

ENSAMBLE, PUESTA A PUNTO Y EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE UN BIODIGESTOR
DE 3,4 m³ DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE COLOMBIA

AUTORES

LUIS ANTONIO LOZANO YATE – Código 20171375039
BRANDON ESTIVEN LADINO CUERVO – Código 20171375038

DIRECTORES

ING, Msc. GERMÁN LÓPEZ Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
ING, PhD FABIO SIERRA Universidad Nacional de Colombia

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERÍA MECÁNICA
Marzo 2018.

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo de investigación aplicada está adscrito al grupo de investigación en energías alternativas de la Universidad Distrital GIEA.UD, en asocio con el grupo de Investigación Mecanismos de Desarrollo Limpio y Gestión Energética de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, en el marco de las actividades académicas de la red PRIDERAS.

El proyecto consiste en el ensamble, puesta a punto y evaluación energética del biodigestor marca PUXIN de 3,4 m³, que se encuentra en el laboratorio de energías renovables de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

En este trabajo, se realizará una prueba de generación de biogás a partir de los residuos sólidos orgánicos (biomasa residual) seleccionados de una de las plazas de mercado de la ciudad de Bogotá. Éstos son escogidos a partir del reconocimiento de los residuos generados en dicha plaza, y mediante la información bibliográfica se toma el material orgánico de mejores características para la generación de biogás (**combinación apropiada de carbohidratos, grasas y proteínas**).

Una vez el biodigestor se haya ensamblado, se pondrá a punto, y se verificará el óptimo funcionamiento de los distintos sistemas que lo componen. Luego de ser ensamblado y poner a punto, el biodigestor se cargará con los residuos escogidos orgánicos como se describió en el párrafo anterior entonces se documentarán diferentes variables para conocer el comportamiento de las bacterias metano-génicas (bacterias especiales para la producción de biogás) en la producción de biogás.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....1

2. ESTADO DEL ARTE.....2

2.1. UN POCO DE HISTORIA SOBRE EL METANO.....2

2.2. NORMATIVIDAD EN COLOMBIA.....4

2.3. ANÁLISIS – FUENTES DE BIOMASA.....4

2.4. BIODIGESTORES.....5

2.5. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.....7

OBJETIVO GENERAL..... 8

OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 8

3. METODOLOGÍA..... 8

4. CRONOGRAMA..... 9

Bibliografía

Lista de tablas

v

<i>Tabla 1. Cronograma. Fuente: Autores</i>	9
---	---

Lista de figuras

Figura 1. Proceso orgánico natural en la formación de metano	2
Figura 2. Fuentes de biomasa Residual.....	4
Figura 3. Animales del sector pecuario generadores de biomasa	5
Figura 4. Clasificación de biodigestores de acuerdo al tipo de flujo. (Autores).....	6
Figura 5. Clasificación de los biodigestores anaerobios de acuerdo a su tecnología.....	6
Figura 6. Comportamiento de gases y lixiviado en un relleno sanitario.....	7

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la década de los 50's, cuando inicia el conflicto armado en Colombia y, que al parecer hoy sigue vigente a pesar de los acuerdos de paz, a las metrópolis siguen llegando desplazados que tienen que huir de su territorio de origen forzados, huyendo de masacres, torturas y violaciones de derechos humanos, en busca de una mejor calidad de vida.

De ésta forma, a la capital colombiana han llegado gran cantidad de personas, más de 530.000 personas provenientes de todas las regiones del país (Red nacional de información, 2018). Pues bien, junto a este fenómeno debe sumarse el exponencial crecimiento demográfico en la ciudad de Bogotá, logrando al día de hoy una cifra estimada de 8'187.047 de personas que habitan dicha ciudad (DANE, 2018). Esto trae a su vez un excesivo volumen de basura (residuos sólidos) generada diariamente, pues en un solo día son arrojadas más de 6300 toneladas de residuos sólidos al relleno sanitario de Doña Juana (ubicado al sur de la ciudad de Bogotá), de las cuales más del 50 % de éstos son orgánicos (UAESP). Pues bien, el espacio del relleno se está agotando y fehacientes estudios sostienen que éste se cubrirá por completo en 4 años (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015).

Diferentes estudios demuestran que el uso de la biomasa para la generación de energía tiene un alto potencial, y se debe principalmente a dos aspectos, la contaminación y la energía, ya que los fósiles tienden a terminarse, y como se expuso anteriormente la contaminación es un factor importante al que debe prestársele atención. De ésta forma se pretende profundizar en el campo de la investigación a través la aplicabilidad, y uso eficiente de los residuos sólidos orgánicos en materia de biomasa que existen en Bogotá.

Se plantea demostrar la aplicabilidad de la generación de biogás para ser utilizado como fuente primaria de energía amigable con el medio ambiente, pues no daña otros ecosistemas ni entornos sociales, a través de la prueba y puesta en marcha del biodigestor anteriormente descrito.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Un poco de historia sobre el metano

El metano es el elemento principal del gas natural, usado por los pueblos chinos y persas miles de años atrás como generador de temperatura. Sin embargo luego de muchos años el hombre se dio cuenta que éste hace parte del ciclo biológico, pues no solo se encuentra en el gas natural fósil sino que se produce constantemente por la fermentación anaeróbica como un proceso natural, denominada gas de los pantanos.

Se presenta en lugares con aguas estancadas, donde se produce de forma natural el gas metano, también se presenta en el tracto digestivo de los rumiantes como los bovinos. Mencionado por los científicos como gas proveniente de la materia orgánica en diferentes textos. (Hilbert, 2017)

En 1776, el científico Alessandro Volta descubrió el Metano como componente principal del gas natural, y logró aislarlo. En 1887 Felix Hoppe-Seyler profesor de química fisiológica de la universidad de Estrasburgo gracias a su conocimiento molecular de procesos biológicos y consideraciones energéticas, planteo que toda transformación bioquímica genera energía que puede ser utilizada por microorganismos para su crecimiento y metabolismo, así obtuvo metano estequiométricamente a partir de lodos residuales en acetato. Observación que también realizó Omelianski en 1886 al reportar estudios sobre fermentación de celulosa, y fermentación de metano con base en dióxido de carbono e hidrogeno, estudios corroborados por Soehngen en 1906.

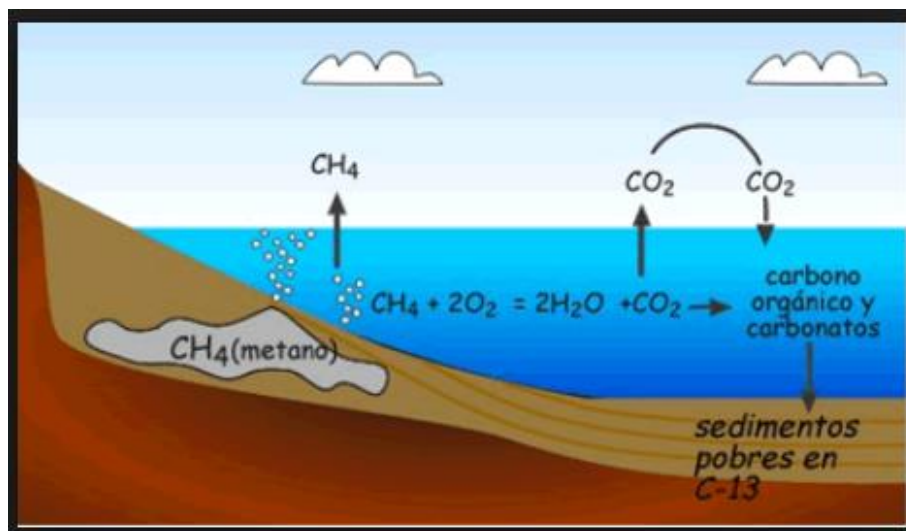


Figura 1. Proceso orgánico natural en la formación de metano (Paz, 2012)

Entre 1804 y 1810 Dalton, Henry y Davy establecen la composición química del metano confirmando que el gas de carbón era muy similar al gas obtenido por Volta – gas de pantano – también demostraron que se podía obtener a partir de la descomposición de heces animales. En 1884 un alumno de Pasteur llamado Gayon obtuvo Metano a partir de la fermentación de residuos de ganado a 35°C. (Fernando Nogués, 2010)

En 1906 se construye la primera planta de tratamiento anaeróbico de aguas residuales en Alemania. En 1913 aparece el primer digester anaerobio con uso de calentamiento. En 1920 Imhoff puso en práctica el primer biodigestor en Alemania.

Hacia 1990 debido a la estabilidad del precio para la formación del biogás y el desarrollo de tecnología se comienza a usar la generación eléctrica. Gracias al avance tecnológico se amplía la investigación en la generación de biogás por medio de diferentes tipos de sustratos. En 1990 se funda la Asociación de Biogás alemana (Fachverband Biogás). Para 1997 en Alemania había más de 400 plantas agrícolas para la generación de biogás.

En el año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la India, y ya en 1896 en Exeter, Inglaterra, las lámparas de alumbrado público eran alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad. Tras las guerras mundiales comienza a difundirse en Europa las llamadas fábricas productoras de biogás cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles de la época. En todo el mundo se difunden los denominados tanques Imhoff para el tratamiento de aguas cloacales colectivas. El gas producido se lo utilizó para el funcionamiento de las propias plantas, en vehículos municipales y en algunas ciudades se lo llegó a inyectar en la red de gas comunal. Durante los años de la segunda guerra mundial comienza la difusión de los biodigestores a nivel rural tanto en Europa como en China e India convirtiéndose líderes en la materia. Esta difusión se ve interrumpida por el fácil acceso a los combustibles fósiles y recién en la crisis energética de la década del 70 se reinicia con gran ímpetu la investigación y extensión en todo el mundo incluyendo la mayoría de los países latinoamericanos. (Hilbert, 2017)

En la actualidad se mantiene la investigación sobre la biomasa como fuente de energía limpia debido a su alto poder calorífico, su uso en la generación de electricidad, calor (co-generación), y la favorabilidad económica. El biogás es un bio-combustible que se acopla al tratado de Kyoto, objetivos europeos en la producción de energía renovable. La innovación, y aplicaciones concretas, además del fácil uso de los subproductos de este proceso. (AGROWASTE.EU, 2013)

2.2. Normatividad en Colombia

De acuerdo a la Unidad de planeamiento minero energético UPME “Con el fin de promover el desarrollo de plantas de generación eléctrica a partir de la biomasa, la Ley 788 de 2002 consagró una exención en el pago del impuesto de renta generada por la venta de energía proveniente de tal fuente, para proyectos que tramiten y vendan certificados de carbono e inviertan el 50% de tales ganancias en obras de beneficio social. Por otra parte, la reciente Ley 1715 de 2014 expandió los beneficios tributarios para las FNCE, entre las que se encuentra la biomasa, con base en lo cual, la UPME proyecta en el Plan de Expansión de Referencia 2014-2028 que se podrían adicionar al parque generador del país 191 MW de biomasa de palma⁹² y 57 MW de caña en el periodo 2015-2020, que se sumarían a los 72,3 MW de biomasa que hoy entregan energía al SIN, o los cerca de 206 MW totales que suministran energía para el autoconsumo de la industria azucarera y excedentes para la venta (UPME, Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050, 2015). En este sentido es fundamental realizar proyectos de investigación que permitan avanzar sobre el conocimiento de fuentes potenciales de energía renovable, sus posibles aplicaciones y condiciones óptimas de aprovechamiento.

2.3. Análisis – Fuentes de Biomasa

En la naturaleza encontramos diferentes fuentes de biomasa, las cuales se aprecian en la siguiente figura:

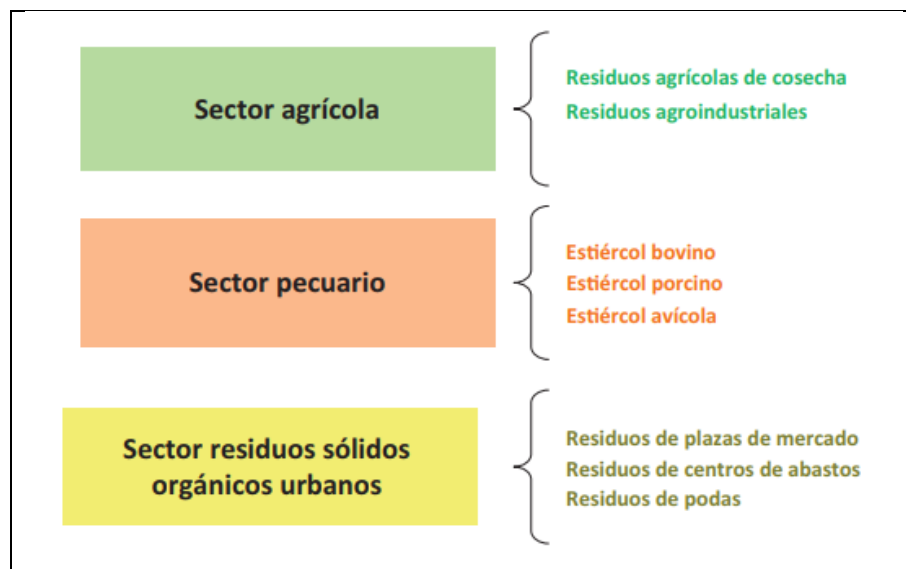


Figura 2. Fuentes de biomasa Residual (UPME, 2010)

Para el desarrollo de este proyecto, se realizará la iniciación del biodigestor mediante el uso de materia orgánica de un animal del sector pecuario, para garantizar su funcionamiento. Luego se pretende usar una combinación apropiada de residuos sólidos orgánicos según la bibliografía consultada. En busca de obtener los mejores resultados en la producción de biogás. Así pues los autores realizarán una profunda consulta para establecer la mejor combinación de materia RSU que se pueden encontrar en una de las plazas principales de Bogotá.

Esta, es una de las razones por las cuales el Atlas del Potencial Energético de Biomasa Residual en Colombia, es una fuente importante para obtener esta información, y así buenos resultados en la generación de Biogás.

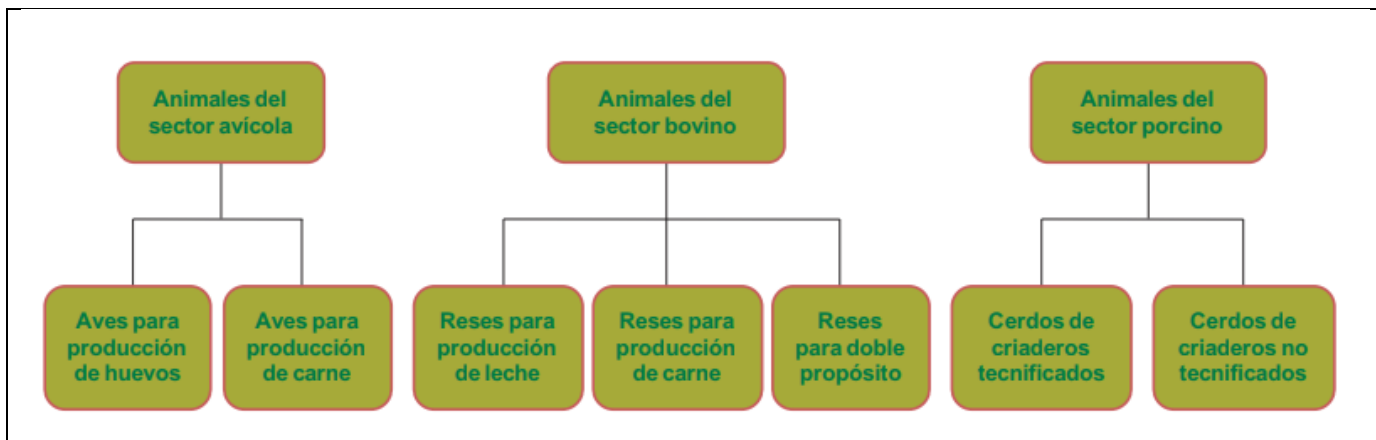


Figura 3. Animales del sector pecuario generadores de biomasa (UPME, 2010)

Durante el desarrollo de éste proyecto se tendrán en consideración los factores ambientales como temperatura, y presión de la ciudad de Bogotá, pues éstos son determinantes para realizar un buen trabajo de investigación, también fundamentales en los resultados que se obtendrán.

2.4. Biodigestores

Llamaremos biodigestor a un recipiente cerrado herméticamente e impermeable. Al colocar un material orgánico con determinadas características, en éste se produce un proceso de fermentación, donde mediante un proceso químico el material orgánico (biomasa), se transforma dando como resultado un conjunto de gases, principalmente metano CH_4 componente principal de biogás; y un residuo que sirve como fertilizante.

Los biodigestores se pueden clasificar de varias formas, entre éstas se destacan según su proceso o nivel de generación.

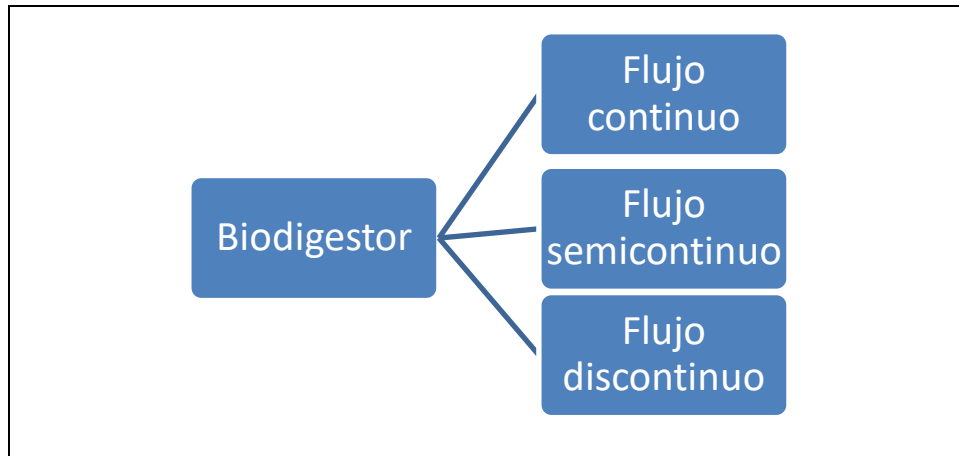


Figura 4. Clasificación de biodigestores de acuerdo al tipo de flujo. (Autores)

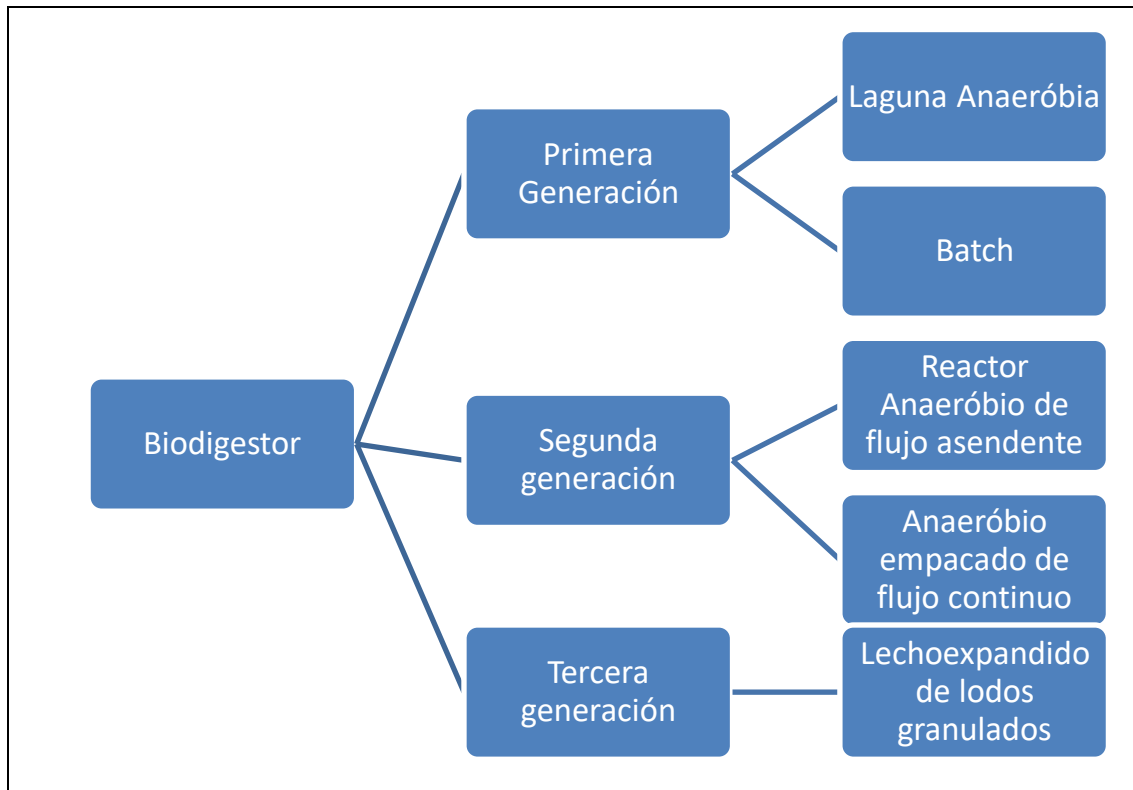


Figura 5. Clasificación de los biodigestores anaerobios de acuerdo a su tecnología. (Upme, 2010)

A partir de las figuras 4 y 5 se tiene una idea de la forma de clasificación de los biodigestores, así pues podemos decir que el biodigestor con el que se trabajará para el desarrollo de éste proyecto es un biodigestor de flujo continuo, de segunda generación marca Puxin de $3,4 \text{ m}^3$, el cual se encuentra en los laboratorios de la universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

2.5. Producción de biogás

Este proceso consta de tres fases, la hidrólisis, acidificación y formación del metano. La hidrólisis, en este momento la materia orgánica se encuentra en un estado inicial donde las estructuras celulares están formadas por largas cadenas de carbohidratos, proteínas y lípidos, que poco a poco se comienzan a descomponer para formar cadenas más cortas.

Acidificación, es aquí donde aparecen las bacterias de fermentación de ácido acético, hidrogeno y bióxido de carbono como resultado del proceso anterior. Este estado se da gracias al oxígeno y carbono presentes en la descomposición de las cadenas celulares.

(Hilbert, 2017). En la Figura 1, se muestra el comportamiento de los gases y el lixiviado a lo largo del tiempo, en el proceso de biodigestión de la biomasa en un relleno sanitario, en donde las fases I y II corresponden a la hidrólisis, la fase III, corresponde a la acidificación, y la fase IV corresponde a la generación de metano (metanogénesis). (Tshovanoglius & Virgil, 1994)

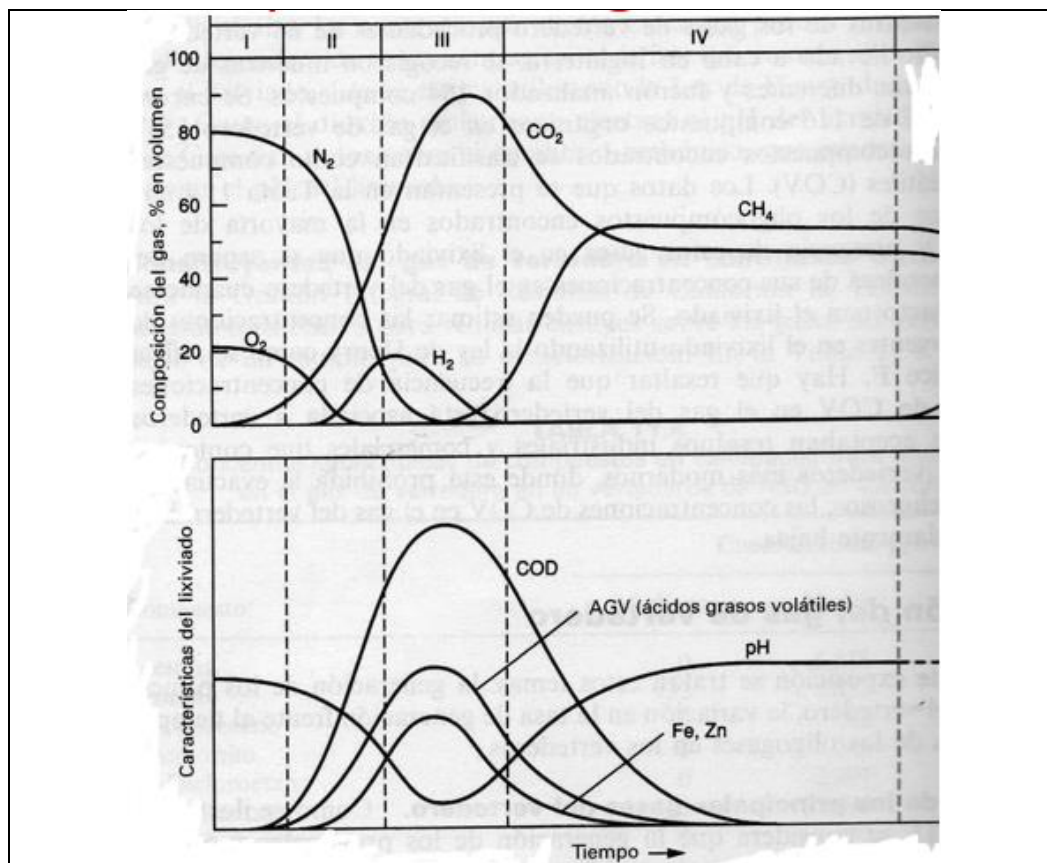


Figura 6. Comportamiento de gases y lixiviado en un relleno sanitario

Objetivo General

Ensamblar, poner a punto, y evaluar energéticamente el biodigestor de 3,4 m³ del laboratorio de energías renovables de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Objetivos Específicos

- ✓ Realizar el ensamble y poner a punto el biodigestor mediante una biomasa de arranque y después con la carga de biomasa seleccionada.
- ✓ Seleccionar una mezcla apropiada de biomasa residual, a partir de la información de producción de biomasa residual en una plaza de mercado de la ciudad de Bogotá, para el cargue posterior del biodigestor.
- ✓ Elaborar un artículo con el informe de la evaluación energética del biodigestor.
- ✓ Evaluar energéticamente el biodigestor.

3. Metodología

El desarrollo de este proyecto se basa paso a paso en la siguiente secuencia:

1. Consultar de fuentes bibliográficas sobre los diferentes tipos de biomasa residual de las plazas de mercado de Bogotá, y biodigestores.
2. Visitar una plaza de mercado de Bogotá para hacer un reconocimiento de la biomasa generada, y clasificarla.
3. Reconocimiento de las piezas y los sistemas del biodigestor de la Universidad Nacional.
4. Ensamble del biodigestor en las instalaciones de los laboratorios de la Universidad Nacional
5. Puesta a punto, y cargue del biodigestor con una biomasa de origen.
6. Escoger la biomasa que brinda mejores resultados en la producción de biogás de acuerdo a los resultados de los puntos 1 y 2.
7. Consecución y aplicación de la biomasa seleccionada en los numerales 1 y 2, en una plaza de mercado de la ciudad.
8. Seguimiento al proceso de generación de biogás mediante la revisión continua, y control de parámetros seleccionados.
9. Redacción de un artículo en base a los resultados de la evaluación energética realizada al biodigestor.

4. Cronograma

Actividades	Semanas																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Consulta de material bibliográfico, libros, fuentes digitales, etc. Sobre biomasa residual en las plazas de Bogotá, y biodigestores.	■	■	■	■	■	■	■	■																				
Visita a una plaza de mercado de la ciudad para hacer reconocimiento de la biomasa residual generada y clasificarla.					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Reconocimiento de las piezas, y sistemas del biodigestor de la universidad Nacional									■	■	■	■																
Ensamble del biodigestor en la Universidad Nacional												■	■	■	■													
Puesta a punto y cargue del biodigestor con una biomasa de origen																■	■	■	■									
Escoger la biomasa que brinda mejores resultados en la producción de biogás de acuerdo a los resultados de los puntos anteriores																			■	■	■							
Consecución y aplicación de la biomasa seleccionada en una plaza de mercado de Bogotá																				■	■	■	■					
Seguimiento al proceso de generación de biogás mediante la revisión continua y control de los parámetros seleccionados.														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Redacción de un artículo en base a los resultados de la evaluación energética realizada al biodigestor.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 1. Cronograma. Fuente: Autores

Bibliografía

- AGROWASTE.EU. (2013). http://www.agrowaste.eu/?page_id=195. Obtenido de <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/DIGESTION-ANAEROBIA.pdf>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (10 de 2015). *Observatorio de salud ambiental*. Recuperado el 15 de 02 de 2018, de http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/INFORMACION%20COMUNIDAD/RSDJ_OSAB_03_11_2015.pdf
- DANE. (15 de 02 de 2018). *DANE Informacion estratégica*. Recuperado el 15 de 02 de 2018, de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
- FAO. (2011). *Elizabeth Bochno Hernandez*. Obtenido de Organizacion de las naciones unidas para la alimentacion y la agricultura: https://www.google.com/url?q=http://www.fao.org/docrep/019/as419s/as419s.pdf&sa=U&ved=0ahUKEwiki-uh4KXZAhUHj1kKHR-OAHsQFggEMAA&client=internal-uds-cse&cx=018170620143701104933:qq82jsfba7w&usg=AOvVaw2MX4TwHzHZl5S82rUZq6_W
- Fernando Nogués, D. G. (2010). *Energía de la Biomasa Energías renovables (Vol. 2)*. Zaragoza, España.
- Hilbert, J. (2017). *Manual de biogas*.
- Lozano, L. A. (2015). *Construcción de un biodigestor escolar para apoyar el desarrollo de actividades Tecnológicas Escolares*.
- Paz, C. d. (2012). *Química / Química inorgánica*. Obtenido de Fullquímica: <http://www.fullquimica.com/2012/09/el-metano.html>
- Red nacional de información. (15 de 02 de 2018). *Registro Unico de Víctimas (RUV)*. Obtenido de <https://rni.unidadvictimas.gov.co/RUV>
- UAESP. (s.f.). *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*.
- UPME. (2010). *Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia*. Colombia, Bogotá D.C. Obtenido de <https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/ATLAS%20POTENCIAL%20ENERGETICO%20BIOMASA%20RESIDUAL%20COL.%20UPME.pdf>

