

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO SOSTENIBLE DE ENERGÍA  
RENOVABLE A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA EN LA FINCA LAS BRISAS,  
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE PUERTO RICO (META)**

**JUAN PABLO FORERO MENDIETA**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS  
BOGOTÁ D.C.  
2020**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO SOSTENIBLE DE ENERGÍA  
RENOVABLE A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA EN LA FINCA LAS BRISAS,  
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE PUERTO RICO (META)**

**JUAN PABLO FORERO MENDIETA**

**Monografía para optar por el título de Especialista en Gerencia de Empresas**

**Orientador**

**GUSTAVO ADOLFO DÍAZ VALENCIA**

Doctor en el riesgo de mercado y su incidencia en los portafolios de inversión de las economías domésticas, caso adquisición de vivienda y activos financieros

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS  
BOGOTÁ D.C.  
2020**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del Director de la Especialización

\_\_\_\_\_  
Firma del Calificador

Bogotá, D.C., Julio 2020

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Marcel Hofstetter Gascon

Director del Especialización en Gerencia de Empresas

Dr. José Andrés Rueda

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor

## DEDICATORIA

El proyecto está dedicado a dos seres especiales en mi vida. Mi padre, quien con mucho amor me ha apoyado durante mi formación, a través de su confianza me convierto en un especialista de rectitud. Aprovecho este espacio para decirle que el amor que siento hacia él, trasciende cualquier dimensión y que espero poder darle más motivos para sentirse orgulloso. A mi madre, a quien veo como la ficha que le hace falta a mi rompecabezas, me impulso con sus palabras, con su comprensión apoyó todas mis decisiones y a quien le agradezco por haberme concebido para luchar y obtener victorias como esta.

También se lo dedico a mi hermano, quien me motiva a ser su mayor ejemplo y a quien le vivo recordando mi amor a través de las experiencias de mi vida. Siempre que se tenga fuerza de voluntad, ningún obstáculo será limitante para alcanzar tus sueños y ser feliz.

Siempre6

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, Jehová, por darme la sabiduría, las competencias y el lenguaje para enriquecer dicho documento.

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional y por el afán de inculcar valores que permitan marcar la diferencia en la sociedad. A mi padre por apoyarme incondicionalmente en mi proyecto de mi vida, por ser el motor de mis aspiraciones.

Le agradezco al propietario de la finca Las Brisas por confiar en mis conocimientos y por ver en mí una herramienta de valor para este proyecto. Le agradezco a la institución Fundación Universidad de América por complementar mi formación y por permitir alcanzar la meta que trace en mi infancia.

## CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	20
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
<b>2. ANALISIS COMPARATIVO DE MODELOS EXISTENTES DE ENERGIA RENOVABLE</b>	<b>22</b>
2.1 ENERGÍA RENOVABLE	22
2.2 MODELOS DE ENERGÍA RENOVABLE	26
2.2.1 Celda fotovoltaica	27
2.2.2 Aerogenerador	29
2.2.3 Micro central hidroeléctrica	31
2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO	33
<b>3. DIAGNÓSTICO DE LA FINCA LAS BRISAS</b>	<b>35</b>
3.1 ANÁLISIS PESTAL COLOMBIA	35
3.2 ANÁLISIS DEL SUBSECTOR AGRÍCOLA EN EL META	38
3.2.1 Localización geográfica	40
3.2.2 Componentes abióticos	41
3.2.2.1 Clima	41
3.2.2.2 Geología	41
3.2.2.3 Geomorfología	41
3.2.2.4 Temperatura	41
3.2.2.5 Hidrología	42
3.2.3 Componentes bióticos	42
3.2.3.1 Flora	42
3.2.3.2 Fauna	42
3.2.4 Actividad productiva	42
3.3 MATRIZ DE ANÁLISIS DOFA	45
<b>4. FORMULAR PROTOTIPO DE MODELO DE ENERGIA RENOVABLE</b>	<b>47</b>
4.1 BIOGÁS	47
4.2 BIODIGESTOR	50
4.3 FUNCIONAMIENTO	50
4.4 COMPONENTES DE UN BIODIGESTOR	52
4.4.1 Reactor	52
4.4.2 Entrada del afluente	52
4.4.3 Salida del efluente	52
4.4.4 Extracción de lodos	53



4.4.5	Sistema de gas	53
4.4.5.1	Cúpula de gas	53
4.4.5.2	Válvulas de seguridad y rompedora de vacío	53
4.4.5.3	Apagallamas	53
4.4.5.4	Válvulas térmicas	53
4.4.5.5	Separadores de sedimentos	53
4.4.5.6	Purgadores de condensado	54
4.4.5.7	Medidores de gas	54
4.4.5.8	Manómetros	54
4.4.5.9	Reguladores de presión	54
4.4.5.10	Almacenamiento del gas	54
4.4.5.11	Quemador de gases sobrantes	54
4.4.6	Muestreador	54
4.4.7	Sistema de calentamiento del biodigestor	54
4.5	TIPOS DE BIODIGESTOR	55
4.5.1	Biodigestor de baja velocidad	55
4.5.2	Biodigestor de alta velocidad	55
<b>5. ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR EL MODELO DE ENERGIA RENOVABLE</b>		57
<b>6. CONCLUSIONES</b>		65
<b>7. RECOMENDACIONES</b>		66
BIBLIOGRAFÍA		67

## LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Cuadro comparativo de modelos de energía renovable	30
Cuadro 2. PESTAL Colombia	32
Cuadro 3. Matriz DOFA	43

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Proceso de generación de energía eléctrica en celda fotovoltaica.	25
Figura 2. Ranking de países por potencia instalada acumulada en MW28.	28
Figura 3. Ubicación Puerto Rico (Meta)	38
Figura 4. Registro de la industria de palma africana en el departamento del Meta.	42
Figura 5. Fermentación anaeróbica de glucosa en etanol.	47
Figura 6. Funcionamiento biodigestor	49
Figura 7. Biodigestor.	50
Figura 8. Clasificación de biodigestores anaeróbicos	54

## LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Propiedades generales del biogás	46
Tabla 2. Composición biogás según la fuente de producción orgánica.	46
Tabla 3. Censo poblacional recurso humano finca Las Brisas	56
Tabla 4. Censo poblacional obtención de excretas	58
Tabla 5. Potencial de generación de biogás	60
Tabla 6. Cotización biodigestor	61
Tabla 7. Consumo servicio de gas finca Las Brisas	62
Tabla 8. Calculo de indicadores financieros.	62
Tabla 9. Calculo de indicadores financieros por cotización.	63

## GLOSARIO

**AEROGENERADOR.** De acuerdo al portal Acciona<sup>1</sup>, es un aerogenerador es un dispositivo que convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Las palas de un aerogenerador giran entre 13 y 20 revoluciones por minuto, según su tecnología, a una velocidad constante o bien a velocidad variable, donde la velocidad del rotor varía en función de la velocidad del viento para alcanzar una mayor eficiencia.

**AMENAZAS.** “Son los acontecimientos externos del negocio en la mayoría de las veces incontrolables por el dueño y personal de la empresa analizada”<sup>2</sup>.

### **BIOCOMBUSTIBLE.**

En un tipo de energía renovable, ya que están producidas a partir de biomasa vegetal, y más limpia que los combustibles fósiles. Son producidos a partir de productos vegetales, como caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha azucarera, maíz, madera y celulosa, para producir etanol y, de los aceites vegetales de palma, girasol, soya y colza, entre muchos otros, y de grasas y sebo de origen animal, para producir biodiesel<sup>3</sup>.

**BIODIGESTOR.** Un biodigestor es una alternativa a la autosuficiencia energética y a los biofertilizantes. Se trata de una manera de aprovechar los propios residuos para crear una fuente energética a través de una cámara hermética. Se encarga de transformar los distintos tipos de residuos en biogás, el cual se puede aprovechar y utilizar de la misma manera que el gas convencional o energía eléctrica.

**BIOGÁS.** “Es un gas combustible que se produce por la biodegradación de la materia orgánica, está constituido por el 50-80% de metano, 30-50% de dióxido de carbono y el 2% de otros gases. Se hace necesario identificar los procesos involucrados para la obtención de biogás y las ventajas del mismo”<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> ACCIONA. Aerogeneradores. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/>

<sup>2</sup> MOVISTAR. Qué es el análisis DOFA y cómo va a ayudar a tu empresa. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Emprendimiento, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://destinonegocio.com/co/emprendimiento-co/que-es-el-analisis-dofa-y-como-va-a-ayudar-a-tu-empresa/>

<sup>3</sup> BETA ANALYTIC. ¿Qué son los biocombustibles? [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.betalabservices.com/espanol/biocombustibles/sobre-los-biocombustibles.html>

<sup>4</sup> ECOINVENTOS. Energías Renovables. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Renovables, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020] Disponible en <https://ecoinventos.com/energias-renovables/>

**BIOMASA.** “Se trata de un tipo de producción de energía más barata, renovable y con menos emisiones por su forma de combustión que consiste en utilizar la materia orgánica como fuente energética” <sup>5</sup>.

**DEBILIDADES.** “Hace referencia a los aspectos internos que de alguna u otra manera no permitan el crecimiento empresarial o que frenan el cumplimiento de los objetivos planteados” <sup>6</sup>.

**ENERGÍA RENOVABLE.** “Son todas aquellas fuentes de energía basadas en la utilización de recursos naturales: el sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, sino recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente” <sup>7</sup>.

**EÓLICA.** “Se considera un recurso renovable, abundante y limpio ya que ni en la captación, ni en la transformación, se emite polución a la atmósfera., se trata de un recurso global y en menor medida predecible. Que consiste en la conversión de e energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire en otras formas de energía con más utilidades, principalmente: energía eléctrica” <sup>8</sup>.

**FACTORES AMBIENTALES.** “Solo basta con entender la conciencia sobre la conservación del medio ambiente, la legislación medioambiental, el cambio climático y variaciones de las temperaturas, los riesgos naturales, los niveles de reciclaje, la regulación energética y los posibles cambios normativos en esta área” <sup>9</sup>.

**FACTORES ECONÓMICOS.** “Comprende el análisis de los datos macroeconómicos tales como la evolución del PIB, las tasas de interés, la inflación, la tasa de desempleo, el nivel de renta, tipos de cambio, el acceso a los recursos, el nivel de desarrollo y los ciclos económicos” <sup>10</sup>.

---

<sup>5</sup> Ibid., Sec. Publicaciones

<sup>6</sup> MOVISTAR. Qué es el análisis DOFA y cómo va a ayudar a tu empresa. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Emprendimiento, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://destinonegocio.com/co/emprendimiento-co/que-es-el-analisis-dofa-y-como-va-a-ayudar-a-tu-empresa/>

<sup>7</sup> ACCIONA. Energías renovables. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.accion.com/es/energias-renovables/>

<sup>8</sup> ECOINVENTOS. Op.Cit.

<sup>9</sup> CEREM INTERNATIONAL BUSINESS SCHOOL. Estudia tu entorno con un PEST-EL. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Emprendimiento, Mayo 15. 2018. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.cerembs.co/blog/estudia-tu-entorno-con-un-pest-el>

<sup>10</sup> Ibid., p. 1p.

**FACTORES LEGALES.** “Es el estudio de toda la legislación que tenga relación directa con el proyecto, información sobre licencias, legislación laboral, propiedad intelectual, leyes sanitarias y los sectores regulados, etc” <sup>11</sup>.

**FACTORES POLÍTICOS.** “Son los aspectos gubernamentales que inciden de forma directa en el sector. Incluyendo las políticas impositivas o incentivos del sector, el sistema de gobierno, tratados internacionales o conflictos internos” <sup>12</sup>.

**FACTORES SOCIALES.** “Su intención es analizar factores como a evolución demográfica, la movilidad social y cambios en el estilo de vida. También el nivel educativo y otros patrones culturales, la religión, las creencias, los roles de género, los gustos, las modas y los hábitos de consumo de la sociedad. En definitiva, las tendencias sociales que puedan afectar el proyecto de negocio” <sup>13</sup>.

**FACTORES TECNOLÓGICOS.** “Hay que conocer la inversión pública en investigación y la promoción del desarrollo tecnológico, la penetración de la tecnología, el grado de obsolescencia, el nivel de cobertura, la brecha digital, los fondos destinados a I+D, así como las tendencias en el uso de las nuevas tecnologías” <sup>14</sup>.

**FORTALEZAS.** “Son todas aquellas características internas del negocio que permitan impulsar al mismo y poder cumplir las metas planteadas” <sup>15</sup>.

**FOTOVOLTAICA.** “La tecnología solar fotovoltaica consiste en la capacidad que tienen algunos materiales de generar electricidad al incidir sobre ellos la radiación solar. El principal material utilizado en la industria fotovoltaica es el silicio, elemento más abundante sobre la tierra después del oxígeno. Durante los últimos años ha crecido el número de fabricantes que utilizan otros materiales semiconductores” <sup>16</sup>.

**HIDRÁULICA.** “Se considera un tipo de energía renovable porque no emite contaminación a la atmosfera. se obtiene de la energía potencial y cinética del agua en corrientes, saltos y presas para luego ser transformada en energía eléctrica” <sup>17</sup>.

---

<sup>11</sup> Ibid., p. 1p.

<sup>12</sup> Ibid., p. 1p.

<sup>13</sup> Ibid., p. 1p.

<sup>14</sup> Ibid., p. 1p

<sup>15</sup> MOVISTAR. Op.Cit.

<sup>16</sup> ECOINVENTOS. Op.Cit.

<sup>17</sup> Ibid., p. 1p

**MATRIZ DE ANÁLISIS DOFA.** “Es una herramienta analítica que permite descubrir cuál es la situación de una empresa o proyecto para, en base al diagnóstico, plantear la estrategia a seguir” <sup>18</sup>.

**MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA.** “Se denomina mini centrales hidroeléctricas a las centrales hidroeléctricas de pequeña potencia, menores de 10 MW, y se tratan aparte porque tienen un ordenamiento administrativo y económico llamado de Régimen Especial, distinto al de las centrales hidroeléctricas clásicas de mayor potencia” <sup>19</sup>.

**MODELO.** “Es un prototipo que sirve de referencia y ejemplo para todos los que diseñan tecnologías de la misma naturaleza. Los modelos cualitativos determinan, de manera general, las relaciones entre diferentes factores o componentes del sistema. Estos modelos no pretenden cuantificar dichas relaciones sino solamente facilitar el entendimiento de cómo funciona el proceso específico” <sup>20</sup>.

**OPORTUNIDADES.** “Hace referencia a los acontecimientos o características externas al negocio que puedan ser utilizadas a favor del empresario para garantizar el crecimiento de su empresa” <sup>21</sup>.

**PESTAL.** “Es una herramienta que facilita la descripción en detalle del contexto en que operan las organizaciones. Además, ayuda a comprender el crecimiento o decrecimiento de un mercado, las barreras y los retos a los que está expuesta la organización” <sup>22</sup>.

**RESIDUOS ORGÁNICOS.** “Se conoce como residuos orgánicos a los desechos provenientes originariamente de algún ser vivo. Se trata de toda la materia que ha venido desde la naturaleza, y que ya no cumple una función definida para las personas, pero por las características que tiene en tanto natural es muy frecuente que se les encuentre una función reutilizable. Lo más habitual es que los residuos

---

<sup>18</sup> MOVISTAR. Op.Cit.

<sup>19</sup> DESCUBRE LA ENERGIA. ¿Qué son las minicentrales hidroeléctricas? [sitio web]. España. ES. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/2013/09/11/que-es-una-minicentral-hidroelectrica/>

<sup>20</sup> CONCEPTODEFINICION.DE. Modelo. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://conceptodefinicion.de/modelo/>

<sup>21</sup> MOVISTAR. Op.Cit.

<sup>22</sup> CEREM INTERNATIONAL BUSINESS SCHOOL. Op.Cit.



orgánicos se orienten a la agricultura o bien a la alimentación y engorde de animales.

**SOLAR.** “Es un tipo de energía renovable que se obtiene de la radiación de luz y calor del Sol, es decir, la radiación electromagnética que emite el Sol es la que se capta a través de diferentes métodos para transformarla posteriormente en energía térmica o electricidad” <sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> ECOINVENTOS. Op.Cit.

## RESUMEN

El presente documento propone al propietario del caso de estudio, finca Las Brisas, una solución auto sostenible que permita mitigar el impacto negativo que tiene la disposición de residuos orgánicos a cielo abierto, de tal manera que permita observar un beneficio económico a través de la tecnología biodigestor. Esto con el fin de ofrecer a toda la comunidad de Puerto Rico (Meta), un modelo de negocio rentable y amigable con el medio ambiente en la región de la Orinoquia. Además, expone la tan denominada transición energética como una necesidad mundial que cada vez se agudiza y, por otro lado, una problemática con la que lidian las nuevas generaciones.

Es un material rico en conocimientos de energías renovables. Inicialmente el marco de referencia expone todas aquellas tecnologías que están a la vanguardia, así como sus principios fundamentales. A través de una herramienta analítica, se contextualizará temas de beneficios y barreras en materia de implementación de energías renovables como modelo de negocio. Más adelante podrán identificar la importancia del sector primario, agricultura, en una economía cíclica y el impacto que ha generado la tecnificación e ingreso de la competencia extranjera en la producción de la tierra. Finalmente, se pone a disposición un portafolio completo de generalidades de la tecnología biodigestor, así como una breve herramienta de análisis de costos y beneficios que tiene un proyecto de esta complejidad.

Palabras clave: Biodigestor, Energía Renovable, Viabilidad, Medio Ambiente, Actividad Agrícola

## **ABSTRACT**

This document proposes to the owner of the case study, farm Las Brisas, a self-sustainable solution to mitigate the negative impact of the disposal of organic waste in the open sky, in such a way that it allows observing an economic benefit through technology Biodigestor. This in order to offer the entire Puerto Rico community a profitable and environmentally friendly business model in the Orinoquia region. In addition, expose the energy transition as a global need that is becoming more acute and, on the other hand, a problem that new generations are dealing with.

Throughout the document, the reader will find a comprehensive resource on renewable energy. Initially in the frame of reference all the technologies that are at the forefront are manifested, as well as their fundamental principles. Subsequently, all the barrier barriers presented by a territory such as that of Colombia are put in context, as well as the benefits of renewable energy implementation as a business model. Later they will be able to identify the importance of the primary sector, agriculture, in a cyclical economy and the impact that technology and foreign competition have generated on the production of land. Finally, a complete portfolio of Biodigestor technology generalities is made available, as well as a brief cost and benefit analysis tool for a project of this complexity.

Keywords: Biodigestor, Renewable Energy, Viability, Environment, Agricultural Activity

## INTRODUCCIÓN

En el marco internacional, la importancia de adoptar nuevas fuentes de energía para suplir la demanda energética, es una medida para contrarrestar los efectos negativos en el medio ambiente tras varios periodos de explotación de recursos fósiles, y, por otra parte, es una condición de transición que se viene repitiendo durante largos periodos de la humanidad. El individuo del siglo XXI se caracteriza por su marcado compromiso hacia el ecosistema pues reconoce el equilibrio que existe entre la naturaleza y su papel fundamental en las actividades que permiten el desarrollo de la humanidad, y, por tanto, persigue ideales que no vulneren los derechos del mismo, pues se espera que en el mediano plazo se produzca un efecto rebote. Se creía que el término de las energías renovables era un tema que surge como respuesta a la lucha de varios movimientos revolucionarios ecologistas o el resultado del mismo avance tecnológico.

Uno de los grandes desafíos de la nación es poder llegar a las comunidades rurales que no cuentan con servicios que garanticen condiciones de vida óptimas, tales como; la energía, el gas, y agua potable incluyendo la dotación de un sistema de alcantarillado. Puerto Rico, Meta es uno de los tantos municipios que le acontece dicha problemática. La actividad comercial de la finca Las Brisas abarca desde la producción de la tierra hasta explotación en masa de estratos de palma de cera africana, su gran extensión condujo al propietario por dotar de un campamento para los jornaleros evitando grandes desplazamientos y tiempos perdidos de producción. Dicho campamento es una estructura de madera que carece de energía eléctrica, agua potable, camas, y por otra parte de un sistema de alcantarillado y un sistema de tratamiento de aguas negras motivo por el cual los residuos orgánicos se disponen a cielo abierto.

Plantación Cocosyte, es un proyecto que tiene como finalidad la siembra de la palma de cera tipo africana (*Elaeis guineensis*) que abarca 700 hectáreas equivalentes al área total del lote. Se propone un modelo de desarrollo sostenible a partir de la tecnología Biodigestor que se traduce en la elevación de calidad de vida de la población, conservación de los recursos naturales, recuperación del ecosistema, implementación de procesos ecológicos, la distribución responsable de los recursos, entre otros.

## **1. OBJETIVOS**

A continuación, se presenta al detalle la finalidad del proyecto.

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un modelo sostenible de energía renovable a partir de materia orgánica en la finca Las Brisas, ubicada en el municipio de Puerto Rico (Meta)

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un análisis comparativo de modelos existentes de energía renovable
- Realizar un diagnóstico de la finca Las Brisas
- Formular un prototipo del modelo sostenible de energía renovable
- Analizar los costos y beneficios que se obtienen una vez se implemente el modelo sostenible de energía renovable

## **2. ANALISIS COMPARATIVO DE MODELOS EXISTENTES DE ENERGIA RENOVABLE**

La energía renovable es un término asociado a aquellas fuentes de energía que se obtienen a partir del aprovechamiento de los recursos naturales, que se encuentran de forma ilimitada, y poseen la característica de ser emisor cero de contaminación, o también llamada energía limpia. Se diferencia de otras fuentes de energía convencional, fósil y nuclear, por su prometedor competencia en materia de costos y por la necesidad mencionada anteriormente, pues se estima que la creciente demanda energética para el 2050 sea de más del 50% que consume la población mundial.

Algunas autoridades ambientales proyectan metas ambiciosas para la generación actual pues más que un tema de transición energética es el fomento de una cultura empática por el ecosistema. Para nadie es un secreto los efectos negativos que se han desencadenado en los polos árticos, migración de la vida silvestre, aumento de enfermedades, cambios climáticos, entre otros. En la actualidad existen modelos que buscan el beneficio colectivo de la sociedad y que a partir del tipo de fuente energética surgen tecnologías capaces de aprovechar los recursos de forma eficiente.

### **2.1 ENERGÍA RENOVABLE**

La creciente competencia por el dominio de los recursos naturales, ha permitido desarrollar avances tecnológicos significativos. En este capítulo se abordarán cada uno de los modelos de energía renovable que representan una marcada competencia para sustituir las fuentes de energía convencional no sin antes comprender su principio de funcionamiento.

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene a partir del aprovechamiento de la radiación del sol a largas jornadas de exposición. Actualmente se distinguen tres formas en que se puede aprovechar la energía dispuesta; la primera de ellas es la energía solar fotovoltaica, la cual, a través de un dispositivo semiconductor y la acumulación de la radiación durante el día, es capaz de producir energía eléctrica. En segundo lugar, se encuentra la energía solar térmica que se distingue por su mecanismo de exposición de fluido, generalmente al agua, a largas jornadas de radiación. Mediante transferencia de calor en forma de potencia, se logra mover un alternador y de esta manera la generación de energía eléctrica. Finalmente se posiciona la energía solar pasiva que consiste en una serie de técnicas para aprovechar la energía solar de forma directa sin transformarla en otro tipo de energía para su uso o almacenamiento sin necesidad de otros sistemas mecánicos externos.

- **VENTAJAS**

- Dado su concepción de energía renovable, es un recurso inagotable pues la naturaleza del cuerpo celeste, el sol, tiene la facultad de radiar de forma permanente la tierra.
- Costos bajos de instalación y de mantenimiento
- Solución directa para zonas que se encuentran aislados de la civilización o que no poseen acceso a la energía eléctrica
- Además de producir energía eléctrica tiene la facultad de destilar agua e incluso la alimentación de satélites
- Disposición del recurso gratuito
- Gran aceptación por la comunidad, pues se cree que un factor fundamental para el desarrollo de la misma es la opinión pública y que mediante ella los gobiernos pueden desarrollar estrategias de adopción e inversión

- **DESVENTAJAS**

- Baja eficiencia energética. La cantidad de radiación que es capaz de transformar en energía eléctrica es mínima con respecto a otros modelos de energías renovables
- La meteorología es un arma de doble filo ya que adoptarla en zonas con características húmedas o nubladas reduce su rendimiento
- Limitaciones de exposición pues los horarios de iluminación varían según la ubicación de la región sumado a los cambios de estacionalidad
- Limitaciones de almacenamiento. La noche es la franja en que se da la mayor demanda de energía y para ese periodo no es posible gozar de electricidad porque no se cuentan con tecnologías almacenadoras
- Se ha comprobado que los elementos que se emplean en las tecnologías generan un impacto negativo en el ambiente como la degradación del suelo y consumo excesivo de agua

La energía eólica es una fuente de energía renovable que se obtiene a partir del aprovechamiento del aire. Se obtiene por medio de la conversión de energía cinética, manifestada por las corrientes de aire, en otra forma de energía. Los

modelos de energía renovable poseen un alternador capaz de realizar la conversión energética y se permite el almacenamiento de la energía en baterías portátiles. Las tecnologías basadas en energía eólica resultan ser más eficientes si se disponen en ambientes marinos como las costas.

- **VENTAJAS**

- Dada la concepción de recurso natural, la energía eólica es una energía inagotable disponible en el ambiente
- Se considera una energía limpia pues en los procesos de transformación y utilización no produce emisiones atmosféricas contaminantes
- Es una energía renovable autóctona, la generación de corrientes de aire es una facultad de la tierra y el acceso es de carácter gratuito
- La versatilidad de sus tecnologías permite que se puedan adaptar a ecosistemas desérticos, húmedos, montañosos, marinos. Adicionalmente tiene atributos compatibles en actividades como la agricultura pues no genera afectación de ninguna índole al suelo
- Solución inteligente para suministro de energía eléctrica en viviendas
- Bajo costo de producción

- **DESVENTAJAS**

- No puede consolidarse como única fuente de energía ya no se puede asegurar la circulación constante de las corrientes de aire
- La tecnología no acepta niveles altos de velocidad incurriendo en gastos adicionales de reparación
- Altos costo de transporte. Generalmente se construyen parques eólicos en zonas retiradas de la urbanización, por ende, se requiere líneas extensas de transporte
- Impacto negativo en el ecosistema. Gran parte de la fauna se ha visto perjudicada e incluso perdido su vida
- Inexistencia de estrategias que resuelvan la creciente demanda energética, así como planes de generación y almacenamiento de la energía



La energía hidráulica es una fuente de energía renovable que se obtiene a partir del aprovechamiento del agua. Se obtiene por medio de la conversión de energía cinética y potencial que se presenta en los afluentes o bajo saltos de agua, en energía eléctrica. Todos los modelos de energía renovable implementan turbinas generadoras de energías como en las centrales hidroeléctricas.

- **VENTAJAS**

- Flexibilidad de demanda energética pues el flujo que se direcciona a las turbinas puede presentar obstrucciones o desviaciones que se ajustan a las necesidades
- Se suma al grupo de las energías limpias. El proceso de producción no genera ningún tipo de emisiones contaminantes al aire
- Leyes rígidas. En el marco normativo, la industria ha avanzado de forma significativa en el uso y conservación del recurso natural

- **DESVENTAJAS**

- Efectos negativos al medio ambiente. La construcción de embalses hidroeléctricos genera afectaciones en el cauce de los ríos acarreado problemas en el ecosistema como la mortandad de la fauna y flora e inundaciones de comunidades aledañas
- Altos costos. El desarrollo de las turbinas implica un aumento considerable en el presupuesto, pero se asume que el mantenimiento es más económico
- Es un recurso no renovable. La falta de cultura en las personas ha puesto en peligro la disponibilidad del mismo, sumado a los efectos que tienen el desarrollo de otras industrias

El biogás es una fuente de energía renovable que no involucra el tratamiento de los recursos naturales, sin embargo, se considera inagotable ya que se sustenta de la naturaleza y sus atributos. Se obtiene por medio de la biodegradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno para luego ser transformado en energía eléctrica, gas natural y calefacción. El biogás es una composición de metano y dióxido de carbono que resulta tras la acumulación de residuos de origen animal, vegetal, agroindustrial y forestal.

- **VENTAJAS**

- Actualmente está en debate considerarlo una energía limpia pues en su proceso de descomposición se genera dióxido de carbono que en grandes

concentraciones se suma a los gases que provocan el efecto invernadero, sin embargo, en este documento se tratara como una energía limpia ya que no se produce a escala

- Sustituto de las energías convencionales. El biogás se proyecta como una fuerte competencia para los recursos fósiles pues en nuestro territorio ha tenido gran acogida por la población que no tiene acceso al servicio de electricidad
- Fuente de ingreso en actividades agrícolas. Las actividades como la ganadería, porcicultura y avicultura son la mayor industria de producción de materia orgánica y dado su alcance, promete ser la actividad que sustentara la demanda energética
- Recuperación de medio ambiente. El resultado del proceso de descomposición es un Biofertilizante que tiene grandes beneficios para la recuperación de los suelos que se han perdido por efectos de la misma contaminación

- **DESVENTAJAS**

- Producción de dióxido de carbono
- Costos altos. El desarrollo de plantas de biogás implica una infraestructura compleja que requiere de protocolos para evitar posibles detonantes

## **2.2 MODELOS DE ENERGÍA RENOVABLE**

Se entiende como modelo al prototipo tecnológico que sirve de referencia y ejemplo para todos los que diseñan avances de la misma naturaleza. Un modelo de energía renovable permite que las fuentes de energía, recursos naturales, puedan ser transformadas en un tipo de energía final. La mayoría de los modelos de energía renovable nacen como plan de acción frente a las necesidades de la población rural. Según apunta la National Geographic<sup>24</sup> la situación mundial de las energías renovables en el 2016 fue; el 76,3 % de la energía eléctrica se obtiene de fuentes no renovables, y el restante 23,7 %, de energías verdes, posicionando a la energía hidráulica el mayor generador frente a la demanda energética. Países como Alemania se declaran embajadores de los parques eólicos generando casi el 60% del consumo energético anual de todo su territorio.

---

<sup>24</sup> NATIONAL GEOGRAPHIC. Energía renovable para abastecer a todo el planeta. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, 24 Julio 2018. [Consultado 20, Mayo, 2020]. Disponible en [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/energia-renovable-para-abastecer-a-todo-planeta\\_11706](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/energia-renovable-para-abastecer-a-todo-planeta_11706)

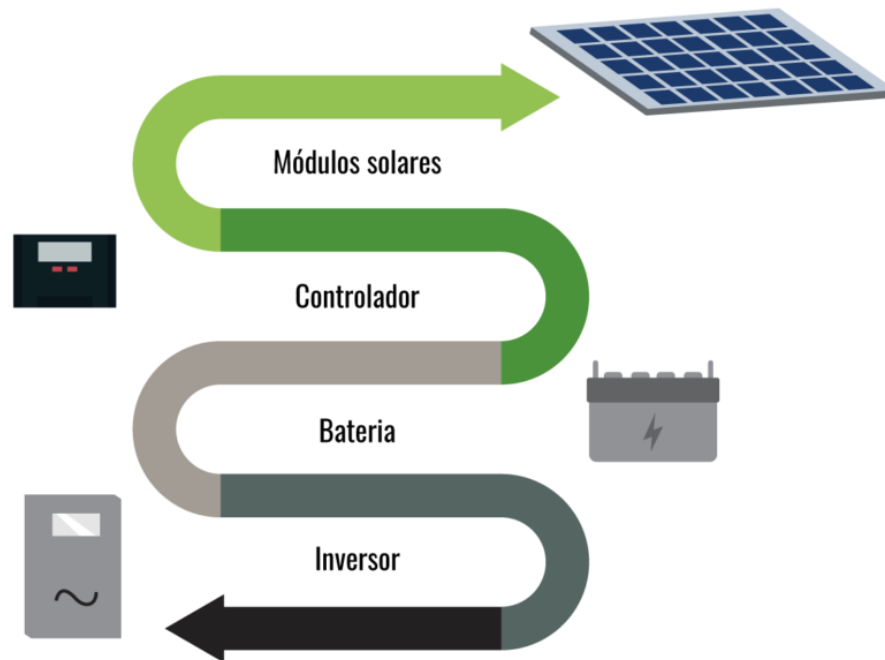
Los modelos de energía renovable que se postulan se seleccionaron por una serie de factores; el primero de ellos por el factor vanguardista, pues no es objetivo estudiar modelos que se sustituyeron por las barreras presentadas en ese entonces. El siguiente es el costo, la relación entre el beneficio y la economía van de la mano en todos los proyectos. En últimas, el factor de aplicabilidad, estos modelos se consideran la solución para la población que no goza del servicio energético. A través de una ficha comparativa se seleccionará la solución que se ajusta a la problemática que presenta la finca Las Brisas.

**2.2.1 Celda fotovoltaica.** Para el año 1839, el científico Alexandre Becquerel descubrió el fenómeno fotoeléctrico cuando colocaba Cloruro de Plata sobre una solución acida de tal forma que generó energía eléctrica a través de unos electrodos. 50 años más tarde el doctor Charles Fritts inventa la primera celda fotovoltaica que incorporaba una delgada capa de oro, absorbiendo de esta manera los fotones de luz provenientes de la radiación solar y posteriormente la producción de energía eléctrica.

El módulo solar o comúnmente llamado panel solar, es el corazón del proceso de conversión de energía. Generalmente allí se agrupan un conjunto de celdas fotovoltaicas compuestas de silicio mono cristalino o poli cristalino. El principio de funcionamiento consiste en la absorción de fotones de luz para liberar electrones del material semiconductor en forma de corriente eléctrica. Este ciclo se repite continuamente ya que el espacio libre es ocupado por un electrón del mismo átomo. La diferencia de potencial que experimenta este fenómeno ocurre cuando la corriente eléctrica pasa de un lugar de mayor potencial, más electrones, a uno de menor potencial.

Un sistema de energía solar es un proceso ordenado para la obtención de energía eléctrica, generalmente se encuentra compuesto por: módulo solar que es el encargado de transformar la radiación del sol en energía eléctrica por los componentes semiconductores. Un regulador de carga encargado de administrar la energía que se distribuye hacia las baterías y poder protegerlas de sobrecargas. Las baterías o acumuladores son los encargados de almacenar toda esta energía permitiendo usarla cuando sea necesario. Por último, se encuentra el inversor quien es el encargado de transformar la energía acumulada en las baterías de corriente continua a corriente alterna.

Figura 1. Proceso de generación de energía eléctrica celda fotovoltaica



Fuente. SUN SUPPLY. Componentes de un sistema de energía solar. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 30, Marzo, 2020] Disponible en <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

Si bien se mencionó, una de las limitantes que presenta la energía solar fotovoltaica es la posición latitudinal en que se instalen los paneles. Las regiones cálidas son las potencialmente seductoras para llevar a cabo proyectos de auto sostenibilidad. Según el objetivo del proyecto, las celdas fotovoltaicas tienen dos aplicaciones que resumen la forma en que se aprovecha la energía. Un proceso autónomo en que la energía que se genera abastece el sitio que se recoge, como se hace en muchos hostales, hoteles, algunas empresas del sector industrial y sin duda alguna las zonas rurales. Por otro lado, se encuentra el proceso en red, en la que la energía generada no se consume en el sitio que se recoge, sino que se utiliza para el abastecimiento de ciudades, estados e incluso países.

En la India se sitúa el parque solar más grande del mundo, el cual según anuncia José Roca<sup>25</sup>, periodista del periódico de la energía, es capaz de cubrir la demanda energética del 80% de la población de Kurnool. El Kurnool Ultra Mega Solar Park es el primer parque solar que cuenta con una capacidad de 1000MW para el año

<sup>25</sup> ROCA, José. La India Kurnool se convierte en la mayor planta fotovoltaica del mundo. [sitio web]. España. ES. Publicación. Sec. Renovables, 2017. [Consultado 30, Marzo, 2020]. Disponible en <https://elperiodicodelaenergia.com/la-india-kurnool-se-convierte-en-la-mayor-planta-fotovoltaica-del-mundo/>

2017. Está ubicado en el distrito de Kurnool (India) y cuenta con más de 2400 hectáreas utilizando cerca de 4 millones de paneles solares. El proyecto fue financiado por la empresa Solar Energy Corporation Of India y la New & Renewable Energy Development Corporation of Andhra Pradesh Ltd. Este tipo de proyecto tiene enormes beneficios en la economía de una nación, pues son millones los empleos que genera, la autosuficiencia energética representada en ingresos seguros para la nación, impactos positivos para el medio ambiente, entre otros.

En el año 2019 se entrega el primer proyecto de auto sostenibilidad de energía solar para el territorio colombiano. Según asegura el periódico El Espectador<sup>26</sup>, en el departamento de Cesar se instaló la primera granja solar que cuenta con 250.000 paneles solares distribuidos en las 210 hectáreas del parque. El proyecto se ejecutó por la empresa privada Enel Green Power de Suramérica, en el que según señala su gerente, Colombia es una nación con un mercado ideal para proyectos de energía verde gracias a sus niveles altos de radiación solar y por sus incontenibles corrientes de aire pues la ubicación intermedia de dos océanos posibilita la implementación de parques eólicos. Además, indica que es un país que está muy desarrollado en materia de energía hidroeléctrica. El Paso nombrado por el presidente Iván Duque, implementa la tecnología denominada tracker que consiste en el direccionamiento hacia la posición que se obtiene mayor radiación, de esta manera se busca generar la mayor eficiencia energética. Hoy por hoy, los inversionistas son atraídos por proyectos que beneficien el desarrollo del país en materia de mitigación ambiental.

**2.2.2 Aerogenerador.** Hablar de la historia de los aerogeneradores es remontarse a finales del siglo X en Europa, cuando Francia debido a su acelerado desarrollo de la agroindustria y crecimiento poblacional emplea el molino de viento para sustituir la mano de obra por mecanismos de engranajes en actividades como lo era la molienda de granos, cereales, curtición de cueros y otras actividades como prensar aceitunas, lavado de prendas y el abatanado como una de las actividades más importantes en el sector productivo.

Un aerogenerador es un dispositivo capaz de convertir la energía cinética del viento en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica. Básicamente se compone de las palas, quienes se encargan de capturar las corrientes de aire y diseñadas en forma de avión para facilitar la rotación en la turbina. Aparece el término góndola, compartimiento superior del aerogenerador que contiene el generador y el sistema de engranajes. La torre, que es un tubo conductor de 200 pies de altura, su función es permitir el acceso al personal de mantenimiento y es el

---

<sup>26</sup> EL ESPECTADOR. Se fortalece la energía solar en Colombia. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Economía, Abril 2019. [Consultado 30, Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.elespectador.com/noticias/economia/se-fortalece-la-energia-solar-en-colombia/>

conducto de la red que comunica la energía eléctrica, y, por último, la base dispuesta para soportar toda la estructura.

Un aerogenerador tiene una vida útil de 25 años, factor que se puede atribuir a la automatización en la mayoría de sus procesos y a la exposición a corrientes del aire. Los actuales aerogeneradores tienen la facultad de orientarse en la dirección que aprovecha la mayor velocidad de las corrientes de aire a través de instrumentos como la veleta y anemómetro, una vez posicionado, el viento hace girar las palas con un mínimo de 3.5 m/s sin superar los 25 m/s ya que ocasionara tensiones dentro de la góndola. El sistema de engranajes recibe el nombre de multiplicador, el cual, a través de un eje lento le proporciona una velocidad de giro de 1500 revoluciones por minuto al generador. El generador aprovecha la energía cinética y la transforma en energía eléctrica. La corriente eléctrica es conducida por una línea subterránea a una subestación en donde se eleva la tensión y se distribuye a la red eléctrica hasta llegar al punto de consumo.

De ninguna manera la producción de energía bajo esta modalidad representa discrepancia en los modelos de energía renovable, sin embargo, presenta barreras que hacen que el modelo sea inviable para ejecutar proyectos. Se destacan los excesivos costos de instalación sin incluir los costos de transporte por la red de cables de alta tensión, la mayoría de las comunidades se quejan de los incómodos sonidos durante su funcionamiento, tornando el factor ubicación como un incremento en los costos. Por último, el efecto negativo que representa sobre la fauna, lamentablemente esta perturbación en el ecosistema ha costado la vida de muchas especies migratorias.

Para el año 2017, la capacidad eólica instalada represento el abastecimiento del 5% de la población mundial. El continente asiático se consolida como el mayor productor de energía renovable. Un informe publicado por la Global Wind Energy Council<sup>27</sup>, un gremio que integra países como China, Estado Unidos, Alemania, India Y España, establece que para el 2018 la capacidad instalada superaba los 591.000 MW destacando todos los atributos de la nación de China pues no solo es competente en temas de generación sino que a su favor cuenta con los principales fabricantes de paneles solares, compañías fabricantes de aerogenerador y diez marcas importantes fabricantes de automóviles eléctricos.

---

<sup>27</sup> ASOCIACION EMPRESARIAL EÓLICA. La eólica en el mundo. [sitio web]. España. ES. Sec. Publicación, Marzo 2016. [Consultado 30, Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.aeeolica.org/component/sppagebuilder/?view=page&id=372>

Figura 2. Ranking de países por potencia instalada acumulada en MW

	2018
China	211.392
Estados Unidos	96.665
Alemania	59.311
India	35.039
España	23.484
Reino Unido	20.970
Francia	15.309
Canadá	12.805
Brasil	14.702
Italia	9.958
Resto del mundo	90.788

Fuente. ASOCIACION EMPRESARIAL EÓLICA. La eólica en el mundo. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 30, Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.aeeolica.org/component/sppagebuilder/?view=page&id=372>

Sin duda alguna, la implementación de sistemas de generación eólica es una estrategia que tienen los territorios para hacer cara a los cambios climáticos que agobian a la sociedad. El gobierno de Colombia aceleró sus procesos para alcanzar los objetivos adquiridos en el Acuerdo de París firmado en el 2015, poniendo en marcha el primer proyecto de promoción y generación de energías limpias bajo los principios de desarrollo sostenible en el 2004. El proyecto Alpha tendrá la capacidad de generación de 250 MW en un área de 4.000 hectáreas. La ANLA, actuando en calidad de ente de control, otorga la primera licencia ambiental para instalar el parque de producción de energía eólica en el municipio de Jepírachi, la Guajira. Señalando que los beneficios en términos de reducción de emisiones de dióxido de carbono representan casi 330 mil toneladas para el presente año sin embargo se espera que se desarrollen proyectos que superan la capacidad instalada.

**2.2.3 Micro central hidroeléctrica.** La energía hidráulica ha jugado un papel importante en la historia de la humanidad. Al igual que las primeras tecnologías de energía eólica, la primera muestra de uso se dio en la época medieval pues fue el detonante para dejar de percibir la obra de mano humana y animal para las actividades agrícolas, como la única forma de potencia. Al ingeniero John Smeaton, se le acredita el desarrollo masivo de los molinos de agua pues fue quien empezó a sacar provecho de este recurso natural pasando de una infraestructura de madera por hierro colado.

Una micro central hidroeléctrica suele ser confundido con las mini centrales hidroeléctricas pues su semejanza radica en la producción de energía a menor

escala con respecto a una central hidroeléctrica. Si bien es cierto, poseen los mismos componentes que una central hidroeléctrica, se diferencian en la capacidad de generación de energía pues dependiendo de la legislación estas pueden variar desde 1 MW, en Alemania, hasta 50 MW en el caso de China o Canadá. La micro central hidrométrica es un conjunto de mecanismos que transforman un diferencial de potencial experimentado por la diferencia de alturas en arroyos, cauces, riachuelos, en energía eléctrica por medio de un hidrogenerador adaptado a las condiciones del espacio geográfico. Una micro central se compone por un hidrogenerador, que básicamente se reduce al conjunto de turbina y generador. La turbina es la encargada de hacer el girar el eje que conecta al generador por medio del impacto del agua a presiones altas. El generador transforma la energía mecánica del eje en energía eléctrica. Se adopta un transformador pues la energía proveniente de las bobinas del generador es una corriente alterna y el consumo final no soporta dichos parámetros. El controlador, direcciona la corriente excedente creada por el generador, ya sea para almacenarla en baterías, calentamiento del agua o hacia unas resistencias reguladoras. Finalmente se encuentra el equipo auxiliar haciendo referencia a las baterías almacenadoras donde se acumula energía, su función es proteger la instalación ante un posible fallo de suministro de agua o averías en el sistema y dotar de energía adicional al sistema

Claramente la generación de energía eléctrica a través del agua es una fuente de energía limpia, sin embargo, no es bien percibido por la comunidad ambiental pues establecen que al igual que una central hidroeléctrica, la producción a menor escala desencadena impactos negativos acumulativos, adicionalmente señalan que el principal inconveniente es la inexistencia de políticas que guíen la rápida expansión del sector en materia de restricciones y regulaciones.

Según manifiesta David Kaplan<sup>28</sup>, “Mientras que algunos impactos de las minicentrales hidroeléctricas son más pequeños en magnitud que los de los proyectos más grandes, también es cierto que las minicentrales producen mucha menos electricidad, lo cual significa que se necesita construir muchas más de ellas para satisfacer las demandas energéticas” demostrando que pueden llegar a causar hasta diez veces los efectos que provocan las centrales hidroeléctricas.

En el marco internacional, un estudio revelado por la International Hydropower Association<sup>29</sup> demuestra que para el 2017 se sumaron más de 20 GW a la capacidad energética generada por las hidroeléctricas en el mundo. Señalando

---

<sup>28</sup> SALISBURY, Claire. Las minicentrales hidroeléctricas son un gran problema global que la ciencia y las políticas pasan por alto. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Medio ambiente, Noviembre 2018. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://es.mongabay.com/2018/11/el-gran-problema-global-de-las-minicentrales-hidroelectricas/>

<sup>29</sup> FERNANDEZ, Ángeles. MARCOS, Jairo. El auge mundial de las hidroeléctricas. [sitio web]. España. ES. Sec. Medio ambiente, Enero 2019. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://www.esglobal.org/el-auge-mundial-de-las-hidroelectricas/>



nuevamente que el mayor productor del mundo es China. Esto traduce que la capacidad instalada es de 1267 GW y representan dos tercios de toda la energía eléctrica producida por fuentes renovables. Declaraciones como el de la de la profesora Christiane Zarfl<sup>30</sup>, conllevan a pensar que ni la expansión masiva de las centrales hidroeléctricas podrán suplir la demanda energética para el año 2050.

Precisar cuáles son los modelos de energía renovable que están revolucionando el mundo energético, permite tener claridad de la considerable ventaja comparativa que poseen los países. La premisa de que una nación con mayor cantidad de recursos es rica, carece de veracidad si no se cuenta con estrategias complejas de sostenibilidad. Las transiciones energéticas que se han dado durante toda la historia de la humanidad son el resultado de una adopción compleja por parte de la comunidad consciente y el esfuerzo por desarrollar tecnologías que permitan aprovechar lo que se tiene. La selección del modelo de energía renovable este dado principalmente por las condiciones que se acomodan al caso de estudio precisando más adelante al detalle los beneficios ofrecidos por el uso de energía renovable a partir del biogás.

## 2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO

Para facilitar la selección del modelo de energía renovable, se diseñó una ficha comparativa calificativa entre los modelos de energía renovable ya mencionados, teniendo en cuenta una serie de parámetros necesarios para una evaluación previa a la necesidad que presenta el caso de estudio.

Cuadro 1. Cuadro comparativo de modelos de energía renovable

PARAMETRO	CELDA FOTOVOLTAICA	AEROGENERADOR	MICRO GENERADOR HIDRAULICO	BIODIGESTOR
INVERSION	ALTO	ALTO	BAJO	MODERADO
DIMENSION	GRANDE	PEQUEÑO	PEQUEÑO	GRANDE
IMPACTO AMBIENTAL	MODERADO	ALTO	BAJO	BAJO
RECURSO UTILIZADO	RADIACION SOLAR	CORRIENTE AIRE	CORRIENTE AGUA	MATERIA ORGANICA
VIDA UTIL	BAJA	MODERADA	BAJA	ALTA

Fuente. Elaboración propia

<sup>30</sup> FERNANDEZ, Ángeles. MARCOS, Jairo. El auge mundial de las hidroeléctricas. [sitio web]. España. ES. Sec. Medio ambiente, Enero 2019. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://www.esglobal.org/el-auge-mundial-de-las-hidroelectricas/>

El biodigestor es un modelo de energía renovable que consiste en la acumulación de materia orgánica producto del menester diario de la finca Las Brisas, tales como restos de comidas, el material orgánico presente en las heces de hombre y animales, entre otros, sometido a un proceso de descomposición del nuevo insumo, compost, bajo condiciones anaeróbicas en un recurso que para efectos durante el desarrollo de la investigación concentrara la atención por su valor económico. El biogás es un gas que se puede aprovechar de forma directa para uso doméstico en la cocción de alimentos o involucrar procesos de transformación para obtener energía eléctrica.

En los siguientes capítulos se conocerá al detalle las necesidades de este modelo de energía renovable y se confirmará la inclinación en miras de evitar la degradación del ecosistema y dar solución a la inexistencia de un sistema de alcantarillado en la población rural.

### 3. DIAGNÓSTICO DE LA FINCA LAS BRISAS

Para este capítulo será de gran utilidad identificar el grado de adopción de las energías renovables en el sector agrícola a través del análisis de factores del entorno que representan un impacto positivo y negativo en cualquier proyecto, ofreciendo claridad en materia de tendencias como también los retos que se enfrentan las energías renovables desde el foco de producción de la tierra. Adicionalmente, se precisará la importancia de las actividades agrícolas para el departamento del Meta y la descripción de algunas generalidades del municipio de puerto Rico (Meta) que influyen directamente en la implementación de un modelo de energía renovable a partir de materia orgánica. Finalmente, a través de la herramienta analítica DOFA se identificarán las debilidades y amenazas a las que se expone la actividad económica del caso de estudio, la finca Las Brisas.

#### 3.1 ANÁLISIS PESTAL COLOMBIA

Cuadro 1. PESTAL Colombia

POLITICOS	<p><b>Rama Ejecutiva.</b> Es una fracción del poder público, que se encarga de ejecutar todas las actividades administrativas que están al servicio de la comunidad para el cumplimiento de los fines del Estado. Se encuentra representada por el Presidente de la Republica como la suprema autoridad administrativa, y su equipo de trabajo, conformado por el vicepresidente y bufete de ministros.</p>
	<p><b>Rama Legislativa.</b> Es una fracción del poder público, que se imputa el oficio de formular leyes, ejercer autoridad y control sobre el gobierno y reformar la Constitución. Se encuentra representada por el Congreso de la Republica dividido en el Senado de la Republica y Cámara de Representantes.</p>
	<p><b>Rama Judicial.</b> Es la tercera parte del poder público que además de administrar la justicia, debe solucionar los conflictos entre los ciudadanos, y los problemas entre estos y el Estado. Adicionalmente es referente para la toma de decisiones que requieren fuerza de verdad definitiva. Se encuentra representado por la Corte Suprema de Justicia y Consejo de Estado.</p>
	<p><b>Ministerio de Minas y Energía.</b> Es un organismo de la administración pública nacional, encargado de velar por el cumplimiento y desarrollo de la política minero-energética del país. Además garantiza el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables y de los biocombustibles.</p>
ECONOMICOS	<p><b>Índice de Precios al Consumidor (IPC).</b> Es un indicador que permite medir la variación en los precios de bienes y servicios representativos del consumo en los hogares entre dos periodos. Según el último boletín de mayo 2020, se obtiene un IPC de -0.32% nacional donde la división del gasto por electricidad, gas y otros combustibles participo con 0.28% de variación.</p>
	<p><b>Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía. (FENOGE).</b> Es un organismo que tiene facultad de financiar, gestionar y ejecutar proyectos que persigan el ideal de mejorar la eficiencia energética y el uso de fuentes no convencionales en el país.</p>

Cuadro 1. (continuación)

<p><b>ECONOMICOS</b></p>	<p><b>Incentivo a la generación de energías no convencionales, Ley 1715. Art 11.</b> Todos los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada.</p>
	<p><b>Incentivo Tributario IVA, Ley 1715. Art 12.</b> Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre inversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA.</p>
	<p><b>Incentivo arancelario, Ley 1715. Art 13.</b> Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes.</p>
	<p><b>Incentivo contable, depreciación acelerada de activos, Ley 1715. Art 14.</b> La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la pre inversión, inversión y operación de la generación con FNCE. a tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual.</p>
<p><b>SOCIAL</b></p>	<p><b>Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE).</b> Es una medida que permite identificar la proporción que la población tiene acceso al servicio de energía eléctrica. Basados en el último informe del 2018, el 96% de la población de Colombia cuenta con energía eléctrica en sus hogares. Adicionalmente señala que la población del departamento del Meta, más de 300.000 hogares, tiene acceso al servicio de energía eléctrica con 92% de cobertura.</p>
	<p><b>Asociación de Energías Renovable Colombia (SER Colombia).</b> Es una entidad privada que se encarga de agremiar a otras organizaciones que apostaron a proyectos de energías renovables, facilitando de esta manera experiencia y conocimiento desde el punto de vista de generadores, desarrolladores, proveedores y consultores.</p>
	<p><b>Corporación para la Energía y el Medio Ambiente (CORPOEMA).</b> Es una iniciativa que promueve la eficiencia energética y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en todas las actividades económicas.</p>
	<p><b>Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).</b> Es un organismo estatal que regula actividades de prestación de servicios públicos domiciliarios relacionados con energía eléctrica, gas natural, gas licuado de petróleo (GLP) y combustibles líquidos.</p>
	<p><b>Asociación Colombiana de Energías Renovables (ACER).</b> Es una asociación que fomenta el desarrollo y aprovechamiento de las energías renovables, funcionará por tiempo indefinido y no perseguirá fines de lucro, sino técnicos, académicos, científicos, culturales y Sociales, participando en proyectos de interés público.</p>

Cuadro 1. (continuación)

<p><b>TECNOLOGICO</b></p>	<p><b>Parque Eólico Jepirachi.</b> Es un parque eolico ubicado en el municipio de Cabo de la Vela y Puerto Bolivar (La Guajira). Cuenta con una capacidad instalada de 19,5 MW de potencia nominal, provenientes de 15 aerogeneradores. Pertenece al grupo Empresas Publicas de Medellin (EPM) para el 2004.</p>
	<p><b>Parque Celsia Solar Yumbo.</b> Es la primera granja solar en incorporarse al Sistema Interconectado Nacional. Se encuentra ubicada en el municipio de Yumbo (Valle del Cauca), cuenta con una capacidad 9,8 MW de potencia nominal provenientes de 35,000 celdas fotovoltaicas. Fue construida por la multinacional Celsia y se encuentra operada por la organizacion Epsa.</p>
	<p><b>Parque Celsia Solar Bolivar.</b> Se encuentra ubicada en el municipio de Santa Rosa de Lima (Bolívar). Cuenta con una capacidad instalada de 8,06 MW provenientes de 32,000 paneles fotovoltaicos. Su propietario es Epsa, organización perteneciente al grupo Argos.</p>
	<p><b>Central Hidroituango.</b> Es un proyecto ubicado en el municipio de Ituando (Antioquia). Se situa sobre el rio Cauca en sus mas de 800m de caída libre en esta represa. Cuenta con una capacidad instalada de 2,400 MW. Posee 225m de altura y represa cerca de 20 millones de m3 de agua.</p>
	<p><b>Central Hidroeléctrica Chivor.</b> Se encuentra situado sobre el rio Bata, en el municipio de Santa María (Boyacá). Tiene una capacidad de 1,000 MW de potencia nominal. La presa tiene 237 m de altura y su propietario es la empresa de Energía Eléctrica de Bogotá.</p>
<p><b>AMBIENTAL</b></p>	<p><b>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</b> Tiene como función orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación.</p>
	<p><b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales(ANLA).</b> Es la encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del País.</p>
<p><b>LEGAL</b></p>	<p><b>Ley 1715 de 2015.</b> Promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía en el sistema energético nacional, mediante la integración al mercado eléctrico, participación en zonas no interconectadas.</p>
	<p><b>Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).</b> Es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, regida por la Ley 143 de 1994 y por el Decreto número 1258 de junio 17 de 2013. Tiene por objeto planificar el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos de Colombia.</p>
	<p><b>Decreto 570 del 2018.</b> Establecer los lineamientos de política pública para definir e implementar un mecanismo que promueva la contratación de largo plazo para los proyectos de generación de energía eléctrica y que sea complementario a los mecanismos existentes en el Mercado de Energía Mayorista.</p>

Fuente. Elaboración propia

Según el director del Movimiento Verde, José Gómez<sup>31</sup>; Colombia tiene un reto importante para lograr desarrollar un modelo económico que gire en torno a las energías renovables “*Bioeconómico*”, señalando que no se ha valorado los beneficios de producción de energía a través de la biomasa cuando se emplean residuos, y la falta de recursos económicos para invertir en ciencia, tecnología e innovación como las grandes barreras del sector energético. Si bien es claro la posición que el gobierno debe adoptar, Colombia se encuentra atrasado en materia de transición energética, siendo necesario la evaluación del uso de las energías renovables para mantener el sector en competencia y completar la creciente demanda energética.

Pese a que Colombia tiene un gran índice de cobertura de energía eléctrica, siendo el 96.53% de la población que tiene acceso al servicio, se siguen presentando dificultades en las comunidades rurales para lograr conectarlos al sistema eléctrico. Esto debido a la desviación de los recursos otorgados para materializar proyectos y por las barreras económicas que impiden que la transición energética sea beneficiosa para el medio ambiente. A través de la herramienta PESTAL se puede precisar que el sector de las energías renovables se encuentra sólidamente consolidado y que posee atributos tentadores para ejecutar proyectos de auto sostenibilidad, pues sus diferentes incentivos permiten conseguir la viabilidad de los proyectos además de poseer una base normativa clara e incluyente a organismos de control símbolos de responsabilidad ambiental.

### **3.2 ANÁLISIS DEL SUBSECTOR AGRÍCOLA EN EL META**

El departamento del Meta, ubicado en la región central del país, es considerado como uno de los departamentos con mayor desarrollo en los últimos tiempos. En sus más de 85.000 km<sup>2</sup> caracterizados por los majestuosos paisajes de llanura y gran biodiversidad en ecosistemas, se considera como un nicho de captación de inversionistas. La principal fuente de riqueza está dada por la explotación de hidrocarburos pues el ambiente sedimentario y la misma estratificación de la tierra permite que se acumulen gran parte de las reservas de hidrocarburos en Colombia. En segundo lugar, se ubica la actividad ganadera que actualmente suplente la demanda de la capital Bogotá y gran parte de la población nacional y por último se posiciona la actividad agrícola enmarcado de globalización en cultivos tecnificados de arroz, cacao, palma africana y por otra parte los cultivos convencionales de yuca, plátano, cítricos, frutas, entre otros.

---

<sup>31</sup> DINERO. Colombia sigue atrasada en la implementación de energías renovables. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Medio ambiente, Abril, 2017. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://www.dinero.com/pais/articulo/proceso-de-colombia-para-implementar-energias-renovables/257972#:~:text=00%3A00%20AM,Colombia%20sigue%20atrasada%20en%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADas%20renovables,negativos%20en%20el%20medio%20ambiente.>

En los últimos años el gobierno de Colombia se ha visto afanado por potencializar el sector agrícola pues reconoce que los ingresos por el comercio del petróleo tienden a la baja y que el futuro del país está basado en sus ventajas comparativas. Dado el potencial de desarrollo agrícola en el departamento del Meta, se vienen desarrollando proyectos con la intención de contribuir a la transformación productiva y a la generación de oportunidades de desarrollo económico, social y ambiental. Según señala José Gonzales<sup>32</sup> escritor del periódico La Republica +, para el 2019 nace el programa MAS (Modelo de Agronegocios Sostenibles) que buscaba que los campesinos además de producir sus tierras, tuviesen los recursos necesarios para formular un modelo de negocio que se acomode a las necesidades del mercado convirtiéndolo de esta forma en un agro empresario. Adicionalmente, el ingreso de la competencia extranjera, ha permitido que se flexibilicen temas como acceso financiero para este tipo de proyectos, generación de incentivos por el desarrollo de negocios auto sostenibles, premiando a campesinos que implementan tecnologías que no representen ningún daño para el ecosistema y, por otro lado, la globalización pues en el contexto de competencia leal, se busca que el sector tenga acceso a herramientas que permitan que los procesos sean más eficientes y tengan la mayor rentabilidad.

La agricultura juega un papel importante en la economía como en los hogares de las familias. Como consecuencia de las distancias cortas que separan el departamento del Meta con Bogotá, lo ubican como la despensa de Colombia según lo expresa el Periódico del Meta<sup>33</sup> “Ahuyama, guayaba pera, maracuyá, cítricos, aceite de palma, ganado, lácteos, peces, frutos, son solo algunos de los productos de esta tierra llanera y que son llevados a la mesa de cientos de ciudadanos colombianos de diferentes ciudades y municipios”, gracias a que la mayor parte del territorio abunda la fertilidad en sus suelos. La población tendrá durante mucho tiempo una fuente de ingresos sólida que puede ser usada para consumo propio o comercio con las centrales de abastecimiento. Sin embargo, la abundancia de sus productos ha generado que los intermediarios en el comercio compitan de forma desleal provocando que sean ellos quienes definan los precios de los productos.

Autores como Wilson Cano<sup>34</sup>, señalan la importancia que tiene la agricultura familiar como una solución viable de desarrollo sostenible para la región y que dan solución

---

<sup>32</sup> GONZALEZ, José. MAS Meta, iniciativa de negocios agrícolas sostenibles para la transformación de la región. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Agro, Enero 2019. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en <https://www.agronegocios.co/agricultura/mas-meta-iniciativa-de-negocios-agricolas-sostenibles-para-la-transformacion-de-la-region-2813503>

<sup>33</sup> PERIÓDICO DEL META. Meta, despensa agrícola y pecuaria. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Publicaciones, Julio 2019. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en <https://periodicodelmeta.com/meta-despensa-agricola-y-pecuaria/#:~:text=Con%20m%C3%A1s%20de%208%20millones,abastecedores%20del%20mercado%20del%20pa%C3%ADs.>

a problemas como la erradicación del hambre en Colombia. Por otra parte, hay quienes revelan las barreras que presenta el sector agrícola. La posición de Infoandina<sup>35</sup> es clara frente a las políticas públicas, pues están orientadas a impulsar la inversión privada de grandes extensiones mientras que la pequeña agricultura de alimentos es considerada inviable e improductiva. A esto se suma la tendencia existente por los cultivos de palma africana, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria departamental y desplazamiento de los cultivos de consumo humano.

Si bien es cierto que el sector de la agricultura se encuentra en una posición favorable para el desarrollo a gran escala, la industria de los hidrocarburos seguirá siendo un agente importante en la economía de la región pues políticas como la Ley de Regalías benefician de manera significativa a gran parte de la población resaltando el compromiso social que tiene con dichas comunidades. No obstante, la ligera inclinación de la población rural por promover el desarrollo de la tierra y la competencia internacional, ha puesto la mirada de entidades nacionales para fortalecer sus políticas e incentivar el desarrollo de emprendimientos que permitan valorar las disciplinas que integra el trabajo de la tierra.

Siguiendo el desarrollo de la investigación, se abordarán algunas generalidades propias del caso de estudio, la finca Las Brisas, permitiendo contemplar un escenario claro para la toma de decisiones y la implementación de un modelo de energía renovable.

**3.2.1 Localización geográfica.** El municipio de Puerto Rico se encuentra a aproximadamente a 210 msnm (metros sobre el nivel del mar), abarca una extensión de por lo menos 3431 Km<sup>2</sup>. El municipio tiene acceso por diferentes canales de comunicación; El aeropuerto Rincón De La Danta, que tan solo es una pista de aterrizaje para avionetas; Terrestre con cobertura de pavimento del 100%, permitiendo el acceso por servicio público o particular a 18 Km de la vía principal (Granada-San José) y separado a una distancia de 227 Km de Villavicencio; y finalmente por vías fluviales, pues conecta con la majestuosidad del río Ariari en puertos de embarque en Puerto Concordia-San José del Guaviare-Mipiripán.

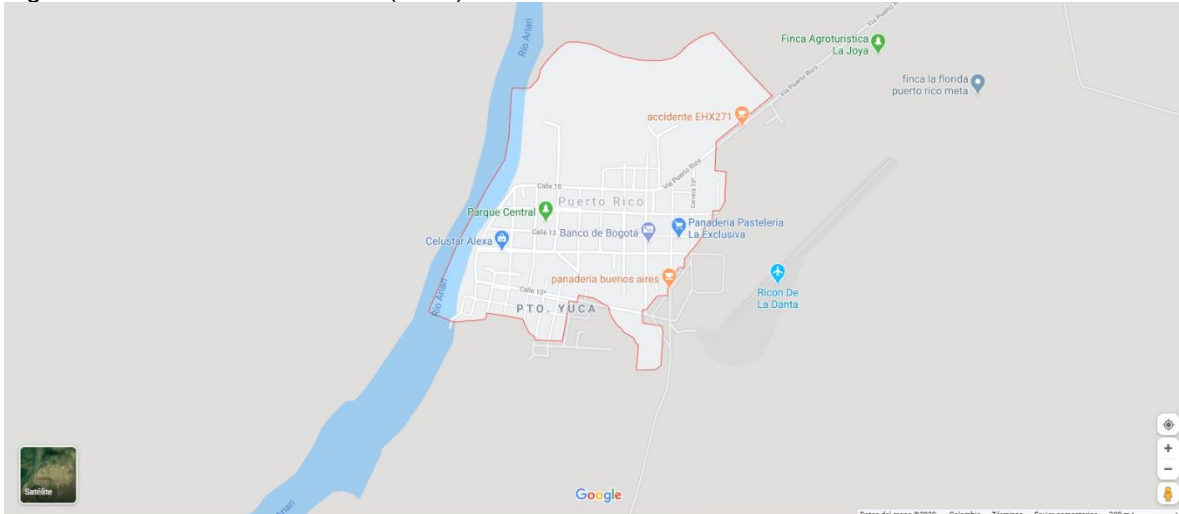
---

<sup>34</sup> CANO, Wilson. Lineamientos para fortalecer la agricultura familiar en la subregión Ariari-Duda-Guayabero del departamento del Meta. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, 2017. [Consultado 5 Abril, 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <https://repositorio.unillanos.edu.co/jspui/bitstream/001/1168/1/RUNILLANOS%20M-GES%200042%20LINEAMIENTOS%20PARA%20FORTALECER%20LA%20AGRICULTURA%20FAMILIAR%20EN%20LA%20SUBREGI%C3%93N%20ARIARI-DUDA-GUAYABERO%20DEL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20META.pdf>

<sup>35</sup> Ibid., p. 13p.



Figura 3. Ubicación Puerto Rico (Meta)



Fuente. GOOGLE MAPS. [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://www.google.com/maps/place/Puerto+Rico,+Meta/@2.9412135,-73.2162227,15z/data=!4m5!3m4!1s0x8e17cced4eedef3b:0xc510e06e93f920b6!8m2!3d2.941214!4d-73.207468>

**3.2.2 Componentes abióticos.** Los factores abióticos de la finca Las Brisas son todos aquellos componentes químicos y físicos sin vida del medio ambiente en la región de la Orinoquia, que afecta a los seres vivos y los ecosistemas. A continuación, se presentarán los que son convenientes de análisis.

**3.2.2.1 Clima.** El régimen de lluvias para el municipio de Puerto Rico presenta un periodo breve de sequía y otro periodo extenso de precipitaciones; La primera época del año es verano, abarca los meses diciembre a marzo, y la mayor parte del año es época de invierno, abarca los meses marzo a noviembre.

**3.2.2.2 Geología.** Puerto Rico (Meta) se encuentra en la región de la Orinoquia y se caracteriza por ser una llanura muy basta, presenta pequeñas serranías y sabanas inundadas de bosque. Limita con el cauce del río Ariari y, por otro lado, los bosques típicos de la Serranía de la Macarena

**3.2.2.3 Geomorfología.** Vega de Inudaciones, es topografía plana con suelos que poseen texturas de arcilla u arcilloarenosa. La pendiente es menor al 2% cruzado por drenaje de poca profundidad. Su vegetación corresponde a higrófila y bosques con vegetación densa.

**3.2.2.4 Temperatura.** En municipio de Puerto Rico se experimentan humedades relativas del 85% promedio, su sensación térmica es de 34°c pero su temperatura media no supera los 22° c, siendo febrero el mes más caluroso (35.4° c) y junio el más fresco (28° c).

**3.2.2.5 Hidrología.** Se localiza en gran parte a la cuenca del río Ariari. Conocido como un puerto fluvial que perteneció durante la época de la colonización caracterizado por el flujo constante migratorio.

**3.2.3 Componentes bióticos.** Los factores bióticos hacen referencia a todos los organismos vivos que influyen y conforman un ecosistema. La finca Las Brisas, ubicada en la región de la Orinoquia, goza de un característico esquema de flora y fauna que impulsa el turismo en todo el territorio

**3.2.3.1 Flora.** La mayor parte del departamento del Meta está conformado por reservas naturales considerados patrimonios de Colombia. El páramo de Chingaza es un parque nacional natural, ubicado en la cordillera oriental acogido por 4 municipios del departamento de Meta. Se destacan ecosistema de páramo y bosques a alturas de 800-4020 msnm. Su importancia radica en la producción de agua para abastecer las hidroeléctricas de algunos embalses. A esta lista de parques naturales nacionales, también se suma el páramo de Sumapaz como uno de los páramos más importantes del mundo pues representa casi el 43% de los páramos y reporta avistamiento de más de 260 especies de mamíferos. No se puede pasar por desapercibido el parque nacional natural Sierra de la Macarena que se caracteriza por contener especies únicas de flora y el 23% de toda la avifauna de Colombia. También se suma el parque nacional natural Codillera de los Picachos, que se ubica sobre la cordillera oriental en jurisdicción del Caquetá y el Meta. Su importancia radica en el nacimiento de los ríos Orinoco y Amazonas.

En el departamento se distinguen flora de tipo hiedra, conformado por Camarón, Cepillo, Moradita, y Boro, entre otras especies que acompañan los ecosistemas del departamento.

**3.2.3.2 Fauna.** La Serranía de la Macarena es un punto de convivencia entre la fauna de la Amazonia, Orinoco y los Andes. Los pisos térmicos que interactúan con el ecosistema ha propiciado la conservación de un hábitat único pues contiene osos hormigueros, tigres, pumas, venados, 500 especies de aves y 100 réptiles, entre otras especies.

**3.2.4 Actividad productiva.** En mesa de debate internacional se encuentra el tan añorado fin del mercado del oro negro (Peak Oil), como consecuencia del agotamiento de las reservas más grandes del mundo y al descenso continuo del margen de rentabilidad que tiene el negocio de los hidrocarburos, atendiendo la principal preocupación de la inexistencia de un modelo energético que permita cubrir la creciente demanda energética. Según menciona la revista Semillas<sup>36</sup> “El avance

---

<sup>36</sup> SEMILLAS. Palma Africana en Colombia. [Sitio web]. Colombia. CO. Sec. Palma africana en Colombia, Febrero, 2007. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en:

del actual modelo de consumo energético, amenaza el futuro de la humanidad y del planeta a un mediano plazo. En este contexto, cobra también mucha fuerza la búsqueda de los nuevos combustibles”. La producción de palma africana o palma aceitera africana, Coroto de Guinea, palmera Aabora o palmera de Guinea, es un horizonte prometedor para el gobierno y privados del territorio colombiano, como un modelo de negocio auto sostenible. Su interés económico es en base a la semilla y al fruto pues tienen uso potencial en el sector gastronómico en aceites comestibles, margarinas, cremas y por otra parte en el sector industrial en la fabricación de cosméticos, jabones, detergentes, velas y combustibles.

El mercado de los biocombustibles es una puerta clave para completar la transición energética. El bioetanol, procedente de las semillas azucaradas tales como la caña de azúcar, la yuca, la remolacha, el maíz y la soja; y, por otro lado, el Biodiesel, procedente de las semillas oleaginosas tales como la palma aceitera, el girasol, la colaza incluyendo la reutilización del aceite de cocina quemado, son biocombustibles que en la actualidad se puede encontrar en presentaciones de sintéticos, gaseosos e hidrogeno. Los cultivos de palma africana se destacan de otros cultivos de Biodiesel por su rendimiento superior al 10% con respecto a los otros oleaginosos en el sector del transporte y en mayor parte por la reducción de la contaminación atmosférica pues al ser una fuente de energía limpia serán casi nulas las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero.

Plantación Cocosyte, es un proyecto que tiene como finalidad la siembra de la palma de cera tipo africana (*Elaeis guineensis*) que abarca 700 hectáreas equivalentes al área total de la finca Las Brisas. Se contempla que durante el desarrollo del proyecto se obtenga una certificación de tipo internacional para empezar el proceso de exportación, sin embargo, se debe cumplir con ciertos protocolos ambientales. La ambición del proyecto se debe a que los gobiernos se están preocupando aún más por potenciar sectores de la economía que representan una ventaja comparativa, a través de beneficios como reducción de carga tributaria, apalancamiento por financieras del estado, entre otros.

Los cultivos de palma africana requieren de condiciones ideales para lograr su perfecto desarrollo. El clima ocupa el primer lugar pues requiere que la zona presente temperaturas mensuales medias entre los 26-28 °c convirtiendo al frío como su peor enemigo. En la actualidad se presentan discrepancias a la hora de la producción masiva de palma africana pues hay quienes afirman que se presentara una competencia por asignación de tierras a la producción de alimentos y por otro lado a la producción de materias primas para combustibles acarreamo problemas de miseria como las que acontecen países del sur como Malasia, deforestación de miles de hectáreas de bosques que se encargan de atrapar el CO2 presentes en el

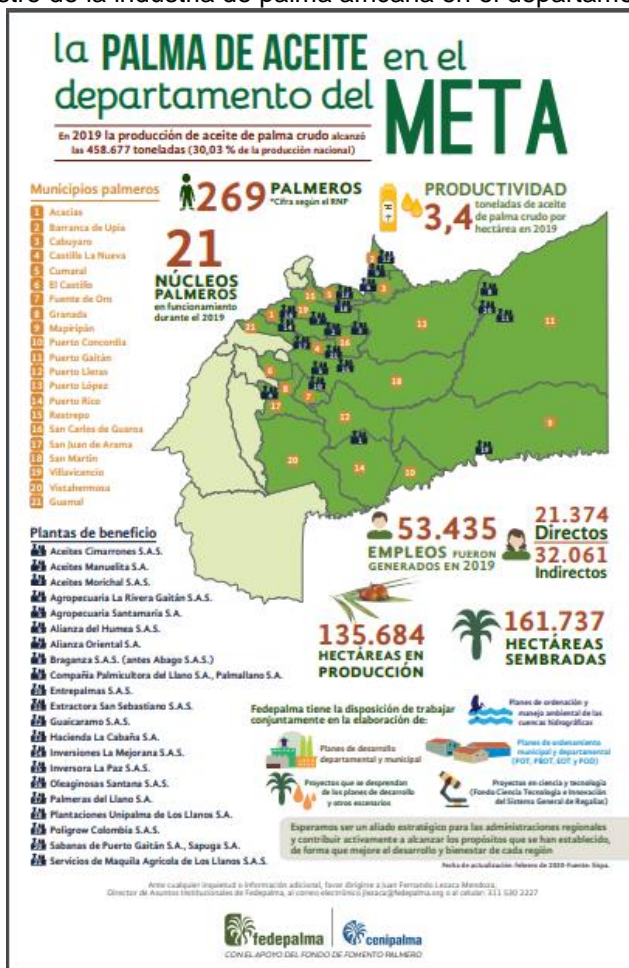
---

<https://www.semillas.org.co/es/palma-africana-en-colombia#:~:text=Uno%20de%20los%20rostros%20de,desarrollo%20de%20la%20estrategia%20paramilitar.>

ambiente, pérdida de identidad cultural debido a la expropiación de tierras de culturas indígenas como sucede en Colombia y Ecuador, y por ultimo las sequias en los afluentes pues su producción implica grandes cantidades del recurso hídrico.

Según la Federación Nacional de Cultivadores de palma de Aceite (Fedepalma)<sup>37</sup> en su más reciente informe 2019, la producción de aceite de palma crudo en el departamento del meta alcanzo las 458.677 toneladas, una actividad que abarca los 53.435 empleos, producción de 135.684 hectáreas y la siembra de 161.737 hectáreas en todo el departamento del Meta.

Figura 4. Registro de la industria de palma africana en el departamento del Meta



Fuente. FEDEPALMA. Infografía Meta. [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, 2019. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/infografia-meta-2020.pdf>

<sup>37</sup> FEDEPALMA. La palma de aceite en Colombia. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, 2019. [Consultado 5 Abril, 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/infografia-meta-2020.pdf>

Es evidente que los cultivos de palma africana prometen un futuro alentador para la economía sin embargo la industria presenta enormes desafíos. El primero es modificar la percepción negativa que se tiene pues dicha actividad es asociada con problemas como violaciones de derechos humanos, torturas, asesinatos, desplazamiento, falsificación de documentos, apropiación ilegal de propiedades y territorios colectivos en desarrollo de la estrategia del paramilitarismo. El segundo reto y más importante es la faceta de destrucción ambiental pues afecta ecosistemas de alta biodiversidad y por último, la miseria que coloca las regiones como lo informa la periodista María Lizcano<sup>38</sup> afirmando que la producción del palma de aceite le quito terreno a cultivos nativos como el plátano y desencadeno una fuerte plaga que elimino los cultivos de chontaduro del municipio de Tumaco, Valle del Cauca.

### **3.3 MATRIZ DE ANÁLISIS DOFA**

Para una correcta interpretación de la matriz es necesario que tenga en cuenta que se están analizando factores internos de la finca Las Brisas a miras de la implementación de un modelo de energía renovable a partir de materia orgánica versus la condición actual del sector agrícola en adopción de energías renovables.

Cuadro 3. Matriz DOFA

---

<sup>38</sup> LIZCANO, María. Colombia: la palma de aceite pone en jaque la flora y fauna del pacifico. [sitio web]. Colombia. CO. Publicación. Sec. Especial, Noviembre 2018. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/vdXeJGT>

<b>DEBILIDADES</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Acceso a la finca. El transporte de la tecnología Biodigestor está limitada por sus dimensiones y por la inexistencia de un sendero vehicular para llevarlo hasta el punto de uso.</li>   <li>· Distancia del proveedor. En medio del recorrido se puede averiar la tecnología trayendo consigo una pésima eficiencia del equipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Incentivos económicos. El gobierno ha desarrollado diferentes estrategias para impulsar los proyectos de energías renovables.</li>   <li>· Pensamiento ecológico global. Cada vez son más las personas que se suman a un movimiento a favor del medio ambiente.</li>   <li>· Agotamiento de recursos. Pese a que aún existen reservas de petróleo para unos cuantos años más, es un hecho de que tanto empresas como gobiernos contemplan la sustitución de fuentes de energía.</li>   <li>· Demanda energética. El crecimiento poblacional es un buen pretexto para contemplar el uso de los recursos renovables.</li> </ul>
<b>FORTALEZAS</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Musculo financiero. El propietario de la finca apoya el proyecto de abastecimiento de fuentes renovables</li>   <li>· Etapa Estudio. Para la empresa es una fortaleza que aún no solo se tenga el proyecto en planos permitiendo el análisis de otras alternativas</li>   <li>· Compromiso social. La dirección del proyecto por un miembro joven permite que se contemplen este tipo de soluciones y que persuadan a las mentes de mayor experiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Costo de inversión. Cabe resalta que el costo de la inversión este sujeto a la capacidad demandada.</li>   <li>· Dependencia fuente de energía convencional. La transición energética se efectuará una vez las energías convencionales no tengan márgenes de rentabilidad superiores</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia

## **4. FORMULAR PROTOTIPO DE MODELO DE ENERGIA RENOVABLE**

En ese orden de ideas se propone un modelo de desarrollo sostenible a partir de la tecnología Biodigestor que se traduce en la elevación de calidad de vida de la población, conservación de los recursos naturales, recuperación del ecosistema, implementación de procesos ecológicos, la distribución responsable de los recursos, entre otros. Basados en los planteamientos previos, se dispone a entender el funcionamiento de la tecnología en su totalidad y los procesos asociados para obtener un beneficio económico a través del servicio de gas y lograr mitigar los impactos ambientales que tiene la disposición de materia orgánica a cielo abierto en la finca Las Brisas.

### **4.1 BIOGÁS**

El biogás es la única fuente de energía renovable que no involucra el tratamiento de los recursos naturales, sin embargo, se considera fuente de energía inagotable ya que se sustenta de la naturaleza y sus atributos. Básicamente es un gas compuesto por metano CH<sub>4</sub>, dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y diversas impurezas en proporciones variables dependiendo de la composición de la materia orgánica a partir del cual fue generado. La incorporación del término biogás en la historia tiene aportes importantes como el del pensador Plinio Segundo, quien avisto por primera vez el brillo de unas luces debajo de la superficie de los pantanos, más adelante se data la implementación de la primera unidad de producción de biogás en un hospital en la India (1859) para leproso a partir de aguas residuales logrando la purificación de las aguas residuales y la dotación de energía en caso de emergencias. Sin embargo, la primera anotación científica sobre el biogás se imparte al científico Jan Baptista Van Helmont en 1630, quien en su investigación concluyó que mediante la descomposición de materia orgánica se obtiene una serie de gases que eran inflamables.

Si bien es cierto que el biogás es una mezcla de metano y dióxido de carbono, que resulta tras la acumulación de residuos de origen animal, vegetal, agroindustrial y forestal a través de unas condiciones específicas de operación, y que su composición varía según el origen del material orgánico, se han adelantado investigaciones que permitan definir propiedades y composición.

Tabla 1. Propiedades generales del biogás

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
<b>COMPOSICIÓN</b>	55 – 70% metano (CH <sub>4</sub> ) 30 – 45% dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) Trazas de otros gases
<b>CONTENIDO ENERGÉTICO</b>	6.0 – 6.5 kW h m <sup>-3</sup>
<b>EQUIVALENTE DE COMBUSTIBLE</b>	0.60 – 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
<b>LIMITE DE EXPLOSIÓN</b>	6 – 12 % de biogás en el aire
<b>TEMPERATURA IGNICIÓN</b>	650 – 750°C (con el contenido de CH <sub>4</sub> mencionado)
<b>PRESIÓN CRÍTICA</b>	74 – 88 atm
<b>TEMPERATURA CRÍTICA</b>	-82.5°C
<b>DENSIDAD NORMAL</b>	1.2 kg m <sup>-3</sup>
<b>OLOR</b>	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
<b>MASA MOLAR</b>	16.043 kg kmol <sup>-1</sup>

Fuente. Manual del biogás. [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 10, Mayo 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Tabla 2. Composición biogás según la fuente de producción orgánica.

COMPONENTE	FORMULA QUÍMICA	RESIDUOS			
		AGRÍCOLAS Y GANADEROS	LODOS DE EDAR	RESIDUOS INDUSTRIALES	VERTEDEROS DE RSU
Metano	CH <sub>4</sub>	50-80%	50-80%	50-70%	45-65%
Gas Carbónico	CO <sub>2</sub>	30-50%	20-50%	30-50%	34-55%
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0-1%	0-3%	0-1%	0-20%
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0-1%	0-1%	0-1%	0-5%
Hidrogeno	H <sub>2</sub>	0-2%	0-5%	0-2%	0-1%
Monóxido de Carbono	CO	0-1%	0-1%	0-1%	-
Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> S	100-7000ppm	0-1%	0-8%	0.5-100 ppm

Fuente. Manual del biogás. [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 10, mayo 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

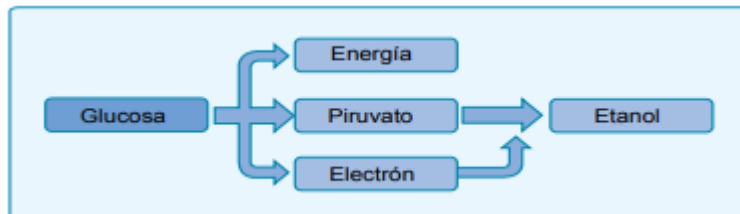
Hoy por hoy son diversas las opciones que se tienen para el uso del biogás. Inicialmente se encuentra la producción de bigas para la obtención de energía



térmica (calor), los sistemas pequeños de biogás son capaces de proporcionar energía calórica para actividades básicas como cocinar y calentar agua a partir de la adaptación de la relación de aire-gas alcanzando niveles de presión de 8 a 25 mbar y un punto de rocío de los 150 °c. Seguidamente se encuentra la producción de biogás para la obtención de energía eléctrica que mediante el uso de turbinas de gas se puede obtener el recurso con una eficiencia superior a la esperada. Finalmente se encuentra la producción de biogás como combustible para los vehículos resaltando que deben controlarse factores como el de la calidad para motores de combustión interna tanto de gasolina como diésel.

**4.1.1 Proceso anaeróbico.** La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degenerativo en el cual el material orgánico, sustrato, se convierte en biogás por un conjunto de bacterias que son sensibles por el oxígeno. En el proceso más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiendo tan solo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico. Los residuos orgánicos son transformados completamente en biogás a partir de los microorganismos metanogénicos que desempeñan la función de enzimas respiratorias, sumado a las bacterias metanogénicas, de esta forma, se constituye una cadena alimentaria que guarda una estrecha relación con las células enzimáticas de las células aeróbicas.

Figura 5. Fermentación anaeróbica de glucosa en etanol.



Fuente. Manual del biogás. [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 10, Mayo 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

La digestión anaeróbica involucra una serie de etapas como un número de reacciones bioquímicas proporcional a la cantidad de microorganismos que están presentes. La hidrólisis es la primera etapa para llevar a cabo la degradación anaeróbica del sustrato por la acción de enzimas extracelulares producidas por microorganismos hidrolíticos. El resultado es la obtención de compuestos solubles más sencillos como aminoácidos, azúcares y ácidos grasos. Algunos factores que gobiernan la velocidad de este proceso es la temperatura del proceso, tiempo de retención hidráulico, composición bioquímica del sustrato, tamaño de las partículas, nivel de pH, concentración de NH<sub>4</sub> y de la concentración de los productos de la etapa hidrólisis.

Posteriormente se da la etapa fermentativa en la que las moléculas orgánicas solubles se convierten en compuestos más sencillos que son utilizados como alimento por las bacterias metanogénicas y compuestos orgánicos más reducidos permitiendo eliminar cualquier traza de oxígeno en el sistema. La siguiente etapa es la acetogénica en la que se metabolizan el etanol, ácidos grasos volátiles y algunos aromáticos en productos más sencillos. Este tipo de microorganismos son capaces de crecer heterotróficamente en presencia de azúcar o compuestos monocarbonados logrando obtener el acetato. En este punto la mayoría de las bacterias anaeróbicas han extraído el alimento del sustrato dando como resultado ácido volátiles más sencillos. Finalmente, se encuentra la etapa metanogénica que permite la formación del metano y la eliminación del medio de los productos anteriormente mencionados. Así mismo, el manual del Biogás señala que “Los microorganismos metanogénicos completan el proceso de digestión anaeróbica mediante la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato,  $H_2 / CO_2$ , formato, metanol y algunas metilaminas”.

## **4.2 BIODIGESTOR**

Para la organización Novatio<sup>39</sup>, un biodigestor se define como “un reactor cerrado, hermético e impermeable, dentro del cual se deposita materia orgánica como: aguas residuales domésticas o agroindustriales, estiércol animal, desechos vegetales y frutales, etc...”

## **4.3 FUNCIONAMIENTO**

El funcionamiento de un biodigestor está dado por una secuencia de pasos como se observa en la figura No 6.

- La materia orgánica ingresa por el recipiente de acceso al biodigestor
- La materia orgánica es conducida a través de una sección tubular hasta el interior del biodigestor
- En el interior del biodigestor se encuentra lista la mezcla de material orgánico con agua. Se hace necesario condiciones de temperatura entre los 25 y 35 °C
- La descomposición inicia desde que ingresa el material, tiempo cero, a través de la fermentación anaeróbica

---

<sup>39</sup> NOVATIO. ¿Qué es la metanización? [Sitio web]. Colombia. CO. Sec. Publicaciones, 2018. [Consultado 10 Mayo, 2020]. Disponible en: <https://www.novatio.com.co/tecnologia>

- Una válvula de alivio permite la acumulación del fluido cuando no se alcanza la presión esperada
- En el interior se encuentra un filtro que remueve la humedad del biogás y elimina impurezas como el sulfuro de hidrógeno
- A la salida se encuentra un recipiente para la acumulación del biol y otros residuos
- El biogás producido puede utilizar para generar electricidad a través del movimiento de una turbina, cocinar los alimentos como fuente directa y calentar agua o interior de infraestructuras

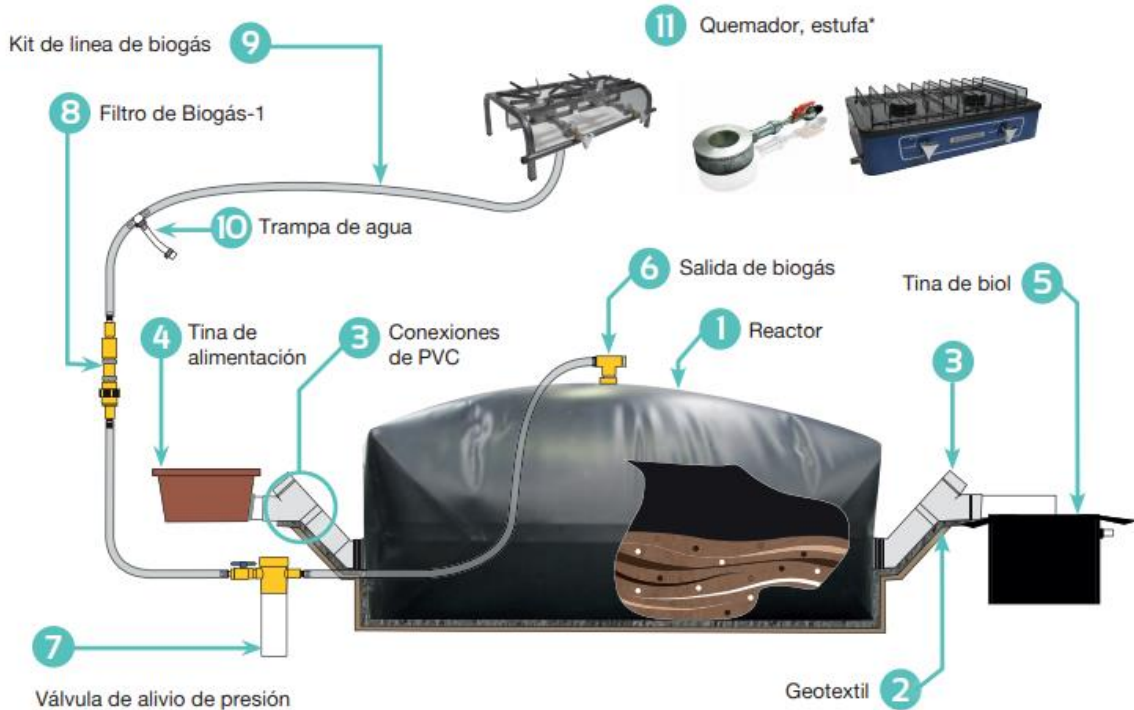
Figura 6. Funcionamiento biodigestor.



Fuente. Proyecto FSE [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 10, Mayo 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.proyectoFSE.mx/2018/08/06/como-funciona-un-biodigestor/>

## 4.4 COMPONENTES DE UN BIODIGESTOR

Figura 7. Biodigestor.



Fuente. Novatio SAS. [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 10, Mayo 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: [https://3a6975cb-dfcd-4cc8-aec9-84f5300339c6.filesusr.com/ugd/f8906d\\_d65ad63baba84509bc3a4f3878a5bc42.pdf](https://3a6975cb-dfcd-4cc8-aec9-84f5300339c6.filesusr.com/ugd/f8906d_d65ad63baba84509bc3a4f3878a5bc42.pdf)

**4.4.1 Reactor.** Es un dispositivo cilíndrico, cubico, ovoide o rectangular en donde ocurre el proceso bioquímico de degradación de la materia orgánica. Generalmente la base del reactor es diseñada con una ligera inclinación para facilitar la salida de arena, material sedimentable y la fracción más pesada del compost. Se encuentran hechos desde concreto hasta acero inoxidable.

**4.4.2 Entrada del afluente.** Es una sección ubicada en la parte superior del biodigestor por donde ingresa el material orgánico y el fluido que acompañara el proceso de degradación anaeróbica.

**4.4.3 Salida del efluente.** Corresponde a la sección que permite la salida del material que no posee ningún beneficio durante el proceso. Generalmente se encuentran un tubo con diferentes válvulas a distintos niveles y se extrae el que mejor calidad presente.

**4.4.4 Extracción de lodos.** Son tuberías que se ubican sobre bloques a lo largo del suelo inclinado del biodigestor. El lodo es extraído por el centro del reactor y están acompañadas de válvulas tipo tapón para evitar obstrucciones y su uso es para evacuar periódicamente el lodo del digestor a un sistema de evacuaciones de lodos.

**4.4.5 Sistema de gas.** Durante el proceso se pueden generar de 400 a 700 litros de gas por cada kilogramo de materia orgánica degradada. El contenido en metano del gas de un biodigestor que funcione adecuadamente variara del 65% al 70% en volumen. El sistema de gas traslada el metano desde el biodigestor hasta los puntos de consumo o al quemador de gases en exceso.

**4.4.5.1 Cúpula de gas.** Corresponde a la parte superior del biodigestor que tiene la función de almacenar el biogás generado. Se encuentra en modelos tipo fijo que incorpora un cierre de agua, o flotante, y en algunos casos puede ser un accesorio externo del biodigestor (gasómetro).

**4.4.5.2 Válvulas de seguridad y rompedora de vacío.** Tanto la válvula de seguridad como la válvula rompedora de vacío funcionan de forma similar pues constan de un plato cargado con arandelas calibradas para lograr soportar la columna de gas dentro del tanque y evitar que se rompa el cierre de agua. Cabe resaltar que el cierre de agua se puede ver afectado cuando la alimentación de sustrato es excesiva o cuando se extrae el gas del tanque de forma lenta. La principal diferencia entre ambas válvulas es que la válvula rompedora de vacío se encarga de aliviar las presiones negativas y evitar que el tanque colapse.

**4.4.5.3 Apagallamas.** Es una caja rectangular que contiene de 50 a 100 placas de aluminio corrugado con agujeros taladrados. Su función es disipar la combustión en el tanque mediante deflectores que enfriarán el gas hasta el punto de ignición o dejar pasar el gas con poca carga.

Este dispositivo de protección se encuentra ubicado entre las válvulas de seguridad, válvula rompedora de vacío y la cúpula del biodigestor. Después del purgador de sedimentos, en la tubería de gas del biodigestor. En el quemador de gases en el exceso, y finalmente enfrente de la cada caldera, horno o llama.

**4.4.5.4 Válvulas térmicas.** Es un dispositivo de protección que se ubica cerca a la fuente de llama y muy cerca de la cúpula del tanque, que se acciona en caso de que la llama logre generar el calor suficiente para fundir un fusible y accionar un vástago para cortar el paso de gas.

**4.4.5.5 Separadores de sedimentos.** Es un recipiente que se ubica cerca de la cúpula de gas. Su función es retener la humedad del gas que se acumula en forma de grandes incrustaciones por el paso del gas a través de un deflector, y el flujo por una tubería externa del tanque para hacia el sistema de gas.

**4.4.5.6 Purgadores de condensado.** Son dispositivos que se encargan de evitar la condensación del gas que se dirige desde zonas calientes hasta zonas de niveles muy bajos evitando las obstrucciones por el flujo de agua que podría generar afectaciones a los compresores.

**4.4.5.7 Medidores de gas.** Se encuentran en presentaciones como fuelles, diafragmas de flujo, molientes, placas de orificios.

**4.4.5.8 Manómetros.** Su función es indicar la presión del tanque en centímetros de columna de mercurio. En la mayoría de los biodigestores se posicionan al menos 3 manómetros en el sistema.

**4.4.5.9 Reguladores de presión.** Se ubican antes y después del quemador de gases en exceso. Son válvulas tipo diafragma y tiene la función de controlar la presión en todo el biodigestor. Generalmente se setean a 20 cm de columna de agua programada para abrir el regulador y permitir que el gas fluya hacia el quemador.

**4.4.5.10 Almacenamiento del gas.** El biogás producido se puede almacenar en; Gasómetros a presión. El flujo del gas que está gobernado por la acción de los compresores, direccionándolo hacia un depósito, seguidamente es extraído y pasa a la sección del quemador. Su capacidad permitida es de al menos 3.4 atm en el interior del biodigestor, y en Gasómetros de cubierta flotante, variando su capacidad a través de los rodachines acumulando el biogás. Este dispositivo se saetea para mantener la presión sobre 200 mm de columna de agua indicando la presión de

**4.4.5.11 Quemador de gases sobrantes.** Su función es eliminar los gases en exceso del sistema biodigestor. Tiene incorporado una llama piloto que esta accionada de forma constante para que la presión sea regulada.

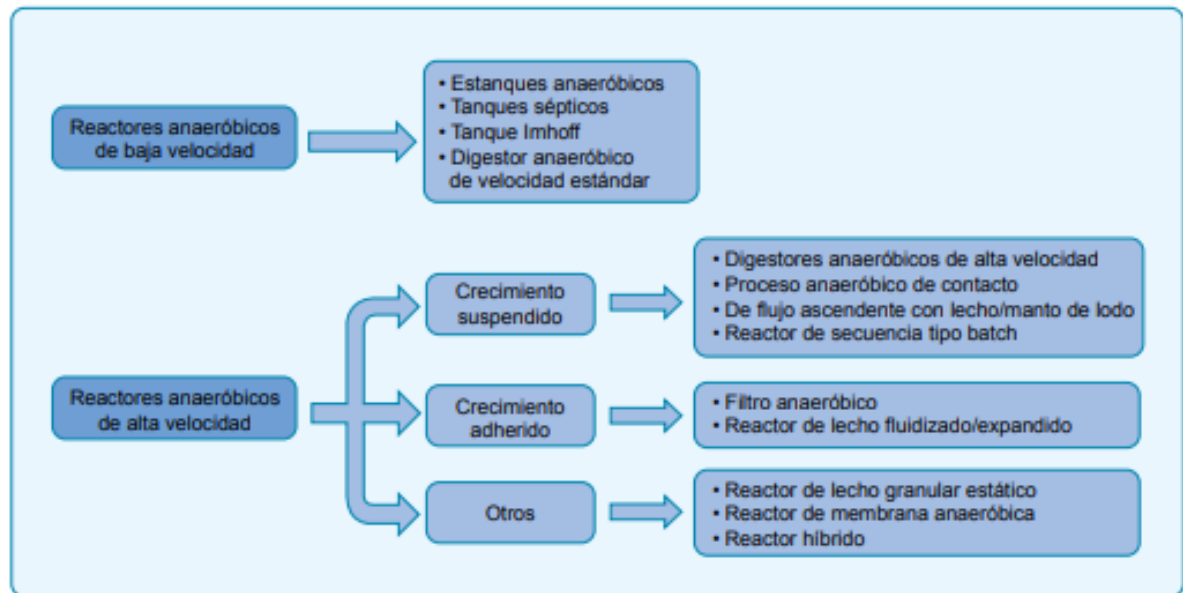
**4.4.6 Muestreador.** Es una tubería de 0.1m de diámetro, sumergido en la zona del lodo del biodigestor. Su función es permitir el acceso fácil a muestras sin que se registren pérdidas de presión de gas, y evitar el fenómeno del colapso del material. Cuenta con una tapa que se abre y cierra por medio de bisagras dentro del tanque del biodigestor, mediante unas bisagras.

**4.4.7 Sistema de calentamiento del biodigestor.** Es claro precisar que los biodigestores pueden operar a cualquier temperatura convirtiéndose en una pauta para controlar el tiempo en que ocurre el proceso de degradación del compost orgánico. Guarda una relación inversamente proporcional con el tiempo. El rango de operación de los biodigestores modernos oscila desde los 35 a 37 °c.

## 4.5 TIPOS DE BIODIGESTOR

Los biodigestores se clasifican en dos grandes grupos. Los de alta velocidad y los de baja velocidad. Sus principales diferencias se muestran en la figura 8.

Figura 8. Clasificación de biodigestores anaeróbicos.



Fuente. Manual del biogás. [Sitio Web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 10, Mayo 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

**4.5.1 Biodigestor de baja velocidad.** Son sistemas que no se encuentran mezclados. Las condiciones de temperatura, el TRS (tiempo de retención de sólidos) y otras variables no son controladas. La tasa de carga orgánica está en el rango de 1-2Kg DQO/m<sup>3</sup>.día. Es un sistema que no se recomienda para producción de bioenergía.

**4.5.2 Biodigestor de alta velocidad.** Son sistemas que mantienen un gran nivel de sustrato dentro del tanque biodigestor. Todas las condiciones ambientales se someten a seguimiento para hacer del funcionamiento lo más eficiente posible. La tasa de carga orgánica está en el rango de los 5-30Kg DQO/m<sup>3</sup>.día. Son apropiados para la producción de bioenergía.

Algunos de los parámetros a tener en cuenta durante la operación son; Tiempo de retención de sólidos (TRS), El manual de biogás recomienda que puede variar entre 15 a 30 días cuando se presenta digestión mesofílica o 5 a 15 días cuando se tiene digestión termofílica, y debe ser lo suficiente para efectuar y una precisa digestión; Tasa de carga de sólidos volátiles (SV), su finalidad es lograr dimensionar el tamaño del biodigestor, demostrando que un comportamiento típico de SV para una

digestión mesofílica es de 164.8Kg/m<sup>3</sup> y para una digestión termofílica es el doble de una digestión de una mesofílica; Reducción de sólidos volátiles se calcula en la ecuación No 1

$$V_d = 13.7 \ln(\text{TRS}) + 18.9$$

(Ecuación No 1)

Donde  $V_d$  es el % de degradación de sólidos volátiles y TRS es el tiempo de retención de sólidos en días



## 5. ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR EL MODELO DE ENERGIA RENOVABLE

El desarrollo de este capítulo está comprendido por un par de actividades. En primera instancia es necesario proceder a la recolección organizada de datos a través de fichas de registro tales como; censo poblacional de los jornaleros; estimación del total de excretas; cálculo de la capacidad energética de la finca; registro de cotizaciones de proveedores, entre otros, permitiendo de esta manera, aterrizar las necesidades y capacidades de la finca Las Brisas. La segunda parte comprende el cálculo de viabilidad económica del proyecto a partir de variables financieras; tasa interna de retorno (TIR) y, el valor presente neto (VPN) de la inversión. El cálculo y la interpretación de estas variables le dará un factor de confianza al propietario de las fincas para tomar una decisión basada en resultados numéricos.

Tabla 3. Censo poblacional recurso humano finca Las Brisas.

<b>FICHA REGISTRO</b>						
<b>CENSO POBLACIONAL</b>						
<b>FINCA LAS BRISAS</b>						
<b>No</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>GENERO</b>	<b>EDAD</b>	<b>PESO</b>	<b>CARGO</b>	<b>FUNCION</b>
1	JIMENEZ HOLGUIN ALEXIS	Masculino	62	75	Jornalero	
2	CAICEDO MALAGON ANDRES MAURICIO	Masculino	44	78	Jornalero	
3	MEJIA TAMAYO SIMON	Masculino	31	70	Jornalero	
4	RESTREPO GALARZO JHON	Masculino	51	80	Jornalero	
5	URIBE ORTEGA JUAN CARLOS	Masculino	48	80	Jornalero	
6	PEDREROS SACHICA ERIK	Masculino	49	82	Jornalero	
7	FERIA JOHN MARIO	Masculino	39	70	Jornalero	
8	SANCHEZ CAICEDO CESAR AUGUSTO	Masculino	40	70	Jornalero	Se le asignan tareas como la limpieza del terreno, arado y nivelación del terreno, inundación del terreno, siembra del terreno, entre otras.
9	MUÑOZ RUIZ LUIS EDUARDO	Masculino	63	65	Jornalero	
10	PIÑEROS KATTAH MICHAEL	Masculino	38	75	Jornalero	
11	MONTOYA DAVID ANDRES	Masculino	33	72	Jornalero	
12	AMAYA RODRIGUEZ BILLY ANDRES	Masculino	43	75	Jornalero	
13	ORTIZ CASTILLO ANDRES EDUARDO	Masculino	34	77	Jornalero	
14	ROJAS VALENCIA JIMMY ALEXANDER	Masculino	46	80	Jornalero	
15	DUQUE TRIANA RICARDO ANDRES	Masculino	42	82	Jornalero	
16	PAVA ORTEGON ANIBAL	Masculino	48	82	Jornalero	
17	RENDON ESCOBAR ADOLFO LEON	Masculino	50	80	Jornalero	
18	PEREIRA GONZALEZ JONATHAN	Masculino	37	79	Jornalero	
19	OSPINA CASTAÑEDA CARLOS AUGUSTO	Masculino	41	79	Jornalero	
20	NAVARRO BUITRAGO JUAN PABLO	Masculino	41	79	Jornalero	

Tabla 3. (continuación)

21	RINCON TINJACA HECTOR FABIAN	Masculino	32	75	Jomalero	
22	CASTILLO ISAZA MILLER	Masculino	59	75	Jomalero	
23	MARTINEZ MOLINA VICTOR GUSTAVO	Masculino	34	72	Jomalero	
24	FERNANDEZ PARDO DANIEL ANDRES	Masculino	38	71	Jomalero	
25	RODRIGUEZ MARTINEZ JULIO CESAR	Masculino	33	70	Jomalero	
26	MORALES RAMIREZ EDWIN ENRIQUE	Masculino	32	59	Jomalero	Se le asignan tareas como la recolección y selección de producto, despacho de pedidos, fumigación de cultivos, jornadas de inventariado, entre otros.
27	SANTIAGO MORALES JAIRO ENRIQUE	Masculino	59	77	Jomalero	
28	NARVAEZ CABRERA SANTIAGO	Masculino	40	75	Jomalero	
29	NAVARRO SABOGAL CARLOS ANDRES	Masculino	34	72	Jomalero	
30	ORJUELA GARZON CARLOS ANDRES	Masculino	30	78	Jomalero	
31	PACHECO GUERRERO GUSTAVO ADOLFO	Masculino	37	72	Jomalero	
32	QUIROGA MALAGON JEISSON ANTONIO	Masculino	34	70	Jomalero	
33	FORERO VARGAS HUGO ALEJANDRO	Masculino	53	80	Jomalero	
34	QUIROZ SOLANO JOSE FABIAN	Masculino	40	74	Jomalero	
35	ROMERO UBAQUE YEINS STIVEN	Masculino	33	73	Jomalero	
36	SAAVEDRA SANCHEZ LUIS RODRIGO	Masculino	48	76	Asistente Ingeniero	La asignación de sus tareas está dada por el ingeniero jefe. Algunas son el seguimiento plan de producción, toma de muestras, seguimiento documental, entre otras.
37	SANCHEZ OCAMPO YIMMER DARIO	Masculino	31	75	Asistente Ingeniero	
38	SUAREZ GALLO OSCAR IVAN	Masculino	34	70	Asistente Ingeniero	
39	VARGAS SUAREZ EDUARD ARNULFO	Masculino	51	70	Asistente Ingeniero	
40	BEJARANO ORTIZ OSCAR HERNANDO	Masculino	37	82	Asistente Ingeniero	
41	CARVAJAL PUCHE CHRISTIAN RENE	Masculino	34	82	Ingeniero Agronomo	Le compete actividades como lo es planeación de la demanda, proyección de utilidades, supervisión del recurso humano, negociación con clientes, compra de insumos, entre otras. Sus tareas comprenden la naturaleza de su profesión.
42	VILORIA MENDOZA CARLOS JESUS	Masculino	30	68	Ingeniero Agronomo	
43	AGUIRRE RODRIGUEZ MAURICIO	Masculino	35	69	Ingeniero Agronomo	
44	LOPEZ RODRIGUEZ JUAN CAMILO	Masculino	31	77	Ingeniero Industrial	
45	HERRERA GONZALEZ LINO	Masculino	37	75	Ingeniero Industrial	
46	NORATO ESPITIA LESLY GEOVANNA	Femenino	34	56	Auxiliar Servicios	Se le asignan tareas como la limpieza del las instalaciones, preparacion de alimentos, entre otras.
47	TABARES VILLADA YENIFER	Femenino	40	62	Auxiliar Servicios	
48	ECHEVERRY CARDONA LEIDY JOHANNA	Femenino	39	59	Auxiliar Servicios	
49	BEDOYA ARANA SILVIA	Femenino	47	55	Auxiliar Servicios	
50	SOTELO FLOREZ NATHALY	Femenino	42	55	Auxiliar Servicios	

Fuente. Elaboración propia.

La construcción de la ficha de registro *Censo Poblacional* tuvo en cuenta variables como el género, la edad, el peso y el cargo que desempeña cada uno de los trabajadores de la finca Las Brisas. Una interpretación superficial de los datos consignados se obtiene que; El 36% de la población abarca un rango de edad desde los 30 a 35 años, exponiendo problemáticas como la migración desde temprana edad a actividades agrícolas por argumentos como lo es la escasez de otras fuentes de ingreso; El 70% de la población, entre la edad de los 30 a 40 años, tiende a presentar problemas de sobrepeso (70 a 82 Kg) asociados a la ingesta calórica que demanda las actividades de agricultura; Los cargos directivos pertenecen a profesionales que se encuentran en el rango de edad de los 30 a 40 años facilitando la adopción de alternativas amigables con el medio ambiente.

Tabla 4. Censo poblacional obtención de excretas.

FICHA REGISTRO						
OBTENCION DE EXCRETAS						
FINCA LAS BRISAS						
No	NOMBRE	EDAD	PESO	EXCRETAS GENERADAS (Kg/Día)	FACTOR CORRECCION EXCRETAS GENERADAS (Kg/Día)	ACUMULADO
1	JIMENEZ HOLGUIN ALEXIS	62	75	0,2	0,26	0,26
2	CAICEDO MALAGON ANDRES MAURICIO	44	78	0,2	0,26	0,52
3	MEJIA TAMAYO SIMON	31	70	0,15	0,195	0,715
4	RESTREPO GALARZO JHON	51	80	0,2	0,26	0,975
5	URIBE ORTEGA JUAN CARLOS	48	80	0,2	0,26	1,235
6	PEDREROS SACHICA ERIK	49	82	0,2	0,26	1,495
7	FERIA JOHN MARIO	39	70	0,15	0,195	1,69
8	SANCHEZ CAICEDO CESAR AUGUSTO	40	70	0,15	0,195	1,885
9	MUÑOZ RUIZ LUIS EDUARDO	63	65	0,15	0,195	2,08
10	PIÑEROS KATTAH MICHAEL	38	75	0,2	0,26	2,34
11	MONTOYA DAVID ANDRES	33	72	0,15	0,195	2,535
12	AMAYA RODRIGUEZ BILLY ANDRES	43	75	0,2	0,26	2,795
13	ORTIZ CASTILLO ANDRES EDUARDO	34	77	0,2	0,26	3,055
14	ROJAS VALENCIA JIMMY ALEXANDER	46	80	0,2	0,26	3,315
15	DUQUE TRIANA RICARDO ANDRES	42	82	0,2	0,26	3,575
16	PAVA ORTEGON ANIBAL	48	82	0,2	0,26	3,835
17	RENDON ESCOBAR ADOLFO LEON	50	80	0,2	0,26	4,095
18	PEREIRA GONZALEZ JONATHAN	37	79	0,2	0,26	4,355
19	OSPINA CASTANEDA CARLOS AUGUSTO	41	79	0,2	0,26	4,615
20	NAVARRO BUITRAGO JUAN PABLO	41	79	0,2	0,26	4,875
21	RINCON TINJACA HECTOR FABIAN	32	75	0,2	0,26	5,135
22	CASTILLO ISAZA MILLER	59	75	0,2	0,26	5,395
23	MARTINEZ MOLINA VICTOR GUSTAVO	34	72	0,15	0,195	5,59
24	FERNANDEZ PARDO DANIEL ANDRES	38	71	0,15	0,195	5,785
25	RODRIGUEZ MARTINEZ JULIO CESAR	33	70	0,15	0,195	5,98
26	MORALES RAMIREZ EDWIN ENRIQUE	32	59	0,15	0,195	6,175
27	SANTIAGO MORALES JAIRO ENRIQUE	59	77	0,2	0,26	6,435
28	NARVAEZ CABRERA SANTIAGO	40	75	0,2	0,26	6,695
29	NAVARRO SABOGAL CARLOS ANDRES	34	72	0,15	0,195	6,89
30	ORJUELA GARZON CARLOS ANDRES	30	78	0,2	0,26	7,15
31	PACHECO GUERRERO GUSTAVO ADOLFO	37	72	0,15	0,195	7,345
32	QUIROGA MALAGON JEISSON ANTONIO	34	70	0,15	0,195	7,54
33	FORERO VARGAS HUGO ALEJANDRO	53	80	0,2	0,26	7,8
34	QUIROZ SOLANO JOSE FABIAN	40	74	0,2	0,26	8,06
35	ROMERO UBAQUE YEINS STIVEN	33	73	0,2	0,26	8,32
36	SAAVEDRA SANCHEZ LUIS RODRIGO	48	76	0,2	0,26	8,58
37	SANCHEZ OCAMPO YIMMER DARIO	31	75	0,2	0,26	8,84
38	SUAREZ GALLO OSCAR IVAN	34	70	0,15	0,195	9,035
39	VARGAS SUAREZ EDUARD ARNULFO	51	70	0,15	0,195	9,23
40	BEJARANO ORTIZ OSCAR HERNANDO	37	82	0,2	0,26	9,49

Tabla 4. (continuación)

41	CARVAJAL PUCHE CHRISTIAN RENE	34	82	0,2	0,26	9,75
42	VILORIA MENDOZA CARLOS JESUS	30	68	0,15	0,195	9,945
43	AGUIRRE RODRIGUEZ MAURICIO	35	69	0,15	0,195	10,14
44	LOPEZ RODRIGUEZ JUAN CAMILO	31	77	0,2	0,26	10,4
45	HERRERA GONZALEZ LINO	37	75	0,2	0,26	10,66
46	BARRIOS PATRON JESUS DAVID	34	56	0,15	0,195	10,855
47	CORREA NORIEGA OMAR ALFREDO	40	62	0,15	0,195	11,05
48	PARRA OLDENBURG JUAN FERNANDO	39	59	0,15	0,195	11,245
49	TORRES MORENO ELBER ARTURO	47	55	0,15	0,195	11,44
50	GALEANO MENDEZ ALEJANDRO	42	55	0,15	0,195	11,635

TOTAL EXCRETAS [Kg/Día]	11,635
TOTAL EXCRETAS [Kg/Mes]	349,05

Fuente. Elaboración propia.

La determinación del total de excretas se fundamenta en el planteamiento del autor Adriá Bosch<sup>40</sup>, en su proyecto de instalación de una planta de metanización en un buque crucero, el cual afirma que una persona sana genera de 50 a 100 gramos de sólidos diarios siguiendo una dieta cárnica, entre 250 y 400 gramos de sólidos diarios siguiendo una dieta vegetariana y, cuando la persona sigue una dieta mixta, es capaz de generar de 100 a 200 gramos de sólidos.

Para la construcción de la tabla No 7 se fija que la población sigue un plan de alimentación de tipo mixta teniendo en cuenta que, si el individuo pesa menos de 73 Kg producirá tan solo 150 gramos/día de material orgánico aprovechable, y si el individuo pesa más de 73 Kg producirá 200 gramos/día de material orgánico aprovechable. Adicionalmente se aplicó un factor de corrección ( $K = 0.3$ ) a la producción de excretas asegurando un escenario auténtico pues los encuestados manifestaron que las veces que van al baño son de hasta 5 veces en el día.

La sección de noticias de la entidad Mifarma<sup>41</sup>, responde la incógnita de cuantas veces una persona realiza disposición de la materia orgánica. Un estudio realizado a 2000 personas afirma que cada persona tiene una rutina distinta y que cada organismo tiene respuestas diferentes, sin embargo, se precisa que factores como la edad, condiciones de salud, los hábitos y la actividad física influyen en la cantidad

<sup>40</sup> BOSCH, Adriá. Estudio de viabilidad de la instalación de una planta de metanización en un buque crucero. [Sitio web]. Barcelona. ES. Sec. Publicaciones, 2011. [Consultado 10 Mayo, 2020]. Archivo en [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13613/PFC\\_BOSCH\\_MARTI\\_ADRI%C3%80.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13613/PFC_BOSCH_MARTI_ADRI%C3%80.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Disponible en:

<sup>41</sup> MIFARMA. ¿Cuántas veces al día debemos ir al baño? [sitio web]. Perú. PE. Sec. Publicaciones, 2017. Consultado 10 Mayo, 2020]. Disponible en: <https://rpp.pe/campanas/branded-content/cuantas-veces-al-dia-debemos-ir-al-bano-noticia-1094461>

de veces que se va al día. Aplicar un factor de seguridad permite obtener resultados que se aproximen a la realidad que acontece la población de la finca Las Brisas.

Tabla 5. Potencial de generación de biogás

<b>FICHA REGISTRO</b>	
<b>POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS</b>	
<b>FINCA LAS BRISAS</b>	
<b>TOTAL EXCRETAS [Kg/Día]</b>	11,6350
<b>MATERIA SECA (MS) [Kg/Día]</b>	2,7924
<b>MATERIA ORGANICA VOLÁTIL (MO) [Kg/Día]</b>	2,6528
<b>MATERIA ORGANICA VOLÁTIL (MO) [Ton/Día]</b>	0,0027
<b>PORCION DEGRADADO DE MO [Ton/Día]</b>	0,0019
<b>PRODUCCION ESPECIFICA DE BIOGÁS [m<sup>3</sup>/Día]</b>	2,2920
<b>PRODUCCION ESPECIFICA DE BIOGÁS [m<sup>3</sup>/Mes]</b>	68,7601

Fuente. Elaboración propia.

Según un estudio de potencial energético para la zona rural del departamento de La Libertad (Perú) a partir de excretas humanas<sup>42</sup>, solo el 24% de la materia orgánica produce biogás, llamada materia seca pues ningún residuo que contenga humedad lograra descomponerse en forma de gas. El carbono está presente en el 95% de la materia seca y tan solo el 60% puede ser degradado.

<sup>42</sup> LINARES, Guillermo. ECHEVERRIA, Carlos. CESPEDES, Tatiana. Potencial energético de la zona rural del Departamento de La Libertad (Perú) producido por biogás obtenido de excretas humanas. [Sitio web]. Perú. PE. Sec. Publicación, 2017. [Consultado 10 Mayo, 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/ydXuxmX>

Tabla 6. Cotización biodigestor.

FICHA REGISTRO				
COTIZACIÓN BIODIGESTOR DISPONIBLE				
FINCA LAS BRISAS				
<b>EMPRESA</b>	Sistema Bio		Novatios S.A.S	
<b>TIPO</b>	Geomembrana TP16 LLDPE		Geomembrana SB20 LLDPE	
<b>VIDA ÚTIL (Año)</b>	10		< 25	
<b>EXCRETAS NECESARIAS PARA FUNCIONAMIENTO (Kg/Día)</b>	140		198	
<b>GENERACION DE BIOGÁS [m³/Mes]</b>	150		222	
<b>GENERACION DE BIOL (Lt/Día)</b>	401		534	
<b>COSTO BIODIGESTOR</b>	\$	4.620.823	\$	5.040.898
<b>COSTO INSTALACION</b>	\$	1.000.000	\$	1.000.000
<b>COSTO FLETE</b>	\$	1.617.000	\$	1.764.000
<b>COSTO MANTENIMIENTO (Año)</b>	\$	300.000	\$	400.000
<b>SUBTOTAL</b>	\$	7.237.823	\$	7.804.898
<b>IVA 19%</b>	\$	1.375.186	\$	1.482.931
<b>TOTAL INVERSION INICIAL</b>	\$	8.613.009	\$	9.287.828

Fuente. Elaboración propia.

La variación en los precios de la tecnología biodigestor entre ambas fabricantes, Novatio SAS y Sistema Bio, se debe a factores como el tamaño pues aseguran que las dimensiones son 2.2m x 6m, 2.2m x 8m y 2.2m x 16m, respectivamente. La producción de biogás y biol, comparten una relación estrecha con el tamaño del reactor y toman un valor económico codiciado por este gremio. La precipitación y acumulación de material descompuesto en el fondo del reactor puede ocasionar problemas de producción motivo por el cual se debe asegurar la limpieza del reactor a través de una un mantenimiento anual que depende del tamaño de la tecnología.

Tabla 7. Consumo servicio de gas finca Las Brisas.

FICHA REGISTRO												
CONSUMO GAS												
FINCA LAS BRISAS												
MES	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY						
<b>CONSUMO</b> [m <sup>3</sup> ]		88	78	75	100	75	95					
<b>PRECIO</b> [Und/m <sup>3</sup> ]	\$	1.617	\$	1.659	\$	1.665	\$	1.554	\$	1.631	\$	1.639
<b>CONSUMO</b> [COP/m <sup>3</sup> ]	\$	142.317	\$	129.376	\$	124.879	\$	155.389	\$	122.340	\$	155.669
<b>PROMEDIO CONSUMO</b> [m <sup>3</sup> /Mes]		85,2			<b>PROMEDIO CONSUMO</b> [m <sup>3</sup> /Año]	1.022						
<b>PROMEDIO CONSUMO</b> [COP/Mes]	\$	138.328			<b>PROMEDIO CONSUMO</b> [COP/Año]	\$ 1.652.819						

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 8. Calculo de indicadores financieros.

FICHA REGISTRO												
VIABILIDAD ECONOMICA												
FINCA LAS BRISAS												
AÑO	0	1	2	3	4	5						
<b>INVERSION</b>	\$	8.613.009										
<b>INGRESOS</b> (Prom. Consumo gas)	\$	1.652.819	\$	1.652.819	\$	1.652.819	\$	1.652.819	\$	1.652.819		
<b>Egresos</b> (Manto. anual)	\$	300.000	\$	300.000	\$	300.000	\$	300.000	\$	300.000		
<b>FLUJO NETO DE</b> <b>EFFECTIVO</b>	-\$	8.613.009	\$	1.352.819	\$	1.352.819	\$	1.352.819	\$	1.352.819	\$	1.352.819
<b>VPN</b>		-\$2.484.145,20										
<b>TIR</b>		-7,55%										
<b>DTF</b>		3,38%										

Fuente. Elaboración propia.

Para facilitar el cálculo de los indicadores financieros se asume que el promedio anual de consumo por servicio de gas es una fuente de ingresos si se percibe como ahorro. Por otra parte, el costo de mantenimiento será el egreso del proyecto de inversión.

Tabla 9. Cálculo de indicadores financieros por cotización.

FICHA REGISTRO								
VIABILIDAD ECONOMICA								
FINCA LAS BRISAS								
TECNOLOGIA	Geomembrana TP16 LLDPE		Geomembrana SB20 LLDPE		Geomembrana SB40 LLDPE			
	AÑO	0	1	0	1	0	1	
<b>INVERSION</b>	-\$	8.613.009		-\$	9.287.828		-\$	14.686.380
<b>INGRESOS</b> (Prom. Consumo gas)			\$	1.652.819		\$	1.652.819	
<b>Egresos</b> (Manto. anual)			\$	300.000		\$	400.000	
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	-\$	8.613.009	\$	1.352.819	-\$	9.287.828	\$	1.252.819
	<b>VPN</b>		<b>-\$2.235.033,81</b>	<b>VPN</b>		<b>-\$3.612.008,02</b>	<b>VPN</b>	
	<b>TIR</b>		<b>-6,37%</b>	<b>TIR</b>		<b>-11,84%</b>	<b>TIR</b>	
	<b>DTF</b>		<b>3,38%</b>	<b>DTF</b>		<b>3,38%</b>	<b>DTF</b>	
								<b>-\$9.463.603,92</b>
								<b>-24,81%</b>
								<b>3,38%</b>

Fuente. Elaboración propia.



## CONCLUSIONES

La finca Las Brisas ubicada en el municipio de Puerto Rico (Meta) tiene un área de 700 hectáreas destinadas a la producción de palma de cera tipo africana. Cuenta con un total de 50 personas para un adecuado funcionamiento con ciclos de rotación 25/5 (5 días de descanso). Cuenta con dos infraestructuras para su personal de turno; La primera de ellas es el campamento de los jornaleros, allí se ubica la maquinaria necesaria para realizar actividades de fumigación, siembra, arar la tierra, recolección, entre otras. La segunda infraestructura es conocida como el laboratorio, allí se dispone toda la cosecha para su debida acumulación, selección, cargue y venta para su principal cliente.

Los resultados rechazan la posibilidad de implementar la tecnología biodigestor desde el marco financiero. El cálculo de las variables financieras más utilizadas para comparar proyectos de inversión, VPN y TIR, son negativas en todos los escenarios y por lo tanto es una inversión inviable. La recuperación de la inversión es superior al tiempo mínimo que se debe realizar una evaluación financiera y la tasa interna de retorno es menor a la DTF utilizada en el periodo de evaluación año 2020.

La percepción del ahorro en función del suministro del servicio de gas es bastante esperanzadora sin embargo se concluye que es una cifra que se queda corta en nuestro flujo de efectivo. Tan solo 12 Kg/día de excretas son generadas por 50 trabajadores teniendo en cuenta que no todas alcanzan a estar activas en un mismo periodo, cantidad insuficiente para funcionamiento adecuado del biodigestor. Se debe contemplar la posibilidad de compra de material orgánico de otras fuentes aledañas a la finca Las Brisas. Todo esto con el objetivo de producir una cantidad superior de biogás a la capacidad actual percibiendo no solo el ingreso del suministro de servicio de gas, sino que adicionalmente cada año pueda percibir más \$2.500.000 en nuestro flujo de efectivo por ahorro en el servicio de electricidad. Finalmente, dentro de esa proyección no se tuvo en cuenta el ingreso atribuido al biol, fertilizante que suplanta los gastos asociados a la recuperación de los suelos por la misma actividad ya que no se tuvo acceso a información financiera de la organización.

Ahora bien, desde un foco socio ambiental, el proyecto se acomoda a la principal necesidad que tiene la comunidad, la inexistencia de un sistema de alcantarillado de esta manera se asegura que el personal no provocara mayores prejuicios al ecosistema y mejorara la calidad de vida. Además, incluye beneficios como disipación de vectores como plagas, malos olores, enfermedades, disposición eficiente de residuos y la recuperación de suelos.

## RECOMENDACIONES

La iniciativa del proyecto es perseguir una certificación de tipo internacional para empezar el proceso de exportación, sin embargo, se debe cumplir con ciertos protocolos ambientales. La ambición del proyecto se debe a que los gobiernos se están preocupando aún más por potenciar sectores de la economía que representan una ventaja competitiva, a través de beneficios como reducción de carga tributaria, apalancamiento por financieras del estado, entre otros.

En ese orden de ideas, construir un flujo de efectivo más sólido en el que se incluya ingresos asociados a costos de abonos, ahorro en el servicio de luz, cuantificación de la reducción de cargas tributarias, y todos los demás otros beneficios de la ley 1715 del 2015 *“Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”*, serán cifras óptimas para desarrollar este modelo de negocio.

## BIBLIOGRAFÍA

ACCIONA. Aerogeneradores. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.accionacom.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/>

MOVISTAR. Qué es el análisis DOFA y cómo va a ayudar a tu empresa. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Emprendimiento, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://destinonegocio.com/co/emprendimiento-co/que-es-el-analisis-dofa-y-como-va-a-ayudar-a-tu-empresa/>

BETA ANALYTIC. ¿Qué son los biocombustibles? [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.betalabservices.com/espanol/biocombustibles/sobre-los-biocombustibles.html>

ECOINVENTOS. Energías Renovables. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Renovables, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://ecoinventos.com/energias-renovables/>

MOVISTAR. Qué es el análisis DOFA y cómo va a ayudar a tu empresa. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Emprendimiento, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://destinonegocio.com/co/emprendimiento-co/que-es-el-analisis-dofa-y-como-va-a-ayudar-a-tu-empresa/>

ACCIONA. Energías renovables. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.accionacom.com/es/energias-renovables/>

CEREM INTERNATIONAL BUSINESS SCHOOL. Estudia tu entorno con un PEST-EL. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Emprendimiento, Mayo 15. 2018. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.cerembs.co/blog/estudia-tu-entorno-con-un-pest-el>

DESCUBRE LA ENERGIA. ¿Qué son las minicentrales hidroeléctricas? [sitio web]. España. ES. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/2013/09/11/que-es-una-minicentral-hidroelectrica/>

CONCEPTODEFINICION.DE. Modelo. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <https://conceptodefinicion.de/modelo/>

RSU. Residuos orgánicos. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, s.f. [Consultado 3 Marzo, 2020]. Disponible en <http://www.consorciorsumalaga.com/5936/residuos-organicos>

NATIONAL GEOGRAPHIC. Energía renovable para a abastecer a todo el planeta. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, 24 Julio 2018. [Consultado 20, Mayo, 2020]. Disponible en [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/energia-renovable-para-abastecer-a-todo-planeta\\_11706](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/energia-renovable-para-abastecer-a-todo-planeta_11706)

ROCA, José. La India Kurnool se convierte en la mayor planta fotovoltaica del mundo. [sitio web]. España. ES. Publicación. Sec. Renovables, 2017. [Consultado 30, Marzo, 2020]. Disponible en <https://elperiodicodelaenergia.com/la-india-kurnool-se-convierte-en-la-mayor-planta-fotovoltaica-del-mundo/>

EL ESPECTADOR. Se fortalece la energía solar en Colombia. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Economía, Abril 2019. [Consultado 30, Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.elespectador.com/noticias/economia/se-fortalece-la-energia-solar-en-colombia/>

ASOCIACION EMPRESARIAL EÓLICA. La eólica en el mundo. [sitio web]. España. ES. Sec. Publicación, Marzo 2016. [Consultado 30, Marzo, 2020]. Disponible en <https://www.aeeolica.org/component/sppagebuilder/?view=page&id=372>

SALISBURY, Claire. Las minicentrales hidroeléctricas son un gran problema global que la ciencia y las políticas pasan por alto. [sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Medio ambiente, Noviembre 2018. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://es.mongabay.com/2018/11/el-gran-problema-global-de-las-minicentrales-hidroelectricas/>

FERNANDEZ, Ángeles. MARCOS, Jairo. El auge mundial de las hidroeléctricas. [sitio web]. España. ES. Sec. Medio ambiente, Enero 2019. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://www.esglobal.org/el-auge-mundial-de-las-hidroelectricas/>

DINERO. Colombia sigue atrasada en la implementación de energías renovables. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Medio ambiente, Abril, 2017. [Consultado 5, Abril, 2020]. Disponible en <https://cutt.ly/UdF8mLr>

GONZALEZ, José. MAS Meta, iniciativa de negocios agrícolas sostenibles para la transformación de la región. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Agro, Enero 2019. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en <https://www.agronegocios.co/agricultura/mas-meta-iniciativa-de-negocios-agricolas-sostenibles-para-la-transformacion-de-la-region-2813503>

PERIÓDICO DEL META. Meta, despensa agrícola y pecuaria. [sitio web]. Colombia. CO. Sec. Publicaciones, Julio 2019. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en <https://cutt.ly/ydXrYUx>

CANO, Wilson. Lineamientos para fortalecer la agricultura familiar en la subregión Ariari-Duda-Guayabero del departamento del Meta. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, 2017. [Consultado 5 Abril, 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <https://cutt.ly/CdXrSCL>

SEMILLAS. Palma Africana en Colombia. [Sitio web]. Colombia. CO. Sec. Palma africana en Colombia, Febrero, 2007. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/VdXrJLT>

<sup>1</sup> FEDEPALMA. La palma de aceite en Colombia. [Sitio web]. Bogotá D.C. CO. Sec. Publicaciones, 2019. [Consultado 5 Abril, 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/infografia-meta-2020.pdf>

LIZCANO, María. Colombia: la palma de aceite pone en jaque la flora y fauna del pacífico. [sitio web]. Colombia. CO. Publicación. Sec. Especial, Noviembre 2018. [Consultado 5 Abril, 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/9dXrCyy>

NOVATIO. ¿Qué es la metanización? [Sitio web]. Colombia. CO. Sec. Publicaciones, 2018. [Consultado 10 Mayo, 2020]. Disponible en: <https://www.novatio.com.co/tecnologia>

BOSCH, Adriá. Estudio de viabilidad de la instalación de una planta de metanización en un buque crucero. [Sitio web]. Barcelona. ES. Sec. Publicaciones, 2011. [Consultado 10 Mayo, 2020]. Archivo en pdf. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13613/PFC\\_BOSCH\\_MARTI\\_ADRI%C3%80.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13613/PFC_BOSCH_MARTI_ADRI%C3%80.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MIFARMA. ¿Cuántas veces al día debemos ir al baño? [sitio web]. Perú. PE. Sec. Publicaciones, 2017. Consultado 10 Mayo, 2020]. Disponible en: <https://rpp.pe/campanas/branded-content/cuantas-veces-al-dia-debemos-ir-al-bano-noticia-1094461>

LINARES, Guillermo. ECHEVERRIA, Carlos. CESPEDES, Tatiana. Potencial energético de la zona rural del Departamento de La Libertad (Perú) producido por biogás obtenido de excretas humanas. [Sitio web]. Perú. PE. Sec. Publicación, 2017. [Consultado 10 Mayo, 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/xdXy2kD>