

Integración de Modelos de Evaluación de Viabilidad Económica e Impacto Ambiental a Modelos Empíricos y Técnicos del Proceso de Codigestión Anaeróbica

Melo Katerin, Estudiante de Ingeniería Ambiental¹, Piñeros Viviana, Estudiante de Ingeniería Ambiental¹
¹Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, katerinmelo@usantotomas.edu.co, viviana.pineros@usantotomas.edu.co

Abstract– *Evaluar la viabilidad económica de la producción de energía eléctrica, a partir de la co-digestión anaeróbica de la cáscara de cacao, estiércol de cerdo, fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (RSU), lodos de depuradora y residuos de frutas provenientes de despulpadoras en Cundinamarca, Colombia, en contraste con mezclas sugeridas en el modelo empírico realizado previamente según el artículo [1], mediante estudio de disponibilidad de los residuos, estudio de localización del proyecto con el método MEDIDA DE PREFERENCIA DE LOCALIZACIÓN (mpl), seguido de estudio de ingeniería de proyecto y evaluación financiera, determinando así indicadores financieros. Por último se realizará la evaluación de impacto ambiental y determinación de indicadores de sostenibilidad.*

Se ha encontrado una generación total de todos los residuos de 1609.34 Ton para el mes de Diciembre del año 2017 y con una proyección de generación de 64960 Ton / año para el año 2038 de todos los residuos, de los cuales se encuentran disponibles un total de 44044.7 Ton en el 2017, bajo los cuales se realizará el estudio de viabilidad; actualmente el proyecto está en desarrollo en la etapa de Ingeniería de proyectos.

I. INTRODUCCIÓN

A Nivel mundial para el año 2050 se estima una población aproximada de 9.6 Billones de habitantes, lo cual implica un aumento en los desechos generados [2]. Donde la tercera parte de estos poseen una composición orgánica, producida por restos de alimentos crudos o procesados [3]. En Colombia para el año 2008 más de 28.800 Ton de residuos eran producidos diariamente, cifra que sigue en aumento [4], conllevando un alto impacto ambiental.

Hoy en día algunos de estos residuos son valorizados por procesos de digestión anaeróbica siendo estos convertidos en energía o en productos fertilizantes [5]. En Europa en el año 2012 se manejaron aproximadamente el 90% de los residuos orgánicos con esta metodología [6]. Sin embargo este proceso puede llegar a ser inhibido debido a la acumulación de altos niveles de amoníaco, producto de la degradación del contenido proteico del sustrato lipídico y la acumulación de cadenas largas de ácidos grasos [7].

Con el propósito de evitar inhibiciones en el proceso, se utiliza la co-digestión anaeróbica, donde se pueden mezclar varios sustratos que reduce la sobrecarga orgánica, ya que se

diluye el contenido de Nitrógeno y mejora la biodegradación [8].

Los esfuerzos por encontrar mayor producción de energía eléctrica a partir de la mezcla de sustratos han aumentado considerablemente, es un potencial que crece fuertemente y rápidamente [9], es un sector en el que aumenta el empleo, ayuda a proteger ecosistemas y biodiversidad, y minimiza el desperdicio y la contaminación [10]. Sin embargo, aunque hay un adelanto en tecnologías hay un vacío en información respecto a viabilidad económica en la producción de energía [11].

El objetivo del presente estudio evalúa la viabilidad económica del proceso de co-digestión anaeróbica para la producción de energía eléctrica, y la evaluación de impacto ambiental en las actividades que esta conlleva. Este proceso tendrá en cuenta un modelo empírico que arrojó unas mezclas idóneas para la producción de energía, compuesta por 5 residuos en un estudio realizado en Cundinamarca, Colombia [1].

II. MATERIAL Y METODOLOGÍA

A. Ubicación de los residuos e Identificar disponibilidad

Colombia es un país que dispone de gran diversidad, a nivel cultural, ambiental y social, es por esto que se requiere enfocar el proyecto en las regiones donde se encuentra la problemática, es decir, los 5 residuos orgánicos mencionados anteriormente.

A partir de la revisión, se determinó que se debía dar uso a los residuos más generados, por actividades realizadas a nivel industrial y agropecuario, como estiércol de cerdo, residuos de cacao (cacota), lodos de PTAR estabilizados, residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de frutas, para el proceso de co-digestión anaerobia y generación de energía a partir del biogás de tal proceso.

El proyecto contiene un estudio técnico que implica “estudio de localización y tamaño del proyecto” y luego un “estudio de ingeniería de proyecto”. En primer lugar se aclaró que el desarrollo de las actividades debía ser en Cundinamarca, por lo cual implicaba que tales residuos estuviesen dentro del

mismo departamento o en los departamentos más próximos al de Cundinamarca.

Con la información anterior se realizó una revisión bibliográfica de los residuos (¹DANE, ²UMATAS, Federaciones y artículos de investigación) estableciéndose dónde se localiza la mayor producción a nivel Nacional y Departamental. Ya con los lugares más productores establecidos, se diseñó una encuesta para cada residuo y se aplicaron en el departamento de Cundinamarca. Con estos datos se determinaron cantidades demandadas y ofertadas en el mercado en cada residuo, si el mercado existía, y se determinó la cantidad de producción de cada residuo; finalmente se estimaron las cantidades mensuales, se proyectaron estos residuos por cada mes, ya que los residuos pueden variar según la temporada climática, y posterior se proyectó hasta el año 2038 (20 años de vida productiva del reactor) basado en índices de crecimiento de cada sector.

El tamaño del reactor tuvo en cuenta potencial metanogénico de mezclas realizadas en los residuos con anterioridad, y cantidades de residuos a tratar hasta el año 2038 para la generación de biogás.

Con datos de disponibilidad y ubicación de tales residuos se determinó la ubicación exacta de la planta, mediante el modelo de Brown y D.F.Gipson, llamado “Método de la medida de preferencia de localización (MPL)[12],” donde se determinan factores objetivos y subjetivos para tres localizaciones dentro del territorio de Cundinamarca.

Con la localización y tamaño del proyecto ya determinado se procedió a realizar un estudio de “*Ingeniería de proyecto*”, que tiene en cuenta, descripción de los productos, diagrama de proceso productivo de biogás y de la producción de energía, selección de equipos y tecnología, recurso humano (mano de obra directa e indirecta), y adecuaciones de instalaciones para el almacenamiento de materias primas e insumos y para producto terminado.

Finalizado la etapa de ubicación y disponibilidad de residuos, se plantea seguir con la siguiente metodología a futuro.

B. *Evaluación económica*

En la evaluación económica, se realizará un estudio sobre el comportamiento que ha tenido el mercado energético en Colombia (oferta-demanda). Igualmente se hará una entrevista al experto en temas energéticos, y finalmente se realizará las debidas proyecciones sobre generación de energía requerida para venta a la red eléctrica y autoconsumo de la planta.

Después de culminar el estudio de mercado energético, el siguiente paso a proceder es un estudio de factibilidad financiera y económica, donde se correlaciona el costo requerido en el estudio de “*ingeniería de proyecto*” y las proyecciones del mercado energético.

Finalmente para concluir en el estado financiero se aplicarán una serie de indicadores como Tasa Interna Bruta (TIR), Valor Presente Neto (VPN) y relación costo beneficio.

C. *Aspectos legales*

La constitución de la empresa de aprovechamiento requiere en un comienzo del derecho comercial, el cual define el tipo de sociedad más acorde o conveniente en términos legales y fiscales. Con ello se tiene en cuenta la legislación ambiental requerida para la apertura y puesta en marcha de la planta, mediante una matriz legal que determine qué legislación aplica a la idea de negocio.

D. *Impacto Ambiental*

Al haber determinado todos los aspectos anteriormente mencionados (legales, mercado energético, estudio de ingeniería de proyecto y de localización), se tendrá la información suficiente para el diseño de dos balances: Materia y Energía. El primero establece las entradas, salidas y pérdidas de los residuos requeridos en el proceso productivo. El segundo corresponde a la energía requerida por los equipos de la planta. Los datos de los balances se evalúan en un software llamado “SIMAPRO”.

E. *Indicadores de sostenibilidad*

Para culminar la viabilidad del proyecto se realiza una serie de indicadores, que evalúan la sostenibilidad del proceso de co-digestión anaerobia con criterios técnicos, ambientales y económicos.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Actualmente la idea de negocio se encuentra en la fase “A: Ubicación de los residuos e Identificar disponibilidad,” donde se realizó las 52 encuestas a entidades, organizaciones generadoras de tales residuos, para identificar las cantidades y el manejo que se le daba. De lo cual se obtuvo que en Cundinamarca existe una generación de estiércol de cerdo, lodos, RSU, fruta y cáscara de cacao en grandes cantidades a causa de las acciones agrícolas e industriales, evidenciándose en la Figura 1.

¹ Departamento Administrativo Nacional de Estadística

² Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria

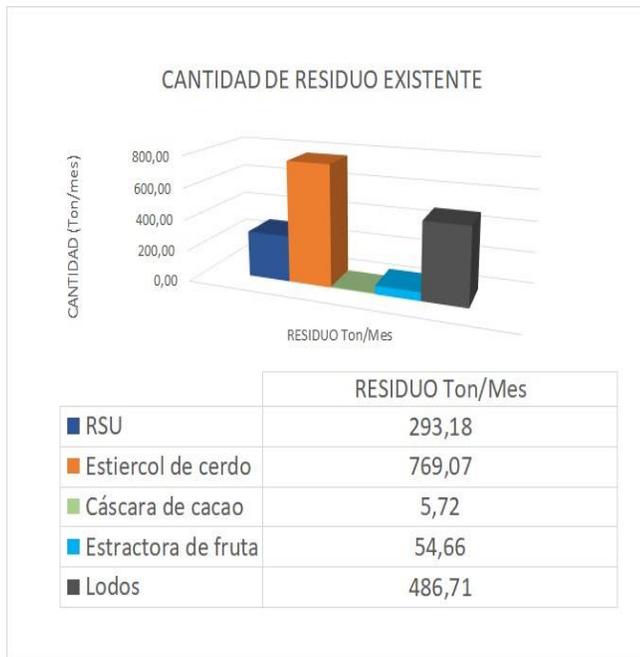


Fig. 1 Cantidad de residuo Existente

En las siguientes gráficas se evidencia las proyecciones de los 5 residuos de interés a partir del año 2017 hasta el año 2038, observándose que todos los residuos tienen una generación progresiva (las líneas son ascendentes), lo cual son resultados óptimos para la creación del reactor de co-digestión anaerobia.



Fig. 2 Proyección de Residuos (2017 – 2038)

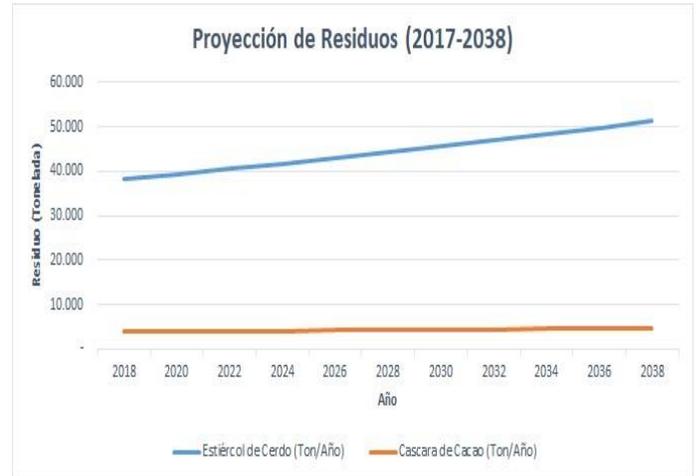


Fig. 3 Proyección de Residuos (2017-2038)

Con estas proyecciones, los resultados de los residuos disponibles (según las encuestas) y los datos de las mezclas más idóneas por los modelos empíricos realizados con anterioridad [1], se calcularon tres tamaños de reactores viables, los cuales pueden ser analizados a continuación.

TABLA I
TIPO DE REACTORES

Tamaño del Reactor

Número	Volumen	Unidades
1	71,61	m ³
2	4719,12	m ³
3	6334,58	m ³

La variedad del tamaño de cada uno depende del tipo de residuo a introducir en cada reactor, ya que todos no poseen la misma densidad y por lo mismo el mismo tamaño, así que unos van a generar mayor volumen que otros, como es el caso del cacao el cual se encuentra en los dos últimos reactores.

Otro de los factores del proyecto ya identificados, es que la planta debe localizarse fuera de la Ciudad en un municipio llamado Mosquera (según el modelo MPL)[12], ya que los factores objetivos y subjetivos hacen más viables este lugar.

IV. CONCLUSIONES

Actualmente en el desarrollo del proyecto y a partir de los análisis se concluyó que:

En efecto los residuos sólidos urbanos son una problemática ambiental y para las grandes empresas representa un costo alto, el disponer estos residuos de una adecuada manera, lo que indica que es viable presentar una opción en donde se puedan aprovechar estos residuos como insumo de producción energética, en el caso de los residuos sólidos urbanos y el residuo de frutas provenientes de despulpadoras, existe un nicho de negocio, puesto que las empresas generadoras están pagando cerca de \$150 cop el Kilogramo de RSU, y en el caso de la fruta pagan \$96 cop el kilogramo, actualmente las empresas que compran este residuo producen abono tipo A para la venta.

Por otro lado los lodos de depuradora, están siendo depositados y secados en unos lechos, pero actualmente no existe un aprovechamiento y se requiere con urgencia destinar estos lodos. En el caso de la cáscara de cacao y el estiércol de cerdo ya existe un mercado establecido, donde los campesinos venden los bultos de cada residuo a un precio estimado.

De todos los residuos generados (1609,34 ton/mes), reportados en las encuestas, aproximadamente 882,778 ton/mes están dispuestos para venta, 454,10 ton/mes se encuentran demandados por otras empresas, y por último 272,47 ton/mes están disponibles de forma gratuita.

Los residuos disponibles fueron proyectados anualmente y posterior hasta el año 2038 teniendo una aproximación de disponibilidad de 59656.7 ton anuales.

El cálculo del tamaño ideal del reactor es de 6334.58 m³, y la localización de la planta más estratégica es en Mosquera, Cundinamarca.

Por lo pronto estas son las conclusiones obtenidas para el primer objetivo de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] A. Rodríguez, J. Ángel, E. Rivero, P. Acevedo, I. Cabezas y M. Hernández, «Evaluation of the Biochemical Methane Potential of Pig Manure, Organic Fraction of Municipal Solid Waste and Cocoa Industry Residues in Colombia,» *Chemical Engineering Transactions*, 57,5-60, 2017.
- [2] Naciones Unidas, «World Population Prospects: The 2012 Revision,» 2013.
- [3] FAO, «Global Food Losses and Food Waste - Extent, Causes and Prevention,» Roma, 2011.
- [4] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Diagnóstico nacional de salud ambiental,» Colombia, 2012.
- [5] M. R. M. C. J.-P. S. J.-P. D. R. E. G. Capson-Tojo, Food waste valorization via anaerobic processes: a review, vol. 15, *Environ. Sci. Bio/Technol*, 2016, pp. 499-547.
- [6] L. M. De Baere, Anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste in Europe – status, experience and prospects in: *Waste Management*, vol. 3, Recycling and Recovery, pp. 517-526.
- [7] J. T. E. B. A. C. M.J. Broughton, Anaerobic batch digestion of sheep tallow, vol. 5, *Water Research*, 1998, pp. 1423-1428.

- [8] M. J. Cueto, Anaerobic digestion and co-digestion of slaughterhouse waste (SHW): Influence of heat and pressure pre-treatment in biogas yield, vol. 3, *waste management*, 2010, pp. 1780-1789.
- [9] R. M. R.M. Jingura, The potential for energy production from crop residues in Zimbabwe, vol. 32, *Biomass Bioenergy*, 2008, pp. 1287-1292.
- [10] A. B. H. Katuwal, Biogas: a promising renewable technology and its impact on rural households in Nepal, vol. 13, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, pp. 2668-2674.
- [11] Peter Nabusi Walekhwa, Economic viability of biogas energy production from family-sized digesters in Uganda, vol. 70, 2014, pp. 26-39.
- [12] Sunderesh Heragu, Facilities, Edition 4, Taylor and Francis group, 2016.