

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE  
BIODIGESTORES PARA EL PROCESAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
ORGÁNICOS EN GRANJAS AVÍCOLAS

Trabajo de grado

Carlos Alberto Rodríguez Uribe

Bogotá D.C

2016

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE  
BIODIGESTORES PARA EL PROCESAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
ORGÁNICOS EN GRANJAS AVÍCOLAS

Trabajo de grado

Carlos Alberto Rodríguez Uribe

Irma María Olis Barreto

Giovanni Efraín Reyes

Administración de Negocios Internacionales

Bogotá D.C

2016

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| GLOSARIO .....   | 7  |
| RESUMEN .....  | 8  |
| ABSTRACT.....  | 9  |
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 10 |
| 1.1. Planteamiento del problema:.....                          | 10 |
| 1.2. Justificación: .....                                      | 11 |
| 1.3. Objetivos:.....   | 13 |
| 1.3.1. Objetivo General:.....                                  | 13 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos: .....                            | 13 |
| 1.4. Alcance y vinculación con el proyecto del profesor .....  | 14 |
| 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CONCEPTUAL .....                   | 15 |
| 2.1. Cadena productiva de la industria avícola colombiana..... | 16 |
| 2.1.1. Estructura general de la cadena productiva: .....       | 16 |
| 2.1.2. Granjas de Abuelas y Reproductoras:.....                | 16 |
| 2.1.3. Granjas ponedoras de huevo de mesa: .....               | 17 |
| 2.1.4. Granjas de Engorde:.....                                | 18 |
| 2.1.5. Granjas Incubadoras: .....                              | 19 |
| 2.1.6. Plantas de Beneficio:.....                              | 20 |
| 3. MARCO METODOLÓGICO.....                                     | 22 |
| 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....                 | 23 |
| 4.1. Descripción de la granja tipo: .....                      | 23 |
| 4.1.1. Historia:.....  | 23 |
| 4.1.2. Descripción: .....                                      | 23 |
| 4.1.3. Capacidad instalada: .....                              | 24 |
| 4.1.4. Línea de productos avícolas:.....                       | 24 |
| 4.1.5. Consumo eléctrico: .....                                | 25 |
| 4.1.6. Producción de residuos: .....                           | 26 |
| 4.1.6.1. <i>Mortalidad</i> : .....                             | 27 |
| 4.1.6.2. <i>Pollinaza</i> : .....                              | 27 |
| 4.2. Biodigestor:.....   | 28 |
| 4.2.1. Biomasa: .....  | 29 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.2. Funcionamiento del biodigestor:.....                              | 29 |
| 4.2.3. Tipos de biodigestores: .....                                     | 30 |
| 4.2.3.1. <i>Biodigestor de Campana flotante</i> : .....                  | 30 |
| 4.2.3.2. <i>Biodigestor de campana fija</i> : .....                      | 31 |
| 4.2.3.3. <i>Biodigestor de plástico tubular</i> : .....                  | 32 |
| 4.3. Propuesta de Aplicación Práctica para Granja Avícola La Rosita..... | 33 |
| 4.3.1. Normatividad vigente: .....                                       | 33 |
| 4.3.2. Propuesta de biodigestor: .....                                   | 36 |
| 4.3.2.1. <i>Cálculo de la demanda eléctrica</i> : .....                  | 36 |
| 4.3.2.2. <i>Propuesta Tipo Industrial</i> :.....                         | 36 |
| 4.3.2.3. <i>Propuesta Económica</i> : .....                              | 37 |
| 4.4. Análisis financiero: .....  | 37 |
| 4.4.1. Costos:.....  | 38 |
| 4.4.2. Inversión Diferida: .....   | 42 |
| 4.4.3. Gastos Operacionales:.....  | 42 |
| 4.4.4. Ingresos: .....   | 43 |
| 4.4.5. Utilidad: .....   | 44 |
| 4.4.6. Valor Presente Neto: .....  | 45 |
| 4.4.7. Tasa Interna de Retorno (TIR):.....                               | 46 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                  | 47 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                       | 48 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Características generales de La Rosita.....  | 24 |
| Tabla 2. Precios de venta por cliente. ....   | 24 |
| Tabla 3. Consumo eléctrico de La Rosita. ....   | 25 |
| Tabla 4. Listado de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos. ....                          | 26 |
| Tabla 5. Producción de pollinaza en La Rosita.....  | 28 |
| Tabla 6. Listado de normas nacionales vigentes aplicables a granjas avícolas de engorde.... | 34 |
| Tabla 7. Estructura de costos biodigestor de campana flotante tipo industrial.....          | 38 |
| Tabla 8. ....   | 40 |
| Tabla 9. Gastos operacionales biodigestor de campana flotante. ....                         | 42 |
| Tabla 10. Gastos operacionales biodigestor de plástico tubular. ....                        | 43 |
| Tabla 11. Ingresos anuales para ambos prototipos. ....                                      | 44 |
| Tabla 12. Utilidad de un periodo para prototipo industrial.....                             | 44 |
| Tabla 13. Utilidad de un periodo para prototipo económico. ....                             | 44 |
| Tabla 14. Valor Presente Neto para biodigestor tipo industrial.....                         | 45 |
| Tabla 15. Valor Presente Neto para biodigestor económico.....                               | 45 |
| Tabla 16. Tasa Interna de Retorno.....  | 46 |

## ÍNDICE DE IMÁGENES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. Mesa de los Santos, Santander.....                                       | 10 |
| Ilustración 2. Estructura general de la cadena productiva de la industria avícola. .... | 16 |
| Ilustración 3. Diagrama de Flujo en Granjas Abuelas y Reproductoras. ....               | 17 |
| Ilustración 4. Diagrama de flujo en granjas de ponedoras de huevo de mesa. ....         | 18 |
| Ilustración 5. Diagrama de flujo en granjas de pollo de engorde. ....                   | 19 |
| Ilustración 6. Diagrama de flujo en incubadoras de huevo fértil. ....                   | 20 |
| Ilustración 7. Diagrama de flujo de plantas de beneficio.....                           | 21 |
| Ilustración 8. Proceso de biodigestión para una granja avícola. ....                    | 29 |
| Ilustración 9. Biodigestor de campana flotante.....                                     | 31 |
| Ilustración 10. Biodigestor de campana fija. ....                                       | 32 |
| Ilustración 11. Biodigestor de plástico tubular.. ....                                  | 33 |

## GLOSARIO

**Biodigestor:** contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía.

**Biomasa:** Cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil para el hombre y expresada en unidades de superficie y de volumen.

**Pollinaza:** excreta de las aves de engorda, la cual siempre se presenta mezclada con el material que se utiliza como cama para los pollos (aserrín de madera, cascarilla de arroz o de soya, olote de maíz molido, etc.).

## RESUMEN

El estudio tiene como objetivo proponer una mejor manera de gestionar los residuos sólidos orgánicos producidos en la granja avícola de engorde La Rosita, ubicada en la Mesa de los Santos, Santander. Para esto se realizó una descripción general de la granja y de la producción de los “desechos” frutos de sus procesos. Con una producción aproximada de 160 toneladas mensuales de pollinaza, se propone la implementación de un biodigestor que los procese y convierta en energía calórica y eléctrica disponible para el autoabastecimiento. Se analizan conceptual y financieramente la implementación de dos tipos de biodigestores, para finalmente decidir cuál de las dos propuestas es la que mejor se adapta a las necesidades de la granja.

*Palabras claves:* Granjas avícolas, residuos orgánicos, pollinaza, biomasa, biogás, biodigestores.

## ABSTRACT

The goal of this study is to propose a better way of managing the solid organic waste produced by the poultry farm La Rosita, located in La Mesa de los Santos, Santander. To do so a general description of the farm is carried out as well as one of its waste production. With an approximate production of 160 tons of poultry manure per month, it is proposed the implementation of a biodigester which processes this manure and convert it into electricity and heat, available for the farm's self-supply. Two types of biodigester are conceptually and financially analyzed. Finally, according to the needs of the farm, one of the two option will be chosen for its potential implementation.

*Key words:* Poultry farms, organic waste, poultry manure, biomass, biogas, biodigester.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema:

Al oriente del departamento de Santander, en la región andina de Colombia, se encuentra la mesa de los Santos, una montaña situada en la cordillera oriental del llamado macizo de Santander. Su jurisdicción pertenece a Los Santos, municipio ubicado a unos 60 kilómetros de Bucaramanga, capital departamental e importante centro industrial y comercial del oriente colombiano.

Las últimas décadas han hecho de la Mesa de los Santos una tierra especialmente apetecida para el descanso, la recreación y el turismo. Esto gracias, entre otros factores, a su geografía montañosa que permite agradables temperaturas, cascadas de agua fresca e imponentes paisajes. Sin embargo, las actividades agropecuarias siguen representando una buena parte de la economía y cultivos como el café y la cría de aves de corral generan importantes ingresos. La zona presenta entonces la necesidad de gestionar planes que mitiguen cualquier efecto negativo de las industrias en el medio ambiente, para no poner en peligro la fauna y para no arriesgar la idoneidad de la región como nuevo eje económico del sector terciario.

*Ilustración 1.  
Mesa de los Santos, Santander.*



Fuente: SOMOS Revista, 2012. Mesa de Los Santos.

Recuperado de: [www.somoslarevista.com](http://www.somoslarevista.com)

La granja avícola La Rosita está ubicada en la Mesa de los Santos y tiene en total 21.500 metros cuadrados útiles de galpones. El análisis objeto de este estudio es evaluar la mejor manera de gestionar los residuos sólidos orgánicos allí producidos, resultado de la cría y engorde de pollos.

Para lograr este objetivo se propondrán dos sistemas biodigestores que procesen la pollinaza y la conviertan en biogás, combustible que puede ser transformado en energía eléctrica disponible para el autoconsumo de la granja. Se propondrán dos tipos de biodigestores: uno económico y otro industrial. Se hará un estudio financiero de cada uno de ellos para finalmente proponer aquel que más se acomode a las necesidades de La Rosita.

## **1.2. Justificación:**

La avicultura comercial en Colombia tiene uno de sus primeros grandes impulsos en 1931 con la creación de la Caja Agraria, banco gubernamental que financiaría ciertos proyectos relacionados con el agro, entre esos, la iniciación de granjas avícolas comerciales en la sabana de Bogotá.

Años después, sería la creación del Ministerio de Agricultura y Ganadería, mediante la ley 75 de 1947, la encargada de darle al campo colombiano otro gran empujón hacia la tecnificación y la productividad.

La década de los 50 representa una mayor difusión a nivel nacional sobre el conocimiento en avicultura. Se divulgó información sobre la instalación de granjas avícolas tecnificadas y la producción de aves de corral en función a su rentabilidad. Sin embargo, será hasta los 70s que la nación verá las primeras grandes granjas avícolas, con capacidad de producción de hasta cien mil aves, dando abasto a los crecientes mercados urbanos. Esta época representa un fortalecimiento en los procesos de tecnificación al tiempo que se conforman entidades gremiales que defiendan los intereses comunes frente a los consumidores, a otros gremios y por supuesto, frente al Estado.

La industria avícola colombiana ha gozado de un constante crecimiento, especialmente en los últimos 30 años: entre 1980 y 2013 la producción de carne de pollo aumentó 7.5% promedio anual. Para el 2013 la participación de la producción avícola dentro de la producción pecuaria fue del 36.8%, en la agropecuaria del 13.9% y en la producción total nacional representó el 0.7% (Díaz, 2014).

Estas cifras confirman una buena oportunidad de negocio en la producción y comercialización de esta ave de corral ¿qué impide entonces que más granjeros se unan a tan brillante panorama? ¿Cuáles son las principales barreras para ingresar a la industria?

La mayoría de los sectores tienen procesos productivos independientes, manejados generalmente por distintos actores o intermediarios, cada uno de ellos con diferentes restricciones y márgenes de rentabilidad.

Las granjas de producción de aves de corral conforman el primer eslabón de la cadena de producción avícola y tienen como principales clientes las productoras y comercializadoras. Para el caso particular de La Rosita, su producción es destinada enteramente a Campollo S.A y Avidesa McPollo S.A., ambas empresas con sede en Bucaramanga, Santander.

Debido principalmente al coste del transporte y a la reducción de la mortalidad, las comercializadoras avícolas prefieren como proveedores granjas cercanas geográficamente a sus plantas de sacrificio. Es así como las tierras aledañas a Bucaramanga, importante centro de la industria avícola del país, albergan un gran número de granjas. Allí, las características tropicales de la zona ofrecen las condiciones ambientales ideales para la crianza de aves de corral.

Aun así, la tierra no es la única gran restricción u obstáculo para ingresar exitosamente en la industria avícola. La presión ambiental aumenta una vez se tienen las granjas en funcionamiento, pues la gestión de sus desechos representa para quien las administra una gran responsabilidad.

Los residuos generados en la crianza de aves son principalmente gallinaza y mortalidad, ambas con altas cargas energéticas. Estos residuos perjudican el agua, el suelo y la calidad del aire circundante, sin embargo, si son manejados adecuadamente pueden llegar a generar un gran valor, contribuyendo al bienestar de la sociedad y de la organización que los gestiona.

Su grado de impacto ambiental depende de diferentes factores. Sin embargo algo que no parece variar es su alto contenido de nitrógeno y fósforo, así como de cobre y zinc en menor proporción. La facilidad con la que se mueven estos elementos dentro de la tierra es preocupante, pues pueden ser transportados fácilmente de un lugar a otro mediante aguas subterráneas o mediante el mismo suelo.

El aire se ve también afectado por la cría masiva de aves de corral. Los malos olores provenientes del sulfuro de nitrógeno que se produce en la fermentación de gallinaza al aire libre son también un efecto ambiental negativo a tener en cuenta. El amoníaco, derivado del nitrógeno, es el elemento que mayor impacto ecológico genera en el aire. No obstante, las partículas de polvo procedentes de las granjas son el factor más alarmante en cuanto a la calidad

del aire se refiere; estas partículas pueden contener materia fecal, bacterias endotoxinas, hongos, ácaros y partes de insectos (Williams, S.F).

Como podemos apreciar, la contaminación no es un aspecto atañido únicamente a la dirección de las granjas o un efecto lateral que perjudique solo a sus trabajadores. La adecuada o inadecuada gestión de los desechos concierne a una amplia comunidad incluyendo vecinos, locales, instituciones gremiales y turistas.

Una excelente relación con toda la comunidad es necesaria para perdurar como organización, más aún si se tienen proyectos de diferente índole operando en la misma zona. Ir más allá del cumplimiento estricto de la legislación ambiental vigente es una estrategia que podría generar grandes resultados: además de mejorar la percepción local, marcará el camino para el cumplimiento de requisitos muchos más estrictos de mercados internacionales.

Los residuos orgánicos son el elemento clave de este proyecto y nunca deben ser percibidos como una amenaza. Con una cantidad de proporciones industriales, la producción de pollinaza en La Rosita representa también una gran oportunidad de negocio: 240 toneladas de residuos convertidas en energía disponible para la granja. Mediante una adecuada gestión, la granja podría ser autosuficiente en su necesidad eléctrica y calorífica, reduciendo importantes costos fijos y aumentando significativamente su rentabilidad. ¿Qué se necesita para ello?

### **1.3. Objetivos:**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

Evaluar la mejor manera de gestionar los residuos sólidos orgánicos producidos en la granja avícola La Rosita, ubicada en la Mesa de los Santos, Santander.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

1. Generar un diagnóstico de la granja y la gestión ambiental que allí se desarrolla.
2. Determinar el marco legislativo a nivel nacional aplicable a granjas avícolas de engorde.

3. Evaluar la viabilidad (diagnóstico de la granja, biodigestores disponibles) de la implementación de biodigestores para el procesamiento de los residuos sólidos orgánicos producidos en La Rosita

4. Hacer una propuesta económica e industrial, teniendo en cuenta condiciones físicas y capacidad financiera de la granja.

#### **1.4. Alcance y vinculación con el proyecto del profesor**

Los conceptos de energía, medio ambiente y desarrollo manejados por la línea de Entorno y Negocios Internacionales de la Escuela de Administración serán vitales para la realización del presente trabajo. Entender la relación entre los desechos generados y su valorización energética parece ser clave si se quiere asegurar la perdurabilidad y el óptimo crecimiento de la organización en los años venideros.

Percibir los residuos como una oportunidad para generar valor es la esencia de este estudio. Suplir las necesidades energéticas de la granja a través de lo que se consideraba como desecho es dar un paso hacia una autosuficiencia que permita optimizar los procesos internos al tiempo que se reducen los gastos operacionales.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CONCEPTUAL

Dadas las circunstancias ambientales que afronta la tierra a causa del hombre y sus procesos de producción y consumo, cambios serios y puntuales en la manera de pensar y actuar deben llevarse a cabo si se quieren asegurar las condiciones y los recursos necesarios para las futuras generaciones. Uno de los puntos más críticos dentro de la crisis ambiental que se evidencia son los residuos generados tanto por el consumo de la población como por la producción de las industrias. Diferentes industrias y procesos conllevan a distintos tipos de residuos, cada uno con características que exigen condiciones específicas para su adecuada gestión.

Santander y Cundinamarca cuentan cada uno con cerca del 25% de la producción avícola del país, siendo los principales productores de huevos y carne de pollo en Colombia (Díaz, 2014). La intervención de una empresa en alguno de estos departamentos representaría un caso real para analizar la mejor manera de gestionar los residuos en granjas avícolas de engorde en Colombia.

Puesto que centraremos nuestra atención en la gestión de los residuos sólidos orgánicos, especialmente de la pollinaza, el concepto de valorización toma importancia para el presente estudio. Entenderemos la valorización como todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente (Sánchez & Castro, S.F). Para valorizar un residuo contamos con algunas de las siguientes operaciones: reutilización, reciclado, valorización energética y eliminación, siendo esta última la menos indicada. Se debe entonces dar una respuesta puntual a cuál de las anteriores es la mejor manera de gestionar la pollinaza, dadas las capacidades técnicas y tecnológicas con las que cuentan la granja La Rosita.

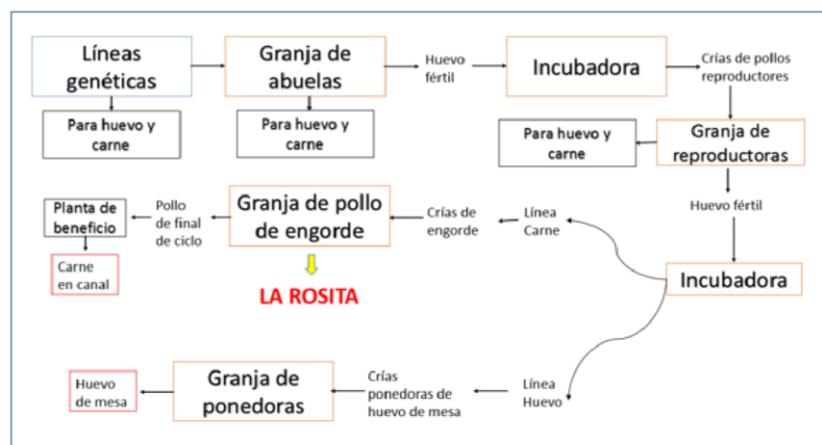
Nace así la idea de un biodigestor como solución a la alta producción de residuos sólidos. Es importante resaltar que la implementación de éste, además de mitigar los efectos adversos sobre el medio ambiente, busca generar una fuerte ventaja económica para la organización a través de un incremento en la rentabilidad. Este incremento será el resultado de la reducción inmediata en los costos fijos y el aumento en los ingresos percibidos, siendo estos últimos el reflejo de la venta al sector agrícola del abono restante al final del proceso de combustión.

## 2.1. Cadena productiva de la industria avícola colombiana

### 2.1.1. Estructura general de la cadena productiva:

La producción avícola en Colombia presenta una serie de seis procesos productivos interdependientes, todos ellos con un alto nivel de tecnificación y exigencias en aspectos relativos a la genética, nutrición, sanidad, bioseguridad y medioambiente.

*Ilustración 2.  
Estructura general de la cadena productiva de la industria avícola.*



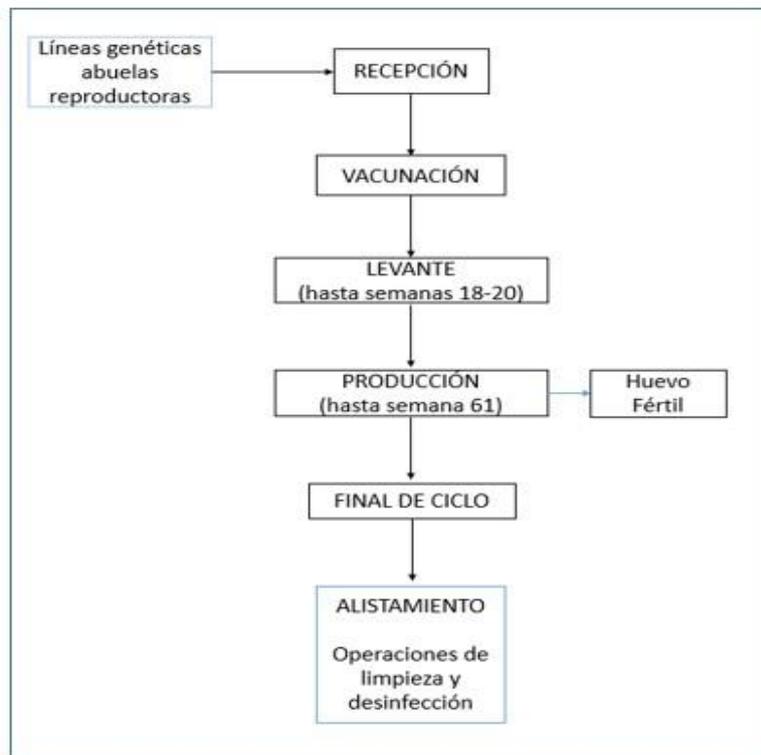
Fuente: elaboración propia, a partir de (Díaz, 2014, p.15)

A continuación se especifican los diferentes tipos de granjas que albergan dichos procesos (Díaz, 2014):

### 2.1.2. Granjas de Abuelas y Reproductoras:

El primer eslabón de la cadena tiene lugar en estas granjas de material genético, donde aves previamente seleccionadas son importadas de casas genéticas especializadas para que den origen a las aves reproductoras de engorde o a las reproductoras de huevo para la producción de huevo fértil. Su periodo de levante dura de 18 a 20 semanas, en el cual un gallo fertiliza a la gallina dando inicio a la producción de huevo fértil. Luego de un promedio de 61 semanas las abuelas son descartadas, se seleccionan las reproductoras y se da inicio al alistamiento de la granja para una nueva camada.

*Ilustración 3.*  
*Diagrama de Flujo en Granjas Abuelas y Reproductoras.*



Fuente: elaboración propia, a partir de (Díaz, 2014, p.16)

### **2.1.3. Granjas ponedoras de huevo de mesa:**

Allí se reciben a las pollitas de un día de nacidas, las cuales son vacunadas y dispuestas en un galpón de engorde durante un periodo de 18 a 20 semanas. Posteriormente son trasladadas a galpones de producción donde son controladas hasta la semana 80. Una vez finalizado el ciclo se venden como gallinas de descarte y se procede a retirar la gallinaza de los galpones.

*Ilustración 4.*  
*Diagrama de flujo en granjas de ponedoras de huevo de mesa.*

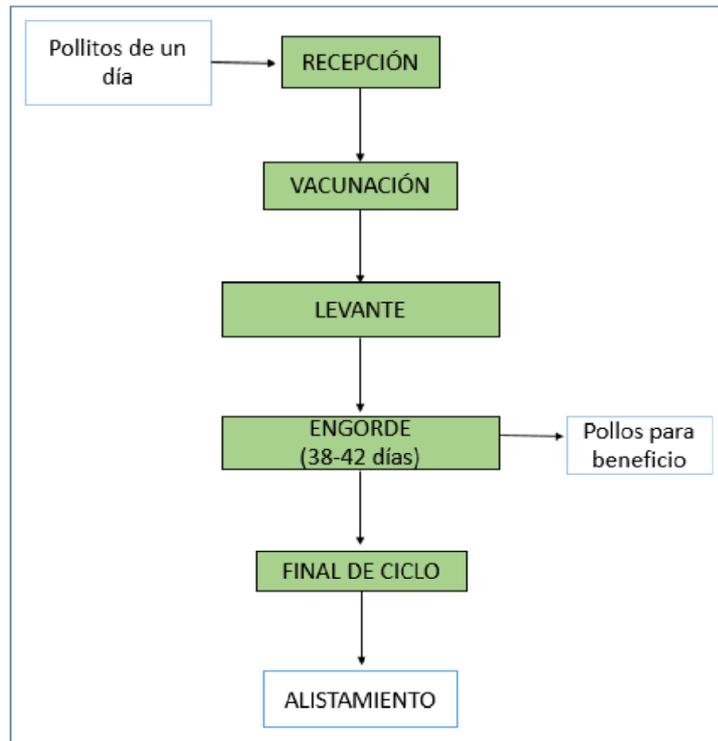


Fuente: elaboración propia, a partir de (Díaz, 2014, p.18)

#### **2.1.4. Granjas de Engorde:**

Las aves son transportadas a estas granjas luego de un día de nacidas, allí son vacunadas de acuerdo a los factores de riesgo de la zona y siguiendo las disposiciones del veterinario encargado. Sobre todo el piso del galpón se esparce una gruesa capa de material que hará la vez de cama y recolector de excrementos, este material suele ser viruta de madera o cascarilla de arroz y será retirado en su totalidad una vez acabe el ciclo de engorde, el cual puede durar de 38 a 42 días.

*Ilustración 5.  
Diagrama de flujo en granjas de pollo de engorde.*

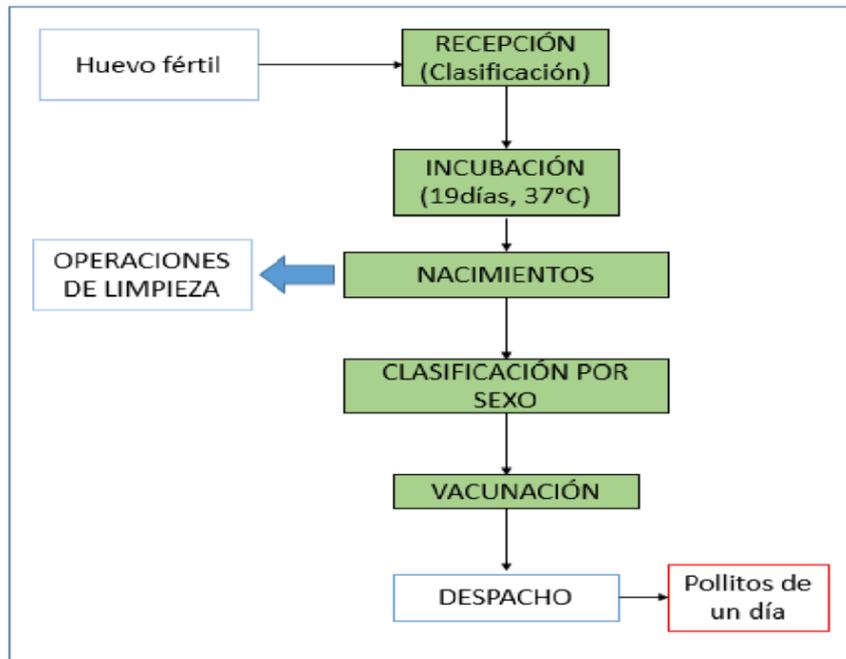


Fuente: elaboración propia, a partir de (Díaz, 2014, p.22)

### **2.1.5. Granjas Incubadoras:**

Los huevos fértiles producidos en las granjas de abuelas y de reproductoras son llevados a una granja incubadora, allí se colocan en bandejas a una temperatura controlada de 37°C, esto con el objetivo de evitar que el embrión se pegue a la pared del huevo. Aproximadamente 21 días después de la incubación nacen los pollitos, que serán clasificados según el sexo y la calidad. Al cumplir un día de nacidos los pollitos son vacunados y llevados a la granja de engorde o de ponedoras de huevos de mesa. Finalizado el ciclo se hace la adecuación para una nueva camada.

*Ilustración 6.  
Diagrama de flujo en incubadoras de huevo fértil.*



Fuente: elaboración propia, a partir de (Díaz, 2014, p.17)

### 2.1.6. Plantas de Beneficio:

Estas plantas reciben las aves en pie y ofrecen como producto final carne en canal o despresada. El primer paso en este proceso es la insensibilización del ave mediante un choque eléctrico, luego se procede a degollarla y se deja desangrar por un tiempo mínimo de 90 segundos. Para remover las plumas y eliminar parte de la carga microbiana, se sumerge el ave muerta en agua caliente (58 - 62°C). Una vez está pelada se le cortan las patas y se prosigue con la evisceración. El hígado, el corazón y las mollejas son separados, lavados y enfriados.

Cuando todas las partes están debidamente cortadas se sumergen de 30 a 40 minutos en un tanque de agua fría, eliminando la sangre y grasa todavía restante. De allí salen a una temperatura máxima de 4°C listos para ser empacados. Los pollos cortados y los pollos enteros son almacenados en cuartos fríos para finalmente ser distribuidos a los puntos de venta.

*Ilustración 7.*  
*Diagrama de flujo de plantas de beneficio.*



Fuente: elaboración propia, a partir de (Díaz, 2014, p.24)

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

Para llevar a cabo el presente estudio se analizarán conceptualmente las dos propuestas de biodigestores: una de bajo costo y otra tipo industrial. Se expondrán sus mayores ventajas y desventajas técnicas y se efectuará un análisis financiero donde se identifiquen: Inversiones (fijas y diferidas); Costos y Gastos; Ingresos; Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno

Respecto a la fuente de información referente a las Granjas Avícolas será Gabriel Torra, gerente general, quien suministrará los datos necesarios. Para ello se llevarán a cabo entrevistas e informes que permitan recolectar la información pertinente.

## 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la granja tipo:

#### 4.1.1. Historia:

Las granjas avícolas Gabriel Torra se establecieron a principios de los 90 cuando Martin y Gabriel Torra, abuelo y padre respectivamente de Gabriel Ricardo, ven en la producción y venta al por menor de huevos de gallina una oportunidad de negocio.

Nace entonces la granja El Gaque, que con cerca de 1000 metros cuadrados disponibles es destinada a la producción de huevos de mesa. La granja será al poco tiempo arrendada a Daniel Arenas, fundador y propietario de Campollo S.A, productora y comercializadora avícola con sede en Bucaramanga.

El negocio parece constante y próspero por lo que se decide abrir más granjas que den abasto a los requerimientos de Campollo S.A. Una década después La Virginia, El Olimpo y la Rosita se encuentran en operación.

Hacia mediados de 1993 Gabriel Torra padre finaliza negociaciones con Avidesa McPollo, otra importante comercializadora avícola de la región, quienes ofrecen un canon de arrendamiento más alto y un mejor precio por kilogramo de pollo. Se crea entonces una nueva alianza estratégica que se mantiene hasta el día de hoy.

#### 4.1.2. Descripción:

La Rosita tiene un total de 32.1 hectáreas que se distribuyen en:

- Galpones.
- Casas de habitación.
- Cultivos de piña tipo Golden.
- Bodegas.

#### 4.1.3. Capacidad instalada:

En la Tabla. 7 se muestran las características físicas más relevantes de la granja La Rosita junto a su capacidad de producción instalada:

*Tabla 1.  
Características generales de La Rosita.*

| <b>Tipo de granja</b>                   | <b>Engorde</b>                 |
|---|--------------------------------|
| <b>Localización</b>                     | Mesa de los Santos – Santander |
| <b>Temperatura promedio</b>             | 21°C                           |
| <b>Área total</b>                       | 32.1 hectáreas                 |
| <b>Galpones en funcionamiento</b>       | 17                             |
| <b>Área útil de los galpones</b>        | 21.500 mt <sup>2</sup>         |
| <b>Duración del Ciclo de Producción</b> | 45 días                        |
| <b>Producción total (aprox.)</b>        | 258.000 pollos/ciclo           |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.4. Línea de productos avícolas:

La Rosita ofrece a sus clientes dos tipos de productos y/o servicios avícolas:

1. **Pollo vivo:** al final del periodo de engorde (38 – 45 días) cada animal debe pesar aproximadamente 2.3 kilogramos. En base a esto se hace una sola entrega donde se paga un precio previamente acordado que varía según el cliente:

*Tabla 2.  
Precios de venta por cliente.*

| <b>Cliente:</b> | <b>Precio a pagar:</b> |
|-----------------|------------------------|
| Campollo<br>S.A | 500 pesos / pollo      |
| MacPollo<br>S.A | 225 pesos / kilogramo  |

Fuente: Gabriel Torra. 2016

2. **Metro cuadrado útil de galpón:** En esta modalidad la organización arrienda sus instalaciones durante el periodo de engorde a un precio de **\$1.200 pesos por metro cuadrado útil**, garantizando:

- Vías de acceso disponibles y adecuadas.
- Agua necesaria para la operación.
- Infraestructura óptima para la cría de los pollos.
- Instalaciones adecuadas para la persona encargada o *galponero*.

Por su parte, el arrendatario paga un canon de arrendamiento por metro cuadrado útil que utilice y se hace cargo de toda la logística del proceso, que incluye el transporte, la alimentación, los cuidados fitosanitarios, los costes de personal y finalmente la entrega a la planta de sacrificio.

#### 4.1.5. Consumo eléctrico:

La Tabla.3 Muestra el consumo eléctrico de la granja para el periodo comprendido entre diciembre del 2015 y abril del 2016:

*Tabla 3.  
Consumo eléctrico de La Rosita.*

| <b>Mes</b>               | <b>CONSUMO<br/>(KwH/MES)</b> | <b>Precio</b>    |
|--------------------------|------------------------------|------------------|
| DICIEMBRE                | 4.482                        | 2.695.279        |
| ENERO                    | 3.961                        | 2.418.420        |
| FEBRERO                  | 3.864                        | 2.387.883        |
| MARZO                    | 4.244                        | 2.690.001        |
| ABRIL                    | 5.409                        | 3.464.968        |
| <b>Promedio mensual:</b> | <b>4.392</b>                 | <b>2.731.310</b> |

Fuente: Gabriel Torra. 2016

#### 4.1.6. Producción de residuos:

La Tabla. 4 detalla los residuos producidos en los diferentes procesos llevados a cabo en la granja La Rosita. En ella se especifican el tipo de desecho y la cantidad total producida por ciclo.

*Tabla 4.  
Listado de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.*

| Proceso             | Insumo                      | Residuo Inorgánico | Cantidad | Residuos Orgánico | Cantidad      |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------|
| <b>Recepción</b>    | Pollitos de un día          | Cajas de cartón    | 18.428   |                   |               |
| <b>Vacunación</b>   | Vacunas                     | Frascos            | 64.500   | NA                | -             |
|                     |                             | Jeringas           | 28.000   |                   |               |
|                     |                             | Agujas             | 258.000  |                   |               |
| <b>Levante</b>      | Agua, concentrado y vacunas | Frascos            | 64.500   | Mortalidad        | 9675 pollo    |
|                     |                             | Jeringas           | 28.000   |                   |               |
|                     |                             | Agujas             | 258.000  |                   |               |
| <b>Engorde</b>      | Agua, concentrado y vacunas | Frascos            | 64.500   | Mortalidad        | 9675 pollos   |
|                     |                             | Jeringas           | 28.000   |                   |               |
|                     |                             | Agujas             | 258.000  |                   |               |
| <b>Alistamiento</b> | Agua, desinfectantes ,      | Aguas Residuales   | -        | Pollinaza         | 240 Toneladas |

|  |                        |                          |   |  |  |
|--|------------------------|--------------------------|---|--|--|
|  | cal y tamo de<br>arroz | Envases<br>y<br>empaques | - |  |  |
|--|------------------------|--------------------------|---|--|--|

Fuente: Gabriel Torra. 2016

#### 4.1.6.1. *Mortalidad:*

Según disposición de la Resolución 1183 de 2010, la cual establece las condiciones de bioseguridad que deben cumplir las granjas avícolas comerciales en el país para su certificación, está prohibido enterrar parcial o completamente la mortalidad derivada de cualquier proceso. La misma dicta que se deben evidenciar los registros donde se incluya como mínimo la información de: proceso utilizado, fecha de inicio de proceso, número de aves incluidas en el proceso diario, fecha de salida del material y responsable.

Para el caso de La Rosita la totalidad de la mortalidad es recogida diariamente (430 pollos aprox.) por el encargado del galpón, quien la deposita en un contenedor para compostaje. Luego de un periodo de más de 45 días la mortalidad se habrá descompuesto completamente y podrá ser utilizada como abono.

#### 4.1.6.2. *Pollinaza:*

La Rosita genera una cantidad significativa de desechos orgánicos e inorgánicos intrínsecos a sus procesos. La mayor parte de estos desechos es conformada por la pollinaza – mezcla de excretas de pollo y tamo de arroz- que se obtiene al final de cada ciclo.

La pollinaza es la mezcla de excretas de pollo con el tamo de arroz que ha servido como cama y que se renueva cada ciclo. En ella también se encuentran insectos y plumas que contribuyen a la solidificación de la mezcla.

A continuación se exponen las principales características de la producción de pollinaza en La Rosita:

*Tabla 5.*  
*Producción de pollinaza en La Rosita.*

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Pollos producidos por ciclo                           | <b>258.000 unidades</b>    |
| Producción total de pollinaza (incluye tamo de arroz) | <b>240 toneladas/ciclo</b> |
| Producción unitaria de pollinaza (por ciclo)          | <b>0.93 Kg/pollo</b>       |

Fuente: Gabriel Torra. 2016

Si la producción total es de **240.000 kilogramos por ciclo**, tenemos entonces:

$$240.000 \text{ kg} / 45 \text{ días} = 5333,33 \text{ kg por día}$$

$$5333,33 \text{ kg} * 30 \text{ días} = \mathbf{160.000 \text{ kg por mes}}$$

Actualmente la totalidad de esta pollinaza es vendida al sector agrícola como abono orgánico con alta carga nutricional, representando un ingreso financiero extra. Sin embargo, mediante la adecuada gestión, la pollinaza que comúnmente se clasifica como desecho puede volverse un recurso energético vital para el funcionamiento de la granja. ¿De qué recurso estamos hablando? ¿Qué tipo de tecnología se requiere para optimizar el aprovechamiento de la pollinaza? A continuación se dará una breve descripción de los sistemas tecnológicos utilizados para tal fin.

#### **4.2. Biodigestor:**

Contenedor con cierre hermético que tiene por objetivo la producción de biogás utilizando los desechos orgánicos de animales, humanos y algunos desechos vegetales. Creado por bacterias que procesan esta materia orgánica en condiciones anaeróbicas, el biogás puede sustituir al Gas Licuado del Petróleo (GLP) y representa una alternativa de tratamiento rentable y factible de los residuos orgánicos. Este gas puede ser empleado para sustentar calefacción y mediante un sistema adecuado puede ser adaptado para la generación de energía eléctrica. Además, una vez terminado el ciclo, la materia prima restante en el biodigestor puede ser utilizada como fertilizante rico en nutrientes para el suelo (CHUNGANDRO & MANITIO, 2010).

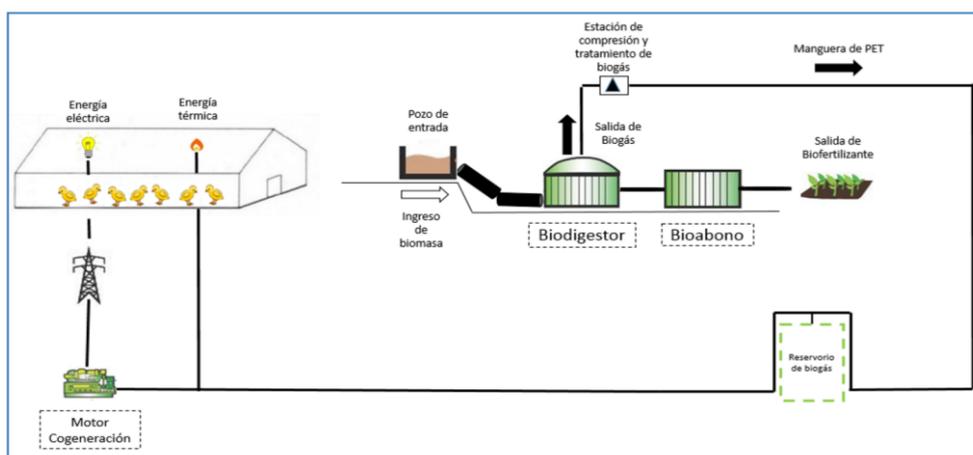
#### 4.2.1. Biomasa:

Se considera biomasa toda materia orgánica de origen vegetal o animal que mediante un adecuado proceso puede ser transformada en energía limpia. Esta energía puede obtenerse ya sea por la quema directa o a través de otros procesos que permitan la obtención de otro combustible como el biogás (Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, s.f).

#### 4.2.2. Funcionamiento del biodigestor:

El proceso por el cual los desechos orgánicos se convierten en biogás se denomina biodigestión. La siguiente imagen muestra el proceso de funcionamiento de un biodigestor:

*Ilustración 8.  
Proceso de biodigestión para una granja avícola.*



Fuente: elaboración propia. 2016

Para iniciar el ciclo los desechos son ingresados al reactor, una cámara hermética que crea un ambiente anaeróbico donde las bacterias puedan descomponer la materia orgánica y mediante la fermentación, producir el biogás. Una vez el gas es producido debe depurarse, para lo cual se utilizan trampas de agua y filtros para sulfuro de hidrógeno. Posteriormente es transportado por una tubería hasta el reservorio donde será almacenado. Entre el reservorio y la cocina de gas se instala un filtro de seguridad para que el biogás pueda ser finalmente utilizado de la manera más conveniente (BAEZ & BENITEZ, 2015).

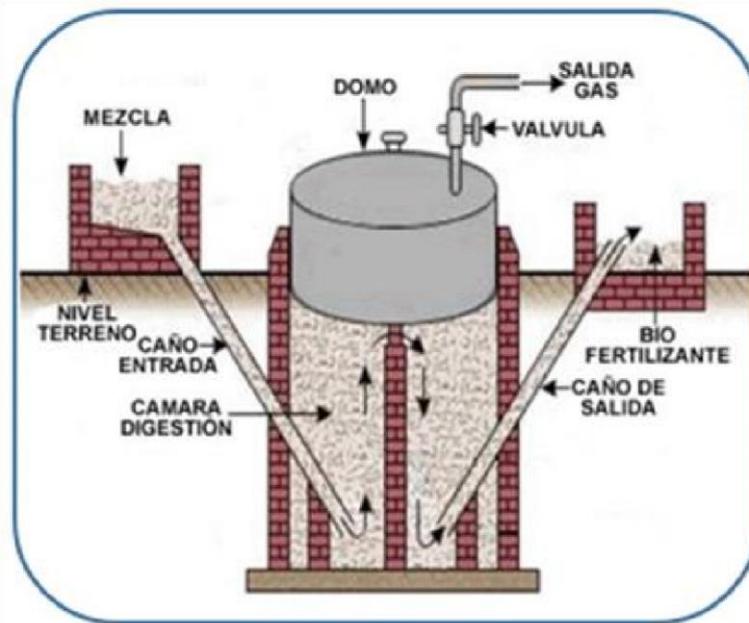
### **4.2.3. Tipos de biodigestores:**

Existen diferentes clases de biodigestores según su forma de construcción o flujo de carga; a continuación se describen algunos de los tipos que más se utilizan en la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos (BAEZ & BENITEZ, 2015):

#### *4.2.3.1. Biodigestor de Campana flotante:*

También denominado tipo indio, este biodigestor es de fácil operación y bajo costo. Usualmente la pared y el fondo del reactor son construidos en ladrillo y reforzados con hormigón para evitar la corrosión. El reactor es sellado con una tapa flotante que sube y cae sobre un eje central de acuerdo a la presión del gas dentro este. El biodigestor debe ser alimentado diariamente y el tiempo de retención se estimará de acuerdo a la temperatura donde se instale. Una vez aseguradas las condiciones óptimas de operación la producción de biogás deberá ser constante.

*Ilustración 9.  
Biodigestor de campana flotante.*



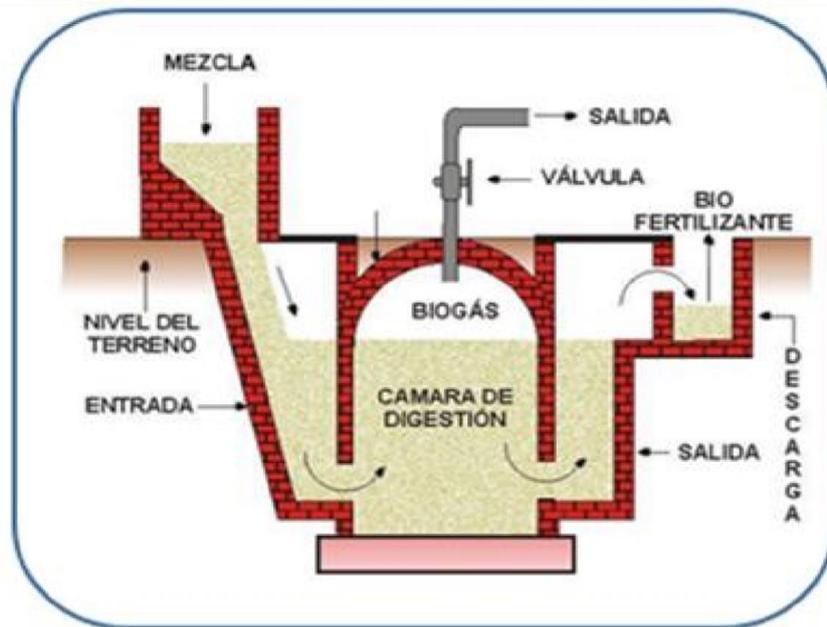
Fuente: URIBE, L. (2016) Biodigestor de campana flotante [Imagen]. Recuperado de <http://www.vidaverde.about.com>

#### 4.2.3.2. Biodigestor de campana fija:

Conocido también como tipo chino, este tipo de biodigestor consiste en una cámara hermética de ladrillo, piedra u hormigón. Opera con presión de gas variable por lo que posee un sistema estático que puede soportar altas presiones. La mayor desventaja que presenta este modelo es la necesidad de técnicos especializados para su diseño e implementación junto con los altos costos asociados a la construcción de la obra. A esto se suma su baja capacidad de almacenamiento y producción al compararse con otros modelos.

Una gran ventaja de este diseño es la eliminación del tambor utilizado en el tipo indio, que normalmente es de metal, por lo que se descarta el problema de la corrosión al tiempo que se aumenta el periodo estimado de vida útil por carecer de partes móviles.

*Ilustración 10.  
Biodigestor de campana fija.*



Fuente: URIBE, L. (2016) Biodigestor de campana flotante [Imagen]. Recuperado de <http://www.vidaverde.about.com>

#### 4.2.3.3. Biodigestor de plástico tubular:

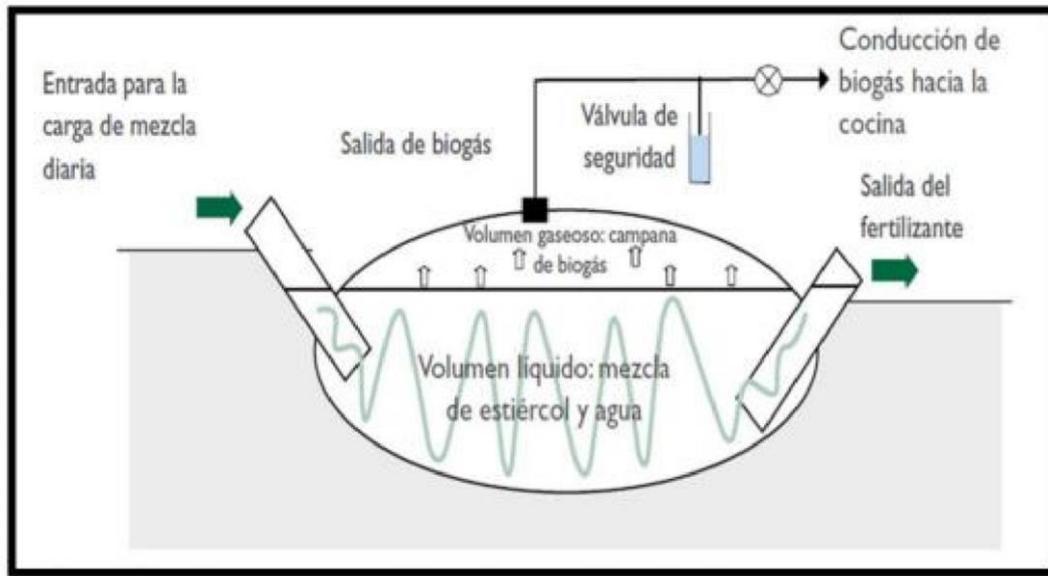
Comúnmente conocido como tipo salchicha o taiwanés, por la acogida que tuvo en el país asiático en la década de los noventa, este modelo de biodigestor representa una gran ventaja para los pequeños y medianos granjeros dados sus bajos costos de fabricación.

Como su nombre lo indica, está fabricado en plástico, lo que le otorga a la estructura resistencia y flexibilidad. La bolsa o salchicha de polietileno se utiliza como cámara de digestión donde se lleva a cabo la fermentación de la materia orgánica y se acumula parte del biogás producido.

El biodigestor se ubica directamente sobre el suelo, en lugares donde las temperaturas son moderadas o bajas se debe hacer una fosa que cumpla las funciones de aislamiento térmico para disminuir así el tiempo de retención.

Si bien es una buena alternativa por su facilidad de instalación, operación y mantenimiento, se considera necesario cambiar completamente la instalación cada tres años, por lo que su periodo de vida útil es muy corto comparado con los otros modelos.

*Ilustración 11.  
Biodigestor de plástico tubular.*



Fuente: HERRERO, J.M (2008). Biodigestores familiares guía de diseño y manual de instalación. [Figura].

Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec>

### **4.3. Propuesta de Aplicación Práctica para Granja Avícola La Rosita.**

#### **4.3.1. Normatividad vigente:**

Antes de tomar cualquier acción en pro de gestionar los residuos generados, se debe tener presente la legislación que los rige. Partiendo de la Constitución Política de Colombia, a continuación se presenta un cuadro con las principales normas legales vigentes en el territorio nacional, relacionadas con el uso, el aprovechamiento e impacto generado a los recursos naturales, la disposición de los residuos sólidos y las emisiones atmosféricas.

Estas normas se aplican a todas las granjas avícolas de engorde en territorio colombiano, como es el caso de La Rosita, y se establecen como requisito para el desarrollo y funcionamiento de las granjas y/o cualquier proyecto o actividad que pueda deteriorar gravemente al medio ambiente o modificar considerablemente al paisaje.

*Tabla 6.  
Listado de normas nacionales vigentes aplicables a granjas avícolas de engorde.*

| <b>Norma</b>                    | <b>Título</b>  |
|---------------------------------|--|
| <b>Ley 23 de 1973</b>           | Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones  |
| <b>Decreto ley 2811 de 1974</b> | Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.  |
| <b>Ley 9 de 1979</b>            | Código Sanitario Nacional  |
| <b>Ley 99 de 1993</b>           | Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. |
| <b>Decreto 1753 de 1994</b>     | Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.   |
| <b>Resolución 1023 de 2005</b>  | Por la cual se adoptan guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación   |
| <b>Decreto 1299 de 2008</b>     | Por el cual se reglamenta el departamento de Gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones.   |
| <b>Resolución 1183 de 2010</b>  | Por medio de la cual se establecen las condiciones de Bioseguridad que deben cumplir las granjas avícolas comerciales en el país para su certificación.  |
| <b>AGUA</b>                     |  |
| <b>Decreto 1594 de 1984</b>     | por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro  |
|                                 | I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos   |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Ley 373 de 1997</b>          | Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.   |
| <b>Decreto 475 de 1998</b>      | Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.   |
| <b>AIRE</b>                     |   |
| <b>Decreto 948 de 1995</b>      | Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. |
| <b>Resolución 601 de 2006</b>   | Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.   |
| <b>Decreto 979 de 2006</b>      | Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995   |
| <b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>         |   |
| <b>Decreto 605 de 1996</b>      | Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.   |
| <b>Resolución 1045 de 2003</b>  | Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.  |
| <b>Decreto No. 1505 de 2003</b> | Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.   |
| <b>Decreto 838 de 2005</b>      | Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.  |

Fuente: elaboración propia. 2016.

### 4.3.2. Propuesta de biodigestor:

#### 4.3.2.1. Cálculo de la demanda eléctrica:

El objetivo de implementar un sistema de biodigestión es llegar a ser autosuficientes en el consumo de energía eléctrica de la granja, que tiene un promedio de consumo mensual de **4.392 KwH**, lo que significa que el consumo diario es de:

$$4.392 / 30 = \mathbf{146.4 \text{ KwH/día}}$$

Si partimos de que 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 2 KwH de energía eléctrica (Ortega, 2009), tenemos entonces que el consumo diario equivalente en volumen de biogás es de:

$$146.4 / 2 = \mathbf{73.2 \text{ m}^3 \text{ de biogás/día}}$$

Esto quiere decir que para suplir la necesidad eléctrica de la granja La Rosita, el biodigestor debe tener una capacidad diaria de mínimo 73.2 metros cúbicos, razón por la cual se decide proponer uno de **80 m<sup>3</sup>**, cuyo reactor tendrá las siguientes medidas:

Ancho: 4 metros

Largo: 10 metros

Profundo: 2 metros

#### 4.3.2.2. Propuesta Tipo Industrial:

Dada su larga duración, un biodigestor en hormigón es una buena opción para cualquier gran productor de residuos orgánicos. Con una vida útil de al menos 20 años, la mayor ventaja de un prototipo industrial es principalmente su segura y constante producción. Para facilitar su operación y que no requiera de asistencia técnica, se escoge un biodigestor de campana flotante que funcione bajo presión constante.

El biodigestor tendrá cuatro partes principales: el biodigestor gasímetro, reactor que crea condiciones anaeróbicas para que la biomasa se fermente y produzca el biogás; el reservorio de biofertilizante, estructura en hormigón que almacenará la materia sólida

resultante; la caja de distribución que se utiliza para hacer la mezcla de pollinaza y agua y finalmente el sistema de desagüe.

Una vez se tenga asegurada la producción de biogás, se deberá adaptar un motor junto a otros componentes eléctricos para convertir la energía calorífica en energía eléctrica, a esto se le denomina grupo electrógeno (ORTEGA, 2009).

#### 4.3.2.3. *Propuesta Económica:*

Por su facilidad y bajos costos de construcción, el biodigestor tubular tipo salchicha o también conocido como taiwanés es una buena opción si se tiene un presupuesto limitado y/o una producción de materia orgánica mucho menor que en el industrial.

Si bien su corta vida útil representa una gran desventaja, 5 años en promedio, la facilidad con la que puede ser construido y operado le dan un atractivo inigualable.

Este modelo consta únicamente de una sola gran pieza y todos los procesos se llevan a cabo dentro de ella, incluido el almacenamiento del biogás una vez ha sido producido.

#### **4.4. Análisis financiero:**

Para determinar cuál de los dos modelos se acomoda mejor a las necesidades y capacidades de La Rosita, se efectuará un estudio financiero entre la propuesta industrial y la propuesta económica. Este estudio incluye un análisis comparativo de las estructuras de costos, inversiones diferidas, gastos, ingresos, valor presente neto y tasa interna de retorno de cada prototipo.

#### 4.4.1. Costos:

Entendemos por costos todas las erogaciones en las que se incurrió para producir determinado bien: mano de obra, materia prima e insumos, suelen ser los principales costos en cualquier proyecto. A continuación se muestran las estructuras de costos para cada uno de las propuestas de biodigestores, incluyendo la inversión diferida.

*Tabla 7.  
Estructura de costos biodigestor de campana flotante tipo industrial.*

|   | UNIDAD | CANTIDAD | \$<br>UNITARIO | TOTAL            |
|---|--------|----------|----------------|------------------|
| <b>PRELIMINARES</b>                     |        |          |                |                  |
| HERRAMIENTAS                            | GLB    | 1        | 500.000        | 500.000          |
| SEGURIDAD INDUSTRIAL (DOTACION OBREROS) | GLB    | 1        | 500.000        | 500.000          |
| REPLANTEO                               | M2     | 70       | 2.239          | 156.730          |
| EXCAVACIÓN MECÁNICA                     | M3     | 19,6     | 28.424         | 557.110          |
|   |        |          |                | <b>1.713.840</b> |
| <b>BIODIGESTOR GASIMETRO</b>            |        |          |                |                  |
| CONCRETO 3500 IMPERMEABILIZADO          | M2     | 96       | 111.167        | 10.672.000       |
| HIERRO 1/2 (L= 12M)                     | KG     | 300      | 4.551          | 1.365.300        |

|  |     |     |              |                   |
|--|-----|-----|--------------|-------------------|
| TAPA EN FIBRA DE VIDRIO                        | M2  | 15  | 250.000      | 3.750.000         |
|  |     |     |              | <b>15.787.300</b> |
| <b>RESERVORIO BIOFERTILIZANTE</b>              |     |     |              |                   |
| CONCRETO 3500 IMPERMEABILIZADO                 | M2  | 48  | 111.167      | 5.336.000         |
| HIERRO 1/2 (L= 12M)                            | KG  | 150 | 4.551        | 682.650           |
|  |     |     |              | <b>6.018.650</b>  |
| <b>CAJA DE DISTRIBUCIÓN</b>                    |     |     |              |                   |
| MURO EN BLOQUE No. 4 TRADICIONAL ESTRIADO 10cm | M2  | 14  | 36.341       | <b>508.774</b>    |
| <b>SISTEMA DE DESAGUE</b>                      |     |     |              |                   |
| INSTALACIÓN Y SUMINISTRO TUBERIA PVC 3"        | ML  | 17  | 28.563       | <b>485.571</b>    |
| <b>GRUPO ELECTROGENO</b>                       | GLB | 1   | 5.500.000    | <b>5.500.000</b>  |
|  |     |     |              | <b>30.014.136</b> |
| <b>INVERSIÓN DIFERIDA</b>                      |     |     |              | <b>30.000.000</b> |
|  |     |     | <b>TOTAL</b> | <b>60.014.136</b> |

Fuente: elaboración propia. 2016

\*Precios tomados de la revista Construdata. Análisis Resumidos Generales. Edición 174

Con una inversión total de **\$60.014.136**, la construcción industrial aseguraría una vida útil del proyecto de por lo menos 20 años. La inversión diferida representa el **50%** del total dado el alto costo de diseño y mantenimiento por parte de un equipo técnico.

Como podemos observar en la tabla, el biodigestor gasímetro es la parte con el mayor costo, ascendiendo a **\$15.787.300**. Su alto costo es en gran parte aportado por la tapa en fibra de vidrio que representa el 24% de los costos de construcción del reactor y **6%** de la inversión total.

Por otra parte, la caja de distribución y el sistema de desagüe son las partes menos costosas del biodigestor, contando cada uno por menos del **1%** de la inversión total del proyecto.

*Tabla 8.  
Estructura de costos biodigestor tubular tipo económico.*

|   | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>\$<br/>UNITARIO</b> | <b>TOTAL</b>     |
|---|---------------|-----------------|------------------------|------------------|
| <b>PRELIMINARES</b>                     |               |                 |                        |                  |
| HERRAMIENTAS                            | GLB           | 1               | 500.000                | 500.000          |
| SEGURIDAD INDUSTRIAL (DOTACION OBREROS) | GLB           | 1               | 500.000                | 500.000          |
| REPLANTEO                               | M2            | 70              | 2.239                  | 156.730          |
| EXCAVACIÓN MECÁNICA                     | M3            | 19,6            | 28.424                 | 557.110          |
|   |               |                 |                        | <b>1.713.840</b> |
| <b>BIODIGESTOR EN PLASTICO</b>          |               |                 |                        |                  |
| PLASTICO TUBULAR 17"                    | M             | 56              | 11.500                 | 644.000          |

|                                       |     |    |                            |                   |
|---------------------------------------|-----|----|----------------------------|-------------------|
| MANGUERA                              | M   | 15 | 2.300                      | 34.500            |
| LLAVES DE PASO Y<br>HERRAMIENTAS      | GLB | 1  | 500000                     | 500.000           |
|                                       |     |    |                            | <b>1.178.500</b>  |
| <b>RESERVORIO<br/>BIOFERTILIZANTE</b> |     |    |                            |                   |
| PLASTICO TUBULAR 17"                  | M   | 15 | 11500                      | 172.500           |
| LLAVES DE PASO Y<br>HERRAMIENTAS      | GLB | 1  | 200000                     | 200.000           |
|                                       |     |    |                            | <b>372.500</b>    |
| <b>GRUPO<br/>ELECTROGENO</b>          | GLB | 1  | 5.500.000                  | <b>5.500.000</b>  |
|                                       |     |    | <b>TOTAL</b>               | <b>8.764.840</b>  |
| <b>INVERSIÓN DIFERIDA</b>             |     |    |                            | <b>10.000.000</b> |
|                                       |     |    | <b>TOTAL<br/>INVERSIÓN</b> | <b>18.764.840</b> |

Fuente: elaboración propia. 2016

\*Precios tomados de la revista Construdata. Análisis Resumidos Generales. Edición 174.

Como se puede observar al comparar la estructura de costos de ambos prototipos, los costos totales del biodigestor taiwanés son tan solo el **31%** de los costos del tipo industrial. La diferencia se evidencia aún más si tenemos en cuenta que el grupo electrógeno es el mismo para ambos modelos, y que éste es una parte ajena al sistema de biodigestión.

Si tomamos los costos sin el grupo electrógeno, vemos que el costo del biodigestor como tal para el modelo económico es de **\$13.264.840**, mientras que para el industrial es de **\$54.514.136**, lo que significa una representación del **70%** y **90%** de sus respectivos costos totales.

#### 4.4.2. Inversión Diferida:

Al tener un sistema relativamente complejo, el prototipo de campana flotante tipo industrial exige un equipo técnico calificado que se encargue del diseño, construcción y mantenimiento del biodigestor. A este gasto le daremos un valor estimado de \$ **30.000.000**.

Para el biodigestor taiwanés se estimarán únicamente \$ **10.000.000**, correspondientes a las asesorías para el diseño y levantamiento del biodigestor. Una vez se tengan los resultados de los estudios no será necesario la asistencia técnica pues su fácil manejo y estructura sencilla permiten que sea desmontado y armado sin mayor inconveniente.

Tomando como único factor la estructura de costos, la mejor opción es sin duda el biodigestor taiwanés, pues cumple exactamente las mismas funciones y tanto sus costos fijos como su inversión diferida son tres veces menores que su contraparte industrial.

#### 4.4.3. Gastos Operacionales:

A continuación se muestran los gastos operacionales estimados para un periodo de un año de operación del biodigestor de campana flotante tipo industrial y tipo económico:

*Tabla 9.*  
*Gastos operacionales biodigestor de campana flotante.*

| <b>Gastos Operacionales</b> | <b>Total Anual</b> |
|-----------------------------|--------------------|
| <b>Mantenimiento</b>        | 12.000.000         |
| <b>Depreciación</b>         | 3.000.707          |
| <b>Materiales</b>           | 1.000.000          |
| <b>Agua</b>                 | 16.000.000         |
| <b>Total</b>                | 32.000.707         |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10.

*Gastos operacionales biodigestor de plástico tubular.*

| Gastos Operacionales | Total Anual       |
|----------------------|-------------------|
| <b>Mantenimiento</b> | -                 |
| <b>Depreciación</b>  | 2.252.968         |
| <b>Materiales</b>    | 1.000.000         |
| <b>Agua</b>          | 16.000.000        |
| <b>Total</b>         | <b>19.252.968</b> |

Fuente: elaboración propia.

Sin importar el tipo de biodigestor que se utilice, a la pollinaza se le debe añadir agua hasta crear una mezcla líquida con la que se alimentará el reactor. Por esta razón el mayor gasto para ambos proyectos es el generado por el agua, que para nuestro caso se estimó en **\$1.333.333** mensuales, ósea **\$16.000.000** al año.

La principal diferencia en el total de gastos operacionales viene dado por los **\$12.000.000** que serán destinados al mantenimiento del biodigestor industrial, pues su sistema de campana fija requiere de constantes chequeos para su óptimo funcionamiento. Por otro lado, el prototipo taiwanés está diseñado para por lo menos cinco años de vida útil, sin necesidad de mantenimiento por parte de personal técnico especializado.

Con una diferencia de **\$12.747.739** en las utilidades obtenidas por periodo, el prototipo económico sigue siendo la mejor opción a implementar.

#### **4.4.4. Ingresos:**

Se calcularán en base al promedio de consumo mensual que es igual a **4.392 kWh** y que en términos monetarios representaría un ahorro de **\$2.731.310** mensuales. El ingreso es por consiguiente el mismo para las dos opciones propuestas y se calcula multiplicando el ingreso mensual por 12:

*Tabla 11.*  
*Ingresos anuales para ambos prototipos.*

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| <b>Ingresos Anuales</b> | <b>\$32.775.720,00</b> |
|-------------------------|------------------------|

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.5. Utilidad:

Partiendo de estos datos podemos calcular las utilidades anuales de cada proyecto, como se muestran en las siguientes tablas:

*Tabla 12.*  
*Utilidad de un periodo para prototipo industrial.*

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| Ingresos             | <b>32.775.720</b> |
| Gastos Operacionales | -<br>32.000.707   |
| Utilidad             | <b>\$775.013</b>  |

Fuente: elaboración propia.

*Tabla 13.*  
*Utilidad de un periodo para prototipo económico.*

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| Ingresos             | <b>32.775.720</b>   |
| Gastos Operacionales | -<br>19.252.968     |
| Utilidad             | <b>\$13.522.752</b> |

Fuente: elaboración propia.

Partiendo de los mismos ingresos pero con gastos operacionales muy diferentes, la utilidad del biodigestor industrial es de tan solo el **5.7%** de la producida por el taiwanés.

#### 4.4.6. Valor Presente Neto:

Este indicador nos trae como su nombre lo indica, el valor que tiene en el presente el proyecto a implementar. Este se calcula en base a una tasa representativa del sector, al número de periodos del proyecto y a la utilidad generada en cada uno de ellos.

Para el caso del biodigestor industrial tenemos:

*Tabla 14.*  
*Valor Presente Neto para biodigestor tipo industrial.*

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| Tasa representativa  | 12%                |
| Utilidad por periodo | 775.013            |
| Número de periodos   | 20                 |
| <b>VPN</b>           | <b>\$5.788.917</b> |

Fuente: elaboración propia

En el caso del biodigestor taiwanés se debe tener en cuenta que como su tiempo de vida útil es de cinco años, para poder comparar su valor presente neto frente al del industrial es necesario calcular los costos de su construcción tres veces más, tenemos entonces:

*Tabla 15.*  
*Valor Presente Neto para biodigestor económico.*

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| Tasa                 | 12%                  |
| Utilidad por periodo | 13.522.752           |
| Número de periodos   | 20                   |
| <b>VPN</b>           | <b>\$101.007.433</b> |

Fuente: elaboración propia.

Con **\$101.007.433** el VPN del biodigestor de campana flotante es 17 veces más grande que el del taiwanés.

#### 4.4.7. Tasa Interna de Retorno (TIR):

De la TIR se puede decir que es la tasa de interés que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero, o en otras palabras, la tasa que iguala la suma de todos los ingresos traídos al presente con la suma de todos los egresos traídos también al presente.

*Tabla 16.*  
*Tasa Interna de Retorno.*

|                      | <b>Tasa Interna de Retorno</b> |
|----------------------|--------------------------------|
| Prototipo Industrial | -10%                           |
| Prototipo Económico  | 72%                            |

Fuente: elaboración propia

Lo que nos muestra esta tabla es que invertir capital en el biodigestor de campana fija representaría una pérdida de recursos financieros del **10%**, mientras que construir el económico nos da **50%** más de beneficio a que si se invirtiera ese dinero en el sector.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los residuos no deben ser percibidos únicamente como un desecho sin valor y cuya gestión genera un gasto a la organización, sino como una oportunidad de negocio y valor agregado.
- La adecuada gestión de los residuos es esencial si se quiere asegurar la perdurabilidad de la granja.
- El biodigestor es una excelente alternativa para la pollinaza si se tiene en cuenta que su producto, el biogás, puede ser utilizado para generar energía calórica con la cual calentar a los animales, o energía eléctrica para abastecer las instalaciones.
- Aunque la granja tenga una producción de pollinaza de dimensiones industriales, el biodigestor que más se adapta a las necesidades actuales es sin duda el tipo económico.
- La principal desventaja del biodigestor de plástico tubular es su vida útil, que comparada con otros modelos es bastante corta. Sin embargo, ésta puede ser extendida significativamente si se cumplen condiciones óptimas de excavado, aislamiento y protección del plástico.
- El biogás es considerado como una alternativa limpia a los combustibles fósiles.
- Una vez la granja sea autosuficiente en su demanda de energía eléctrica, el siguiente paso será abastecer su consumo de gas.
- La mejoría de las prácticas medioambientales también va de la mano de un aumento en los ingresos percibidos, aun cuando se tenga la percepción de lo contrario.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAEZ, G., & BENITEZ, D. (2015). *Diseño y construcción de un biodigestor tipo campana flotante con la utilización de desechos porcinos para la finca "El Recuerdo"*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- CHUNGANDRO, K., & MANITIO, G. (2010). *Diseño y construcción de un biodigestor para pequeñas y medianas granjas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Díaz, M. A. (2014). *Determinantes de desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnologías*. Cartagena: Banco de la República - Centro de Estudios Económicos Regionales.
- Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. (s.f). [www.http://antiguo.minenergia.cl](http://antiguo.minenergia.cl).
- Ortega, E. M. (2009). *Estudio de factibilidad de uso racional y eficiente de la materia prima no tradicional del sector avícola para la generación de energía eléctrica*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- ORTEGA, E. M. (2009). *Estudio de factibilidad de uso racional y eficiente de la materia prima no tradicional del sector avícola para la generación de energía eléctrica*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Sánchez, M. F., & Castro, J. G. (S.F). *Gestión y Minimización de Residuos*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Williams, C. M. (S.F). *Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo*. Raleigh, NC, Estados Unidos: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.