

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN
LOS HOGARES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL BELLAVISTA, SECTOR
RURAL DEL MUNICIPIO DE GARZÓN, PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS A
PARTIR DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR**

EDWIN DARWIN ARDILA MONDRAGON

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS PARA ESPECIALIZACIONES Y MAESTRIAS
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
MEDELLÍN
2020**

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN
LOS HOGARES DEL CONJUNTO RESIDENCIAL BELLAVISTA, SECTOR
RURAL DEL MUNICIPIO DE GARZÓN, PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGAS A
PARTIR DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR**

EDWIN DARWIN ARDILA MONDRAGÓN

Trabajo de Grado para Optar por el título de **Magister en Ciencias Naturales y
Matemática**

Asesora

ANA KATERINA SANCHEZ PARRA
Magister en Gestión Tecnológica

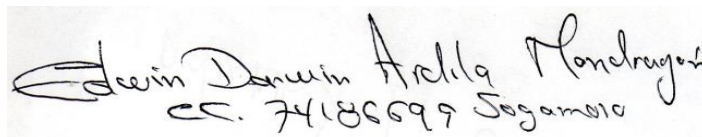
**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS PARA ESPECIALIZACIONES Y MAESTRIAS
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
MEDELLÍN
2020**

Garzón, 25 de Septiembre del 2020

EDWIN DARWIN ARDILA MONDRAGON

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

FIRMA



Edwin Darwin Ardila Mondragon
cc. 74186699 Sogamoso

CONTENIDO

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Energías renovables	13
2.1.1 Solar Fotovoltaica	13
2.1.2 Eólica	14
2.1.3 Hidroeléctrica	16
2.1.4 Biogás	17
2.2 Ubicación Geográfica Municipio de Garzón	20
2.2.1 Ubicación del proyecto	21
3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
4. OBJETIVOS.....	25
4.1 Objetivo General.....	25
4.2 Objetivos Específicos.....	25
5. METODOLOGÍA	26
5.1 Desarrollo de la Propuesta.....	28
5.1.1 Establecer las necesidades del conjunto residencial	28
5.1.2 Características de la propuesta	30
5.1.3 Disponibilidad de recursos para la ejecución	32
5.1.4 Área disponible y terreno para su fabricación	33
5.1.5 Condiciones ambientales y climatológicas de la zona	34
5.1.6 Disponibilidad de la materia prima	35
5.1.7 Factores utilitarios y Diseño del Biodigestor	36
6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	45
7. RESULTADOS ESPERADOS	45
8. BIBLIOGRAFIA	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y costos. Elaboración propia	33
Tabla 2. Cantidad en Kg de Residuos Sólidos Orgánicos producidos por cada unidad residencia según su actividad económica. Elaboración propia.....	35
Tabla 3. Composición química del Biogás. Tomada: BOTERO, Raúl; PRESTON Thomas. (1987)	39
Tabla 4. Valores de porcentajes de Sólidos totales y solidos volátiles Olaya (2006).).....	40
Tabla 5. Biogás producido en función de los sólidos Volátiles. (Olaya 2006).	40
Tabla 6. Consumo de Biogás en la cocina. Recuperado de “La digestión anaerobia. Aspectos teóricos” Acosta, Y., & Abreu, M. (2005).	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de Energía para 2050. IEA 2019. Perspectiva energética internacional (2019).	11
Figura 2. Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica a nivel mundial. IRENA	13
Figura 3. Capacidad instalada de energía solar Fotovoltaica en Colombia IRENA (2019).	14
Figura 4. Capacidad instalada de anergia eólica a nivel mundial. IRENA (2019).....	15
Figura 5. Capacidad Instalada de energía eólica en Colombia. IRENA (2019).....	15
Figura 6. Capacidad de generación de energía hidroeléctrica a Nivel Mundial. IRENA (2019).	16
Figura 7. Capacidad instalada de energía hidroeléctrica en Colombia. IRENA (2019).....	17
Figura 8. Capacidad energética instalada de biogás a nivel mundial. IRENA (2019)	18
Figura 9. Capacidad energética instalada de biogás en Colombia. IRENA (2019).....	19
Figura 10. Ubicación del Municipio de Garzon en el mapa del departamento del Huila. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Mapa_de_Huila_%28subdivisiones%29.svg	20
Figura 11. Fotografía del municipio de Garzón Huila desde el Condominio Bellavista vereda Claros.	21
Figura 12. Ubicación geográfica de conjunto Bellavista en el municipio de Garzon Huila. Recuperado de Google Earth	21
Figura 13. Asentamiento de basuras en las vías secundarias y lotes abandonados del conjunto Bellavista. Imagen Propia.....	28
Figura 14. Desechos Orgánicos producidos por familia dentro de un pozo acondicionado en cada lote	29
Figura 15. Afloramientos de aguas residuales por las vías.....	29
Figura 16. Aguas residuales depositadas en el sector.....	30
Figura 17. Imagen de un biodigestor modelo ya Construido.	30
Figura 18. Esquema de un biodigestor de cámara tubular. Esquema propio	31

Figura 19. Esquema que muestra las Partes Principales y componentes básicos de un biodigestor de cámara tubular. Creación propia.....	31
Figura 20. Ubicación del terreno y área para la ejecución de la propuesta. Google earth y Elaboración propia.....	33
Figura 21. Precipitación anual en el departamento de Huila. IDEAM (2020).Tomado de: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Precipitacion_Anual	34
Figura 22. Radiación Solar en el departamento de Huila. IDEAM (2020). Tomado de: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13	34
Figura 23. Fotografías de residuos orgánicos de Cocina y proceso de recolección. Elaboración propia.....	35
Figura 24. Modelo del biodigestor. Esquema pictórico que representa la idea del autor....	36
Figura 25. Temperatura aplicada al biodigestor Esquema pictórico que representa la idea del autor	36
Figura 26. Esquema que representa la idea del autor para el proceso de recolección de la materia prima.....	37
Figura 27. Proceso de biodigestión. Construcción del autor a partir del proceso de biodigestión de Guzmán (2008).	38
Figura 28. Esquema para el cálculo de radio del biodigestor para una longitud de 5m. Elaboración propia.....	43
Figura 29. Esquema que representa el cálculo de la altura del biodigestor. Elaboración propia	43
Figura 30. Esquema de los depósitos de entrada y salida del biodigestor. Elabracion propia.	43
Figura 31. Esquema de la proyección de biodigestor en el terreno. Elaboración Propia ...	44

RESUMEN

El aumento de la población, la geografía y la falta de inversión en el sector rural son básicamente algunos de los problemas sociales que atrasan continuamente el desarrollo de nuestro país, es posible encontrar comunidades con grandes deficiencias a nivel energético, motivo por el cual los conduce a tomar ineficientemente recursos naturales para solventar sus requerimientos de energía.

Los procesos de adaptación a una vida rural en condiciones dignas obligan a sus habitantes encontrar mecanismos de sostenibilidad en su propio entorno y el aprovechamiento de sus recursos. Este proyecto nace bajo la necesidad de crear mecanismos que permitan aprovechar conocimientos científicos y recursos naturales para la creación de sistemas biodigestores para la obtención de gas metano, teniendo como referencia las experiencias de investigadores en el campo de la transformación química de la materia orgánica.

El diseño del biodigestor se encamina a la búsqueda de soluciones sostenibles para contrarrestar las necesidades energéticas de la comunidad rural, aprovechando los residuos sólidos orgánicos para producir biol y gas metano, productos que pueden ser utilizados en la preparación de sus alimentos y fertilizantes para sus cultivos.

PALABRAS CLAVE: BIODIGESTOR; BIOGAS; SOSTENIBILIDAD.

1. INTRODUCCIÓN

Los requerimientos diarios de energía en las comunidades urbanas y rurales crece proporcionalmente con el aumento de la población, sin embargo, ser habitante del sector urbano, trae mayores beneficios en algunos aspectos como la facilidad de obtener servicios energéticos. Las comunidades rurales no son tan afortunadas en estos casos, a mayor distancia de los centros poblados urbanos crece la diferencia y la dificultad de acceder a este tipo de servicios.

Es el caso de comunidades rurales que por su geografía o distribución de los recursos carecen totalmente de servicios energéticos para abastecer sus necesidades básicas y toman ineficientemente recursos naturales para solventar sus requerimientos de energía, es posible encontrar hogares, en pleno siglo XXI, sin energía eléctrica, pero es muy probable hacerlo sin gas, como mínimo para la preparación de alimentos.

El gas natural, cuyo principal componente es el metano, es uno de los recursos naturales más utilizados hoy en día en la en procesos termodinámicos de obtención de energía, todos ellos fundamentados en un crecimiento social, económico y mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades.

Son muchos los usos que se le pueden dar a este recurso energético, entre ellos, para efectos de esta propuesta, se destaca el consumo doméstico como combustible para la preparación de alimentos, ayudando de esta manera a solventar el mejoramiento de la calidad de las personas que directamente se ven afectadas, tanto en su salud como en su eficiencia laboral por los largos e ineficientes procedimientos para cocinar sus alimentos.

El sector rural es rico en recursos naturales, pero en desventaja frente a la inversión social, y en donde aún no llega energía eléctrica, es un reto para su población encontrar recursos que le permitan mejorar su calidad de vida siendo indispensable hacerlo de forma eficiente y sustentable con el medio ambiente. La educación es el camino y el aprovechamiento de los recursos su opción, conocer, entender y saber que los residuos orgánicos contienen

propiedades químicas que al ser degradados naturalmente, mediante procesos de biodigestión, se puede obtener gas metano puede ser posible solución al problema.

Haciendo base en las principales fuentes de emisión del gas metano, se observa que se ubican en lugares geográficos ricos en combustible fósil, al igual que donde hay grandes cantidades de Biomasa en proceso de descomposición, pero como aporte de la educación y el conocimiento se ha investigado sobre procesos químicos anaeróbicos en los cuales se plantean sistemas alternativos para la producción y uso de gas metano.

El tema de investigación presentado en este estudio corresponde a la formulación de una propuesta ante la comunidad del conjunto residencial Bellavista de la vereda claros del municipio de Garzón Huila, con el propósito de reducir el volumen de contaminantes y aprovechar los residuos sólidos orgánicos y biomasas producidas en el sector, con la construcción de un biodigestor como alternativa para obtención de combustible a bajo costo y contrarrestar la necesidad del uso del gas propano en el salón comunal.

2. MARCO TEÓRICO

La historia de la humanidad ha enmarcado acciones de consumo de recursos naturales insostenibles, las economías son fuertes cuando los procesos de crecimiento saben equitativamente responder a las necesidades energéticas de un país, el equilibrio; indispensable entre el adecuado trato al medio ambiente y el crecimiento económico han sido hoy en día un indicador de la calidad de vida de los habitantes de una sociedad. Hemos entendido que sin un medio ambiente sano y coherente a nuestras necesidades no es posible dejar un futuro a las nuevas generaciones.

Los recursos que son renovables no lo están haciendo a una velocidad mayor a su consumo, por lo que cada día son más los daños ambientales irreparables para el medio ambiente. Desde el auge del desarrollo de la economía global, cuando la ciencia, la tecnología y el conocimiento inician su carrera competitiva a comienzos del siglo XVIII, se lleva a cabo un proceso desmedido de desgaste del medio ambiente, alejándose totalmente de conceptos naturales donde desarrollo económico y el componente ambiental deberían trabajar en igualdad de condiciones para beneficio de la humanidad, solo hasta mediados del siglo XX se comprende la vida como parte del medio natural.

La humanidad crece numéricamente y la necesidad de energía es cada vez mayor, algunas de las energías más utilizadas son limitadas en nuestra naturaleza y muchas veces, el daño al medio es irreparable para conseguirlos. El consumo de Petróleo, carbón, y elementos radiactivos para la puesta en marcha de una sociedad con base en la producción de energía deja marcas muy profundas en la sostenibilidad del medio ambiente

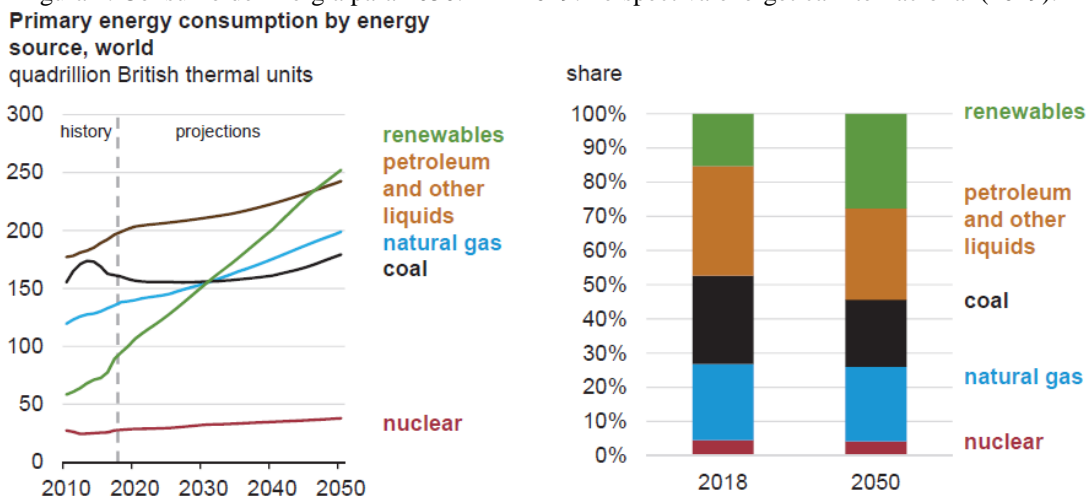
El siglo XX marca la diferencia entre el antes y el después de los problemas energéticos y en 1972 en Estocolmo (Suecia), mediante procesos de reflexión de la humanidad ante los problemas ambientales, se identificó claramente la relación entre medio ambiente y desarrollo económico, teniendo en cuenta los diferentes conflictos y características entre ambos, encontrando como resultado que la problemática era de carácter técnico y que la solución se basaba en plantear alternativas tecnológicas (Pérez, 2002).

El trabajo de los países comprometidos y una sociedad necesitada de cambios en pro de un medio ambiente saludable ajusta en 1992 “La cumbre de la Tierra” en Rio de Janeiro

(Brasil) en donde se reconoció que la problemática entre el medio ambiente afectaba no solo el componente técnico, si no que esta interviene directamente en el componente social y político de cada región, sin mencionar efectos adversos y muy difíciles de corregir a nivel mundial, descritos como el efecto invernadero provocando calentamiento global, el daño a la capa de ozono aumentado el paso de radiación solar a la atmosfera terrestre, la disminución gradual y forzada de la diversidad biológica, así como otros factores de suma importancia (Pérez, 2002). Sin embargo, los cambios son inminentes y el tomar conciencia en una sociedad en cuanto al daño del medio ambiente, asume la existencia de la posibilidad compartir el crecimiento económico y social con el mejoramiento de la calidad de vida ambiental. Sin comprometer las generaciones futuras y sus necesidades.

La demanda y producción de energía a nivel mundial continuará creciendo conforme la población aumenta, los países con mayor cantidad de población serán los llamados a ejecutar rápidamente proyectos de inversión en la producción de energías renovables, los recursos cada vez serán más limitados y el medio ambiente no soportara más la explotación de sus recursos. Según la U.S. Energy Information Administration (eia 2019) en la perspectiva energética internacional del 2019 de los mercados internacionales al 2050 y muestra en la figura 1, que para mediados del siglo XXI la energía renovable se convierte en la principal fuente de energía primaria.

Figura 1. Consumo de Energía para 2050. IEA 2019. Perspectiva energética internacional (2019).



El cambio en el pensamiento global y las necesidades energéticas son el camino al desarrollo de las nuevas formas de energías llamadas renovables, no es posible pensar que

en su totalidad se logre convertir toda la energía en un proceso sostenible de transformación, pero es un paso al posible cambio en el medio ambiente.

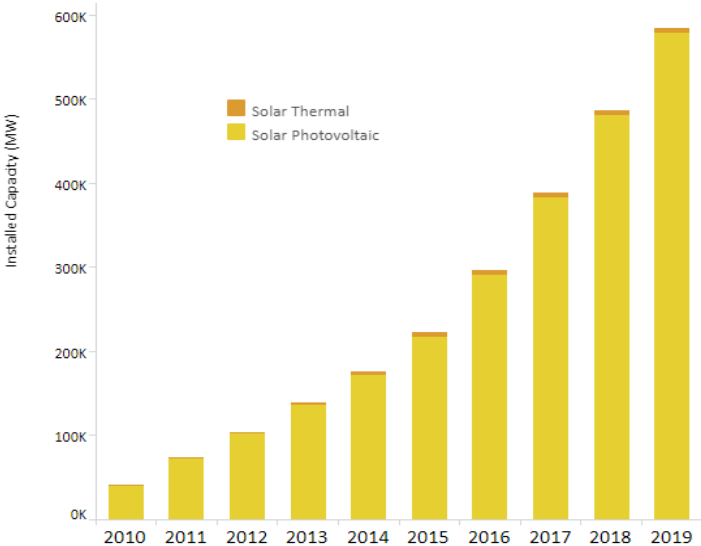
2.1 Energías Renovables

La energía renovable proviene de aquellas fuentes basadas en la utilización y aprovechamiento de recursos naturales que podrían llamarse ilimitados, como el caso del sol, el viento, el agua o la biomasa. También son llamadas energías limpias o energías verdes, pero su principal característica es la baja repercusión sobre el medio ambiente, indiscutible su proceso de transformación energética en la sostenibilidad del medio. Colombia hace parte de un cambio en su reorganización energética, y propone su transformación en la obtención de proyectos más ambiciosos para la producción de energías alternativas, aprovechando su potencial en recursos naturales y su diversidad geográfica.

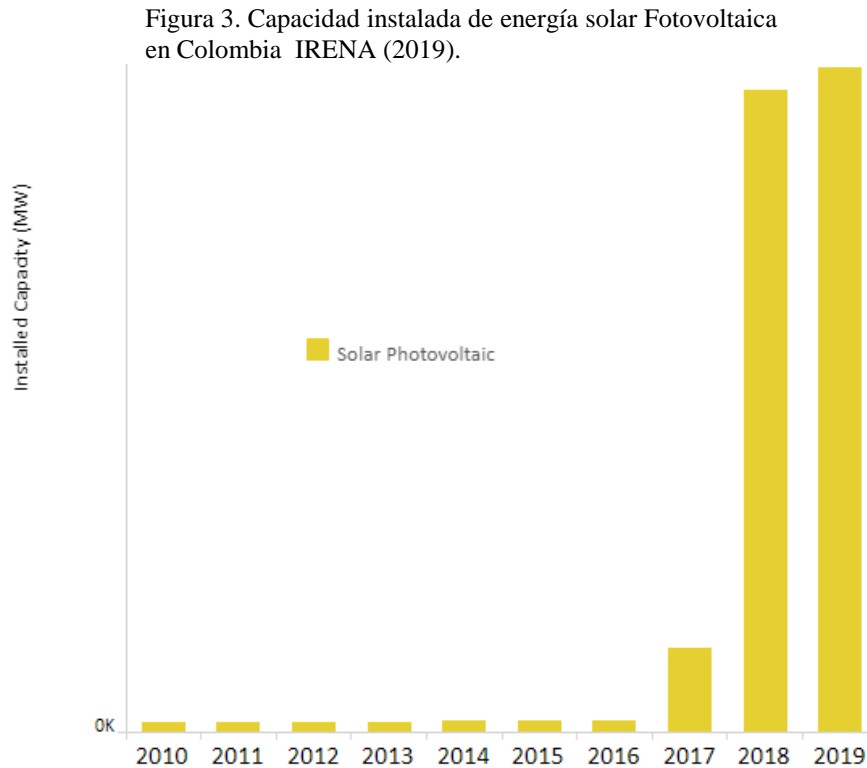
2.1.1 Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables con más avances tecnológicos en el mundo estando después de la energía eólica, según la IEA, 2014 podemos encontrar su desarrollo en un porcentaje de 0,85% y 1%, para la Agencia Internacional De Energías Renovables (IRENA 2019), el mundo en el 2016 tenía una capacidad de carga de 291.079 MW y en 2019 paso a 578.553 MW como se muestra en la figura 2, un crecimiento significativo de proyectos de energía solar fotovoltaica.

Figura2. Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica a nivel mundial. IRENA 2019



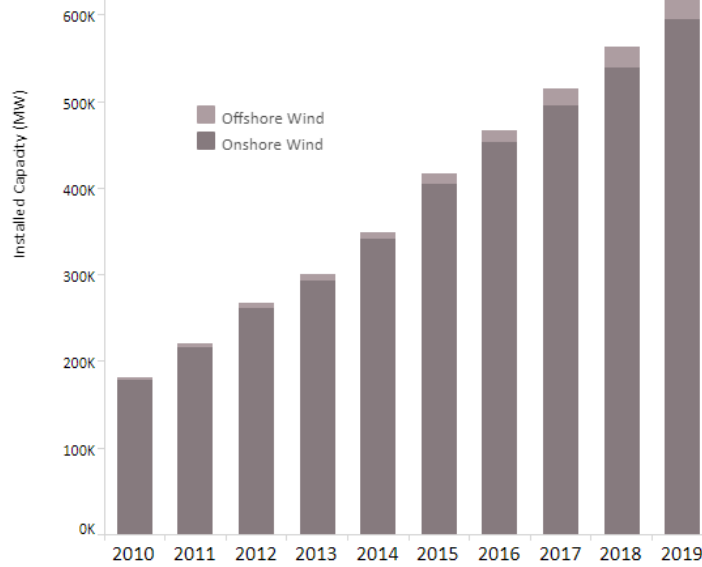
Para el caso de Colombia, según IRENA (2019) a partir del 2016 se presenta inversión de mayor magnitud en energías fotovoltaicas, en 2016 con una participación 11,32 MW, en 2017 con 86,39 MW y en 2019 de 89,52 MW, con el desarrollo de proyectos en la Guajira, Costa Atlántica según la unidad de planeación minero energética UPME Colombia podría elevar su capacidad instalada de energía fotovoltaica en un 55%. Ver figura 3. Capacidad instalada de energía solar Fotovoltaica en Colombia. IRENA (2019).



2.1.2 Eólica

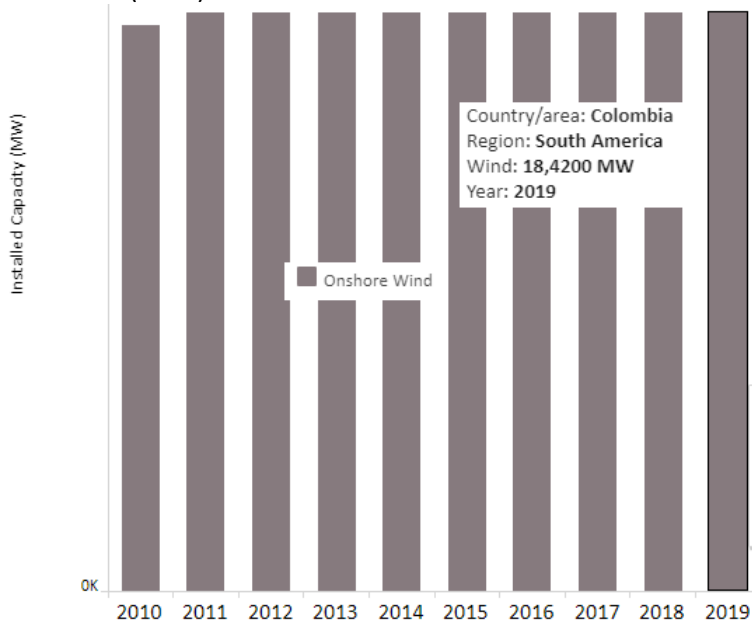
La energía eólica es una de las principales energías renovables utilizadas en el mundo entero, el aprovechamiento de la fuerza del viento se ha convertido en la energía con mayor crecimiento en los últimos años. Según datos de IRENA (2019), la producción de energía eólica en 2016 supuso un 6% de la electricidad generada por renovables pasando de 452.502 MW a 594.253 MW. Ver Figura 4.

Figura 4. Capacidad instalada de anergia eólica a nivel mundial.
IRENA (2019)



En Colombia, según la Unidad de Planeación Minero Energética UPME (2017), actualmente hay instalados 18.42MW de energía eólica en el departamento de la Guajira. Si bien, el recurso eólico del país puede ser mayor, el riesgo de la inversión ha evitado que algunas empresas privadas y extranjeras exploren este tipo de energía. Para el IRENA (2019) Colombia mantiene su capacidad instalada de energía eólica. Ver Figura 5.

Figura 5. Capacidad Instalada de energía eólica en Colombia.
IRENA (2019)

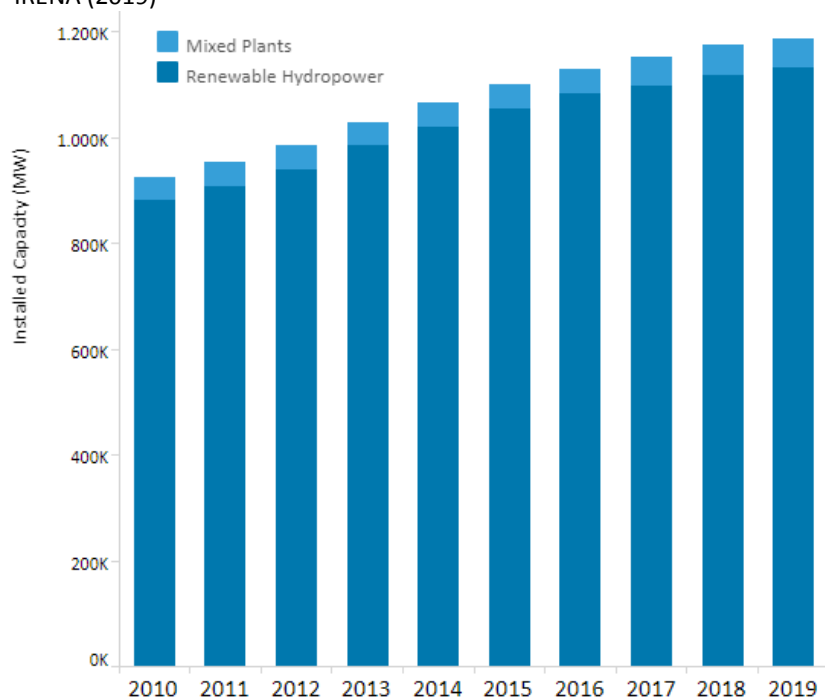


2.1.3 Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es la energía renovable de mayor capacidad instalada a nivel Mundial, en los últimos 5 años su crecimiento es de un 1% anual según IRENA (2019) y para el 2019 representa un valor de 1.130.594 MW de capacidad instalada, los países como China, Estados Unidos, Rusia e India representan la mayor demanda de energía de este tipo, sin embargo, las entidades ambientales manifiestan su preocupación por los daños al medio ambiente por la gran cantidad de fauna y flora que son destruidos con la construcción de los grandes embalses, una opción que manifiestan con el fin de la protección ambiental es la producción a pequeña escala. Sin interferir el flujo de los ríos.

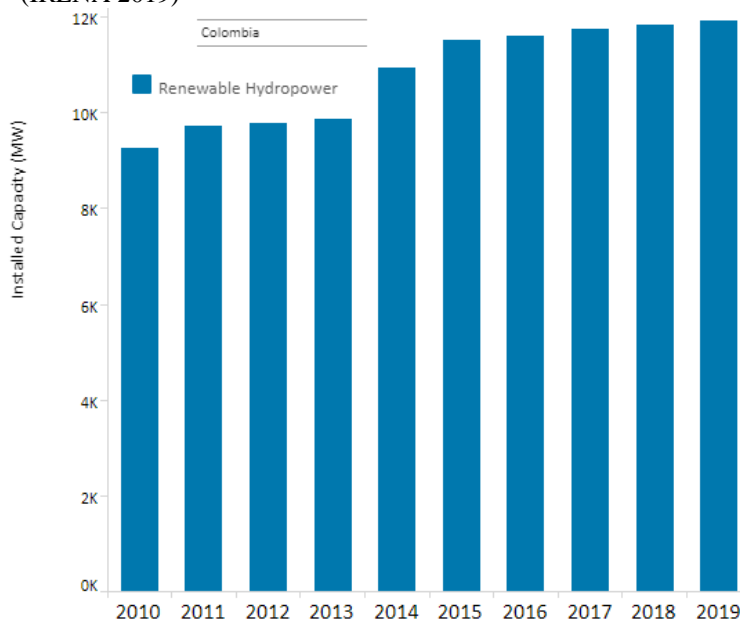
Los países con condiciones geográficas específicas de alto relieve y caudal en los flujos de los ríos, invierten en la construcción de grandes presas de agua para la obtención de energía eléctrica, Países de centro y sur América obtienen más del 50% de su energía a través de este recurso.

Figura 6. Capacidad de generación de energía hidroeléctrica a Nivel Mundial. IRENA (2019)



En Colombia la energía Hidroeléctrica representa más del 68% de la capacidad instalada de energías renovables, sin embargo en los últimos 5 años se ha mantenido en una diferencia de solo 150MW según IRENA (2019).

Figura 7. Capacidad instalada de energía hidroeléctrica en Colombia. (IRENA 2019)



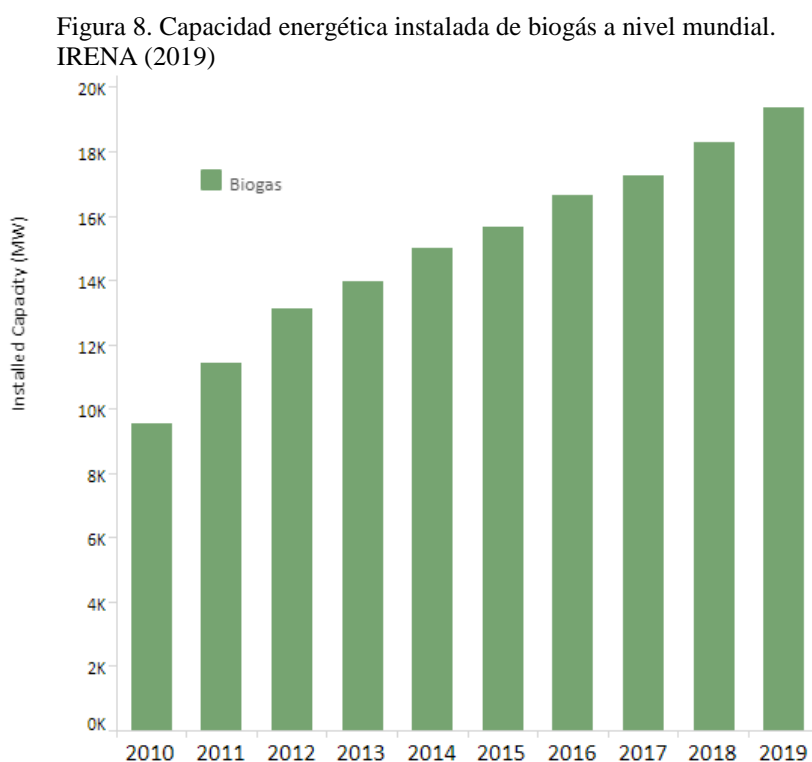
2.1.4 Biogás

Es posible encontrar un mundo de conceptos energéticos basados en la bioenergía, para ello es preciso definirla y clasificarla en dos categorías según la línea del tiempo y la tecnología aplicada; la "tradicional" y la "moderna". Una bioenergía de uso tradicional comprende el proceso químico de combustión de la biomasa en distintas formas tales como madera, derivados de limpieza de bosque y plantaciones, desechos orgánicos, desechos animales, residuos de vegetación y carbón vegetal tradicional.

Con respecto a las tecnologías modernas de bioenergía, se pueden incluir los procesos químicos de la transformación de la materia, en este caso en biocombustibles líquidos, producidos a partir de cultivos energéticos cosechados exclusivamente para la obtención de energía, tales como la caña de azúcar en la producción de etanol y de uso del bagazo para otros procesos termodinámicos, la palma de cera para la obtención de aceite y biodiesel y biogás producido por digestión anaeróbica de residuos al igual que otras tecnologías.

Según la Agencia Internacional de Energías renovables (2016). Aproximadamente las tres cuartas partes del uso de energía renovable en el mundo implica bioenergía, y más de la mitad del mismo consiste en el uso tradicional de biomasa. La bioenergía representó aproximadamente el 10% del consumo total de energía final y el 1,4% de la generación de energía mundial en 2015.

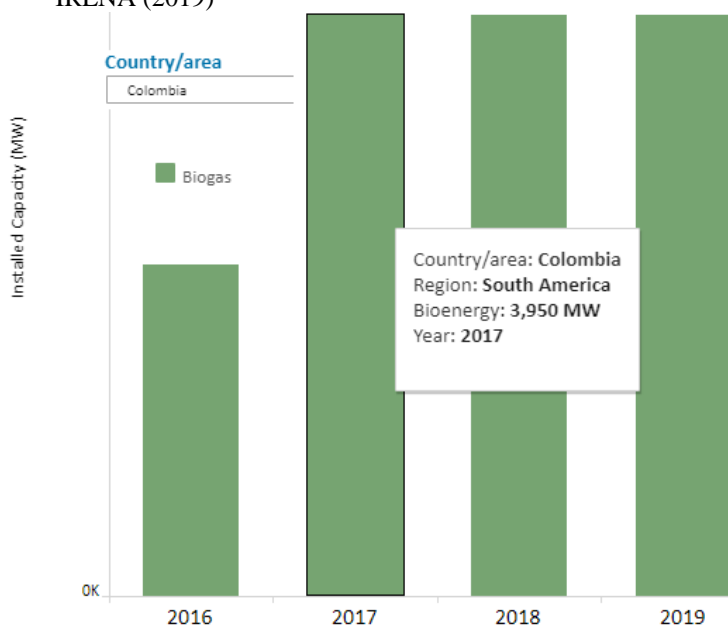
En la última década el crecimiento de la capacidad energética instalada a nivel mundial muestra el interés de la humanidad por aprovechar al máximo los recursos, en este caso la biomasa para convertirla, mediante procesos químicos, en energía a través de la producción de biogás. Según IRENA (2019), en 2010 se contaba con una capacidad instalada de biogás de 9.519 MW y en una década, proporcional al crecimiento de la población, en 2019 se evidencia un crecimiento hasta llegar a 19.381 MW.



Para Colombia la Agencia Internacional de Energías renovables (2016) evidencia en la producción de biogás, un crecimiento entre el 2016 y 2017 de 2,250 MW a 3,950MW para luego mantenerse en la misma producción hasta el año 2019. La producción de Biogás a partir de procesos anaerobios se enfatiza en el cultivo de Palma de Aceite, Caña de Azúcar, ganadería en general. Fedepalma (2014) señala que en Colombia alrededor de 500 mil

hectáreas corresponden al área sembrada en palma de aceite, distribuidas en 122 municipios y 19 departamentos con lo cual hay dos plantas que generan energía, 3 MW a partir del biogás para su propio consumo, son autogeneradores.

Figura 9. Capacidad energética instalada de biogás en Colombia. IRENA (2019)



El procesamiento de la biomasa para la obtención de biogás no solo es a gran escala, los pequeños agricultores y pobladores de las zonas rurales han optado por buscar continuamente soluciones sostenibles para la falta de este tipo de combustible para la obtención de energía ya sea eléctrica o térmica. Son muchos los proyectos presentados a las comunidades rurales de diferentes regiones para la construcción y experimentación de producción de biogás a partir de pequeños biodigestores de materia orgánica, el aprovechamiento de los residuos de animales como la porcínaza, gallínaza, bovinaza, etc.

En el Departamento de Huila se cuentan con proyectos de sostenibilidad ambiental ejecutados por estudiantes del SENA agroindustrial, específicamente el Centro Agroempresarial y de Desarrollo Pecuario del Huila, en la construcción de biodigestores alimentados por estiércol de animales. En los municipios de Pital y Guadalupe son más de 22 familias las beneficiadas en el uso del biogás como combustible para uso doméstico con

la construcción de estos biodigestores, donde su principal materia prima son el estiércol de cerdo y las aguas residuales del beneficio del café.

En las granjas Porcinas, avícolas y ganaderas del sector rural del Municipio de Pitalito, se diseñan biodigestores para el aprovechamiento de los estiércoles de los animales en la producción de biogás, su objetivo es que las granjas sean autogeneradoras de combustible para uso doméstico.

2.2 Ubicación Geográfica Municipio Garzon.

El municipio de Garzon está ubicado en el departamento de Huila, zona centro, se acceso por la ruta nacional terrestre 45, siendo el tercer municipio más poblado y desarrollado del departamento.

Figura 10. Ubicación del Municipio de Garzon en el mapa del departamento del Huila. Recuperado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/Mapa_de_Huila_%28subdivisiones%29.svg



Figura 11. Fotografía del municipio de Garzón Huila desde el Condómino Bellavista vereda Claros



- Extensión área urbana: El municipio de Garzón posee una extensión aproximada de 200 Km²
- Extensión área rural: Posee una extensión aproximada de 380 Km²
- Cuenta con una población de 96.296 habitantes, de los cuales 54.345 habitan en el sector rural de acuerdo con proyección del DANE para año 2019.

2.2.1 Ubicación del Proyecto

Municipio De Garzón, Vereda Claros km 5 vía Zuluaga, Conjunto Residencial Bellavista. 22 Casas habitadas, de ellas 5 restaurantes campestres, 6 hectáreas, 78 habitantes.

Figura 12. Ubicación geográfica de conjunto Bellavista en el municipio de Garzon Huila. Recuperado de Google Earth.



Tomada. Google earth



3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Colombia, al igual que todos los países del mundo, enfrenta el reto de incrementar la producción de alimentos en conjunto al crecimiento de su población, se hace completamente necesario obtener recursos o aprovechar los existentes para brindar una mejor calidad de vida a sus habitantes y prestar un mejor servicio de servicio de energía y de combustibles para satisfacer una creciente demanda, esto según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2005) “tiene como consecuencia acumulación de desechos sólidos y líquidos que pueden causar degradación del suelo y contaminación de las fuentes hídricas si no son manejados adecuadamente”. Conociendo, que pese a la fuerte inversión en obras de reestructuración energética y aprovechamiento de los recursos, en muchas zonas rurales completamente aisladas de este país, aún se emplean fuentes de energía tradicionales que la naturaleza y entorno brindan directamente, es el caso del uso de la madera como combustible básico para la preparación de sus alimentos y calefacción, lo cual contribuye otro sin número de problemas ambientales que van en contra de los procesos de sostenibilidad natural, algunos de ellos directos como la tala de árboles y emisiones de gases efecto invernadero y otros indirectos como daños al sistema respiratorio y a la eficiencia laboral, por tal motivo es indispensable emplear energías alternativas más amigables con el ambiente.

El municipio de Garzon (Huila), específicamente en su sector rural, presenta una expansión demográfica que alienta a la inversión en obras civiles y residenciales que gozan de los beneficios de la clasificación del estrato socio-económico 1 y 2, para efectos económicos en el consumo de energía eléctrica, lo que lo hace un sector propiamente utilizado para la construcción de casas campestres o de descanso, así como fincas con servicio de hospedaje, restaurantes y zonas de recreación al aire libre.

El Municipio, ha visto en sus últimos 5 años según el plan de desarrollo rural 2015-2018, un crecimiento del 25% en la solicitud de licencias de construcción en el sector rural de no más de 6 km de distancia al casco urbano, específicamente en fincas convertidas en lotes y propiedad horizontal, sin embargo, el informe hace claridad que solo un 50% de las construcciones tiene licencia urbanística.

Los conjuntos residenciales campestres o condominios, son un motivo de crecimiento e inversión para el municipio, pero en gran parte, no se construyen respetando las condiciones sanitarias y la normatividad del manejo de aguas residuales y desechos orgánicos e inorgánicos, por tal razón, de no contar con la prestación de un servicio de recolección de basuras y alcantarillado estos sectores, se convierten en foco de contaminación del medio ambiente, suelos, aire y aguas afluentes de consumo humano y animal aledaños. El crecimiento habitacional aumenta con frecuencia en porcentajes que son susceptibles a cambios en el medio ambiente propio del sector.

Esta agrupación de población en sectores carentes de dichos servicios, obliga a la ejecución de proyectos de iniciativa propia para el control de los cambios ambientales que se producen con el inadecuado manejo de las basuras, aguas residuales y como daño colateral la tala de árboles para la potrerización y urbanización del sector.

Es tal el punto de contaminación por aguas residuales y basuras que la Secretaria de salud municipal emite alertas de presencia de vectores que producen enfermedades virales como el dengue. Algunos de estos asentamientos se presentan casos de estas enfermedades con frecuencia y problemas pulmonares con los olores que este tipo de problemática genera en su inadecuado manejo.

La clasificación de las basuras, el manejo adecuado de las aguas residuales y la sana convivencia con el medio ambiente es un propósito que bajo capacitación, conocimiento y educación puede dar solución a algunos de estos problemas de salubridad y contaminación ambiental.

La propuesta enfatiza en el aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de la construcción de un biodigestor o reactor de biodigestión técnicamente hablando que según Roncayo Moreno (2017) se le define como un dispositivo que permite desarrollar de forma controlada el proceso de descomposición de la materia prima, de esta forma el gas producido queda confinado en su interior hasta que es liberado para su uso.

Los recursos empleados como materia prima para la generación del biogás en este proyecto representan un alto aprovechamiento de los residuos orgánicos resultantes de la actividad

del hogar en la preparación de alimentos, básicamente antes y después del proceso de cocción.

El gas (biogás) generado por este proceso químico tiene los mismos usos que el gas metano de origen fósil, en los diferentes sistemas energéticos, por lo tanto, puede utilizarse para combustión directa en procesamiento de cocción y preparación de alimentos, como lo es el caso de este proyecto.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Proponer ante la comunidad del conjunto residencial bellavista de la vereda claros del municipio de garzon Huila, reducir el volumen de contaminantes y aprovechar los residuos sólidos orgánicos producidos en el sector, con la construcción de un biodigestor como alternativa para obtención de biogás como combustible a bajo costo para contrarrestar la necesidad del uso del gas propano en el salón comunal.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de desechos sólidos orgánicos por unidad residencial y su clasificación para propósitos de la propuesta.
- Realizar los cálculos y diseños del biodigestor necesario para la obtención eficiente y óptima de biogás como fuente de energía.
- Establecer la relación costo beneficio de la construcción y uso del biodigestor en el proceso de la transformación y obtención del biogás.
- Presentar la propuesta en reunión extraordinaria a la comunidad del conjunto bellavista en parámetros y protocolos de bioseguridad para su aprobación.

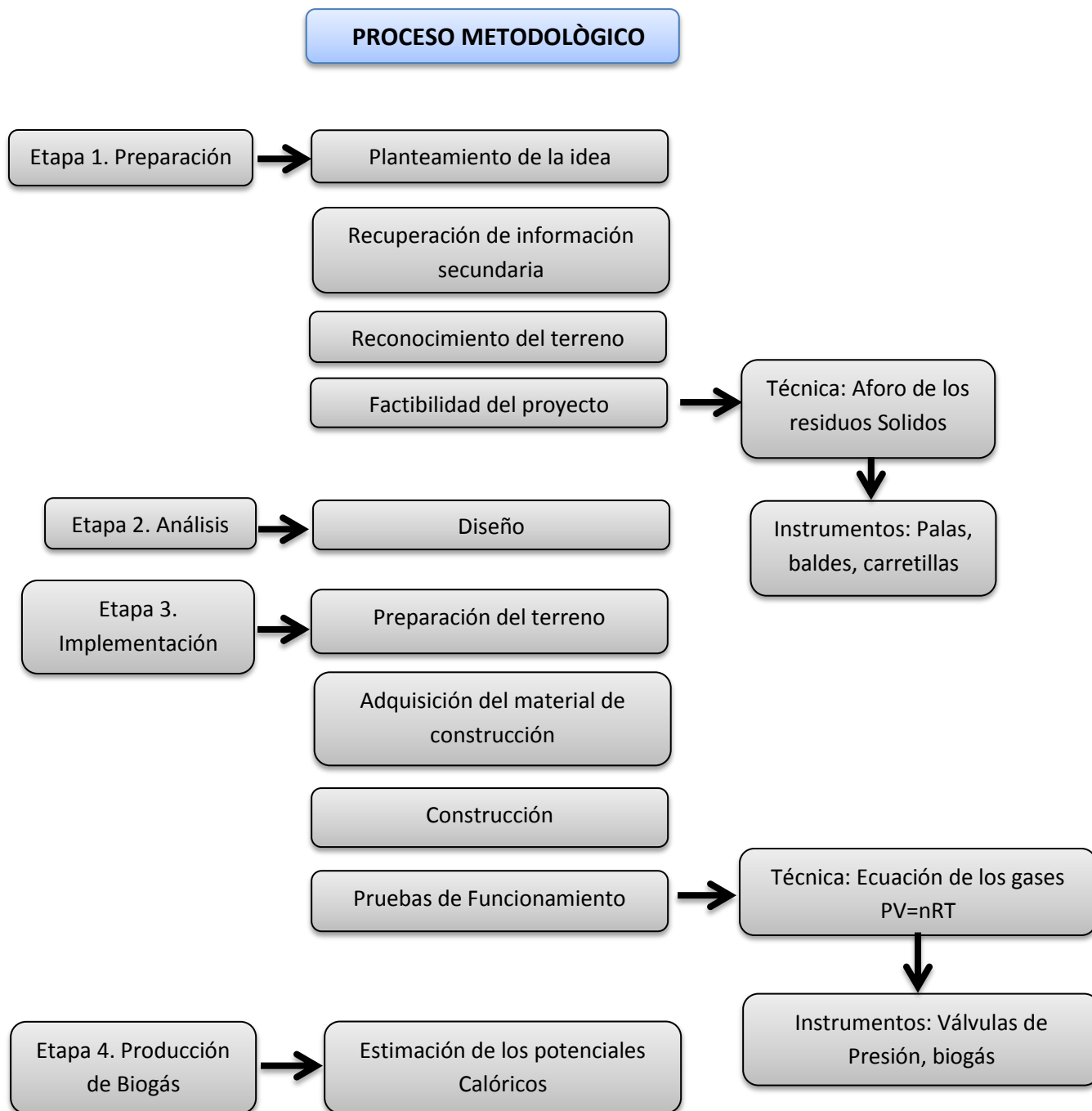
5. METODOLOGÍA

El desarrollo y la ejecución de la propuesta basada en la problemática formulada se hará bajo las características de una metodología integradora del conocimiento y la acción, una Investigación con Acción Participativa, donde el aspecto fundamental que diferencia ésta metodología de Investigación de otras formas de intervención social es que promueve a que las personas afectadas por los problemas participen, tanto en su definición como en su solución, a través de la acción social organizada. En palabras de Colmenares (2012) “ Presenta unas características particulares bajo el enfoque cualitativo; entre ellas, la manera como se percibe el objeto de estudio, las intencionalidades o propósitos, el accionar de los actores sociales involucrados, los diversos procedimientos desarrollados y los logros que se alcanzan”.

Durante el proceso de recopilación de información, se analizó el contexto del país, la región y más específicamente las problemáticas presentadas con el medio ambiente y sus repercusiones a nivel social del sector rural del Municipio de Garzon (Huila) en el condominio bellavista; posiblemente referido a la intervención del hombre en la construcción de viviendas en los predios aledaños al municipio sin contar con procesos de licencias ambientales de construcción y manejo adecuado de residuos sólidos y aguas residuales

A continuación se definió la importancia de las energías renovables en el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad del condominio, tomando como ejemplo puntualmente los procesos desarrollados con biodigestores en la región, instalados en el Municipio de Pitalito con el aprovechamiento del estiércol de ganado en haciendas ganaderas; finalmente se procedió con la revisión bibliográfica, la observación y la entrevista informal con habitantes del condominio y detalles geológicos de su ubicación, al igual, que la consulta con profesionales sobre los mecanismos de acción, diseño y ejecución de este tipo de proyectos con biodigestores.

Basado en las experiencias y el interés propio por comprender acerca del problema de investigación, se definió la zona rural del Municipio de Garzon (Huila) específicamente, conjunto residencial Bellavista Vereda Claros como parte del objeto de estudio.



5.1 Desarrollo de la propuesta.

5.1.1 Establecer las necesidades del conjunto residencial.

Mediante la observación directa, en la comunidad del conjunto residencial Bellavista, también llamado Condominio Bellavista se presentan las siguientes situaciones.

- No se cuenta con alcantarillado ni manejo adecuado de aguas residuales en pozos sépticos en 17 de las 22 casas.
- No se realiza recolección de basuras por parte de las empresas públicas municipales y los residentes del sector no clasifican la basura, convirtiéndose en foco de contaminación al dejarla en los sectores llamados “sociales” del condominio.
- Afloramientos de aguas residuales en algunos puntos de la vía principal del conjunto.
- Residuos orgánicos y desechos de comida a la intemperie produciendo proliferación de moscas, contaminación y malos olores.
- Animales domésticos por todo el sector sin control (perros, vacas, caballos).

Figura 13. Asentamiento de basuras en las vías secundarias y lotes abandonados del conjunto Bellavista. Imagen Propia



Figura 14. Desechos Orgánicos producidos por familia dentro de un pozo acondicionado en cada lote



Figura 15. Afloramientos de aguas residuales por las vías.



Figura 16. Aguas residuales depositadas en el sector



5.1.2 Características de la propuesta.

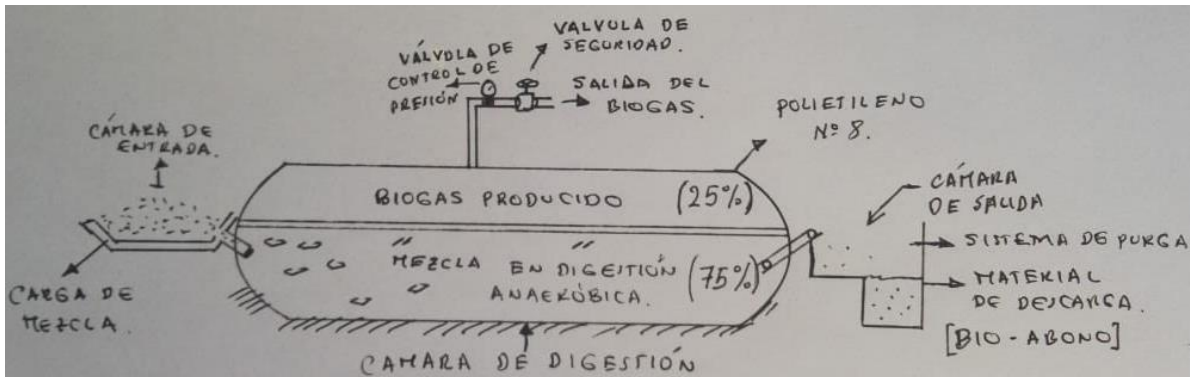
Figura 17. Imagen de un biodigestor modelo ya Construido. Recuperado de: <https://iresiduo.com/sites/default/files/styles/thumbnail-830x455/public/biogás-desechos-organicos.jpg?itok=acIlg0DAT>



Las posibilidades del proyecto están enmarcadas en la necesidad del mismo, Los biodigestores conocidos también como plantas (productoras o de producción) de biogás, son recintos o tanques cerrados donde la materia orgánica y el agua residual permanecen un periodo de tiempo para lograr su descomposición produciendo biogás y bioabono (Pedraza 2002), El biodigestor funciona como un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que habitan en el material vegetativo, residuos orgánicos, lodos, entre otros, para transformarlos en biogás y fertilizante.

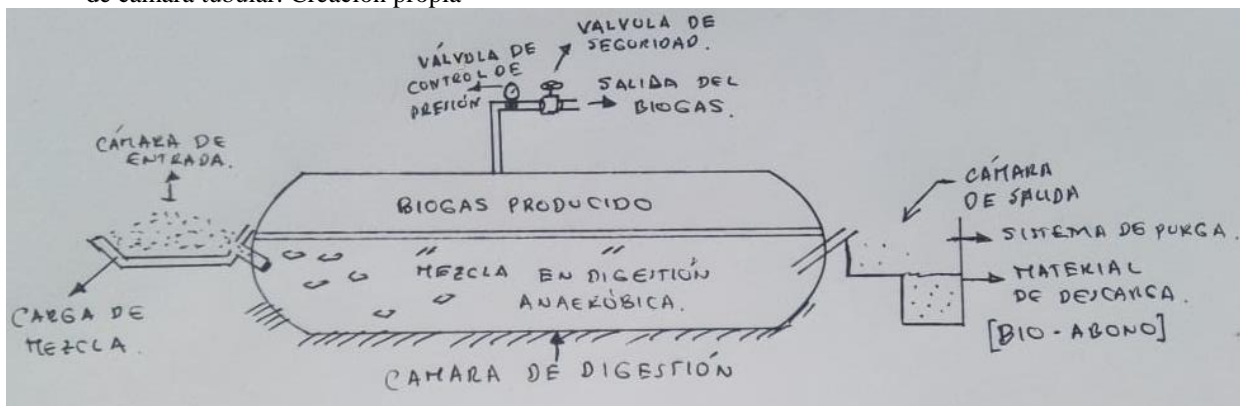
La propuesta plantea un biodigestor de balón, que se compone de un tubular en material plástico en este caso polietileno No. 8, completamente sellado, la entrada y la salida están sujetas directamente a las paredes de la planta, con una cámara de entrada y de salida que hace fluir la mezcla orgánica por efecto de la gravedad. Se muestra un esquema de esta tipología.

Figura 18. Esquema de un biodigestor de cámara tubular. Esquema propio.



La parte inferior del biodigestor, en un 75% del volumen constituye la masa de fermentación o la mezcla en digestión, y en la parte superior, el 25% restante, se almacena el biogás producido. Este tipo de planta se recomienda para aquellos sitios donde predominan las temperaturas constantes y preferiblemente por encima de los 18 grados Celsius (Vargas 1992). Para su correcto funcionamiento, debe estar a una temperatura controlada, en este caso según el clima entre 18 y 25 grados Celsius debe ser cargado con periodicidad diaria con la materia orgánica fresca mezclada con agua.

Figura 19. Esquema que muestra las Partes Principales y componentes básicos de un biodigestor de cámara tubular. Creación propia



Cámara de digestión (tanque o tubo plástico): Es donde se produce la descomposición de la materia prima, puede estar construido con diferentes materiales, algunos de ellos flexibles, como las bolsas plásticas tubulares, y otros de tipo fijo como cemento o tanques plásticos. Su tamaño y volumen, se relaciona con la cantidad de biogás que podemos obtener y almacenar; así como la materia prima que necesitamos para alimentarlo.

Cámara de entrada o sistema de alimentación: Es un dispositivo por el cual ingresa el material que se va a emplear durante el proceso, impidiendo el escape del biogás. De ser necesario deberá permitir que la materia orgánica sea triturada antes de ser procesada, y si está muy seca, se tendrá que agregar agua.

Válvulas control de presión: Permite conocer en todo momento cuál es la acumulación de gases en el interior del tanque, y liberarla en caso necesario. En los biodigestores domésticos, el sistema de control puede ser un manómetro y una válvula manual para emergencias.

Válvula de seguridad: Es una medida de control adicional. Permite soltar los gases de forma automática cuando el usuario no está vigilando, y se diseña para activarse al alcanzar una presión máxima.

Sistema de salida de gas: Consta de una válvula de control que permite regular el caudal del biogás que sale.

Sistema de purga: este mecanismo facilita la extracción de los restos del material digerido, los cuales se acumulan en forma de lodo, y contienen los nutrientes de la materia prima original, permitiendo que se pueda utilizar como fertilizante.

5.1.3 Disponibilidad de recursos para la ejecución

Para la disponibilidad de los recursos económicos , el costo total del proyecto se divide en la cantidad de unidades residenciales existentes en el Condominio equivalentes a 22.

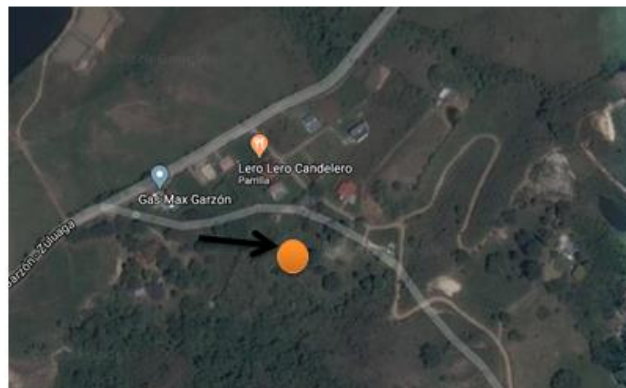
Tabla 1. Materiales y costos. Elaboración propia

MATERIALES	VALOR
Plástico de polietileno calibre 8. 120m ²	\$ 900.000
Válvulas 3/4	\$ 42.000
TUBERIA PVC 4" 6m	\$ 280.000
Manguera presión gas 3/8	\$ 310.000
Reguladores	\$72.000
Mano de Obra	\$ 910.000
Accesorios PVC	\$ 140.000
Material de mampostería	\$1000000
TOTAL	\$3.654.000

5.1.4 Área disponible y terreno para su fabricación.

Terreno de 625m²

Figura 20. Ubicación del terreno y área para la ejecución de la propuesta. Google earth y elaboración propia.



5.1.5 Condiciones ambientales y climatológicas de la zona.

Figura 21. Precipitación anual en el departamento de Huila. IDEAM (2020).
Tomado de: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Precipitacion_Anual

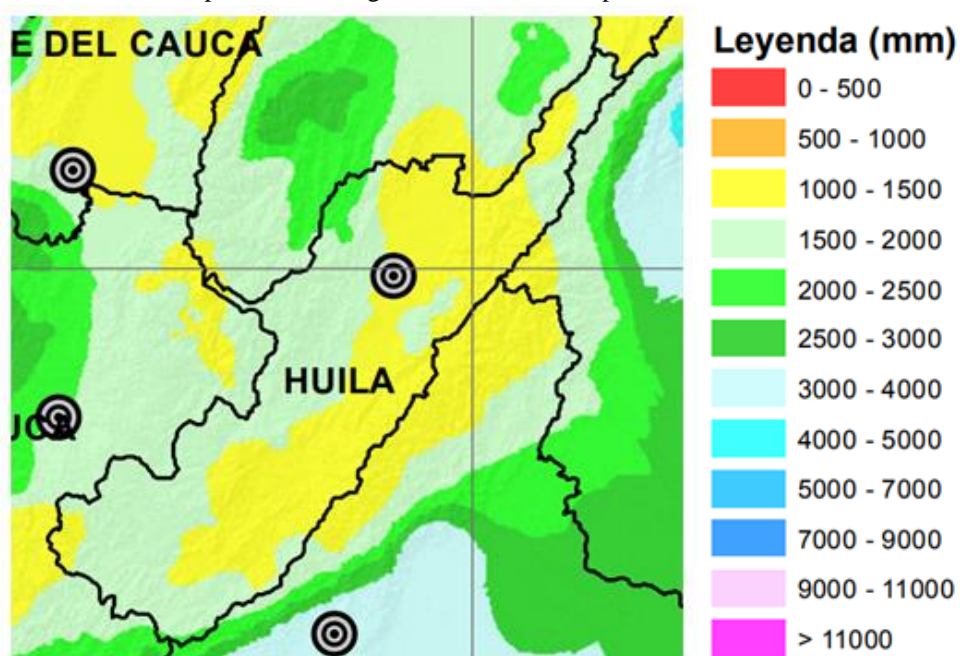
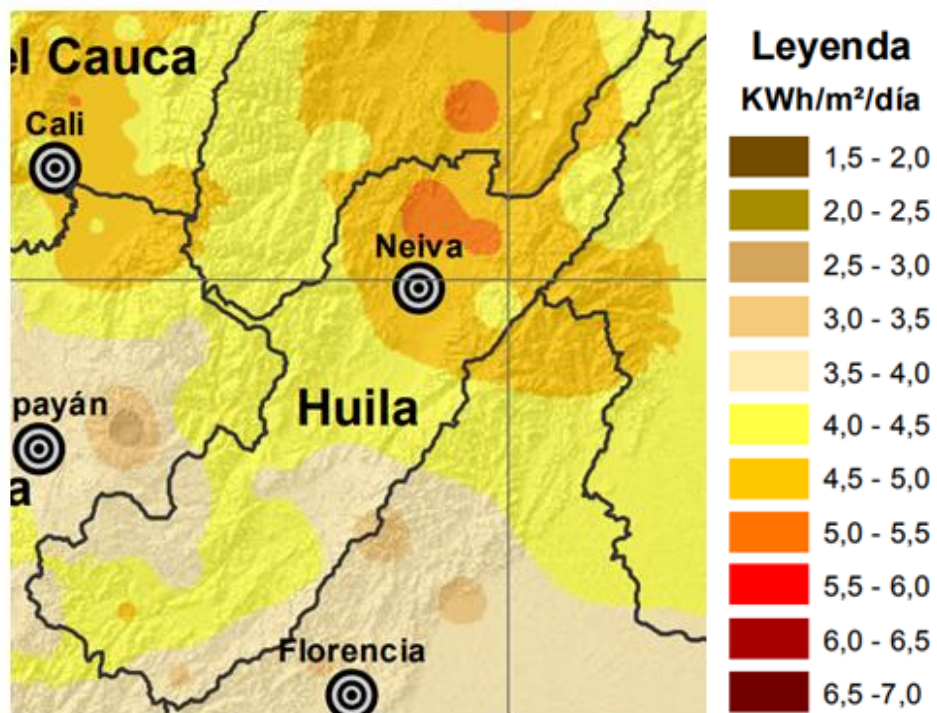


Figura 22. Radiación Solar en el departamento de Huila. IDEAM (2020).
Tomado de: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13>



5.1.6 Disponibilidad de la materia prima

Figura 23. Fotografías de residuos orgánicos de Cocina y proceso de recolección. Elaboración propia.



Tabla 2. Cantidad en Kg de Residuos Sólidos Orgánicos producidos por cada unidad residencial según su actividad económica. Elaboración propia.

CONJUNTO RESIDENCIAL BELLAVISTA

UNIDAD RESIDENCIAL	ACTIVIDAD ECONÓMICA	RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (Kg)/DIA
1	HOGAR	4
2	RESTAURANTE	12
3	HOGAR	3
4	RESTAURANTE	16
5	HOGAR	4
6	HOGAR	3
7	RESTAURANTE	14
8	HOGAR	6
9	HOGAR	5
10	HOGAR	3
11	HOGAR	5
12	RESTAURANTE	14
13	HOGAR	4
14	HOGAR	5
15	HOGAR	4
16	HOGAR	6
17	RESTAURANTE	15
18	HOGAR	5
19	HOGAR	4
20	HOGAR	3
21	HOGAR	6
22	HOGAR	5
	TOTAL	146

5.1.7 Factores utilitarios y Diseño del Biodigestor.

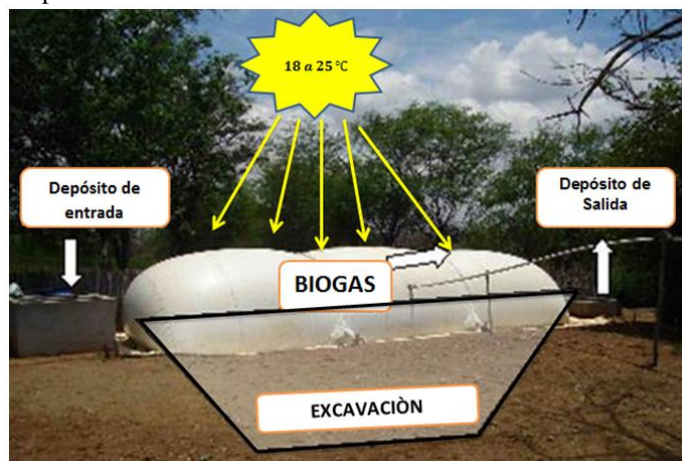
Tipo de Modelo: El modelo deberá ser semienterrado o superficial para que el cuerpo del biodigestor sea visible, el propósito de este diseño es el control visual y seguimiento del proceso. En la propuesta éste corresponde a un biodigestor tubular en geo-membrana, o en polietileno según su capacidad, el funcionamiento es el mismo pero varían sus costos, calidad y duración. Como ventajas adicionales de este tipo de geo-membrana es que es bajo costo; estructura flexible; fácil construcción, instalación y con un mínimo mantenimiento.

Figura 24. Modelo del biodigestor. Esquema pictórico que representa la idea del autor.



Temperatura y tiempo de retención: El tiempo de retención deberá ser de 15 a 40 días para la producción del gas, dado que la temperatura ambiente del sitio varía entre los 18 a 25°C, se recomienda un tiempo de 28 días.

Figura 25. Temperatura aplicada al biodigestor Esquema pictórico que representa la idea del autor.



Proceso de recolección: El proceso de recolección de la materia orgánica debe realizarse manualmente en cada uno de los hogares, para transportarlo se puede utilizar utilizando carretillas, lo cual permite disminuir esfuerzo en el transporte teniendo en cuenta la cercanía del biodigestor (no mayor a 100m de cada a la unidad residencial más lejana). La cámara de recolección debe cargarse una vez al día con este material.

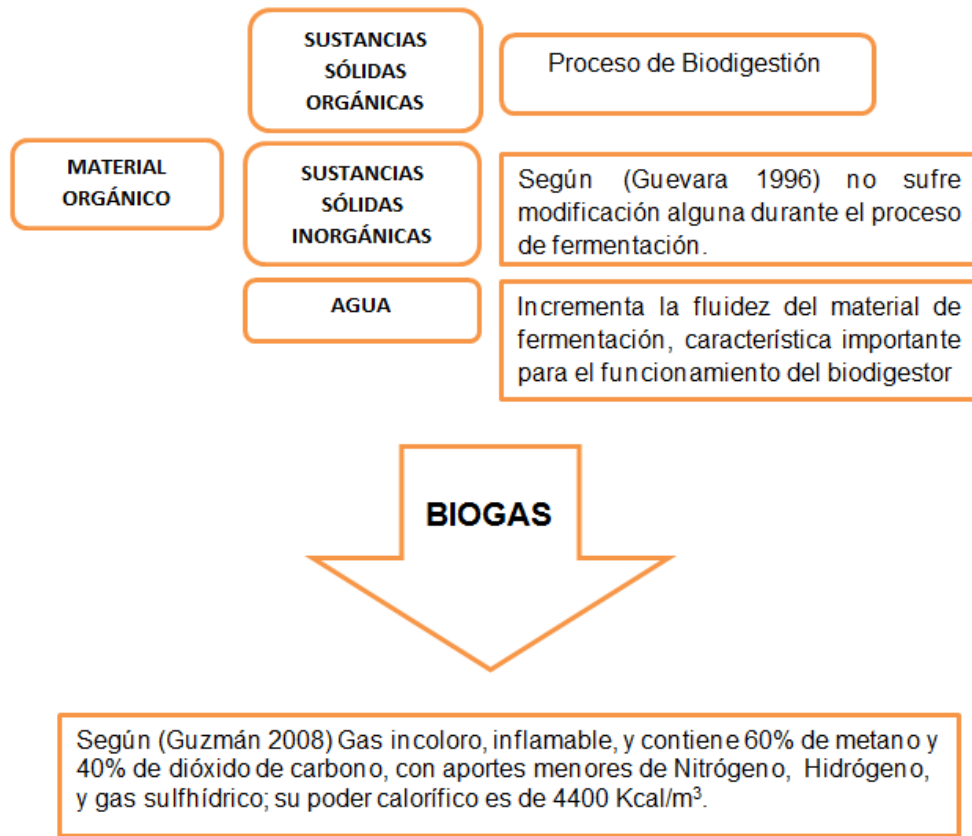
Figura 26. Esquema que representa la idea del autor para el proceso de recolección de la materia prima.



Proceso de biodigestión: Una forma sostenible de aprovechar los residuos orgánicos y también la biomasa, es a partir de la fermentación anaeróbica, esta se define como un proceso denominado naturalmente digestión anaeróbica, en el cual se puede convertir la materia orgánica en metano (CH_4) y otros gases, y cuya producción de la cantidad de gases emitidos depende del volumen y del tipo de materia adicionada al proceso, así como las condiciones psicométricas del aire en el interior del biodigestor. Para Guzmán (2008) se ha podido establecer que usando materia orgánica altamente biodegradable se obtiene 0.5 m^3 de gas por Kg de masa, con un 70% de Metano.

El proceso químico que se lleva a cabo sucede cuando las bacterias fermentan el material orgánico que incorporamos al proceso, todo en ausencia de aire (por eso se denomina, fermentación anaeróbica) y como resultado del proceso obtenemos biogás.

Figura 27. Proceso de biodigestión. Construcción del autor a partir del proceso de biodigestión de Guzmán (2008).



El proceso de digestión será con fermentación semicontinúa dado que la alimentación del material orgánico es constante (diariamente) el cual se introduce materia orgánica como desechos vegetales y frutales en una proporción de 1:1, uno de residuos uno de agua. Para Olaya (2006) la mezcla de agua calculada para el diseño de un Biodigestor se basa en un 16% de la masa diaria de residuos sólidos con un 8% del solido total. El sólido total está definido como la suma del total de los residuos sólidos diarios y la cantidad de mezcla de agua.

Estos cálculos son mostrados a continuación:

- Residuos sólidos diarios: 146kg

$$Trs = 0.16 * Trsd$$

Trs: Total aprovechamiento residuos sólidos

Trsd: Total de residuos sólidos diarios

$$Trs = 0.16 * Trsd$$

$$Trs = 0.16 * 146kg = 23,36kg$$

$$\frac{Trs}{(Trsd + Ma)} = \frac{8}{100} \quad \text{siendo } Ma \text{ la masa de agua requerida para la mezcla.}$$

$$\frac{23,36kg}{(146kg/dia + Ma)} = 0.08$$

$$Ma = 146kg/dia$$

Relación 146Kg de residuos orgánicos a 146kg de agua. (1:1)

A partir de ahí se genera un ambiente biológico activo, que bajo el proceso químico de fermentación anaerobia por acción de microorganismos, se logra la producción de gas metano (biogás), además de líquidos lixiviados (Biol) que pueden y serán utilizados como fertilizantes. Una vez que se mezclan los residuos con el agua, el calor al interior del contenedor genera gases y las bacterias metanogénicas actúan. A partir de eso y dependiendo del clima, de 15 a 40 días se puede aprovechar el biogás. Según Olaya (2006) con una temperatura de 20 a 30 grados sin sombra se puede lograr un tiempo de retención en el proceso anaerobio de 20 con un factor de corrección de 1.4.

$$Tiempo \text{ de retención ideal} = 20días * 1.4$$

$$Tiempo \text{ de retención ideal} = 28 \text{ días}$$

Los productos obtenidos de este proceso son el gas (biogás) y el fertilizante orgánico. El biogás contiene otros gases en su composición como son dióxido de carbono (20-40%), nitrógeno molecular (2-3%) y sulfhídrico (0,5-2%), siendo el metano el más abundante con un 60-80%. En la Tabla 3 se puede observar la composición química del Biogás.

Tabla 3. Composición química del Biogás. Tomada: BOTERO, Raúl; PRESTON Thomas. (1987)

COMPONENTES	FÓRMULA QUÍMICA	PORCENTAJES
Metano	CH ₄	60-70
Gas Carbónico	CO ₂	30-40
Hidrógeno	H ₂	1.0
Nitrógeno	N ₂	0.5
Monóxido de Carbono	CO	0.1
Oxígeno	O ₂	0.1
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	0.1

Cámara de fermentación: Según Olaya (2006) el diseño propio del Biodigestor, requiere de los siguientes pasos:

- Posible carga orgánica (biomasa).
- Cantidad de mezcla de agua (Ma).
- Determinación del tiempo de retención (Tr).
- Determinación de las dimensiones del biodigestor.

Y para efectos de su construcción se debe:

1. Calcular la producción de biogás.

Tabla 4. Valores de porcentajes de Sólidos totales y solidos volátiles Olaya (2006).

Material (residuos secos)	% Humedad (H)	% Sólidos totales (%ST)	% Nitrógeno (N)	% Carbono (C)	% Sólidos volátiles (%SV)	C/N
Gallinaza	65.0	35.0	6.3	94.5	65.0	15.0
Bovinaza	86.0	14.0	1.7	30.8	80.0	18.0
Porquinaza	87.0	13.0	3.8	76.0	85.0	20.0
Basura de mercado	1.0	99.0	3.0	54.7	77.0	18.0
Papel periódico	7.0	93.0	0.1	5.0	97.1	813.0
Desechos agrícolas	7.2	37.0	1.2	90.0	63.0	75.0
Humanaza	73.0	27.0	6.0	50.0	92.0	8.0
Orina	94.0	6.0	18.0	14.0	75.0	0.8

Tabla 5. Biogás producido en función de los sólidos Volátiles. (Olaya 2006).

Material	Proporción (%)	M ³ de biogás / Kg de materia	CH ₄ (%)
Gallinaza	100	0.3111	59.8
Bovinaza	100	0.0871	65.2
Porquinaza	100	0.3234	65.0
Basura de cocina	100	0.2110	61.9
Residuos de papel	100	0.2178	67.1
Desechos agrícolas	100	0.2999	60.0

2. Posible carga orgánica.

Teniendo en cuenta que la producción de residuos orgánicos diario en el conjunto residencial de la tabla 2 es aproximadamente 146 kg/día y la relación de residuos orgánicos de agua es (1:1) tenemos:

$$146\text{kg de residuos Sólidos} + 146\text{kg de agua} = 292\text{kg de carga orgánica Diaria}$$

3. Determinación del tiempo de retención (Tr).

Tiempo de retención ideal = 28 días

4. Carga orgánica en el tiempo ideal de retención.

$$292kg * 28días = 8176kg \text{ de carga orgánica} \\ \cong 8,176m^3$$

Por lo cual se requiere que la cámara de fermentación tenga una capacidad mínima dentro del biodigestor de 75% de carga orgánica y el 25% restante es para la acumulación de biogás, pero teniendo en cuenta que la unidad se diseña con valores teóricos en cuanto al peso de los residuos sólidos, se decide realizar el diseño para que el volumen de llenado sea del 50%, esto con el fin de que, si se llega a presentar una generación de biomasa mayor, o el sistema requiera un mayor tiempo de retención, el biodigestor presente un 25% volumen libre, y se le pueda dar un manejo adecuado a la situación (Olaya 2006).

Lo anterior muestra que el biodigestor es óptimo con una capacidad de $16,352m^3$ ya que no trabajaría al 100% de su capacidad libre disponible. Si el conjunto residencial llegará a tener más producción de materia orgánica, el biodigestor seguiría siendo eficiente ya que tiene un margen de un 25% de capacidad de almacenamiento de gas

Un litro de gas puede generar un tiempo de 5min en la estufa con un puesto encendido según investigaciones de la Universidad politécnica de Amazoc UPAM. Proyecto de investigación biodigestores con residuos orgánicos. Para Olaya (2006) un kilogramo de materia de residuos orgánicos de cocina en proceso de metanogénesis produce en promedio $0,211m^3$ de biogás, asumiendo que por cada Kg de residuos orgánicos un 63% de su masa es sólido volátil.

5. Determinación de la Producción de biogás.

- Residuos Sólidos orgánicos diarios (desechos de cocina):
 $146kg$.

- Sólidos Volátiles por Kg de sólidos Orgánicos Diarios:

$$146kg * 0.63 = 91.98kg$$

- Producción de metano por Kg de sólido volátil (desechos de cocina) :

$$61.9\% \text{ Olaya (2006).}$$

- Sólidos Volátiles en tiempo de retención ideal:

$$91.98kg * 28días = 2575.44kg$$

- Producción de biogás m³ por Kg de sólido Volátil (desechos de cocina):

$$0.211m^3 \text{ Olaya (2006).}$$

- Producción de metano m³ por Kg de sólido Volátil en tiempo de retención ideal:

$$2575,44Kg * 0.211m^3 * 0.619 = 336,37m^3.$$

Tabla 6. Consumo de Biogás en la cocina. Recuperado de “La digestión anaerobia. Aspectos teóricos” Acosta, Y., & Abreu, M. (2005).

Cocina	Quemador de 2”	0.32m ³ /h
	Por Persona/día	0.33m ³ /día
	2 quemadores inyector 2”	0.5 m ³ /h

En el tiempo de retención ideal de 28 días se alcanza una producción de metano de 336,37m³.

El salón Comunal del conjunto cuenta con una estufa de 6 puestos con quemadores de 2”, que según Acosta, Y., & Abreu, M. (2005) con un consumo de 0.32m³/h por quemador, se podría tener encendida en su totalidad durante 175.19 horas.

$$\text{Consumo de gas de la estufa por hora} = \frac{0.32m^3}{h} * 6 = 1.92m^3/h$$

$$\text{Horas de consumo de la estufa biogas producido} = \frac{336,37m^3}{1.92m^3/h} = 175.19h$$

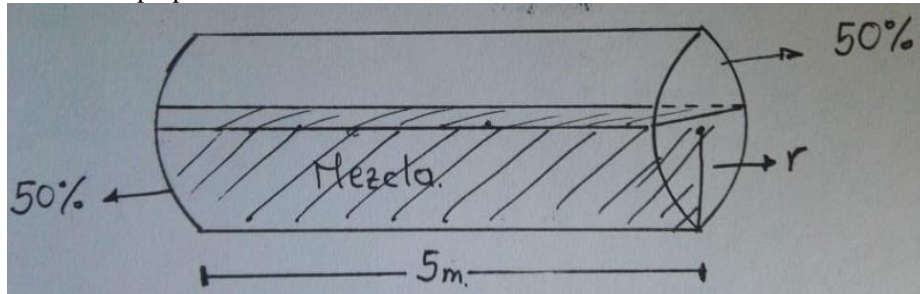
Diseño del Biodigestor

Capacidad teórica requerida: 16,352m³

Tipo de digestor: Tubular en Polietileno calibre 8.

Dimensiones:

Figura 28. Esquema para el cálculo de radio del biodigestor para una longitud de 5m.
Elaboración propia



Para una longitud de 5m encontramos el valor del radio. Volumen del Cilindro: $\pi * r^2 * h$

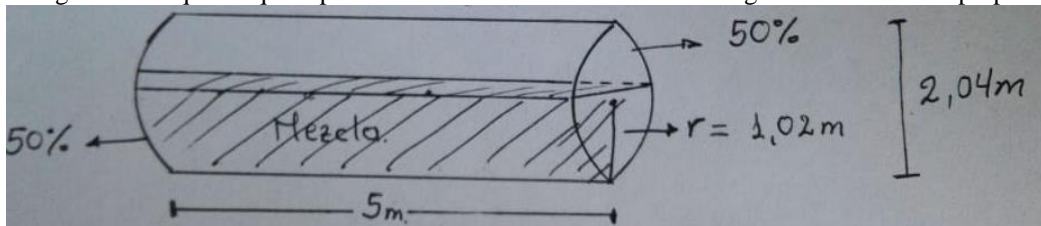
Para efectos del Biodigestor con Volumen de $16.352m^3$ y $h=5m$

$$\pi * r^2 * 5m = 16,352m^3$$

$$r^2 = \frac{16,352m^3}{\pi * 5m}$$

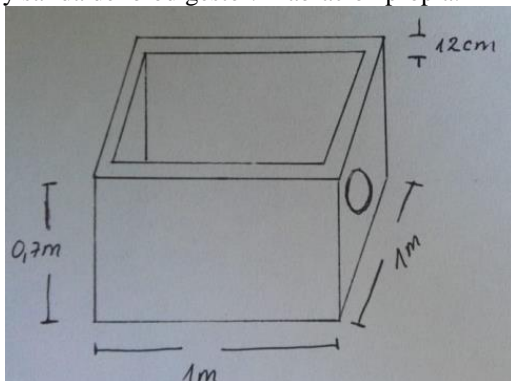
$$r = 1.02m$$

Figura 29. Esquema que representa el cálculo de la altura del biodigestor. Elaboración propia



Depósitos de entrada y salida:

Figura 30. Esquema de los depósitos de entrada y salida del biodigestor. Elaboración propia.

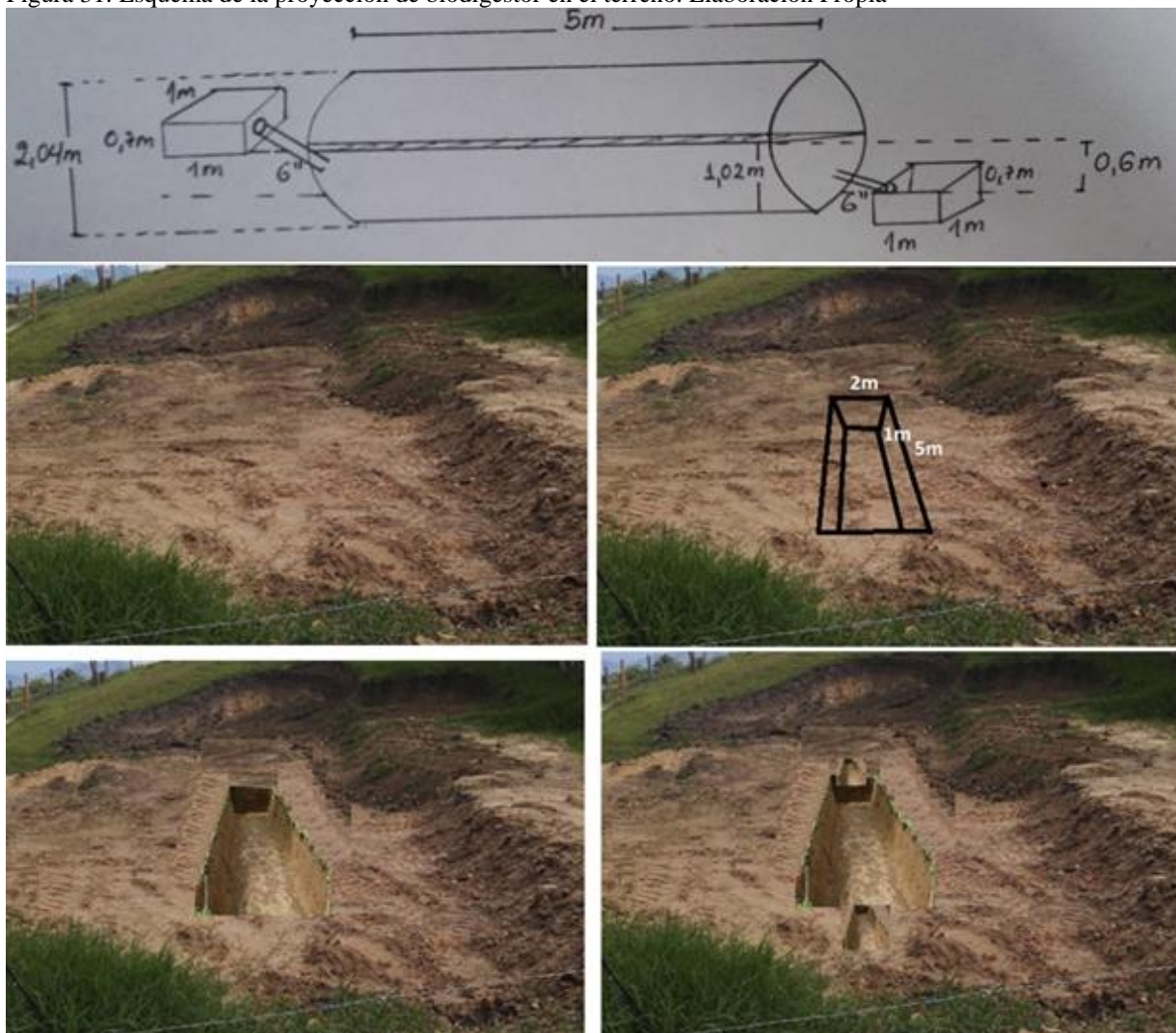


Capacidad: $0.45m^3$

Tubo de salida de 6 Pulgadas para el depósito de entrada 10cm de la base, el depósito de salida lleva el agujero de 6 pulgadas en la parte superior.

Proyección Biodigestor en terreno.

Figura 31. Esquema de la proyección de biodigestor en el terreno. Elaboración Propia



6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROPUESTO 2020																		
ACTIVIDADES		MES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
		SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Diseño y elaboración de la propuesta en el curso Problemas Energéticos																	
2	Preparación de la información secundaria. Diseño estructural del biodigestor																	
3	Preparación del terreno, factibilidad del proyecto, aprobación consejo de administración																	
4	Adquisición de materiales, ejecución contrato mano de obra.																	
5	Construcción del Biodigestor																	

7. RESULTADOS ESPERADOS.

- Ampliar el conocimiento referente a proyectos desarrollados en torno a la producción de biodigestores en comunidades rurales del municipio.
- Comprobar la viabilidad de producir biodigestores a bajo costo para uso en actividades domésticas,
- El diseño construcción del biodigestor de residuos orgánicos con capacidad para producir en 28 días 336.37m³ de Biogás para uso doméstico.
- Aprovechar más del 95% de los residuos sólidos orgánicos de las casas y restaurantes del conjunto residencial bellavista para la producción de energías renovables (biogás).

8. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, Y. L., & Abreu, M. C. (2005). *La Digestión Anaerobia. Aspectos Teóricos. Redalyc*,37-37.
- Anuario de estadística. (2014). Residuos sólidos: capítulo 5. Tomado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1197/ca_p05.pdf
- Arenas Guayazan, B. D. (2019). *Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, generados en las viviendas del proyecto “La Villa Solar” ubicado en la ciudad de Buenaventura-Colombia*. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1128
- Botero, Raúl; Preston Thomas. (1987) Biodigestores de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. San José, Costa Rica: Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda.
- Castañeda, Rodríguez. (2017).Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Tomado de: (<http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v19n1/0124-7107-reus-19-01-00116.pdf>)
- Colmenares E, Ana Mercedes. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación, Volumen 3 (Número 1), 102-115.
- EIA. (2020). "Renewable Energy Market Update". Consultado en Agosto 20 de 2020.
- Findeisen C. Biogás – *Producción de energía y fertilizante a partir de residuos orgánicos, XVII Congreso Internacional en Gestión Integral de Residuos y Perspectivas Ambientales, Armenia, Colombia, tomado de: (file:///C:/Users/Propietario/Downloads/8-%20CLEMENS%20FINDEISEN-BIOGAS,%20PRODUCCI%C3%93N%20DE%20ENERG%C3%8DA%20Y%20FERTILIZANTE%20A%20PARTIR%20DE%20RESIDUOS%20ORG%C3%81NICOS-CONSULTANT%20DEVELOPMENT%20COOPERATION.pdf)*
- Greenpeace. (2005). *Recomendaciones para un Tratamiento Ambientalmente Saludable de los Residuos Orgánicos, basura cero*, Tomado de: (<https://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2006/4/recomendaciones-para-un-tratam.pdf>)
- Guzmán S., J.C.; (2008). *Apuntes sobre consumo energético de biomasa*. Diplomado en Energía SNAP, Proyecto No. 003/2008, PROLEÑA Soluciones Energéticas Eficientes, La Paz, Bolivia, febrero, 19p.

- IEA. (2015). "Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos". Pág 17-19, 21-25. Consultado en Agosto 23 de 2020.
- IEA. (2018). "Key World Energy Statistics" Consultado en Julio 30 de 2020.
- Infografía Ruta de cambio Tecnológico. UPME. (2016, febrero). "Ruta de cambio tecnológico-Industria". Consultado en agosto 10 de 2020.
- Infografía. UPME. (2012). "Transporte: Energía y cambio tecnológico 2012-2040". Consultado en agosto 10 de 2020.
- International Energy Outlook (2019). IEA. (2019). "World Energy Outlook". Consultado en Agosto 20 de 2020.
- Ministerio de Medio Ambiente (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. ISBN: 978-958-8067-35-3.
- Navarro, Moral. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*, Universidad de alicante. Tomado de: (https://www.researchgate.net/publication/235941169_Residuos_organicos_y_agricultura)
- Olaya. (2006). *fundamentos para el diseño de biodigestores. universidad nacional de Colombia sede Palmira.*
- Pedraza (2002). *Evaluación de los biodigestores en geomembrana (PVC) y plástico de invernadero en clima medio para el tratamiento de aguas residuales de origen porcino.* Fundación Centro de Investigaciones en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Cali. Disponible en Internet: <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd14/1/Pedr141.htm> (Consultada Agosto 2020).
- Plan de desarrollo rural municipio de Garzon 2015-2018. Proyectos de crecimiento urbanístico.
- REN21. Renewables 2020 Global Status Report. "Renewables 2020". Consultado en Agosto 25 de 2020.
- Rengifo. (2009). *Modelo de aprovechamiento sostenible de residuos sólidos para instituciones educativas,* Tomado de: (http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/870/1/Modelo_Residuos_S%C3%B3lidos_Del%20Valle_2009.pdf).

- UPME. (2015). "Ruta de cambio tecnológico 2015-2050". Consultado en agosto 10 de 2020.
- UPME. (2020). "Proyección Demanda Energéticos ante el COVID-19 2020-2026". Consultado en julio 20 de 2020.
- Vargas L. (1992). *Los biodigestores, alternativa de tratamiento para residuos pecuarios*. Tesis (Ingeniero Sanitario). Universidad del Valle, Santiago de Cali.
- Varnero, M. M. T. (2011). Manual de biogás. (pág. 13). Tomado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Yank, L.; Martina, P.; Corace, J.; Aeberhard, A. *Construcción de un biodigestor pequeño para su uso en investigación y docencia. Primeros ensayos*. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia, Argentina. Disponible en Internet: <http://arandu.org.ar/pub/digestororiginal1.pdf> (Consultada 30 de Agosto 2020)