# EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR EN LA VEREDA DE PUERTO TEMBLEQUE (META)

**JOSE LUIS RODRIGUEZ ESPITIA**

**OSCAR MARIO CENDALES AGUIRRE**




**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**VILLAVICENCIO-META**

**2018**

# EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES EN LA VEREDA PUERTO TEMBLEQUE (META)

**JOSE LUIS RODRIGUEZ ESPITIA**

**OSCAR MARIO CENDALES AGUIRRE**

**ASESOR TÉCNICO:**

**M. Sc. CESAR A. CATELLANOS**

**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**VILLAVICENCIO-META**

**2018**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

_____

_____

_____

_____

_____

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

_____

FIRMA DEL JURADO

_____

FIRMA DEL JURADO

Villavicencio, Febrero de 2018.

**ADVERTENCIA**

La Universidad Cooperativa de Colombia,

Sede Villavicencio no se hace responsable de

los conceptos emitidos por los estudiantes.

## DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo a mis padres GUSTAVO ALIRIO CEDALES HERRERA Y AMALIA AGUIRRE HERNANDEZ quienes son la razón por la cual he llegado hasta este punto en este estrecho camino lleno de dificultades y logros por superar, a mis tías ASCENCION AGUIRRE HERNANDEZ, MIRIAM AGUIRRE HERNANDEZ Y MARTHA INES AGUIRRE HERNANDEZ de las cuales siempre me brindaron su apoyo incondicional y nunca desistieron de la idea de convertirme en un ingeniero civil, a estas personas le dedico este logro que se convierte en una realidad.

Oscar Mario Cendales Aguirre

Quiero dedicar este trabajo a mis padres JOSE VICENTE RODRIGUEZ AREVALO Y MARIAN SUSAN ESPITIA MENESES quienes son los que han dedicado tiempo y me han brindado su ayuda para formarme como un profesional con los valores infundidos en casa, y a Dios por la salud y la sabiduría para poder aprobar todos los cursos de mi carrera.

José Luis Rodríguez Espitia

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primera instancia al Ing. CESAR A. CATELLANOS, por el tiempo dedicado en la asesoría el cual fue de gran ayuda para culminar exitosamente este informe, a la Universidad Cooperativa de Colombia, y a algunos ingenieros que durante el proceso de formación dieron más que una clase y brindaron su apoyo.

**AUTORIDADES ACADÉMICAS**

**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA**

Dra. MARITZA RONDÓN RANGEL

RECTOR NACIONAL

Dr. CESAR AUGUSTO PÉREZ LONDOÑO

DIRECTOR ACADÉMICO SEDE VILLAVICENCIO

Dra. RUTH EDITH MUÑOZ

DIRECTORA ADMINISTRATIVA

Dra. NANCY GIOVANA COCUNUBO

DIRECTOR COMITÉ DE INVESTIGACIONES

Ing. RAÚL ALARCÓN BERMÚDEZ

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍAS

Ing. MARÍA LUCRECIA RAMÍREZ SUÁREZ

JEFE DE PROGRAMA

Ing. NELSON EDUARDO GONZALEZ ROJAS

COORDINADOR COMITÉ DE INVESTIGACIONES PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

**TABLA DE CONTENIDO**


1. RESUMEN ..... 11
2. ABSTRAC ..... 12
3. INTRODUCCIÓN ..... 13
4. OBJETIVOS ..... 16
4.1. OBJETIVO GENERAL ..... 16
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS ..... 16
5. JUSTIFICACIÓN ..... 17
6. MARCO TEORICO ..... 19
7. MARCO LEGAL ..... 21
8. DISEÑO METODOLOGICO ..... 30
9. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... 34
9.1 LOCALIZACION ..... 34
9.2. DESCRIPCION TECNICA DE LAS ALTERNATIVAS DEL PROYECTO ..... 36
9.2.1. VIAS DE ACCESO AL AREA ..... 37
9.3. FASES Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO ..... 37
9.3.1. FASE DE DISEÑO ..... 38
9.3.2. ETAPA DE DISEÑO DETALLADO ..... 42
9.3.3. FASE DE CONSTRUCCION ..... 52
9.4. ASPECTOS TECNICOS DE LAS INSTALACIONES CONEXAS ..... 59
10. EVALUACIÓN AMBIENTAL ..... 61
11. ANALISIS DE RESULTADOS ..... 64
12. GLOSARIO ..... 65
13. BIBLIOGRAFÍA ..... 72

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Celda vacía..... 32

Ilustración 2: Ejemplo de la calificación de la magnitud del impacto..... 32

Ilustración 3: Ejemplo de la calificación de la importancia del impacto..... 32

Ilustración 4: Mapa de Colombia y sus departamentos ..... 34

Ilustración 5: Mapa del departamento del Meta y sus municipios..... 35

Ilustración 6: Mapa del municipio de Puerto Concordia con sus límites territoriales y sus principales fuentes hídricas, al cual pertenece la vereda Puerto Tembleque..... 35

Ilustración 7: Ilustración de la dimensión y forma de la zanja. ..... 50

Ilustración 8: Vista lateral de la cercha..... 51

Ilustración 9: Rediseño del umbráculo. ..... 52

Ilustración 10: Nivelación del ancho de la cama de arena..... 54

Ilustración 11: Recubrimiento plotter completo. ..... 55

Ilustración 12: Recubrimiento con geotextil..... 56

Ilustración 13: Puertas correderas (abierta) y puertas bisagras instaladas en las cerchas..... 57

Ilustración 14: Umbráculo totalmente plastificado..... 58

Ilustración 15: Biodigestor funcionando..... 59

## TABLA DE TABLAS

Tabla 1: Impactos negativos. ..... 33

Tabla 2: Impactos positivos. ..... 33

Tabla 3: Resultados de análisis de propiedades de residuos combinados. ..... 39

Tabla 4: Composición química de excretas porcinas en %..... 39

Tabla 5: Tiempos de retención según la región de instalación. ..... 40

Tabla 6: Producción de biogás por tipo de residuo animal. ..... 41

Tabla 7: Peso específico de las heces de perro. ..... 44

Tabla 8: Promedio de la masa producida diariamente durante 5 días. ..... 44

Tabla 9: Volúmenes del biodigestor calculados por el método Jaime Martí. ..... 45

Tabla 10: Volúmenes del biodigestor calculados por el método German López ..... 47

Tabla 11: Volúmenes del biodigestor calculados por el método German López. ..... 49

Tabla 12: Dimensiones de la zanja según el ancho del rollo. ..... 49

Tabla 13: Dimensiones de la zanja. ..... 50

Tabla 14: Acciones del Proyecto. ..... 61

Tabla 15: Factores Ambientales. ..... 62

Tabla 16: Evaluación de los Impactos Ambientales. ..... 63

Tabla 17: Descripción de los efectos de las acciones sobres los factores. ..... 64

# 1. RESUMEN

Los biodigestores le crean la posibilidad, a las familias rurales de adquirir un servicio de gas domiciliario para su bienestar. Analizando el impacto ambiental y estimulados a dar alternativas para una mejor calidad de vida a la comunidad de la Vereda Puerto Tembleque (META), los biodigestores serían la gran solución a corto plazo, pues su implementación es de doble vía, porque ello, generaría que los habitantes no se vean obligados a recurrir a la tala indiscriminada de árboles, pues esto ha sido determinante en la aceleración de la erosión generadora de daños al medio ambiente, inundaciones y perdida del cauce de los ríos con sus debidas consecuencias.

Los desechos orgánicos que abundan en las zonas veredales junto a la manera práctica de crear estos depósitos artesanales, abren la posibilidad de llevar el gas a cada una de las casas y así mitigar en gran medida un problema ambiental y de salubridad.

Evidenciando los factores anteriormente citados son claves para la evaluación ambiental que se realizó por medio de la matriz de leopold, la cual arrojo un impacto positivo y se llegó a la conclusión; que el proyecto es viable, solucionara problemas socio ambiéntales en la vereda de Puerto Tembleque.

## 2. ABSTRAC

Biodigesters create the possibility for rural families to purchase a home gas service for their well-being. Analyzing the environmental impact and stimulated to give alternatives for a better quality of life to the community of Vereda Puerto Tembleque (META), biodigesters would be the great solution in the short term, because its implementation is two-way, because this would generate the inhabitants are not forced to resort to the indiscriminate felling of trees, because this has been decisive in the acceleration of the erosion that generates damage to the environment, floods and loss of the channel of the rivers with their due consequences.

The organic waste that abounds in the rural areas along with the practical way of creating these artisanal deposits, opens the possibility of bringing gas to each of the houses and thus greatly mitigate an environmental and health problem.

Evidence of the above-mentioned factors are key to the environmental assessment that was carried out through the leopold matrix, which had a positive impact and was concluded; that the project is viable, solve socio-environmental problems in the village of Puerto Tembleque.

# 3. INTRODUCCIÓN

Fue en el siglo XVIII cuando se detectó la presencia de gas metano en la descomposición del biogás, y posteriormente en el siglo XIX experimentos aislados dirigidos por L. Pasteur demostraron la factibilidad de aprovechar la capacidad de combustión del metano con fines energéticos. A fines del siglo XIX y durante las primeras décadas de nuestro siglo en varias ciudades de Europa, India y Estados Unidos se instalaron plantas para el tratamiento de aguas negras, en donde los sedimentos de alcantarillado eran sometidos a digestión anaeróbica. El gas producido se utilizó para el alumbrado público o como parte del combustible necesario para operar la planta.

Durante e inmediatamente después de la segunda guerra mundial, la crisis de combustibles hizo que las investigaciones en esta área aumentaran, forzando el desarrollo a pequeña y gran escala, entonces en varios países europeos se desarrollaron y difundieron plantas para la obtención del biogás en el medio rural, con el fin de hacer funcionar tractores y automóviles.

Durante la década de 1950, en Asia y particularmente en la India, se desarrollan modelos simples de cámaras de fermentación más conocidos como biodigestores, para la producción de biogás y bioabono apropiados para hogares aldeanos y alimentados con estiércol y desechos vegetales. (Rendel, 2014)

Actualmente la tecnología de los biogás se usa prácticamente en todo el mundo, especialmente en zonas donde no hay reservas considerables de combustible fósiles, y la demanda de nuevas energías renovables va en aumentando cada vez más, y los biodigestores han tenido que evolucionar para suministrar una mayor cantidad de gas para el uso en la cocción de alimentos o

como combustible de algunos motores. A continuación se describirá dos modelos de biodigestores para la producción del biogás:

Modelo laguna cubierta, Desarrollado para la industria agropecuaria. Son biodigestores de gran volumen, donde se realiza la digestión anaeróbica de todos los residuos orgánicos de una granja o establo y de sus purines, convirtiéndolos en energía renovable y en abono orgánico. Es utilizado en medianas y grandes instalaciones pecuarias. Su instalación permite tratar aguas residuales agropecuarias. El biogás que produce diariamente es un combustible que reemplaza al diesel, gasolina y al GLP.

Modelo tubular prefabricado, Modelo desarrollado para pequeñas unidades rurales. Este biodigestor es pre-fabricado en planta que cuenta con una tecnología de punta, se utiliza geo membranas de PVC y el sellado se realiza por alta frecuencia. Este biodigestores se entrega listos para instalar, es hermético y tiene tapas en ambos extremos donde se instalan tuberías, una para la carga, una para salida de biol y otra para purga o salida de los sólidos que sedimentan, evitando que se colmate el biodigestor.

Hoy en día no existen un método efectivo para el control y manejo de los desechos orgánicos que son vertidos en las fuentes hídricas creando problemas ambientales y de salubridad a pequeñas y grandes poblaciones, pero para este caso nos enfocaremos en las vereda Puerto Tembleque, ubicada en el Municipio de Puerto Concordia, Meta. Este tipo de población crea fuentes de ingreso, generalmente con la cría de cerdos y galpones, con canales improvisados llevan hasta los lechos de quebradas los desechos orgánicos y de allí toman el agua para su uso diario sin percatarse del gran daño personal y ambiental que generan, y a esto se suma la tala de bosque nativo para llevarlo a sus hogares y cocer sus alimentos diarios, sin tener otra

alternativa. Se ha decidido realizar la evaluación de los impactos ambientales que pueden provocar la implementación de un biodigestor, para satisfacer las necesidades de cierta población, que para este caso se llama la vereda Puerto Tembleque, ubicada en el Municipio de Puerto Concordia, Meta.

# 4. OBJETIVOS

## 4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los impactos ambientales generados por la implementación de un biodigestor en la vereda de puerto tembleque ubicados en el Municipio de Puerto Concordia, departamento del Meta, Colombia.

## 4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el Impacto social y cultural para dar una solución a la población.
- Proponer la implementación del biodigestor para ofrecer este servicio a los habitantes de la Vereda de Puerto Tembleque, ubicada en el Municipio de Puerto Concordia, Departamento del Meta Colombia.
- Promover la importancia de la separación de los desechos orgánicos, mediante la integración y capacitación del personal de la vereda.

# 5. JUSTIFICACIÓN

Mediante una consulta previamente realizada a la Vereda de Puerto Tembleque, ubicada en el municipio de Puerto Concordia departamento del Meta, se pudo evidenciar la falta del servicio público (gas) y energía eléctrica, los diversos inconvenientes que tiene esta vereda para la cocción de sus alimentos de los cuales han generado un conflicto social y ambiental, ya que al no tener el suministro del gas natural la población recurre a la tala de árboles, la cual afecta al medio ambiente.

El siguiente aspecto que se evidencia son las enfermedades respiratorias generadas por la cocción de alimentos con leña, por tanto se evidencia una necesidad del suministro del gas para una mejoría en la población de la Vereda de Puerto Tembleque.

Buscando una posible solución que beneficie a los habitantes, se encontró con un problema ambiental que tiene la región la cual es la gran cantidad de desechos orgánicos que son arrojados sin ningún tratamiento a los afluentes de la zona los cuales generan una contaminación y posibles enfermedades.

Según – Rodríguez (2014), una profesional del municipio de Tibacuy, Cundinamarca dijo que, "La función principal es justamente ayudar a disminuir el impacto ambiental que se genera por una actividad productiva en el sector"

Teniendo en cuenta este estos factores se realizó la evaluación ambiental para ver si es posible la implementación de un biodigestores en la Vereda de Puerto Tembleque (Meta), de la cual la

matriz arrojo datos positivos y se eligió el biodigestor como solución óptima y económica para el suministro del gas, en respuesta a varios aspectos positivos tales como la mitigación y un control sobre los desechos orgánicos generados por la crianza y ceba de animales en la región y la disminución de la deforestación en la zona.

# 6. MARCO TEORICO

Los biodigestores en su forma simple, es un contenedor el cual está herméticamente cerrado y dentro del cual se deposita material orgánico como excremento, desechos vegetales y todo tipo de materia orgánica (exceptuando los cítricos ya que éstos acidifican).

Los materiales orgánicos se ponen a fermentar con cierta cantidad de agua, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidropresión y postratamiento (filtro y piedras, de algas, secado, entre otros) a la salida del reactor. (Lopez, 2003).

El objetivo principal de los biodigestores es la transformación biológica de la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU), en un producto estable y el aprovechamiento del biogás y bioabono generado. La fracción orgánica de los RSU contienen normalmente cantidades adecuadas de nutrientes (orgánicos e inorgánicos), para soportar la conversión biológica de los RS.

La digestión anaerobia se estudia como una opción tecnológica para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos orgánicos. (Castillo, Cristancho, & Arellano, 2003)

La materia orgánica biodegradable a corto plazo puede ser transformada por la naturaleza pero también aprovecharse como generadora de biogás, o como biomasa para gasificación. (Lopez, 2003)

Un biodigestor es un depósito que permite la fermentación de la materia orgánica de manera anaeróbica produciendo biogás y estabilizando la materia procesada biológicamente. Tiene varias zonas a saber:

Zona de retención de materia orgánica

Zona de almacenamiento de biogás generado

Zona de cargue y descargue

Los biodigestores se clasifican en continuos y estacionarios o tipo batch. Los continuos se cargan y descargan en forma periódica, por lo general todos los días; los estacionarios son cargados de una vez y se vacían por completo después del tiempo de retención prefijado. (Lopez, 2003)

Un biodigestor es un sistema sencillo de conseguir, pues ayuda a solventar la problemática energética-ambiental, así como a dar un manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos generados por las actividades del hombre y la tecnología que utiliza. (Lopez, 2003)

Es muy probable que la producción de gas proveniente de los residuos sólidos orgánicos no alcance para autoabastecer una ciudad, pero sí para favorecer el medio ambiente, brindando la alternativa de tratar los residuos, estabilizarlos y generar abono orgánico y producción de gas metano, el cual permitiría sustituir otro tipo de gases extraídos del residuo del petróleo, los cuales dejan mayor huella en el ambiente. (COLOMBIA, 1993)

# 7. MARCO LEGAL

**CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991.** Actualizada con los Actos Legislativos a 2016:

**TÍTULO II: DE LOS DERECHOS, LAS GARANTÍAS Y LOS DEBERESCAPÍTULO 1: DE LOS DERECHOS FUNDAMENTALES:**

**Artículo 25.** El trabajo es un derecho y una obligación social y goza, en todas sus modalidades, de la especial protección del Estado. Toda persona tiene derecho a un trabajo en condiciones dignas y justas.

**Artículo 26.** Toda persona es libre de escoger profesión u oficio. La ley podrá exigir títulos de idoneidad. Las autoridades competentes inspeccionarán y vigilarán el ejercicio de las profesiones. Las ocupaciones, artes y oficios que no exijan formación académica son de libre ejercicio, salvo aquellas que impliquen un riesgo social.

Las profesiones legalmente reconocidas pueden organizarse en colegios. La estructura interna y el funcionamiento de éstos deberán ser democráticos. La ley podrá asignarles funciones públicas y establecer los debidos controles.

**Artículo 27.** El Estado garantiza las libertades de enseñanza, aprendizaje, investigación y cátedra.

**CAPÍTULO 2: DE LOS DERECHOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES:**

**Artículo 63.** Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.

**CAPÍTULO 3: DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE:**

**Artículo 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

**DECRETO 3075 DE 2011.** Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 09 de 1979.

**Artículo 2.** *Ámbito de aplicación.* Las disposiciones contenidas en el presente decreto se aplicarán en todo el territorio nacional a:

a) Las fábricas y establecimientos donde se procesan o expendan los alimentos;
b) Las personas, instituciones y establecimientos dedicados a todas o a alguna delas siguientes actividades: fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución, importación, exportación y comercialización de alimentos.
c) Al personal manipulador de alimentos.
d) A los equipos y utensilios utilizados en las actividades señaladas en el literal b).

e) A los alimentos, materias primas e insumos para alimentos que se fabriquen, envasen, expendan, exporten o importen.
f) A las actividades de inspección, vigilancia y control que ejerzan las autoridades sanitarías sobre la fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución, importación, exportación y comercialización de alimentos para el consumo humano y materias primas para la fabricación o preparación de los mismos.

**LEY 1715 DE 2014.** Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional

**Artículo 5.** *Definiciones***.** Para efectos de interpretar y aplicar la presente ley, se entiende por:

8. "*Energía de biomasa. Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que se basa en la degradación espontánea o inducida de cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como de los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos, y que no contiene o hayan estado en contacto con trazas de elementos que confieren algún grado de peligrosidad*".

**LEY 99 DE 1993.** Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

**Artículo 1.** *Principios Generales Ambientales.* La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales:

1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.
3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
4. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial.
5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.
6. La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.
7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.
8. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.
9. La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento.

10. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones.
11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.
12. El manejo ambiental del país, conforme a la Constitución Nacional, será descentralizado, democrático y participativo.
13. Para el manejo ambiental del país, se establece un Sistema Nacional Ambiental, SINA, cuyos componentes y su interrelación definen los mecanismos de actuación del Estado y la sociedad civil.
14. Las instituciones ambientales del Estado se estructurarán teniendo como base criterios de manejo integral del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física.

**Artículo 2.** *Creación y Objetivos del Ministerio del Medio Ambiente*. Créase el Ministerio del Medio Ambiente como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza y de definir, en los términos de la presente Ley, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible.

El Ministerio del Medio Ambiente formulará, junto con el Presidente de la República y garantizando la participación de la comunidad, la política nacional ambiental y de recursos naturales renovables, de manera que se garantice el derecho de todas las personas a gozar de un medio ambiente sano y se proteja el patrimonio natural y la soberanía de la Nación.

Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente coordinar el Sistema Nacional Ambiental, SINA, que en esta Ley se organiza, para asegurar la adopción y ejecución de las políticas y de los planes, programas y proyectos respectivos, en orden a garantizar el cumplimiento de los deberes y derechos del Estado y de los particulares en relación con el medio ambiente y con el patrimonio natural de la Nación.

**Artículo 3.** *Del concepto de Desarrollo Sostenible.* Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

**Artículo 7.** *Del Ordenamiento Ambiental del Territorio.* Se entiende por ordenamiento ambiental del territorio para los efectos previstos en la presente Ley, la función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible.

**DECRETO 2811 DE 1974**. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

**Artículo 3.** De acuerdo con los objetivos enunciados, el presente Código regula:

a) El manejo de los recursos naturales renovables a saber:

1. La atmósfera y el espacio aéreo nacional.
2. Las aguas en cualquiera de sus estados.
3. la tierra, el suelo y el subsuelo.
4. La flora
5. La fauna
6. Las fuentes primarias de energía no agotables.
7. Las pendientes topográficas con potencial energético.
8. Los recursos geotérmicos.
9. Los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental e insular de la República.
10. Los recursos del paisaje.

b) La defensa del ambiente y de los recursos naturales renovables contra la acción nociva de fenómenos naturales;

c) Los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en el denominador de este Código elementos ambientales, como:

1. Los residuos, basuras, desechos y desperdicios.
2. El ruido.
3. Las condiciones de vida resultantes de asentamiento humano urbano o rural.
4. Los bienes producidos por el hombre o cuya producción sea inducida o cultivada por él, en cuanto incidan o puedan incidir sensiblemente en el deterioro ambiental.

**Artículo 7**. Toda persona tiene derecho a disfrutar de ambiente sano.

**Artículo 35**. Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios, y, en general, de desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos.

**Artículo 36**. Para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán, preferiblemente, los medios que permitan:

a) Evitar el deterioro del ambiente y de la salud humana;
b) Reutilizar sus componentes;
c) Producir nuevos bienes;
d) Restaurar o mejorar los suelos;

**Artículo 37**. Los municipios deberán organizar servicios adecuados de recolección, transporte y disposición final de basuras.

La prestación de este servicio por personas naturales o jurídicas de derecho privado requerirá autorización ajustada a los requisitos y condiciones que establezca el gobierno.

**Artículo 38**. Por razón del volumen o de la calidad de los residuos, las basuras, desechos o desperdicios, se podrá imponer a quien los produce la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso.

**DECRETO 1505 DE 2003**. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones

Artículo 1. Adiciónase el artículo 1° del Decreto 1713 de 2002, con las siguientes definiciones:

Aprovechamiento en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

Aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario de aseo. Es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

# 8. DISEÑO METODOLOGICO

Para evaluar el impacto ambiental de este proyecto se utilizó la matriz de leopold el cual es un método universalmente empleado para realizar la evaluación del impacto ambiental que puede producir un determinado proyecto. (Jara, 2017)

En sí, es una matriz interactiva simple donde se muestra las acciones del proyecto o actividades en un eje y los factores o componentes ambientales posiblemente afectados en el otro eje de la matriz. Cuando se presume que una acción determinada va a provocar un cambio en un factor ambiental, éste se apunta en el punto de la intersección de la matriz y se describe además su magnitud e importancia.

Para la elaboración e interpretación de la matriz de leopold:

- Un primer paso para la utilización de esta consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual primero se consideran todas las actividades principales del proyecto que podrían provocar un impacto ambiental (columnas).
- A continuación se requiere considerar todos aquellos factores ambientales asociados con estas actividades (filas), trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y fila (factor) considerada.

Una vez hecho esto para todas las acciones, se tendrán marcadas las cuadrículas que representen interacciones (o efectos) a tener en cuenta. Después que se han marcado las cuadrículas que representen impactos posibles, se procede a una evaluación individual de los más importantes; así cada cuadrícula admite dos valores:

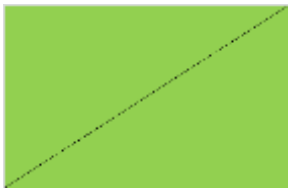
- Magnitud, según el número de 1 a 10, en el que 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado, y 1 la mínima. Se anota en la parte superior del triángulo formado por la celda con la línea diagonal.
- Importancia (ponderación), que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones. Se anota en la parte inferior del triángulo formado por la celda con la línea diagonal.

Los valores de magnitud van precedidos de un signo positivo (+) o negativo (-), según se trate de efectos en provecho o desmedro del medio ambiente, respectivamente, entendiéndose como provecho a aquellos factores que mejoran la calidad ambiental.

Con los promedios positivos y negativos no se puede saber que tan beneficiosa o negativa es la acción propuesta, para definir esto se recurre al promedio aritmético. Para obtener el valor en el casillero respectivo, sólo basta multiplicar el valor de la magnitud con la importancia de cada casillero, y adicionarlos algebraicamente según cada columna. De igual forma las mismas estadísticas que se hicieron para cada columna deben hacerse para cada fila.

- Se identifica las actividades principales de su propuesta que podrían provocar un impacto ambiental. Se anota éstas en la primera fila de la matriz (lo que forma la cabeza de las columnas).
- Se identifica los impactos ambientales asociados con estas actividades en la primera columna (lo que forma la cabeza de las filas).
- En cada celda donde hay una intersección entre una actividad y su impacto ambiental colocar una línea diagonal. (Jara, 2017)

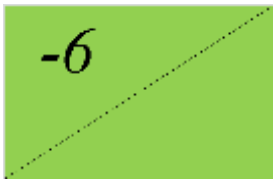
**Ilustración 1:** Celda vacía



**Fuente**: (Jara, 2017)

En el parte superior del triángulo formado por la celda con la línea diagonal, calificar la magnitud del impacto utilizando las tablas de "calificación del magnitud e importancia". (Jara, 2017)

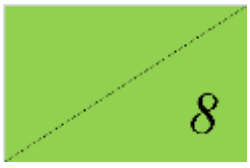
**Ilustración 2:** Ejemplo de la calificación de la magnitud del impacto




**Fuente**: (Jara, 2017)

En el parte inferior del triángulo formado por la celda con la línea diagonal, calificar la importancia del impacto utilizando las tablas de "calificación de la magnitud e importancia". (Jara, 2017)

**Ilustración 3:** Ejemplo de la calificación de la importancia del impacto




**Fuente**: (Jara, 2017)

Para determinar el valor de cada celda se debe multiplicar las dos calificaciones (rango posible: -100 hasta +100) (-6 X +8 = -48). (Jara, 2017)

**Tablas de calificación de la magnitud e importancia del impacto ambiental**

**Tabla 1:** Impactos negativos.

| MAGNITUD | | | IMPORTANCIA | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Intencidad** | **Afectacion** | **Calificación** | **Duracion** | **Influencia** | **Calificación** |
| *Baja* | *Baja* | -1 | *Baja* | *Baja* | 1 |
| *Baja* | *Media* | -2 | *Baja* | *Media* | 2 |
| *Baja* | *Alta* | -3 | *Baja* | *Alta* | 3 |
| *Media* | *Baja* | -4 | *Media* | *Baja* | 4 |
| *Media* | *Media* | -5 | *Media* | *Media* | 5 |
| *Media* | *Alta* | -6 | *Media* | *Alta* | 6 |
| *Alta* | *Baja* | -7 | *Alta* | *Baja* | 7 |
| *Alta* | *Media* | -8 | *Alta* | *Media* | 8 |
| *Alta* | *Alta* | -9 | *Alta* | *Alta* | 9 |
| *Muy Alta* | *Alta* | -10 | *Muy Alta* | *Alta* | 10 |

**Fuente:** (Jara, 2017)

**Tabla 2:** Impactos positivos.

| MAGNITUD | | | IMPORTANCIA | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Intencidad** | **Afectacion** | **Calificación** | **Duracion** | **Influencia** | **Calificación** |
| *Baja* | *Baja* | 1 | *Baja* | *Baja* | 1 |
| *Baja* | *Media* | 2 | *Baja* | *Media* | 2 |
| *Baja* | *Alta* | 3 | *Baja* | *Alta* | 3 |
| *Media* | *Baja* | 4 | *Media* | *Baja* | 4 |
| *Media* | *Media* | 5 | *Media* | *Media* | 5 |
| *Media* | *Alta* | 6 | *Media* | *Alta* | 6 |
| *Alta* | *Baja* | 7 | *Alta* | *Baja* | 7 |
| *Alta* | *Media* | 8 | *Alta* | *Media* | 8 |
| *Alta* | *Alta* | 9 | *Alta* | *Alta* | 9 |
| *Muy Alta* | *Alta* | 10 | *Muy Alta* | *Alta* | 10 |

**Fuente:** (Jara, 2017)

# 9. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

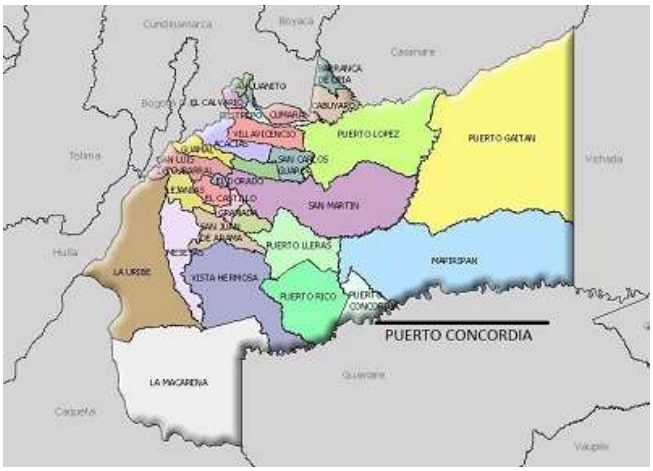
## 9.1 LOCALIZACION

**Ilustración 4:** Mapa de Colombia y sus departamentos



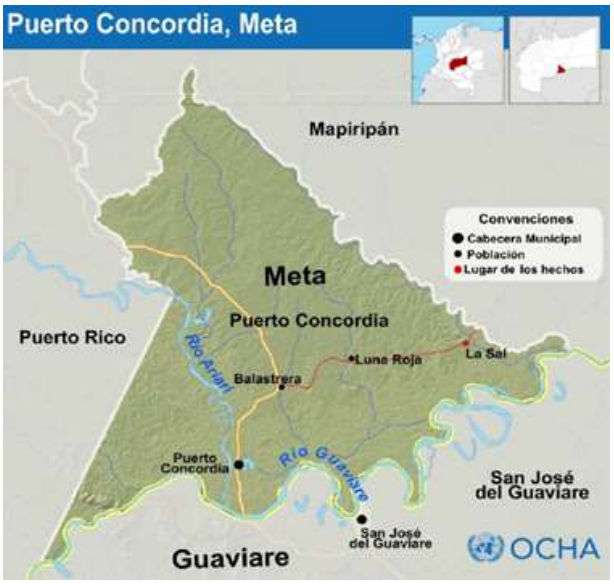

**Fuente**: Google Maps

**Ilustración 5:** Mapa del departamento del Meta y sus municipios




**Fuente**: Google Maps.

**Ilustración 6:** Mapa del municipio de Puerto Concordia con sus límites territoriales y sus principales fuentes hídricas, al cual pertenece la vereda Puerto Tembleque




**Fuente**: Ochoa Colombia

**Datos de la región**

Coordenadas: 2°37′24″N 72°45′33″O

Municipio: Puerto Concordia

Departamento: Meta

País: Colombia

Superficie: 1304.8 km²

Altitud: 201 m s. n. m.

Tiempo: 34 °C, viento N a 18 km/h, 32 % de humedad

## 9.2. DESCRIPCION TECNICA DE LAS ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

La vereda puerto tembleque meta, está ubicada en la zona oriental del país en el departamento del meta y pertenece al municipio de puerto concordia, este está rodeado por dos fuentes hídricas principales las cuales son el rio Ariari y el rio Guaviare. Se realizara una evaluación ambiental la cual nos arrojara una serie de resultados, los cuales serán utilizados para el desarrollo del proyecto de biodigestores en la región, primero el proyecto busca mitigar y subsanar todos los daños ambientales que hay en la zona y mejorar la calidad de vida de los habitantes, utilizando todos los aspectos negativos que hay en la zona, convirtiéndolos en fortalezas para un mejor aprovechamiento en el proyecto.

Principalmente se utilizaran todos los desechos orgánicos que son vertidos a las principales fuentes hídricas que hay en la región, los cuales aguas abajo perjudican a la región con problemas de enfermedades tales como el cólera y otras infecciones intestinales las cuales producen una reducción de la calidad de vida en las personas. Lo que se busca con el proyecto es

concientizar a la región y mostrar los aspectos negativos que hay tanto en ámbito biótico, abiótico y social para así llegar a un método el cual sea provechoso y buscar una manera de aprovechar dichos desechos para la obtención del biogás y así poder mejorar la calidad de vida de sus habitantes y alrededores. Otro aspecto tener en cuenta, el cual se desea mitigar con el proyecto es detener la indiscriminada tala de árboles que se realiza en la región ya que la mayoría de las familias requieren de leña para, posteriormente hacer sus alimentos, este aspecto genera una deforestación en la zona que actualmente repercute en la zona negativamente ya que afecta a diversas especies de fauna que se ven obligadas a ser desplazadas de sus habitad, el cual genera un desequilibrio ambiental, el proyecto busca acabar con la tala de árboles y así poder detener el impacto ambiental negativo que a raíz del tiempo de ha venido realizando y que futuro el impacto será mayor e irreversible.

### 9.2.1. VIAS DE ACCESO AL AREA.

Aéreas: Aeropuerto de San José de Guaviare.

Terrestres: Vía Bogotá 80 km, Villavicencio, Acacias 28 km, Guamal, San Martín50 km, Granada, Fuente de Oro, Puerto Lleras, cruce Puerto Rico, Puerto Concordia, San José de Guaviare; todas estas vías están en excelente estado.

## 9.3. FASES Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Como primer fase del proyecto se realizara una evaluación ambiental por medio de la matriz de leopold el cual nos arrojara una serie de datos de cómo afectara la construcción del biodigestor en la zona ya que previamente dicha al inicio del proyecto. Se realizara un campamento para la

construcción del biodigestor y una serie de ruido que se generara por el transporte de los materiales que se van a traer para la ejecución de la obra, como primera fase del proyecto se realizara un etapa de factibilidad y pre factibilidad del proyecto luego se realizara la ubicación y el replanteo de las zonas donde se construirá el biodigestor. En la fase de ejecución de la obra se tratara de disminuir la cantidad de partículas en el aire (polvo) y demás ruidos que puedan incomodar a los habitantes en la zona dentro de la fase de ejecución de la obra se realizara una estructura temporal que se le dará un uso de campamento el cual será retirado de la zona al momento, de la finalización del proyecto.

### 9.3.1. FASE DE DISEÑO[1]

En la fase de diseño del proyecto de los biodigestores se tiene en cuenta, que el diseño sea amigable 100% con el medio ambiente y que sea visualmente aceptable y seguro para la comunidad. Los aspectos que se tienen a la hora del diseño de los biodigestores consta principalmente de la capacidad de biogás que va a contener cada uno y que abastecimiento necesita cada una de las familias, de acuerdo a esto el diseño será exacto y no sobredimensionado o menor, si no que satisface las necesidades de las familias, otro aspecto a tener en cuenta a la hora del diseño es la materia orgánica que hay en la zona para la obtención del biogás, se encontró en la zona una gran cantidad de porquerizas y galpones los cuales son excelentes fuentes  a la hora de generar el biogás.

[1] **Nota**: En esta fase tomaron los criterios de diseño del libro (DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR  PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE HECES CANINAS) (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017) ya que aplicaba a esta monografía.

### 9.3.1.1. Producción de biomasa

**Origen:** las siguientes tablas muestran la composición química de las heces porcinas, bovinas y caninas.

**Tabla 3:** Resultados de análisis de propiedades de residuos combinados.

| Parámetros | Heces de perro (D) | Heces de perro y vaca (DC) |
|---|---|---|
| Humedad (%) | 98,50 | 99,50 |
| Ceniza (%) | 1,50 | 0,50 |
| Proteína (%) | 2,19 | 1,31 |
| Grasa (%) | 0,15 | 0,25 |
| Fibra | 0,55 | 0,95 |
| ***Solidos totales (%)*** | ***96,00*** | ***92,85*** |
| ***Solidos volátiles (%)*** | ***5,00*** | ***10,30*** |
| Potasio (%) | 1,50 | 3,00 |
| Calcio (%) | 0,06 | 0,06 |
| Magnesio (%) | 0,32 | 0,18 |
| Fósforo (mg/100g) | 0,48 | 0,48 |
| Carbono (%) | 2,98 | 6,38 |
| Nitrógeno (%) | 0,175 | 0,35 |
| Solidos Totales | 4,00 | 7,15 |
| Sólidos Volátiles | 2,50 | 6,65 |
| Relación C/N | 17,0 | 18,2 |
| ***Tiempo de combustión (días)*** | ***20*** | ***5*** |

**Fuente:** (Okoroigwe & Ibeto, 2010)

**Tabla 4:** Composición química de excretas porcinas en %.

| ***CONCEPTO*** | ***%*** |
|---|---|
| *Materia Seca* | 26,43 |
| *Proteína Cruda* | 15,87 |
| *Extracto Etéreo* | 4,69 |
| *Fibra Cruda* | 17,52 |
| *Cenizas* | 12,05 |
| *Extracto Libre de Nitrógeno* | 49,87 |
| *Calcio* | 0,61 |
| *Fósforo* | 1,36 |
| *Nutrientes digestibles totales* | 71,20 |
| *Pared celular* | 44,00 |

**Fuente:** (Mariscal Landín, 2007)

Según Martin, (Marti Herrero, 2008) propone una serie de tiempos de retención en función de la temperatura de la región donde se instalaría el biodigestor.

**Tabla 5:** Tiempos de retención según la región de instalación.

| Región característica | Temperatura °C | Tiempo de retención (días) |
|---|---|---|
| Tropical | 30 | 20 |
| Valle | 20 | 30 |
| Altiplano | 10 | 60 |

**Fuente:** (Marti Herrero, 2008)**.**

Teniendo en cuenta que la temperatura promedio de Puerto Concordia es de 34 °C, el tiempo de retención que mejor se acomoda es el de 20 DÍAS, para biodigestores instalados en el Tropical con rangos de temperatura que oscilan cerca de 30°C.

Con base en los datos mencionados anteriormente, se estimó que el tiempo de retención aproximado para la digestión anaerobia de las heces caninas es de 20 DÍAS.

De acuerdo a esto se puede estimar la producción del biogás según (Okoroigwe & Ibeto, 2010) presentan en su estudio la cantidad de biogás generado a partir de heces caninas, en este estudio se encontró que 7 kg de heces producen 178 L de biogás, quiere decir que cada kilogramo de heces produce 25,43 L de biogás.

A continuación María Teresa (Varnero Moreno, 2011) presenta la producción de biogás según el tipo de residuo animal, como se observa en la tabla 4.

**Tabla 6:** Producción de biogás por tipo de residuo animal.

| Tipo de Animal (peso vivo) | Disponibilidad (kg/día) | Relación C/N | Volumen de biogás | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $m^3$/kg húmedo | $m^3$/día/año |
| Bovino (500kg) | 10 | 25:1 | 0,04 | 0,4 |
| Porcino (50 kg) | 2,25 | 13:1 | 0,06 | 0,135 |
| Aves (2 kg) | 0,18 | 19:1 | 0,08 | 0,014 |
| Ovino (32 kg) | 1,5 | 35:1 | 0,05 | 0,075 |
| Caprino (50 kg) | 2 | 40:1 | 0,05 | 0,1 |
| Equino (450 kg) | 10 | 50:1 | 0,04 | 0,4 |
| Conejo (3 kg) | 0,35 | 13:1 | 0,06 | 0,021 |

**Fuente:** (Varnero Moreno, 2011)

### 9.3.1.2. Seguridad

Para garantizar un diseño seguro se tomaron las siguientes decisiones:

- Se colocarán 3 recubrimientos entre la zanja y la bolsa: arena fina, plástico tipo plotter y geo-textil tipo paño.
- Se construirá un canal para el flujo de aguas lluvias.
- Se construirá una cerca de alambre de púas y malla de gallinero que rodee el biodigestor.
- Se construirá una válvula de seguridad de columna de agua.
- Se construirá un filtro de ácido sulfhídrico.
- Los tanques de entrada y salida deben tener una tapa.
- La persona encargada del cargue debe tener los siguientes elementos de protección personal: Guantes de caucho, respirador con filtro, overol enterizo y botas.

#### 9.3.1.3. Cargue del biodigestor

- El biodigestor estará a menos de 50 metros de la fuente de biomasa.
- Se construirá una tubería que transporte aguas lluvias desde los pozos de la veterinaria hasta el biodigestor.

### 9.3.2. ETAPA DE DISEÑO DETALLADO

#### 9.3.2.1. Diseño de la zanja.

La zanja es un elemento esencial para el buen funcionamiento del biodigestor ya que las paredes de ésta soportarán la presión que ejerce el volumen líquido. Para calcular las dimensiones de la zanja es necesario conocer el volumen total del biodigestor así como la sección transversal y la longitud.

##### 9.3.2.1.1. Cálculos del volumen total del biodigestor.

Para definir el volumen del biodigestor se presentan los cálculos del volumen total del biodigestor utilizando 2 métodos de cálculo. El primero se basa en la guía de diseño y manual de instalación para biodigestores familiares de Jaime Martí, y el segundo corresponde al método planteado por el ingeniero German López.

- **Método Jaime Martí.**

(Marti Herrero, 2008) Propone que el volumen total del biodigestor es la suma del volumen líquido y el volumen gaseoso

$$VT=VL+VG \ (0)$$

En la literatura se recomienda llenar el biodigestor un 75% que equivale aproximadamente a llenar la zanja. Debido que en el proceso se genera biogás es necesario dejar un espacio para su almacenamiento que corresponde al 25%. (Marti Herrero, 2008) (López, 2008)

El volumen del líquido ($VL$) corresponde al 75% del $VT$

$$VL=VT*0{,}75 \ \ (1)$$

El volumen del gas ($VG$) corresponde al 25% del $VT$

$$VG=VT*0{,}25 \ \ (2)$$

El $VL$ se calcula a partir de la carga diaria (CD) y del tiempo de retención (TR)

$$VL= (CD+ (3*CD)) *TR \ \ (3)$$

Donde CD corresponde a la carga diaria de heces en volumen y ($3*CD$) corresponde a la cantidad de agua en volumen que se le debe agregar a la mezcla.

De la ecuación (3) se conoce TR por lo que queda calcular CD, para dicho cálculo se utiliza la masa y el peso específico de la biomasa

$$CD=\frac{mheces}{\rho heces} \quad (4)$$

De acuerdo a lo anterior se puede calcular el volumen del biodigestor teniendo en cuenta los datos de las siguientes tablas

**Tabla 7:** Peso específico de las heces de perro.

| $h_{heces}\ (cm)$ | $V_{heces}\ (cm^3)$ | $\rho_{heces}\ (kg/cm^3)$ | $\rho_{heces}\ (kg/m^3)$ |
|---|---|---|---|
| 14 | 8620,53 | 0,000845 | **845,7** |

**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

**Tabla 8:** Promedio de la masa producida diariamente durante 5 días.

| Día | Lunes | martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Promedio aprox. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Masa diaria (Kg)** | 14,58 | 15,78 | 16,89 | 16,90 | 16,24 | **16,00** |

**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

$$CD = \frac{16kg}{845{,}7\,\frac{kg}{m3}} = 0{,}019\ m3$$

Entonces el Volumen líquido del biodigestor ($VL$) es:

$$VL= (0{,}0189\ m3+ (3*0{,}0189\ m3)) *60\ dias$$

$$\boldsymbol{VL=4{,}25m3}$$

Despejando $VT$ en (1) se tiene que el volumen total del biodigestor es:

$$VT=\frac{VL}{0.75} = \frac{4{,}25\ m}{30.75}$$

$$\boldsymbol{VT=5{,}67\ m3}$$

Con (2) el Volumen de Gas del biodigestor ($VG$) es:

$$VG=VT*0{,}25=5{,}67\ m3*0{,}25\ 3$$

$$\boldsymbol{VG=1{,}42\ m3}$$

El resumen de los cálculos anteriores se presenta en la tabla 7.

**Tabla 9:** Volúmenes del biodigestor calculados por el método Jaime Martí.

| $V_T\ m^3$ | $V_L\ m^3$ | $V_G\ m^3$ |
|---|---|---|
| 5,67 | 4,25 | 1,42 |

**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

- **Método German López.**

Este método de cálculo requiere estimar previamente la producción de biogás, que como se mencionó anteriormente, es de 6,78$L/dia$.

Una vez estimada la producción de biogás ($BMax/dia$) se calcula el volumen de materia orgánica húmeda (MOH), que como se calculó anteriormente es 66,92 L diarios.

El volumen diario del biodigestor es la suma del $BMax/dia$ y MOH:

$$Vdía = BMax/dia + MOH$$

$$Vdía = 6{,}78\ L + 66{,}92\ L$$

$$Vdía = 73{,}7\ L$$

El volumen total del biodigestor es entonces

$$VTotal = Vdía * TR$$

$$VTotal = 73{,}7\ L * 60\ dias$$

$$VTotal = 4422\ L$$

$$\boldsymbol{VTotal = 4{,}42\ m3}$$

El volumen de gas equivale a

$$Vgas = 0{,}5 * VTotal$$

$$Vgas = 0{,}5 * 4{,}42\ m3$$

$$Vgas = 2{,}21\ m3$$

El volumen líquido ($VLíquido$) es el 50 % restante.

El resumen de los cálculos anteriores se presenta en la tabla 8.

**Tabla 10:** Volúmenes del biodigestor calculados por el método German López

| $V_{Total}\ m^3$ | $V_{Liquido}\ m^3$ | $V_{Gas}\ m^3$ |
|---|---|---|
| 4,42 | 2,21 | 2,21 |

**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

Una vez realizado los cálculos, se observó que los resultados de los volúmenes totales son similares, $VT$ = 5,67 $m^3$ y $VTotal$ = 4,42 $m^3$ respectivamente.

El resultado que se toma para el diseño es el que arroja el método de Jaime Martí porque arroja el volumen mayor de los dos métodos. (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

**9.3.2.1.2. Cálculos de las dimensiones de la zanja.**

(Marti Herrero, 2008) Presenta una guía de diseño donde se explican los cálculos necesarios para dimensionar la zanja, allí se encuentra una relación entre la longitud y la sección transversal del biodigestor, lo que se busca con esta relación es garantizar que la distribución geométrica sea

armoniosa pues resultaría inconveniente tener un biodigestor muy largo y angosto o muy ancho y corto.

Existe una relación óptima entre el diámetro y la longitud que es 7. (…) Esta relación es flexible en un rango de 5-10 (…) (Martí, 2008, pág. 36). Así:

$$5 \leq L/D \leq 10 \ (\acute{o}ptimo\ 7) \quad (5)$$

Donde L es la longitud y D el diámetro del biodigestor.

El biodigestor es una manga de plástico amarrada en sus extremos por lo que se puede aproximar su volumen al de un cilindro recto así:

$$VT = \pi\ x\ L\ x\ r^2 \quad (6)$$ (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

Donde $VT$ es el volumen total, L es la longitud y r es el radio (D/2) del biodigestor.

Despejando L en (13) se tiene que la longitud del biodigestor equivale a

$$L = Vt/\pi\ x\ r^2$$ (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

Con los datos de $VT$ (tabla 8) y r tenemos que la longitud es

$$L = 5{,}67\ m^3/\pi\ x\ 0{,}5\ m^2$$

$$L = 7{,}23\ m$$

(Marti Herrero, 2008) Nos expone los parámetros geométricos según los anchos de rollo comercializados en Bolivia (tabla 9), estos no son equivalentes a los de Colombia por lo que para escoger un ancho de rollo se hizo una aproximación. (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

**Tabla 11:** Volúmenes del biodigestor calculados por el método German López.

| Ancho de rollo (m) | Perímetro de la circunferencia (m) | Radio (m) | Diametro (m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 0,32 | 0,64 |
| 1,25 | 2,5 | 0,4 | 0,8 |
| 1,5 | 3 | 0,48 | 0,96 |
| 1,75 | 3,5 | 0,56 | 1,12 |
| 2 | 4 | 0,64 | 1,38 |

**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

El diámetro que se acerca más al escogido para este cálculo es de 0.96 m que corresponde a un ancho de rollo de 1.50 como se observa en la tabla 9.

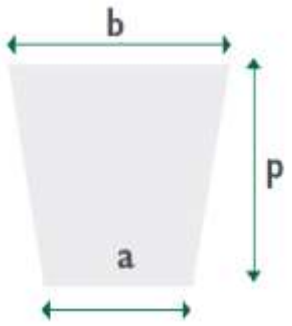
(Marti Herrero, 2008) Propone unas dimensiones de zanja a partir del ancho del rollo como se observa en la tabla 10.

**Tabla 12:** Dimensiones de la zanja según el ancho del rollo.

| AR (m) | 2 | 1,75 | 1,5 | 1,25 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| a (m) | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| b (m) | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| p (m) | 1 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,6 |

**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

**Ilustración 7:** Ilustración de la dimensión y forma de la zanja.




**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

De la tabla 10 se extrae los valores de a, b y P (0,50m, 0,70m y 0,80m respectivamente) que corresponden a la base menor, base mayor y altura del perfil trapezoidal de la zanja.

**Tabla 13:** Dimensiones de la zanja.

| A | B | P | L |
|---|---|---|---|
| 0,5 m | 0,7 m | 0,8 m | 7,2 m |

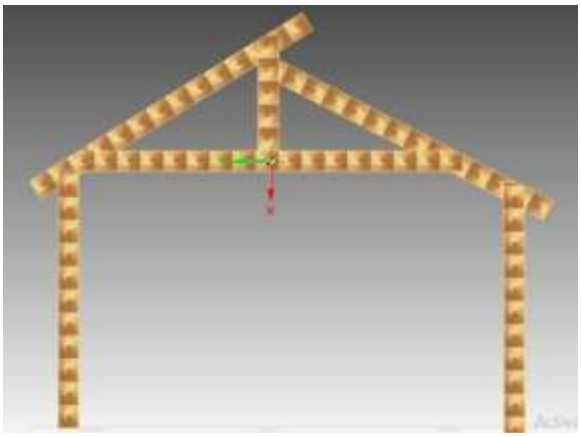
**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

**9.3.2.2. Diseño del umbráculo.**

El umbráculo cumple dos funciones principales, la primera es aislar térmicamente el biodigestor y la segunda es protegerlo de la lluvia, el viento y los animales. El diseño del umbráculo, además de cumplir estas dos funciones, debe ser económico, fácil de construir y debe permitir a las personas interactuar con la bolsa y las demás partes que compongan el biodigestor.

Para lograr aislar térmicamente el biodigestor se debe aprovechar el efecto invernadero que se produce al interior del umbráculo, para esto se debe construir una estructura que rodee la zanja y que este recubierta de un material que retenga los rayos solares (vidrio o plástico de invernadero). De entrada, se decidió fabricar el umbráculo con madera y plástico de invernadero (polietileno calibre 8 con filtro solar > 400nm) (Infoagro Systems, S.L., 2017) ya que estos materiales son económicos y versátiles a la hora de ser ensamblados. (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

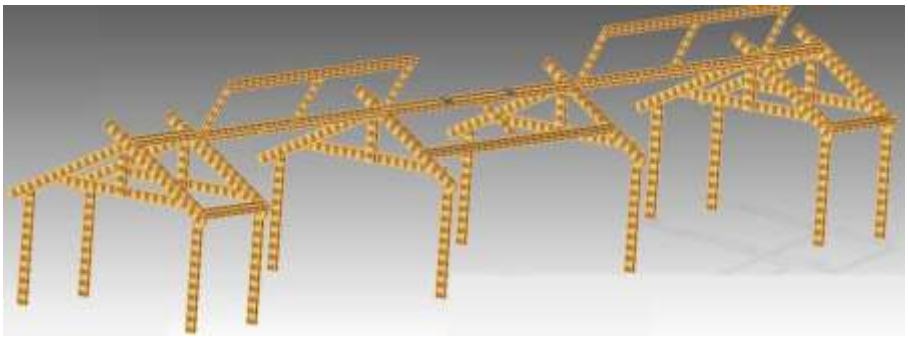
**Ilustración 8:** Vista lateral de la cercha.



**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

En la figura 2 se muestra el perfil del umbráculo o cercha, este diseño se usa tradicionalmente en la construcción de invernaderos ya que es muy sencillo de fabricar y resiste fuertes corriente de viento.

**Ilustración 9:** Rediseño del umbráculo.



**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

### 9.3.3. FASE DE CONSTRUCCION[2]

La etapa de construcción se basó en "*La guía de diseño y manual de instalación"* del profesor Jaime Martí reseñada anteriormente en este documento. Sin embargo, se presentaron problemas en los diferentes momentos de la construcción que generalmente se refirieron a la falta de experiencia de los autores, el tiempo para una construcción constante, la falta de recursos económicos y el clima. También hubo algunas inconsistencias en el diseño las cuales fueron corregidas satisfactoriamente gracias a las consultas y asesorías que se recibieron por parte de personas experimentadas en construcción. (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017).

[2] **Nota**: En esta fase tomaron los criterios de construcción del libro (DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE HECES CANINAS) (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017) ya que aplicaba para esta monografía.

#### 9.3.3.1. Excavación

La construcción de la zanja se refiere principalmente a la excavación del terreno. Las primeras herramientas que se usaran son la pica y la pala, hay que resaltar que durante la excavación se puede encontrar subsuelo pedregoso así que hay que tener las herramientas adecuadas.

La primera acción que se realizara es delimitar la zanja con cuerdas y estacas, en adelante con la barra, la pica, la pala, la cuña y la almádena se excavara adecuadamente.

#### 9.3.3.2. Recubrimientos

Terminada la excavación de la zanja, se debe hacer una limpieza retirando todas las piedras y objetos extraños que pudieran dañar la bolsa para posteriormente recubrir la zanja con arena, plásticos tipo plotter y geotextil respectivamente.

- **Arena Fina.**

Se utilizaran aproximadamente 3 carretillas de arena fina para recubrir el fondo de la zanja, esta se debe repartir uniformemente con una escoba.

Para comprobar que la cama de arena este uniformemente repartida se debe nivelar con un nivel de gota. Para nivelar a lo largo de la zanja, se coloca un palo de 4cm x 4cm y 1m de largo sobre la cama de arena y encima del palo se coloca el nivel, la arena debe moverse conforme va indicando el nivel.

**Ilustración 10:** Nivelación del ancho de la cama de arena.



**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

- **Plástico tipo Plotter.**

Se usa plástico plotter para evitar que las piedras de la zanja entren en contacto directo con la bolsa, la literatura no específica cual es el material más adecuado para esta operación, pero si dice que el material tiene que ser suficientemente grueso para proteger la bolsa de cualquier objeto cortopunsante.

Las láminas de  plotter se fijan con estacas de 20 cm de largo, clavándolas en las esquinas de cada lámina. Una de las dificultades que pueden surgió es que al recubrir el área del plano inclinado se pueden producir arrugas que pueden comprometer el ángulo del talud de la zanja.

**Ilustración 11:** Recubrimiento plotter completo.



**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017)

- **Geotextil.**

El geotextil es un tejido de fibras que tiene dos direcciones (trama y urdimbre) este sirve para retener humedad y para proporcionar una superficie de contacto suave entre la zanja y la bolsa. (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017).

**Ilustración 12:** Recubrimiento con geotextil.



**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017).

### 9.3.3.3. Construcción del Umbráculo

Para este se recomienda cortar las puntas sobrantes de los travesaños, viga y columna de la cercha que puedan rasgar o generar arrugas en el plástico invernadero, También se recomienda el uso de aceite quemado para recubrir la superficie de los parales que se introducen en la tierra, con ello se evita que la madera sea carcomida por insectos o por la humedad del terreno.

El umbráculo se construye con madera eucalipto de 4 cm x 8 cm. De estos se cortaran los travesaños, vigas y columnas de las cerchas, se unirán con puntillas, se recubrirán con aceite quemado, se enterraran y se taparan con piedra y tierra pisada.

Se debe construir 6 cerchas y se instalaran de la misma forma en la zanja para darle mayor estabilidad a la estructura.

Luego se instalaran dos puertas correderas con madera de pino de 4 cm x 4 cm y dos juegos de correderas full station para deslizar la puerta. Las puertas correderas se fabricaran y luego se instalaran por comodidad, el marco de las puertas se clava a las cerchas.

**Ilustración 13:** Puertas correderas (abierta) y puertas bisagras instaladas en las cerchas.

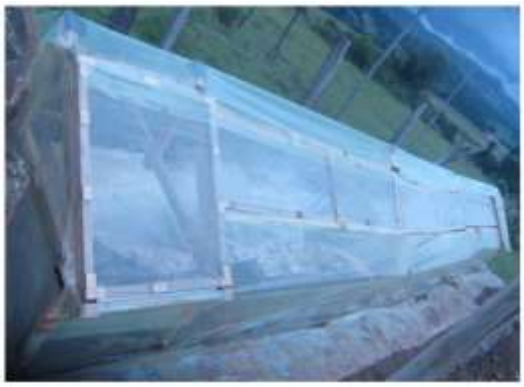


**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017).

Teniendo instaladas las puertas, se procede a fijar el plástico invernadero. Lo primero que se hace es desenrollarlo y estirarlo a lo largo sobre las cerchas. Después se estira a lo ancho, se verificaran las medidas establecidas y se procede a fijar el plástico con listones de madera MDF. Luego, se templa desde la cercha de la entrada hasta la cercha de la salida.

Por último, se plastifica los extremos y la parte frontal del umbráculo asegurándose de que quede plástico sobrante sobre el suelo para posteriormente hacer el canal perimetral para aguas lluvias.

**Ilustración 14:** Umbráculo totalmente plastificado.



**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017).

### 9.3.3.4. Construcción de la Bolsa

El primer paso para construir la bolsa del biodigestor es escoger un terreno libre de piedras o cualquier objeto cortopunzante que pudiera pinchar el polietileno tubular, para ello se tienden los plásticos en el suelo y se fijan con unos troncos de madera.

El polietileno tubular se estira a lo largo del terreno recubierto y se hace una doble manga. Para esto una persona entra al plástico para poder jalar un extremo hacia el extremo final de la bolsa por el interior para poder hacer una “doble manga”.

Para instalar el flanche una persona ingresa al interior del plástico tubular para hacer una abertura muy pequeña, en un punto indicado. Luego se introduce a presión una parte del flanche y después se posicionan los sellos blandos y se aprietan las dos partes rígidas con una llave expansiva o inglesa.

Después se acopla un tubo de 6” al plástico con caucho y por último se lleva la bolsa umbráculo y se instala en la zanja.

**Ilustración 15:** Biodigestor funcionando.



**Fuente:** (Rodríguez Pachón & García Cepeda, 2017).

## 9.4. ASPECTOS TECNICOS DE LAS INSTALACIONES CONEXAS

- La cantidad de movimiento de tierras solo aplica en este caso a la excavación de la zanja y sus medidas esta planteadas en la (Tabla 11) y gráficamente en la (Figura 1) calculando la cantidad de material da un resultado de 3.45$m^3$.
- El relleno con arena fina es de 0.18$m^3$.

- Para la excavación de la zanja no es necesario el uso de maquinaria ya que las medidas son muy pequeñas y estas están propuestas en la (Figura 1) y la (Tabla 11).
- El área donde se construirá el biodigestor tomando en cuenta la construcción del umbráculo 24,84$m^2$.
- Se recomienda ubicar a no menos de 50m las instalaciones del biodigestor

## 10. EVALUACIÓN AMBIENTAL

**Tabla 14:** Acciones del Proyecto.

| Fase del proyecto | Acción | |
|---|---|---|
| | Código | Descripción |
| *CONSTRUCCIÓN* | 1.0 | *ADAPTACION DEL AGUA PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR* |
| | 1.1 | *EXCAVACION DE LA FOSA PARA LA CAMARA DE BIODIGESTION* |
| | 1.2 | *CONSTRUCCION DEL BIODIGESTOR* |
| | 1.3 | *CONSTRUCCION DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL BIOGAS* |
| | 1.4 | *CONSTRUCCION DE LA RED DE EVACUACION DE EFLUENTES* |
| *FUNCIONAMIENTO* | 2.0 | *BIODIGESTION* |
| | 2.1 | *COMPRENSION DEL BIOGAS* |
| | 2.2 | *TRANSPORTE DE BIOGAS HACIA LOS PUNTOS DE CONSUMO* |
| | 2.3 | *ALMACENAMIENTO DE BIOFERTILIZANTE* |
| | 2.4 | *APLICACION DE BIOFERTILIZANTE* |
| | 2.5 | *QUEMADO DE GAS EXCEDENTE* |

**Fuente:** Autores (Oscar Cendales, José Rodríguez)

**Tabla 15:** Factores Ambientales.

| | Factor | |
|---|---|---|
| | **Código** | **Descripción** |
| ***MEDIO*** | 1.0 | *EMISIÓN DE GASES* |
| | 1.1 | *HUMO* |
| | 1.2 | *POLVO* |
| | 1.3 | *OLORES* |
| | 1.4 | *RUIDO* |
| ***FLORA*** | 2.0 | *DIVERSIDAD GENETICA* |
| | 2.1 | *DIVERSIDAD POBLACION* |
| ***FAUNA*** | 3.0 | *HABITAT* |
| | 3.1 | *NIDIFICACION* |
| | 3.2 | *CRIA Y ALIMENTACION* |
| | 3.3 | *CORREDORES MIGRATORIOS* |
| ***R. HIDRICOS*** | 4.0 | *INFILTRACION* |
| | 4.1 | *PERCOLACOLACION DE EFLUENTES* |
| ***SUELOS*** | 5.0 | *MICROBIOLOGIA DE SUELOS* |
| | 5.1 | *NUTRIENTES* |
| | 5.2 | *MATERIA ORGANICA* |
| | 5.3 | *ESTRUCTURA* |
| | 5.4 | *EROSION* |
| ***POBLACION*** | 6.0 | *CALIDAD DE VIDA* |
| | 6.1 | *TASA DE EMPLEO* |
| | 6.2 | *GRADO DE LA CAPACITACION DE LA* |
| | 6.3 | *HIGIENE Y SEGURIDAD* |
| | 6.4 | *RECURSOS CULTURALES* |
| ***INFRAESTRUCTURA ENERGETICA*** | 7.0 | *RIESGOS DE ACCIDENTES* |

**Fuente:** Autores (Oscar Cendales, José Rodríguez)

**Tabla 16:** Evaluación de los Impactos Ambientales.

| IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA LA VEREDA PUERTO TEMBLEQUE (META) | | ACCIONES DEL PROYECTO | CONSTRUCCION | | | | | FUNCIONAMIENTO | | | | | | IMPACTO POR SUBFACTORES | IMPACTO POR FACTORES | IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FACTORES AMBIENTALES | | ADAPTACION DEL AGUA PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR | ESTRATACION DE LA POZA PARA LA CAMARA DE BIODIGESTION | CONSTRUCCION DEL BIODIGESTOR | CONSTRUCCION DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL BIOGAS | CONSTRUCCION DE LA RED DE EVACUACION DE EFLUENTES | BIODIGESTION | COMPRENSION DEL BIOGAS | TRANSPORTE DE BIOGAS HACIA LOS PUNTOS DE CONSUMO | ALMACENAMIENTO DE BIOFERTILIZANTE | APLICACION DE BIOFERTILIZANTE | QUEMADO DE GAS EXCEDENTE | | | |
| MEDIO | EMISION DE GASES | | -4/3 | -4/2 | | | | | | | | | -4/5 | -40 | -253 | 129 |
| | HUMO | | -5/4 | -5/3 | | | | | | | | | -3/4 | -47 | | |
| | POLVO | | -4/4 | -4/2 | | | | | | | | | | -24 | | |
| | OLORES | | -6/7 | -6/5 | | | | -7/3 | | | | -5/5 | | -118 | | |
| | RUIDO | | -4/2 | -4/1 | -2/3 | | | | | -2/3 | | | | -24 | | |
| FLORA | DIVERSIDAD GENETICA | | | -7/4 | | | | | | | | | | -28 | -46 | |
| | DIVERSIDAD POBLACION | | | -6/3 | | | | | | | | | | -18 | | |
| FAUNA | HABITAT | | | -2/6 | | | | | | | | | | -12 | -69 | |
| | NIDIFICACION | | | -3/7 | | | | | | | | | | -21 | | |
| | CRIA Y ALIMENTACION | | | -4/8 | | | | | | | | | | -32 | | |
| | CORREDORES MIGRATORIOS | | | -1/4 | | | | | | | | | | -4 | | |
| R. HIDRICOS | INFILTRACION | | | -6/5 | -4/5 | | | | | | | | | -50 | -50 | |
| | PERCOLACOLACION DE EFLUENTES HACIA LA NAPA FREATICA | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| SUELOS | MICROBIOLOGIA DE SUELOS | | -3/5 | -4/4 | -4/5 | | | | | | | | | -51 | -168 | |
| | NUTRIENTES | | -5/3 | -3/7 | -3/5 | | | | | | | | | -51 | | |
| | MATERIA ORGANICA | | | -5/4 | | | | | | | | | | -20 | | |
| | ESTRUCTURA | | | -4/7 | | | | | | | | | | -28 | | |
| | EROSION | | | -3/6 | | | | | | | | | | -18 | | |
| POBLACION | CALIDAD DE VIDA | | | | 7/8 | | | 8/8 | | | | | | 120 | 745 | |
| | TASA DE EMPLEO | | 7/6 | 7/5 | 7/6 | 6/4 | 6/6 | | | | | | | 179 | | |
| | GRADO DE LA CAPACITACION DE LA MANO DE OBRA | | 6/5 | | 5/5 | 4/3 | 5/5 | 7/2 | | | | | | 106 | | |
| | HIGIENE Y SEGURIDAD | | 8/5 | | 8/4 | | | 7/5 | | | | | | 107 | | |
| | RECURSOS CULTURALES | | 7/6 | | 7/6 | 6/5 | 4/7 | 6/4 | | 5/4 | 4/3 | 7/5 | | 233 | | |
| | INFRAESTRUCTURA ENERGETICA: RIESGOS DE ACCIDENTES | | | | | | | | -6/5 | | | | | -30 | -30 | |

**Fuente:** Autores (Oscar Cendales, José Rodríguez)

## 11. ANALISIS DE RESULTADOS

**Tabla 17:** Descripción de los efectos de las acciones sobres los factores.

| Acción | Factor | Descripción |
|---|---|---|
| 1.0 | 1.0 | *Contaminacion por los gases emitidos por los escapes de la maquinaria utilizada, gases que despues se acumularan en la atmósfera.* |
| | 1.1 | *Disminución del confort de los trabajadores por el humo emitido por los escapes de la maquinaria utilizada.* |
| | 1.2 | *Disminución del confort de los trabajadores por el polvo producido en las operaciones de adaptación de la laguna.* |
| | 1.3 | *Aumento del confort de los trabajadores, de la familia y vecinos por eliminación de emanación de olores desagradables por adaptación de lagunas para funcionar como cámara de carga del biodigestor.* |
| | 1.4 | *Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el ruido emitido por la maquinaria utilizada.* |
| | 5.0 | *Alteración de la composición microbiológica del suelo debido a la impermeabilización del piso de la laguna.* |
| | 5.1 | *Disminución del contenido y producción de nutrientes debido a la impermeabilización del piso de la laguna.* |
| 1.1 | 1.0 | *Contaminación por gases emitidos por los escapes de la maquinaria utilizada, gases que luego se acumularán en la atmósfera.* |
| | 1.1 | *Disminución del confort de los trabajadores por el humo emitido por los escapes de la maquinaria utilizada.* |
| | 1.2 | *Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el polvo producido por la maquinaria utilizada y la tierra removida en la excavación.* |
| | 1.3 | *Aumento del confort de los trabajadores, de la familia y vecinos por eliminación de emanación de olores desagradables por adaptación de lagunas para funcionar como cámara de carga del biodigestor.* |
| | 1.4 | *Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el ruido emitido por la maquinaria utilizada.* |
| | 2.0 | *Disminución de la diversidad genética vegetal por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.* |
| | 2.1 | *Disminución de la diversidad de poblaciones vegetales por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.* |
| | 3.0 | *Destrucción de hábitat de especies vegetales y animales.* |
| | 3.1 | *Disminución de la nidificación de especies animales por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.* |
| | 3.2 | *Disminución de la cría y alimentación de especies animales por remoción de capas de suelo y destrucción de la vegetación existente.* |
| | 3.3 | *Destrucción de corredores migratorios de especies animales.* |
| | 4.0 | *Disminución de la infiltración por destrucción de la cubierta vegetal.* |
| | 5.0 | *Alteración de composición microbiológica de los suelos debido a la remoción de capas de suelo.* |
| | 5.1 | *Disminución del contenido de nutrientes debido a la remoción de capas de suelo.* |
| | 5.2 | *Disminución del contenido de materia orgánica por remoción de capas de suelo.* |
| | 5.3 | *Alteración de la estructura del suelo por remoción de capas de suelo.* |
| | 5.4 | *Aumento del peligro de erosión por remoción de capas de suelo.* |
| | 6.1 | *Aumento temporario de la tasa de empleo.* |
| 1.2 | 1.4 | *Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el ruido emitido por las operaciones de construcción.* |
| | 4.0 | *Disminución de la infiltración por presencia de l biodigestor* |
| | 5.0 | *Alteración de composición microbiológica del suelo por presencia del biodigestor.* |
| | 5.1 | *Disminución de la producción de nutrientes debido a presencia del biodigestor.* |
| | 6.0 | *Aumento del valor de la tierra de terrenos aledaños por instalación de una tecnología que disminuye la contaminación.* |
| | 6.1 | *Aumento temporario de la tasa de empleo.* |
| | 6.2 | *Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para la construcción del biodigestor.* |
| | 6.3 | *Aumento de la higiene y seguridad por construcción del biodigestor.* |
| | 6.4 | *Aumento de recursos culturales por instalación de una tecnología que disminuye la contaminación.* |
| 1.3 | 6.1 | *Aumento temporario de la tasa de empleo.* |
| | 6.2 | *Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para a la construcción de la red de distribución de biogás.* |
| | 6.4 | *Aumento de la higiene y seguridad por construcción de la red de distribución de biogás.* |
| 1.4 | 6.1 | *Aumento temporario de la tasa de empleo.* |
| | 6.2 | *Aumento de la capacitación de los trabajadores necesarios para a la construcción de la red de evacuación de efluentes.* |
| | 6.4 | *Aumento de la higiene y seguridad por construcción adecuada de la red de evacuación de efluentes.* |
| 2.0 | 1.3 | *Eliminación de emanación de olores desagradables por el proceso de digestión anaeróbica de los efluentes porcinos.* |
| | 6.0 | *Aumento del valor de la tierra de terrenos aledaños por funcionamiento de una tecnología de tratamiento de efluentes que contribuye a disminuir la contaminación.* |
| | 6.2 | *Aumento de la capacitación de los trabajadores permanentes para la operación del sistema de biodigestión.* |
| | 6.3 | *Aumento de recursos culturales por funcionamiento de una tecnología de tratamiento de efluentes que contribuye a disminuir la contaminación.* |
| | 6.4 | *Aumento de la higiene y seguridad por digestión anaeróbica de los efluentes porcinos.* |
| 2.1 | 7.0 | *Riesgo de accidentes energéticos asociados a la compresión de biogás.* |
| 2.2 | 1.4 | *Disminución del confort de los trabajadores dentro de la sala de comandos por el ruido emitido por el motogenerador.* |
| | 6.4 | *Aumento de la higiene y seguridad por generación de corriente eléctrica utilizando biogás.* |
| 2.3 | 6.4 | *Aumento de la higiene y seguridad por almacenamiento de biofertilizante inocuo.* |
| 2.4 | 1.3 | *Aumento del confort de los trabajadores y de la familia por ausencia de olores desagradables por aplicación de biofertilizante inocuo.* |
| | 6.4 | *Aumento de la higiene y seguridad por aplicación de biofertilizante inocuo.* |
| 2.5 | 1.0 | *Contaminación por gases de efecto invernaderoemitidos por la quema de biogás excedente, gases que luego se acumularan en la atmósfera.* |
| | 1.1 | *Disminución del confort de los trabajadores y de la familia por el humo producido por la quema de biogás excedente.* |

**Fuente:** Autores (Oscar Cendales, José Rodríguez)

## 12. GLOSARIO

**RESIDUOS.** Son cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su generador, no utilizado por la actividad principal, pero susceptible de ser utilizado posteriormente de forma externa o interna. (Bogota Torres, Diaz Ricardo, & Ramos Ocampo, 2008)

**RESIDUOS SÓLIDOS.** Es el material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, por ende el dueño se convierte en generador de residuos. Desde el punto de vista legislativo lo más complicado respecto a la gestión de residuos, es que se trata intrínsecamente de un término subjetivo, que depende del punto de vista de los actores involucrados (esencialmente generador y fiscalizador). (Collazos, 1998)

A los residuos se les considera un contaminante cuando por su cantidad, composición o particular naturaleza sea de difícil integración a los ciclos, flujos y procesos ecológicos normales. Los residuos sólidos cada vez aumentan más y cada vez tiene menos contenidos biodegradables y más contaminantes peligrosos.

Constituyen un problema medioambiental desde el momento en que su generación alcanza volúmenes importantes, producto de la actividad doméstica, comercial y de servicios, así como los procedentes de la limpieza de calles, parque y jardines. (Bogota Torres, Diaz Ricardo, & Ramos Ocampo, 2008)

**FACTORES AMBIENTALES.** Para mantener un sistema de tratamiento anaerobio que estabilice eficazmente un residuo orgánico, las bacterias no metanogénicas y metanogénicas deben estar en un estado de equilibrio dinámico. Para establecer y mantener tal estado, los

contenidos del reactor deberían estar libres de oxígeno disuelto y de concentraciones inhibidoras de amoniaco libre y de constituyentes como metales pesados y sulfitos. También, el pH del ambiente acuoso debería variar entre 6,5 y 7,5. Asimismo la alcalinidad será suficiente para asegurar que el pH no caerá por debajo de 6,2, porque las bacterias de metano no pueden funcionar por debajo de este umbral. Cuando se realice la digestión adecuadamente, la alcalinidad normalmente variará de 1.000 a 5.000 mg/1 y los ácidos grasos volátiles estarán por debajo de 250 mg/1. Los valores de la alcalinidad y de los ácidos grasos volátiles en el proceso de digestión anaerobio de sólidos en altas concentraciones pueden ser tan altos como 12.000 y 700 mg/1, respectivamente. Una cantidad suficiente de nutrientes, tales como nitrógeno y fósforo, también han de estar disponibles para asegurar el crecimiento correcto de la comunidad biológica. Según la naturaleza de los fangos o de residuos que van a digerirse, quizás también se requerirán factores de crecimiento. Otro parámetro ambiental importante es la temperatura. Las gamas de temperaturas óptimas son las mesofílicas, 30 a 38.C (85 a l00.F) y las termofílicas, 55 a 60.C (131 a 140.F). (Tchobanoglous, 1994)

**PRODUCCIÓN DE GAS.** Puede describirse la transformación anaerobia general de residuos sólidos mediante la siguiente ecuación:

Materia orgánica + H20 + Nutrientes -+ Células nuevas + Materia orgánica resistente + CO2 + CH4 + NH3 + H2S + Calor

En operaciones donde los residuos sólidos han sido mezclados con fangos de aguas residuales, se ha encontrado que el gas recogido de los digestores contiene entre el 50% y 60% de metano. También se ha encontrado que aproximadamente se producen de 0,6 a 1 m3 de gas por Kg. de sólidos volátiles biodegradables destruidos. (Tchobanoglous, 1994)

**CLASES DE BIODIGESTORES.** En general se definen de dos tipos según la forma de llenado:

1. **De flujo discontinuo:** Son llamados también de bache. Son llenados una vez y vaciados después que se termina la producción de gas. Se utilizan para experimentos o cuando no se dispone de una cantidad constante de materia orgánica.
2. **De flujo continuo**: Se requiere una carga y descarga constante.

- De estructura sólida. Utilizan para la construcción de la cámara de digestión y de almacenamiento, materiales rígidos como bloques de ladrillo y cemento.
    - Sólida fija: Tiene una sola cámara de digestión y almacenamiento de gas. Soporta altas presiones.
    - Sólida móvil. O llamados de campana, la cual flota y permite mantener una presión constante del gas. Estos dos últimos tipos de construcción son costosos y requieren mano de obra calificada. Los de campana necesitan un buen mantenimiento que evite su corrosión.
- De estructura flexible. En términos generales consisten de una cámara de digestión cilíndrica horizontal de algún material flexible, impermeable a gases y líquidos. De este tipo es el que está montado en las fincas.
- De plástico de flujo continuo. Por su bajo costo, su facilidad de construcción y montaje y la sencillez del manejo, este es el tipo de biodigestor que mejor se acomoda a las condiciones de las fincas de nuestro medio rural. (Bogota Torres, Diaz Ricardo, & Ramos Ocampo, 2008)

**ESTIÉRCOL.** Es el nombre con el que se denominan los excrementos animales. En ocasiones estos elementos se utilizan para fertilizar los cultivos. En ocasiones el estiércol está constituido por excrementos de animales y restos de las camas, como sucede con la paja.

En agricultura se emplean principalmente los estiércoles de oveja, cabra, de ganado vacuno, de caballo, de gallina, murciélago. (Bogota Torres, Diaz Ricardo, & Ramos Ocampo, 2008)

El manejo del estiércol animal se define como un proceso de toma de decisiones que apunta a combinar la producción agrícola rentable con pérdidas mínimas de nutrientes del estiércol, tanto en el presente como en el futuro. El buen manejo del estiércol minimizará los efectos negativos y estimulará los efectos positivos sobre el medio ambiente. La emisión de gases y el lavado de nutrientes, la materia orgánica y los olores tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente.

La contribución del estiércol a la nutrición de las plantas y a la acumulación de materia orgánica en el suelo es considerada como efecto positivo. Un efecto positivo indirecto es que el uso del estiércol puede ahorrar recursos no renovables usados en la producción de fertilizantes inorgánicos. (Bogota Torres, Diaz Ricardo, & Ramos Ocampo, 2008)

**BIOGÁS.** El biogás es un gas inflamable producido por microorganismos cuando las materias orgánicas son fermentadas dentro de determinados límites de temperatura, humedad y ácidos en un ambiente impermeable del aire. El metano, principal componente del biogás no tiene olor, color, sabor, pero los otros gases presentes le confieren un ligero olor de ajo o de huevo podrido. (Mesa & Mesa, 1999)

**COMO SE PRODUCE EL BIOGÁS.** Cuando se descomponen las materias vegetales y el estiércol, desprenden un gas que se puede recoger y utilizar. Existe un grupo de microorganismos que al actuar sobre desechos orgánicos, sean vegetales o animales, producen una mezcla de gases que en conjunto han recibido el nombre de biogás. Dichos organismos son anaeróbicos estrictos, es decir solamente pueden vivir y proliferar en un medio exento de aire y, por lo tanto de oxigeno (fermentación anaeróbica).

El biogás se produce por la fermentación de bacterias que se descomponen en ausencia de aire, el material orgánico; el material inorgánico no sufre modificación alguna en el proceso de fermentación. (Mesa & Mesa, 1999)

**MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.**

- Restos de Cultivo: En toda población del sector rural existen restos de cultivo para el abastecimiento del biodigestor. El problema está en que estos productos generalmente contienen residuos ingeribles (entre ellos la lignina) El empleo correcto de plantas que no contengan lignina como el cactus, algas y frutas.
- Estiércol: El Estiércol tiene la ventaja de ser recolectado con facilidad pero debe mezclarse bien con agua además de producir biogás es buen fertilizante rico en nitrógeno.
- Heces: Constituye un excelente material, pero son de difícil captación.

Se ha demostrado en realidad que la fermentación con un solo tipo de material no da resultado. Es conveniente para acelerar el ritmo de la fermentación hacer una pre-fermentación con la materia orgánica, antes de colocarse en el biodigestor, sobre todo el material fibroso como la paja, grama y paica del maíz debido a que la descomposición de estos materiales es muy tardía y si se coloca muy temprano esta flotaría en la planta.

Un dato importante de mencionar es que las cantidades iguales de desechos del cultivo producen más biogás que los desechos de los animales. (Cuervo, Cardozo, & Piñeros, 2007)

**RIESGOS.** Ingestión: Puede causar daños graves y permanentes al sistema gastrointestinal.
Inhalación: Irritación con pequeñas exposiciones, puede ser dañino o mortal en altas dosis.
Piel: Peligroso. Los síntomas van desde irritaciones leves hasta úlceras graves.
Ojos: Peligroso. Puede causar quemaduras, daños a la córnea o conjuntiva. (Bogota Torres, Diaz Ricardo, & Ramos Ocampo, 2008)

**ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD.** La carga orgánica tiene mucha importancia para calcular la composición de los lixiviados.
Índice de Biodegradabilidad = DBO / DQO

<0.2 Biodegradable → Tratamiento fisicoquímico
0.2 > 0.4 Biodegradable → Tratamiento Biológico
> 0.4 Muy Biodegradable → Tratamiento Biológico

Los parámetros más importantes para ello, son la DQO y la DBO5. Adicionalmente la relación DBO5/DQO denominada índice de biodegradabilidad, refleja el grado de degradación de los lixiviados y con ello los procesos de reacción bioquímica. La fase acidogénica está caracterizada por valores del índice de biodegradabilidad > 0.4, mientras que los valores del mismo índice para la fase metanogénica son < 0.1, lo que indica que las sustancias orgánicas tienen problemas para

continuar su degradación. Este resultado es relevante para elegir el método de tratamiento para los lixiviados, en especial tiene influencia en la velocidad de degradación. (Mendez, 2002)

# 13. BIBLIOGRAFÍA


AMBIENTE, C. M. (1996). Actuaciones en infraestructuras para la gestión de. En C. M. AMBIENTE, *Actuaciones en infraestructuras para la gestión de* (págs. 11-12 p). Bogota D.C.: Centro de publicaciones secretaria general técnica.

Bogota Torres, J., Diaz Ricardo, S. Y., & Ramos Ocampo, P. (2008). MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE DOS BIODIGESTORES ANAEROBIOS. En J. Bogota Torres, S. Y. Diaz Ricardo, & P. Ramos Ocampo, *MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE DOS BIODIGESTORES ANAEROBIOS* (pág. 29 p). Bogota D.C.: Universidad Manuela Beltran, Facultad de Ingenieria Ambiental.

Castillo, E., Cristancho, D., & Arellano, V. (2003). Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. *Revista colombiana de biotecnología*, 11-22.

Collazos, H. (1998). Residuos Solidos. En H. Collazos, *Residuos Solidos* (págs. 3-8). Bogota D.C.: Acodal.

COLOMBIA, F. N. (1993). *El maravilloso mundo del abono orgánico. 3 ed. Gerencia de producción y desarrollo.*

Cuervo, A., Cardozo, R., & Piñeros, N. (2007). *Dimensionamiento de un biodigestor para el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados en la central de mercado Plaza Kennedy en.* Bogotá D.C.: Universidad Manuela Beltrán. Facultad de Ingeniería.

Jara, A. (6 de Marzo de 2017). *prezi*. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de www.prezi.com: https://prezi.com/ksj7ris52knv/elaboracion-e-interpretacion-de-la-matriz-de-leopold/

Lopez, G. (2003). Biodigestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. *Tecnura vol. 7*, 31-41.

López, G. (2008). *Producción de Biogás a partir de RSU.* Bogota D.C.: UD Editorial.

Mariscal Landín, G. (2007). *TRATAMIENTO EXCRETAS CERDOS.* CENID Fisiología, INIFA.

Marti Herrero, J. (2008). *Biodigestores Familiares: Guía de diseño y manual de instalación.* La Paz - Bolivia: Corporación Técnica Alemana GTZ.

Mendez, R. I. (2002). Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario. *Ingeniería revista académica*, 7-11.

Mesa, J., & Mesa, O. (1999). *Biodigestores.* Bogota: Fundación para la biodiversidad.

Okoroigwe, E., & Ibeto, C. (2010). *Comparative study of the potential of the dog waste for biogas production.* Nigeria: Academic Journals.

Rendel, L. I. (5 de Junio de 2014). *www.infodigestor.blogspot.com.co.* Recuperado el 10 de Abril de 2018, de www.infodigestor.blogspot.com.co: www.infodigestor.blogspot.com.co/2014/06/historia-de-los-biodigestores.html

Rodríguez Pachón, D. A., & García Cepeda, A. F. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE HECES CANINAS.* BOGOTÁ, D.C: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Rodríguez, J. (29 de 05 de 2014). *Contextoganadero*. Recuperado el 11 de 04 de 2018, de Contextoganadero: http://www.contextoganadero.com/agricultura/biodigestores-tecnologia-para-reducir-contaminacion-en-hatos-agropecuarios

Tchobanoglous, G. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. En G. Tchobanoglous, *Gestión integral de residuos sólidos* (págs. 757-767). Bogota D.C.: Mc Graw- Hill.

Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual del Biogás.* Santiago de Chile: Ministeria de Energia.