

TRABAJO DIPLOMA DE INGENIERÍA



Título: Metodología de cálculos para el diseño del reactor de la planta de biogás de la Empresa “Cárnica de Cienfuegos”, para mezclas de residuos orgánicos y del proceso de producción del matadero.

Autor: Yordani Herrera Vega.

Tutor: Dr. Jesús M. Guzmán Chinaa.

Año 56 de la Revolución.

Cienfuegos 2014.



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.

Declaración de autoría.

Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” como parte de la culminación de los estudios de la carrera de Ingeniería en Mecánica, autorizado a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según el acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Responsable de
Información Científico-
Técnica.

Vice Decano.

Firma del tutor.

Nombre y Apellidos. Firma

Sistema de Documentación y Proyecto.
Nombre y Apellidos. Firma

Pensamiento.

*Si tu intención es decir la verdad, hazlo con sencillez y la elegancia
déjasela al sastre.*

A.EINSTEIN.

Agradecimientos.

A mis padres, hermanos, y familia: por todo el apoyo y el amor que me han brindado en estos años.

A mi esposa: por todo el amor, delicadeza y ternura que me ha entregado, por enseñarme que la vida es mucho más que un instante y que está llena de tropiezos a los que hay que sobreponerse.

A mis compañeros y amigos: por estar a mi lado en los momentos buenos y en los más difíciles y convencerme cada día más de que existen.

A mis tutores y profesores: por todo el conocimiento que me han impregnado y por el tiempo que me dedicaron.

En especial a mi tutor Dr. Jesús M. Guzmán Chinea por su ayuda incondicional en la elaboración de este trabajo.

A todos los que de una forma u otra aportaron un granito de arena e hicieron posible la culminación de este trabajo.

Dedicatoria.

A mis padres, hermanos, esposa y familia en general.

*A mi mamá que tanto quiero y que siempre tuvo la esperanza y
la fe de que me convirtiera en un profesional.*

*A mis amigos, vecinos y compañeros de estudio por estar a mi
lado en los momentos buenos y malos de todos estos años.*

Resumen.

El presente trabajo tiene como título “Metodología de cálculos para el diseño del reactor de la planta de biogás de la Empresa “Cárnica de Cienfuegos”, para mezclas de residuos orgánicos y del proceso de producción del matadero. Se consultó variada bibliografía relacionada con las energías renovables en el caso de los biodigestores así como la caracterización de estos y su aplicación en el mundo y en nuestro país. Se caracterizan los residuales de la Empresa y se realizan los cálculos de diseño de la planta de biogás. Concluyendo con el análisis de los resultados y una evaluación de factibilidad de esta planta de biogás de mezclas para la Empresa Cárnica de Cienfuegos, en el tratamiento de residuales.

Palabras Claves:

- ✓ Biodigestores.
- ✓ Biogás.
- ✓ Reactor.
- ✓ Residuos orgánicos.

Índice.

Contenido

Introducción.....	1
Capítulo I: Marco Teórico Referencial.....	6
1.1 Conceptos básicos.	6
<i>Los residuos orgánicos. Una visión global.</i>	7
1.1.1 Residuos domésticos.	7
1.1.2 Residuos industriales.	8
1.1.3 Residuos ganaderos.....	9
1.1.4 Gestión integrada de residuos.....	10
1.2 Estrategia de tratamientos.....	10
1.3 Codigestión de residuos orgánicos.....	12
1.4 El proceso de la digestión anaerobia.	13
1.5 Productos finales de la digestión anaerobia.	14
1.5.1 Biogás.	14
1.5.2 Efluente.	15
1.6 Situación de desarrollo de tecnología de biogás en el mundo.....	15
1.6.1 Biodigestores de flujo discontinuo.	16
1.6.2 Biodigestores de flujo semicontinuo.	17
1.6.3 Biodigestores de flujo continuo.....	17
1.7 Condiciones para la biodigestión.	17
1.8 Las secciones de la fermentación a biogás.	18
1.9 Producción de metano.	19
1.10 Ventajas y desventajas de los biodigestores.	20
1.10.1 Ventajas:.....	20
1.10.2 Desventajas, riesgos y consideraciones especiales:.....	21
1.11 Los intereses de la tecnología biogás.....	21

1.11.1 Interés en la ganadería.....	21
1.11.2 Interés para el medio ambiente.	21
1.11.3 Interés social.	22
1.11.4 Contaminación Ambiental.....	22
1.12 Caracterización de las plantas de biogás.	23
1.13 Aspectos Económicos.....	24
1.13.1 Usos y beneficios que aporta las plantas de biogás:.....	24
1.14 Normas de consumo.....	25
1.15 Dimensionamiento.	26
Capítulo II: Metodología de la Investigación.	29
2.1 Caracterización de los sistemas de tratamiento de residuales con énfasis en los residuales porcinos.....	29
2.1.1 Algunas alternativas para el tratamiento de los residuales porcinos.	31
Sistema tradicional empleado en Cuba:	31
2.1.2 Sistema de Tratamiento de Residuales líquidos en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.	32
2.2 Caracterización de los residuales en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.....	33
2.3 Identificación de los principales problemas ambientales de la empresa:.....	37
2.3.1 Aguas terrestres:	37
2.3.2 Degradación de los suelos:	38
2.3.3 Contaminación atmosférica:	38
2.3.4 Contaminación atmosférica, procedente de focos que generan, hollín y gases de combustión:	38
2.3.5 Contaminación, procedente de focos en la empresa, que provocan afectación a la capa de ozono:	38
2.3.2 Utilización de Recursos Naturales Energéticos:	39
2.4 Planta de biogás en la Empresa Cárnica como alternativa de tratamiento de residuales.	40
2.5 Metodología de cálculo para diseño de Reactor de mezcla para planta de biogás.	41
Capítulo III: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	46

3.1 Caracterización general de la Empresa Cárnica de Cienfuegos.....	46
3.1.1 Objeto Empresarial.....	46
La Carpeta de Productos que oferta la Empresa se encuentra elaborada por específicos, tecnologías, costos, precios, proveedor y clientes.	49
3.1.2 Enfoque estratégico. Análisis de la matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).	50
3.1.2.1 Fortalezas:	51
3.1.2.2 Debilidades:	51
3.1.2.3 Oportunidades:.....	51
3.1.2.4 Amenazas:	52
3.2 Producción física.	53
3.3 Compras y procesamiento del ganado vacuno.....	54
3.4 Compras y procesamiento del ganado porcino.....	54
3.5 Formulación de objetivos específicos del Proyecto.	57
3.6 Para dar cumplimientos a estos objetivos es necesario complementar con un conjunto de requerimientos indispensables:	58
3.7 Resultados de los cálculos.	58
3.8 Excreta total de cerdos y reces.....	60
3.9 Total de Residuo Industrial en entre reces y cerdos.....	61
3.10 TOTAL GENERAL RESIDUO HÚMEDO.	61
3.11 TOTAL GENERAL PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.	61
3.12 Cálculo para determinar el volumen del Digestor.	62
3.13 Generación de Alternativas.....	62
3.14 Evaluación de la factibilidad económica.	65
3.14.1 Costo de inversión.....	65
3.15 Cálculo del consumo:.....	67
Conclusiones:.....	72
Recomendaciones:.....	74
Bibliografía:.....	76

Introducción.

Introducción

Las energías renovables ofrecen un número de beneficios que van más allá de proveer energía, por ejemplo, su aplicación masiva representa nuevas fuentes de empleo a lo largo de toda la cadena industrial para su fabricación y aplicación; propician un ambiente más limpio y seguridad energética, entre otros. En base a esto, la mayoría de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), así como naciones en desarrollo, han establecido metas para dichas fuentes de energía en sus planes energéticos. Muchos de estos países también han fomentado el desarrollo de industrias locales de energías renovables.

En la actualidad en nuestro país a pesar del desarrollo científico que existe se está implementando diferentes mecanismos para la obtención de combustibles a través de componentes orgánicos de una forma más rápida y eficiente.

Lo anteriormente planteado se demuestra en la creación de reactores para plantas de biogás donde la materia prima orgánica como residuos vegetales, estiércoles de vacunos, equinos, porcinos, ovinos e incluso de residuos humanos a partir de la descomposición de estos se puede obtener fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio y con la ventaja de disminuir el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, además de estos fertilizantes lo principal que se obtiene es el gas metano (CH_4), siendo este el principal componente del gas natural con el fin de obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética - ambiental, y ser usado este gas para el fin de la entidad donde este montado el biodigestor.

En Cuba las investigaciones sobre los reactores de planta de biogás, según la bibliografía consultada hasta el momento, ha sido abordada pero no de manera profunda, por lo que mediante la presente investigación se pretende incorporar, a partir del diseño de un reactor de una planta de biogás a escala tal que se pueda implementar en todos los lugares donde se haga de manera eficiente este proceso con el fin de aportar un índice de ahorro al país y una mejoría para la zona donde se encuentre esta planta.

La Empresa Cárnica de Cienfuegos presenta problemas ambientales que los obligan a buscar alternativas para el tratamiento de residuales.

Por lo anteriormente expresado, se plantea como situación problemática la siguiente:

Situación Problemática:

Dada la implantación de nuestro país en el diseño de reactores de plantas de biogás, y explotación de los mismos como una nueva alternativa de aprovechamiento de los residuos orgánicos y sus mezclas para el beneficio del país y el mejoramiento de la zona donde se emplee esta tecnología como vía de desarrollo, no existen muchos estudios sobre el tema en común y del aprovechamiento de estos, ni de las repercusiones medioambientales del uso indebido de los desechos generados por la explotación de la misma, por tanto el Cárnico de Cienfuegos se está dando a la tarea mediante este trabajo de diploma para ver los beneficios que este trae consigo.

Problema de Investigación:

La Empresa Cárnica de Cienfuegos, tiene en sus líneas productivas el sacrificio de cerdos y ganado vacuno de forma continua. El alto contenido de excretas y su elevada toxicidad se convierte en una fuente de contaminación al medio ambiente aún no resuelta.

Hipótesis:

El uso de las mezclas de residuos orgánicos porcinos y vacunas en la generación de biogás permite obtener energía y biofertilizantes y reduce el alto impacto ambiental.

Objetivo General:

Realizar los cálculos de un reactor de mezcla para la planta de biogás de la Empresa Cárnica que cumpla con los requisitos de explotación y medioambiental.

Objetivos Específicos:

- ✓ Realizar una búsqueda bibliográfica nacional e internacional sobre la implementación de reactores de mezcla para plantas de biogás según experiencias que exista en Cuba y en el mundo.
- ✓ Realizar los cálculos para el diseño del reactor teniendo en cuenta la eficiencia y el bajo costo.
- ✓ Caracterizar los residuales en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.
- ✓ Realizar una evaluación de factibilidad económica y financiera de la inversión de tratamiento integral de los residuales en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.

Estructura Capítular:

Capítulo I: Marco Teórico Referencial.

Conceptos Básicos. Estudio de biodigestores. Caracterización de las Plantas de biogás.

Capítulo II: Metodología de la investigación.

Caracterizar los residuales en la Empresa Cárnica de Cienfuegos. Procedimiento de evaluación. Procedimiento Metodológico de cálculos para mezclas en la planta de biogás.

Capítulo III: Análisis y resultados.

Análisis de los resultados y evaluación de planta de biogás de mezcla para la Empresa Cárnica de Cienfuegos, en el tratamiento de los residuales.

Conclusiones generales y las Recomendaciones resultantes de la investigación realizada, cuyos principales resultados lo constituyen el informe diagnóstico de la organización tomada como caso de estudio y la metodología propuesta por el autor para implementar el proceso de Producciones Más Limpias en la referida entidad. Al final se registra la Bibliografía basada en el estilo Zotero y un grupo de Anexos que complementan los resultados expuestos.

Metodología científica utilizada en la búsqueda bibliográfica:

Se aplicaran técnicas documentales de recopilación de la información, como: revisión de trabajos vinculados al tema en cuestión, utilizando la internet; y la recopilación de los datos necesarios respecto al histórico de 2 años de la empresa como: Consumo de GLP, posible enfermedades por condiciones laborales indeseadas, entre otros datos que brindan información.

Se aplicarán herramientas para la gestión de los procesos y las técnicas estadísticas como: el manejo de la información (recopilación, registro, procesamiento, representación de datos y encuestas); el diagrama de Pareto de consumo por portadores energéticos del año; el diagrama causa - efecto sobre eficiencia energética; método para la medición de la eficacia del proceso; la matriz para determinar las fortalezas y debilidades de la organización para implementar la inversión; medición de la eficacia del proceso de gestión de energía; el diagrama de dispersión y línea de tendencia del consumo energía y agua; los métodos químicos, análisis de laboratorio; métodos matemáticos (simulación, optimización, modelación matemática, etc.); metodología ambiental y análisis comparativo

según las leyes Cubanas; y los programas estadísticos y matemáticos aplicados. Excel y Statgraphics.

Para aplicar las herramientas y las técnicas estadísticas se utilizaron los programas disponibles como el Word, Excel y programa estadístico Statgraphics.

Capítulo 1

Capítulo I: Marco Teórico Referencial.

1.1 Conceptos básicos.

Que es un reactor o biodigestor?

Un **digestor** de desechos orgánicos o *biodigestor* es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar como (residuos vegetales, estiércoles de vacunos, equinos, porcinos, ovinos e incluso de residuos humanos, desechos vegetales, no se incluyen cítricos ya que acidifican, etcétera) en determinada dilución de agua para lograr una temperatura determinada y una humedad relativa estable, para mantener el proceso biológico de la descomposición de la materia orgánica que a través de la fermentación anaerobia se produzca gas metano, fertilizantes y abonos a partir de esa materia orgánica. Estos pueden ser subterráneos o aéreos.

Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidrogenación y pos tratamiento (filtro y piedras, de algas, secado, entre otros) a la salida del reactor.

El fenómeno de indigestible ocurre porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal que, al actuar sobre los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, producen una mezcla de gases con alto contenido de metano (CH₄) llamada biogás.

El proceso de fermentación anaerobia ocurre en un medio sin oxígeno. Se clasifica este proceso en 2 formas:

- 1- En la naturaleza, este proceso ocurre en el fondo de charcos estancados o pantanos.
- 2- De modo artificial, el biogás es producido desde las plantas construidas por diferentes procedimientos y los denominamos como plantas o equipos de biogás.

El uso más adecuado que se le da es cuando se agregan estiércoles animales, las granjas especializadas lo poseen ya que extraen gas natural, por ejemplo en cerdos se separa todo y queda un producto que se llama cerdosa lo cual sirve de alimentación animal, lo agregan en los concentrados ya que es buena fuente de proteína, lo mismo para el ganado bovino y las aves de corral.

Los residuos orgánicos. Una visión global.

Los cambios socioeconómicos generados en las últimas décadas en el mundo, las altas concentraciones poblacionales en comunidades urbanas, el auge en el desarrollo de la industria agroalimentaria, el incremento de la explotación ganadera, entre otros factores ha generado la producción de cuantiosas cantidades de residuos orgánicos que originan problemas ambientales a corto y mediano plazo.

Una primera clasificación de los residuos se puede realizar en función de su origen, distinguiendo los residuos procedentes del sector primario, residuos agrícolas, ganaderos y forestales, los procedentes del sector secundario, residuos industriales (agroalimentarios, textiles, etc.) y finalmente los procedentes del sector terciario o de servicios, constituidos por residuos sólidos urbanos (RSU) y lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales (Guzmán, 2013).

Los residuos agrícolas son la mayor fuente de residuos y de potencial contaminante en Europa, y dentro de éstos, los residuos ganaderos constituyen el principal problema ambiental (Hobson, 1990).

1.1.1 Residuos domésticos.

Uno de los grandes tipos de residuos son los residuos municipales o domésticos. Tanto la producción de este tipo de residuos, como las vías de tratamiento evolucionan muy rápidamente, debido, tanto al cambio en los hábitos de consumo, como al desarrollo de determinadas políticas estratégicas.

Existe una clara tendencia hacia la recogida selectiva de materiales diversos, papel, vidrio, envases, residuos peligrosos, escombros y de materia orgánica.

De esta forma la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos resulta cada vez de “mayor calidad” y más fácil de estabilizar por métodos biológicos. La gestión tradicional de

este tipo de residuos es el vertido en vertedero sanitario controlado, pero la tendencia, sobre todo a partir de la promulgación de la directiva 31/99, es a minimizar la fracción que va a vertedero.

El nuevo Plan Nacional de Residuos Urbanos (Resolución 2110 de 13 de enero de 2000), establece la jerarquización de opciones para la gestión:

- 1.- Prevención-minimización.
- 2.- Reutilización (especialmente para envases).
- 3.- Reciclado (papel, vidrio y plásticos).
- 4.- Valorización de la materia orgánica.
- 5.- Valorización energética (tratamientos térmicos: incineración y gasificación).
- 6.- Eliminación a vertedero, cumpliendo los requisitos técnicos.

Las principales vías de valorización de la fracción orgánica, previstas en el plan, son los tratamientos biológicos, especialmente el compostaje (se prevé compostar un 50% de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos - FORSU) y la biometanización (5% de FORSU), seguidos de la incineración con aprovechamiento energético (17,7% de los residuos sólidos urbanos - RSU). El uso final previsto para los materiales compostados es su aplicación al suelo como fertilizante o enmienda orgánica.

La producción de residuos urbanos ha aumentado en los últimos años. La evolución es diferente en función del tipo de residuo, así como la incidencia de la recogida selectiva. La producción de RSU varía mucho en función de la zona de procedencia.

1.1.2 Residuos industriales.

El principal sector industrial en Europa es el alimentario (incluye alimentario, bebidas y fermentación), seguido de la industria papelera (Wheatley, 1990).

La tipología de residuos industriales es tan amplia como el número de industrias existentes. En los últimos años la declaración y la fracción de residuos que son correctamente gestionados ha aumentado mucho, pasando de 1 millón de toneladas en

1985 a cerca de 4,5 en 1997. El tipo de tratamiento de los residuos producidos dependerá, nuevamente, del tipo de residuos de que se trate, siendo las principales vías la valorización, el uso como subproducto, tratamiento físico-químico o biológico, vertido controlado e incineración.

Se puede decir, por tanto, que la mayoría de los residuos industriales de naturaleza orgánica fermentables están en el orden de 5 876 714 kg al cierre del año 2013 en la provincia de Cienfuegos. (Guzmán, 2013).

1.1.3 Residuos ganaderos.

Los residuos agrícolas son la mayor fuente de residuos y de potencial contaminante en Europa, y dentro de éstos, los residuos ganaderos constituyen el principal problema ambiental.

La problemática asociada a la gestión de los residuos orgánicos de origen ganadero se debe, básicamente, a la separación progresiva de la explotación ganadera y la agrícola, de forma que la mayoría de las explotaciones no poseen una base territorial suficiente para reutilizar los residuos ganaderos.

Esto, junto con el aumento del censo ganadero, sobre todo el porcino, la disminución de la superficie agrícola útil, y el aumento de las dimensiones de las explotaciones ganaderas, hace equiparable el sector ganadero con la industria en cuanto a la problemática de gestión de residuos.

Alemania y España son los dos países con mayor producción porcina de la Unión Europea. Produjeron un 21 % y un 17 % respectivamente de la producción total de la Unión, además España muestra una tendencia ascendente, de forma que del año 97 al 98, aumentó en un 11,5 %.

El sector ganadero tiene un gran peso en la economía de Cataluña, especialmente en las comarcas de Lleida y sobre todo en los núcleos rurales.

El aumento de la producción porcina conlleva, necesariamente, el aumento de la producción de residuos. El principal problema para la gestión de los residuos no es tanto la cantidad total, sino la excesiva concentración en determinadas áreas, que supera la capacidad de aceptación del medio.

La cantidad y calidad de residuos producida varía mucho, dependiendo del tipo de animal, de la composición de la alimentación y del sistema de manejo de la granja (sistema de alimentación, bebederos, sistema de limpieza, tipo de estercolero o balsa, etc).

El contenido de nutrientes, N, P y K del residuo, depende directamente de la dieta. De hecho, mediante la formulación del pienso el contenido de N del purín se podría llegar a reducir hasta un 50 - 65 %.

La aplicación excesiva de residuos ganaderos al suelo contribuye a la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por nutrientes y por organismos patógenos. También son importante los efectos sobre la atmósfera, por la producción de olores y emisiones gaseosas de NH_3 , NO_x , compuestos orgánicos volátiles, etc, procedentes las balsas de almacenamiento y de la aplicación al suelo. Finalmente, contribuyen a la contaminación del suelo, resultado de una aplicación excesiva de nutrientes, llevando a un desequilibrio y a la acumulación de determinados elementos, incluyendo algunos metales pesados.

1.1.4 Gestión integrada de residuos.

La coexistencia de diversas tipologías de residuos en una misma área geográfica posibilita la gestión integrada de residuos de diversos orígenes.

Las ventajas de la gestión integrada van desde la adecuación de la composición del producto final a un suelo o cultivo concreto, la mejora del proceso de tratamiento, y el abaratamiento de los costes de transporte. Por otra parte, la gestión en sí misma puede resultar más complicada al intervenir diversos productores de residuos, que incluso pueden proceder de sectores productivos diferentes.

1.2 Estrategia de tratamientos.

Un tratamiento es una combinación de procesos unitarios cuyo objetivo es la modificación de las características del residuo para su adecuación a la demanda como producto de calidad. Esta adecuación puede ser para equilibrar oferta y demanda en el tiempo, para mejorar el transporte y aplicación o para mejorar la composición.

La idoneidad de un proceso de tratamiento dependerá de cada zona geográfica, de las necesidades que hayan puesto de manifiesto los estudios preliminares del plan de

gestión, de la calidad del producto final obtenido y de los costes económicos asociados. En todo caso, el objetivo básico que se debe perseguir es el de aumentar la capacidad de gestión sobre el residuo.

Los objetivos particulares pueden ser:

- 1.- Adecuar la producción de residuos a las necesidades estacionales de los cultivos.
- 2.- Transportarlo fuera de la zona de aplicación del plan de gestión.
- 3.- Valorar económicamente el residuo.
- 4.- Adecuar la composición a los requerimientos del entorno (de suelos, de cultivos, de mínimo impacto ambiental - malos olores).
- 5.- Extraer y recuperar nutrientes valorizables (nitrógeno, fósforo).
- 6.- Higienizar – reducir o eliminar patógenos.

En el planteamiento del proceso de tratamiento, y de los objetivos a cumplir, es muy importante la calidad y variabilidad del producto a tratar. Para purines, su composición varía según la dieta alimentaria, el estado fisiológico de los animales, la edad del purín, y las prácticas de manejo y limpieza de cada granja.

La práctica usual, en granjas de engorde por ejemplo, es vaciar los fosos una vez acabado el ciclo, con lo cual se obtienen purines envejecidos, con elevada relación de alcalinidad, materia orgánica hidrolizada y elevada concentración de ácidos grasos volátiles.

Para evitar problemas de emisiones atmosféricas de compuestos orgánicos, que constituyen junto al amoníaco, los principales causantes de malos olores, caben dos estrategias:

1. Transformar parte de los materiales disueltos (orgánicos y minerales) a formas en suspensión (biomasa), mediante el proceso aeróbico heterótrofo, con el consecuente consumo de energía, para la obtención de un compuesto final de tipo orgánico.

2. Transformar parte de los materiales orgánicos a formas gaseosas combustibles (biogás), mediante el proceso anaerobio heterótrofo, para la obtención de un compuesto final de tipo mineral. Necesariamente contendrá una parte de materia orgánica, aunque sea mínima, y su calidad dependerá de los parámetros de control del proceso anaerobio.

El producto final, para que tenga valor como producto fertilizante, deberá cumplir los siguientes requisitos: producto estable, con mínima concentración de materia orgánica fácilmente degradable; mínimo volumen con máxima concentración de nutrientes; relación N:P:K adecuada; mínima concentración de metales pesados y tóxicos; higienizado, con nula concentración de patógenos, semillas de malas hierbas, larvas o huevos de insectos, etc.; olor agradable, o en todo caso que no recuerde su origen; composición estable, con mínimas variaciones temporales.

La digestión anaerobia, como proceso previo al secado, cumple con todos los condicionantes expuestos. Las ventajas de la inclusión del proceso de digestión anaerobia, en la estrategia de tratamiento.

1.3 Codigestión de residuos orgánicos.

Muchas experiencias de codigestión han sido llevadas a cabo, mezclando diferentes tipos de residuos. La codigestión de los residuos ganaderos y residuos orgánicos en sistemas de mezcla completa es una metodología exitosa tanto en régimen termofílico como en el mesofílico (Brinkman, J, 1999).

El mayor aprovechamiento de la codigestión está en hacer valer la sinergia de las mezclas, y compensar carencias de cada substrato por independiente.

La mezcla de purines de cerdo y fangos de depuradora, tanto en régimen termofílico como mesofílico, ha proporcionado resultados positivos (Wong, 1990; Flotats et al., 1999), mejorando la producción tanto de los 5 lodos como de los purines por separado.

Aparte de los beneficios que suponen la complementariedad de composiciones, se ha comprobado que tóxicos contenidos en algún residuo, como el tetracloroetano, pueden ser degradados por vía anaerobia si los microorganismos utilizan estiércol como substrato primario, siguiendo el tóxico una ruta co - metabólica (Ahrling et al., 1996).

Los residuos ganaderos, especialmente el purín de cerdo, puede ser una buena base para la codigestión, porque generalmente presentan un contenido de agua mayor al de los residuos industriales, una mayor capacidad tampón y aportan una extensa variedad de nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos anaerobios (Angelidaki y Ahring, 1997).

1.4 El proceso de la digestión anaerobia.

La digestión anaerobia es un proceso biológico degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno. (Guzmán, 2013).

Utilizando el proceso de digestión anaerobia es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90 % de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10 % de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50 % consumido en un sistema aerobio.

El proceso anaerobio ocurre de forma espontánea en la naturaleza para degradar la materia orgánica, produciendo, por ejemplo, el gas de los pantanos, el gas natural de yacimientos subterráneos o incluso el gas metabólico producido en el estómago de los rumiantes.

Ante los bajos precios del petróleo, a finales de los años ochenta, el interés por la tecnología alternativa de digestión anaerobia volvió a decaer, aún así en algunos países industrializados se mantiene el desarrollo de programas de desarrollo de plantas anaerobias a escala industrial, teniendo como objetivos principales la gestión de residuos, principalmente ganaderos, la estabilización e higienización de los mismos, y el fomento de las energías renovables, para disminuir la emisión neta de gases de efecto invernadero.

El principal exponente a nivel mundial es Dinamarca, quien en 1985, comenzó un programa demostración, desarrollado conjuntamente por los ministerios de agricultura, energía y medio ambiente, en un esfuerzo por demostrar el potencial de grandes plantas de digestión anaerobia como productores de energía eléctrica.

El proceso de digestión anaerobia, frente a los procesos aerobios, transcurre con un menor desprendimiento calorífico, lo que determina un mayor contenido energético de los productos resultantes y consecuentemente, un mayor rendimiento energético del proceso. La fracción de la energía total disponible utilizada por los microorganismos para su propio crecimiento es mucho menor que en los sistemas aerobios.

La digestión anaerobia es un proceso complejo, que requiere bastante control para asegurar un correcto funcionamiento. Se han descrito gran cantidad de tóxicos e inhibidores del proceso, lo que puede hacer que el proceso no sea viable para determinados substratos. Es bastante sensible a las sobrecargas orgánicas por lo que la alimentación deberá ser lo más homogénea posible.

El biogás suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y el aprovechamiento del mismo, siendo necesario, en función del tipo de aprovechamiento, un sistema de depuración del mismo. Los costes de implantación son altos, mostrando un claro efecto de economía de escala, por lo que las instalaciones de pequeño tamaño no suelen resultar rentables. Es un gas difícilmente licuable, por tanto difícil de transportar.

Los principales substratos que se pueden utilizar en la digestión anaerobia son residuos agrícolas y ganaderos, cultivos energéticos, residuos industriales orgánicos, aguas residuales urbanas e industriales, lodos de depuradora y fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (Flotats et al, 1997). Cada tipo de substrato plantea una serie de ventajas e inconvenientes, presentando diferentes potenciales de producción de biogás, debido al diferente contenido de materia orgánica y a la diferente composición de la misma.

1.5 Productos finales de la digestión anaerobia.

Los principales productos del proceso de digestión anaerobia, trabajando en sistemas de alta carga orgánica y en mezcla completa, son el biogás y un efluente estabilizado.

1.5.1 Biogás.

Es una mezcla gaseosa formada, principalmente, por metano y dióxido de carbono y pequeñas proporciones de otros gases, como H_2S , H_2 , NH_3 , etc. La composición o riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso.

1.5.2 Efluente.

Las características del efluente dependen mucho del tipo de sistema, pero tratando con sistemas de mezcla completa y con residuos orgánicos, se puede decir que el efluente es la mezcla del influente estabilizado y la biomasa microbiana producida. Durante el proceso anaerobio parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor que en el influente. Se trata, además, de un producto más mineralizado que el influente, con lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico.

1.6 Situación de desarrollo de tecnología de biogás en el mundo.

La tecnología de transformación de materiales orgánicos a biogás ha existido desde hace centenares de años. Las primeras personas que descubrieron el tipo de gas inflamable generado de pudrimiento de los materiales orgánicos son Van Helmont (1630) y Shirley (1667); el que descubrió el gas de los pantanos es Volta (1766) a través de los estudios y observaciones, dio el resultado de que la cantidad de gas generados de los pantanos depende estrictamente en la cantidad de plantas podridas en el fondo. Hasta el 1804-1810, Dalton, Henry y Davy han encontrado la fórmula química de Metano y demostraron que la naturaleza de gas de pantanos en el experimento de Volta es idéntica al gas en las minas de carbón.

En 1859, el primer equipo de biogás fue construido en Bombay, India para tratamiento de estiércol humano, el gas producido fue utilizado para iluminar.

Hasta el final de los años 1920, los estudios químicos sobre la descomposición de anaerobia son reforzados. Buswell empezó a investigar el papel de los elementos químicos en el proceso de fermentación de anaerobia, evolución de de proceso de generación de biogás desde residuos de las granjas y aplicación de este proceso en la escala industrial.

Hoy en día, el proceso de descomposición anaerobia de los materiales orgánicos se ha desarrollado como un sistema multifuncional con:

- Tratamiento de residuos orgánicos y agua residual con gran cantidad de contenido orgánico y amplia concentración.
- Producción y aprovechamiento como combustible.
- Mejorar la condición higiénica.

- Producción de fertilizante de alta calidad.

Las investigaciones han cambiado de estudios básicos de proceso de descomposición de los materiales orgánicos semejantes con el contenido de elemento orgánico sólido de 5% a 10% a la fermentación de los materiales más complejos con necesidad de los estanques de descomposición modernos y más efectivos, a continuación se muestra un esquema de un biodigestor en la Fig.1.1.

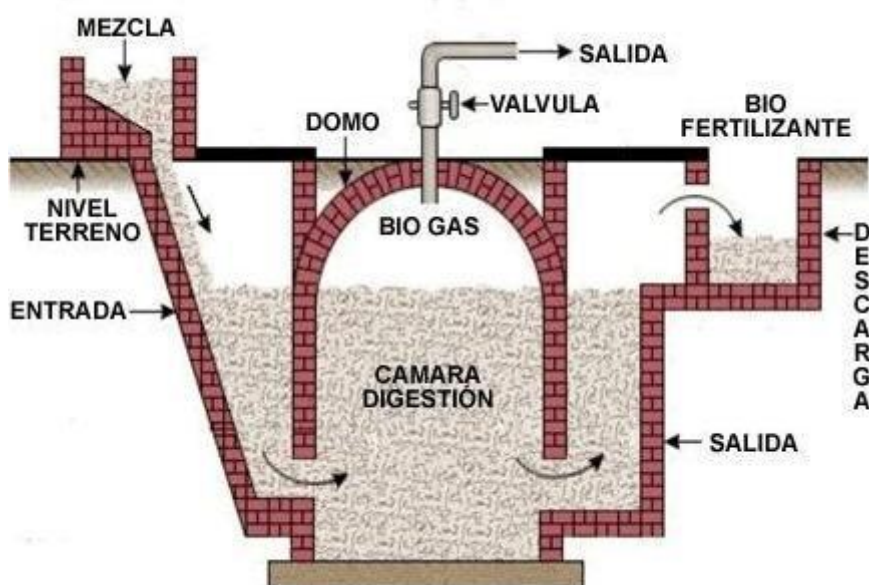


Fig.1.1 Esquema representativo de un biodigestor.

Clases en las que se pueden encontrar los biodigestores.

- 1- Biodigestores de flujo discontinuo.
- 2- Biodigestores de flujo semicontinuo.
- 3- Biodigestores de flujo continuo.

1.6.1 Biodigestores de flujo discontinuo.

La carga de la totalidad del material a fermentar se hace al inicio del proceso y la descarga del efluente se hace al finalizar el proceso; por lo general requieren de mayor mano de obra y de un espacio para almacenar la materia prima si esta se produce continuamente y de un depósito de gas (debido a la gran variación en la cantidad de gas

producido durante el proceso, teniendo su pico en la fase media de este) o fuentes alternativas para suplirlo.

1.6.2 Biodigestores de flujo semicontinuo.

La carga del material a fermentar y la descarga del efluente se realiza de manera continua o por pequeños baches (ej. una vez al día, cada 12 horas) durante el proceso, que se extiende indefinidamente a través del tiempo; por lo general requieren de menos mano de obra, pero de una mezcla más fluida o movilizada de manera mecánica y de un depósito de gas (si este no se utiliza en su totalidad de manera continua). Los biodigestores continuos sirven para purificar el agua contaminada por diferentes fosas. Existen tres clases de biodigestores de flujo continuo:

- De cúpula fija (chino).
- De cúpula móvil o flotante (hindú).
- De salchicha, tubular, Taiwán, CIPAV o biodigestores familiares de bajo costo.

1.6.3 Biodigestores de flujo continuo.

Se usan generalmente para tratamiento de aguas residuales, tienden a ser grandes de corte industrial, con sistemas comerciales para el control y gestión del proceso. La producción de biogás es mucho mayor, pueden ser:

- Sistema de desplazamiento horizontal (movimiento por flujo pistón, gravedad).
- Sistema de tanques múltiples.
- Sistema de tanque vertical.

1.7 Condiciones para la biodigestión.

1. La **temperatura** es muy importante para la producción de biogás, ya que los microorganismos que realizan la biodigestión disminuyen su actividad fuera de estas temperaturas. La temperatura en la cámara digestiva debe ser entre los 20° C y 60° C; para optimizar el tiempo de producción es deseable mantener una temperatura entre los 30° C y 35° C.
2. El **nivel de acidez** determina como se desenvuelve la fermentación del material orgánico. El pH del material debe tener un valor entre 6.5 y 7.5. Al estar fuera de este rango neutro la materia orgánica corre el riesgo de pudrirse, ya que se

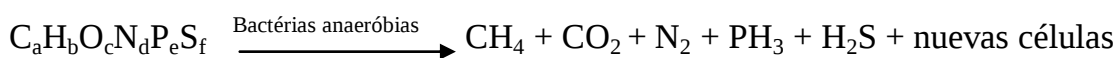
aumenta la actividad relativa de los microorganismos equivocados; esto normalmente produce un olor muy desagradable.

3. El contenedor debe de estar **perfectamente sellado** para evitar que entre el oxígeno y de esta manera tener un procedimiento anaeróbico adecuado; también evita fugas del biogás.
4. Debe de contener entre el 80% y 90% de **humedad**.
5. Los **materiales** más comúnmente utilizados para producir biogás son el estiércol de vaca, caballo, puerco y humana, sin embargo también se pueden otros materiales orgánicos.
6. Para lograr una descomposición eficiente, la materia orgánica debe de ser en **tamaños** digeribles pues entre más chica más rápida la producción del biogás.
7. Se deberá tener un equilibrio del carbono y el nitrógeno.

1.8 Las secciones de la fermentación a biogás.

La fermentación a biogás es un proceso complejo de tres secciones principales completado por muchos microorganismos. El producto final de este proceso es una mezcla de gases de la cual el metano es el mayor componente.

Esquema general de la fermentación:



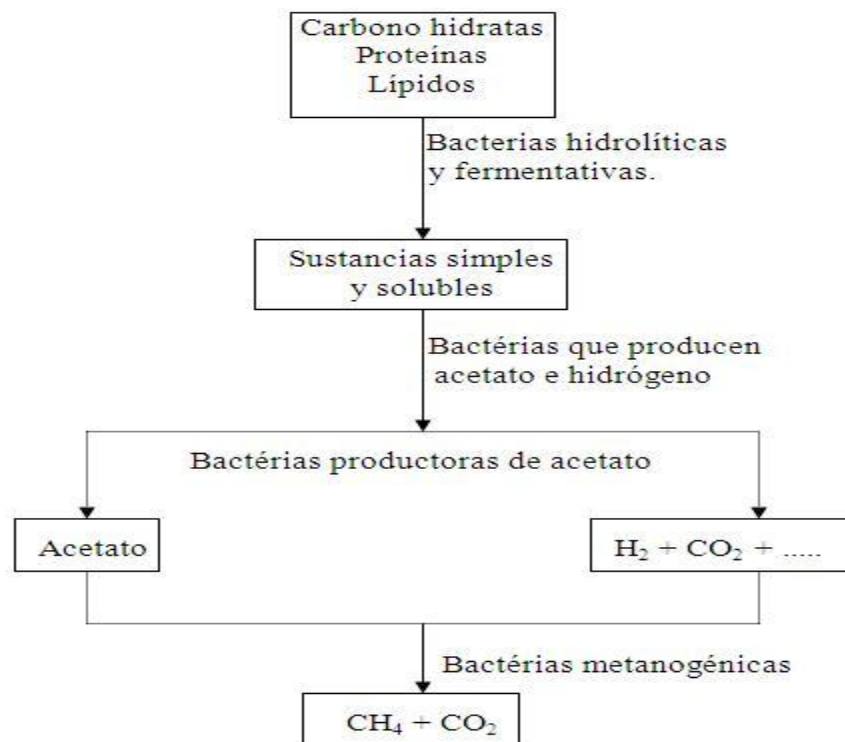


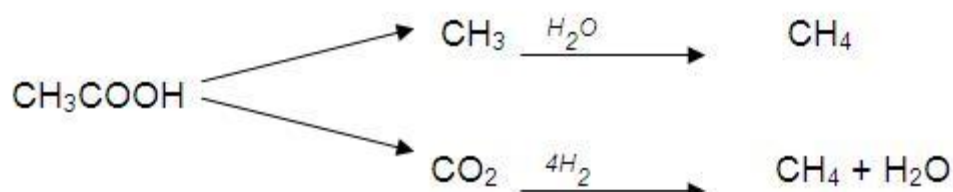
Fig.1.2 La fermentación a biogás.

1.9 Producción de metano.

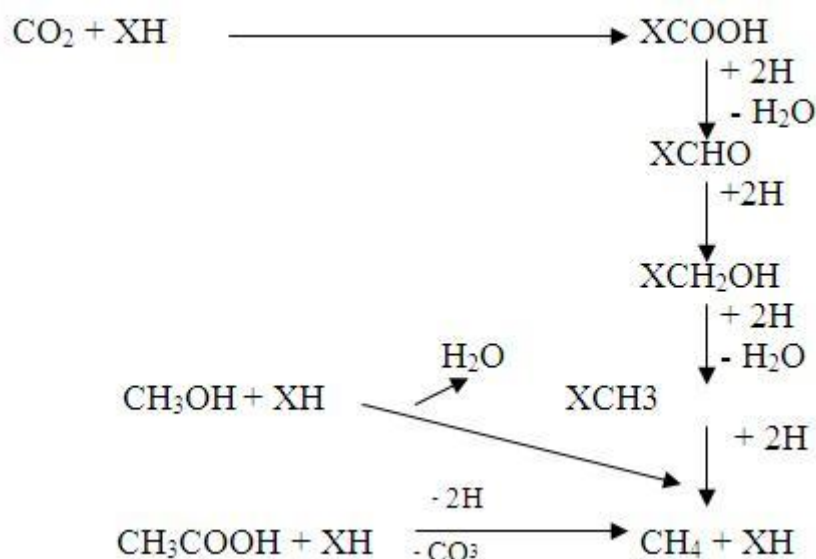
Esta es la sección más importante de todo el proceso, en la cual por efectos de bacterias metanogénicas, los ácidos orgánicos y otros compuestos simples, incluidos ácido acético, ácido fórmico, hidrocarburo, se convierten en gases metano, carbónico, oxígeno, nitrógeno, hidrosulfuro, etc.

La producción de metano puede efectuarse por dos caminos:

1- El grupo metílico de ácido acético se fermenta directamente a metano, y el grupo carboxílico, se transforma primero en carbón dióxido, y después en metano.



2- En condiciones anaerobias el carbono dióxido, metanol o acetato se convierten en CH_3 y XH y continúan transformándose después en metano, según este modelo:



1.10 Ventajas y desventajas de los biodigestores.

1.10.1 Ventajas:

- ✓ Es una energía renovable y sustentable.
- ✓ Aprovecha la producción natural del biogás.
- ✓ Es posible utilizar los productos secundarios como abono o fertilizante.
- ✓ Evita el uso de leña local, así reduciendo la presión sobre los recursos forestales.
- ✓ Fomenta el desarrollo sustentable.
- ✓ Redirige y aprovecha los gases de efecto invernadero producidos por los vertederos y granjas industriales, lo cual reduce la huella de carbono de estos establecimientos y disminuye su contribución al cambio climático.
- ✓ Cumple con la normatividad nacional e internacional.
- ✓ Impide la contaminación de mantos acuíferos.
- ✓ Crea empleos especializados.
- ✓ Crea la posibilidad de incursionar un proyecto de vanguardia.

1.10.2 Desventajas, riesgos y consideraciones especiales:

- ✓ Idealmente, la ubicación debe de estar cerca de donde se recolecta la biomasa.
- ✓ La temperatura de la cámara de digestión debe mantenerse entre 20° C y 60° C; puede ser limitante en lugares extremos.
- ✓ El biogás contiene un subproducto llamado sulfato de hidrógeno, el cual es un gas corrosivo y toxico para los seres humanos.
- ✓ Al igual a cualquier otro gas combustible, existe el riesgo de explosión o incendios por un mal funcionamiento, mantenimiento o seguridad.

1.11 Los intereses de la tecnología biogás.

El biogás contiene el metano como componente principal con un porcentaje de entre el 50% y el 70%, este gas da fuego de color azul claro y no tiene humo, la temperatura es de 4700 a 6500 Kcal. /m³ (temperatura de fuego de metano es 9100kcal/m³).

El biogás es un tipo de combustible limpio adecuado para el aprovechamiento en la cocina, iluminación. También se utiliza este gas en cambio de gasolina o diesel en motores internos como generador de electricidad, tractores en las zonas de escaso combustible.

El biogás es usable para máquinas de calefacción, también se usa como máquinas de refrigeración para la conserva de frutas, semilla.

1.11.1 Interés en la ganadería.

Tratamiento de estiércol de animal en la ganadería, mantener los establos limpios y controla el nivel higiénico.

Residuo líquido de biogás contiene vitaminas y otros elementos micro orgánicos susceptibles para el alimento de puerco, peces, cría de lombrices con gran interés económico.

1.11.2 Interés para el medio ambiente.

Los equipos de biogás están en un ciclo cerrado para el tratamiento de excreción animal y humana, la concentración de los residuos en un ciclo cerrado crea una mejor condición ambiental y limita la enfermedad.

Eliminar distintos tipos de microorganismos dañinos en el residuo, eliminar el medio favorable para moscas y parásitos. El uso de biogás reduce la emisión de CH₄ al medio ambiente (una de las causas del efecto invernadero).

1.11.3 Interés social.

El uso de biogás en la cocina libera a las mujeres y niños de la condición de humo y contaminación por el uso de otro tipo de combustible, ahorrar tiempo para otras labores.

Constituye una vida rural más civilizada, más cómoda.

Creación de nuevos puestos de trabajo en área rural a través de la participación en la producción y transferencia de la tecnología.

El uso de biogás contribuye al desarrollo rural, disminuye el uso de fertilizante químico y reduce la importación de pesticidas. Aporta en la mitigación de la contaminación ambiental y ahorrar divisas.

1.11.4 Contaminación Ambiental.

Medio Ambiente: Es todo aquello que nos rodea y que debemos cuidar para mantener limpia nuestra ciudad, colegio, hogar, etc., en fin todo en donde podamos estar.

El medio ambiente global manifiesta, cada vez más, un mayor deterioro debido al uso indiscriminado de los Recursos naturales y a la insuficiente atención, en general, que se da a la solución de los efectos negativos que esto produce sobre los seres vivos, incluidas las poblaciones humanas. El 5 de junio de cada año se celebra, en todo el mundo, el Día Mundial del Medio Ambiente.

En la actualidad existen altos niveles de contaminación causados por el hombre. La contaminación es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) en un Ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio ambiente, y por tanto, se genera como consecuencia de la actividad humana.

Se denomina contaminación atmosférica o contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, para la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o que impidan el uso habitual de las propiedades y lugares de recreación y el goce de los mismos. La contaminación ambiental

es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas o de mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales de los mismos o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

Como afectación al medio ambiente se tiene también la desertificación, que es la degradación de las Tierras áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas. Causado principalmente por variaciones climáticas Y actividades humanas tales como el cultivo y el pastoreo excesivo, la deforestación y la falta de riego. La desertificación no se refiere a la expansión de los desiertos existentes. Sucede porque los ecosistemas de las tierras áridas, que cubren una tercera parte del total de la tierra, son extremadamente vulnerables a la sobreexplotación y a un uso inapropiado de la tierra.

1.12 Caracterización de las plantas de biogás.

La instalación destinada a la producción y captación del biogás recibe el nombre de planta de biogás. Existen múltiples diseños y formas, en función de su tamaño, materia prima (residual) que se emplea, materiales de construcción con que se construye, etc. Su variedad está en que los modelos existentes se adaptan prácticamente a todas las necesidades y variantes que se deseen, en cuanto a volumen, materiales empleados y residuales orgánicos que se deben tratar.

Básicamente, puede afirmarse que en todos los casos el proceso de producción de biogás se efectúa en un recipiente denominado digestor, ya que en él ocurre el proceso de fermentación, similar a la digestión producida en nuestro aparato digestivo al ingerir los alimentos, que son descompuestos por la acción de las enzimas, mientras que la captación del biogás se produce mediante una campana o superficie abovedada o cilíndrica(en la mayoría de los casos), desde la cual se extrae el gas a través de una conducción por tubería o manguera.

Los elementos característicos de una planta de biogás son los sustratos, el digestor y la unidad de cogeneración. Los sustratos son la materia orgánica que hace falta introducir dentro del digestor para crear el ecosistema idóneo para el cultivo de las bacterias que realizarán la digestión y por tanto, que generarán el biogás.

Estos sustratos pueden ser de origen y tipo de lo más variado, si bien los más usuales son: lodos de flotación, residuos de mataderos, herbáceos, entre otros. Para obtener una mayor producción de biogás se puede realizar una codigestión, consistente en mezclar

estos sustratos, de manera que se favorezca la actividad de los microorganismos que degradan la materia orgánica.

Una vez está dispuesta la mezcla dentro del digestor el proceso consiste en ir mezclando y aportando sustratos y nutrientes continuamente hasta optimizar la producción de biogás.

El digestor es un depósito cilíndrico de acero inoxidable, debidamente aislado, en el que hay unas hélices que permiten la mezcla de los nutrientes. La parte superior del digestor se cubre con unas lonas que permiten la expansión y almacenamiento del biogás.

Este biogás se conduce hacia la unidad de cogeneración formada por un motor de combustión interna acoplado a un generador donde se transforma la energía rotativa en energía eléctrica y térmica.

Tradicionalmente las plantas de biogás sencillas pueden ser clasificadas, por su diseño en tres tipos esenciales:

- Plantas de biogás tipo balón.
- Planta de biogás de cúpulas fijas (Modelo Chino).
- Planta de biogás de campana flotante (Modelo Hindú).
- Planta Moderna.

Las plantas de tecnología simple, se dividen en dos tipos fundamentales: de flujo continuo, siendo estas las mayormente empleadas para la obtención de volúmenes considerables de gas y las de flujo discontinuo o *BATCH* para pequeñas producciones de Biogás.

Las primeras son cargadas y descargadas parcialmente todos los días, de forma periódica o permanente, mientras que las segundas son cargadas de una vez y descargadas total o parcialmente después de un periodo de utilización de residual introducido para fermentar.

1.13 Aspectos Económicos.

En una planta de biogás hay dos aspectos muy importantes a tener en cuenta: el diseño de la planta en función de los sustratos disponibles y la operación y mantenimiento una vez construida. Si se realizan correctamente, en una planta de biogás se pueden obtener rentabilidades próximas al 20% en un período de 15 años.

1.13.1 Usos y beneficios que aporta las plantas de biogás:

- Se elimina el efecto perjudicial sobre la salud, los malos olores y la contaminación del entorno.

- Se emplea el biogás para las necesidades energéticas de la cocción de alimentos, en el hogar o comedores, y se elimina de esta forma el empleo de queroseno, petróleo, leña o cualquier otro combustible.
- Aprovechar el biogás en el alumbrado de las viviendas o instalaciones o locales que requieran iluminación nocturna, lo que sustituye el empleo de energía eléctrica u otro tipo de energía.
- Aprovechar el biogás producido como combustible en equipos que posean motores de combustión
- Incrementar en más del 25% el rendimiento de las cosechas o huertos, con el empleo del material o lodo que se extrae del biodigestor.
- Aprovechar también el bioabono para alimento de aves de corral, peces, ganado, etc.
- Lograr independencia como consumidor energético y de fertilizantes químicos, con la integración total de los recursos aprovechables dentro del ciclo productivo y social
- Recuperación inmediata de condiciones del medio ambiente, con un beneficio ecológico
- La refrigeración domestica por absorción, en aquellos lugares donde no hay electricidad.
- Se puede utilizar en la alimentación de motores de combustión interna en el transporte, bombeo o generación de electricidad.

1.14 Normas de consumo.

- Una persona consume 0,38 m³/día.
- Un motor de 1 HP consume 0,45 m³/h.
- Un refrigerador de 125 L gasta 0,15 m³/h.
- Incubad. de 1500 kcal/h gasta 0,162 m³/h.
- Una lámpara de biogás gasta 0,15 m³/h.
- Todos los consumos están referidos a una presión 150 mm en la columna de agua.
- Los materiales necesarios para realizar la construcción de una planta de biogás dependen del tipo y volumen de esta.

1.15 Dimensionamiento.

El diseño y dimensionamiento de un *Biodigestor* depende en lo fundamental de los siguientes factores:

- a) Tipo y composición del material orgánico.
- b) Demanda del Biogás y Biofertilizantes.
- c) Empleo de materiales de construcción.
- d) Uso de tecnologías constructivas.
- e) Facilidad de explotación y mantenimiento.
- f) Poder adquisitivo del Usuario.

La consideración de estos factores nos permite dimensionar el volumen requerido del digestor, el volumen del almacenamiento del gas y el volumen del tanque de compensación.

Estos seis factores pueden ser resumidos en dos:

- Factibilidad que justifique la inversión (necesidad y condiciones creadas).
- Características y situación económica del usuario.

Existen referencias, que permiten tener información mínima o de partida, sobre los factores antes mencionados.

No obstante, a los valores anteriormente citados, es necesario subrayar que el estiércol de cada lugar tiene sus características propias debido a la variación de la alimentación, manejo y raza de los animales, tiempo de estabulación, existencia de piso de hormigón en los establos o cochiqueras, etc.

Todo lo anterior indica la necesidad de realizar mediciones prácticas en el lugar, del volumen y características del estiércol producido.

Estos claros conceptos no han logrado imponerse, a pesar de que en estos tiempos, están considerados como algo que está de moda. Una forma verdaderamente profesional que contribuya a que la planta de biogás sea un elemento integrador en los esquemas de desarrollo sostenibles lo constituye el exigir que su elección y construcción se realicen con la calidad y el rigor que establece el conocimiento técnico de las mismas tomando en consideración los tres principios básicos del propio desarrollo sustentable, es decir, que sea:

- Ecológicamente viable.
- Económicamente rentable.

- Social y humanamente justa.

La realización de un proyecto de biogás abarca todas las etapas del trabajo desde la formulación del concepto, el estudio de factibilidad y la ingeniería de la planta hasta el inicio de la operación de la misma.

Los criterios clave a aplicar para un estudio de factibilidad sobre un proyecto de planta de biogás son la disponibilidad del sustrato, la elección del sitio, logística del flujo de materiales, selección de la tecnología y evaluación - toma de decisiones.

Capitula 2

Capítulo II: Metodología de la Investigación.

2.1 Caracterización de los sistemas de tratamiento de residuales con énfasis en los residuales porcinos.

La Industria Cárnica es un tipo de industria alimentaria encargada de producir, procesar y distribuir la carne de animales a los centros de consumo. La producción queda bajo la responsabilidad de la ganadería siendo el sacrificio de las reses el primer paso de la cadena de producción de las industrias cárnicas.

Dicha Industria es la que mayor volumen de ventas mueve. Trabaja con las materias primas de la carne procedente del sacrificio de ganado para el consumo humano del porcino, el ganado vacuno, principalmente.

La industria cárnica suele tener un número elevado de deshechos, y éstos causan diversos impactos ambientales. Por regla general los causantes de este impacto son los mataderos y las salas de despiece. El impacto suele provenir de un elevado consumo energético en su procesado (procedente de las cámaras frigoríficas de gran tamaño), así como de agua (empleada en la higienización de espacios). La generación de deshechos suele tener la forma de pelos, tripas, sangre residual, y contenido de las tripas.

La generación de aguas residuales es el aspecto ambiental más significativo de la actividad de un matadero, tanto por los elevados volúmenes generados como por la carga contaminante asociada a las mismas.

Los residuales pueden ser vertidos sin tratar, parcialmente tratados o totalmente tratados. El vertimiento se realiza en dependencia de varios factores, tales como las características del residual y las condiciones geográficas y ecológicas que rodean la comunidad.

El objetivo del tratamiento de aguas residuales ha ido cambiando a través del tiempo. Durante años, la principal consideración ambiental era si las aguas receptoras tenían la capacidad de dilución para reducir la demanda bioquímica de oxígeno a niveles aceptables, por lo que residuales con diferentes niveles de tratamiento eran descargado a los cuerpos receptores con poca preocupación por las consecuencias del vertimiento de nutrientes y de la contaminación por metales y microorganismos sobre el ambiente natural y los usuarios aguas abajo.

En la actualidad el diseño de los sistemas de tratamiento se basa en criterios múltiples que contempla la eliminación de contaminantes tan disímiles como materia orgánica, grasas y aceites, microorganismos patógenos, sólidos suspendidos, sustancias tóxicas y

nutrientes contenidos en las aguas residuales, de acuerdo con cada situación específica, como objetivo secundario, tratar adecuadamente los lodos generados en los procesos anteriores a fin de reducir de forma efectiva los riesgos para la salud humana y el impacto ambiental de su disposición final.

Los métodos de tratamiento de aguas residuales se concentran en dos grandes grupos: operaciones unitarias y procesos unitarios, que combinados, garantizan un determinado nivel de tratamiento (preliminar, primario, secundario, terciario o avanzado).

Para que las tecnologías cumplan los objetivos que deben satisfacer, es necesario evaluarlas sobre la base de criterios técnicos, sociales y económicos en cada situación específica. En el caso particular de las tecnologías de tratamiento y disposición final de aguas residuales, muchos factores tienen que ser considerados para su selección y aplicación en una situación particular. Estos incluyen: la aplicabilidad del proceso de acuerdo con el tipo de residual a tratar y a los objetivos que se quieren alcanzar (requerimientos de los medios receptores o de lagunas efluentes); los caudales y cargas a manejar y su rango de variabilidad; la existencia o no de alcantarillado; las condiciones climáticas e hidrogeológicas del lugar; la disponibilidad de terreno; el carácter temporal o definitivo de la solución; los costos de inversión y de explotación y la posibilidad de recuperación de los mismos; la disponibilidad de fondos; los requerimientos de energía, personal y de operación y mantenimiento; la confiabilidad del sistema y la compatibilidad con las facilidades locales, nivel de instrucción, cultura y tradiciones de la comunidad receptora.

Una amplia variedad de tecnologías y métodos han sido desarrollados para el tratamiento de aguas residuales. El rango de complejidad va desde pequeños sistemas locales o individuales hasta grandes sistemas sofisticados con control operacional computarizado, diseñados para flujos considerables, mayores fortalezas del residual o requerimientos de descargas más exigentes.

Los requisitos que deben cumplir todos los tratamientos de residuales son los siguientes:

- Ser efectivos en la remoción de la materia orgánica.
- Ser relativamente económicos en lo referente a los costos de inversión.
- Ser energéticamente aceptables.
- No deben aportar impurezas adicionales al agua tratada.

De los estudios realizados se infiere lo siguiente:

- Las altas concentraciones de materia orgánica en el residual porcino impiden su vertimiento al medio, si éste no pasa por un adecuado tratamiento.
- La composición (rico en minerales tales como N, P, K) y las características del residual porcino hacen posible pensar en aprovechar sus potencialidades para su transformación en biomasa y biogás.
- Los sistemas de tratamiento que utilizan procesos biológicos resultan los más eficientes en el tratamiento de los residuales porcinos.

2.1.1 Algunas alternativas para el tratamiento de los residuales porcinos.

Luego de haber analizado algunos de los procesos para el tratamiento de los residuales, se puede pasar a proponer algunas alternativas con las que puede ser tratado el residual porcino.

Alternativas:

1. Sistema tradicional empleado en Cuba.
2. Sistema anaeróbico de alta velocidad.
3. Sistema de filtro anaeróbico y digestión anaeróbica de lodos.
4. Sistema anaeróbico de flujo ascendente y digestor anaeróbico.
5. Sistema de cultivo de micro algas *Chlorellasp* en película fina y digestor anaeróbico.
6. Sistema de cultivo de micro algas en lagunas de baja profundidad y digestión anaeróbica de lodos.
7. Sistema de lodos activados.

Se describirán a continuación las diferentes alternativas relacionadas anteriormente.

Sistema tradicional empleado en Cuba:

- **Tratamiento primario:** cámara de rejillas, cámara desarenadora, sedimentador primario.
- **Tratamiento secundario:** La fracción líquida pasa a un sistema de lagunas de oxidación compuesto de dos a cuatro lagunas, y la fracción sólida a digestores abiertos para luego pasar a los lechos de secado.

Este sistema tradicional empleado en Cuba, prácticamente en la mayoría de los cebaderos del país, tiene las dificultades que se mencionan a continuación:

- El volumen de residual que entra al sistema no es controlado, se efectúa de forma discontinua; el sedimentador primario opera deficientemente, lo cual ocasiona problemas a las unidades subsiguientes.
- La mala operación de los sedimentadores trae consigo un mal funcionamiento de las lagunas de oxidación a las que se les aplica una carga superior a la de diseño.
- El empleo de lagunas no es adecuado en suelos cálcicos por el problema de la infiltración, y en suelos rocosos, debido al encarecimiento de la inversión.
- El uso de lagunas hace que el área de tratamiento sea apreciable, por ejemplo, 2,5 ha para cochiqueras de 10 000 animales.
- No se resuelve todo el problema de la contaminación en las lagunas, ya que el efluente, aún cuando se opere en óptimas condiciones, tiene una DBO (demanda biológica de oxígeno) de 500 mg/L (empleando tres lagunas que generalmente son las que se construyen, cuando más).
- Producto de los digestores abiertos se produce emanaciones incontrolables de CO₂ a la atmósfera, debido a la degradación de la materia orgánica.
- No se tiene una cultura que permita sensibilizar a los productores de estas instalaciones en la necesidad de dar tratamiento eficiente a los residuales, y obtener subproductos que reporten algún beneficio económico, como por ejemplo, biogás, fertilizantes, etcétera.

2.1.2 Sistema de Tratamiento de Residuales líquidos en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.

Está diseñado en dos partes, la primera formada por trampas de grasas, cámaras de rejillas, piscina, sistema de bombeo y cribas mecánicas movidas por motores eléctricos y la segunda por el sistema de cuatro lagunas de oxidación interconectadas con drenaje hacia el arroyo de la cuarta laguna. La operación de la planta no es compleja manteniendo un adecuado estado técnico que incluye el mantenimiento de las áreas verdes aledañas, las trampas de grasa, el control del funcionamiento de las bombas y las cribas, es un área donde están presente agentes patógenos y los operadores no cuentan con las condiciones adecuadas para el correcto aseo y la seguridad total del personal.

Por no contar con el cercado perimetral en todo su perímetro y en las partes que tiene puede ser transgredido los vecinos realizan extracción no autorizada de las aguas para el riego de sus cultivos. Se realizan controles trimestrales para evaluar la eficiencia del tratamiento y observando la no conformidad de los vertimientos que provocan

contaminación al arroyo Saladito (cuerpo receptor), se han efectuado varias acciones mejorando su funcionamiento y se requiere financiamiento para efectuar otras acciones objetivas para el funcionamiento eficaz de este sistema.

2.2 Caracterización de los residuales en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.

La Empresa Cárnica de Cienfuegos no crían cerdos ni otros tipos de ganado, toda la producción parte de la compra mediante convenios con personas jurídicas y algunos productores independientes, que garantizan el cumplimiento del plan durante todo el año.

El encargado de la contratación, es la persona designada por el director de la empresa, que tiene facultades para delegar a otras personas que puedan desarrollar y dar cumplimiento a esta tarea, en este caso es el Subdirector de Producción de la Empresa. Cuando se realiza la compra del ganado vacuno y porcino están presentes el Jurídico, Director de la Empresa y el subdirector de Producción, que son los que dan la aprobación final.

El Cárnico de Palmira tiene contrato con 68 entidades, entre ellas se encuentran la CPA, CCS, Agricultura y Porcino, todas no suministran el mismo ganado, la UEB Atención al Productor AZCUBA y AZUMAT le suministran reces y cerdos y el Porcino solamente cerdos, el resto son los encargados de venderles los bovinos.

El sacrificio en la Empresa Cárnica es diario, como muestra la tabla 2.2.1 pues en lo que se está ejecutando la matanza, en la empresa se está situando el próximo ganado para ejecutarlos al próximo día.

Tabla 2.2.1 Cantidad de animales a sacrificar diariamente.

ASPECTOS	ANIMALES DIARIOS	
	RECES	CERDOS
CANTIDAD DE ANIMALES DIARIOS	80	280
PESO	340 kg	80 kg
MERMAS EN COMPRA	3 %	5 %

Fuente: Elaboración propia, con datos facilitados por la Empresa.

No todo el año logran este comportamiento, los meses de enero y febrero, considerados como de “seca”, son los de menos producción, por lo que se aprovechan para dar los mantenimientos requeridos anualmente a la planta, ver tabla 2.2.2

Tabla 2.2.2 Comportamiento de la compra de animales.

PRODUCCIONES	MESES	CANT ANIMALES	OBSERVACIONES
MÍNIMA	Enero y Febrero	- RECES: 60 - PORCINO: 260	Se le da mantenimiento a la fábrica, además son los meses de sequía.
MÁXIMO	Noviembre y Diciembre	- RECES: 80 - PORCINO: 300	

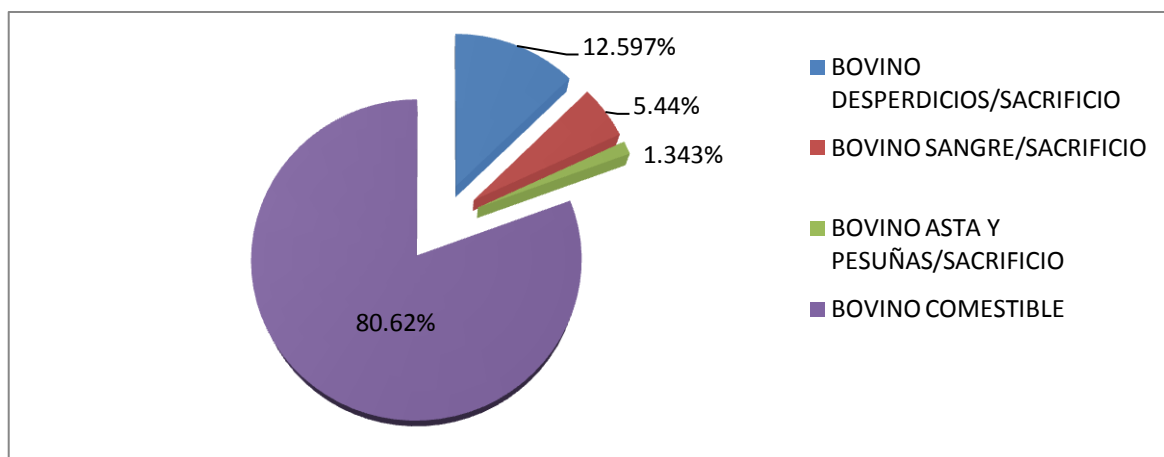
Fuente: Elaboración propia, con datos facilitados por la Empresa

El comportamiento, en sentido general, de la cantidad de animales recibido diariamente, en los días laborables del centro, para el sacrificio y posterior procesamiento es estable y se cumple sin dificultades. Al no permanecer más de 24 horas en el centro, el ganado no deja excreta estable o suficiente como para afirmar que es el residual predominante de la empresa, pues esta depende del ayuno que tuvo el animal en 12 horas y la empresa actualmente no lleva el control sobre esto. La excreta depende del peso del animal e influye el ayuno, para los bovinos la media es de 4.77% y del porcino 2.96%, por lo que se hace necesario evaluar el resto de los residuales del proceso de producción, ver tabla 2.2.3.

Tabla 2.2.3 Residuales generados en la UEB Producción.

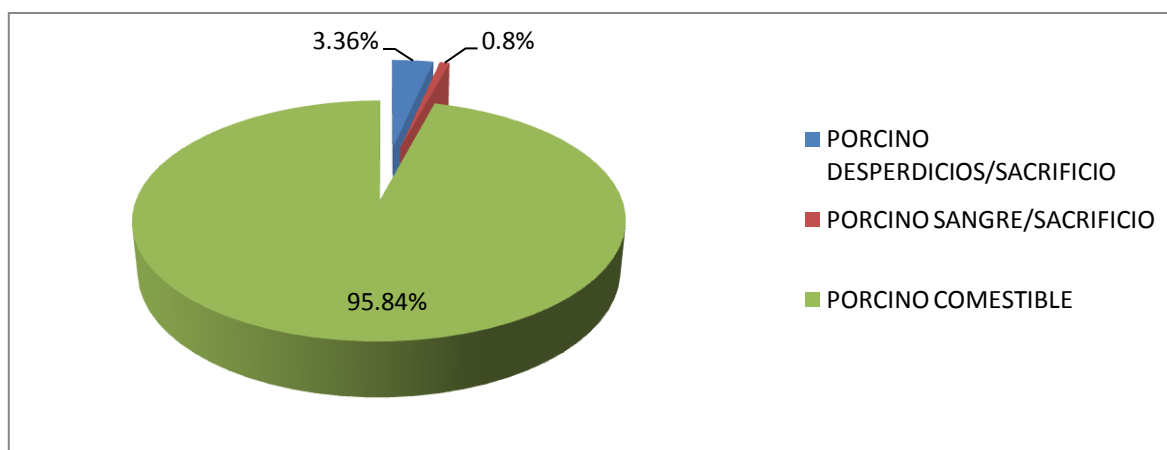
ORIGEN DEL DESECHO.		Carga contaminante ton/año.	UBICACIÓN (Colectores y Sistema drenaje).
Matadero.	Corrales res y cerdo.	600	Lagunas de Oxidación.
	Sacrificio res y cerdo.		Relleno Sanitario y Lagunas de Oxidación.
	Subproductos res y cerdo.		Relleno Sanitario y Lagunas de Oxidación.
	Deshuese res y cerdo.		Relleno Sanitario y Lagunas de Oxidación.

Gráfico 2.2.1 Cantidad de residuales generados por un ganado vacuno en % contra peso de sacrificio 340 kg.



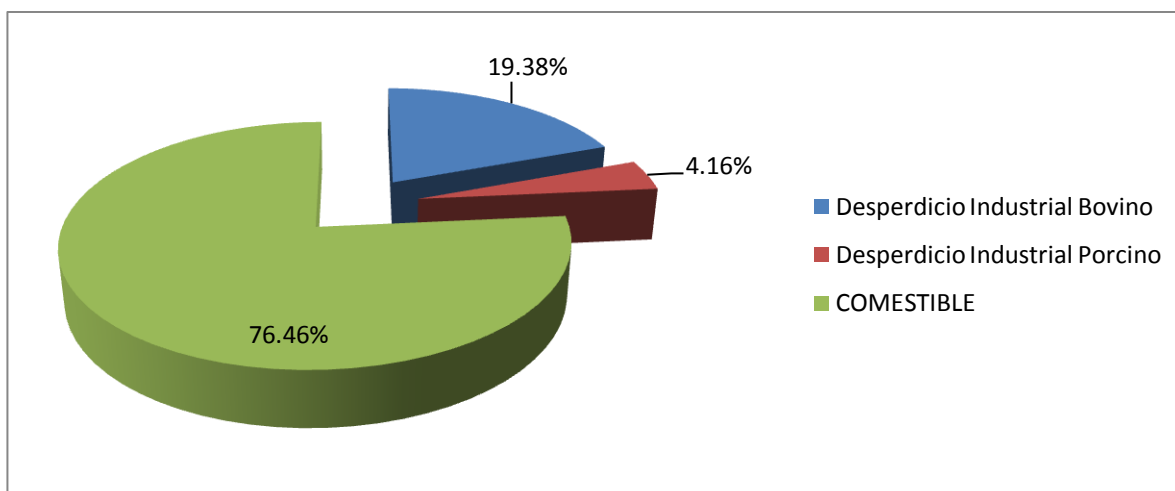
Fuente: Elaboración propia, con datos facilitados por la Empresa.

Gráfico 2.2.2 Cantidad de residuales generados por un ganado porcino en % contra peso de sacrificio 80 kg.



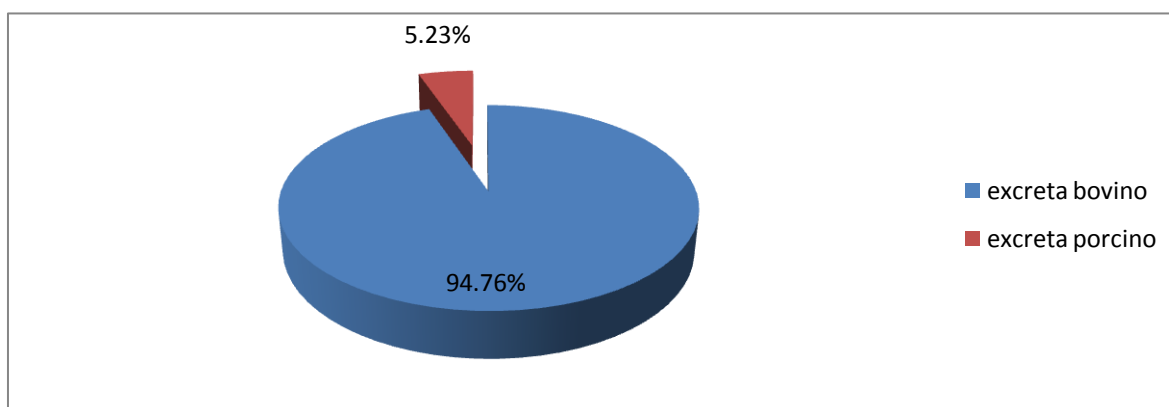
Fuente: Elaboración propia, con datos facilitados por la Empresa.

Gráfico 2.2.3 Cantidad total de residuales industriales generados por un ganado porcino y un bovino en % contra peso de sacrificio (340 kg y 80 kg).



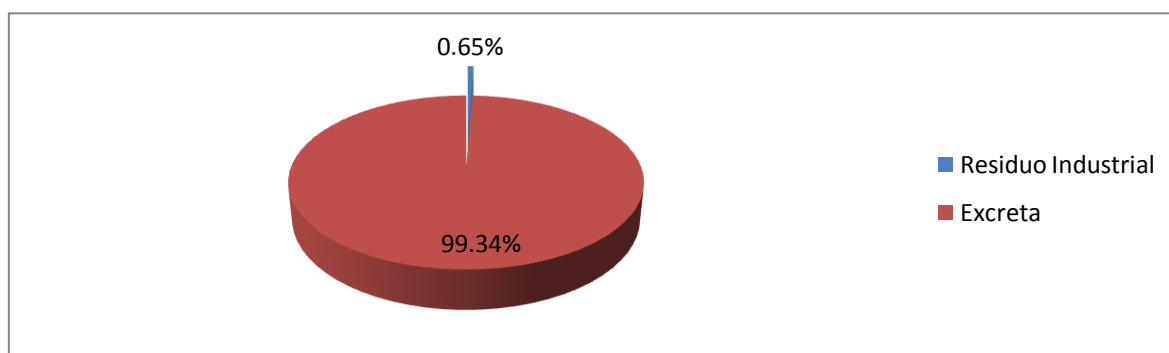
Fuente: Elaboración propia, con datos facilitados por la Empresa.

Gráfico 2.2.4 Cantidad de excreta generado por un ganado porcino y un bovino en % contra el peso (340 kg y 80 kg).



Fuente: Elaboración propia, con datos facilitados por la Empresa.

Gráfico 2.2.5 Total de Residuo Orgánico.



Fuente: Elaboración propia, con datos facilitados por la Empresa.

Los residuales de la empresa son principalmente “desperdicio generados a partir del sacrificio” y “excreta”. En el desperdicio del sacrificio se incluye una parte de la excreta de los animales durante la preparación y estos tienen diferentes destinos actualmente, lo cual se debe evaluar, pues esta puede ser desviada para la planta de biogás para alimentar al biodigestor de la planta.

Se sacrifican más porcinos que bovino durante todo el año, pero por el peso del vacuno y el tamaño, es el que más desechos proporciona.

2.3 Identificación de los principales problemas ambientales de la empresa:

Los principales problemas ambientales identificados actualmente por la empresa son:

- ◆ Contaminación de las aguas terrestres y subterráneas.
- ◆ Degradación de los suelos.
- ◆ Contaminación atmosférica.
- ◆ Pérdida de la diversidad biológica.
- ◆ Manejo de Desechos Peligrosos.

2.3.1 Aguas terrestres:

Los recursos hídricos en los cuales vierten los sistemas de tratamiento de la empresa se encuentran afectados; por las fuentes contaminantes antes descritas, las cuales generan diversos tipos de residuales y aportan al agua, tanto superficial como subterránea, cargas contaminantes de elementos químicos, biológicos y físicos.

Estas cargas residuales, proceden fundamentalmente del matadero y en menor cuantía de la empacadora, en todos los casos son tratados acorde a las necesidades de cada una de las áreas. Estos sistemas debido a las limitaciones de recursos y equipos se ven afectados por no cumplirse con lo establecido para su mantenimiento, lo cual depende de terceras empresas del territorio.

Principales dificultades que conspiran contra la calidad de las aguas terrestres y subterráneas:

- Azolvamiento en las trampas de sólidos, provocando ineficiencias en el tratamiento primario lo que afecta la entrega final.
- Irracionales consumos de agua por concepto de salideros en las tuberías y no aplicación de la correcta limpieza en las áreas productivas.

- Deterioro de los sistemas de tratamiento de residuales por falta de mantenimiento.
- Violaciones tecnológicas en los sistemas de tratamiento de residuales.

2.3.2 Degradación de los suelos:

El suelo dedicado a la actividad de enterramiento (Vertedero) de residuos sólidos está afectado, debido al manejo inadecuado del mismo (laboreo excesivo e indiscriminado, etc.), sin una política de mejoramiento y conservación.

2.3.3 Contaminación atmosférica:

Las fuentes de contaminación, generan diversos tipos de residuales y aportan al recurso aire, altas cargas contaminantes, determinado por las emisiones gaseosas (productos de la descomposición y combustión: CO₂, NO_x, SO_x, CH₄, gases industriales, hollín), polvos, malos olores entre otros. El monitoreo atmosférico de vital importancia para conocer el comportamiento de las emisiones en cada una de las unidades generadoras no se realiza. Las emisiones atmosféricas en la empresa, se producen generalmente sin tratar, debido a la falta de mantenimiento e ineficiencia de los sistemas de tratamiento de residuales, transportación obsoleta y el uso de combustibles en la industria y los comedores.

2.3.4 Contaminación atmosférica, procedente de focos que generan, hollín y gases de combustión:

Sistema de generación de vapor y hornos; gases de combustión y hollín.

Comedor obrero; gases de combustión.

Sistemas de tratamiento de residuales; generan gases contaminantes (CO₂, CH₄ etc).

2.3.5 Contaminación, procedente de focos en la empresa, que provocan afectación a la capa de ozono:

Refrigerantes:

- Sistema de refrigeración con amoníaco: consta de 2 compresores.

- Equipos con R 22: 8 Split, 8 cámaras refrigeradas, 29 climatizadores y 1 fabricante de hielo.
- Equipos con R 12: 2 camiones y 1 contenedor.
- Equipos con R 134: 2 frízer, 3 refrigeradores, 6 contenedores de congelación
- Equipos con R 404: 4 cámaras refrigeradas

Se trabaja en coordinación con la OTOZ en un plan a largo plazo para la sustitución paulatina de los equipos con refrigerantes dañinos, por otros alternativos menos nocivos para la capa de ozono. Está definido el manejo de los desechos peligrosos, con la sustitución de los equipos que trabajan con clorofluorocarbonos (CFC), así como el almacenamiento temporal y entrega a las empresas receptoras de los desechos de equipos informáticos, tubos fluorescentes, aceites usados y baterías.

2.3.2 Utilización de Recursos Naturales Energéticos:

La utilización de los recursos naturales energéticos, tanto renovables, como no renovables, resulta productiva, y beneficiosa, en pos de mantener e incrementar el actual nivel de desarrollo económico y del confort humano; no obstante, tanto la obtención, como la transformación, el transporte, la distribución y el empleo final de la energía, generan impactos ambientales negativos que pueden provocar graves peligros a la flora y la fauna, afectar a los suelos, las aguas superficiales, la atmósfera y el paisaje.

La energética, constituye uno de los principales contribuyentes del deterioro ambiental, teniendo como agravante que no toda la energía utilizada por el hombre, se ahorra y se aprovecha de forma eficiente y racional, sino que gran parte de ella se malgasta sin producir beneficios y contamina innecesariamente al medio ambiente, así tenemos:

- Contaminación atmosférica, debido a la emisión de CO₂, SO_x, NO_x, partículas, hidrocarburos y plomo.
- Derrames de hidrocarburos, causados por manejos inadecuados, que afectan los suelos, las aguas, de los ríos, con fenoles, cloruros, sulfuros, hidrocarburos.

Muchas han sido las acciones que se ha propuesto nuestro país, en cuanto a alcanzar un incremento sostenido de la Eficiencia Energética en todos los sectores de la economía y la introducción de Fuentes Renovables de Energía (FRE); sin embargo, el resultado no ha

sido el deseado en muchos casos, la motivación de estas acciones ha sido principalmente impulsada desde el punto de vista económico, sin una integración ambientalista:

- Los trabajadores desconocen el deterioro ambiental, que produce la actividad energética y las causas que generan impactos a escala global.
- Existen manejos inadecuados en el uso y explotación de portadores energéticos. Utilización ineficiente e irracional de la energía y la no práctica de ahorro, contaminando innecesariamente al medio ambiente.
- Insuficiente e ineficiente aprovechamiento del potencial disponible de Fuentes Renovables de Energía (FRE), debido a falta de cultura en la utilización de FRE.

2.4 Planta de biogás en la Empresa Cárnica como alternativa de tratamiento de residuales.

La solución de tratamiento a los residuales en forma anaerobia (sin oxígeno), es más efectiva y controlada que las soluciones tradicionales de tratamiento que acostumbramos a hacer mediante lagunas de oxidación, vertimientos a cañadas, ríos o al mar directamente en algunos casos. No hay problemas de desastres ecológicos. En Cuba existen ejemplos convincentes de vertimientos biodegradantes que han destruido bancos de ostiones, bancos de mangles, muertes de peces en ríos y presas, contaminación de agua para uso social, destrucción de la vida marina en la desembocadura de los ríos contaminados. Cuba aún no sanciona o penaliza el desastre ecológico diario que provocan los organismos vertedores de residuos. El tratamiento de residuales mediante fermentación anaerobia elimina los malos olores de la descomposición de cualquier materia orgánica, no atrae moscas u otros vectores evitan los problemas de infiltración de materia orgánica sin digerir al manto freático o cursos de agua.

En el país se construyeron alrededor de 550 instalaciones pequeñas de biogás en vaquerías rústicas, con el propósito de sustituir el mechón o lámpara de keroseno artesanal para el alumbrado de las instalaciones durante la jornada del ordeño manual en horas de la madrugada. Cada día estas plantas de biogás han ido abandonándose, llegando hoy a la cifra de 400 instalaciones y donde sólo trabajan el 70 % de ellas.

Este proceso de desactivación, ha desarrollado una mala imagen del biogás. Las causas de esta mala imagen del biogás por abandono de las instalaciones son:

-  No se elaboraron buenos proyectos o soluciones de biogás. Se construyeron buenas ideas sin un análisis adecuado y con el de cursar del tiempo empezaron los problemas

constructivos. Unido a esto no se realizó labor de capacitación adecuada al personal encargado de su atención.

- ✚ La idiosincrasia del cubano no está adaptada a trabajar con residuos de animales de forma gustosa. Por esta razón debió estimularse mejor este trabajo adicional al ordeño manual y otras labores ganaderas.
- ✚ No ha existido atención adecuada a estas instalaciones desde la base hasta la dirección en el territorio. El biogás se ha comportado como un problema más dentro de las grandes problemáticas que enfrenta el ministerio de la agricultura.
- ✚ El campesino vio que el biogás es la solución a la cocción de alimentos.

En los países tropicales como Cuba, las energías renovables pueden desempeñar un papel fundamental. La política de la utilización de fuentes de energía renovables, se viene empleando desde la década de los setenta y desde los años ochenta se ejecutaron varias plantas de biogás en diferentes provincias, destacándose la provincia Villa Clara con la fundación del Grupo de Biogás en el año 1993, con el destino de crear una cultura a todos los niveles sobre el uso y los beneficios de la tecnología de biogás.

Existen otros indicadores que pudieran servir de referencia de la cantidad de biogás que se puede obtener en función del tiempo de las materias primas más utilizadas en Cuba a temperatura promedio ambiental (24 - 25 °C).

En Cuba dadas las características de su base productiva, la aplicación de tecnologías para la producción de biogás ha estado dirigida fundamentalmente a residuales de ingenios azucareros y fábricas de derivados de la caña de azúcar, de plantas procesadoras de café y de instalaciones pecuarias, sin explorar el amplio espectro de residuales que pudieran ser tratados, disminuyendo así, la carga contaminante al medio ambiente que generan los diferentes procesos industriales.

2.5 Metodología de cálculo para diseño de Reactor de mezcla para planta de biogás.

Cálculo para determinar Producción diaria de excretas.

- **Tabla 2.3 SACRIFICIO DIARIO CON UN TOTAL DE:**

ASPECTOS	ANIMALES	
	RECES	CERDOS

Cantidad de animales diarios.	80	280
Peso.	340 kg	80 kg
Residuo industrial Total.	5,7 %	5,2 %
Sangre.	1,6 %	1 %
Desperdicio sacrificio.	3,705 %	4,2 %
Asta y huesos.	0,395 %	0
Excreta.	4,77 %	2,96 %

Fuente: Datos del Cárnico.

CERDOS

Datos:

Número de cerdos: 280

Peso promedio: 80 kg

Masa de excreta diaria por cerdo (considerando un peso promedio del animal 80 kg) = 2.35 kg

Relación entre la masa de excreta y la masa de agua = 1:3

Tiempo de retención para la excreta porcina = 40 días.

Tabla 2.4 Producción diaria de excretas según el tipo de cerdo.

<i>Etapas</i>	<i>Estiércol kg/día</i>	<i>Est + orina kg/día</i>	<i>Volumen m³/día</i>
25 - 100 kg	2,3	4,9	0,25
Hembra	3,6	11	0,48
H. lactación	6,4	18	0,81
Semental	3	6	0,28
Lechón	0,35	0,95	0,05
Promedio	2,35	5,8	0,27

Tabla 2.5 Cantidad excreta (kg) = # cerdos x Promedio de excreta por cerdo/día.

	Excreta húmedo diaria (kg) por animal.	M³ de biogás por día	Proporción excreta agua.	Tiempo de retención aconsejable.
Vaca (Res)	10	0.360	1:1	40 días

Toro	15	0.540	1:1	40 días
Cerdo(50kg)	2.25	0.101	1:1-3	40 días
Pollo	0.18	0.108	1:1-8	30 días
Caballo	10	0.300	1:1-3	30 días
Carnero	2	0.100	1:1-3	40 días
Ternero	5	0.200	1:1	40 días
Persona Adulta	0.40	0.025	1:1	60 días
Cachaza	0.035 kg/kg	0.100	1:4	30 días
Residual Matadero	(1 m ³ biogás /25 kg residuos)			40 días
Residual Destilería	(15 m ³ biogás / m ³ residual)			40 días
Residual Levadura.	(4 m ³ biogás / m ³ residual)			40 días
Líquido del Café.	(5 m ³ biogás / m ³ residual)			40 días
Cáscara de Café.	(0.1 m ³ biogás / m ³ residual)			50 días
Materia Seca Vegetal.	(0.4 m ³ biogás /25 kg M Seca)			60 días

Producción de biogás:

Cantidad gas (m³) = (Exc. Hum.) x (T.R.) x (Promedio Volumen m³/día).

RECES

Datos:

Número de reces: 80

Peso promedio: 340 kg

Masa de excreta diaria por res (considerando un peso promedio del animal 340 kg) = 16,22 kg.

Relación entre la masa de excreta y la masa de agua = 1:1

Tiempo de retención para la excreta de res = 40 días.

Cantidad excreta (kg) = # res x Promedio de excreta por res/día.

Producción de biogás:

Cantidad gas (m³) = (Exc. Hum.) x (T.R.) x (Promedio Volumen m³/día).

Residuos del proceso industrial.

CERDOS

Residuo Industrial (kg) = # cerdos x Peso x % Residuos.

RECES

Residuo Industrial (kg) = # reces x Peso x % Residuos.

Total de Residuo Industrial (kg) = (Cerdos + Reces) + Residual líquido.

Producción de biogás:

Datos:

1 m³ biogás /25 kg residuos.

Cantidad gas (m³) = Total de Residuo Industrial (kg) x T.R x (1 m³ biogás /25 kg residuos)

TOTAL GENERAL RESIDUOS HÚMEDOS.

Total General (Kg) = Total excreta húmeda + Total Residuos Industrial

Cálculo para determinar el volumen del Digestor.

Vdigestor = (Masa en kg de residual + Masa en kg de agua) x Tiempo de retención.

Capitula 3

Capítulo III: ANÁLISIS Y RESULTADOS.

3.1 Caracterización general de la Empresa Cárnica de Cienfuegos.

La Empresa Cárnica de Cienfuegos, es de subordinación nacional, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria, su domicilio social se encuentra en la carretera Recurso km 1.5 en el Municipio de Palmira, Provincia de Cienfuegos, Cuba. Fue creada con personalidad jurídica propia mediante la Resolución número 94 del 19 de julio de 1991, firmada por el Ministro del ramo. Mantiene una experiencia en el desarrollo de sus procesos de 21 años.

Esta Empresa es la única obra de su tipo construida en nuestra Provincia, después del triunfo revolucionario, con la proyección de cumplir el objeto Empresarial, lo cual constituye su razón de ser. Se inició la aplicación del perfeccionamiento empresarial el 15 de agosto del 2002 con el No. de acuerdo 4503 del CECM.

3.1.1 Objeto Empresarial.

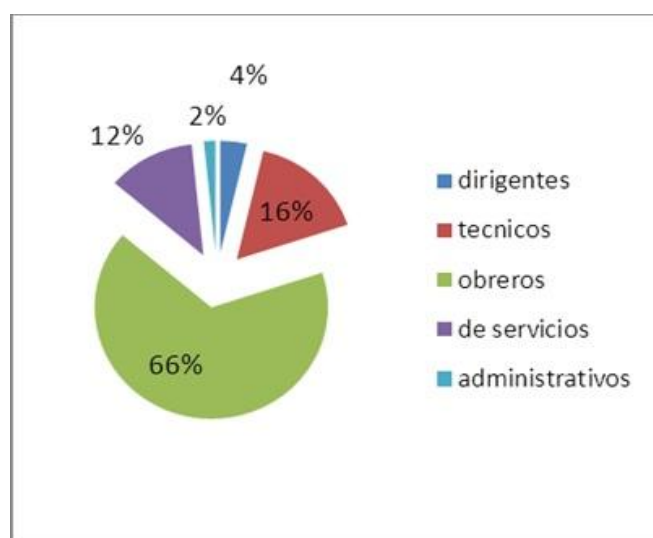
Mediante la Resolución No.418/2006 de fecha 28 de julio del 2006, del Ministerio de Economía y Planificación fue modificado y aprobado su Objeto Empresarial de la siguiente forma:

- Efectuar el sacrificio de ganado mayor y menor, en pesos cubanos.
- Producir y comercializar de forma mayorista carnes y sus derivados de distintos tipos y calidades, carnes frescas, carnes en conservas y grasas, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Obtener, elaborar y comercializar de forma mayorista subproductos comestibles y no comestibles como cuero, sebo, astas, pezuñas, bilis y pelos, en pesos cubanos y convertibles.
- Comercializar de forma mayorista productos elaborados por otras entidades del sistema de la Unión de la Carne, Aceites y Grasas Comestibles, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Comercializar de forma mayorista soya texturizada a las entidades que se autoricen, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Prestar servicios de transportación a sus trabajadores, en peso cubanos.
- Brindar servicio de comedor - cafetería a sus trabajadores, en pesos cubanos.

- Ofrecer servicios de transportación de cargas, en peso cubano y cumpliendo con las regulaciones establecidas al respecto.
- Comercializar de forma mayorista a precio de costo y en pesos cubanos a las empresas del sistema de la Unión de la Carne, Aceites y Grasas Comestibles, materias primas y materiales para el insumo propio de la industria.

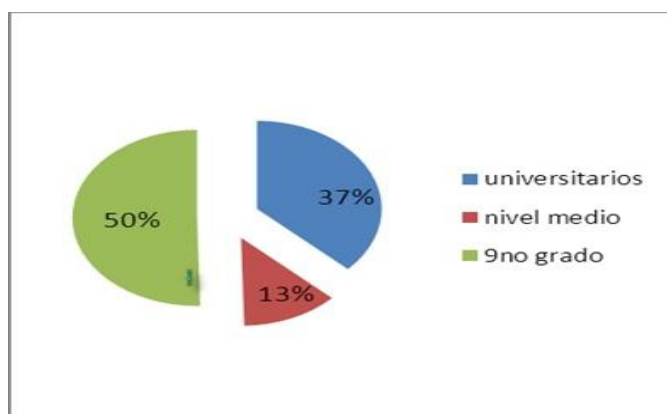
La composición de la fuerza de trabajo por categoría ocupacional y nivel de escolaridad aparecen en los gráficos 3.1 y 3.2.

Gráfico 3.1 Composición de la fuerza de trabajo por categoría ocupacional en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 3.2 Composición del nivel de escolaridad en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.



Fuente: Elaboración Propia.

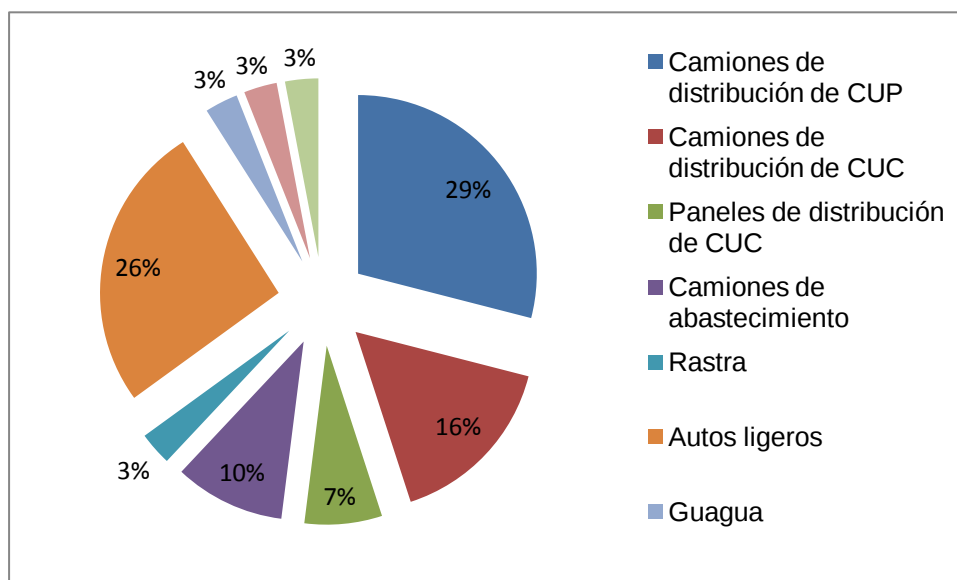
Además la unidad cuenta con una base de transporte con un total de 31 equipos y que aparecen ilustrados en la tabla 3.1 y gráfico 3.3.

Tabla 3.1 Parque de equipos existentes

Parque Automotor.	Cantidad.	Estado Técnico.
Camiones de distribución de CUP.	9	Bueno
Camiones de distribución de CUC.	5	Bueno
Paneles de distribución de CUC.	2	Bueno
Camiones de abastecimiento.	3	Bueno
Rastra.	1	Bueno
Autos ligeros.	8	6 Buenos, 2 Regular
Guagua.	1	Deficiente
Tractor.	1	Deficiente
Motocicletas.	1	Bueno
TOTAL	31	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3.3 Composición del parque de equipos.



Fuente: Elaboración propia

La Empresa para cumplimentar sus objetivos, funciones y atribuciones se estructura y organiza internamente en cuatro direcciones funcionales (Dirección General, Dirección Técnica y Desarrollo, Dirección Contable Financiera, Dirección de Recursos Humanos, y tres unidades empresariales de bases (UEB de Producción, UEB de Aseguramiento, UEB de Ventas), que a su vez cada una posee áreas de regulación y control, grupos de trabajos, y las brigadas socialista de trabajo.

Misión.

Elaborar y comercializar productos cárnicos y sus derivados, que satisfagan las demandas del balance cárnico y el mercado en divisas con eficiencia y eficacia en su gestión garantizando la plena satisfacción de sus clientes.

Visión.

Es una empresa líder en el mercado de productos cárnicos y sus derivados, que desarrolla eficientemente y eficazmente su gestión, buscando constantemente la excelencia empresarial con un personal profesional experimentado, logrando así superar las expectativas de sus clientes.

Principales clientes: Organismos (Deportes, MINAZ, PCC) Tiendas (MINTUR, SUMARPO) Educación, Salud, Comercio y Gastronomía, Empresas Cárnicas.

Principales competidores: No existen en la provincia

Principales proveedores: ASECAR, MINAG, Empresa Porcina, AZUMAT y Empresas Cárnicas del sistema.

La Carpeta de Productos que oferta la Empresa se encuentra elaborada por específicos, tecnologías, costos, precios, proveedor y clientes.

Entre ellos se encuentran de manera general:

- Jamón Visking.
- Jamón Cocido.
- Mortadella Cocida.
- Chorizo Vela.
- Hamburguesas.

- Morcilla Sureña.
- Mortadella roja.
- Mortadella Atabey.
- Picadillo Criollo.
- Masa de Hamburguesa.
- Masa de Spam.
- Masa de Chorizo.
- Masa para Croquetas.
- Picadillo Extendido.
- Carnes de Res Especializadas.
- Vísceras y Subproductos de Res y Cerdos.
- Cerdo Seccionado.
- Productos para Merienda escolar.

Productos no comestibles: Cueros, Bilis.

3.1.2 Enfoque estratégico. Análisis de la matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).

La matriz DAFO, constituye un instrumento útil para determinar los Objetivos Estratégicos de la Empresa. Su esencia se basa en identificar las amenazas y oportunidades claves que se derivan del análisis del entorno general y competitivo, así como las fortalezas y debilidades que resultan del análisis del diagnóstico de las capacidades específicas del negocio.

Como procedimiento es útil primeramente listar todas las Amenazas y Oportunidades, así como todas las Debilidades y Fortalezas, para posteriormente reducir el listado a aquellas que son claves. En el caso de las externas (amenazas y oportunidades) son consideradas claves por la probabilidad de ocurrencia como parte de la evolución del entorno y por la fuerza de impacto sobre la organización; en el caso de las internas (fortalezas y debilidades) son consideradas claves en la medida que sean un factor esencial a favor o en contra de la finalidad del negocio.

Diagnóstico Interno: Debilidades y Oportunidades.

3.1.2.1 Fortalezas:

1. Trabajadores y dirigentes preparados para enfrentar la tarea.
2. Compromiso por el cumplimiento.
3. Creciente comprensión de la necesidad y desarrollo de las energías renovables.
4. Trabajan en las vías idóneas para preservar y desarrollar los logros ambientales alcanzados en toda la cadena alimentaria.
5. Corrigen los errores e insuficiencias detectadas, teniendo en cuenta las experiencias acumuladas durante los últimos años.
6. Identifican los principales problemas del Medio Ambiente en la Empresa y que requieren de una mayor atención en las condiciones actuales.
7. Fundamentan las bases para un trabajo más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico - social "sostenible".
8. Pensar globalmente y actuar localmente, promoviendo la participación de todos los Directivos, Técnicos y Trabajadores en la solución de los problemas ambientales.
9. Contamos con productores estatales y privados que trabajan con eficiencia.

3.1.2.2 Debilidades:

1. Se presenta déficit con los medios individuales de protección de trabajadores.
2. Deficiencias en el equipamiento tecnológico.
3. Deficiente en el trabajo del Medio Ambiente.
4. Existe poco control sobre el ayuno de los animales, lo que influye en el desconocimiento del porciento de desperdicio de la excreta animal.

Diagnóstico externo: Amenazas y Oportunidades.

3.1.2.3 Oportunidades:

1. No tienen competidores.
2. Contar con personal técnico preparado para la supervisión de la materia prima que entra y el asesoramiento a las empresas proveedoras.
3. La política estatal sobre la conservación del medio ambiente, lo que proporciona una estimulación a la aplicación de energías renovables para la disminución de la contaminación y aprovechar los beneficios que generan.
4. Disposición de los proveedores para cumplir con el suministro.
5. Fomentar en los directivos, técnicos y trabajadores la superación técnico-profesional.

6. Estar inscriptos en el Registro Mercantil.

3.1.2.4 Amenazas:

1. Están constituidas por los factores externos como los meteorológicos (ciclones, sequía y otras causas); la época del año, se ha podido observar que en los meses de enero y febrero disminuye la compra de ganado.
2. Proclive al delito.
3. Utilización creciente de combustible en la producción de alimentos.

Existencia de poco financiamiento a nivel nacional para el desarrollo de las investigaciones.

Barreras legales para el acceso, adquisición de recursos materiales y técnicos más amigables con el medio ambiente (como motores y/o componentes de los mismos de tecnología de punta).

Gráfico 3.4 Matriz DAFO de EGAME.

Ofensiva 	Defensiva
F+O 31,25%	F+A 29,17%
Adaptativa D+O 20,83%	Supervivencia D+A 18,75%

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la valoración efectuada en la Matriz DAFO, la empresa se encuentra ubicada en el primer cuadrante (Ofensiva) con el 31.25 % de los puntos totales, lo que quiere decir que la empresa con sus fortalezas puede aprovechar al máximo las oportunidades que brinda el entorno. A partir de este análisis se puede proyectar la empresa con una estrategia de crecimiento real.

Resultados económicos al cierre 2013 en al “Empresa Cárnica de Cienfuegos”

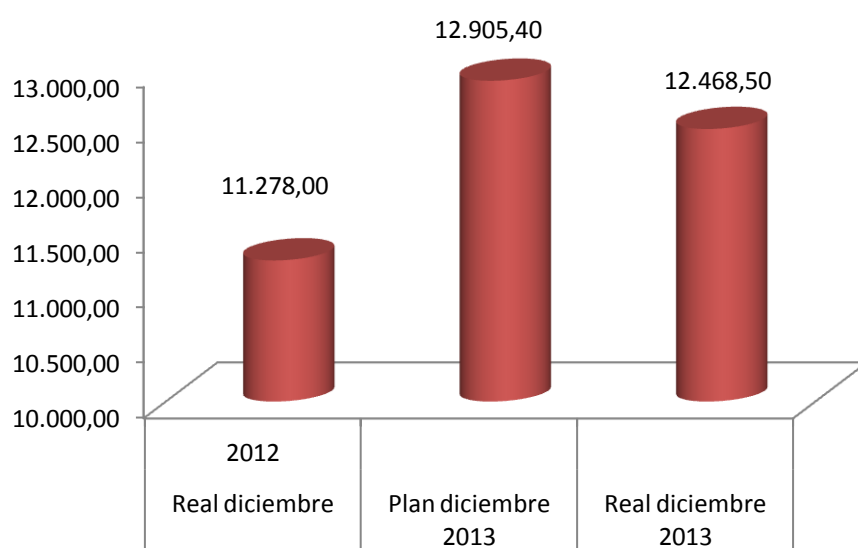
Al cierre del mes de diciembre la Empresa Cárnica Cienfuegos se encuentra enfrascada en la sostenibilidad de la Gestión Económica, se intentan materializar nuevas estrategias por parte de las direcciones que la conforman; culminó el ejercicio económico con resultados en los Indicadores Generales de manera aceptable, se experimentan aún incumplimientos que denotan insuficiencias objetivas y subjetivas de la entidad, los cuales hacen que los esfuerzos se centren en recuperar los índices deteriorados teniendo en cuenta la capacidad productiva instalada, y mantener las finanzas de manera estratégica, elementos que presentan y generan hoy dificultades en el desempeño de las operaciones fundamentales y el avance económico - financiero.

A través de este informe se ilustra de manera detallada el comportamiento de los Indicadores Económicos fundamentales que sostienen la economía de la entidad.

3.2 Producción física.

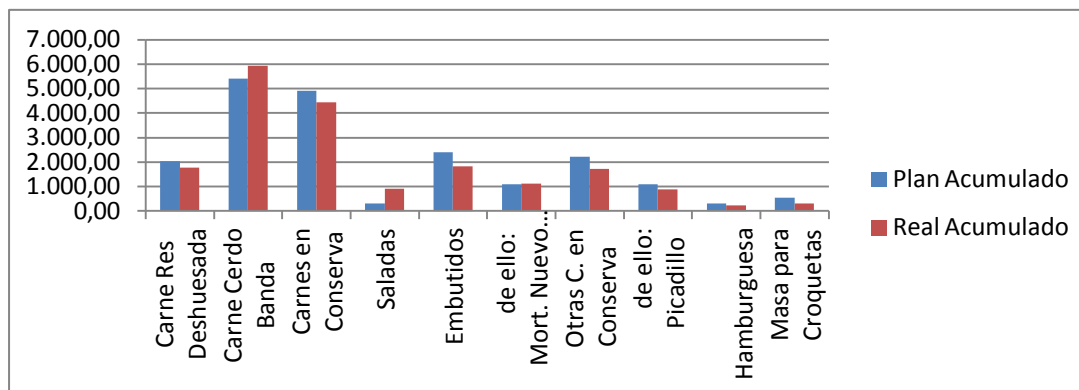
Al cierre del mes de diciembre la Producción Física se cumplió al 102.2 %, de un plan trazado equivalente a 1337.9 ton, se produjeron 1367.2 ton, es decir, 29.3 ton más de lo planificado. Los resultados acumulados muestran un cumplimiento del 96.6 %, de un plan de 12905.4 ton se produjeron 12468.5 ton, es decir, 436.9 ton menos. En diciembre de 2012 se alcanzaron 11278.0 ton, lo que representa un sobre cumplimiento del 110.6 %, es decir, 1190.5 ton más que el año anterior. Ver gráfico 3.5

Gráfico 3.5 Cumplimiento de la Producción Física acumulada.



Fuente: Elaboración Propia con datos proporcionados por la Empresa.

Gráfico 3.6 Resultados por productos o surtidos.



Fuente: Elaboración Propia con datos proporcionados por la Empresa.

3.3 Compras y procesamiento del ganado vacuno.

Al cierre de diciembre se compraron 17445 cabezas de **ganado vacuno** con 6031.6 ton en pie, según plan se debieron comprar 19931 cabezas con 6862.3 ton pie, es decir, se cumplió al 87.9 %, quedando por encima el peso promedio del animal en 1.4 kg.

Del total anterior se compraron en divisa 1591 cabezas con 643.0 ton en pie, debiéndose comprar por plan 861.8 ton, es decir, se aprecia un incumplimiento de 218.8 ton.

La producción de “carne de res deshuesada” en los resultados acumulados reflejan un cumplimiento del 87.0 %, de 2024.4 ton planificadas se obtienen 1761.6 ton, 262.8 ton dejadas de obtener. Aumenta en 116.0 ton respecto al año anterior, en diciembre de 2012 se obtuvieron 1645.6 ton del producto.

3.4 Compras y procesamiento del ganado porcino.

Al cierre de diciembre se compraron 91238 cabezas de **ganado porcino** con 9014.1 ton en pie, según plan se debieron comprar 87548 cabezas con 8124.5 ton pie, es decir, se cumplió al 110.9 %, quedando por encima el peso promedio del animal en 6.0 kg respecto al plan.

Del total anterior se compraron en divisa 34543 cabezas con 3358.1 ton en pie, debiéndose comprar por plan 2879.3 ton, es decir, se aprecia un sobre cumplimiento de 478.8 ton.

La producción de **carne de cerdo en banda** en los resultados acumulados reflejan un cumplimiento del 109.6 %, de 5419.1 ton planificadas se obtienen 5939.0 ton, es decir, 519.9 ton por encima de lo planificado. Aumenta en 1164.4 ton respecto al año anterior, en diciembre de 2012 se obtuvieron 4774.6 ton del producto.

La producción de **carnes en conserva** en los resultados acumulados reflejan un cumplimiento del 90.6 %, de un plan trazado equivalente a 4914.0 ton se obtuvieron 4453.1, es decir 460.9 ton menos. Respecto al pasado año el cumplimiento asciende al 100.6 %, al cierre de diciembre de 2012 se obtuvieron 4425.5 ton, es decir, 27.6 ton más. Para el destino en divisas se venden 394.3 ton de un plan trazado de 548.0, cumpliéndose al 71.9 %, es decir, se dejaron de vender 153.7 ton de productos. Estos incumplimientos están dados por: deficiencia en el equipamiento tecnológico, mala planificación diaria de las producciones y desabastecimiento en los insumos productivos.

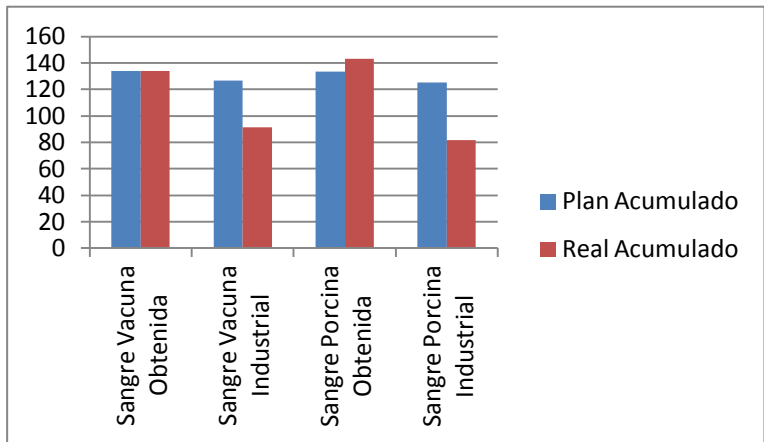
La producción de **embutidos de sangre** se cumplió al 28.5 % debido a la no industrialización de la sangre por causas injustificadas, se obtuvieron 78.0 ton de un plan trazado ascendente a 273.6 ton, al efecto, se producen 195.6 ton por defecto. Respecto al 2012 el cumplimiento obtenido es del 63.0 %, al cierre de diciembre del pasado año se obtuvieron 123.8 ton de este producto, es decir, 45.8 ton más que en el año actual. De igual forma al cierre del mes se reporta una producción de **manteca** de 1.9 ton, de un plan de 24.0 ton, elemento que se encuentra incumplido en 22.1 ton respecto al plan. Con respecto a la producción de manteca líquida en el momento actual no es conveniente producirla, ya que se afectaría aún más la producción de conservas totales (se ha suplido el déficit en la producción de embutidos con la superproducción de saladas de cerdo).

El plan de producción de **croquetas** hasta la fecha se han obtenido 314.8 ton de 548.0 ton planificadas, es decir, 233.2 ton deficitarias. Respecto al 2012 se experimenta un cumplimiento del 72.8 %, al cierre de diciembre del año anterior se obtuvieron 432.3 ton, es decir, 117.5 más que este año. En este incumplimiento coinciden las mismas causas que para la producción de conservas.

La obtención de **sangre vacuna** se cumple al 100.2 % y la industrialización al 72.2 %, se planificaron obtener 133.8 ton e industrializar 126.8 ton, respecto al 2012 se obtienen 50.5 ton más y 57.2 ton más se industrializan, al cierre de diciembre del pasado año se planificaron obtener 85.6 ton e industrializar 97.8. La obtención de **sangre porcina** se cumple al 107.3 % y la industrialización se cumple al 65.4 %, se planificaron obtener 133.4 ton e industrializar 125.1, respecto al año anterior se obtienen 25.9 ton más y 45.0

ton más se industrializan, se planificaron obtener 123.0 ton e industrializar 105.7 ton. Ver gráfico 3.7

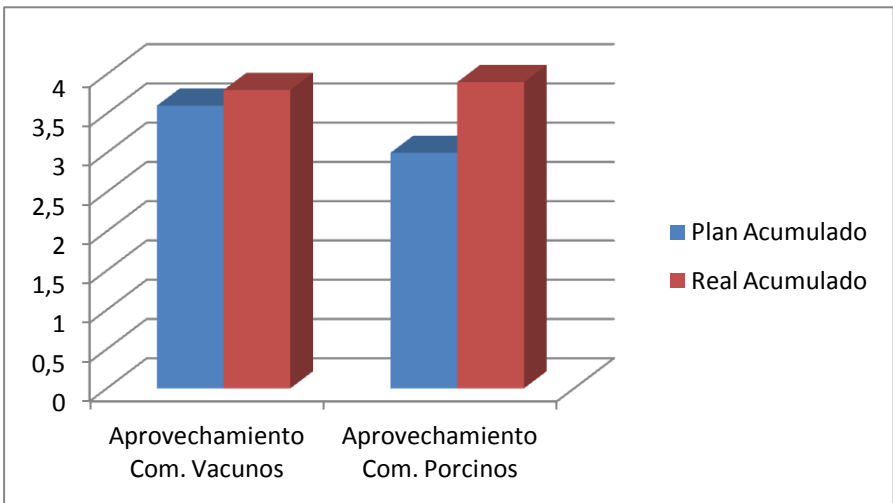
Gráfico 3.7 Obtención de sangre vacuna y porcina.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Empresa.

Los **aprovechamientos comestibles vacunos** muestran un rendimiento al 3.8 % de un 3.6 % planificado, respecto al año anterior reflejan déficit en 0.1 %, al cierre de diciembre de 2012 se experimentaban valores ascendentes a 3.9 %. Los **aprovechamientos comestibles de cerdo** muestran un rendimiento al 3.9 % de un 3.0 planificado, respecto al 2012 se observa un crecimiento del 1.2 %, ver grafico 3.8 y al cierre de diciembre del pasado año los valores experimentados ascendían a 2.7 %.

Gráfico 3.8 Aprovechamientos comestibles del ganado vacuno y porcino.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Empresa.

3.5 Formulación de objetivos específicos del Proyecto.

En el territorio de Cienfuegos se desarrolla un Proyecto Universitario llamado “Estudio de Factibilidad de las mezclas de residuos orgánicos para la producción de biogás”, que consiste en el estudio de las energías renovables y en específico las plantas de biogás a partir de residuales orgánicos y sus mezclas, siguiendo la política de los lineamientos del PCC, en el capítulo VIII (Política Industrial y energética).

El objetivo del presente estudio es realizar el análisis de factibilidad para la ejecución de dar tratamiento a los residuales orgánicos y líquidos de la Empresa Cárnica de Cienfuegos a partir de la Construcción de la planta de biogás.

El proyecto de inversión está dirigido a lograr los siguientes objetivos:

- Realizar un proyecto adecuado de planta de biogás según la capacidad productiva.
- Resolver los problemas de funcionamiento y eficiencia existentes en el sistema de tratamiento de residuales.
- Cumplir con las exigencias medioambientales para este sector, evitando la contaminación ambiental.

Con la construcción de este tipo de digestor disminuir la carga orgánica contaminante en el sistema de lagunas.

- Elevar la eficiencia del sistema de tratamiento.
- Uso eficiente de los recursos, para reducir el impacto ambiental y mejorar la imagen de la empresa.
- Utilización del biogás como combustible para la cocción de alimentos en la cocina comedor.
- Obtención de ingresos y ahorros en la Empresa.
- Formación de una conciencia ambiental que profundice en las acciones de educación, divulgación e información ambiental.

3.6 Para dar cumplimientos a estos objetivos es necesario cumplimentar con un conjunto de requerimientos indispensables:

- Describir y cuantificar, para cada una de las fases del proceso productivo, todas las entradas, salidas y costos asociados.
- Se deben identificar puntos críticos en las distintas áreas del proceso, haciendo énfasis en el uso eficiente de los recursos energía, agua y materia prima; así como en la generación de residuos.
- Identificar los principales problemas del Medio Ambiente en la Empresa y que requieren de una mayor atención en las condiciones actuales
- Sentar las bases para un trabajo más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico – social “sostenible”.
- Evaluación de la planta que generará información sobre metas e intervenciones.

3.7 Resultados de los cálculos.

Metodología de cálculo para mezclas.

Cálculo para determinar la producción diaria de excretas.

CERDOS

Datos:

Número de cerdos: 280

Peso promedio: 80 kg

Masa de excreta diaria por cerdo (considerando un peso promedio del animal 80 kg) = 2.35 kg

Relación entre la masa de excreta y la masa de agua = 1:3

Tiempo de retención para la excreta porcina = 40 días.

Cantidad excreta (kg) = # cerdos x Promedio de excreta por cerdo/día.

Cantidad excreta (kg) = 280 x 2,35 kg/día

Cantidad excreta (kg) = 658 kg/día

Considerando la corta estancia (24 horas) y que no se le suministra alimento es conveniente considerar la mitad de la excreta producida según el cálculo.

Cantidad excreta Real (kg) = 658 kg/día / 2

Cantidad excreta Real (kg) = 329 kg/día.

Relación entre la masa de excreta y la masa de agua = 1:1-3 se toma 1:3

Cantidad excreta húmeda (kg) = (329 kg + 987 kg)

Cantidad excreta húmeda (kg) = 1316 kg/día.

Producción de biogás:

Cantidad gas (m³) = (Exc. Hum.) x (T.R.) x (Promedio Volumen m³/día).

Cantidad gas (m³) = 1316 kg x 40 x 0,27 m³/día.

Cantidad gas (m³) = 14,21 m³/día.

RECES

Datos:

Número de reces: 80

Peso promedio: 340 kg

Masa de excreta diaria por res (considerando un peso promedio del animal 340 kg) = 16,22 kg

Relación entre la masa de excreta y la masa de agua = 1:1

Tiempo de retención para la excreta res = 40 días.

Cantidad excreta (kg) = # res x Promedio de excreta por res/día.

Cantidad excreta (kg) = 80 x 16,22 kg

Cantidad excreta (kg) = 1297,6 kg.

Considerando la corta estancia y que no se le suministra alimento es conveniente considerar la mitad de la excreta producida según el cálculo.

Cantidad excreta Real (kg) = 1297.6 Kg/día / 2

Cantidad excreta Real (kg) = 648,8 kg /día.

Relación entre la masa de excreta y la masa de agua = 1:1

Cantidad excreta húmeda (kg) = (648,8 kg + 648,8 kg)

Cantidad excreta húmeda (kg) = 1297,6 kg/día.

Producción de biogás:

Cantidad gas (m³) = (Exc. Hum.) x (T.R.) x (Promedio Volumen m³/día).

Cantidad gas (m³) = 1297,6 kg x 40 x 0,36 m³/día

Cantidad gas (m³) = 18,68 m³/día.

3.8 Excreta total de cerdos y reces.

Total de excreta Cerdos y Reces.

Total de excreta (kg) = 329 kg + 648,8 kg

Total de excreta (kg) = 977,8 kg/día.

Total excreta húmeda (kg) = 1316 kg + 1297,6 kg

Total excreta húmeda (kg) = 2613,6 kg /día.

Producción de biogás:

Cantidad gas (m³)= 14,21 m³+18,68 m³

Cantidad gas (m³)= 32,89 m³/día.

Residuos del proceso industrial.

CERDOS

Residuo Industrial (kg) = # cerdos x Peso x % Residuos

Residuo Industrial (kg) = (280 x 80 x 5,2 %)

Residuo Industrial (kg) = 1164,8 kg/día.

RECES

Residuo Industrial (kg) = # reces x Peso x % Residuos

Residuo Industrial (kg) = (80 x 340 x 5,7%)

Residuo Industrial (kg) = 1550,4 kg/día.

3.9 Total de Residuo Industrial en entre reces y cerdos.

Total de Residuo Industrial (kg) = (Cerdos + Reces)+ Residual líquido

Total de Residuo Industrial (kg) = (1164,8 kg + 1550,4 kg) + 2715,2 kg

Total de Residuo Industrial (kg) = 5430,4 kg/día.

Producción de biogás:

Datos:

1 m³ biogás /25 kg residuos

Cantidad gas (m³) = Total de Residuo Industrial (Kg) x T.R x (1 m³ biogás /25 Kg residuos)

Cantidad gas (m³) = 5430,4 kg x 40 x (1/25kg)

Cantidad gas (m³) = 8,7m³ /día.

3.10 TOTAL GENERAL RESIDUO HÚMEDO.

Total General (kg) = Total excreta húmeda + Total Residuos Industrial

Total General (kg) = (2613, 6 kg + 5430, 4 kg)

Total General (kg) = 8044 kg/día.

3.11 TOTAL GENERAL PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.

Cantidad gas (m³) = 32,89 m³ + 8,7m³

Cantidad gas (m³) = 41,59 m³ /día.

3.12 Cálculo para determinar el volumen del Digestor.

$V_{\text{digestor}} = (\text{Masa en kg de residual} + \text{Masa en kg de agua}) \times \text{Tiempo de retención.}$

$V_{\text{digestor}} = 8044 \text{ kg} \times 40$

$V_{\text{digestor}} = 321,76 \text{ m}^3$

Se toma: 322 m^3 .

$V_{\text{digestor}} = 322 \text{ m}^3$

TIPO DE RESIDUO/PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	CANTIDAD DE RESIDUO/AÑO	CANTIDAD BIOGÁS GENERADO/AÑO	ELECTRICIDAD EQUIVALENTE A PARTIR DE BIOGÁS (kWh/AÑO)
DESPERDICIOS/SACRIFICIO BOVINOS	367,8 t	-	-
SANGRE/SACRIFICIO BOVINOS	158,9 t	-	-
ASTA Y PESUÑAS/SACRIFICIO BOVINOS	39,2 t	-	-
HUESOS/SACRIFICIO BOVINO (PALETAS)	-	-	-
SANGRE/SACRIFICIO PORCINOS	81,8 t	-	-
DESPERDICIO/SACRIFICIO PORCINOS	343,4 t	-	-
TOTAL	991,1 t	3 175,5 m³	5 715,9 kw-h
Excreta de cerdo	120,1 t	5 186,7 m³	9 336,1 kw-h
Excreta de reses	236,8 t	6 818,2 m³	12 272,8 kw-h
TOTAL GENERAL (Mezcla)	1 348,0 t	15 180,4 m³	27 324,8 kw-h

- **Comensales del comedor:** 440
- **Cocción de alimentos:** GAS, 675 kg MENSUALES

Consumo de $0,5 \text{ m}^3$ de biogás por cada 5 comensales.

Cálculo del consumo:

$440 / 5 \times 0,5 = 44 \text{ m}^3$ de biogás. Por día.

Se produce **$41,59 \text{ m}^3/\text{día}$** aproximadamente **$42 \text{ m}^3/\text{día}$** .

3.13 Generación de Alternativas.

La Empresa Cárnica de Cienfuegos, como se ha planteado anteriormente, es un tipo de industria alimentaria que está encargada de producir, procesar y distribuir carne a los

centros de consumo, siendo el sacrificio del ganado vacuno y porcino el primer paso de la cadena de producción de esta.

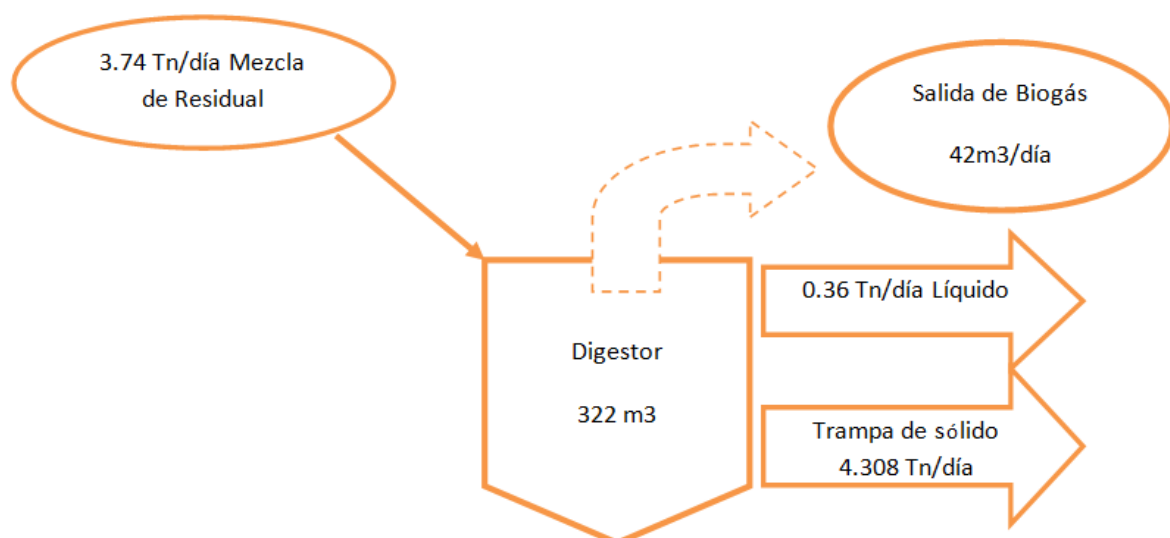
Dicha empresa suele tener un número elevado de desechos, y estos causan diversos impactos ambientales, por regla general los causantes de este impacto son los mataderos y las salas de despieces.

Dada la necesidad que tiene el país de alcanzar un estadio superior en la protección del medio ambiente, el uso racional y sostenible de los recursos naturales, se propone la construcción de planta de biogás en la Empresa Cárnica de Cienfuegos posibilitando el tratamiento de los residuales, tanto sólidos como líquidos a través de mezclas pronosticando disminución de la contaminación ambiental, y obtención de subproductos que reportan beneficios económicos, como por ejemplo fertilizantes y el biogás. Este ultimo puede utilizarse en la sustitución del GLP del comedor y taller de mantenimiento de la Empresa y de esta forma disminuir sus gastos.

El proyecto “Planta de Biogás en la Empresa Cárnica”, consiste en la construcción de un digestor de cúpula fija.

El esquema de tratamiento proyectado consiste en:

1 Digestor de Cúpula Fija de 322 m³. A continuación se muestra diagrama de flujo de la inversión descrita.



Características Técnico - Constructivas:

Cantidad de porcino sacrificado anual: 3360

Peso promedio: 80 Kg

Cantidad de Bovino sacrificado anual: 960

Peso promedio: 340 Kg

Estadía: 24 h

A continuación se muestra en la tabla 3.2 la cantidad total de residual orgánico y el biogás que este genera:

Tabla 3.2 Cantidad de residuo anual y biogás generado.

Tipo de residuo/producción industrial	Cantidad de residuo/año	Cantidad de biogás generado/año
DESPERDICIOS/SACRIFICIO BOVINOS	367,8 t	-
SANGRE/SACRIFICIO BOVINOS	158,9 t	-
ASTA Y PESUÑAS/SACRIFICIO BOVINOS	39,2 t	-
HUESOS/SACRIFICIO BOVINO (PALETAS)	-	-
SANGRE/SACRIFICIO PORCINOS	81,8 t	-
DESPERDICIO/SACRIFICIO PORCINOS	343,4 t	-
TOTAL	991,1 t	3 175,5 m ³
Excreta de cerdo	120,1 t	5 186,7 m ³
Excreta de reses	236,8 t	6 818,2 m ³
TOTAL GENERAL (Mezcla)	1 348,0 t	15 180,4 m ³

El volumen de la planta quedó determinado a partir de la cantidad de residuo generado y la mezcla elaborada para introducir a la planta, se realizó el cálculo del volumen del biodigestor, como a continuación se muestra:

$V_{\text{digestor}} = (\text{Masa en kg de residual} + \text{Masa en kg de agua}) \times \text{Tiempo de retención.}$

$V_{\text{digestor}} = 8044 \text{ kg} \times 40$

$V_{\text{digestor}} = 321,76 \text{ m}^3$

Se toma: 322 m³

Vdigestor = 322 m³

Esta metodología permite al sector productivo ser más rentable y competitivo a través del ahorro generado por el uso eficiente de materias primas y por la reducción de la contaminación en la fuente de sus procesos, productos o servicios; con lo que además se evitan sanciones económicas por parte de las autoridades ambientales, y se promueven nuevos beneficios.

3.14 Evaluación de la factibilidad económica.

El destino fundamental de la producción en cuanto al biogás, está dirigido al consumo interno de la Empresa en la cocina comedor. Además de poder efectuar la venta del biol y el lodo a cooperativas o particulares.

3.14.1 Costo de inversión.

A la hora de predeterminar el costo de la inversión para el proyecto en estudio, se tuvieron en cuenta las partidas siguientes: Construcción del digestor de Cúpula fija (322 m³), gastos de investigación y desarrollo, licencia ambiental, capital de trabajo necesario e imprevistos para un monto total de \$42.173,06 y que se relacionan en la tabla 3.3, como se puede apreciar la planta es el único activo dentro del costo de la inversión y que condiciona la duración o vida útil del proyecto (20 años).

Partidas	Costos	Depreciación
Construcción del digestor de Cúpula fija (322 m ³)	\$30.999,44	\$1549.719
Gastos de investigación y desarrollo	5.780,32	
Licencia ambiental	1.176,00	
Capital de trabajo necesario	15.534,73	
imprevistos	4.550,64	
Costo Total	\$42173.06	\$1549.719

Para este análisis se trabajó con una tasa de actualización entre un 7% y 15%, el primer porcentaje referido en el análisis es la tasa de interés que establece el Banco según Resolución 59/99 del Banco Central de Cuba para los préstamos a largo plazo, pero el

mismo se ha aumentado arbitrariamente hasta el último valor referenciado, condicionado porque esta es la tasa a que descuenta los proyectos de inversión según Resolución 91/2006 del MEP en Cuba y modificada recientemente con fecha 30/11/2010, entre las que se encuentran la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA), y el Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ) adscriptos al Ministerio de la Agricultura, encargados de realizar los estudios de factibilidad para los proyectos de inversión en este sector, de conjunto con otras entidades entre las que podemos relacionar: Consultores Asociados S.A (CONAS), la Agencia Internacional, Ajuste de Averías y Otros Servicios Conexos (INTERMAR), el Grupo Empresarial de Diseño e Ingeniería de la Construcción (EDIN) y DIPROYEND antiguas oficinas del PDHL. Todas estas organizaciones se rigen por un procedimiento que presentan un conjunto de pasos comunes que siguen la estructura de un plan de negocios y que son normados por el Ministerio de Economía y Planificación así como para las Iniciativas Municipales de Desarrollo Local (IMDL) que centra el DIPROYEND.

A continuación se detallan cálculos y algunos aspectos importantes a tener en cuenta a la hora de pronosticar los flujos de caja del proyecto en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Pronósticos de los flujos de caja del proyecto.

Planta de 322 metros cúbicos.
Diario
Lodo finales aprovechados como bio - abono: 6408,12 kg
Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido): 1635,72 kg
Biogás : 42 m ³
GL : 22,5 kg
Mensual
Lodo finales aprovechados como bio – abono : 192,24 Ton
Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido) : 49,0716 Ton
Biogás : 1260 m ³
GLP: 675 kg
Precio
Lodo finales aprovechados como bio - abono: \$ 100.00
Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido): \$ 30.00
GLP : \$1,2836 kg

Entrada mensual FC
Lodo finales aprovechados como bio - abono : \$ 19224,00
Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido) : \$1472,148
GLP : \$866,43

- El período de proyección de los flujos de caja es mensual.
- El proyecto tiene una duración de 20 años, se estiman los flujos de caja a 120 meses vida útil promedio de los diseños de planta de biogás.
- Este proyecto cuenta con financiamiento externo.
- El cargo anual de la depreciación asciende a un total de \$1.549,19 y la empresa dispone completamente de ella.
- Se proyectan las entradas por ahorros generados por la generación y consumo de biogás y la venta de lodo y biol.
- Las salidas proyectadas son por fuerza de trabajo y mantenimiento de la planta.

Para saber el destino final del biogás dentro de la empresa Cárnica, se tuvo en cuenta la cantidad de comensales en el comedor y el GLP consumido mensualmente a continuación se muestran los cálculos:

- Comensales del comedor : 440
- Cocción de alimentos: GLP, 675 kg mensuales.
- Consumo de 0,5 m³ de biogás por cada 5 comensales.

3.15 Cálculo del consumo:

$440 / 5 \times 0,5 = 44 \text{ m}^3$ de biogás. Por día.

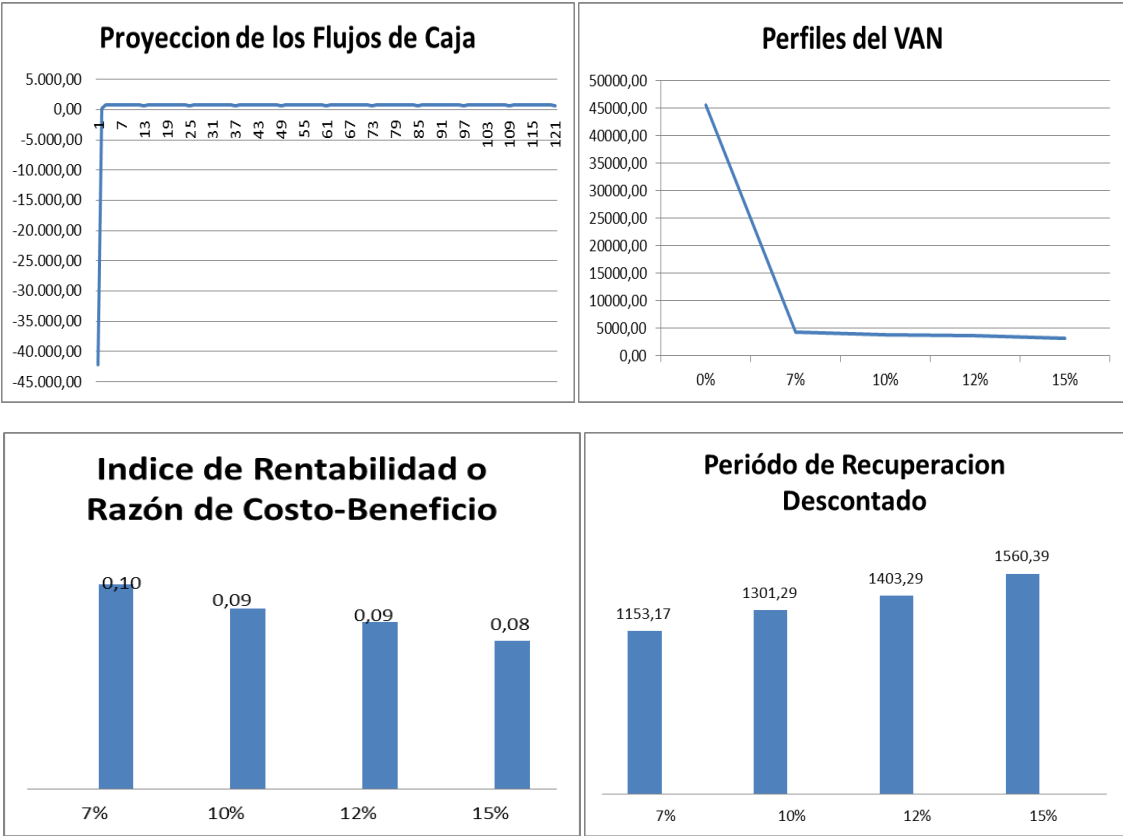
La planta por su capacidad y por el tipo de mezcla que lo alimenta produce 41,59 m³/día, aproximadamente 42 m³/día, por lo que puede cumplimentar una sola área, el comedor.

La evaluación de alternativas parte del supuesto de dos escenarios: el primero donde la empresa solo explota el biogás como fuente de calor, y el segundo donde aprovecha todos los beneficios o bondades de la tecnología.

Al evaluar la alternativa I se evidencia: Los flujos de caja proyectados tuvieron un promedio de \$731,72, con mínimos dados en los meses de mantenimiento y valores

estables de \$742,68 el resto de los meses exceptuando el primer mes dado el tiempo de retención necesario de inicio de la planta en el cual el flujo de caja fue de solo 35,45% del valor antes mencionado. El VAN proyectado para 120 meses con tasas nominales entre un 7% y un 15% de acumulación anual oscila entre \$4.388,57 y \$3.243,27 con IR 0,10 y 0,07, un PRI real de 4 años y 10 meses. Ver tabla 3.4 y grafico 3.12

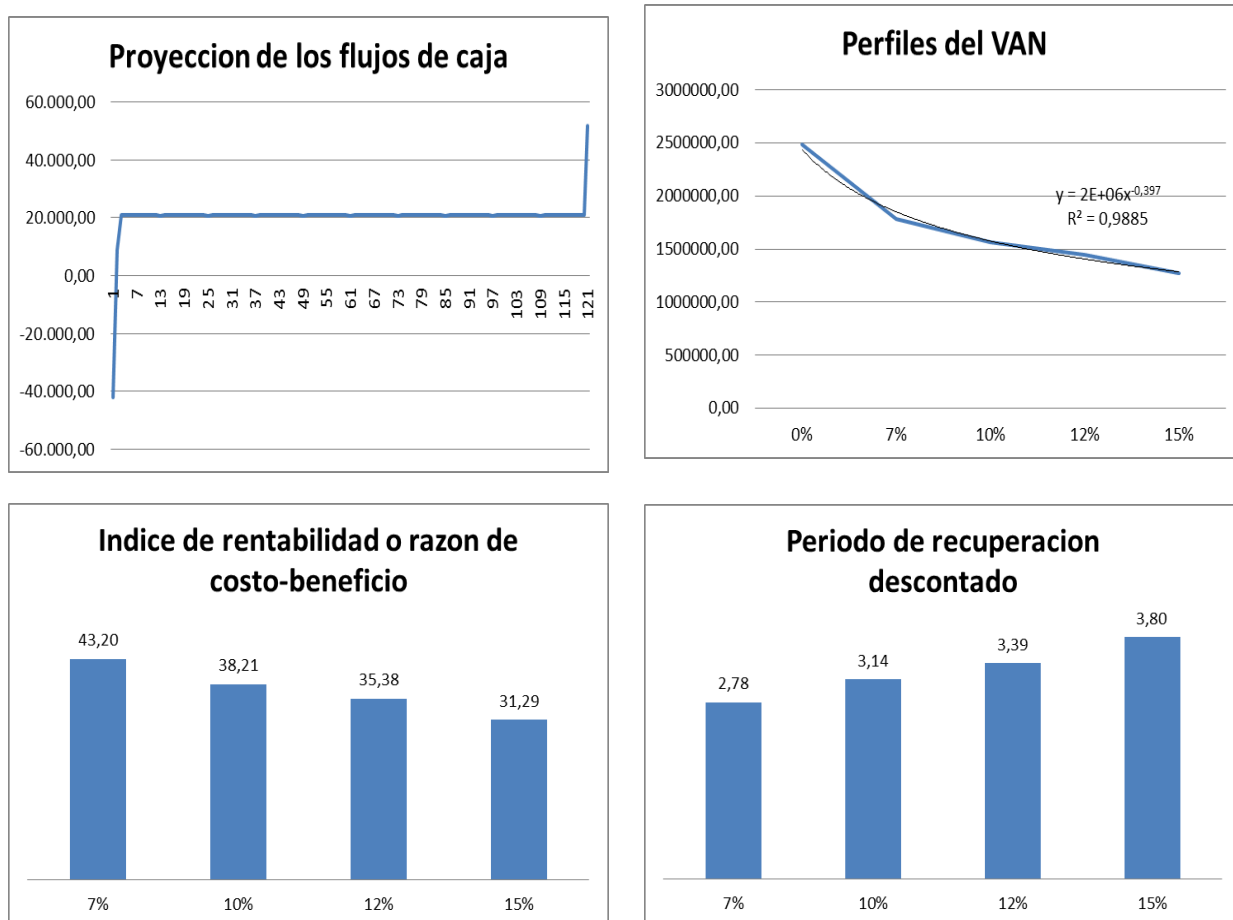
Gráfico 3.9 Comportamiento de los principales indicadores dinámicos de evaluación de inversiones en el proyecto de planta de biogás en la empresa Cárnica de Cienfuegos. Alternativa 1.



Fuente: Elaboración Propia.

La alternativa II se presenta como la más ventajosa con flujos de caja promedios de \$21.126,04 percibiéndose con las mismas tasas porcentuales, indicadores rentables superiores en igual periodo de evaluación comprendidos entre \$1.779.887,58 y \$1.277.372,77 con IR mínimo de 31,29 y un PRI real de 2 meses y 18 días. Ver tabla 3.5 y gráfico 3.10.

Gráfico 3.10 Comportamiento de los principales indicadores dinámicos de evaluación de inversiones en el proyecto de planta de biogás en la empresa Cárnica de Cienfuegos. Alternativa 2.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.5 Resumen de resultados con las dos alternativas juntas.

Alternativas	VAN (MP)				TIR (%)	IR				PRI real	PRI d				PRI p
	7%	10%	12%	15%		7%	10%	12%	15%		7%	10%	12%	15%	
I	4.4	3.9	3.6	3.2	18.18	0.10	0.09	0.09	0.08	4.1	1.2	1.3	1.4	1.6	57.64
II	1.8	1.6	1.5	1.3	6230,24	43.20	38.21	35.38	31.29	0.2	2.8	3.1	3.4	3.8	2.0

Con la realización del proyecto la Empresa Cárnica de Cienfuegos persigue disminuir la carga contaminante que genera, la cual se ha convertido en la actualidad en un tema de

urgente necesidad de solución, por presentar dificultades de iniciativas de tratamiento para continuar gestionando en lagunas de oxidación los residuos generados, al carecer de espacios disponibles para estas. El proyecto genera biogás todo el año que proveerá la cocción de los alimentos preparados en el comedor mediante el uso del biogás en sustitución del GLP, concibiendo ahorros por \$866,43 mensual, y si se aprovechara el resto de las bondades por conceptos de Biol \$1472,148 y por conceptos de lodos \$19.224,00, los cuales puede llegar a vender, comercializar o utilizarlos como gratificaciones o sustitución de pagos a sus proveedores, según conveniencias.

Conclusiones.

Conclusiones.

1. Se realizó un estudio bibliográfico sobre los distintos tipos de plantas de biogás, sus características y modo en que operan.
2. Se aplica un procedimiento lógicamente estructurado, que permite evaluar desde una óptica económica y financiera proyectos de inversión dirigidos al desarrollo de energías renovables, dándole tratamiento a residuales orgánicos en planta de biogás en la Empresa Cárnica de Cienfuegos.
3. Este tipo de industria alimentaria está encargada de producir, procesar y distribuir carne a los centros de consumo, siendo el sacrificio de ganado el primer paso de la cadena de producción, por lo que suele tener un número elevado de desechos, y estos causan diversos impactos ambientales, por regla general los causantes de este impacto son los mataderos y las salas de despieces, provocando la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales y genera también una contaminación atmosférica de consideración por la emisión de gases de una fuerte incidencia en el efecto invernadero, como es el caso del metano cuyo efecto es 10 veces superior al dióxido de carbono en este aspecto.
4. Con el empleo del biodigestor puede ser aprovechado económicamente estos residuales para la obtención de biogás, el mismo constituye una fuente de calor y energía.
5. La producción de biogás contribuye una fuente importante de ahorro de portadores energéticos.
6. Los lodos finales y el efluente líquido del proceso constituye un bioabono de mucho valor para restaurar los nutrientes y restablecer la vida del suelo, con lo que se logra un incremento superior al 25% en los rendimientos de los cultivos cuyo suelo ha sido tratado con este, además de servir de alimento a los animales.
7. El estudio revela que el proyecto en los dos escenarios resulta efectivo, desde el punto de vista financiero, el escenario II es el más atractivo, pues si se tiene en cuenta la venta de la materia orgánica, la cual constituye un subproducto de la actividad y que debe estar incluida en el objeto social de la entidad, se recuperaría más rápido la inversión.
8. La Empresa quería utilizar el producto obtenido para tres fines, uno era en la cocción de alimentos, otro para emplearlo en la soldadura en reparaciones de la empresa y si quedaba algo para generar electricidad, pero una vez realizados los cálculos se obtuvo que de acuerdo a su producción de biogás solo se puede satisfacer la primera necesidad.

Recomendaciones.

Recomendaciones.

1. Utilizar los digestores de cúpula fija o cualquier otra modalidad de construcción, en el sistema de tratamiento de los residuales de alta carga orgánica generada a partir de las crías de algún tipo de ganado o mataderos.
2. Realizar una revisión del objeto social definido para la empresa Cárnica de Cienfuegos de forma tal que incluya la comercialización de materia orgánica al precio que estipule el Ministerio de Finanzas y Precios, en conjunto con el Ministerio de la Industria Alimenticia.
3. Se recomienda la realización de este tipo de inversiones por ser rentables desde el punto de vista económico y financiero, además de constituir alternativas atractivas para lograr el aprovechamiento del biogás para sustituir portadores energéticos, y efectuar la venta de fertilizantes naturales con destino a cooperativas y particulares, parte de las iniciativas para el tratamiento de la carga contaminante debido al proceso productivo de las empresas, de esta forma contribuye a la disminución de la contaminación ambiental en el territorio y en este tipo de industrias.
4. Incentivar a otras industrias que generen altos volúmenes de residuales y a los productores individuales dedicados al desarrollo del ganado vacuno y porcino del territorio y otras provincias del país, la construcción de este tipo de planta para controlar la contaminación ambiental y aprovechar los beneficios que esta genera.

Bibliografía.

Referencia Bibliográfica.

- ACHING, C. (2006). *Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales* (electrónica.).
- Baca Urbina, Gabriel. (2001). *Evaluación de Proyectos. Análisis y Administración del Riesgo*. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana S. A.
- Bannock Grahmam, Baxter. R.e; Rees. Ray. (1990). *Diccionario de Economía*. Trillas. México.
- CARO, L., GARCÍA, F. & COLLADO, A. (2008). Análisis de riesgos en proyectos de inversión utilizando el método de la simulación.
- Catacora, Fernando. (2004). *Contabilidad. La base para las decisiones gerenciales*. Venezuela: Editorial Marc-Graw Hill.
- Devora, Y.C. (2007). Algunas consideraciones para la evaluación de inversiones.
- Ferrari. Romina (s.f). (n.d.). Finanzas -Globalización.
- García Melián, Maricel. (2005). Evaluación del Impacto en Proyectos de Inversión. Experiencia Cubana. *Rev Cub Hig Epidemiol*, v.43 n.3 Ciudad de la Habana Sep.-Dic.
- García, A. (2005). Reseña histórica de la evolución de la ciencia financiera.
- Guardado Chacón, José Antonio. (2007). Tecnología del biogás. *Revista Energía y tú*.
- Guardado Chacón, José Antonio y Cortada Ferrera, Jorge Luis. (2010). Sistemas de tratamiento de Biogás. *Revista Energía y tú*.
- Guzmán Chinaa, Jesús Manuel. (2013a). *Valoración de la eficiencia de plantas de biogás a pequeña escala*. Editorial Académica Española.
- Guzmán Chinaa, Jesús Manuel. (2013b). *Optimización de la digestión anaerobia*. Editorial Académica Española.
- Guzmán Chinaa, Jesús Manuel. (2013c). *Evaluación económica de la energía renovable*. Editorial Académica Española.
- Guzmán Chinaa, Jesús Manuel. (2013d). *Digestión Anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos*. Editorial Académica Española.

- Kelety Alcalde, Andrés. (1990). *Análisis y evaluación de inversiones*. Madrid: EADA Gestión.
- León G, Santana Y. (2003). Construcción y utilización de biodigestores en comunidades rurales de Nicaragua.
- Mailxmail, (2005). *Formación gerencial de la Administración. Clasificación de los proyectos de inversión*,
- Mesa, G. M. (2007). *Formulación y Evaluación Financiera y Social de Proyectos de Inversión*. La Habana, Cuba.
- MOREA, LUCAS. (2006, Diciembre). Curso de administración financiera. UGMA - FACES. Finanzas II.
- Moreno Figueredo, Conrado. (2013). Cuba hacia el 100% con energía renovable. *Revista Energía y tú*.
- Ocaña, Torres Eyenebi. *Aplicación de un procedimiento para la evaluación de inversiones dirigidas a la producción de granos en varios complejos arroceros del territorio*.
- Padrón, Wilfredo R. (2009). Biodigestores.
- Páez E, Julio. (2005). Las inversiones y los riesgos. Cada tipo de riesgo afecta tu inversión de modo diferente.
- Rodríguez Bolaños, Daylin. (2012). *Aplicación de un procedimiento para la evaluación Ex Ante del proyecto de inversión de la ECOA 37*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
- RODRÍGUEZ, CRUZ, H. I. (2007). Importar lo que importa.
- RODRÍGUEZ, G.M. (2007). Formulación y evaluación financiera y social de proyectos de inversión.
- Rosales Posas, Ramón. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos*. (4º ed.). San José, Costa Rica:
- Santiago, A. (2003). *Decisiones óptimas de Inversión y Financiación en la Empresa*. Madrid: Pirámides.
- Sapag Ch. Nassir, & Sapag Ch. Reinaldo. (2000). *Preparación y evaluación de proyectos* (4º ed.). Chile: McGraw-Hill/interamericana.
- Sosa Cáceres, Roberto. (2008). tecnologías de biogás apropiadas. *Revista Energía y tú*.