



UNIVERSIDAD
CIENFUEGOS
Carlos Rafael Rodríguez

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniero Químico

Título: Evaluación técnica-económica de la inversión de los digestores de Geomembrana (Tubular PVC) adquiridos por la ANAP. Estudio de caso C.S.S. Cumanayagua.



Autora: Yoanet Valido Olivera

Tutores: Dr. C. Jesús Guzmán Chinaea

Lic. Elizabeth Guzmán Marrero

Colaborador: Dr. C. Rafael Antonio Goytisoló Espinosa.

Cienfuegos, 2015

Pensamiento

*"Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla
mientras el género humano no la escucha".*

Victor Hugo

Dedicatoria

A mi mamá Dulce M: Por ser este el fruto de esa pequeña semilla que sembró un día y ya hoy creció con su amor incondicional, dedicación y comprensión, por ser la madre más maravillosa del mundo te doy gracias.

A mi papá Adrián: Por ser este un sueño hecho realidad para él, por haber sido siempre ese maravilloso padre que ha dedicado cada segundo de su vida a mí y a mi hermana aunque sea peleando, pero por nuestro bien, por ser el mejor de los padres te adoro y te doy las gracias.

A mi mimá Rosa: Por haber aparecido en mi vida y ocupar ese inmenso lugar en mi corazón que nunca será reemplazado, por sus consejos, su amor, su apoyo incondicional, por ser otra madre para mí te doy las gracias.

A mis hermanas Yudit y Yanet: Por ser tan especiales para mí y contar con ellas para toda la vida, por ser las mejores hermanas que existen, las quiero y les doy las gracias.

A mi abuela Ana E: Por ser esta una alegría más a su vida, que tanto dedicó a todas sus hijas y nietas, por ser la abuela más especial de mundo te doy las gracias.

A toda mi familia: Por ser la más unida y preocupada que he conocido, por haberme apoyado siempre los quiero y les doy las gracias.

Agradecimientos

A mis padres: Por ser los padres más maravillosos del mundo y haberme educado de la mejor manera existente, logrando con ello que hoy se sientan orgullosos de mí.

A mi abuela: Por siempre estar ahí cuando la necesito y ser siempre mi paño de lágrimas en los momentos que me sentí mal y desesperada.

A mi querida mima Rosa: Por ser una maravillosa madre y ser tan especial conmigo, ocupando un inmenso lugar en mi corazón.

A mi querido químico Wilfredo: Por ser como un padre para mí y haberme apoyado en mis comienzos con la Química que tanto me gusta.

A mi hermana Yanet: Por haber sido un gran apoyo en toda mi vida a partir del momento en que la conocí.

A toda mi familia: Por ser mi esencia y tener su apoyo incondicional.

A mis tutores: Por haberme ayudado en estos meses a crecer un poco más haciendo posible que me gradué con una buena calificación.

A mis compañeros de aula: Por haber compartido todo lo bueno y malo de estos 5 años inolvidables de mi vida.

A mis mejores amigas Diana, Rachel y Yanitza: Por ser esas personitas especiales que siempre estuvieron conmigo en todo y poder tener su confianza e incondicionalidad para toda la vida.

Al Taita como cariñosamente todos sus amigos lo llamamos: Por haberme ayudado en todo este tiempo y darme buenos consejos para la vida.

A todo aquel que de una forma u otra contribuyó a la realización de mi sueño: graduarme para llegar a ser una buena Ingeniera Química.

Resumen

El presente trabajo tiene por título: Evaluación Técnico - económico de los digestores de Geomembrana (Tubular PVC) adquiridos por la ANAP, estudio de caso C.S.S. Osvaldo Fuentes del municipio Cumanayagua, la investigación tienen como objetivo evaluar de forma Técnica – económica a partir del procedimiento metodológico seleccionado para plantas de tratamiento de residuales de reactores anaerobios. En la presente se aplicaron técnicas documentales que permitieron realizar un análisis crítico sobre los fundamentos teóricos del uso de los digestores en el mundo y en especial en Cuba, además de valorar los tipos de uso de los biodigestores así como su importancia, en los fundamentos teóricos se analizó también los parámetros técnicos y su evaluación en diferentes etapas con énfasis en la factibilidad económica y ambiental. También, dándole cumplimiento a los objetivos trazados; en la tesis se caracterizó el caso de estudio, así, como la metodología de cálculo de la planta de Biogás Geomembrana, y se realizó análisis de laboratorio en la investigación a la entrada y salida de la planta de biogás, al aplicar el procedimiento se indagó en los resultados, donde se valoró en el informe los impactos económicos y ambientales de la aplicación del proyecto.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Marco Teórico De La Investigación	6
1.1 Generación de residuos orgánicos	6
1.1.1 Residuos porcinos.....	7
1.1.2 Residuos agrícolas.....	8
1.1.3 Tratamiento de los residuos orgánicos	10
1.2 Proceso de digestión anaerobia	12
1.2.1 Proceso biológico de la digestión anaeróbica.	12
1.2.2 Factores que regulan el proceso	13
1.2.3 Productos/Subproductos obtenidos.....	15
1.3 Reactores anaeróbicos.	16
1.3.1 Tipos de biodigestores y sus características.....	17
1.3.2 Reactores de Geomembrana (tubular PVC).....	19
1.4 Evaluación de proyectos de inversión.	21
1.4.1 Los Proyectos de inversión. Principales componentes	22
1.4.2 Las diferentes etapas y fases de un proyecto	23
1.4.3 Evaluación Ex post.....	27
1.5 Las Inversiones en Cuba	32
Capítulo 2. Descripción del Proyecto.	36
2.1 Caracterización del proyecto de digestores de geomembrana. ANAP.	36
2.2 Caracterización del proyecto de digestores de Geomembrana. Municipio Cumanayagua.	38
2.3 Metodología de cálculos planta de Biogás geomembrana	42
2.4 Análisis crítico de las metodologías de evaluación de proyectos en Cuba.	50
2.5 Procedimiento a Emplear. Sosa-Mata 2010	52
Capítulo 3: Análisis de los resultados.	54
3.1 Características generales de la CCS Osvado Fuentes del municipio de Cumanayagua	55
3.1.1 Objeto social	55

<i>3.1.2 Misión y Visión.....</i>	<i>56</i>
<i>3.1.3 Estructura organizativa.....</i>	<i>56</i>
<i>3.2 Análisis y discusión de los resultados Técnicos.</i>	<i>57</i>
<i>3.3 Informe de la evaluación Ex Post del proyecto del Digestor de Geomembrana de la CSS Osvaldo Fuentes.</i>	<i>60</i>
<i>3.4 Impacto medio ambiental.</i>	<i>67</i>
<i>Conclusiones.....</i>	<i>74</i>
<i>Recomendaciones</i>	<i>76</i>
<i>Bibliografía.....</i>	<i>77</i>
<i>Anexos.....</i>	<i>80</i>

Introducción

La preservación del medio ambiente y el creciente consumo de recursos energéticos constituyen dos cuestiones de relevante significación para el mundo actual así como para el futuro. La generación y el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es, quizás el problema más agudo y generalizado que se presenta en el orden ambiental en la gran mayoría de las ciudades del mundo, sean grandes, medianas o pequeñas, habiéndose estimado que la producción de estos residuos por habitante están entre 0,5 y 2 Kg /día.

La solución de tratamiento a los residuales en forma anaerobia (sin oxígeno), es más efectiva y controlada que las soluciones tradicionales de tratamiento que se acostumbra a hacer mediante lagunas de oxidación, vertimientos a cañadas, ríos o al mar directamente en algunos casos. En Cuba han existido 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 .

El tratamiento de residuales mediante fermentación anaerobia elimina los malos olores de la descomposición de cualquier materia orgánica, no atrae moscas u otros vectores, evita los problemas de infiltración de materia orgánica sin digerir al manto freático o cursos de agua.

El biogás constituye una abundante, barata fuente de energía y de fácil obtención a partir de desechos animales, vegetales e industriales. Esta energía puede ser utilizada en numerosos procesos que tienen incidencia en la economía, no solo por la generación de energía sino también por la producción de biofertilizantes de alta calidad.

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 fueron Van Helmont (1630) y Shirley (1667).

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 anaerobia no fueron reforzados. Buswell empezó a investigar el papel de los elementos químicos en el

proceso de fermentación anaerobia, la evolución del proceso de generación de biogás desde residuos de las granjas y la aplicación de este proceso en la escala industrial.

Hoy en día, el proceso de descomposición anaerobia de los materiales orgánicos ha desarrollado como un sistema multifuncional para tratamiento de residuos orgánicos y agua residual con gran cantidad de contenido orgánico de amplia concentración, producción y aprovechamiento como combustible, mejorar de las condiciones higiénicas, y producción de fertilizante de alta calidad.

La tecnología de biogás se ha desarrollado en muchos países, tanto desarrollados como en desarrollo. China y la India son los países que están en primer grado de desarrollo de esta tecnología en Asia.

Hasta el día de hoy, en China hay más de 8 millones obras de escala familiar, 2500 obras de gran dimensión, suministra el gas para más de 50 millones de personas. Cada año China produce más de 3 mil millones de m³ de gas. La tecnología de biogás para la producción de electricidad también tiene determinado éxito con la productividad de 866 kW hasta 2001. Además, China produce para el comercio el fertilizante desde lodo de los estanques de descomposición a medida de 24 900 toneladas/año y más de 700 toneladas de alimentos subsidiarios para ganado.

En nuestro país el incremento del número de agricultores dedicados a la producción porcina y ceba de toros, genera gran cantidad de excretas en almacenamiento sólido con las consecuentes emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); la necesidad de disminuir esta contaminación ambiental en el sector rural y proporcionar una fuente de energía limpia, de bajo costo tanto en la cocción de alimento como en el alumbrado de las casas y que humanice el trabajo del campesino, sobre todo de la mujer; ha hecho necesaria la inserción al desarrollo tecnológico, asumiéndose la adquisición de los nuevos biodigestores de Geomembrana provenientes de Ecuador, que además facilitan el empleo de los residuales de esta planta como abono orgánico para la recuperación de los suelos y el mejoramiento del rendimiento agrícola.

Situación Problémica:

En el municipio de Cumanayagua se implementó el proyecto "Disminución de las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero en las zonas montañosas de Cienfuegos", que trajo consigo la disponibilidad de biodigestores de Geomembrana como una nueva

experiencia en el país para el uso en diferentes contextos entre los que se incluye la CCS Osvaldo Fuentes; así como el desconocimiento del costo-beneficio aparejado a la aplicación de los nuevos biodigestores de Geomembrana.

Problema de investigación

¿Cómo contribuir a través de la factibilidad técnico-económica del empleo del biodigestor de Geomembrana (Tubular PVC) adquirido por la ANAP a una mejor implementación del proyecto en el uso y manejo de los biodigestores en la C.C.S Osvaldo Fuentes?

Objetivo general

Evaluar de forma Técnico-económica empleando un procedimiento metodológico el proyecto de planta de tratamiento de residuales en digestores de Geomembrana adquiridos por la ANAP para su empleo en las C.C.S de la provincia de Cienfuegos. Estudio de caso C.C.S Osvaldo Fuentes. Municipio de Cumanayagua.

Objetivos específicos

- 1.- Revisión bibliográfica sobre digestores de Geomembrana, incluyendo experiencias existentes.
2. Diagnóstico y caracterización en la implementación del proyecto "Disminución de las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero en las zonas montañosas de Cienfuegos"
3. Aplicación del procedimiento metodológico empleado para proyectos de planta de tratamiento de residuales en digestores de Geomembrana y su factibilidad económica y ambiental.

Hipótesis de la Investigación:

Al aplicar el procedimiento metodológico de evaluación Técnica-económica se logra la implementación del proyecto de plantas de tratamiento de residuales de digestores de Geomembrana adquiridos por la ANAP para su empleo en las C.C.S de la provincia de Cienfuegos con el estudio de caso C.C.S Osvaldo Fuentes, del municipio de Cumanayagua; y de esta forma conocer la eficiencia técnica-económica y ambiental de la planta durante su explotación.

Resultados obtenidos:

- ❖ Resultados de impacto técnico.

Obtener un estudio en Cuba de eficiencia de este tipo de digestor de Geomembrana y su factibilidad económica para la inversión.

❖ Resultados de impacto económico.

Aprovechamiento de todas sus bondades el costo/beneficio, y su generalización en Cuba.

❖ Resultados de impacto social.

Con este proyecto de inversión se favorece el sector campesino y específicamente la mujer no solo por la obtención de una fuente de combustible más limpio sino por la disminución del tiempo de trabajo en condiciones más humanas, eliminando la exposición al calor, y al humo, por lo que implica mejorar la salud de estas personas.

❖ Resultados de impacto ambiental.

Disminución de la contaminación ambiental por eliminar residuos orgánicos que emitían gases contaminantes a la atmósfera como el CH₄ y el CO₂, que son tratados en el digestor. Además por eliminar la combustión con leña o diesel. Combustible tradicional de este sector.

Diseño Metodológico de la Investigación:

Metodología científica a utilizar para la búsqueda bibliográfica básica:

Se aplicarán técnicas documentales de recopilación de la información, tales como: revisión de trabajos vinculados al tema en cuestión, utilizando la INTERNET; y la recopilación de los datos necesarios respecto al: consumo de carbón, leña, condiciones inhumanas de trabajo en la cocina, posible enfermedades por condiciones laborales indeseadas, entre otros datos que brindan información.

Se aplicarán además, 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); los métodos químicos; análisis de laboratorio; métodos matemáticos, metodología ambiental y análisis comparativo según las leyes Cubanas; así como los programas estadísticos y matemáticos aplicados.

.Estructura Capitular:

En el **capítulo 1**, Se hace una revisión bibliográfica general sobre digestores de Geomembrana, introducción y objetivos, beneficios agregados a su uso. Desarrollo y perspectivas como energía renovable de bajo costo.

En el **capítulo 2**, Caracterización del proyecto de digestores de Geomembrana. ANAP; así como la del Municipio Cumanayagua. Procedimiento para la Metodología de eficiencia del

biogás. Análisis críticos de la metodología de evaluación de proyectos. Procedimiento a emplear. Sosa Mata 2010.

En el **capítulo 3**, Caracterización de la C.S.S Osvaldo Fuentes. Análisis y discusión de los resultados Técnicos. Informe de la evaluación Ex Post del proyecto del Digestor de Geomembrana de la C.S.S Osvaldo Fuentes. Impacto medio ambiental.

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.

Al final se registra la **Bibliografía basada en el estilo Zotero** y un grupo de **Anexos** que complementan los resultados expuestos.

Capítulo 1: Marco Teórico de la Investigación

1.1 Generación de residuos orgánicos

Los cambios socioeconómicos de las últimas décadas, altas concentraciones de población en núcleos urbanos, desarrollo de la industria agroalimentaria, intensificación de las explotaciones ganaderas, prácticas consumistas, etc., han propiciado la producción de grandes cantidades de residuos orgánicos que ocasionan graves problemas ambientales.

Los residuos orgánicos pueden ser degradados por acción biológica. Se descomponen, con el tiempo, para resintetizar productos que pueden integrarse al suelo. Su origen es de tipo animal, vegetal y todos aquellos materiales que contengan carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Su inadecuado manejo puede conducir a la contaminación del suelo el agua y el aire. A su vez puede generar focos infecciosos y atracción de vectores que provocan enfermedades.(Lanfranco., 2009)

Existen distintos tipos de residuos orgánicos que pueden ser tratados, algunos de los cuales se detallan en los siguientes subapartados. La mezcla de los diferentes residuos será muy común, bien porque son generados por los usuarios y todos deben tratarse o bien porque las características del sustrato no son buenas (humedad, ratio C/N...).

En el caso de disponer residuos de origen animal y vegetal, si la cantidad de sólidos totales no excede del 10 %, los reactores simples de digestión anaerobia pueden trabajar sin problemas con una mezcla de estiércol animal y restos vegetales (paja, forraje). Los restos vegetales deberán ser triturados antes de introducirlos en el reactor.

En cuanto a la composición del sustrato, el ratio C/N de excrementos de animales y humanos es favorable para la fermentación anaerobia (encontrándose entre el 9:1 y el 25:1), mientras que los vegetales tienen un mayor contenido carbonoso.

En muchos casos se mezclarán distintos tipos de sustratos para optimizar la producción de gas y la estabilización del proceso de fermentación.

1.1.1 Residuos porcinos

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 , SH_2 , NO_x , compuestos orgánicos volátiles, 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.

En la excreta porcina se encuentran, cantidades apreciables, de elementos fertilizantes con proporciones que oscilan alrededor de los siguientes valores, al cabo de unos tres días de ser producidos:

- ❖ Nitrógeno total 0,68 %
- ❖ Nitrógeno orgánico 0,15 %
- ❖ Nitrógeno amoniacal 0,53 %
- ❖ Fósforo 1,40 g/m³
- ❖ Potasio 6,12 g/m³

La aplicación al suelo ha sido y será la forma más beneficiosa de gestión de las producciones de excreta porcina, por sus características físico-químicas en virtud de los nutrientes, incluida la materia orgánica de la que nuestro suelo es en general deficitario. Superados los límites de tolerancia del suelo local cabría el transporte a zonas alejadas de los lugares de producción, lo cual, considerando que la excreta porcina tiene un alto contenido en agua (95 %) tiene una vertiente económica difícil de soslayar. Esta aplicación deberá contemplar las medidas sanitarias correspondientes para evitar las posibles afecciones a la salud de los campesinos.

En este sentido un tratamiento que estabilice y neutralice en la medida de lo posible los componentes orgánicos y nutricionales del excreta porcina y que reduzca su volumen, facilitaría sin duda el transporte y aplicación a distancia del lugar de producción, evitándose la sobresaturación de los terrenos colindantes, como pasaría con la digestión anaerobia.

Aun así, si se desea aprovechar el potencial energético de las excretas porcinas mediante un digestor anaerobio, esto podrá hacerse, considerando las siguientes observaciones.

- En establos sin pavimentar se recogerá únicamente la parte sólida de la excreta, y deberá instalarse de una cámara de pre-mezcla donde se mezclen la excreta y agua. La función será doble, de homogeneizador y de desarenador.

Esta mezcla deberá ser mecánica o cerrada, puesto que manual es repulsivo y no se aconseja.

- En establos de suelos pavimentados se recolectará de forma conjunta la orina y la excreta. Siempre que la topografía lo permita, la circulación de la mezcla e introducción al digestor se hará por gravedad. El agua de limpieza se minimizará, para no aumentar el volumen del digestor. Normalmente se coleccionará el estiércol en vasijas. En estos casos deberá de instalarse una trampa de arena, para evitar que esta entre en el digestor.

1.1.2 Residuos agrícolas

En algunas zonas, la intensificación de la actividad agrícola genera una gran cantidad de residuos leñosos como consecuencia de la actividad estacional o cíclica de estos cultivos. Los residuos de la cosecha (paja, tallos de choclo, hojas, etc.) se usan como forraje o son procesados en otros productos.

Estos residuos pueden tratarse mediante la biometanización, pero solo aquellos que no se usen para otros fines o compostar, serán susceptibles a ser tratados. Se trata de residuos poco biodegradables debido a su gran contenido en lignina.

La mayoría de los vegetales son adecuados para la fermentación anaerobia. La producción de gas es elevada incluso mayor que la de vacuno.

Las partes leñosas y la celulosa resisten la degradación anaerobia, por lo que deben ser evitadas. Así mismo, la poca capacidad de tiraje hidráulico de estos elementos y su tendencia a formar una capa de espuma hace que sólo se puedan usar en plantas tipo batch. A la práctica, estas plantas son poco usadas por la necesidad de carga y descarga intermitente.

En una planta continua de tamaño familiar, los residuos de cosecha se deben usar conjuntamente con los excrementos de los animales, aunque deberán someterse a un pre-tratamiento. Cualquier material fibroso, como la paja se deberá trocear a un tamaño de 2 a 6 cm, y aun así esto no evitará completamente la formación de espuma.

Para el caso concreto del arroz, se sabe que este tiene un contenido muy alto de silicio (13,1 %) que por ser inorgánico no se degrada por el tratamiento orgánico y se acumula en el digestor, pudiendo llegar a crear problemas de colapso.

La lignina, es un componente estructural de los vegetales, y constituye cerca del 30 % de la madera. La biodegradabilidad de la lignocelulosa es muy baja, pero se puede incrementar mediante procesos físicos y químicos, aunque estos aumentan también el coste de operación de las plantas.

Se han realizado estudios concretos para la digestión de los residuos del cultivo del arroz. Estos presentan un ratio C/N de 75, con lo que inicialmente se precisa de una fuente de aportación de nutrientes, como podrían ser residuos orgánicos o estiércol de animales que son una fuente muy remarcable de nitrógeno. Una vez introducido, si este falta se puede recircular dentro del mismo digestor. El pre tratamiento que se precisaría para poder digerir el sustrato puede ser químico, reducción del tamaño o tratamiento térmico. Como conclusión del estudio se obtiene que sea factible el tratamiento de la digestión anaerobia de los residuos del arroz, obteniendo una fuente de energía renovable, a la vez que se solventa el problema de la disposición de estos.

Se obtuvo un rendimiento de biogás de 0,38 m³/kg SV alimentados con un tiempo de retención de 24 días. Si se pre trataba el sustrato mediante una trituración hasta 10 mm, un tratamiento térmico a 110 °C y un tratamiento químico con amonio, se llegaban a alcanzar niveles de 0,471 m³/kg SV entrados. Se concluye que el tratamiento físico no tiene una gran influencia a menos que se combine con otros. Por último, el 75-80 % de la producción de biogás se obtenía en los 14 primeros días, por lo que se puede optar por reducir el volumen del digester. La composición de metano en todos los casos era del 50 %.

La alternativa de tratamiento de este tipo de residuos, sobretodo en el caso del arroz, es no hacer ningún tratamiento, es decir, los restos vegetales se dejan acumulados en los campos de cultivo. La parte que se degrada aeróbicamente no constituye ningún problema a nivel ambiental, pero normalmente los residuos acumulados se degradan mediante procesos anaerobios no controlados, por lo que se emiten al ambiente gases de efecto invernadero. El metano es un gas de efecto invernadero con una incidencia 24,5 veces mayor que el dióxido de carbono, por lo que el impacto ambiental será mucho mayor.

Además de los problemas ambientales, se trata también de un problema de desaprovechamiento de recursos, puesto que la materia orgánica puede proporcionar abono y energía.

El problema de la no degradabilidad de estos residuos puede solucionarse mediante la mezcla con residuos orgánicos de otras fuentes.

1.1.3 Tratamiento de los residuos orgánicos

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 (Teiraetal., 1999). 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 (Flotatset al., 2000):

- ❖ Adecuar la producción de residuos a las necesidades estacionales de los cultivos.
- ❖ Transportarlo fuera de la zona de aplicación del plan de gestión.
- ❖ Valorar económicamente el residuo.
- ❖ Adecuar la composición a los requerimientos del entorno (de suelos, de cultivos, de mínimo impacto ambiental - malos olores)
- ❖ Extraer y recuperar nutrientes valorizables (nitrógeno, fósforo,...)
- ❖ 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, 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:

- ❖ 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.
- ❖ 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.

1.2 Proceso de digestión anaerobia («Digestión Anaerobia», 2011)

La digestión anaeróbica consiste en la descomposición de material biodegradable en ausencia de oxígeno para dar como resultado dos productos principales: biogás (compuesto mayoritariamente por metano) y el lodo estabilizado, conocido como digerido.

Esta tecnología utiliza reactores (digestores) cerrados donde se controlan los parámetros para favorecer el proceso de fermentación anaeróbica, un proceso muy conocido ya que también se produce de un modo natural y espontáneo en diversos ámbitos, como por ejemplo en pantanos, en yacimientos subterráneos o incluso en el estómago de los animales.

1.2.1 Proceso biológico de la digestión anaeróbica

La digestión anaerobia es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar, como por la cantidad de grupo de bacterias involucradas en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea.

El proceso de degradación de la materia orgánica se divide en cuatro etapas:

A. Etapa de hidrólisis

La hidrólisis consiste en una transformación controlada por enzimas extracelulares en la que las moléculas orgánicas complejas y no disueltas se rompen en compuestos susceptibles de emplearse como fuente de materia y energía para las células de los microorganismos.

B. Etapa acidogénica

La segunda etapa, controlada por bacterias, consiste en la transformación de los compuestos formados en la primera etapa en otros compuestos de peso molecular intermedio; como dióxido de carbono, hidrógeno, ácidos y alcoholes alifáticos, metilamina, amoníaco y sulfhídrico.

C. Etapa acetogénica

En la etapa de acetogénesis, los ácidos y alcoholes que provienen de la acidogénesis se van transformando por la acción de bacterias en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.

D. Etapa metanogénica

La metanogénesis, última etapa, consiste en la transformación bacteriana del ácido acético y del ácido fórmico en dióxido de carbono y metano y la formación de metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno.



Las bacterias responsables de este proceso son anaeróbicas estrictas. Se distinguen dos tipos de microorganismos, los que degradan el ácido acético a metano y dióxido de carbono (bacterias metanogénicas acetoclásticas) y los que reducen el dióxido de carbono con hidrógeno a metano y agua (bacterias metanogénicas hidrogenófilas).

El metano no es el único gas que se produce en la degradación de la materia orgánica en condiciones anaerobias, se trata de una mezcla de gases conocida como biogás. Está compuesto por un 60 % de metano (CH_4), un 38 % de dióxido de carbono (CO_2) aproximadamente y trazas de otros gases. La composición o riqueza del biogás depende del sustrato digerido y del funcionamiento del proceso. (Ver anexos: Tabla 1).

1.2.2 Factores que regulan el proceso

Para que pueda desarrollarse el proceso se debe mantener unas condiciones ambientales y operacionales adecuadas, para ello se controlan diversos parámetros ambientales:

- ❖ pH y alcalinidad: el pH debe mantenerse próximo a la neutralidad, pudiendo tener fluctuaciones entre 6,5 y 7,5. Su valor en el digestor no solo determina la producción de biogás sino también su composición.

La alcalinidad es una medida de la capacidad tampón del medio. Puede ser proporcionada por un amplio rango de sustancias, siendo por tanto una medida inespecífica. En el rango de pH de 6 a 8, el principal equilibrio químico que controla la alcalinidad es el dióxido de carbono-bicarbonato. La relación de alcalinidad se define como la relación entre la alcalinidad debida a los ácidos grasos volátiles (AGV) y la debida al bicarbonato

(alcalinidad), recomendándose no sobrepasar un valor de 0,3 - 0,4 para evitar la acidificación del reactor.

- ❖ Potencial redox: con valores recomendables inferiores a -350 mV.
- ❖ Nutrientes: con valores que aseguren el crecimiento de los microorganismos. Una de las ventajas inherentes al proceso de digestión anaerobia es su baja necesidad de nutrientes como consecuencia de su pequeña velocidad de crecimiento. El carbono y el nitrógeno son las fuentes principales de alimento de las bacterias formadoras de metano. Por tanto, la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) tiene una gran importancia para el proceso fermentativo recomendándose un ratio 20-30 como el óptimo.
- ❖ Tóxicos e inhibidores: las sustancias inhibitoras son compuestos que bien están presentes en el residuo antes de su digestión o bien se forman durante el proceso fermentativo anaerobio. Estas sustancias reducen el rendimiento de la digestión e incluso pueden llegar a causar la desestabilización completa del proceso. A determinados niveles los AGV generan serios problemas de inhibición sobre todo en combinación con niveles bajos de pH. Otros problemas de inhibición son los causados por el amonio, el ácido sulfhídrico, o los ácidos grasos de cadena larga. Los pesticidas, desinfectantes o antibióticos presentes en algunos subproductos también pueden llegar a afectar el proceso según su concentración.

Parámetros operacionales que hacen referencia a las condiciones de trabajo de los digestores:

- ❖ Temperatura: A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión dando lugar a mayores producciones de biogás. La temperatura de operación en el digestor, está considerada uno de los principales parámetros de diseño, ya que variaciones bruscas de temperatura en el mismo, pueden provocar desestabilización en el proceso.

Se distinguen dos rangos fundamentalmente, el rango mesófilo (entre 25 y 45 °C) y termófilo (entre 45 y 65 °C). El rango mesófilo es el más utilizado a pesar de que cada vez más se está utilizando también el termófilo para conseguir una mayor velocidad del proceso y una mejor eliminación de organismos patógenos. Sin

embargo, el rango termófilo suele ser más inestable a cualquier cambio en las condiciones de operación y presenta además mayores problemas de inhibición del proceso por la sensibilidad a algunos compuestos, como el amoníaco.

- ❖ Agitación: En función de la tipología de reactor debe transferirse al sistema el nivel de energía necesario para favorecer la transferencia de sustrato a cada población de bacterias, siendo necesaria un equilibrio entre la buena homogeneización y la correcta formación de agregados bacterianos.
- ❖ Tiempo de Retención Hidráulico (TRH): es el cociente entre el volumen del digestor y el caudal de alimentación, es decir, el tiempo medio de permanencia del influente en el reactor, sometido a la acción de los microorganismos, para alcanzar los niveles de energía y/o reducción de la carga contaminante que se hayan prefijado.

$$TRH = \frac{\text{Volumen digestor (m}^3\text{)}}{\text{Caudal alimentación } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}}\right)}$$

- ❖ Carga Orgánica Volumétrica (COV): es la cantidad de materia orgánica introducida diariamente en el digestor, expresada normalmente en sólidos volátiles, por unidad de volumen y tiempo.

1.2.3 Productos/Subproductos obtenidos

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.

Biogás.

Es una mezcla gaseosa formada, principalmente, por metano y dióxido de carbono y pequeñas proporciones de otros gases, como H₂S, H₂, NH₃, etc. La composición o riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso.

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.

1.3 Reactores anaeróbicos (Acea, 2014)

Un Reactor es un equipo cerrado en cuyo interior tiene lugar una reacción: Física, Química o bacteriana.

- ❖ Reactor Anaerobio: Ocurre un proceso anaerobio (ausencia de oxígeno) para dar paso por la vía de microorganismos la formación de biogás, biol y lodo.
- ❖ Reactor Químico: Un reactor químico es un equipo en cuyo interior tiene lugar una reacción química.
- ❖ Reactor Nuclear: Ocurre un fenómeno físico que puede ser por fisión o fusión de las moléculas nucleares.

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 (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican, etcétera) en determinada dilución de agua para que a través de la fermentación anaerobia se produzca gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, y además, se disminuya el potencial contaminante de los excrementos.

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 (CH₄) llamada biogás, que es utilizado como combustible. Como resultado de este proceso se generan residuos con un alto grado de concentración de nutrientes y materia orgánica (ideales como fertilizantes) que pueden ser aplicados frescos, pues el tratamiento anaerobio elimina los malos olores y la proliferación de moscas.

Una de las características más importantes de la biodigestión es que disminuye el potencial contaminante de los excrementos de origen animal y humano, disminuyendo la Demanda Química de Oxígeno DQO y la Demanda Biológica de Oxígeno DBO hasta en un 90 % (dependiendo de las condiciones de diseño y operación).

Se deben controlar ciertas condiciones, como son: el pH, la presión y temperatura a fin de que se pueda obtener un óptimo rendimiento.

El biodigestor es un sistema sencillo de implementar con materiales económicos y se está introduciendo en comunidades rurales aisladas y de países subdesarrollados para obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales.

1.3.1 Tipos de biodigestores y sus características

Debido a la explotación.

Existen varios tipos de digestores los cuales resulta conveniente clasificar, según su modo de operación, en los siguientes tipos:

❖ Digestor de lote

Este digestor se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que han dejado de producir el gas combustible. Digestores de régimen Semi-Continuo. Este sistema es aplicable cuando la materia prima presenta problemas de manejo en un sistema continuo o cuando la materia a procesar está disponible en forma intermitente.

❖ Digestores de régimen semi-continuo

Este tipo de digestores son los más usados en el medio rural, cuando se trata de sistemas pequeños para uso doméstico. Los diseños más populares son el hindú y el chino.

Digestores Tipo Hindú: existen varios diseños de estos digestores, pero en general son verticales y enterrados, semejando un pozo. Se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás si se mantienen las condiciones de operación.

Digestores Tipo Chino: su construcción se realiza con paredes de bloques de hormigón y cúpula de ladrillos, empleando otros materiales conocidos como cemento, arena, piedra y acero constructivo, asegurando con ello una alta resistencia y durabilidad de la obra. No presenta partes móviles propensas al desgaste, así como tampoco partes metálicas propensas a la corrosión. Su tiempo de vida útil se extiende a 20 años.

❖ **Digestores horizontales de desplazamiento**

Generalmente se construyen enterrados, son poco profundos y alargados, semejando un canal, con relaciones de largo a ancho de 5 a 1 hasta 8 a 1 y sección transversal circular, cuadrada o en “V”. Este tipo de digestores se recomiendan cuando se requiere trabajar con volúmenes mayores a los 15 m³ por día.

❖ **Digestores de régimen continuo**

Este tipo de digestores se desarrollaron principalmente para tratamiento de aguas negras y en la actualidad su uso se ha extendido al manejo de otros sustratos.

En general son muy grandes, en los cuales se emplean equipos comerciales para alimentarlos, proporcionarles calefacción y agitación, así como para su control.

❖ **Otros tipos de digestores**

La investigación en el tema de fermentación anaeróbica, buscando aumentar la eficiencia de generación de biogás y degradación de la materia orgánica reduciendo el tiempo de retención, ha llevado al desarrollo de diversos tipos de digestores, como los llamados filtros anaeróbicos. En estos sistemas de alimentación continua y alta dilución, por métodos físicos se logra retener los microorganismos dentro del digestor durante 20 a 30 días, mientras que el líquido activo pasa a través del sistema en tiempos de 1 a 5 días. Con estos se logra reducir en forma significativa el tamaño de la planta, con la consecuente disminución de costos de instalación y operación, mejorando la eficiencia de generación de biogás.

Según el tipo de construcción pueden ser:

❖ De campana flotante (tipo hindú):

Es el más popular en ese país donde varias instituciones hasta 1985 han construido diferentes tipos de estas plantas resultando en la instalación de más de 460 000 unidades. Aunque una parte fueron construidas con ladrillos, cemento y acero para la campana que flota sobre el residual del digester que es donde se almacena el biogás, más tarde se desarrolló la tecnología KVIC con campana de diversos materiales como: ferrocemento, fibra de vidrio, de polietileno de alta densidad, de PVC, de láminas rígidas de PVC y hasta de cemento y bambú (Srinivasan y Hanuman, 1986; Robin, 1990; Nazir, 1991). Esta variante se construye de forma vertical u horizontal y en cuanto a su uso social y volumen pueden ser individuales o comunales.

❖ Del tipo tubular o de "plugflow".

Hechos de goma, polietileno o Red-Mud-Plástico (RMP). Este último material fue desarrollado por primera vez en Taiwán y después en China donde ha demostrado sus excelentes cualidades para ser usado en biodigestores. Este material, producido en forma laminar, es una mezcla de lodos rojos residuales de la extracción de la bauxita y contiene PVC, plasticador, estabilizador y otros ingredientes (Gopalakrishnan, 1982). Al principio los digestores de RMP se hacían tubulares. Más tarde se construyeron en forma de tiendas de campaña. También de esta forma se han construido biodigestores en Nepal, pero de PVC (Devkota, 1986).

❖ De cúpula fija (tipo chino):

Son en las que el gas se almacena en la parte superior por el principio de desplazamiento. Alrededor de 7 millones de plantas han sido construidas en China, las cuales son fabricadas de distintas formas y capacidades, y con diferentes materiales, pero tienen un diseño básico en el que el biogás es colectado en una cúpula fija (Nazir, 1991). En Tailandia se ha diseñado este tipo de biodigestor pero con anillos de bambú, mientras los coreanos desarrollaron uno de bajo costo que consiste en un tanque de ladrillos y cemento cubierto con lona de PVC.

1.3.2 Reactores de Geomembrana (tubular PVC) (González., 2007)

La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto motivó a ingenieros en la provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos. Inicialmente se usaron de nylon y neopreno pero ellos demostraron

ser relativamente costoso. Un desarrollo mayor en los años setenta era combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio producto llamado “ el barro rojo PVC”.

Esto fue reemplazado después por polietileno menos costoso que es ahora el material más comúnmente usado en América Latina, Asia y África. Desde 1986, el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (CIPAV), ha estado recomendando biodigestores de plástico económico como la tecnología apropiada por hacer mejor uso de excrementos del ganado, reduciendo la presión así en otros recursos naturales.

En este digestor el gas se acumula en la parte superior de la bolsa, parcialmente llena con Biomasa en fermentación; la bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja, pues no se puede exceder la presión de trabajo de la misma.

Este digestor presenta los siguientes componentes:

Tubo de admisión: es un tubo plástico de 20 a 30 cm de diámetro, que debe usarse para la admisión de desechos y debe sumergirse en los residuos al menos a 15 cm de profundidad, lo cual previene el escape de metano, es necesario utilizar un pozo para limpiar el material celulítico antes de ingresar al biodigestor, porque este puede obstruir con facilidad la entrada de este.

Fermentador y bolsa de almacenamiento: este es el principal componente del biodigestor y la bolsa de almacenamiento está en la parte superior del biodigestor. El tamaño del fermentador depende de la cantidad de desechos a fermentar por 0.3 m^3 , pero este no debe ser muy grande, si la cantidad de desechos a tratar es elevada se pueden conectar cámaras múltiples por medio del tubo plástico este sistema posee una mayor área superficial es muy eficiente, su limitante es que puede resultar muy costoso. Es deseable que el biodigestor este aislado y cuente con un sistema de calentamiento y agitación. Un mecanismo bueno sería la construcción de una pared de tierra en la parte norte del biodigestor para prevenir el enfriamiento a causa de los vientos, en el lado sur un colector solar simple para la calefacción, esto con el fin de mantener la temperatura del fermentador constante. La bolsa de almacenamiento de gas puede incorporarse al digestor o estar independiente y puede instalarse cerca de la cocina.

Tubo del afluente: el diámetro del tubo debe ser de 4 a 6 pulgadas de material de plástico, este se localiza por debajo del tubo de entrada en el lado opuesto al digestor, el tubo del

afluente también debe ser sumergido a 15 cm de profundidad del fermentador para prevenir el escape del gas, se debe mantener el flujo constante.

Tubo de metano: este tubo se ubica en la parte de la bolsa de almacenamiento de metano, este debe tener 2 pulgadas de diámetro y se usa para transportar el biogás a su lugar de uso, el tubo posee una salida que está sumergida en agua y que drena la humedad condensada.

Dispositivo de seguridad: este se utiliza para prevenir la ruptura del fermentador debido a presiones altas de la fermentación anaerobia de los desechos. Consiste en una botella de al menos 10 cm de profundidad insertada al tubo de salida, cuando la presión del digestor es mayor a la del agua, se libera el biogás.

Tubo de limpieza: el lodo que se sedimenta en el fondo del biodigestor debe ser removido cada dos años, la tubería sirve para evacuar estos lodos por mecanismos como bombeo, se pueden disponer cuando el biodigestor es muy largo de un tubo en un extremo del biodigestor y otro tubo en la mitad del mismo.

Instalación: lo primero que se debe hacer es preparar un foso que debe ser un poco más grande que el biodigestor, luego se procede a instalar el biodigestor y los tubos de admisión y de afluentes. Después de tres o cuatro días se llena el foso con agua, se descargan los desechos animales, el agua que rodea el digestor puede ayudarlo a expandirse completamente y disminuye la tensión que ejerce en los tubos de entrada y de salida. Dependiendo de la época del año en la que se haga la instalación el proceso de fermentación se hace más rápido en verano y más lento en invierno.

Mantenimiento: estos biodigestores pueden tener una durabilidad de 20 años, en el caso de presentarse rupturas de este pueden ser fácilmente reparadas del mismo material del biodigestor usando un adhesivo fuerte, la parte reparada debe permanecer seca hasta su endurecimiento por completo. Cuando se necesita el metano solo se ejerce una pequeña presión sobre la bolsa de almacenamiento moviendo de esta forma el biogás a donde se necesita.

1.4 Evaluación de proyectos de inversión

En una evaluación de proyectos siempre se produce información para la toma de decisiones, por lo que también se le puede considerar como una actividad orientada a mejorar la eficacia de los proyectos en relación con sus fines, además de promover mayor

eficiencia en la asignación de recursos. En este sentido, cabe precisar que la evaluación no es un fin en sí misma, más bien es un medio para optimizar la gestión de los proyectos.

Todos los proyectos siguen su propio ciclo. Existen muchas versiones acerca de lo que es el "ciclo" de un proyecto, diferenciadas esencialmente por el manejo de la terminología y la cronología de algunas actividades. Lo que debe tenerse en cuenta es que la comprensión del ciclo de un proyecto es un aspecto fundamental para poder ubicar la evaluación dentro del conjunto de actividades a realizar.

1.4.1 Los Proyectos de inversión. Principales componentes

En el proceso inversionista se identifican elementos esenciales que lo caracterizan entre ellos:(Lanfranco., 2009)

- ❖ Sujeto de la inversión: Es la persona que toma la decisión de invertir o no y que suministra los recursos líquidos necesarios. Algunos autores distinguen entre sujeto físico (aplicable a las decisiones de inversión del tipo doméstico, donde los beneficios se miden en términos de utilidad) y sujeto ideal o jurídico (donde los beneficios se miden en términos monetarios).
- ❖ Objeto de la inversión: Es el bien o conjunto de bienes en los que se materializa la inversión y suele ser de naturaleza diversa: activos tangibles o intangibles de larga duración y de corta duración y activos financieros.
- ❖ Costo de la inversión: Llamado también inversión inicial, es el desembolso en el que hay que incurrir para desarrollar el proceso de inversión. El costo puede o no coincidir con el precio total del activo objeto de inversión y puede o no presentar gastos de investigación, instalación, y puesta en marcha, prospección de mercado, recogida de información y formación del personal.
- ❖ Esperanza de recompensa futura: También conocido como beneficio futuro de la inversión, no es más que el rendimiento de la inversión y se mide en forma de flujos de efectivo. Esta recompensa está confirmada por la diferencia entre los flujos negativos y positivos que se producen como consecuencia de la explotación del objeto de la inversión.
- ❖ Corriente de pagos: Está formada por el conjunto de desembolsos líquidos a enfrentar a lo largo de la vida útil de la inversión. Dichos desembolsos pueden salir directamente de la

corriente de cobros o en determinados casos tendrán que ser afrontados por medio de la tesorería externa, generando un tratamiento diferente a efectos del análisis.

- ❖ Corriente de cobros: Se refiere a los cobros futuros que el sujeto de la inversión espera obtener del proyecto de inversión y que le resarcirán de los costos.
- ❖ Tiempo: Es un componente de vital importancia en los procesos de inversión que se encuentra implícito dentro de los anteriores y constituye la base sobre la que tienen lugar los acontecimientos de los proyectos.

El enfoque aquí presentado se basa en tres aspectos principales: (Ver anexo B)

Cada etapa del ciclo tiene su razón de ser y, por lo tanto, no debería limitarse a hacer una repetición más detallada de las labores realizadas en etapas anteriores.

Es importante involucrar desde un principio del ciclo del proyecto, a los distintos actores interesados o involucrados en el mismo, para que colaboren conjuntamente en su diseño, evaluación y ejecución.

Se necesita una estructura flexible del ciclo que se adapte con facilidad a los diversos tipos de proyectos. El ciclo no debe percibirse como una camisa de fuerza lineal sino como una lógica de progresión de un proyecto.

En su forma general, el ciclo del proyecto comprende tres etapas, a saber:

- Pre-inversión
- Ejecución o Inversión
- Funcionamiento y Mantenimiento

Las etapas constituyen un orden cronológico de desarrollo del proyecto, en las cuales se avanza sobre la formulación, ejecución y evaluación del mismo. A continuación se hace una breve presentación de cada etapa.

1.4.2 Las diferentes etapas y fases de un proyecto

1º ETAPA.- PRE – INVERSIÓN:

La etapa de pre inversión se crea por la formulación y evaluación ex – ante de un proyecto. Está comprendida entre el momento en que se tiene la idea del proyecto y la toma de decisión de iniciar la inversión.

Consiste en un juego interactivo de preparación y evaluación en el cual se diseña, evalúa, ajusta, rediseña, etc. Esta etapa tiene por objeto definir y optimizar los aspectos técnicos, financieros, institucionales y logísticos de su ejecución. Buscando especificar los planes de inversión y montaje del proyecto, incluyendo necesidades de insumos, estimativos de costos, identificación de posibles obstáculos, necesidad de entrenamiento y obras o servicios de apoyo.

Esta etapa se compone por cuatro fases, que dividen y delimitan los pasos sucesivos de preparación y evaluación. Las fases son las siguientes:

1. Identificación.
2. Perfil.
3. Pre-Factibilidad.
4. Factibilidad.

En cada una de las fases de pre-inversión se llevan a cabo diferentes estudios de diagnóstico y de preparación del proyecto (socio-económico; técnico; de mercado; financiero; ambiental; legal; administrativo-institucional).

Los estudios efectuados en cada fase de la etapa se convertirán en insumos de la misma preparación o formulación del proyecto así como de las evaluaciones realizadas en dicha fase. Los resultados de dichas evaluaciones mostrarán el camino más indicado para el desarrollo del ciclo, teniendo como alternativas:

1. Continuar hacia la siguiente fase (en la medida en que las evaluaciones indiquen que los beneficios netos esperados sugieren que vale la pena seguir invirtiendo en la etapa de pre-inversión).
2. Retroceder o detener dentro de la etapa de pre-inversión, con el fin de indagar sobre ciertos aspectos de la formulación y evaluación (en la medida en que se presente

incertidumbre en cuanto a la posible justificación de continuar con la etapa de pre-inversión).

3. Suspender la etapa de pre-inversión y destacar el proyecto (en el caso en que se indiquen que no haya viabilidad para el proyecto y/o que los beneficios netos esperados no justifiquen invertir más en el diseño del proyecto).(Ver anexo C y D)

2º ETAPA.- EJECUCIÓN O INVERSIÓN

La etapa de ejecución y seguimiento está comprendida entre el momento en que se inicia la inversión y el momento en que se liquida o se deja de operar el proyecto; presenta dos fases:

Diseños Definitivos

Una vez aprobada la realización del proyecto, se procede a contratar los diseños definitivos. Debido a que su elaboración suele generar una serie de pequeños cambios en el diseño del proyecto, puede ser necesario actualizar los presupuestos. Sin embargo, es importante anotar que, de ser bien realizado el estudio de factibilidad, los cambios que se introduzcan en esta fase no deben ser significativos.

Tan pronto se tengan los diseños definitivos y los presupuestos actualizados, se procede a preparar el informe de presupuesto. En caso de ser necesario, también se elaborará el informe de crédito, con el fin de solicitar a las entidades financiadoras acordes con los requerimientos de recursos.

Montaje y Operación

El proceso de ejecución del proyecto comprende la construcción o montaje, y la operación del mismo a través de todos los años de su “vida útil”, convencionalmente se divide en dos sub-fases; la de montaje o construcción, y la de operación y mantenimiento. Esta división arbitraria no implica que durante la operación de un proyecto no se hagan inversiones o montajes para ampliación o reposición.

Durante las dos sub-fases del montaje y operación, la evaluación juega un papel significativo, pues permite realizar ajustes al diseño y ejecución del proyecto, de tal forma que facilite el cabal cumplimiento de las actividades programadas y el logro de los objetivos. Así la evaluación juega un papel “formativo”, tiene la capacidad de influir sustancialmente sobre la

forma en que se ejecuta el proyecto. Esta evaluación se caracteriza por trabajar con información verificable en el momento y, por lo tanto, se asocia con una evaluación ex–post.

En conclusión podemos decir que por dos razones fundamentales podemos percibir las labores de monitoreo (seguimiento) y evaluación como esenciales: primero, entregan información necesaria para la toma de decisiones sobre la continuación o no del proyecto y la necesidad de replantear o ajustar lo que falta del mismo; segundo, sirven como mecanismos para mejorar los criterios de proyección en futuras evaluaciones. (Ver anexo E)

3° ETAPA.- FUNCIONAMIENTO O MANTENIMIENTO

Comprende la evaluación que es efectuada después de que un proyecto es ejecutado. Tiene como fin determinar hasta dónde el proyecto ha funcionado según lo programado y en qué medida ha cumplido sus objetivos.

La característica principal de la evaluación ex–post es que la incertidumbre es inexistente. Esta condición se puede ver afectada por la cantidad y calidad de la información recolectada, durante la ejecución del proyecto.

La evaluación busca cuantificar el impacto efectivo, positivo o negativo, de un proyecto. Sirve para verificar la coincidencia de las labores ejecutadas con lo programado. Su objeto consiste en explicar. Al identificar los aspectos del proyecto que fallaron o no estuvieron a la altura de las expectativas, analiza las causas que crearon esta situación. También indaga sobre los aspectos exitosos, con el fin de poder reproducirlos en proyectos futuros. Además, constituye una herramienta para identificar proyectos futuros, ya sean reposición o de complemento.

La evaluación ex–post: nos agrega conocimiento y experiencias a los ya acumulados. Así, nos aporta información valiosa para entender e interpretar experiencias pasadas y para formular mejores proyectos futuros.

Existe cierto rechazo a la evaluación ex–post porque en algunos casos se ha utilizado como un ejercicio de identificación de culpables de un proyecto no exitoso. El buen uso de la evaluación ex–post reemplaza esta aplicación acusatoria con el ánimo de retroalimentar el diseño y la gestión de proyectos y para aportar criterios a las etapas de pre-inversión de proyectos futuros

Tipos de evaluación:

Los proyectos requieren en varias de sus fases o etapas ser evaluados; estas evaluaciones tienen, por su naturaleza, objetivos diferentes, y necesitan de metodologías distintas. Se debe considerar que una evaluación corresponde a un actividad por realizar en un período determinado, dentro de una fase del ciclo del proyecto que se pretende evaluar y parte del establecimiento con claridad, tanto del propósito y alcances como de las interrogantes que la diseccionan.

Existen cuatro etapas en donde la evaluación se hace necesaria:

- I. En la formulación del proyecto, cuando se comparan varias opciones.
- II. En el agente financiador, sea público o privado, con el objeto de decidir si es beneficioso o no aprobar los fondos necesarios para ejecutar el o los proyectos.
- III. En la ejecución del proyecto, para verificar o corregir las actividades que se realizan en ese momento o en el futuro inmediato.
- IV. En la etapa de funcionamiento u operación del proyecto, para comprobar si se están cumpliendo o no las previsiones realizadas durante las etapas anteriores.

1.4.3 Evaluación Ex post

En la evaluación Ex-post se debe considerar el manejo adecuado de los recursos del proyecto, el monitoreo o seguimiento del avance para realizar acortamientos de tiempo tomando como base el incremento de costos marginales a fin de cumplir en el tiempo previsto y evitar perder credibilidad, analizar los aspectos de la calidad para asegurar que esta no se pierda por defectos del proceso o mala calidad de los materiales, realizar reasignaciones de recursos y personal en términos de las dificultades encontradas en la aplicación de los presupuestos diseñados, reajustes de los ingresos y costos ante las fluctuaciones de los mercados, respuesta inmediata a los entornos adversos motivados por situaciones legales o políticas y el reajuste de los presupuestos cuando no se cumplen las metas propuestas para evitar el colapso o endeudamientos agresivos.

Esta evaluación se realiza con los siguientes propósitos:(Planeación., 2004)

- ❖ Conocer la eficacia del programa o proyecto, es decir, si las metas propuestas se realizaron en la cantidad y oportunidad con que fueron programadas. Con esta actividad además de conocer si el programa ha sido realizado con éxito, se verifica la capacidad de programación y previsión de la entidad ejecutora.
- ❖ Precisar el impacto en el nivel macroeconómico a donde apunte el programa o proyecto.
- ❖ Medir la calidad en el cumplimiento de objetivos.
- ❖ Evaluar si los grupos beneficiados eran los previstos y si el beneficio alcanzó la dimensión programada.
- ❖ Analizar el proceso de toma de decisiones con relación al programa o proyecto desde la identificación hasta el momento de la evaluación.
- ❖ Conocer la capacidad institucional para identificar, llevar a cabo y hacer seguimiento de sus programas y proyectos.

La evaluación es pues una etapa propia (la evaluación ex-post o a posteriori) o una acción transversal a todas las etapas del ciclo del proyecto, que se nutre del análisis evaluativo de la etapa de preparación del proyecto así como del seguimiento del mismo. El proceso evaluativo aporta datos y juicios valorativos que de ella se derivan en distintos momentos del ciclo de intervención del proyecto.

Las principales funciones de la evaluación Ex-post son:

- ❖ *Apoyar los procesos de gestión.* La evaluación posterior recoge todos los documentos que se han recopilado en forma de seguimiento a las actividades como apoyo a la gestión del proyecto que se está ejecutando y recopila la información sobre la ejecución una vez que el proyecto ha concluido, lo que permite aportar recomendaciones y reorientar el proyecto, medir la eficiencia en el desarrollo del mismo así como obtener los costos y la eficiencia del uso de los recursos y detectar si es necesario mejorar y corregir el modo en que se realizan las actividades.
- ❖ *Controlar.* La función de control financiero y contable, así como de la realización de las acciones normalmente responde a las demandas de las agencias donantes que necesitan la justificación de lo invertido en el proyecto, o a los requerimientos de los gobiernos. A

través de la evaluación de eficiencia económica y financiera se puede conocer el grado de rentabilidad de los capitales, bienes y servicios, una vez concluido el proyecto.

- ❖ Aprender. Entender la evaluación como herramienta de aprendizaje permite mejorar la gestión de proyectos futuros mediante las enseñanzas obtenidas. La realidad empírica de la gestión de proyectos es la que pone de manifiesto que las evaluaciones de proyectos de desarrollo específicos y de políticas de intervención más generales han contribuido a determinar los errores cometidos permitiendo aprender de los mismos y tomar decisiones oportunas que orienten su implementación adecuada.

Ejecutores de la evaluación ex-post.

Los tipos de evaluación enmarca tres modalidades de evaluación: externa, interna, mixta y participativa,

1. *Evaluación externa*: Se realiza por personal técnico o evaluador experto procedente de otro medio (universidades, consultorías, organizaciones de investigación y otras) o que no esté involucrado en la implementación y ejecución del proyecto. Al no tener vínculo directo con el proyecto, este agente no se subordina a ninguna organización local (Patton, M., 1997) lo que le permite aportar una visión objetiva y crítica del desarrollo del proyecto y puede servir tanto a la organización que ejecuta el proyecto, como a las autoridades políticas u organismos donantes para fundamentar la toma de decisiones.
2. *La evaluación interna o autoevaluación*: Es realizada por agentes internos que pertenecen a la organización local o a las que estén encargadas del proyecto con la finalidad de conocer los problemas o avances en sus actividades e introducir los ajustes necesarios. Es realizada por personas del propio programa que dominan sus objetivos, problemas, fortalezas y debilidades porque lo ejecutan directamente. Algunos muestran diferencia entre evaluación interna y autoevaluación, planteando que la evaluación interna se realiza por una persona de la organización responsable pero no vinculada directamente con el proyecto mientras que la autoevaluación se realiza por los responsables de la ejecución que evalúan de manera regular como parte del seguimiento de las actividades. (Rubin, F., 1997; Estrella, M. y Gaventa, J., 1998)
3. *La evaluación mixta*: Es realizada por agentes externos e internos y en su diseño y

aplicación participan tanto el personal responsable del proyecto como agentes externos, en la que los agentes internos se encargan de los aspectos locales y de la organización del proyecto y los externos de mediciones más estandarizadas y objetivas. Estos agentes funcionan como facilitadores-formadores de la viabilidad del proceso de monitoreo y evaluación. Es una modalidad más integradora y participativa que aprovecha las ventajas del trabajo conjunto.

El balance de estas tres modalidades permite diferenciarlas en torno a cinco puntos:

- ❖ *Lo objetivo frente a lo subjetivo:* Se considera que lo externo es más objetivo y lo interno más subjetivo, por lo que la opción de combinar desde diferentes puntos de vista el análisis de la realidad suele proporcionar mayores garantías.
- ❖ *El papel de la población beneficiaria:* Cuanto más participativo es el grupo evaluativo, mayor posibilidad de éxito. Si no se tiene en cuenta a los grupos beneficiarios en el proceso, éstos asumen un rol de meros portadores de información.
- ❖ *La metodología utilizada:* En los proyectos en que el evaluador es externo su rol es meramente proveedor de información para la población beneficiaria, pero cuando ésta forma parte integrante del equipo evaluador, entonces participa de los distintos pasos y acciones que el proceso evaluativo requiere tales como decidir cuándo y cómo evaluar, seleccionar los métodos a utilizar, recoger y analizar los hechos ocurridos y la información, preparar informes, decidir cómo usar los resultados y aplicar las recomendaciones en la práctica (Feurerstein, M.T, 1986).
- ❖ *Los costos.* A medida que se avanza en la escala de participación el costo es mayor, bien en sentido económico o temporal, pero pueden minimizarse si se realiza el proceso de manera eficiente.
- ❖ *La veracidad, fiabilidad y validez de lo observado:* En el caso de la veracidad, los agentes evaluadores externos están más limitados en la veracidad de la información, pues son expertos contratados por la organización donante que generan ansiedad en los beneficiarios. En cuanto a la fiabilidad, el agente externo es el que conoce mejor los métodos y técnicas de obtención de información y por ello maximiza las posibilidades de objetividad de la información. El parámetro de la validez entre los investigadores sociales, es considerado como instrumento de verificación de que los resultados son

válidos por sí mismos para lo que se pretendía evaluar y de orientación de los resultados a los cambios futuros.

Modelos de la Economía

En el marco de la evaluación cuantitativa en el campo de la economía, existen varios modelos para lo que se conoce como evaluación socioeconómica de proyectos, la que se entiende como aquel conjunto de herramientas que posee el economista para poder analizar proyectos y políticas con el propósito de destinar los recursos de tal manera que provea de mayores beneficios para la población nacional.

Algunos de los modelos de evaluación de la rentabilidad económica de los programas han tratado de aplicarse al ámbito de proyectos sociales y de desarrollo, tal es el caso del Análisis Costo-Beneficio (ACB) y el Análisis Costo-Eficacia (ACE).

Para comparar los costos y los beneficios de un proyecto se consideran todos los ingresos y egresos del mismo, el valor relativo del dinero en el tiempo y la tasa de interés equivalente cuando se comparan magnitudes monetarias en momentos distintos. Las formas de cálculo más utilizadas son el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación costo-beneficio.

Los objetivos propuestos en la evaluación Ex-antes y en el proyecto en sí mismo en la evaluación Ex-post. El análisis ACE puede proveer información sobre los menores costos para alcanzar un objetivo y los datos sobre costos y precios para lograr diferentes objetivos. El ACE Ex-post tiene una secuencia lógica cuyas etapas fundamentales son las siguientes: (Musto, S., 1975)

- ❖ Identificar con precisión los objetivos del proyecto.
- ❖ Traducir los objetivos en dimensiones operacionales e indicadores.
- ❖ Especificar las alternativas que serán evaluadas.
- ❖ Medir los recursos afectados en términos monetarios.
- ❖ Medir el grado de logro de los objetivos.
- ❖ Comparar la alternativa de menor costo (entre las que alcanzan el objetivo) y la realizada.

1.5 Las Inversiones en Cuba

El estudio de la experiencia cubana de los primeros sesenta años del siglo XX muestra que la desregulación total de la economía y del proceso de inversión no logra la conciliación necesaria entre los intereses nacionales y los de los inversionistas extranjeros. Las políticas económicas y estrategias, junto con los instrumentos adecuados para su aplicación que mejor se guiaría los flujos de inversión.

Hacia 1925, el 75 % de sus principales productos y servicios básicos (comunicaciones, generación de energía, refinación de petróleo) se han llevado a cabo por empresas extranjeras.

El sistema bancario era controlado por los bancos de Estados Unidos (EE.UU.) e Inglés. Un total de 80 % de las mejores tierras de cultivo estaban en manos de las empresas de azúcar y ganado vacuno de los EE.UU., y este país controlaba el 75 % de los cubanos extranjeros. Años más tarde, las empresas de EE.UU. desplazados de las empresas de otros países, y el 95 % de la inversión extranjera acumulada les correspondía. El control económico de la sociedad fue de la mano con la política control. Durante la década de los años cincuenta, amplias instalaciones fueron creadas con el fin de realizar un lenguaje de desarrollo turístico, y los créditos se concedieron a nacionales de recursos para alentar a las empresas extranjeras a construir hoteles en Cuba.

En 1959 las inversiones extranjeras en Cuba llegaron a su fin. Las empresas fueron nacionalizadas y se firmaron acuerdos con casi todos los países cuyas empresas o los ciudadanos se habían visto afectados con el fin de otorgar una reparación adecuada. Aunque el gobierno cubano propuso un plan para compensar a las empresas de EE.UU. y los ciudadanos, no ha sido posible discutir ese plan o cualquier otro desde las administraciones de EE.UU. han negado a hacerlo y han prohibido a las empresas afectadas y las personas a negociar directamente con Cuba.

Política y Marco Legal. En 1988 abrió una nueva etapa en la empresa conjunta se creó la primera entre una empresa cubana y una empresa española con el propósito de construir un hotel en la localidad turística de Varadero, sobre la base del Decreto-Ley N ° 50 de 1982.

De 1991 a 1994, la inversión extranjera se aceleró como una de las importantes medidas adoptadas por las autoridades cubanas para recuperarse de las graves consecuencias para la

economía por la desaparición de la Unión Soviética y los vínculos económicos con otros países socialistas en el marco del Consejo de Ayuda Económica Mutua (COMECON). Este impacto provocó la pérdida del 35 % del Producto Interno Bruto (PIB) de Cuba en los tres primeros años de la década de los noventa, con fuertes efectos económicos y sociales. A partir de 1997, la inversión extranjera amplió y más ofertas complejas se acordaron con socios importantes en abrir nuevos sectores.

Hoy en día, los inversores de 46 países operan en casi 400 empresas en 32 sectores de la economía cubana, el 52 % de los inversionistas son de países de la Unión Europea: 24 % de España, casi el 15 % de Italia, el 4 % de Francia, el 3,5 % de la del Reino Unido. Turismo, Petróleo y Gas, Minería, Energía y Telecomunicaciones son los principales sectores de inversión. Por lo tanto, la inversión extranjera directa, se centró en la búsqueda de nuevos mercados exteriores, tecnologías competitivas y financiamiento (principalmente de larga duración) ha jugado un papel importante en la recuperación económica del país.

En la actualidad el mercado financiero cubano se caracteriza por su poca liquidez y la ausencia de cotizaciones públicas que permitan conocer el valor de las acciones. El Banco Central no emite títulos de deuda ni tampoco lo hace ninguna otra entidad. Todo ello hace que las inversiones en Cuba se acercan más a las reales que a las financieras y por tanto resulte difícil medir el riesgo en un contexto de Cartera. Se sabe además que la economía cubana está inmersa en un proceso de inserción creciente en la economía mundial y las transformaciones de su sistema financiero no se ha dado por terminadas.

En este contexto, la evaluación de proyectos de inversión bajo condiciones inciertas y con riesgo en las condiciones de Cuba ha sido desde el punto de vista teórico, un tema poco explorado y estudiado. Por lo que los métodos más conocidos, en general, han sido diseñados para unas condiciones, objetivos y requisitos de información que no siempre están presentes en nuestras condiciones y en algunos casos resultan de dudosa aplicación.

Todo ello condiciona que los inversionistas en Cuba al evaluar los proyectos de inversión no tengan una referencia aproximada sobre la tasa de descuento (o costo de oportunidad del capital) a emplear para descontar los flujos de efectivo de un proyecto de inversión arriesgado.

Precisamente esta es una de las principales dificultades para la aplicación del VAN como criterio fundamental de evaluación de inversiones. (Mora, 2010b).

Según Castro Tato (2001) la tasa de interés para los depósitos a plazo fijo o préstamos a largo plazo constituye hoy la principal referencia para estimar la tasa de descuento, bajo el criterio de que toda inversión en la esfera productiva debe aportar una rentabilidad superior a la existente en el mercado como forma de estimular al inversionista para atraer inversiones. Esta tasa debe incluir el riesgo del proyecto en cuanto a la posibilidad de no poder obtener los beneficios esperados de la inversión y la necesidad de una prima adicional para protegerse de la inflación.

La relevancia de este problema ha sido reconocida en las actuales metodologías nacionales y ramales de evaluación de inversiones, las que se han pronunciado por la necesidad de incorporar en los estudios de factibilidad de las inversiones de un análisis del riesgo y la incertidumbre que permita elevar la precisión de las propuestas de proyectos y mejorar el proceso de toma de decisiones.

Hasta el momento los métodos más utilizados en Cuba para efectuar análisis de riesgo en los estudios de factibilidad de nuestras inversiones son el análisis de sensibilidad y en menor medida el análisis de punto de equilibrio. El primero ha sido desde siempre el método recomendado en las distintas metodologías ramales y nacionales de evaluación de inversión vigentes y sobre el que hay una amplia experiencia acumulada, en tanto, el método del punto de equilibrio, de uso más limitado es un caso especial del análisis de sensibilidad unidimensional para determinar el punto crítico de las variables o parámetros de entrada de una inversión en relación con un objetivo.

A pesar de estas virtudes, ambos métodos se sustentan en el principio del *ceterisparibus*, es decir, permiten el análisis de una sola variable a la vez y además no le atribuyen a la estimación de las variables de entrada su probabilidad de ocurrencia. De ahí que sus resultados deban utilizarse con mucho cuidado por cuanto no reflejan con suficiente exactitud la realidad económica e imponen ciertas limitaciones en el alcance de las recomendaciones que pueden derivarse de su aplicación.

Una forma de superar estas limitaciones es emplear el análisis de riesgo haciendo uso de la simulación de Monte Carlos. Al respecto hay algunas experiencias interesantes de

aplicación de este enfoque en el país que resultan prometedoras para su implementación en las condiciones actuales de la economía cubana a fin de elevar la calidad de la evaluación económico financiera de nuestras inversiones y potenciar la toma decisiones en los estudios de factibilidad de nuestras inversiones. Las modernas hojas de cálculo electrónicas de Excel y su compatibilidad con Microsoft Visual Basic, han convertido a la simulación en una herramienta muy poderosa, fácil de aplicar y al alcance de cualquier economista para efectuar análisis de riesgo robustos a partir de la relación rentabilidad /riesgo. Cuba se enfrenta a la voluntad y decisión de continuar la marcha de su camino socialista. Llevar a cabo inversiones, que en lo económico y social aseguren la reproducción del proceso en magnitudes sustentables para el país, es un requerimiento mayúsculo. (Ocaña, Torres Eyenebi, 2010e).

Conclusiones parciales del capítulo

1. Los cambios acelerados y desarrollo de las sociedades han propiciado la producción de grandes cantidades de residuos orgánicos que ocasionan graves problemas ambientales, pero teniendo en cuenta que los residuos orgánicos pueden ser degradados por acción biológicas el hombre se ha dado cuenta que se les puede dar distintos usos y así minimizar su impacto negativo en el medio ambiente.
2. Al analizar la literatura se identificó que en el mundo existen varios tipos de digestores, los cuales tienen distintas calificaciones según su modo de operación y el uso que se le dará. Por otra parte, se evidencia que una forma de poder acceder a los digestores y distintos lugares es por medio de proyectos.
3. Los proyectos son de gran beneficio para poder acceder a distintos tipo de digestores para su uso, y que estos puedan generar impactos positivos en los beneficiarios, pero para tener la certeza de la positividad de los mismo se requieren que en varias de sus fases o etapas sean evaluados y emplear metodologías que puedan ser utilizadas teniendo en cuenta las características del cualquier caso de estudio, en tal sentido al analizar este marco teórico se evidenció una correspondía del procedimiento (Mata 2010) y los objetivo de esta investigación.

Capítulo 2. Descripción del Proyecto.

2.1 Caracterización del proyecto de digestores de Geomembrana. ANAP

La estabilidad ecológica de las montañas cienfuegueras se ve seriamente comprometida por prácticas sociales insostenibles que responden a coyunturas económicas. La cría de ganado vacuno y porcino ha tomado auge en los últimos años y ello trae aparejado serios problemas para los ecosistemas dada la generación de residuales orgánicos que no reciben un correcto tratamiento y con ello ponen en peligro la salud humana y los propios recursos naturales.

Identificándose así como los principales problemas ambientales en estas comunidades:

- ❖ Las emisiones de metano a la atmósfera debido al no tratamiento de los residuales de la actividad agropecuaria, lo que incrementa además la carga contaminante de origen animal que se vierte al medio, fundamentalmente a los suelos, las aguas superficiales y subterráneas, con afectaciones a la biodiversidad de este sensible ecosistema.
- ❖ La inexistencia de infraestructura para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.
- ❖ La afectación al bosque en búsqueda de leña para su uso en la para la cocción de alimentos, lo que contribuye a la deforestación.
- ❖ La deforestación.
- ❖ La pérdida de la fertilidad de los suelos.

Valorados los problemas anteriores, la ANAP se dio a la tarea de proponer el proyecto "Disminución de las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero en las zonas montañosas de Cienfuegos", para el cual solicitó un presupuesto de \$ 50.000,00 USD y \$ 16.000,00 MN para la adquisición de los biodigestores de geomembrana tubular de PVC en Ecuador con un precio cada uno de \$ 500.00USD aprobándose de esta forma el proyecto.

A la Provincia de Cienfuegos arribaron con fecha 13 de marzo del 2014 la cantidad de 74 biodigestores de Geomembrana de PVC, entregándose en esa misma fecha 50 plantas al

municipio de Cumanayagua con un total de 9 CCS involucradas en el montaje de estas unidades.

De igual manera se procedió con la entrega de 12 unidades a la CCS Jesús Menéndez del municipio de Palmira y 12 unidades más a la CCS Niceto Pérez del municipio Abreu.

La posibilidad de disponer de una fuente de energía económica y eficiente es una expectativa latente en todos los pobladores, motivo por el cual se considera que la introducción de la tecnología de los biodigestores para la obtención de energía a partir de fuentes renovables no convencionales es factible y muy conveniente en esta zona.

El aprovechamiento de los residuales de la cría de animales estabulados (estiércol) con la utilización de los biodigestores permite así la obtención no solo de biogás, sino también la producción de biofertilizantes para la conservación y mejoramiento de los suelos.

Históricamente la escasez de combustible de uso doméstico ha sido un problema que ha enfrentado la población cubana; en el caso de las poblaciones rurales, resultado de prácticas culturales, esta situación se ha resuelto en parte a expensas del bosque, del cual extraen la madera para la fabricación de carbón o para utilizarla directamente como combustible. Este fenómeno trae como consecuencia un sensible deterioro de la cobertura vegetal debido a la deforestación que genera, lo cual repercute de forma directa sobre el resto del ecosistema, incidiendo marcadamente en el deterioro de los suelos debido al incremento de la erosión.

Por lo que otro beneficio directo de esta tecnología es que disminuyen las presiones sobre el bosque, al reducirse la cantidad de árboles que se talan para ser utilizados como combustible y la trabajosa labor de recolección de leña para cocinar (principalmente llevado a cabo por mujeres. La mejora física y nutricional del suelo se logra con la aplicación de un abono de mejor calidad, la biomasa conserva los elementos fertilizantes y el agua decantada se puede utilizar para la irrigación de los cultivos.

En las lagunas en que se almacena el agua decantada producto del lavado en los medianos y grandes estabulados se pueden criar peces, que pueden ser alimentados con los residuos sólidos del biogás; estas lagunas no atraen moscas ni roedores. Esta tecnología es aplicable a cualquier lugar independientemente del nivel técnico.

Con el empleo de los lodos finales procedente de los biodigestores como biofertilizantes se mejorarán las condiciones del suelo en más de tres mil hectáreas y con ello se incrementarán los rendimientos agrícolas.

2.2 Caracterización del proyecto de digestores de Geomembrana. Municipio Cumanayagua

El proyecto " Disminución de las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero en 6 comunidades del municipio de Cumanayagua del macizo montañoso de Guamuhaya " se desarrolla en 50 fincas pertenecientes a 9 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) del municipio de Cumanayagua ubicadas en un área de montaña, pre-montaña y llano hacia el centro este del territorio. Limita con el extremo sureste de la Provincia Cienfuegos, al norte con Cruces y Ranchuelo, al sur con el Mar Caribe, por el este con Trinidad y Manicaragua y por el oeste con Palmira y Cienfuegos. Su extensión territorial es 1 101.8 Km²; representa el 26.3 % del área total de la provincia. (Ver **Anexo F**: Fig.5. Localización).

Tiene como objetivo general:

- ❖ Contribuir con la instalación de 50 biodigestores tubulares de polietileno al manejo y aprovechamiento de los desechos orgánicos persistentes en los sistemas productivos, para reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI).

Objetivos específicos:

- ❖ Reducir en 1.362.422.00 m³ el volumen de contaminantes emitidos al Medio Ambiente por concepto de la cría de animales en cautiverio mediante el empleo de 50 biodigestores.
- ❖ Mejorar 400 ha de suelos agrícola en 50 fincas pertenecientes a 9 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) del municipio de Cumanayagua a partir del uso de los lodos finales de los biodigestores, repercutiendo en el incremento de la producción agrícola.
- ❖ Capacitar a 100 productores sobre el manejo e instalación de biodigestores tubulares de polietileno, uso integral del gas y los efluentes de la digestión anaeróbica, así como en requerimientos nutricionales del suelo y uso correcto de biofertilizantes.

Los socios de las cooperativas son 1379 siendo de ellos 131 mujeres y 1248 hombres.

Características del municipio:

El relieve predominante del territorio donde se desarrolla el proyecto es premontañoso y montañoso (70 % de la superficie total). Aquí se encuentra la mayor altura de la región central: El Pico San Juan, con 1140 metros sobre el nivel del mar.

Las empinadas pendientes, farallones, formaciones rocosas y cavernas son muy frecuentes. La cueva Martín Infierno, Monumento Nacional, alberga unas de las mayores estalagmitas del mundo.

El potencial hidráulico es significativo. Se localizan 7 cuencas hidrográficas superficiales, sobresaliendo la del Arimao con la subcuenca Hanabanilla. Resalta el embalse Avilés con 190 millones de m³ de capacidad de agua. Unos 42 Km. de costa ponen en contacto al territorio con el mar, la existencia de varias playas, ríos, caletas y otros accidentes peculiares se destacan como potencial turístico.

La flora y la fauna se caracterizan por una riqueza extraordinaria, sobre todo la zona montañosa, abrigo de varias especies de aves endémicas y en peligro de extinción. Resaltan los exuberantes paisajes propios de una naturaleza exótica que brindan grandes posibilidades de aprovechamiento.

Las crías de animales en cautiverio es una alternativa para atenuar los efectos de las carencias alimentarias y una solución económica para muchas familias a partir de los recursos, el trabajo y el propio esfuerzo de los campesinos, es por lo que el proyecto propone el montaje de 50 digestores anaerobios de tipo tubulares de polietileno en 50 fincas de campesinos para el logro de biogás.

Se cuenta actualmente con 3575 cerdos, 685 vacas, y 145 ovejas que generan una emisión de metano aproximada de 1.362.422.00 m³ al año.

Acciones a ejecutadas

Selección de los lugares (CCS), para la instalación de los biodigestores tubulares de polietileno, según las capacidades de producción, a partir de los criterios establecidos en cuanto al número de animales en cautiverio, así como los productores beneficiados con el proyecto, lo cual garantiza que las personas seleccionadas reúnan las condiciones

adecuadas en cuanto a interés y disposición, para que los biodigestores construidos funcionen adecuadamente.

Desarrollo de talleres teórico prácticos para la construcción, operación y mantenimiento de los 50 biodigestores. Con el desarrollo de estos talleres se logra capacitar a los beneficiarios con la tecnología de los biodigestores, lo que garantiza una mayor participación de estos en el proceso de construcción, a la vez que aumenta el número de personas con conocimientos prácticos sobre el tema e involucra a cada uno de ellos en el proceso, de forma tal que lo sientan como propio, lo cual es fundamental para que se valore la obra construida y se le haga funcionar de forma óptima, además se facilita información general sobre posibles irregularidades y las formas para su solución.

Capacitación de al menos 3 personas por cada biodigestor, lo que hace un mínimo de 150 posibles beneficiarios capacitados (de ellos 50 mujeres y 100 (hombres) y con orientaciones prácticas que les permitan enfrentar cada uno de los retos que se les presenten durante el proceso de fabricación del biodigestor.

Formación de los campesinos en prácticas agroecológicas a través de talleres en conjunto con los desarrollados por la ANAP en el programa de Campesino a Campesino.

Instalación de 50 cocinas para la cocción de alimentos de uso doméstico y animal.

Beneficiarios directos del proyecto.

Lo constituyen las 50 familias campesinas de las fincas pertenecientes a las 7 CCS, donde son instalados los biodigestores, en total 312 personas, de ellos 103 mujeres.

Beneficiarios indirectos del proyecto.

Todas aquellas personas que se mejoran con el cambio producido al medio ambiente y adquieren los productos agrícolas comercializados por las fincas beneficiadas con el empleo del biofertilizantes generados por el biodigestor.

Viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Para el desarrollo de una verdadera y sostenible intervención comunitaria y técnica se concibe la aplicación de prácticas y tecnologías que contribuyan a conservar los recursos naturales de la zona.

Los resultados alcanzados por este proyecto se mantendrán después que culmine el mismo puesto que la inversión principal en esta acción consiste en la construcción y puesta en marcha de los biodigestores. La explotación y el mantenimiento de cada uno de ellos estarán a cargo de los beneficiarios directos, los cuales debido a las ventajas que le aportan los biodigestores desde el punto de vista económico y de mejoramiento de su calidad de vida lo mantendrán funcionando y le darán los mantenimientos. Una vez que la familia campesina constata los beneficios del uso del biogás lo incorporará dentro de su patrimonio y esto garantizará su sostenibilidad en el tiempo.

El uso y mantenimiento de sistemas para la obtención de fuentes renovables de energía, por su significación en la protección del Medio Ambiente y su contribución a la sostenibilidad energética y la recuperación de la fertilidad de los suelos, constituye un importante apoyo a la sostenibilidad de los resultados del presente proyecto.

Enfoque de género.

Uno de los impactos principales de este proyecto está dirigido a la humanización del trabajo doméstico de la mujer campesina sobre la cual se encuentran los rigores de las labores de higienización del hogar y la preparación de los alimentos para la familia, específicamente en lo relacionado con el acarreo del combustible para la cocción de los alimentos, calentar agua para las lavadoras o hervir las ropas durante su proceso de lavado. Con el empleo del biogás la mujer campesina dispondrá de una fuente segura y eficiente de combustible para estos fines. Dispondrá de un ambiente más sano al eliminarse la fetidez característica de la cría intensiva de animales domésticos en cautiverio, principalmente cerdos, así como de una fuente de abasto de agua libre de la contaminación provocada por los residuales sólidos generados por estos animales, se librerá de una labor dura y agobiante como la relacionada con el acarreo de leña o de carbón y no tendrá la necesidad de manipular hidrocarburos con sus consabidos inconvenientes en cuanto a su incidencia negativa sobre aquellas mujeres, niños o ancianos con alguna afección respiratoria. En total se benefician de forma directa 312 personas, de ellos 103 mujeres, 141 hombres y 68 niños.

Impacto medioambiental.

El uso de los residuales sólidos, generados por la cría de animales domésticos en cautiverio, como materia prima para la obtención de biogás tiene un fuerte impacto sobre el Medio

Ambiente, ya que contribuye a disminuir la carga contaminante que por este concepto se dispone hacia el entorno; lo que repercute en una mayor protección de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas; disminuye la contaminación atmosférica al reducir la fetidez propia de estos residuales, así como al proceso de captura de carbono con lo que se contribuye a la reducción del efecto invernadero y a la protección de la capa de ozono estratosférico; contribuye a disminuir los fenómenos de erosión vinculados a los procesos de deforestación y además eleva la calidad de los suelos con el uso de los lodos finales como biofertilizantes de probada calidad en cuanto al aporte de nutrientes y al mejoramiento de las condiciones físicas, mecánicas y de restitución de la vida de los suelos.

También contribuye a mejorar otro importante aspecto medioambiental que es el relacionado con el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural, repercutiendo de esta forma en la arista social del Medio Ambiente.

2.3 Metodología de cálculos para plantas de Biogás de Geomembrana

Teórico.

Datos teóricos:

Carga total digester 10 m^3

Temperatura = $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Relación solido – liquido = 1:3

Tiempo retención Teórico = 40 días

Índice diario excreta = $2,25 \text{ kg / d}$ según la Tabla 2

Tabla 2: Algunas posibles fuentes de biogás.

Fuente.	Excreta húmeda diaria (kg) por animal.	m³de biogás por día.	Proporción excreta /agua.	Tiempo de retención aconsejable.
Vaca.	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	0,008	1:3–8	30 días
Caballo.	10	0,300	1:1–3	40 días
Carnero.	2	0,100	1:1–3	40días
Ternero.	5	0,200	1:1	40 días
Persona adulta.	0,40	0,025	1:1	60 días

Fuente: Guzmán Chinaea

Volumen total de biodigestor

El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 75 % del volumen total a la fase líquida, y del 25 % restante a la fase gaseosa.

El volumen total es la suma del volumen gaseoso y el volumen líquido.

$$VT = VG + VL \quad \text{Ec.1.}$$

Y por tanto el volumen líquido es tres cuartas partes del total:

$$VL = VT \times 0.75 \quad \text{Ec.2.}$$

El volumen gaseoso es una cuarta parte del total:

$$VG = VT \times 0.25 \quad \text{Ec.3.}$$

Y el volumen gaseoso será igual a una tercera parte del volumen líquido:

$$VG = VL \div 3 \quad \text{Ec.4.}$$

Volumen líquido

Para que la carga diaria de entrada pueda ser digerida por las bacterias, es necesario que esté en el interior del biodigestor tanto tiempo como el tiempo de retención estimado (según la temperatura del lugar). Ya que el biodigestor tubular es de flujo continuo, el volumen líquido será el resultado de multiplicar el tiempo de retención por la carga diaria. De esta manera, si imaginamos el biodigestor vacío inicialmente y comenzamos a cargarlo de forma diaria, tardará tantos días como tiempo de retención se hayan considerado en llenarse. Y así, “tiempo de retención +1 día”, al cargar el biodigestor, se desbordará expulsando la carga del primer día ya digerida.

El volumen líquido de un biodigestor será el resultado de multiplicar la mezcla diaria de carga por el tiempo de retención

Volumen gaseoso

Dentro del biodigestor, por estar en una situación anaerobia (en ausencia de oxígeno) se va a producir biogás, y éste se acumulará en la parte superior. Al ser el biodigestor de polietileno tubular se formará una campana de biogás que sirve para almacenar gas y darle forma al biodigestor.

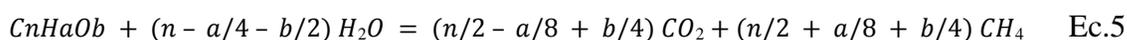
El volumen gaseoso equivale a un tercio del volumen líquido

Producción Teórica de gas para un digestor de 10 m³ es 2,5 m³

Rendimiento teórico Biogás.

Materiales para la fermentación a biogás son compuestos orgánicos con diferentes componentes y diferentes características, entonces, sus productividades no son iguales. La relación entre los compuestos orgánicos de materiales de la descomposición y su productividad es un factor importante para determinar el rendimiento de biogás del proceso.

La fórmula del rendimiento teórico se escribe según (fórmula Buswell):



Donde:

n – número de átomos de carbono en una molécula de la sustancia orgánica.

a – número de átomos de hidrógeno en una molécula de la sustancia orgánica.

b – número de átomos de oxígeno en una molécula de la sustancia orgánica.

Tabla 3: Componentes químicos de materiales y rendimiento teórico del gas

Rendimiento Material	Componentes (gramos secos)			Rendimiento (litro/gramo)	
	Carbono Hidrato	Proteína	Lípido	CH ₄	CO ₂
Jacintos acuáticos	0,6073	0,1167	0,0386	0,3220	0,2958
Algas aligátoras	0,5963	0,0972	0,0271	0,3964	0,2780
Tallos de maíz	0,6263	0,0633	0,0463	0,3109	0,2794
Pajas de trigo	0,6369	0,0298	0,0234	0,2756	0,2597
Pajas de arroz	0,6026	0,0316	0,0321	0,2718	0,2500
Estiércol humano	0,4157	0,1753	0,0814	0,3244	0,2690
Estiércol de puerco	0,4204	0,1148	0,0603	0,2745	0,2335
Estiércol aviar	0,4703	0,0882	0,0455	0,2645	0,2332
Estiércol de perros	0,4536	0,0946	0,0283	0,2436	0,2244
Estiércol de ganados	0,2704	0,1046	0,0528	0,2062	0,1703

$$RTB(PC) = RTot (metano) + RTot (dióxido de carbono) \quad \text{Ec.6.}$$

Donde:

$RTB(PC)$: Rendimiento teórico del biogás para el purín de cerdo

$RTot (metano)$: Rendimiento Total de metano

$RTot (dióxido de carbono)$: Rendimiento Total de CO₂

$$\% CH_4 = \frac{RTot (metano)}{RTB (PC)} \times 100 \quad \text{Ec.7.}$$

Donde:

% CH₄: % metano en la composición

$RTB(PC)$: Rendimiento teórico del biogás para el purín de cerdo

$RTot$ (*metano*): Rendimiento Total de metano

$$CTD (\textit{metano}) = CTot \times C (\textit{metano} \%) \quad \text{Ec.8.}$$

Donde:

CTD (*metano*): Contenido Metano teórico digestor

$CTot$: Carga total

C (*metano* %): Contenido metano %

Real.

Datos reales:

Digestor geomembrana tubular PVC 10 m³

Cantidad de cerdos: 40

Temperatura promedio ambiental: 28 °C

Relación solido – liquido = 1:3

Tiempo de retención = 21día

Hay que tener en cuenta que en los biodigestores de bolsa plástica se produce un efecto invernadero aumentando la temperatura interior favoreciendo la fermentación.

Tabla 4. Variación de temperatura en invernadero

Temperatura exterior °C	Temperatura interior °C	Diferencia °C
0	2	2
5	8	3
10	16	6
15	24	9
20	32	12
25	40	15
30	48	18

Fuente: Guzmán China 2015.

La mayor cantidad de gas (80 %) se obtiene en los primeros 20 días de digestión como término medio.

Para temperatura ambiente promedio de 28 °C equivale a 45 °C en el interior del digestor, por el efecto invernadero que produce, acelerando el proceso de la digestión anaerobia, disminuyendo el tiempo de retención.

Tabla 5: Tiempo de retención según temperatura

Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
30	20
28	21
25	24
20	30
10	60

Fuente: Guzmán China

$$Cd = Cant (cerdos) \times Id (excreta) \quad Ec.9.$$

Donde:

Cd: Carga diaria

Cant (cerdos): Cantidad cerdos

Id (excreta): Índice diario excreta

La mezcla del estiércol de 1:3 con agua para la carga diaria, de forma que la mezcla de carga diaria sería:

$$Mcd = M(seca) + M (agua) \quad Ec.10.$$

Donde:

Mcd: Mezcla carga diaria

M(seca): Masa Seca

M (agua): Masa agua

$$VL = Mcd \times TR \quad Ec.11.$$

Donde:

V_L : Volumen del Líquido

Mcd : Mezcla Carga diaria

TR : Tiempo Retención

Volumen Gas.

$$V_G = V_L/3 \quad \text{Ec.12.}$$

Finalmente el volumen total será por tanto, la suma de V_L y V_g , como se plantea en la Ec.1.

$$DQOd = DQOi - DQOf \quad \text{Ec.13.}$$

Donde:

$DQOd$: Demanda Química de Oxígeno Degradado

$DQOi$: Demanda Química de Oxígeno Inicial

$DQOf$: Demanda Química de Oxígeno Final

$$\% DQO = \frac{DQOd}{DQOi} \quad \text{Ec.14.}$$

Donde:

$\% DQO$: % de la Demanda Química de Oxígeno

$DQOd$: Demanda Química de Oxígeno Degradado

$DQOi$: Demanda Química de Oxígeno Inicial

$$P (\text{metano}) = PT (\text{biogás}) \times \% DQO \quad \text{Ec.15.}$$

Donde:

$P (\text{metano})$: Producción de metano

PT (biogás): Producción Total biogás

% *DQO*: % de la Demanda Química de Oxígeno

$$\% MS = \frac{STi}{SFi} \quad \text{Ec.16.}$$

Donde:

% *MS*: % de sólidos en la mezcla

STi: Sólidos totales iniciales de la mezcla

SFi: Sólidos fijos iniciales de la mezcla

Las tablas siguientes muestran los análisis químicos efectuados a las muestras de la entrada y la salida del biodigestor en caso de estudio.

Tabla 6. Identificación de las muestras:

M	Identificación
706	Purín de cerdo
707	Salida final

Tabla 7 y 8. Resultados

M	pH (u), T °C U=±0,16%	CE25 °C μS/cm U=±0.12%
706	6.38 19.5	2690
707	7.19 21.2	-

M	DQO	DBO5	ST	STF	STV
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	U=±6.47%	U=±17.3%			
706	1 423,5	3 107	21 134	1 648	19 486
707	329	72	1 400	270	1 130

2.4 Análisis crítico de las metodologías de evaluación de proyectos en Cuba

Numerosas son las metodologías y los autores que se han dedicado a la evaluación de proyectos, pero, todos han concordado en utilizar los aspectos contenidos en un plan de negocios; donde se muestran los escenarios más probables con todas sus variables a fin de facilitar un análisis integral y una presentación a otras partes involucradas en el proyecto (como son: inversionistas, socios, bancos, proveedores, clientes). En el mismo se recorren todos los aspectos de un proyecto, que incluyen: resumen ejecutivo, introducción, análisis e investigación de mercado, análisis y estudio de la competencia, estrategia, factores críticos de éxito, plan de marketing, recursos humanos, tecnología de producción, recursos e inversiones, factibilidad técnica, factibilidad económica, factibilidad financiera, análisis de sensibilidad, dirección y gerencia, conclusiones y anexos.

Este proceso puede efectuarse antes, durante y después de concluida la inversión, por lo que puede organizarse en dos grupos: evaluación ex antes y ex post.

En el territorio existen entidades encargadas de realizar los estudios de factibilidad para los proyectos de inversión, entre las que se puede relacionar: la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA) y el Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ), 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 las oficinas DIPROYEND, este último promueve la creación de una amplia red de alianzas estratégicas a nivel local, nacional e internacional, a través de la cooperación en torno al desarrollo local.

Todas estas organizaciones se rigen por un procedimiento que presenta un conjunto de pasos comunes, siguiendo la estructura de un plan de negocios y que son normados por el

Ministerio de Economía y Planificación según resolución 91/2006, así como para las Iniciativas Municipales de Desarrollo Local (IMDL) que centra el Programa de Desarrollo Humano Local (PDHL) y el Gobierno provincial.

El mismo está conformado por los siguientes puntos:

1. Introducción. Antecedentes. Localización del Proyecto.
2. Objetivos.
3. Estudio de Mercado.
4. Estudio técnico: este relaciona la Ingeniería del proyecto y es donde deben reflejarse al mayor detalle posible el listado del equipamiento, cantidad, valor unitario (precio), valor total. Todos en ambas monedas.
5. Evaluación Económico-Financiera: aquí se reflejan los componentes de la Inversión: Equipos, Construcción y Montaje, Capital Fijo, Capital de Trabajo, Costo de Producción Total, Depreciación, Gastos Financieros, y Fuente de Financiamientos, Estados Financieros fundamentales, Flujos de Caja y Análisis Costo–Beneficio.
6. Análisis de Riesgos: en el que se tienen en cuenta fundamentalmente variables económicas con variaciones anuales de un 15 %.
7. Conclusiones.
8. Recomendaciones.

El procedimiento vigente en el país tiene ciertas deficiencias concentradas en inconsistencia del documento de formulación de proyectos, pues por lo general parte de bases pocas sólidas y supuestos optimistas, se omiten requerimientos fundamentales, tales como: microlocalización, valoraciones ambientales, obras inducidas, capital de trabajo y costos de transportación, esenciales en los estudios de factibilidad, débil o inexistente análisis de los estudios de mercado, enfoque limitado de la demanda y ausencia de proyección de la misma para la vida útil económica de los proyectos de inversión, determinación inadecuada de la vida útil del proyecto en estudio, pues la misma debe condicionarse a la vida útil económica del Activo Fijo Tangible de mayor peso dentro de la inversión o por las características propias del proceso en estudio, no se considera o se subestima la

competencia, valoración insuficiente del aseguramiento de las materias primas a importar, cuantificación inadecuada del efecto sustitución de importaciones, elaboración mecánica de la evaluación económica y financiera ;subestimación del análisis financiero, tendencia al análisis de los proyectos exclusivamente en divisas y por último la realización limitada del análisis del riesgo sólo teniendo en cuenta variables económicas (Ingresos y Gastos) que son modificadas en un 15% arbitrariamente, sin basamento científico-económico que justifique esta variación y sin incluir además en el análisis variables ecológicas y sociales de incidencia relevante en los proyectos de inversión.

Se debe incorporar como nuevo al factor económico, el "medio ambiente", entendido éste no sólo como límite a respetar, sino como punto departida que debe permitir promover iniciativas y actividades productivas respetuosas con ecosistema; pero que a su vez, cumpla con el objetivo de satisfacer el amplio campo de las nuevas demandas sociales ligadas a la calidad ambiental.

2.5 Procedimiento a Emplear. Sosa-Mata 2010

El ciclo de un proyecto de inversión no termina cuando el proyecto ha sido ejecutado, sino que se impone el seguimiento y monitoreo del mismo, y como una etapa adicional que a su vez es la etapa final del ciclo, la de operación y mantenimiento. Esta tiene lugar una vez que el proyecto ha terminado la etapa de inversión y se conoce en la literatura especializada como evaluación ex post, ambas etapas (ejecución y operación) tienen como objetivo conocer los impactos y resultados frente a los programados, generar conclusiones y correcciones para programas o proyectos nuevos.

El análisis de las diferentes metodologías para realizar la evaluación Ex post ha orientado a la selección de la propuesta de procedimiento Mata (2010), el mismo se basa en la observación del proceso de ejecución física de los proyectos y de los costos en cada una de las etapas del ciclo de vida, así como en la revisión minuciosa de la información presentada en la evaluación Ex ante, de forma especial, en los módulos que permiten definir las alternativas de solución y que constituyen centros de asignación de recursos, especialmente, en el módulo de programación, que sustenta las bases para el seguimiento presupuestal, financiero y físico del proyecto. Se puede identificar como inconveniente o limitante para

cumplir con el objetivo, la falta de información en la etapa de pre-inversión y de la evaluación Ex antes.

El diseño del procedimiento metodológico para la evaluación Ex post de un proyecto de inversión en la etapa de ejecución comprende el análisis del ciclo de vida de un proyecto mediante la verificación de algunos de los siguientes pasos: el problema o necesidad identificada, el proyecto como solución al problema (pertinencia), objetivos del proyecto (porcentaje de cumplimiento de objetivos), dimensionamiento del proyecto (adecuado, sobre o sub dimensionado), localización (análisis ex-antes y ex-post adecuada y cumplida), aspectos técnicos (análisis ex-antes y ex-post cumplimiento de especificaciones), aspectos ambientales (análisis ex-antes y ex-post balance ambiental ex-post), aspectos institucionales (capacidad para la ejecución y para la operación ex-antes y ex-post), costo de inversión (índice de costos, indicador diseñado para ello), tarifas o precios (fijación, viabilidad, actualización y cumplimiento), esfuerzos de financiación adicionales, desembolsos (grado de cumplimiento según cronograma y análisis de factores), ejecución (índice de cumplimiento temporal), sostenibilidad (análisis integral sobre condiciones de continuidad y expansión) y participación comunitaria (análisis transversal).

Antes de diligenciar el procedimiento propuesto, se requiere contar con la información base, particularmente la evaluación Ex-antes del proyecto así como los informes de seguimientos realizados, registros y estados de contratación, información sobre productos y resultados, recolección de información por visitas a terreno, entrevista con los diferentes actores sociales relacionados con el proyecto donde se necesita el diálogo informal y desprevenido, procesamiento, estimación y análisis de indicadores de evaluación Ex-antes y Ex-post, entre otros.

Los pasos planteados muestra en la figura 2.17. (Ver anexos)

El procedimiento aplicado comprende el análisis del ciclo de vida del proyecto mediante la verificación de algunos de los siguientes pasos: resumen ejecutivo, identificación y clasificación del proyecto, localización, indicadores de resultados, conclusiones y recomendaciones y la elaboración del informe de evaluación ex post en la etapa de ejecución o de resultado.

Para el análisis de las desviaciones de los Indicadores de rentabilidad (ver anexos: tabla 2.5) tanto periódica como general se utilizó el método de vida común o cadena de reemplazo para lograr una homogenización entre la información financiera planificada y la real.

Las conclusiones y recomendaciones deben mostrar el cumplimiento de la evaluación en forma objetiva y concreta. Además, la evaluación Ex-post en general sirve como un sistema de retroalimentación de información para la ejecución de proyectos futuros, es por esta razón que es necesario emitir recomendaciones y observaciones acerca de la forma de ejecución del proyecto, y los resultados del mismo. Es de suma importancia indicar en este punto los resultados tanto positivos o esperados como los negativos o no esperados.

El Informe de Evaluación Ex post en la etapa de ejecución o de resultado es un documento consta de los siguientes apartados: resumen ejecutivo, introducción, objetivos, resultados del informe técnico del proyecto, análisis de la ejecución, sostenibilidad y pertinencia del proyecto, conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones parciales del capítulo

1. Al realizar una caracterización del caso de estudio se evidenciaron distintos aspectos que afectan la zona en que se desarrolla la investigación, estas afectaciones son las siguientes: Las emisiones de metano a la atmósfera debido al no tratamiento de los residuales esto se debe a la inexistencia de infraestructura para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. La afectación al bosque en búsqueda de leña para su uso en la para la cocción de alimentos, lo que contribuye a la deforestación. La pérdida de la fertilidad de los suelos.
2. La evaluación Ex-post en general sirve como un sistema de retroalimentación de información para la ejecución de proyectos futuros, y para la toma de decisiones por esta razón que es necesario emitir recomendaciones y observaciones acerca de la forma de ejecución del proyecto, y los resultados del mismo. Es de suma importancia indicar en este punto los resultados tanto positivos o esperados como los negativos o no esperados

Capítulo 3: Análisis de los resultados

3.1 Características generales de la CCS Osvaldo Fuentes del municipio de Cumanayagua

La CCS Osvaldo Fuentes se encuentra situada en el poblado de Crespo a 8 km de Cumanayagua, perteneciente a la Provincia de Cienfuegos.

Su fundamental vía de acceso es un camino que se deriva de la Carretera de Cumanayagua hacia Cruces, limita con el municipio de Palmira, Cruces y con la provincia de Villa Clara; a esta pertenecen los asentamientos de Lomita, Crespo, parte de Quiñones y de Manaquita, posee una extensión de 675 hectáreas.

Esta CCS cumple con su plan de producción económico, además es rentable, cubre todos sus gastos con los ingresos. Actualmente consta con una cantidad de 239 campesinos asociados, de los cuales 28 son mujeres y 211 son hombres, de ellos 8 son militantes del partido; su junta directiva está constituida por 11 miembros (4 profesionales y 7 no profesionales o campesinos); la mayoría de los campesinos presentan un nivel de escolaridad medio, debido a que solo tienen entre un 6^{to} y 9^{no} grado.

Según informaciones dadas por los asociados, al paso de los huracanes Lili y Michel, se produjeron daños que afectaron las siembras y grandes cantidades de cosechas recolectadas, producto de los fuertes vientos, incumpléndose los planes de producción en estos años. La CCS tuvo que utilizar la variante de la siembra de cosechas de ciclos cortos para resarcir las pérdidas económicas.

Los objetivos fundamentales de nuestra CCS en caso de desastres naturales son:

Proteger almacenes de alimentos y otras instalaciones que existen en la zona, además plantas de bombeo de agua, ganado mayor, porcino y producciones agrícolas que puedan ser recogidas y trasladadas a lugares que sean protegidos y seguros.

3.1.1 Objeto social

La Unidad tiene como objeto social: La producción de cultivos varios, entrega de leche al combinado lácteo Escambray, así como la cría de animales de ganado mayor y porcino en su mayoría; con la finalidad de garantizar al estado de estos bienes alimenticios.

3.1.2 Misión y Visión

Misión

Preservar y mejorar la economía del país a partir de la facilitación de sus producciones agrícolas y satisfacer las necesidades productivas al cárnico de Palmira con sus crías de animales.

Visión

Los incrementos en los rendimientos agrícolas y en las producciones, derivados de una forma medioambientalmente sostenible, así como la eficacia, medios agrícolas y una política de ahorro integral, permiten una reducción de los costos y un aumento de la calidad. El crecimiento de la producción de alimentos alcanzará los niveles suficientes para el autoabastecimiento territorial con una alta eficiencia y calidad en las producciones. La eficiente gestión de los recursos humanos logra una mayor identificación del hombre con su trabajo y fortalece las relaciones entre todos los miembros de la CCS, con un fortalecimiento en la atención al hombre y a su entorno.

3.1.3 Estructura organizativa

La CCS está dirigida por un presidente general, el cual a su vez controla a un vicepresidente que atiende e inspecciona al personal de organización y al que atiende la parte económica, conformando en conjunto la parte directiva de los campesinos asociados, tal como se muestra en la fig.7.

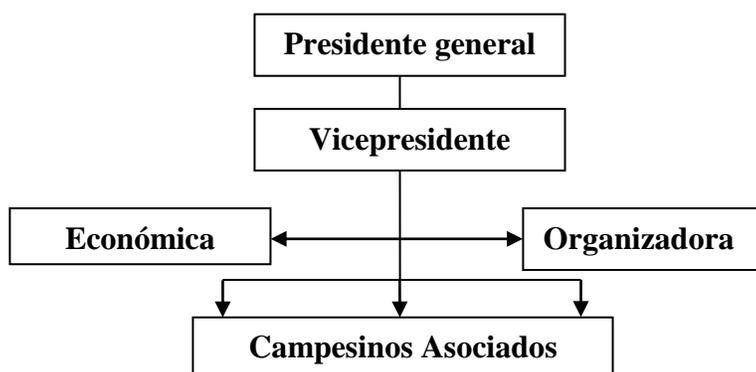


fig.7. Esquema de la estructura organizativa. Fuente: elaboración propia.

El proyecto del Digestor de Geomembrana de 10 m³ de capacidad de la CSS Osvaldo Fuentes tiene un año de funcionamiento lo cual será evaluado para su estudio.

La estabilidad ecológica de las montañas cienfuegueras se encuentra seriamente comprometida por causa de las prácticas sociales insostenibles. La cría de ganado vacuno y porcino ha tomado auge en los últimos años como consecuencia de las tendencias económicas de nuestro país, con una economía de perfil agropecuario. Sin embargo el incremento de la masa porcina se encuentra aparejado al incremento de la producción de residuos orgánicos que no reciben un correcto tratamiento. Asociado a ello, surgen los serios problemas que afectan los ecosistemas, se pone en peligro la salud humana y los propios recursos naturales.

El proyecto de inversión contribuirá a mitigar el problema de contaminación ambiental existente en la zona montañosa, como parte de una iniciativa de la ANAP para dar solución a la problemática antes mencionada. Nuestro caso de estudio forma parte del proyecto nacional de la ANAP "Disminución de las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero en las zonas montañosas de Cienfuegos", para el cual se solicitó un presupuesto de \$ 50.000,00 USD y \$ 16.000,00 MN a fin de adquirir los biodigestores de geomembrana tubular de PVC en Ecuador con un precio cada uno de \$ 500.00 USD y que después serían vendidos a los productores porcinos, estatales y privados (C.C.S o cooperativas)

3.2 Análisis y discusión de los resultados Técnicos.

Cálculos Teóricos.

Volumen total de biodigestor

$$VT = VG + VL = 10 m^3$$

$$VL = VT \times 0.75 = 7,5 m^3$$

$$VG = VT \times 0.25 = 2,5 m^3$$

$$VG = VL \div 3 = 2,5 m^3$$

Producción Teórica de gas para un digestor de $10 \text{ m}^3 = 2,5 \text{ m}^3$

$$RTB (PC) = RTot (\text{metano}) + RTot (\text{dióxido de carbono}) \quad \text{Ec.6.}$$

$$RTB (PC) = 0,2745 + 0,2335$$

$$RTB (PC) = 0,508$$

$$\% CH_4 = \frac{RTot (\text{metano})}{RTB (PC)} \times 100 \quad \text{Ec.7.}$$

$$\% CH_4 = \frac{0,2745}{0,508} \times 100$$

$$\% CH_4 = 54 \%$$

$$CTD (\text{metano}) = CTot \times C (\text{metano } \%) \quad \text{Ec.8.}$$

$$CTD (\text{metano}) = 2,5 \text{ m}^3 \times 54 \%$$

$$CTD (\text{metano}) = 1,35 \text{ m}^3$$

Cálculos Reales.

$$Cd = Cant (\text{cerdos}) \times Id (\text{excreta}) \quad \text{Ec.9.}$$

$$Cd = 40 \times 2,25 \text{ kg/d}$$

$$Cd = 90 \text{ kg/d}$$

$$Mcd = M (\text{seca}) + M (\text{agua}) \quad \text{Ec.10.}$$

$$Mcd = 90 \text{ kg/d} + 270 \text{ kg/d}$$

$$Mcd = 360 \text{ kg/d}$$

$$VL = Mcd \times TR \quad \text{Ec.11.}$$

$$VL = 360 \text{ kg/d} \times 21 \text{ días}$$

$$VL = 7560 \text{ L}$$

$$VL = 7,56 \text{ m}^3$$

El valor dado indica que está aceptable ya que con respecto al valor teórico solo se diferencia en $0,06 \text{ m}^3$.

$$VG = VL/3 \quad \text{Ec.12.}$$

$$VG = 7,56 \text{ m}^3 / 3$$

$$VG = 2,52 \text{ m}^3$$

El valor dado indica que está aceptable ya que con respecto al valor teórico solo se diferencia en $0,02 \text{ m}^3$.

Finalmente y como comprobación, tal como plantea la Ec.1. el volumen total será por tanto, la suma de VL y Vg

$$VT = VG + VL = 2,52 \text{ m}^3 + 7,56 \text{ m}^3$$

$$VT = 10,08 \text{ m}^3$$

Este indica que se encuentra cerca del valor teórico de la planta aunque presenta un valor de $0,08 \text{ m}^3$ por encima, que al ser tan pequeña la diferencia se puede aceptar.

$$DQOd = DQOi - DQOf \quad \text{Ec.13.}$$

$$DQOd = 1\,423,5 \text{ mg/L} - 329 \text{ mg/L}$$

$$DQOd = 1\,094,5 \text{ mg/L}$$

$$\% DQO = \frac{DQOd}{DQOi} \quad \text{Ec.14.}$$

$$\% DQO = \frac{1\,094,5 \text{ mg/L}}{1\,423,5 \text{ mg/L}}$$

$$\% DQO = 77 \%$$

$$P (\text{metano}) = PT (\text{biogás}) \times \% DQO \quad \text{Ec.15.}$$

$$P (\text{metano}) = 2,52 \text{ m}^3 \times 77 \%$$

$$P (\text{metano}) = 1,94 \text{ m}^3$$

$$\% MS = \frac{STi}{SFi}$$

Ec.16.

$$\% MS = \frac{21\ 134\ mg/L}{1\ 648\ mg/L}$$

$$\% MS = 12,8\ mg/L$$

Como se aprecia existe un exceso del % de masa sólida de entrada o como también se puede llamar una sobrecarga al biodigestor ya que la bibliografía establece que este valor debe estar entre (7 y 9 %) aunque se puede aceptar hasta un valor de 12 %.

3.3 Informe de la evaluación Ex Post del proyecto del Digestor de Geomembrana de la CSS Osvaldo Fuentes.

Introducción

La evaluación Ex-Post permite determinar los resultados y el impacto del proyecto esperados e inesperados con relación a la metas que fueron fijadas al inicio del mismo. Es considerada como la última etapa del análisis de un proyecto, donde se valora si las actividades desarrolladas permitieron obtener los productos para alcanzar el propósito planteado y contribuir a la solución del problema identificado.

Para el caso en estudio se documentará lo relacionado con la etapa de ejecución y operación del proyecto Digestor de Geomembrana de la CSS Osvaldo Fuentes. Además el informe se compone de apartados, los cuales describen las acciones que se deben llevar a cabo para el análisis respectivo. Se finaliza con las conclusiones y recomendaciones que se consideran pertinentes según lo investigado y analizado sobre el proyecto objeto de estudio.

Objetivos

El proyecto Digestor de Geomembrana de la CSS Osvaldo Fuentes presenta desde sus inicios un enfoque sostenible, dirigido a mitigar la contaminación ambiental que existía en la zona de microlocalización. Como objetivo general se definió tratar adecuadamente los residuos generados en el proceso de la cría intensiva de cerdos, la obtención de fertilizante orgánico y la sustitución de la energía eléctrica por el biogás para la cocción de alimentos.

Resumen del proyecto

El Digestor de Geomembrana de la CSS Osvaldo Fuentes se adquirió para reducir la contaminación excesiva al medioambiente en la zona montañosa por convenio de la ANAP. El centro contaba al cierre de 2014 con 40 cerdos, sin embargo tiene una capacidad total de hasta 140.

El digestor nos aportan diferentes bondades, a continuación relacionamos lo que se produce diario y mensual.

Diario:

Lodo finales aprovechados como bio-abono: 94 kg

Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido): 280 kg

Biogás: 2,5 m³

Mensual

Lodo finales aprovechados como bio-abono: 2,82 t

Efluente líquido utilizado como fertirriego (Residual líquido): 8,4 t

Biogás: 75 m³ Equivalencia de biogás a energía eléctrica: 1 m³ = 1.8 kW

Energía eléctrica: 135 kW

El esquema de tratamiento está compuesto por los siguientes elementos y que aparecen en la figura 8:

Leyenda:

- 1: Nave de corrales de cerdos
- 2: Estanque de almacenamiento del purín con agua del lavado de los corrales
- 3: Biodigestor de geomembrana tubular de PVC
- 4: Vivienda beneficiada con el biogás de la planta
- 5: Tierras de cultivos beneficiados con el biol de la planta.

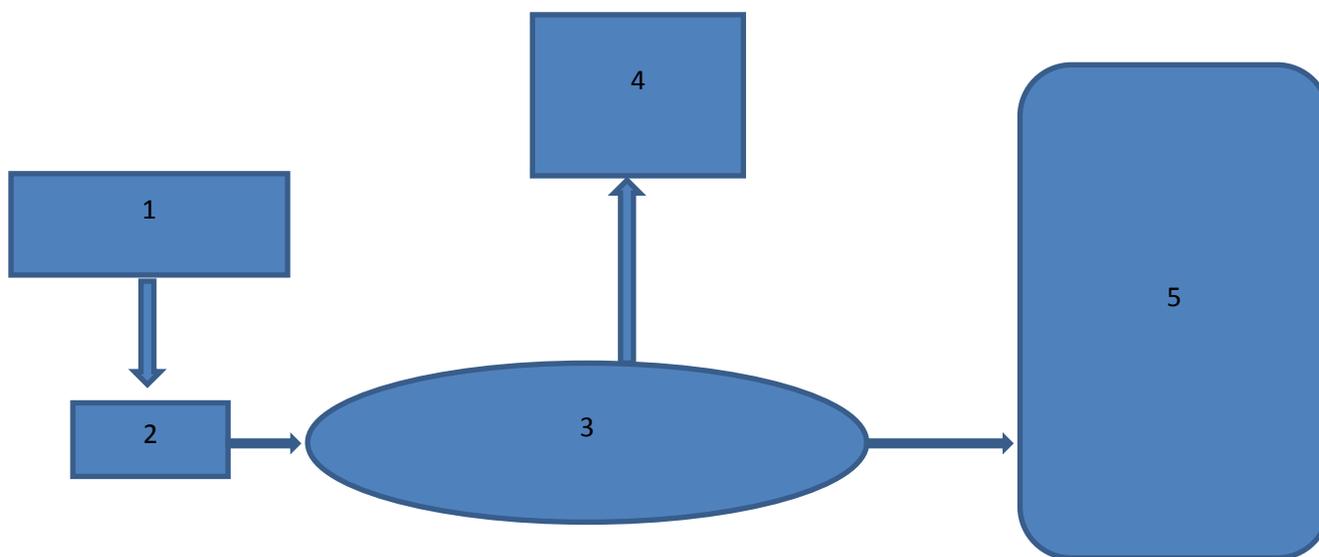


Figura 8: Esquema del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Descripción del esquema:

La cría de cerdos se encuentra en la nave de corrales (1), de las cuales al ser lavados, pasan por gravedad: el purín y la orina de los cerdos junto con el agua procedente de la limpieza al estanque de almacenamiento de la mezcla de purín, orina y agua (2), donde se queda depositada, diluyéndose hasta alcanzar el nivel al cual se comienza a alimentar el biodigestor de geomembrana tubular de PVC (3); una vez ocurridos el proceso físico-químico de digestión anaerobia en el interior de este y formarse los productos de dicho proceso; el biogás pasa a través de una manguera plástica hasta la cocina de la vivienda (4) que se encuentra a 50 m del biodigestor, y el biol se expulsa directamente a una zanja que se dirige hacia las tierras de los cultivos del propietario del reactor (5).

Identificación del Proyecto

El proyecto clasifica como estratégico. Su objetivo principal es reducir la contaminación ambiental de la zona y la utilización de sus bondades (biogás y abono); el primero, para la generación de energía calórica en la cocción de alimentos y el segundo como abono orgánico para el enriquecimiento del recurso suelo.

Localización

La inversión no sufrió modificación alguna. La CCS Osvaldo Fuentes se encuentra situada en el poblado de Crespo a 8 km de Cumanayagua, perteneciente a la Provincia de Cienfuegos. Su fundamental vía de acceso es un camino que se deriva de la Carretera de

Cumanayagua hacia Cruces, limita con el municipio de Palmira, Cruces y con la provincia de Villa Clara; a esta pertenecen los asentamientos de Lomita, Crespo, parte de Quiñones y de Manaquita, posee una extensión de 675 hectáreas.

Resultados del Informe de la Evaluación Ex-Post del Proyecto

Según la evaluación Ex antes, las partidas principales que integraron planificadamente el costo de la inversión fueron: construcción del digestor, gastos de investigación y desarrollo, licencia ambiental, capital de trabajo necesario, e imprevistos.

De forma real se mantuvieron todas las partidas, solo los gastos de investigación y desarrollo no fueron ejecutados, para un costo total de \$ 10 714,44; de \$4 432,23 planificados.

De forma real el proyecto fue sobre costado en un 142 % o sea en \$ 6 282,21 y las partidas que incidieron significativamente en el mismo fueron: sobre costeadas la construcción del digestor, el gastos de capital de trabajo y los imprevistos por un valor total \$ 16 812,28 debido al precio tan elevado de los materiales adquiridos (a precio de mercado), además se incluyó como parte de la inversión la compra de un fogón de gas y 50 m de manguera plástica que no fueron planificados; en el caso particular de los gastos de investigación y desarrollo no se ejecutaron y los gastos de licencia ambiental fueron cumplimentados al 100 % o sea según lo planificado, ver tabla 9.

Tabla 9: Resumen de las partidas componentes del costo de inversión de ex antes y ex post del proyecto :Fuente Elaboración Propia

Partidas	Ex antes	Ex post	Desviación	
			absoluta	IC
Digestor PVC (10 m ³)	1989,01	8643,00	6653,99	335%
Gastos de investigación y desarrollo	1000,00	0,00	-1000,00	-100 %
Licencia ambiental	1000,00	1000,00	0	0 %
Capital de trabajo necesario	4037,47	7097,84	3060,36	76%
imprevistos	443,22	1071,44	628,22	142%
Costo Total	4432,23	10714,44	6282,21	142%

Costos reales en la adquisición e instalación del digestor

- ❖ Por la CCS tuvieron que pagar para la adquisición del mismo una suma de 665.00 CUP
- ❖ Para hacer el hueco, se pagó por mano de obra: 1 500.00 CUP
- ❖ Para la construcción se pagó a un albañil por cuenta propia: 1 600.00 CUP

Se compraron los siguientes Materiales:

- ❖ 372 bloques con un precio de 3.50 CUP cada bloque, lo q equivale a: 1 302.00 CUP
- ❖ 5 sacos de cemento con un precio de 112.00 CUP cada saco, lo q equivale a: 560.00 CUP
- ❖ 3 m³ de arena con un precio de 80.00 CUP cada m³, lo q equivale a: 240.00 CUP
- ❖ 2 m³ de gravilla con un precio de 250.00 CUP cada m³, lo q equivale a: 500.00 CUP
- ❖ 44 m lineales de Acero de 1/2 con un precio de 9.00 CUP cada m lineal, lo q equivale a: 396.00 CUP
- ❖ 8 planchas de fibrocemento con un precio de 110.00 CUP cada plancha, lo q equivale a: 880.00 CUP

Para la instalación y funcionamiento de la cocina de biogás, no planificado:

- ❖ Se compró un fogón de 600.00 CUP
- ❖ Se compraron 50 m de manguera plástica de 3/4 a un precio de 8.00 CUP el metro, esto es: 400.00 CUP

Beneficios consecuentes al empleo del digestor:

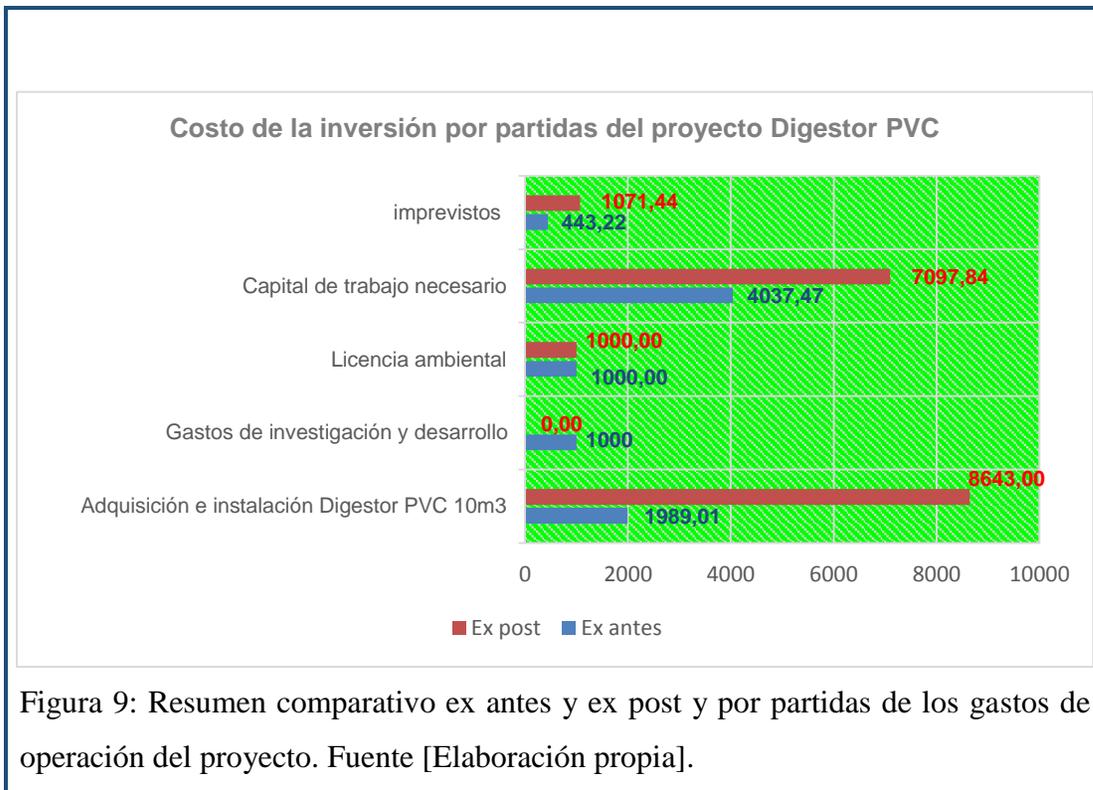
- ❖ Una notable disminución en el consumo energético de la vivienda puesto que anteriormente al empleo de la planta se pagaban alrededor de 90.00 CUP mensual como promedio, y actualmente solo se paga 6.50 CUP mensual como promedio. Se ahorran 83.5 CUP mensuales.
- ❖ Una disminución en los gastos empleados en los abonos fertilizantes que se regaban a los cultivos del lugar debido a que anteriormente se compraban: Nitrato de potasio a 55,59 CUP por quintal, urea a 26,16 CUP por quintal y fórmula completa 31,11 CUP por quintal, mientras que ahora con el empleo del biol procedente del biodigestor solo se emplea la fórmula completa, ahorrándose de esta forma una suma de 81,75 CUP mensual.

- ❖ Una mejora en la calidad y cantidad de cultivos, en este caso maíz, tomates, frijoles y plátanos, debido al uso del biol, lo que propicia un incremento de las ventas de productos a la CCS y de esta forma se adquiere un beneficio económico ya que:
- ❖ El maíz se vende a 250.00 CUP el quintal y se producían 250 quintales que equivalía a 62 500.00 CUP, mientras que ahora se producen de este 400 quintales que equivale a 100 000.00 CUP La diferencia es de 37 500.00 CUP
- ❖ El tomate se vende a 35.00 CUP el quintal y de este se producían 25 quintales por un valor de 875.00 CUP y ahora producen alrededor de 30 quintales al año dando esto 1 050.00 CUP al año. La diferencia es de 175.00 CUP
- ❖ El frijol se vende a 800.00 CUP el quintal y de este se producían 8 quintales que equivale a 6 400.00 CUP ahora se producen 15 quintales, valorándose en un total de 12 000 CUP. La diferencia es de 5 600.00 CUP
- ❖ El plátano se comercializa a 25.00 CUP el quintal, produciéndose una cantidad de 40 quintales al año, lo que equivale a 1000.00 CUP al año.

Recursos financieros y formulación presupuestaria.

- ❖ **Indicador de Costos**

Como se dijo anteriormente el proyecto fue sobre costeadado en un 142 % o sea en \$ 6 282,21 y las partidas que incidieron significativamente en el mismo fueron: sobre costeadas la construcción del digestor, el gastos de capital de trabajo y los imprevistos por un valor total \$ 16 812,28; en el caso particular de los gastos de investigación y desarrollo no se ejecutaron y los gastos de licencia ambiental fueron cumplimentados al 100 % o sea según lo planificado, ver figura 9



La inversión neta sufre también modificaciones en su estructuración de forma ex post; los gastos de adquisición e instalación del digestor PVC continúan siendo los predominantes pero con un incremento en su valor relativo de forma real (48 %) al igual que los imprevistos en un 6 %, por su parte el capital de trabajo disminuyo en un 40 % y la licencia ambiental en un 6 %, en el caso de los gastos de investigación y desarrollo disminuyen al 0 % respecto al valor planificado, ver figuras 10 y 11.

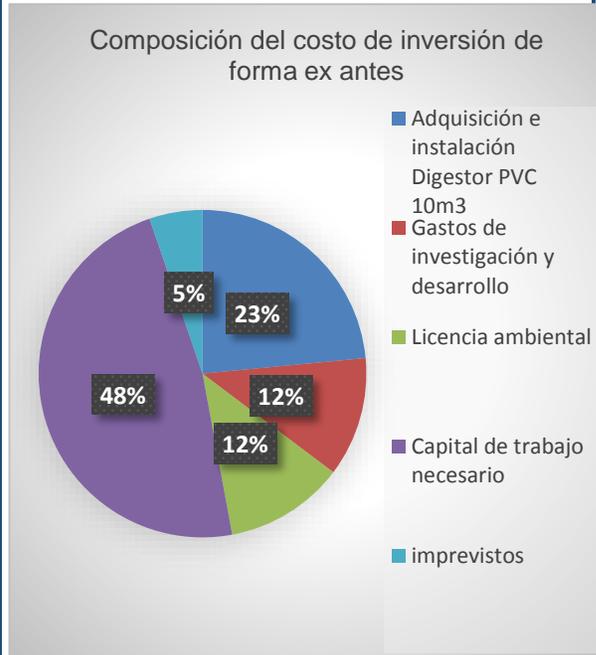


Figura 10: Composición del costo de inversión de forma ex antes. Fuente [Elaboración propia].

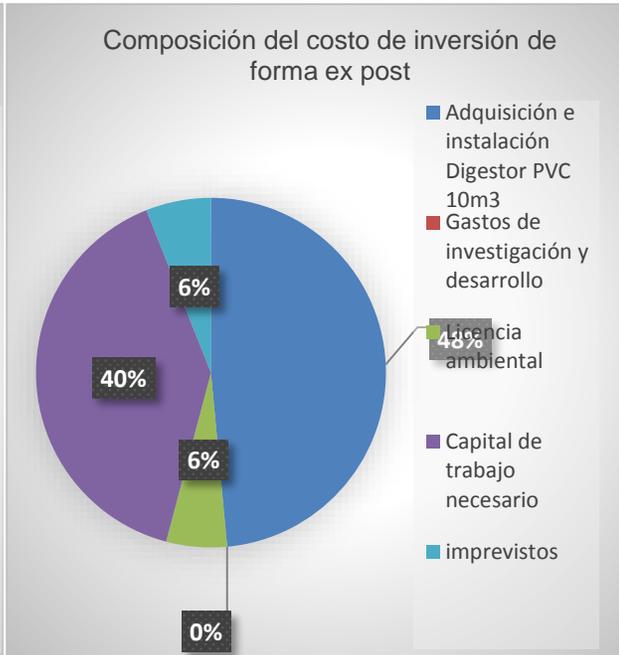


Figura 11: Composición del costo de inversión de forma ex post. Fuente [Elaboración propia].

Las entradas del proyecto se planificaron encaminadas a tres variables fundamentales: en primer lugar dada por la sustitución de la energía eléctrica por el biogás en la cocción de los alimentos para de esta forma disminuir los gastos por este concepto; y en segundo lugar se concibió la venta del fertilizante orgánico: Biol y lodo.

En Cuba no existe una norma para el control del uso del Biol, no obstante podemos afirmar que existe diversos tipos de Biol y que se puede determinar su calidad según el valor de los análisis de laboratorio en función de: DQO y DBO. En relación a estos indicadores proponemos la determinación de la calidad del Biol y su no uso en algunos casos.

Tabla 10: Determinación de la calidad del Biol en Cuba.

Indicador	Excelente	Bueno	Aceptable	No Apto uso
Δ DQO %	100 - 95	94 - 88	87 - 76	Menos 75
DBO ₅	0 - 30	31 - 60	61 - 95	Mayor 96

Fuente: Guzmán China 2015.

$$DQOd = DQOi - DQOf \text{ (mg/L)}$$

$$\Delta DQO = DQOd / DQOi \%$$

Se debe tener un periodo de almacenamiento para el Biol, según su calidad, para su uso:

Excelente (E): 5 días

Bueno (B): 10 días

Aceptable (A): 15 días.

Para el uso del Biol en alimento animal solo se debe utilizar el: Excelente y el Bueno, de calidad.

	Excelente (E)	Bueno (B)	Aceptable (A)
Precio L:	\$ 0,80	\$ 0,50	\$ 0,20
Precio t:	\$ 800,00	\$ 500,00	\$ 200,00

Fuente: Guzmán China 2015.

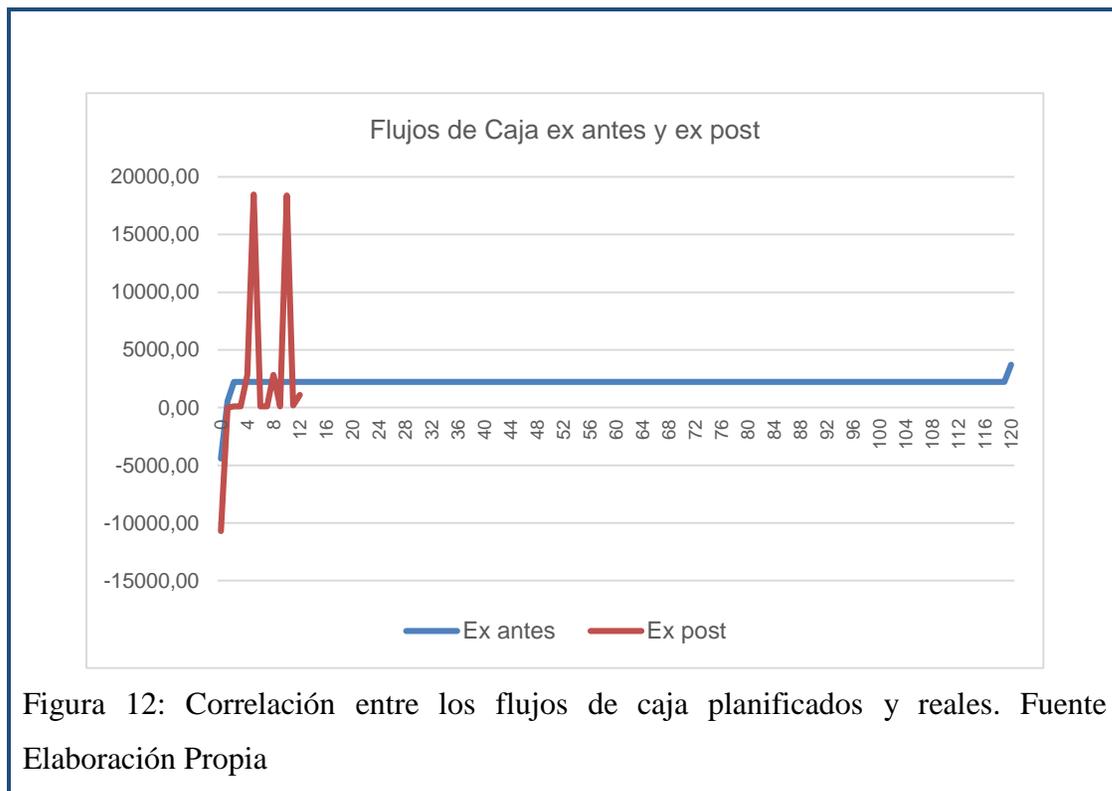


Figura 12: Correlación entre los flujos de caja planificados y reales. Fuente: Elaboración Propia

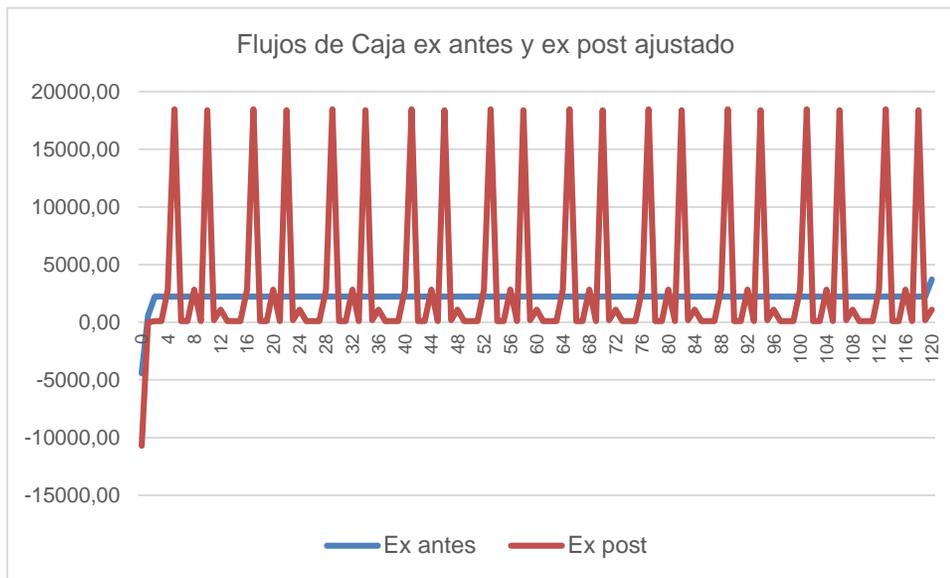


Figura 13: Correlación entre los flujos de caja ajustados planificados y reales. Fuente Elaboración Propia

En el estudio de factibilidad se trabajó con tasas de actualización que se mueven entre un 7 % y 15 % anual, el primer porcentaje referido en el análisis es la tasa de interés que establece el Banco Central de Cuba para los préstamos a largo plazo, según Resolución 59/99, pero la misma se ha aumentado arbitrariamente hasta el último valor referenciado, condicionado por el tipo a que descuentan las empresas que tienen declarado dentro su objeto social los estudios de factibilidad, según Resolución 91/2006 del MEP y modificada con fecha 30/11/2010. En la provincia existen un conjunto de instituciones que realizan estudios de factibilidad, entre ellas se encuentran: la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios (ENPA), y el Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ) adscriptos al Ministerio de la Agricultura, de conjunto con otras tantas entidades como son: 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, este último promueve la creación de una amplia red de alianzas estratégicas a nivel local, nacional e internacional, a través de la cooperación entorno al desarrollo local. Todas estas organizaciones se rigen por un procedimiento que presentan un conjuntos 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 DIPROYEND.

El índice de eficiencia del VAN es mayor que cero. El signo positivo del indicador nos muestra que se obtuvo resultados por encima a los programados, o sea el proyecto en su evaluación ex antes era rentable y al realizar la evaluación ex post continua siéndolo pero con sumas superiores, dado por el uso del fertilizante en las producciones agrícolas y su posterior comercialización con un aumento en el rendimiento por cordel; por su parte el valor modular del indicador nos da la medida de la variabilidad de los resultados, para el caso de estudio es significativa pues se mueve entre 64,38 % y 64,96 %, ver figura 3.6.

Tabla 11: Índice de eficiencia del VAN para el proyecto. Fuente Elaboración Propia

VAN	7 %	10 %	12 %	15 %
Ex antes	187510,541	165382,612	152870,832	136809,569
Ex post	309122,423	272809,351	251821,466	224889,595
Variación Absoluta	121611,882	107426,739	98950,6335	88080,0264
IE (VAN)	64,86 %	64,96 %	64,73 %	64,38 %

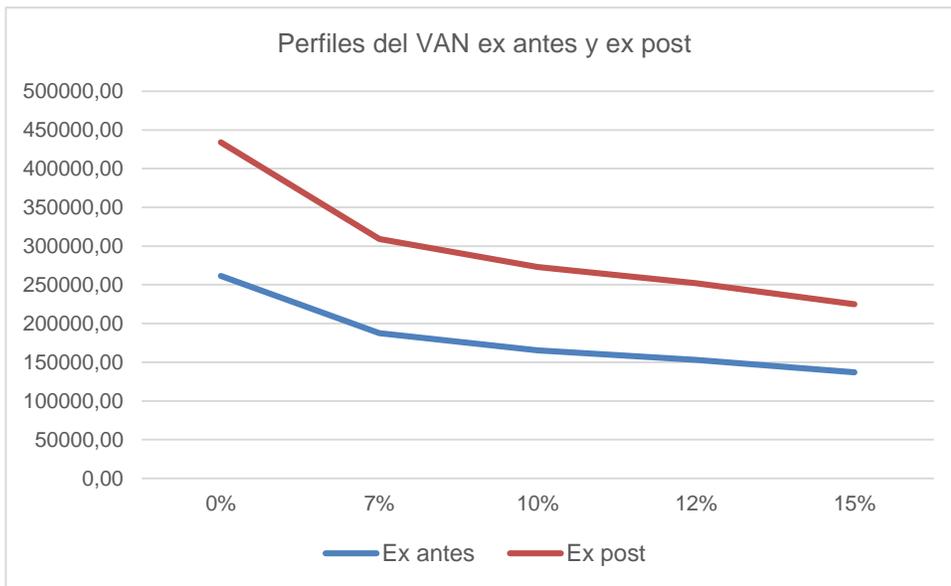


Figura 14: Perfiles del VAN ex antes y ex post.

Tabla 12: Índice de eficiencia para el índice de rentabilidad.

Índice de Rentabilidad	7 %	10 %	12 %	15 %
Ex antes	43,31	38,31	35,49	31,87
Ex post	29,89	26,46	24,5	21,99
Variación Absoluta	-13,42	-11,85	-10,99	-9,88
IE (IR)	-30,99 %	-30,93 %	-30,97 %	-31,00 %

Fuente: Elaboración Propia

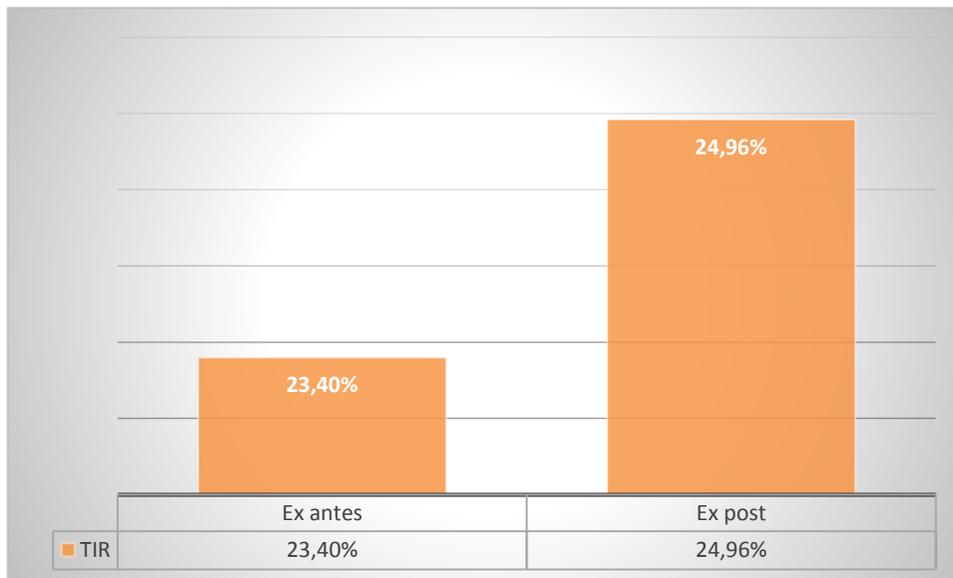


Figura 15: Índice de eficiencia calculado para la tasa interna de retorno. Fuente Elaboración Propia

3.4 Impacto medio ambiental.

Impacto ambiental.

Por el uso del reactor de geomembrana de capacidad de 10 m³ se le da tratamiento a 34,3 t de residuos (excreta) porcina anualmente, lo que representa dejar de emitir a la atmósfera 21 t de metano y 13,3 t de CO₂. Lo que significa llevado todo a la equivalencia de CO₂ en 496,3 t. Como se conoce 1 t de metano equivale a 23 t de CO₂.

Impacto social.

Fundamentalmente representa un ahorro de energía eléctrica por el uso del biogás para cocinar, dejando de pagar por este concepto \$ 83,50 pesos mensuales, que mejora la economía de la familia, también el uso del biol representa un incremento de las producciones agrícolas y la sustitución de fertilizantes químicos, obteniendo un producto de mejor calidad y ecológico.

Conclusiones parciales del capítulo

- ❖ De forma real en el proyecto se mantuvieron todas las partidas, solo los gastos de investigación y desarrollo no fueron ejecutados, para un costo total de \$ 10 714,44; de \$ 4 432,23 planificados. Por tanto el proyecto fue sobre costeadado en un 142 % o sea en \$ 6 282,21 y las partidas que incidieron significativamente en el mismo fueron: sobre costeadas la construcción del digestor, el gastos de capital de trabajo y los imprevistos por un valor total \$ 16 812,28 debido al precio tan elevado de los materiales adquiridos (a precio de mercado), además se incluyó como parte de la inversión la compra de un fogón de gas y 50 m de manguera plástica que no fueron planificados.
- ❖ El índice de eficiencia del VAN es mayor que cero. El signo positivo del indicador nos muestra que se obtuvo resultados por encima a los programados, o sea el proyecto en su evaluación ex antes era rentable y al realizar la evaluación ex post continua siéndolo pero con sumas superiores, dado por el uso del fertilizante en las producciones agrícolas y su posterior comercialización con un aumento en el rendimiento por cordel; por su parte el valor modular del indicador nos da la medida de la variabilidad de los resultados, para el caso de estudio es significativa pues se mueve entre 64,38 % y 64.96 %.

Conclusiones

1. Al analizar la literatura se identificó que en el mundo existen varios tipos de digestores, los cuales tienen distintas calificaciones según su modo de operación y el uso que se le dará. Por otra parte, se evidencia que una forma de poder acceder a los digestores y distintos lugares es por medio de proyectos.
2. Al realizar una caracterización del caso de estudio se evidenciaron distintos aspectos que afectan la zona en que se desarrolla la investigación, estas afectaciones son las siguientes: Las emisiones de metano a la atmósfera debido al no tratamiento de los residuales esto se debe a la inexistencia de infraestructura para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. La afectación al bosque en búsqueda de leña para su uso en la cocción de alimentos, lo que contribuye a la deforestación. La pérdida de la fertilidad de los suelos.
3. La evaluación Ex-post en general sirve como un sistema de retroalimentación de información para la ejecución de proyectos futuros, y para la toma de decisiones por esta razón es necesario emitir recomendaciones y observaciones acerca de la forma de ejecución del proyecto, y los resultados del mismo. Es de suma importancia indicar en este punto los resultados tanto positivos o esperados como los negativos o no esperados
4. El índice de eficiencia del VAN es mayor que cero. El signo positivo del indicador nos muestra que se obtuvo resultados por encima a los programados, o sea el proyecto en su evaluación ex antes era rentable y al realizar la evaluación ex post continua siéndolo pero con sumas superiores, dado por el uso del fertilizante en las producciones agrícolas y su posterior comercialización con un aumento en el rendimiento por cordel.
5. En la investigación se evidencio un gran impacto económico y ambiental por el uso del reactor de geomembrana, dejando de emitir a la atmósfera 21 t de metano y 13,3 t de CO₂. Y desde el punto de vista social hay un ahorro de energía eléctrica por el uso del biogás para cocinar, dejando de pagar por este concepto \$ 83,50 pesos mensuales.

6. El proyecto de forma general resulta factible ya que cumple con los requisitos técnicos, económicos, sociales, ambientales observados y demostrados en el transcurso de la investigación.

Recomendaciones

- 1- Realizar una caracterización detallada del biol para conocer sus propiedades nutritivas y de esta forma garantizar al suelo la cantidad necesaria según la demanda de cada cultivo.
- 2- Construir un estanque de almacenamiento o laguna de oxidación de biol para darle el tiempo de retención necesario antes de ser aplicado a las cosechas y de esta forma evitar posibles afectaciones a corto o largo plazo que se pueden presentar a los suelos por un exceso de metales pesados u otros cuerpos extraños que quedan al no lograr una degradación completa de la mezcla de entrada.
- 3- Con la finalidad de aprovechar al máximo todas las bondades de la planta se puede comercializar el biol que no se utiliza para las tierras de la CCS caso de estudio; teniendo en cuenta la clasificación de aceptable en que se encuentra según los resultados de laboratorio y el precio que adquiere este.
- 4- Hacer un depósito de almacenamiento del purín de cerdo para evitar la alimentación excesiva al biodigestor y de esta forma cumplir con el tiempo de retención necesario para que se efectúe completamente la digestión anaerobia incrementando de esta forma la productividad de la planta.

Bibliografía

- Aching, C. (2006). Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales (electrónica.).
- Alcívar González, B. F. (2007). *Estudio para el diseño de la implantación de un sistema de generación de energía eléctrica alternativo a partir de desechos biodegradables*. (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica Salesina Sede Guayaquil., Guayaquil.
- Antonio, G. C., J. & Cortada Ferrera, J. L. (2010). Sistemas de tratamiento de Biogás. Revista Energía y tú.
- Baca Urbina, G. (2001). *Evaluación de Proyectos. Análisis y Administración del Riesgo*. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana S. A.
- Baxter., B. G., & Rees. R. (1990). *Diccionario de Economía*. Trillas. México.
- Catacora, F. (2004). *Contabilidad. La base para las decisiones gerenciales*. Venezuela: Editorial Marc-Graw Hill.
- Devora, Y.C. (2007). Algunas consideraciones para la evaluación de inversiones.
- Digestión anaerobia. (2011). Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación. Retrieved from: www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/.../Digestión-Anaerobia.
- Ferrari. Romina. (n.d.). Finanzas -Globalización.
- García Melián, Maricel. (2005). Evaluación del Impacto en Proyectos de Inversión.
- García, F, C., L. & Collado, A. (2008). Análisis de riesgos en proyectos de inversión utilizando el método de la simulación.
- Guardado Chacón, J. A. (2007). Tecnología del biogás., (Revista Energía y tú.).
- Guzmán China, J. M. (2013c). *Evaluación económica de la energía renovable*. Editorial Académica Española.

- Guzmán China, J. M. (2013d). *Digestión Anaerobia para el tratamiento de residuos orgánicos*. Editorial Académica Española.
- Guzmán China, J. M. (2013a). *Valoración de la eficiencia de plantas de biogás a pequeña escala*. Editorial Académica Española.
- Guzmán China, J. M. (2013b). *Optimización de la digestión anaerobia*. Editorial Académica Española.
- León G. & Santana Y. (2003). Construcción y utilización de biodigestores en comunidades rurales de Nicaragua.
- Moreno Figueredo, C. (2013). Cuba hacia el 100% con energía renovable, (Revista Energía y tú).
- Ocaña Torres, E. (n.d.). Aplicación de un procedimiento para la evaluación de inversiones dirigidas a la producción de granos en varios complejos arroceros del territorio.
- Padrón, W. R. (2009). Biodigestores.
- Páez E, J. (2005). Las inversiones y los riesgos. Cada tipo de riesgo afecta tu inversión de modo diferente.
- Rodríguez Bolaños, D. (2012). *Aplicación de un procedimiento para la evaluación Ex Ante del proyecto de inversión de la ECOA 37*. (Trabajo de Diploma), Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez., Cienfuegos.
- Rodríguez, Cruz, H. I. (2007). Importar lo que importa.
- Rodríguez, G.M. (2007). Formulación y evaluación financiera y social de proyectos de inversión.
- Santana Acea, L. (2014). *Principales deficiencias detectadas en la explotación del digester y tratamiento de los residuales de salida de la planta de biogás. Su factibilidad económica-ambiental en la empresa Genético Porcino de Cienfuegos*. (Trabajo de

Diploma), Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.

Sarmiento García, Y. (2014). *Optimización de la digestión anaerobia de la planta de biogás de la Empresa Genético Porcino de Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma), Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.

Sosa Cáceres, R. (2008). Tecnologías de biogás apropiadas., (Revista Energía y tú).

Anexos

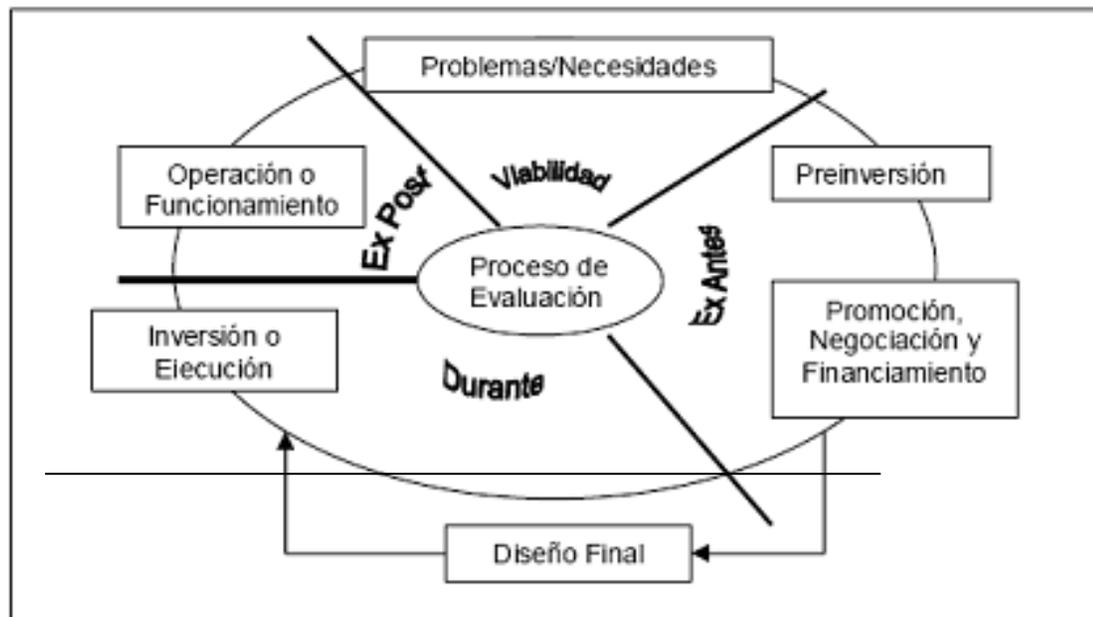
Anexos:

Anexo A:Tabla 1. Composición del biogás

Compuesto	Concentración
Metano (CH ₄) (%)	50-70
Dióxido de Carbono (CO ₂) (%)	30-50
Hidrogeno (H ₂) (%)	1-10
Nitrógeno (N ₂) (%)	<3
Oxígeno (O ₂) (%)	<0.1
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S) (ppm)	0-8000

Anexo B: fig.1. Esquema final de los cuatros tipos de evaluación

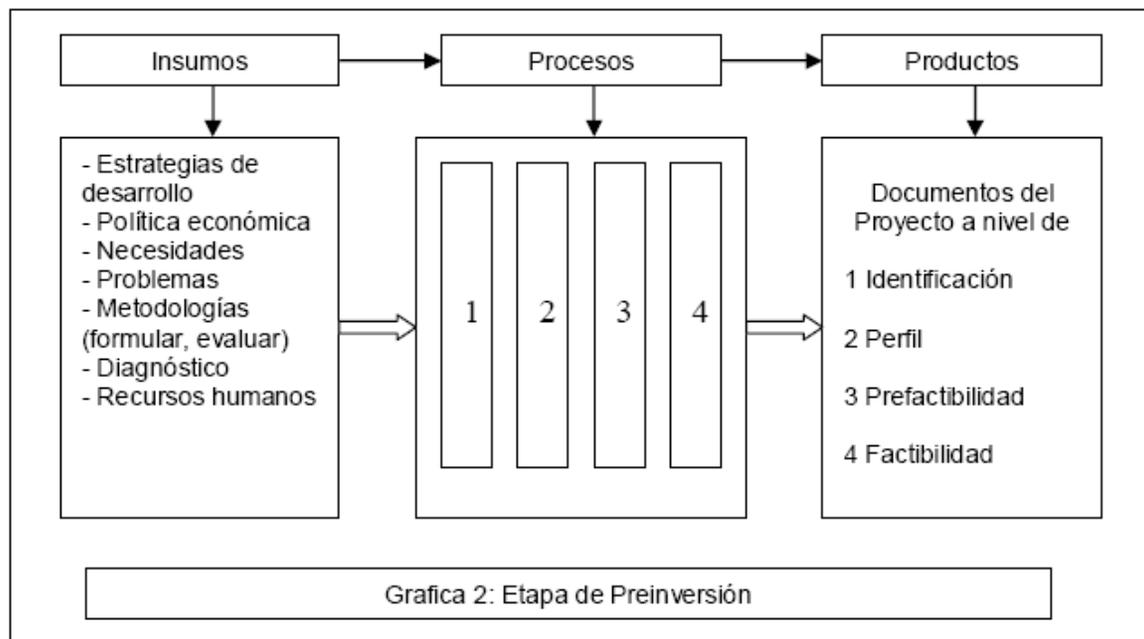
Estas cuatro etapas en que se evalúa un proyecto, están relacionadas con los tres tipos de evaluación que normalmente se conocen: Ex-antes; durante y ex- post



Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

Formulación y Evaluación de Proyectos. Ramón Rosales Posas. Instituto Centroamericano de Administración Pública

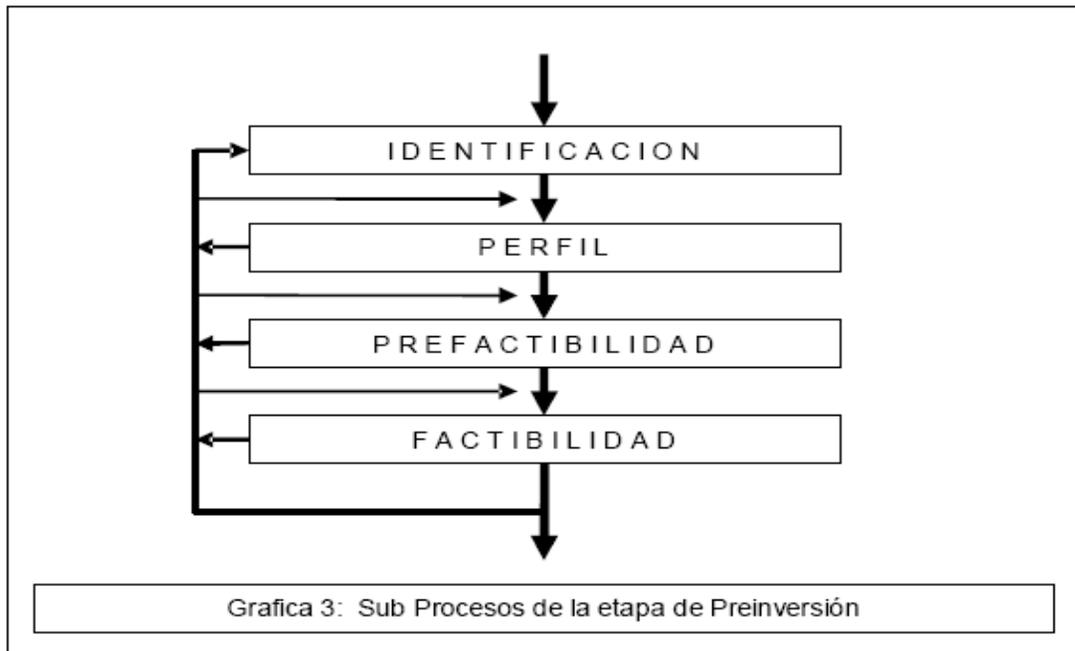
Anexo C: fig.2. Etapa de Pre inversión



Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

Formulación y Evaluación de Proyectos. Ramón Rosales Posas. Instituto Centroamericano de Administración Pública

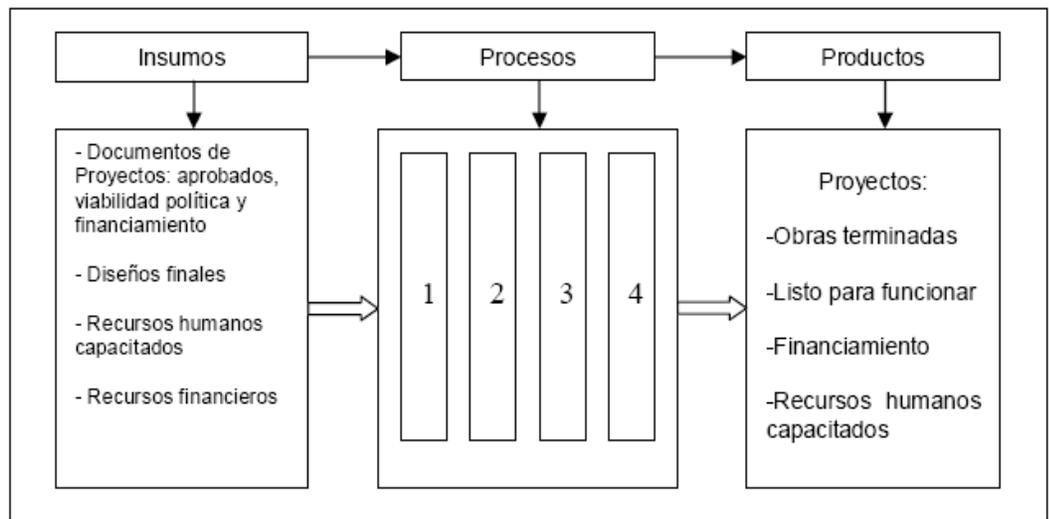
Anexo D: fig.3. Sub proceso de la etapa de pre inversión



Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

Formulación y Evaluación de Proyectos. Ramón Rosales Posas. Instituto Centroamericano de Administración Pública

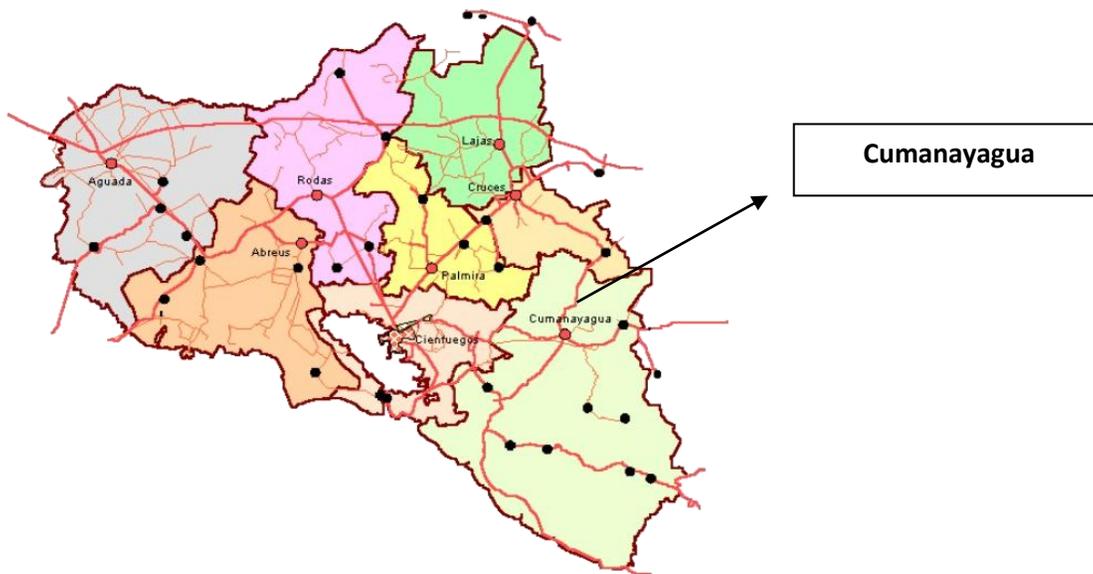
Anexo E: fig.4. Fase ejecución o seguimiento



Fuente: Apuntes de Clase Ing. Trinidad Pérez

Formulación y Evaluación de Proyectos. Ramón Rosales Posas. Instituto Centroamericano de Administración Pública

Anexo F: Fig.5. Localización



Anexo G:Fig.6. Procedimiento para la evaluación ex post de proyectos de inversión en las etapas de ejecución y funcionamiento. Fuente[Elaboración propia].



Anexo H:Tabla 2 Principales Indicadores de resultado. Fuente [Elaboración propia].

Indicador	Explicación	Fórmula de cálculo
Indicador de Costo. (IC)	Permite determinar la diferencia porcentual entre la financiación total solicitada al inicio del proyecto y los desembolsos realizados durante la ejecución del mismo	$IC = \left[\frac{\text{Real}}{\text{Previsto}} \right] - 1$
Cumplimiento Temporal (ICT)	Se trata de establecer la diferencia porcentual entre el plazo proyectado inicialmente para la ejecución del proyecto y el tiempo que finalmente se	$ICT = \left[\frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo estimado}} \right] - 1$

	empleó.	
Eficiencia (IE)	Resulta la comparación porcentual entre el valor actual neto antes (VAN ex antes) y el valor actual neto después (VAN ex post) de la ejecución del proyecto	$IE = \left[\frac{VAN \text{ expost}}{VAN \text{ exantes}} \right] - 1$
Cobertura (ICob)	Permiten comparar el número de personas beneficiadas establecidas ex antes (año 0) y el número de personas beneficiadas realmente ex post (año n), durante toda la vida del proyecto.	$ICob = \sum_{i=0}^n \frac{Beneficiarios \text{ año } i}{Beneficiarios \text{ año } 0}$
Déficit (ID)	Compara el porcentaje de personas o servicios que carecen del servicio (déficit), con el número de beneficiarios cubierto realmente por el proyecto. En otras palabras, el indicador muestra el aporte que hizo el proyecto para reducir el déficit	$ID = \frac{\text{Déficit}}{\text{Número total de beficiarios con el proyecto}}$
Sostenibilidad	Implica los recursos financieros y recurso humano necesarios para la debida operación del mismo hasta el agotamiento de su vida útil.	
Pertinencia	Se determinará la pertinencia o contribución del proyecto a la solución de los problemas, mediante un análisis del problema planteado en la formulación del proyecto y si los resultados operativos obtenidos fueron útiles	

Anexo I:Tabla 3: Producción diaria de excreta según el tipo de cerdo.

<i>Etapa</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

Anexo J:Imágenes de la C.C.S caso de estudio.

Imagen a:



Imagen b:



Imagen c:



Imagen d:

