IAT), que se implementará en todos los municipios y distritos, en los cuales en su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), hace atractivo para cualquier prestador de servicio de aprovechamiento de residuos, un ingreso adicional que se recuperará con base en un cálculo definido en función del porcentaje de material efectivamente aprovechado. [2]

Los cambios en el manejo de residuos sólidos han tenido un efecto significativo en la reducción de contaminación,

impacto positivo a nivel social, económico y ambiental. Las tecnologías de gestión de residuos se vuelven más complejas a medida que se alejan del método tradicional de simplemente recoger los residuos en camiones compactadores y depositarlos en el vertedero municipal, pero nuevas tecnologías permiten implementar un sistema integrado de gestión de residuos sólidos efectivo.

En la literatura se pueden encontrar los parámetros para el desarrollo del diseño de decantadores centrífugos. [3]

Velocidad angular: Se trata de la medida de la velocidad en rotación por la unidad del tiempo, que se representa por la letra w , la unidad del sistema internacional es radián por segundo (rad/s).

Radio: Se trata de un segmento de línea con el punto final en el centro del círculo y el punto en el borde.

Densidad y/o diferencia de densidad de los elementos a separar: Se trata de la relación entre el peso de la sustancia y su volumen; por lo que se realiza una diferencia entre las densidades de las diversas sustancias.

El diseño de un separador por decantación para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos se basa en la mejora de la eficiencia de separación aplicando el proceso físico llamado decantación (también llamado gravimétrico, o por diferencia de densidades) para realizar la correcta separación de estos y así poder compensar el impacto ambiental y económico que generan los residuos sólidos. Cabe resaltar que esta no es la única tecnología, existen otras, pero esta tiene la ventaja por su alto grado de simplicidad. [1]

Cuando existe un mayor porcentaje de separación de los residuos orgánicos y plásticos, se presenta mayor valor en la materia prima (compostaje), la cual se utiliza como abono orgánico para diversos cultivos. Además, se reducirían los costos por demandas o reclamos al presentarse impurezas en el material compostado, se aumentaría la tasa de aprovechamiento, el incentivo y, por tanto, la gestión de los residuos sólidos orgánicos se convertiría en un negocio más atractivo para invertir.

Los resultados sugieren recomendar la realización de una evaluación económica sobre el potencial que puede generar la aplicabilidad de esta tecnología para asegurar que su implementación sea factible y que aporta a la mitigación de los problemas ambientales del ecosistema, como: gases de efecto invernadero, contaminación del recurso hídrico, grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos sin tratar y daños en la salud humana, entre otros.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realiza la descripción, registro, análisis e interpretación del problema ambiental que está siendo originado por el inadecuado manejo de los residuos sólidos urbanos, se analizan las causas y las consecuencias de los efectos del manejo inapropiado de los residuos sólidos. También esta metodología es descriptiva y analítica porque se investiga información bibliográfica existente al respecto, luego se procesa esta información obtenida y, por último, al análisis de los datos que permiten determinar las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

Posteriormente se indagan los posibles usos que se le podría dar a los residuos sólidos orgánicos, estableciendo que estos desechos se producen en grandes cantidades.

A. Caracterización de residuos

Se realiza una muestra aleatoria en 6 municipios del sur de Santander, en donde se revisan los planes de gestión integral de residuos sólidos regional, PGIR, y se toman los datos para establecer la proporción a usar en las pruebas y el valor de peso húmedo en kilogramos de los residuos. Los datos tomados de los citados PGIR fue el porcentaje de materia orgánica respecto al porcentaje de plástico que arrojó una relación del 2% de plástico en la materia orgánica.

B. Cálculos de diseño

Se calcula la unidad fuerza gravitacional (g_s de aceleración) como medida de fuerza que produce la gravedad de la tierra de $9,8 \text{ m/s}^2$ para la decantación normal y para la decantación centrífuga se multiplica por un factor de $2244,22213 \text{ } g_s$ de aceleración, que se puede observar en la Tabla 1.

TABLA 1. CÁLCULO DE DISEÑO

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción
g_c	2200	-	Aceleración
g	9,8	m/s^2	Gravedad en la tierra
$W \text{ motor}$	19000	RPM	Revoluciones de giro
$W \text{ motor}$	1989,67534	rad/s	Revoluciones de giro
i	3	-	Porcentaje de reducción
R	0,05	m	Radio máximo tornillo
Tornillo	663,225115	rad/s	Revoluciones tornillo
g_c	2244,22221	-	Aceleración (meta)

Se realiza una simulación para la comprobación de funcionalidad mediante la dinámica de fluidos computacional CFD que se puede observar en la Figura 1, que el material liviano se va para arriba y el material pesado se va abajo.

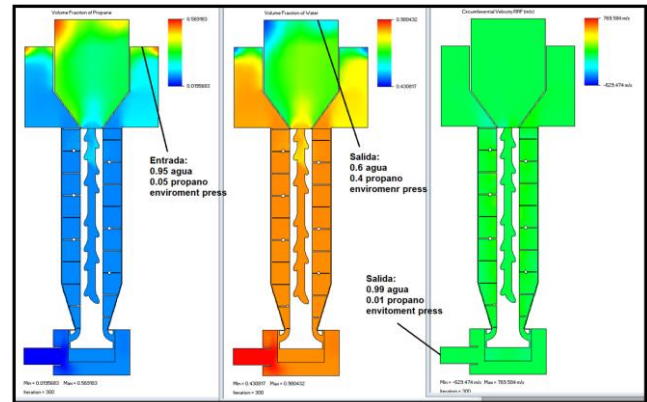


Fig. 1 Simulación de diseño.

C. Planos de diseño

Las partes del decantador centrífugo son: grupo de accionamiento, *casing*, salida de pesados, salida de livianos, tornillo, entrada, engranaje grande y engranaje pequeño. En la Figura 2 se presenta el plano del prototipo.

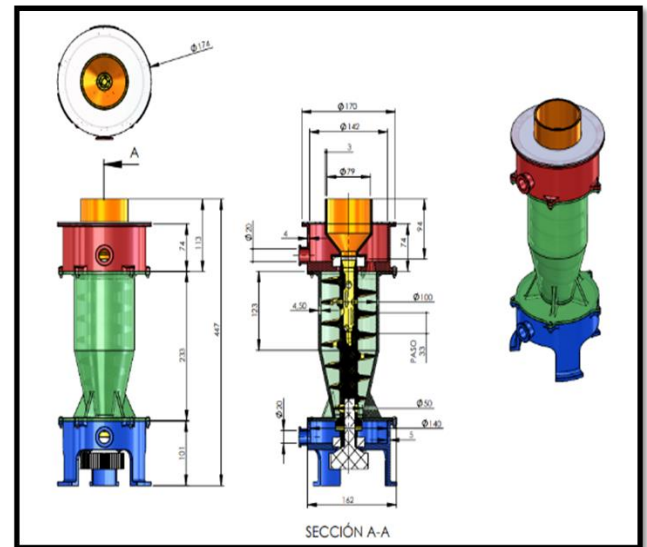


Fig. 2 Planos de diseño prototipo decantador centrífugo.

Se realiza la impresión de las piezas del prototipo a construir mediante una impresora 3D perteneciente al Departamento de Investigación de Unisangil. Luego se adhieren las diversas piezas para su posterior funcionamiento como se evidencia en la Figura 3.



Fig. 3 Partes del prototipo construido.



Fig. 4 Funcionamiento del decantador.

D. Plan de diseño experimental

Se realiza un planteamiento inicial para medir el porcentaje de plástico y materia orgánica. Se mide la prueba de velocidad de giro con un mototool de velocidades de 10000 a 32000 rpm (revoluciones por minuto), siendo una capacidad no suficiente para que el prototipo funcione, por lo que plantea el uso de un taladro con velocidad estándar, teniendo una transformación en las pruebas.

E. Pruebas

Se realiza una prueba de decantación por gravedad para observar su comportamiento, lo que evidencia que realiza una separación que no es 100% eficaz después de 15 minutos.

Se establece un 2% de plástico según la materia orgánica. Se realizan 3 ensayos con la mezcla de materia orgánica, plástico y 2 litros de agua que aproximadamente tarda 40 segundos en verterse dentro del prototipo construido.

El prototipo realiza su procedimiento de separación, vertiendo los residuos sólidos pesados y livianos, como se observa en la Figura 4.

III. RESULTADOS

Después de realizar los 3 ensayos, se puede establecer la diferencia de residuos entre la salida de pesados y livianos.

En la Figura 5 se observa el resultado de los 3 ensayos por la parte delantera.

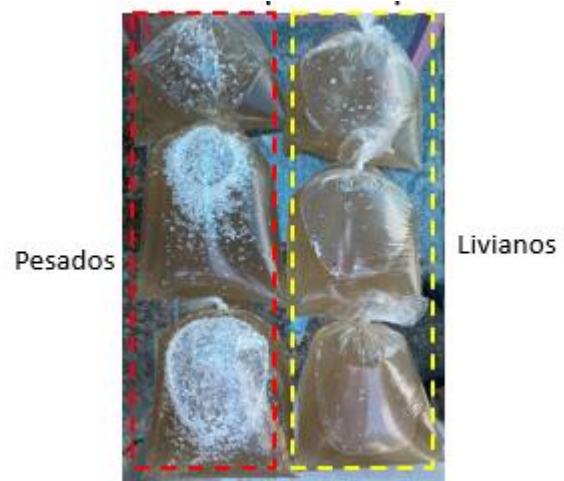


Fig. 5 Resultados ensayos parte delantera.

En la Figura 6 se observa el resultado de los 3 ensayos por la parte trasera.

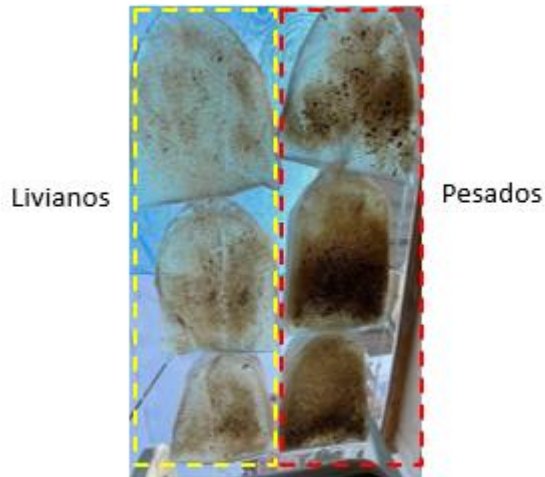


Fig. 6 Resultados ensayos parte trasera.

A. Análisis estadístico

Se evalúa lo sucedido con los ensayos del prototipo del decantador centrífugo y su proceso de separación de residuos sólidos orgánicos y el plástico.

Se parte de que la decantación de gravedad, en su proceso de separación en la parte de livianos, solo aumenta un 0,58%, siendo un porcentaje bajo de separación.

A diferencia de este resultado el decantador centrífugo, en su salida de livianos, disminuye y en su salida de pesados aumenta significativamente.

Lo que se esperaba como resultado de las pruebas, era que los livianos (plásticos) surgieran por la salida de livianos y pesado (materia orgánica) saliera por salida de pesados, pero esto no fue así, sino al contrario, pues la mayor cantidad de livianos fue expulsada por la salida de pesados, como se observa en la Figura 7.

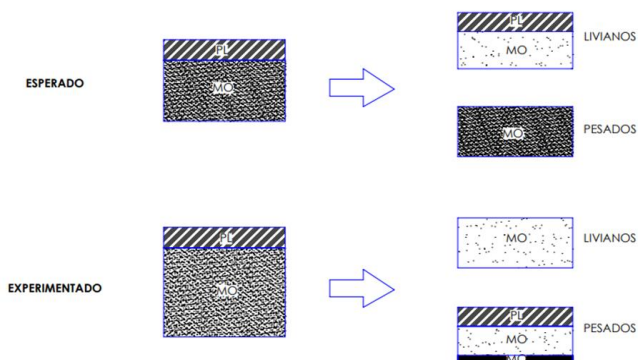


Fig. 7 Resultados esperados Vr experimentados.

Después de 15 minutos de asentamiento de las bolsas de residuos se evidencia una buena separación de los residuos livianos y pesados que fueron expulsados por la salida de

pesados, demostrando que, con un proceso adicional de separación, se tendrían resultados 100% eficaces. Por lo cual se demuestra la funcionalidad del prototipo construido en la separación de residuos sólidos orgánicos y el plástico, que, aunque sus resultados no fueron los esperados, estos resultados dejan en evidencia buenas estadísticas que comprueban su eficacia.

B. Recomendaciones

Para que exista una mayor separación de los residuos sólidos orgánicos y el plástico es necesario implementar otra etapa de separación rápida, ya que el plástico, que tiene una densidad baja, sí se separa del todo de la materia orgánica, pero el plástico que cuenta con una densidad más alta aún se mezcla con la materia orgánica, haciendo necesaria la otra etapa de separación.

Frente al uso de agua que se utiliza durante la aplicación de la decantación centrífuga se recomienda implementar el uso eficiente de este recurso de forma circular, pudiendo implementar un tratamiento de aguas residuales para volver a hacer uso de estas, sin tener que gastar grandes cantidades de agua, sino que usando la misma agua en todo el proceso.

IV. CONCLUSIONES

Se logra el diseño de un prototipo de decantador centrífugo que tiene como función separar los residuos sólidos orgánicos de los plásticos, para que la materia orgánica pueda estar libre de impurezas y se pueda mejorar la calidad en el compostaje y, así mismo, ayudar a la reducción de las cantidades de residuos sólidos.

Se pudieron evidenciar unos resultados que no eran los esperados porque con el proceso del decantador centrífugo el plástico en su totalidad no se comporta como un material de densidad liviana, sino que una parte de este material se considera de densidad pesada y, por este motivo, se mezcla con la materia orgánica; lo que evidencia que se realiza una separación entre el plástico con menor densidad que debería quedar por la salida de livianos y la materia orgánica, que en su mayoría queda en la salida de pesados.

Mediante el proceso del decantador centrífugo, y la separación de residuos sólidos orgánicos y el plástico, se determina que el prototipo realiza una separación de los plásticos de densidades livianas con la materia orgánica, pero el plástico que tiene densidad más alta aún se mezcla con la materia orgánica aunque en una mínima proporción, por lo que al final, al realizar la comparación del funcionamiento de la decantación normal y la decantación centrífuga se evidencia, en esta última, un efectivo mejor funcionamiento en la separación, usando un nivel de significancia estadística del 7.5%.

REFERENCIAS

- [1] G. Tchobanoglous y F. Kreith. *Handbook of Solid Waste Management*. 2nd ed., McGraw Hill Handbooks. New York. 2002.
- [2] Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio. Decreto 2412 de 2018.
- [3] Records, K. Sutherland. *Decanter Centrifuge Handbook*. Elsevier Science. 2001.
- [4] A. C. Martínez, E. Nieto, O. De Morena. *Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos*. El Consultor Ayuntamientos. 2003.
- [5] F. Gutiérrez, P. Navarro. "Implementación de alternativa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante el proceso de pirolisis lenta para la obtención de materiales de uso agrícola". Facultad de Ingeniería. Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Tesis, Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. 2017. [En línea] Disponible en:
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/364/
- [6] F. Ariza. Manejo y separación de residuos sólidos urbanos. Análisis comparativo entre Madrid (España) y el distrito especial industrial y portuario de Barranquilla (Colombia). *Observatorio Medioambiental*, vol. 19, pp. 197-211. 1970.
- [7] N. Martínez, P. González. *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2014.
- [8] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Política ambiental para la gestión integral de los residuos o desechos peligrosos*. 2005.