



PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-
ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE
BIODIGESTORES EN UN FEEDLOT

AUTORES:

IBARROLA, MATIAS EMILIANO
LÓPEZ SAAVEDRA, FRANCISCO
QUIROGA, JUAN MANUEL

DOCENTE GUÍA: ING. PABLO COCCOLO

2014

Dedicatoria

A nuestras familias y amigos, por todo el apoyo brindado durante estos arduos años de estudio.

Resumen Ejecutivo

Los esquemas de producción de carne vacuna son esencialmente pastoriles y se basan en la capacidad de los rumiantes para aprovechar los forrajes fibrosos y transformarlos en carne. Los extremos en las formas de producir carne están representados por los sistemas extensivos, netamente pastoriles, y por los sistemas intensivos de producción, donde el total del alimento consumido es suministrado diariamente por el ser humano. El sistema de Engorde intensivo, Engorde a corral o Feedlot, es una tecnología de producción de carne con los animales en confinamiento, dietas de alta concentración energética y alta digestibilidad. Dicho sistema tiene efectos sobre el ambiente, afectando los tres cuerpos receptores: aire, por su emisión de gases de efecto invernadero, el polvo característico y el olor desagradable, y agua y suelo, por los efluentes con grandes cantidades de estiércol y sus consecuentes problemas, como contaminación del suelo y eutrofización de ecosistemas acuáticos.

El objetivo del proyecto es analizar la factibilidad técnica y económica de instalar biodigestores en el Feedlot San Jorge. Un sistema de biodigestión es, básicamente, el conjunto de componentes que facilitan la conversión de residuos orgánicos en biogás y biofertilizante. Por lo tanto, se pretende no sólo solucionar los problemas ambientales anteriormente descritos, sino también proporcionar una ventaja competitiva al establecimiento por el uso de dichos productos, los cuales reemplazarían al gas de garrafa y a los fertilizantes químicos, respectivamente. Incluso, se estudia la posibilidad de comercializar el excedente de bioabono y generar energía eléctrica con el excedente de biogás para devolverla a la red, diversificando el negocio y generando una importante fuente de ingresos.

La estructura del estudio está compuesta por una primera parte teórica, en la cual se investiga en profundidad sobre el proceso de biodigestión y los distintos sistemas existentes. Luego, se realiza la aplicación al caso particular del Feedlot San Jorge, donde se efectúa un riguroso análisis técnico, con los correspondientes cálculos de dimensionamiento de los biodigestores, producción de biogás y generación de energía eléctrica. Posteriormente, se desarrolla el estudio económico-financiero, en el cual se confeccionan los flujos de fondos para distintos escenarios posibles, se realiza un análisis de sensibilidad y se proponen distintas formas de financiamiento.

En base a lo expuesto, se deduce que el proyecto tiene un gran atractivo en todos sus frentes: la simplicidad del sistema lo hace absolutamente factible desde la perspectiva técnica, se soluciona la problemática ambiental de manera sustentable, el estudio económico-financiero presenta valores de VAN y TIR interesantes en la mayoría de los escenarios planteados y se mitigan los riesgos del negocio al incursionar en el área de energía, liberando al feedlot de los impactos generados por los vaivenes de su mercado original. Definitivamente, el proyecto tiene altas probabilidades de concreción y se posiciona como un modelo innovador para los establecimientos rurales del país.

Executive Summary

Bovine meat production schemes are essentially pastoral and based on the ability of ruminants to feed on fibrous fodder and turn them into meat. Extremes ways of producing meat are represented by extensive systems, purely pastoral, and intensive production systems, where the total food consumed is provided daily by humans. Intensive Fattening Systems, or Feedlots, is a meat production technology of animals in confinement, high energy content diets and high digestibility. This system has effects on the environment, affecting all three receiving bodies: air, by its emission of greenhouse gases, dust and its characteristic unpleasant odour, and water and soil, by effluents with large amounts of manure and its consequent problems, such as soil contamination and eutrophication of aquatic ecosystems.

The objective of this project is to analyze the technical and economic feasibility of installing biodigesters in Feedlot San Jorge. A biodigestion system is, basically, the set of components that facilitate the conversion of organic waste into biogas and biofertilizer. Therefore, it is intended not only to solve the above-described environmental problems, but also provide a competitive advantage by the use of these products, which would replace the bottled gas and chemical fertilizers, respectively. Even the possibility of selling surplus biofertilizer and generate electricity with surplus biogas to return back into the network is studied, which would diversify the business and generate a significant source of revenue.

The structure of this academic work consists of a first theoretical part, in which the biodigestion process and the different systems are investigated in depth. In the following part, the previous analysis is applied to the particular case of Feedlot San Jorge, where a rigorous technical analysis is done, including calculations of biodigester sizing, biogas production and electricity generation. Subsequently, the economic-financial study is developed, in which the cash flows for various scenarios are made, a sensitivity analysis is performed and different forms of financing are proposed.

Based on the above, it can be said that the project has a great appeal on all fronts: the simplicity of the system makes it quite feasible from a technical perspective, the environmental problems are solved in a sustainable way, the economic and financial study present interesting NPV and IRR values in most scenarios and business risks are mitigated by venturing into the energy area, freeing the feedlot from impacts generated by the vagaries of its original market. Definitely, the project has a high probability of realization and is positioned as an innovative model for rural establishments in the country.

I. INTRODUCCIÓN	8
I.1. DESCRIPCIÓN DEL FEEDLOT Y SUS ACTIVIDADES	8
II. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
II.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE BIODIGESTIÓN	12
III. PROCESO DE BIODIGESTIÓN	12
III.1. ETAPAS DEL PROCESO DE BIODIGESTIÓN	12
III.1.1. Hidrólisis.....	13
III.1.2. Etapa fermentativa o acidogénica	14
III.1.3. Etapa acetogénica.....	14
III.1.4. Metanogénesis.....	14
III.2. COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA A UTILIZAR	14
III.2.1. Características físicas	15
III.2.2. Características químicas.....	15
III.2.3. Tratamientos pasivos	16
III.2.4. Tratamientos activos	16
III.3. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO	17
III.4. CARACTERÍSTICAS ADECUADAS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE BIODIGESTIÓN	19
IV. TECNOLOGÍA	23
IV.1. TIPOS DE SISTEMAS DE BIODIGESTIÓN	23
IV.1.1. Sistemas continuos.....	23
IV.1.2. Sistemas discontinuos.....	23
IV.1.3. Sistemas de dos etapas.....	24
IV.2. ESTUDIO DEL BIODIGESTOR A UTILIZAR	25
IV.2.1. Biodigestor tubular	25
IV.2.2. Ventajas	26
IV.2.3. Desventajas	27
IV.2.4. Biodigestor de cúpula fija.....	27
IV.2.5. Ventajas	28
IV.2.6. Desventajas	28
IV.2.7. Biodigestor de campana flotante o tipo hindú	28
IV.2.8. Ventajas	29
IV.2.9. Desventajas	29
IV.3. COMPARACIÓN	30
IV.3.1. Biodigestor tipo Laguna cubierta.....	31
IV.3.2. Ventajas	31
IV.3.3. Desventajas	32
V. APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE BIODIGESTIÓN A SAN JORGE	33
V.1. OPERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS	33
V.1.1. Valores de pH en la fase líquida	33
V.1.2. Relación Carbono-Nitrógeno en la carga.....	34
V.1.3. Rangos de temperatura para la operación del biodigestor.....	34
V.1.4. Suministro de materia orgánica al biodigestor	35
V.1.5. Proporción entre material sólido y agua.....	35
V.1.6. Tiempo de retención y cantidad diaria de excretas	35
V.2. DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR	36
V.3. INSTALACIÓN DE VARIOS BIODIGESTORES	37
V.3.1. Ejecución de las obras.....	38
V.4. LAY OUT	42
V.4.1. Corrales	42
V.4.2. Siembra	42
V.4.3. Espacios disponibles	42

V.4.4. Lay out propuesto.....	43
V.5. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y EQUIVALENCIAS	43
V.6. USOS DEL BIOGÁS	44
V.7. CONSUMO Y EXCEDENTE DE BIOGÁS	47
V.7.1. Garrafas	47
V.7.2. Intercambiadores de calor	48
V.8. ACONDICIONAMIENTO DEL BIOGÁS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	49
V.8.1. Reducción de sulfuro de hidrogeno (H ₂ S).....	49
V.8.2. Eliminación de condensados	50
V.8.3. Calibración del biogás.....	50
V.8.4. Generación de energía eléctrica a partir de biogás.....	51
V.9. FACTIBILIDAD DE DEVOLUCIÓN A LA RED	52
V.10. INGRESOS POR DEVOLUCIÓN A LA RED: POSIBLES ESCENARIOS	54
V.10.1. Escenario I.....	54
V.10.2. Escenario II	55
V.10.3. Escenario III.....	55
V.11. BIOFERTILIZANTE.....	56
V.12. APLICACIÓN GENERAL Y VENTAJAS DEL BIOL.....	57
V.13. APLICACIÓN GENERAL Y VENTAJAS DE BIOSOL	58
V.13.1. Características del Biol	59
V.13.2. Características del Biosol.....	59
V.14. DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	60
V.15. MARCO LEGAL.....	62
VI. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO.....	63
VI.1. FLUJO DE FONDOS.....	63
VI.1.1. Flujo de Fondos I.....	64
VI.1.2. Flujo de Fondos II.....	65
VI.1.3. Flujo de Fondos III	66
VI.2. ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DEL PROYECTO	67
VI.3. PERÍODO DE REPAGO.....	68
VI.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	71
VI.5. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.....	72
VI.5.1. Programa Pequeñas Donaciones de Naciones Unidas	72
VI.5.2. Préstamos en dólares.....	72
VI.5.3. Préstamos en pesos a tasa variable	72
VI.5.4. Préstamos en tasa fija.....	73
VII. CONCLUSIONES.....	74
VIII. BIBLIOGRAFÍA	76
VIII.1. Páginas Web.....	76
VIII.2. Libros, papers, artículos, etc.....	77
IX. CONTACTOS Y ENTREVISTAS	78
X. ANEXO	79

1. INTRODUCCIÓN

El biogás es un combustible que se genera por la descomposición microbológica de la materia orgánica en un proceso espontáneo que se da en un entorno húmedo y anaeróbico. Es un compuesto cuyo componente principal es el metano y, por lo tanto, puede ser utilizado para la generación de energía. El biogás se produce de manera natural pero también puede ser generado en ambientes controlados, es decir, en equipos que se llaman sistemas de biodigestión. Los mismos son alternativas de producción de energía limpia a partir de material orgánico (excretas, sueros, agua residual, residuos orgánicos en general) a los cuales, en la mayoría de las ocasiones, no se les da ningún valor en el ciclo productivo de un establecimiento rural o empresa. Las plantas de biogás permiten generar beneficios tangibles, como generación de energía térmica y/o eléctrica, producción de biofertilizantes, disminución de la contaminación en cuerpos receptores de agua (ríos, lagos, etc.) y obtención de un beneficio económico. Los feedlots, por su parte, son establecimientos ideales para instalar un sistema de biodigestión debido a que su capacidad de almacenamiento ofrece la oportunidad para la recuperación de estiércol y, de este modo, aumentar la biomasa para alimentar un biodigestor. El estudio busca no sólo reducir el impacto ambiental del establecimiento rural, sino también producir energía renovable independiente de los combustibles fósiles y además obtener biofertilizantes que derivan de la transformación de la materia orgánica.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL FEEDLOT Y SUS ACTIVIDADES

Feedlot Ganadera San Jorge es un establecimiento fundado en 1990, ubicado en el 7mo Distrito de Gualaguay, Entre Ríos. Cuenta con 32 empleados, 32 corrales y 50 hectáreas de hacienda propia para desarrollar sus actividades. Si bien tiene una capacidad para 4500 animales, actualmente tiene 2000 cabezas de ganado, las cuales ocupan 26 corrales. Aparte, cuenta con dos corrales más para la recría exclusivamente.

La empresa se dedica al engorde de ganado bovino en corrales y también a la recría, mediante la cual los animales son alimentados con pasturas en campo abierto hasta que alcanzan el peso suficiente para entrar al feedlot. Se calcula que los animales se alimentan con el 3% de su peso en ración de materia seca por día. Así, se considera que engordan entre 1 Kg. y 1,3 Kg. por día. Este dato depende de 3 factores fundamentalmente: la genética, tamaño/categoría del animal y las condiciones climáticas. No obstante, en base a la historia del campo, se pueden establecer los límites inferior y superior en 0,8 Kg. y 1.8 kg. por día para situaciones extremas.

Otra de las funciones importantes del establecimiento es la producción de los alimentos destinados al engorde de los animales, que alcanzan pesos entre 280-400 Kg. El alimento está compuesto de maíz, el cual proporciona la energía, subproductos de la industria, que brindan la proteína y, finalmente, los rollos que son los que aportan la fibra. Los últimos pueden ser de alfalfa o rastrojo indistintamente. Aparte, se agregan concentrados de vitaminas y minerales que cumplen la función de anti-empaste. A partir de estos cuatro componentes se hace la ración del día, la cual no es fija y varía en función de las necesidades del ganado, las cuales, a su vez, surgen de la observación de los profesionales especializados en el tema que recorren los ganados a diario a modo de

control. La fórmula se prepara en el mixer, donde se mezclan los insumos, y una vez terminada se distribuyen en los comederos ubicados en cada corral. El mix está diseñado para cumplir con el objetivo puntual del feedlot en determinado momento, de manera que puede variar y así obtener el producto deseado: novillo, novillito o ternero en el caso de los machos y vaca, vaquillona o ternera para las hembras.

El proceso de feedlot consta de varias etapas:

- Los animales se descargan en lo que se llama un corral de recepción, en el cual se hidratan y descansan adaptándose al establecimiento.
- Una vez pasadas de 48 a 72 hrs., son llevados a la manga donde se los identifica y realiza el correspondiente plan sanitario indicado por el profesional a cargo.
- Luego, el ganado pasa a los corrales definitivos donde el objetivo es que engorden al ritmo indicado previamente, de 1 Kg. a 1,3 Kg. por día.

El personal recorre todos los días los corrales para evaluar los comederos, bebederos, el alimento, su respectivo consumo y el estado de salud del ganado. Cuenta con un corral de enfermería, en caso que presenten algún tipo de síntoma, con el fin de apartar y tratar al animal.

Los corrales se limpian en buena parte con las lluvias, y es justamente en estos días en los que se realiza el mantenimiento. En donde haya estancamiento de aguas se destapan los drenajes para permitir que se escurra y lleve consigo los desechos. Se presta especial atención estos días porque la respuesta tiene que ser veloz. Existe otro tipo de limpieza al cual se someten los corrales y es con la salida de los animales, que en promedio se da cada 3 meses. Dicha salida se realiza tras haber alcanzado la terminación deseada, y el tiempo exacto depende de cada animal, estacionalidad, producto buscado, etc. Con el corral ya vacío se realiza la limpieza. Para ello se usa una pala frontal y un tractor con un acoplado de 4 m³. Además, las piletas de decantación se revisan e higienizan cada 6 ó 7 meses en promedio. Cabe aclarar que San Jorge tiene el servicio de faenado tercerizado al no contar con las instalaciones para hacerlo.

Los residuos recogidos durante las salidas de los animales son llevados para realizarle el tratamiento a fin de obtener fertilizante adecuado para las futuras siembras. Se llena un camión de 17 m³ con los desechos orgánicos de un solo corral (producto del ganado). Actualmente, se le realiza un proceso de compostaje con el estiércol por el método de aireación. Se trata de un proceso basado en el reciclado de la materia orgánica mediante una fermentación controlada en condiciones aeróbicas, es decir, en presencia de oxígeno. Los productos de este tratamiento son:

- Buen abono para las plantas (de liberación lenta)
- Regenerador orgánico de suelos
- Se obtiene compost como producto final

Tal técnica es usada desde hace mucho tiempo en la agricultura, pero es un proceso lento y no conserva al máximo la calidad del material. La materia orgánica se descompone y transforma en un producto fácilmente manejable y aprovechable como mejorador de suelo, ya que agrega elementos esenciales y no nitrifica ni acidifica el terreno, como suele ocurrir con el uso de fertilizantes químicos. La pila de desechos libera, dióxido de carbón, energía en forma de calor y agua, como muestra la figura.

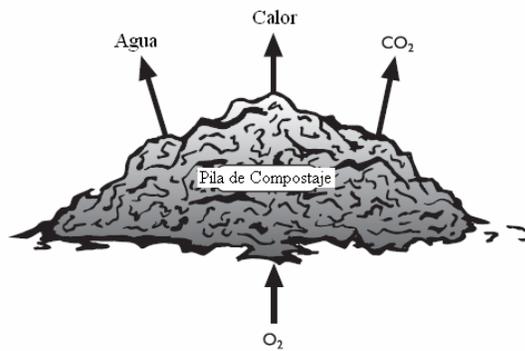


Figura 1: Pila de desechos y sus emisiones. Fuente UDL.es

Además, San Jorge ofrece el servicio de hotelería. El mismo consiste en brindar el servicio de engorde para terceros. Así, se permite que cualquier dueño de hacienda engorde animales sin necesidad de contar con estructura propia para hacerlo. Dependerá de la estrategia comercial adoptada en los distintos contextos económicos si este tipo de actividad es mayor o menor dentro del feedlot.

La Cámara Argentina de Feedlots desarrolló un sistema de gestión de calidad para sus asociados, entre los cuales se encuentra San Jorge. Se trata de un protocolo al que cada uno puede adherirse voluntariamente, y tiene como principal objetivo permitir al productor mantener los niveles de calidad del feedlot.

En resumidas cuentas, se trata de tres pasos: una vez que se tiene la carpeta del sistema de gestión de feedlot, se visita el establecimiento y se realiza un diagnóstico. Luego, viene la implementación propiamente dicha. Aquí se redactan los procedimientos y se ponen en marcha las modificaciones. Termina con la auditoría y cierre: se analiza todo el trabajo realizado dando como resultado final el Manual de Calidad, Inocuidad y Medio Ambiente del establecimiento la cual será una guía fundamental para el trabajo de todos los días.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Si bien los feedlots representan una solución para los ganaderos, ya que intensifican la producción en un espacio reducido, no están exentos de problemas. En primer lugar, la gran concentración de estiércol de ganado bovino conlleva problemas sanitarios. El mal olor, la concentración de moscas, la contaminación de las napas subterráneas y la posibilidad de esparcimiento en casos de lluvias contribuyen para que se asocie a los feedlots con un impacto ambiental negativo y lo posiciona en un conflicto con los vecinos y poblaciones cercanas. En segundo lugar, la disposición final del estiércol y de todos los demás residuos producidos por el establecimiento fue históricamente un problema, ya que San Jorge no cuenta con recolección urbana ni existe relleno sanitario en las cercanías. Actualmente, se tiene tercerizado el proceso para recolección de estiércol, incurriendo en costos extra. Además, es importante destacar que el feedlot se abastece de sus propias cosechas, para lo cual compra grandes cantidades de fertilizantes a un tercero. También hay que remarcar que todo el gas utilizado por las instalaciones proviene de garrafas, ya que la red de gasoductos no llega al establecimiento ni a la mayoría de las zonas rurales.

El proyecto apunta a encontrar una solución ecológica, rentable y sustentable a dichos problemas. Se propone estudiar la factibilidad de instalar un biodigestor en el feedlot. De este modo, se obtienen numerosas ventajas:

- Se encuentra una disposición final ecológica del estiércol, sin necesidad de tercerizar el servicio de recolección de residuos.
- Se obtiene biogás para las instalaciones del establecimiento, independizando al mismo de las garrafas.
- Se obtiene biofertilizante para mejorar los rindes en las cosechas, generando, además, ahorros en las compras de fertilizantes a un tercero.
- Se obtiene una ventaja ambiental al reducir la quema de combustibles fósiles, los cuales son recursos no renovables, y se produce una menor emisión de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, es inevitable mencionar en el análisis la existencia de algunas desventajas tales como:

- Bajo poder calorífico del biogás
- Necesidad de residuos homogéneos para un correcto funcionamiento del biodigestor
- Costos de las instalaciones

3. PROCESO DE BIODIGESTIÓN

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE BIODIGESTIÓN

Un sistema de biodigestión es el conjunto de componentes que facilitan la conversión de un residuo en energía.

Uno de los componentes más importantes del sistema de biodigestión, si bien no es el único, es el biodigestor, también denominado digestor o reactor anaeróbico. El mismo se puede definir como un aparato capaz de convertir materia orgánica, por ejemplo excretas o estiércol de vaca y cerdo, aguas negras, residuos lácteos u otras aguas residuales, en metano y otros gases. Dicho proceso de degradación o descomposición experimenta tres o cuatro fermentaciones consecutivas, convirtiéndolo en un proceso complejo. Sin embargo, aun con esta complejidad, existe un sinergismo interno, donde los grupos de microorganismos se ayudan entre sí para producir metano.

A nivel general, un biodigestor consta de una cámara de digestión donde se ingresa la materia para ser degradada y una campana en la que se deposita el biogás producido por las bacterias. El biogás que se genera dentro del biodigestor se conduce a través de un sistema de tuberías hasta su lugar de aprovechamiento.

La porción sólida-líquida que resulta del proceso de biodigestión puede ser retirada de la cámara de digestión y ser utilizada como abono por sus excelentes propiedades químicas y bacteriológicas.

3.1 ETAPAS DEL PROCESO DE BIODIGESTIÓN

El sistema de biodigestión está comprendido por varios procesos y etapas que se describen a continuación:

- Recolección de desechos orgánicos
- Adecuación y selección de los mismos para lograr la mezcla optima
- Carga del biodigestor (Biomasa - Agua)
- Biodigestión
 - Hidrólisis
 - Etapa fermentativa o acidogénica
 - Etapa acetogénica
 - Etapa metanogénica
- Extracción del biogas
- Recolección del abono resultante de la biodigestión

En la etapa de la biodigestión se produce la descomposición anaeróbica que convierte los compuestos complejos presentes en la biomasa del biodigestor en compuestos simples, dando como resultado final la liberación de una mezcla de gases compuesta principalmente por dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) denominada biogas. Esta descomposición se da en cuatro etapas denominadas: hidrólisis, acidogénica o

fermentativa, acetogénica y metanogénica. En cada una de ellas actúan distintas bacterias que transforman la materia orgánica en diferentes compuestos como azúcares, ácidos grasos, ácido acético, hasta llegar a un producto final. A continuación se presenta un esquema del proceso y una descripción de las etapas que ocurren en el biodigestor:

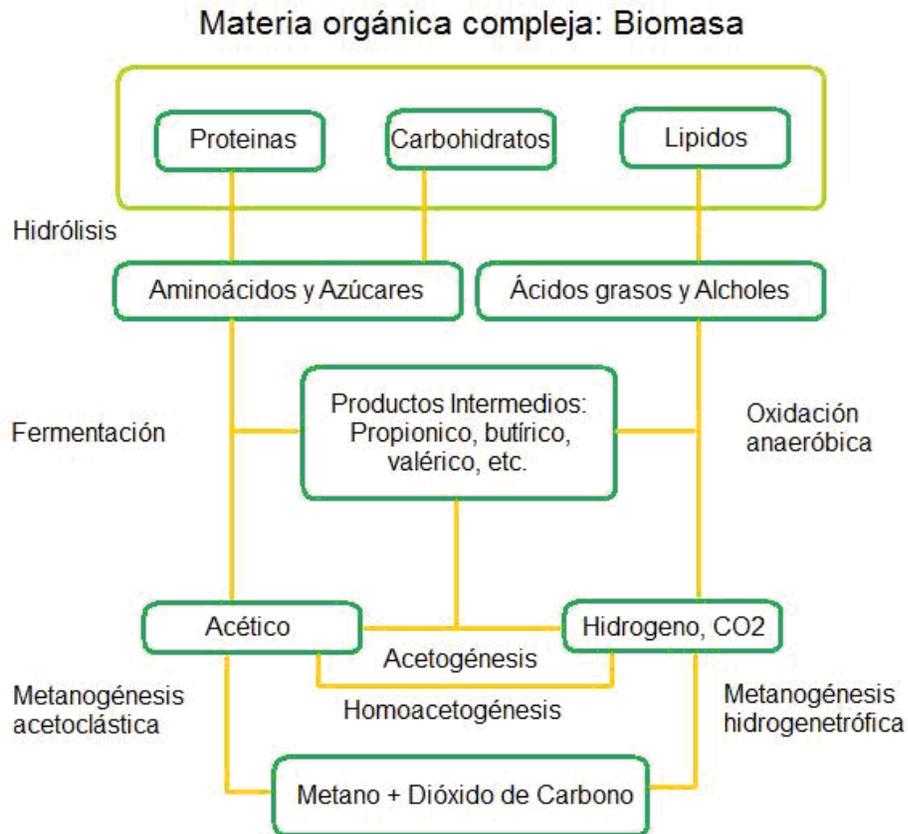


Figura 2: Diagrama del proceso de biodigestión. Fuente: propia.

3.1.1. Hidrólisis

Suele ser la etapa limitante de la velocidad del proceso global, sobre todo tratando desechos con alto contenido de compuestos de elevado peso molecular. La materia orgánica con esta característica presente en la biomasa (proteínas, carbohidratos y lípidos) no puede ser digerida directamente por los microorganismos a menos que se hidrolicen en compuestos solubles que puedan atravesar la membrana celular. La hidrólisis es, por lo tanto, el primer paso necesario para la digestión anaeróbica de substratos orgánicos complejos y el grado y la velocidad del proceso depende de muchos factores, entre otros del pH, de la temperatura, de la concentración de biomasa capaz de ser hidrolizada, del tipo de materia orgánica y del tamaño de las partículas. La velocidad del proceso aumenta con la temperatura independientemente del compuesto de que se trate y también con la reducción del tamaño de las partículas, debido fundamentalmente a la disponibilidad de superficie para la adsorción de las enzimas hidrolíticas. La hidrólisis de estas partículas orgánicas es llevada a cabo por enzimas extracelulares excretadas por las bacterias fermentativas denominadas lipasas, amilasas,

proteasas, etc. En esta primera etapa se hidrolizan polímeros tales como polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, formándose moléculas orgánicas más cortas (Monómeros y oligómeros) azúcares, alcoholes, ácidos grasos, glicerol, polipéptidos, aminoácidos, bases púricas, y compuestos aromáticos.

3.1.2. Etapa fermentativa o acidogénica

La llevan a cabo bacterias acidogénicas que transforman los oligómeros y monómeros producto de la hidrólisis. Las moléculas orgánicas solubles son fermentadas por varios organismos fermentativos formando compuestos que pueden ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (acético, fórmico, H_2) y compuestos orgánicos más reducidos (láctico, etanol, propiónico, butírico, principalmente). Las proporciones entre los productos de la fermentación varían en función del consumo de H_2 por parte de las bacterias que lo utilizan. La actividad de algunas bacterias fermentativas y acetogénicas depende de la concentración de H_2 , siendo posible sólo a valores muy bajos de presión parcial de H_2 . La eliminación continua de H_2 mediante oxidación por CO_2 (bacterias metanogénicas hidrogenotróficas) estimula la acción de las bacterias fermentativas, al eliminar un producto de la reacción.

3.1.3. Etapa acetogénica

Los compuestos orgánicos más reducidos (láctico, etanol, propiónico, butírico, principalmente) tienen que ser oxidados por bacterias acetogénicas a substratos más volátiles y simples que puedan utilizar las metanogénicas.

3.1.4. Metanogénesis

Las bacterias metanogénicas son las responsables de la formación de metano a partir de: acetatos, H_2 , CO_2 , formato, metanol y algunas metilaminas. Todas las bacterias metanogénicas poseen varias enzimas especiales, que participan en la formación de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), en esta cuarta etapa participan también las bacterias hidrogenotróficas, que mantienen el equilibrio del hidrógeno (H_2) en el medio, utilizándolo para reducir el CO_2 a CH_4 . Si bien no todos los grupos de metanogénicos resultan igualmente inhibidos por los mismos compuestos el nitrógeno amoniacal, los ácidos grasos de cadena larga, ácidos grasos volátiles, algunos cationes y el amoniaco libres son los principales inhibidores en esta etapa del proceso. Además la metanogénesis es sensible a pH altos y bajos siendo el óptimo de funcionamiento entre 6.5 y 8.

3.2. COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA A UTILIZAR

La selección y acondicionamiento de los residuos a introducir en el biodigestor van a determinar la tasa de producción y composición del biogás generado. La forma de acondicionar la entrada puede ser por pre-tratamientos, reducción del tamaño de partícula, espesamiento, calentamiento, control de pH, eliminación de metales y eliminación de gérmenes patógenos. Para desarrollar un proceso estable y no ocasionar daños en el instrumental se busca una materia prima lo más homogénea posible y con las condiciones físico – químicas adecuadas, a saber:

- **Alcalinidad y pH:** Se busca obtener un sustrato para la producción neutro o ligeramente alcalino. Se recomienda que el efluente tenga un pH de entre 6,6 y 7,6 y una alcalinidad de entre 1.000 y 5.000 mg/L CaCO₃. Estos valores son ideales dado que por debajo o encima de ellos, las condiciones para los microorganismos metanógenos son negativas. La adición de bicarbonato de calcio o carbonato de calcio puede solucionar el problema de acidez.
- **Temperatura:** Puede operarse en un rango amplio de temperaturas, entre 15 y 45 grados centígrados. Las tasas de crecimiento y reacción aumentan conforme lo hace el rango de temperatura, pero también la sensibilidad a algunos inhibidores, como el amoníaco. En el límite superior del rango en torno a los 45 – 50 grados centígrados se aseguran tasas superiores de destrucción de patógenos pero también la destrucción de los microorganismos metanogénicos más sensibles. Para contrarrestar esto es necesario hacer el biodigestor más grande y así darle más tiempo a los microorganismos para degradar los desechos. Calentar el biodigestor o enterrarlo es también una alternativa en zonas más frías ya que si bien requiere una inversión inicial mayor el aislamiento que provee la tierra asegura una tasa de producción mayor.
- **Potencial redox:** los valores recomendables de operación son inferiores a -350 mV.
- **Nutrientes:** se buscan optimizarlos de manera tal que aseguren el crecimiento de los microorganismos. Se recomienda que el sustrato que alimente el biodigestor tenga entre 5 a 15 miligramos de nitrógeno y entre 0,8 a 2,5 miligramos de fósforo por cada gramo de demanda bioquímica de oxígeno. El exceso de nitrógeno puede ser problemático ya que genera un exceso de amoníaco en el biodigestor, el cual es tóxico para los microorganismos.
- **Tóxicos e inhibidores:** cuya concentración ha de ser la mínima posible. Como se mencionó antes la producción a elevadas temperaturas reduce la acción de tóxicos pero incrementa la de inhibidores como el amoníaco y la destrucción de microorganismos metanogénicos.

Para el caso de estudio del feedlot la homogeneidad del sustrato a utilizar no es un inconveniente ya que se utiliza únicamente estiércol de ganado bovino al cual se lo alimenta con un tipo de alimento específico (pasturas + alimento balaceado). Por lo que basados en estudios realizados en otros casos similares es correcto aproximar las siguientes características físico-químicas del estiércol a utilizar:

3.2.1. Características físicas

Temperatura (°C)	Densidad aparente (grs/cm ³)	% de humedad
35 - 40	0,45	40 - 50

Tabla 1: Características físicas del estiércol. Fuente: Cámara Argentina de Feedlots.

3.2.2. Características químicas

pH	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%Na	Agua	Materia orgánica
7,5	1,5	0,5	3,3	3,4	0,7	1	35	55

Tabla 2: Características químicas Del estiércol. Fuente: Cámara Argentina de Feedlots.

Además, de los minerales mencionados anteriormente en el estiércol bovino se encuentran presentes varias especies de hongos, por ejemplo, *Mucorales*, *Discomycetes* y *Basidiomycetes*, debido a que es una fuente rica en carbono que a la vez es nutriente fundamental de los hongos desarrollados en él. Entre las bacterias presentes en los desechos bovinos se encuentra la *Escherichia coli* y *Salmonella* que son tóxicas para el ser humano y animales. Debido a esto el uso de estiércol animal no tratado (sin proceso de formación de abono) en la producción de productos vegetales comestibles da lugar a un mayor riesgo de contaminación que el uso de estiércol tratado y, por lo tanto, no se recomienda.

El efluente del biodigestor puede ser utilizado como abono orgánico (mejoramiento de suelos arcillosos y arenosos, medio nutritivo de vegetales de bajo cultivo hidropónico y cultivos orgánicos en invernadero o campo) luego de un tratamiento previo ya que la digestión anaeróbica comparada con la descomposición al aire libre disminuye las pérdidas de nitrógeno del 18% al 1% y del 33% al 7% para el carbono, ambos minerales fundamentales para la producción de las bacterias metanogénicas. Tampoco se detectan pérdidas apreciables de fósforo, potasio y calcio contenidas en el estiércol que se descompuso en el biodigestor.

Para transformar los desechos orgánicos en fertilizantes seguros (abono), es preciso seguir un método que reduzca la presencia de bacterias patógenas. La creación de abono es un proceso natural, biológico, mediante el cual el material orgánico se degrada y descompone. El mismo es llevado a cabo por bacterias y hongos que fermentan el material orgánico y lo reducen a una sustancia estable. Debido a que el proceso de fermentación genera mucho calor, reduce o elimina los riesgos biológicos en la materia orgánica. Los tratamientos de transformación en abono pueden ser divididos en dos grupos:

3.2.3. Tratamientos pasivos

Se basan en el mantenimiento de los desechos orgánicos bajo condiciones naturales. No se remueven las pilas de abono y el oxígeno libre presente en ellas es utilizado con rapidez, dando lugar a condiciones anaeróbicas, que retrasan el proceso de transformación en abono. Sin embargo, los factores ambientales tales como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta, si actúan con un tiempo suficiente inhibiendo el crecimiento de organismos patógenos y, eventualmente, los destruyen. Pero las variaciones ambientales afectan al proceso añadiendo incertidumbre por lo cual no se recomiendan.

3.2.4. Tratamientos activos

Son aquellos en los que las pilas de materia orgánica son tratadas en condiciones que aceleran el proceso de transformación de los desechos en abono por ejemplo la digestión anaeróbica que tratamos en el presente trabajo. El tratamiento activo para transformar materia orgánica en abono es el tratamiento más utilizado por los agricultores.

Luego de estos procedimientos, se recomienda realizar un análisis microbiológico del abono para determinar si el procedimiento fue eficaz y eliminó las bacterias patógenas.

La presencia de E. coli y Salmonella suele ser utilizada como indicador, puesto que si están presentes en el abono, el fertilizante orgánico no deberá ser añadido al suelo y será necesario proceder a tratamientos adicionales del fertilizante.

3.3. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO

El principal producto obtenido es el biogás, el cual es una mezcla compuesta principalmente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y pequeñas cantidades de hidrógeno (H₂). Se nombran estos componentes de manera general, ya que la composición puntual de cada tipo de biogás dependerá de la materia orgánica a partir de la cual se produzca. Para el caso de estudio, utilizando estiércol de ganado bovino, se puede ser más específico y algunos de los otros componentes en cuestión y sus respectivos porcentajes son:

Componentes	Formula Química	Porcentaje
Metano	CH ₄	54-70
Dióxido de Carbono	CO ₂	27-45
Hidrógeno	H ₂	0,1
Nitrógeno	N ₂	0,3-3
Monóxido de Carbono	CO	0,1
Oxígeno	O ₂	0,1
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	0,1

Tabla 3: Composición del biogas obtenido. Fuente: Fundación Energizar.

El biogás, además de metano tiene otra serie de compuestos que se comportan como impurezas: agua, sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles como hidrocarburos halogenados, siloxanos, etc. Por tanto, es necesaria la limpieza del combustible, dependiendo del uso final. Una aplicación tipo de la digestión anaerobia es en las granjas de ganado bovino y porcino de gran tamaño o como planta comarcal de gestión de residuos en zonas de alta concentración de ganado estabulado, por el gran problema que generan los purines. En este caso se puede proponer y proyectar una planta de digestión anaerobia de producción de biogás como auto abastecimiento energético según las necesidades. La tabla 4 muestra la equivalencia entre 1m³ de biogás y otros tipos de combustibles.

1 m³ de biogás equivale a:
1,3 Kg. de madera
1,2 Kg. de bosta seca
1,1 Lt. de alcohol
0,8 Lt. de gasolina
0,6 Lt. de Gas Oil
0,76 m ³ de Gas Natural

Tabla 4: Equivalencias biogás vs. Combustibles tradicionales. Fuente: Fundación Energizar.

Además, los sistemas de biodigestión cuentan con otra ventaja, especialmente útil si se encuentran instalados en zonas rurales. Una vez que la materia orgánica se haya degradado, y que la mayor parte del biogás haya sido emitido por la misma, pasará a un tanque de almacenamiento en forma de materia inocua, la cual tiene propiedades fertilizantes. Esto son los llamados biofertilizantes, otro producto de gran valor obtenido como resultado de la biodigestión. Tienen la capacidad de ayudar con el crecimiento de los cultivos y mantener la salud de estos. Gracias a los microorganismos que contienen, los cuales interactúan biológicamente con el suelo, las raíces y las semillas de las plantas, promueven el crecimiento de micro flora que mejora la fertilidad del suelo. Presentan una ventaja frente a los productos que buscan fines similares pero de origen químico, ya que no causan el deterioro a la vitalidad del suelo que provocan estos. Es por tal motivo que puede resultar una opción atractiva, favoreciendo el crecimiento de las cosechas y beneficiando la tierra por igual.

No sólo debe tenerse en cuenta la ventaja ambiental por sobre los fertilizantes inorgánicos y el ahorro al no tener que comprarlos, si no que existen muchos otros beneficios, por ejemplo:

- Oscurece el color del suelo, con lo que aumenta su capacidad de captar la radiación solar. Así, aumenta la temperatura de la tierra aumentando la velocidad de las reacciones químicas que allí se dan.
- Favorece la retención de agua del suelo ya que la materia orgánica puede retener cantidades de agua equivalentes a 20 veces su peso.
- Al descomponerse aporta al suelo los nutrientes contenidos en sus tejidos.
- Presenta la muy importante propiedad de retener nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas.
- Tiene poder tampón frente a los cambios de pH.
- Baja o nula solubilidad en el agua.
- Muy poca materia orgánica se pierde por el lavado del suelo.

Habría que mencionar también la mejoría respecto de la sustentabilidad. Si bien los fertilizantes químicos pueden tener un efecto temporal y saludable en un cultivo en términos de rendimiento, también tienen un efecto destructivo a largo plazo. Así, al usarlo se corre el riesgo de dañar el entorno del cultivo, ya sea que se trate de la fauna, el ganado o la salud pública. Por el otro lado, los biofertilizantes no dejan tal rastro, y hasta lo contrario: fortalecen el perfil del suelo, no dejan contaminantes en las fuentes de agua y contribuyen con el crecimiento de las plantas sin efectos secundarios perjudiciales. La tabla 5 que se presenta a continuación muestra las características

físicas más relevantes del biogás obtenido durante el proceso de biodigestión en condiciones similares a las cuales se desarrolla el proyecto en cuestión.

Composición	55 - 70% de metano 30 - 45% dióxido de carbono Trazas de otros gases
Contenido energético	6 - 6,5 kWh/m ³
Equivalente de combustible	0,6 - 0,65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 - 12% de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 - 750 °C
Presión crítica	74 - 88 atm
Temperatura crítica	- 82 °C
Densidad normal	1,2 Kg./m ³
Olor	Huevo podrido (el desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16,043 Kg./kmol

Tabla 5: Características físicas del biogás obtenido. Fuente: UNV Honduras.

Estiércol	Disponibilidad (Kg./día)	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m ³ /Kg. húmedo	m ³ /día/año
Bovino (500 Kg.)	10	1,042361111	0,04	0,4
Porcino (50 Kg.)	2,25	0,542361111	0,06	0,135
Aves (2 Kg.)	0,18	0,792361111	0,08	0,014
Ovino (32 Kg.)	1,5	1,459027778	0,05	0,075
Caprino (50 Kg.)	2	1,667361111	0,05	0,1
Equino (450 Kg.)	10	2,084027778	0,04	0,4
Conejo (3 Kg.)	0,35	0,542361111	0,06	0,021
Excretas humanas	0,4	0,125694444	0,06	0,025

Tabla 6: Producción de biogás por tipo de residuo animal. Fuente: UNV Honduras.

3.4. CARACTERÍSTICAS ADECUADAS PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE BIODIGESTIÓN

Para implementar un sistema de biodigestión que funcione adecuadamente, es necesario evaluar las condiciones generales de la empresa o establecimiento rural en el que se pretende llevar a cabo la instalación del biodigestor. El primer paso es determinar qué

tipo de finca desea implementar el sistema de biodigestión, ya que existen aspectos que condicionan la instalación de la planta de biogás según el tipo de finca.

Tipo de finca	Características relevantes para la producción de biogás		Implementación de un biodigestor
Solo cría de animales	Pastos (Pastoreo de animales)		No aconsejable
	Engordes estacionarios intensivos		Adecuado
Solo siembra de vegetales	Únicamente residuos de cosechas		No aconsejable
	Difícil fermentación		
Granjas mixtas			
Cría de animales para:			
Animales de carga	La mayoría del ganado duerme en los establos donde se genera el 50% del estiércol recolectado.		Posible
Producción de carne	Extensiva	Pastos; sin establo; estiércol derrochado	No aconsejable
	Intensiva	Engordes en establo; estiércol recolectado	Adecuado
Producción de leche	Ganado normalmente estabulado; todo el estiércol y orina es utilizable.		Adecuado
Siembra de vegetales:			
Vegetales	Próximo a la casa; residuo vegetal y agua disponible todo el año.		Posible
Cosecha de campos	Sin riego	Una cosecha al año; escasez de forraje; largas distancia de recolección de residuos y estiércol.	No adecuado
	Con riego	2 o 3 cosechas al año; agua disponible; campos pequeños.	Posible

Tabla 7: Tipos de finca y su factibilidad de instalar un biodigestor. Fuente: UNV Honduras.

Se aprecia en la tabla que la implementación de un biodigestor es adecuado para un establecimiento que sólo cría animales y realiza engordes intensivos.

Una vez que se ha determinado el tipo de finca, es necesario evaluar una serie de criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales para determinar si es posible la puesta en marcha del sistema de biodigestión.

A continuación se presentan los criterios generales que deben evaluarse para implementar un biodigestor. Están divididos en condiciones ideales y factores críticos. El cumplimiento de la mayoría de estos criterios permitirá que la implementación del sistema sea positiva. De no cumplirse, es necesario adoptar medidas adicionales que mejoren los problemas técnicos, financieros y estructurales del establecimiento rural, para crear las condiciones ideales que permitan implementar el sistema de biodigestión. Es importante mencionar que algunos parámetros de la tabla están orientados a sectores productivos específicos como la ganadería (bovino y porcino).

Condiciones óptimas	Factores críticos
Poca amplitud térmica y temperatura ambiente mínima entre 15 y 20 grados centígrados.	Variaciones de temperatura considerable según épocas del año o regiones demasiado frías y secas.
Producción estable y predecible.	Falta de medio económicos o condiciones productivas inestables.
Demanda regular de gas y/o energía eléctrica – térmica.	Demanda irregular o nula de gas.
Disponibilidad de establos con piso de cemento para facilitar la recolección y no contaminación del estiércol. Es deseable que los animales se encuentren identificados y tabulados según raza.	Inexistencia de establos o animales pastando donde no sea factible la recolección sencilla de estiércol.
La producción de estiércol mínima deberá ser de 30 Kg. por día.	Producción de estiércol menor a 20 Kg. por día.
La ganadería debe ser la fuente principal de los ingresos.	La ganadería como fuente secundaria de ingresos.
Debe existir disponibilidad de agua potable durante todo el año.	Disponibilidad de agua potable baja o nula.
El uso de fertilizante en las propias instalaciones o la posibilidad de comercializarlo es un factor recomendable.	Incapacidad de utilizar o ubicar el fertilizante al poseer cultivos en baja escala.
Ubicación de las plantas cercanas a los establos y en los puntos de consumo en condición favorables.	Limitación de espacio para la ubicación de la planta y difícil conducción de agua y estiércol hacia la misma.
La operatividad de la planta puede integrarse en la rutina de la granja.	Difícil integración de la planta al cronograma de actividades de la granja.

Combustibles fósiles caros o insuficientes.	Disponibilidad en cantidad, calidad y precio de combustibles fósiles en relación a los costos de instalación y producción de biogás.
Materiales para la construcción y uso del gas disponibles a nivel local.	Ausencia o disponibilidad limitada de materiales para la construcción.
Sistemas de drenaje de aguas residuales del establo y conducción de la misma mediante canales o tuberías.	Inexistencia de sistema de drenaje o funcionamiento defectuoso del mismo.
Separación del sistema de recolección de aguas de lluvias respecto del de aguas residuales.	Aguas de lluvia transportada por el mismo sistema de drenaje que las aguas residuales.
Disponibilidad de mano de obra calificada y maquinaria para la construcción y operación.	Recursos humanos poco calificados o disponibilidad baja en la zona.
Disponibilidad de espacio para ubicar el sistema de biodigestión.	Área limitada en el feedlot para la instalación de la planta y servicios auxiliares.
Nivel de agua subterránea a más de 3 metros de profundidad.	Nivel de agua subterránea a menos de 1,5 metros de profundidad.

Tabla 8: Condiciones óptimas y críticas en la instalación de un biodigestor. Fuente: UNV Honduras

4. TECNOLOGÍA

4.1 TIPOS DE SISTEMAS DE BIODIGESTIÓN

Los diferentes sistemas de biodigestión anaeróbica se clasifican en función del tipo de materia, el tiempo en que la degradan y el proceso de carga. Cada sistema posee características de funcionamiento distintas y su diseño, en la búsqueda de una mayor eficiencia, ha evolucionado con el tiempo. A pesar de las distintas clasificaciones en las que se pueden segregar los sistemas, de manera general, se suelen clasificar según el proceso de carga de la materia prima.

4.1.1. Sistemas continuos

Se caracterizan porque el flujo de materia que ingresa es constante. La disposición de biomasa para alimentar estos sistemas es prácticamente diaria y los tiempos en que esta se retiene son menores en comparación a los sistemas discontinuos.

En esta clasificación caben diferentes sistemas de biodigestión, como biodigestores de mezcla completa, filtro anaerobio, plantas de lecho fluidizado, lecho de lodos, biodigestores tubulares (tipo salchicha) biodigestores de cúpula fija y móvil, entre otros. Algunos de estos sistemas son complejos, pero conocerlos es importante ya que son muy utilizados para tratar residuos en general. Los tiempos en que se retiene la materia orgánica y el agua residual dentro del biodigestor dependerán del diseño.

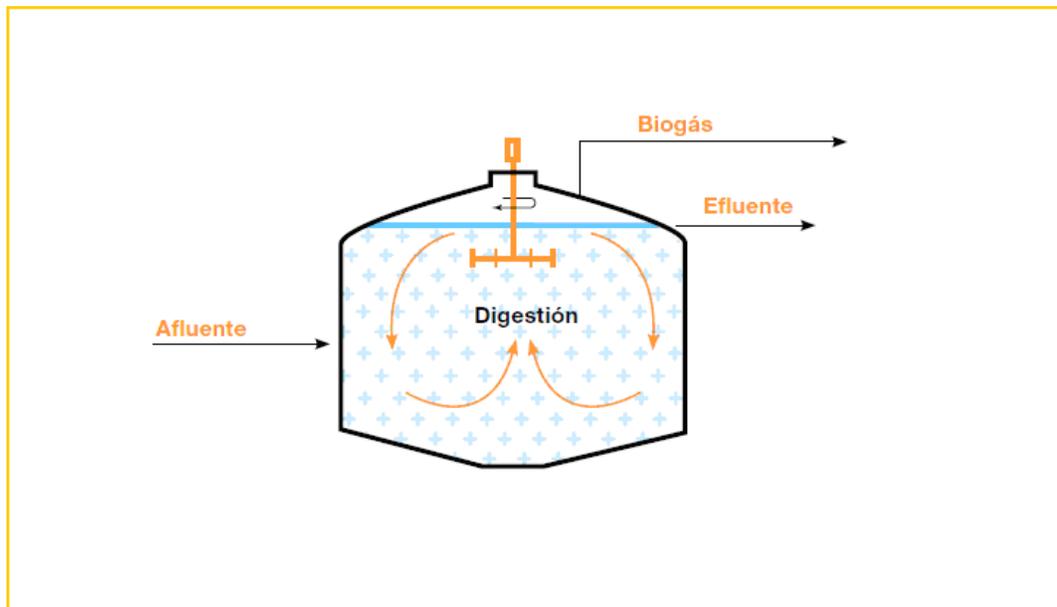


Figura 3: Esquema de biodigestor de flujo continuo. Fuente: IDAE 2007.

4.1.2. Sistemas discontinuos

Poseen la característica que el afluente se mantiene por tiempos prolongados dentro de la cámara de biodigestión. Se cargan una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas combustible. Normalmente consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena

el biogás. El sistema es aplicable cuando la materia a procesar está disponible en forma intermitente (Prácticas-ITDG). En este tipo de sistemas se pueden instalar varios biodigestores en serie que se llenan en diferentes tiempos o épocas, lo cual permite que la producción de biogás sea constante, ya que cada uno de los biodigestores estará operando en distinta etapa. Este tipo de biodigestores es eficaz para la digestión de materiales celulósicos, que no pueden ser tratados en los digestores de tipo continuo debido al posible taponamiento de los conductos de alimentación y salida. Su utilización no está muy difundida.

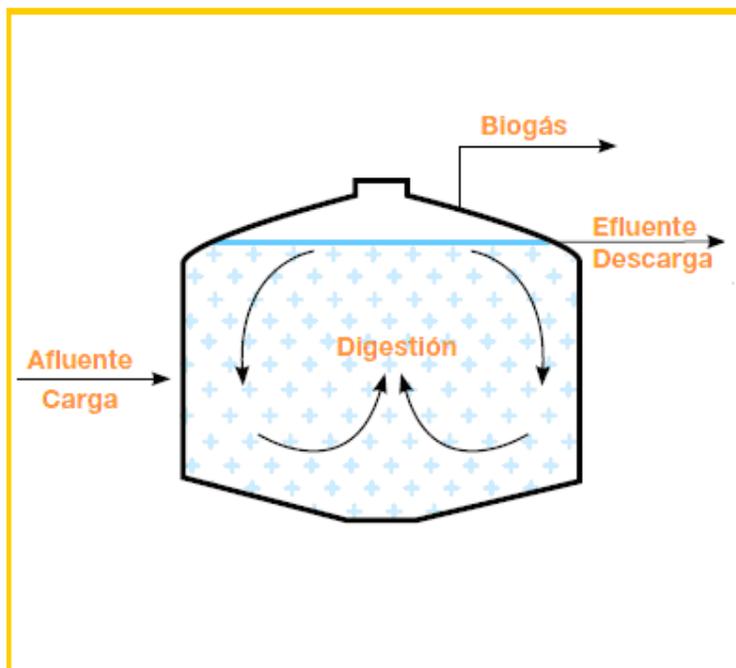


Figura 4: Esquema de biodigestor de flujo discontinuo (Batch). Fuente: IDAE 2007.

4.1.3. Sistemas de dos etapas

Este sistema consta de dos biodigestores en serie y en cada uno de ellos se realizan diferentes etapas de degradación. En el primer biodigestor se aplican elevados tiempos de retención y como resultado se desarrolla la hidrólisis y la etapa acidogénica de la materia orgánica. Una vez terminado el proceso, el efluente es trasladado a un segundo biodigestor con tiempos de retención bajos, el cual se encarga de terminar el proceso de descomposición (etapa metanogénica) y producir el biogás. Ha sido aplicado con éxito para tratar residuos sólidos cuya etapa limitante es la hidrólisis: frutas, verduras, residuos sólidos urbanos, de ganado vacuno, etc.

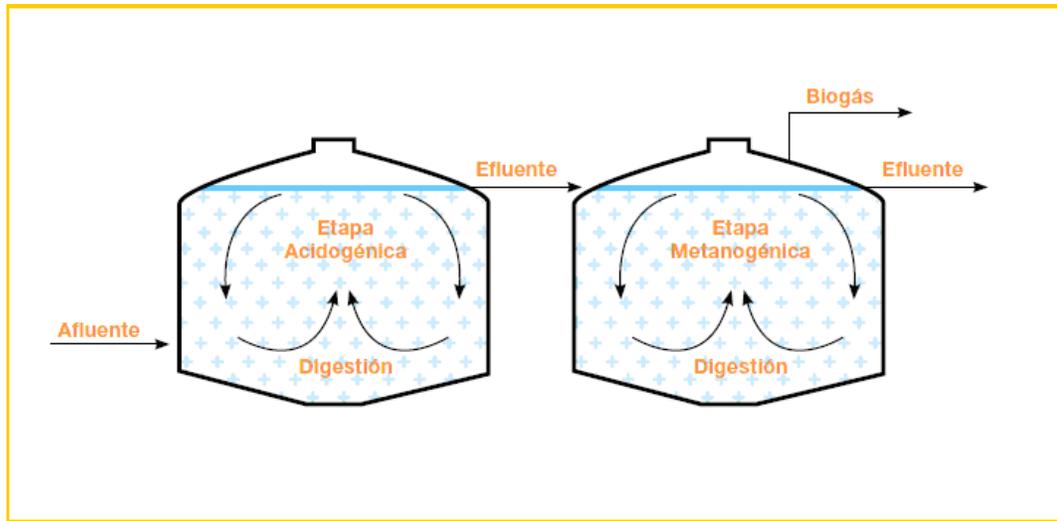


Figura 5: Esquema de sistema de biodigestión de dos etapas. Fuente: IDAE 2007.

4.2. ESTUDIO DEL BIODIGESTOR A UTILIZAR

Luego de la presentación y clasificación general de los distintos sistemas de biodigestión, se analizarán en particular aquellos que, debido a los usos históricos, parecen ser más adecuados para el proyecto.

4.2.1. Biodigestor tubular

Estos sistemas de biodigestión son conocidos también como biodigestores tipo salchicha o taiwanés y se caracterizan por ser sistemas continuos. Es un sistema que posee una forma alargada, donde el flujo de líquido es constante, lo cual significa que cada fracción de líquido que entra en el biodigestor no se mezcla con la fracción posterior. Debido a las características del flujo continuo, las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del flujo cambian a medida que avanzan dentro del biodigestor; por lo tanto, la producción de biogás es distinta en cada sección del sistema.



Figura 6: Biodigestor tubular tipo “Salchicha”. Fuente: Fundación Energizar.

Este tipo de biodigestor se utiliza en afluentes donde la concentración de microorganismos es elevada, y ha sido aplicado con éxito en diferentes tipos de residuos: municipales, porcinos y bovino. El biodigestor tipo salchicha es sencillo y económico, apropiado para las granjas pequeñas, posee tuberías de entrada y salida de las aguas residuales y como elemento fundamental una bolsa de polietileno que sirve de biodigestor.

Una de las dificultades de este sistema es la falta de homogenización debido a la distribución horizontal de fluido, lo cual se puede evitar con la aplicación de un sistema de agitación transversal, por ejemplo, con la reintroducción de biogás en la base del digestor si es horizontal o bien se puede introducir el agua residual en diferentes puntos del biodigestor (piso de la bolsa) para que exista una mejor mezcla.

La vida útil de estos sistemas suele ser de diez a quince años y es importante mencionar que depende de distintas variables, tales como la calidad de los materiales utilizados en su construcción, experiencia y pericia de los profesionales encargados del diseño, medidas de protección al sistema (muro perimetral, techo al biodigestor, etc.), forma de operarlo, entre otros.

4.2.2. Ventajas

- Prefabricación estandarizada se obtiene a bajo costo

- Uso sobre el nivel de tierra factible en lugares con alto nivel de aguas subterráneas
- Se obtienen altas temperaturas de digestión en áreas cálidas.
- Fácil de limpiar, mantener y vaciar

4.2.3. Desventajas

- Baja presión de gas por lo que se requieren bombas de gas
- No se puede eliminar la parte sólida en la superficie del sustrato a digerir durante la operación

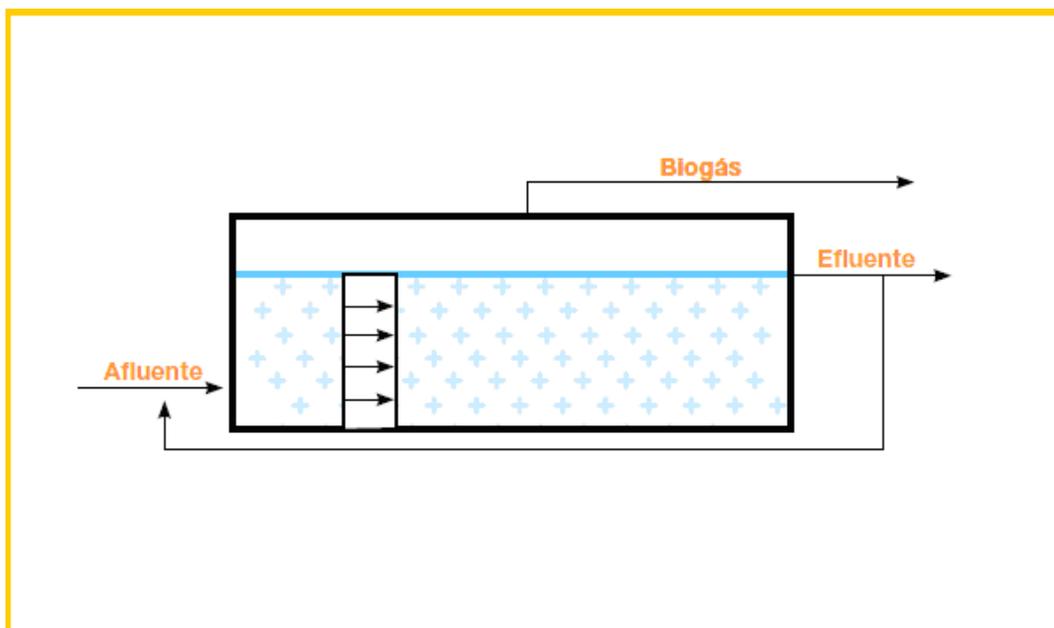


Figura 7: Esquema de biodigestor tipo "Salchicha" o "flujo pistón". Fuente: IDAE 2007.

4.2.4. Biodigestor de cúpula fija

Alrededor de 7 millones de sistemas de biodigestión de este tipo han sido construidos en China, los cuales fueron fabricados de distintas formas y capacidades y con diferentes materiales. Sin embargo, tienen un diseño básico común en el que el biogás es colectado en una cúpula fija. Este sistema está compuesto por un registro de carga, el digestor y un tanque de compensación. Se caracteriza por tener una forma cilíndrica y estar enterrado, lo cual favorece el proceso de fermentación, ya que estabiliza los cambios de temperatura. Este modelo se construye con ladrillos o con bloques, debido a ello es importante tener mano de obra calificada para poder construirlo y seguir el diseño que han elaborado los expertos en sistemas de biodigestión. El funcionamiento de este sistema es sencillo: en una primera caja registro se realiza la mezcla de la materia orgánica, que es transportada a través de tuberías hacia una cámara de digestión. Una vez que la materia orgánica entra en el sistema, se retiene por un tiempo determinado para que los micro-organismos realicen todo el proceso de fermentación. De este modo, se puede tratar el influente disminuyendo su carga contaminante y generando dos subproductos: el primero es el biogás, que se almacena en la cúpula fija del sistema y se capta y transporta por medio de tuberías, y el segundo es un biofertilizante, que es un

fluido semisólido que sale del sistema por medio de tubería hacia una caja de descarga donde se recolecta. Una desventaja de este sistema es que la presión del biogás generado es muy variable, ya que la presión depende del volumen de materia que se encuentra dentro de la cámara de digestión.

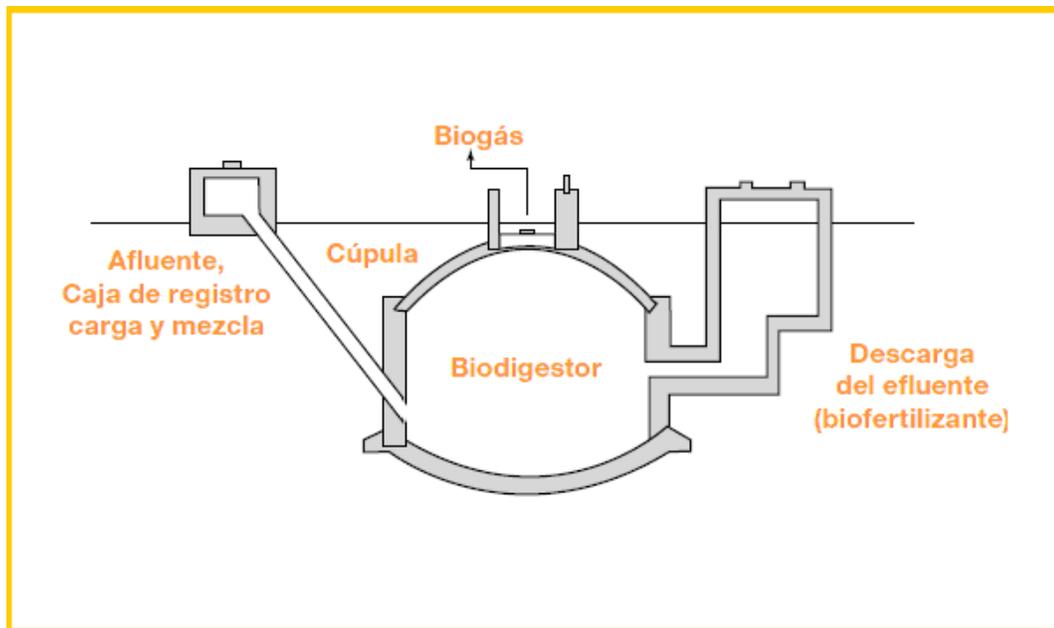


Figura 8: Esquema de biodigestor de cúpula fija. Fuente IDAE 2007.

Este sistema ha sido bastante aplicado para tratar excretas humanas, bovinas, porcinas, a pequeña y mediana escala.

4.2.5. Ventajas

- Tiene bajo costo y larga vida útil
- No posee componentes móviles y partes oxidables
- El diseño es básico, no requiere mucho espacio y se encuentra bien aislado
- La construcción crea oportunidades de trabajo localmente

4.2.6. Desventajas

- Cúpula de gas requiere de impermeabilizante especial y conocimiento técnico para la construcción impermeable del biodigestor
- Fugas de gas ocurren frecuentemente
- La presión del biogás es variable y complica su uso
- La cantidad de biogás generado no es inmediatamente visible
- La excavación puede resultar costosa en suelos rocosos

4.2.7. Biodigestor de campana flotante o tipo hindú

Es un sistema muy parecido al biodigestor tipo chino. Su componente principal es una campana de acero que tiene la característica de flotar en el biodigestor. A medida que el biogás que se genera ejerce presión sobre la cúpula, la misma sube almacenando el

biogás que se produce dentro del biodigestor. Los componentes que conforman este sistema son: una caja de registro donde se disponen todos los desechos, un sistema de tuberías que transporta el influente directamente a la cámara de digestión, lugar donde ocurre la fermentación de la materia orgánica y se produce el biogás y, por último, hay otra sección de tuberías que dirige el influente tratado fuera del sistema para ser recolectado y utilizado como biofertilizante. A diferencia de la campana flotante que se construye de acero, el resto de los componentes del sistema son construidos con materiales convencionales (ladrillos, bloques, etc.). La cúpula de acero del sistema garantiza una presión constante del biogás, el cual se transporta por medio de tuberías hacia el lugar donde se usará o hacia un reservorio. Este biodigestor ha sido utilizado para tratar excretas de ganado bovino y porcino.

4.2.8. Ventajas

- Es fácil de operar
- Genera biogás a presión constante y la cantidad es rápidamente visible por la posición de la cúpula de gas
- Es impermeable

4.2.8. Desventajas

- La cúpula de acero es relativamente costosa y requiere mucho mantenimiento
- Se debe remover el óxido de la cúpula y aplicar pintura regularmente
- La vida útil de la cúpula de acero es relativamente corta (sobre 15 años, pero en regiones costeras tropicales alrededor de cinco años)
- Es limitado al uso de ciertos sustratos ya que la cúpula flotante tiende a quedar atascada en sustratos fibrosos

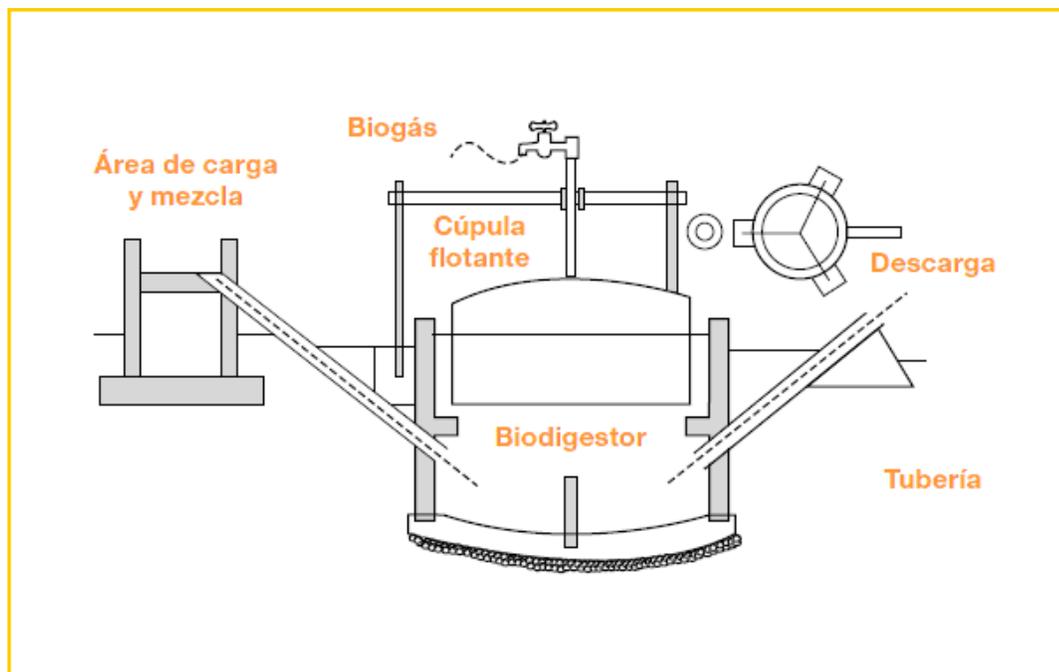


Figura 9: Esquema de biodigestor tipo hindú. Fuente: IDAE 2007.

4.3. COMPARACIÓN

Características	Tipo de biodigestor		
	Tubular (Salchicha)	Cúpula fija (tipo chino)	Cúpula flotante (tipo hindú)
Vida útil	10 – 15 años	Mayor a 20 años	Mayor a 15 años
Presión del biogás	Variable y baja	Variable	Constante
Fuga de biogás	No es común	Común	No hay fuga si se da mantenimiento preventivo de cúpula flotante de acero
Tamaño típico del biodigestor	De 4 a 100 m ³	5 m ³	De 5 a 15 m ³
Materiales de construcción	Plástico PVC (polietileno)	Cemento; ladrillos y varillas de hierro	Cemento; ladrillo y cúpula flotante de acero inoxidable
Mantenimiento del sistema	Bajos niveles de mantenimiento siempre y cuando se hayan tomado medidas de protección a la bolsa de PVC (cerco perimetral y techo protector)	Baja, no hay componentes móviles ni elementos que se oxiden.	Altos niveles de mantenimiento de la cúpula flotante, eliminación del óxido y recubrimientos anticorrosivos periódicamente.
Ubicación del biodigestor y requerimiento de espacio	Semi enterrado; alto. Zanja aprox. 2,5m y 50 cm de largo por cada m ³ de biodigestor	Bajo tierra totalmente por lo que el requerimiento de espacio es muy bajo.	Bajo tierra. Requerimiento de espacio muy bajo salvo para la cúpula.
Tipo de residuo	Aguas residuales de cualquier sector, evitando el uso de desechos sólidos	Sin restricción	Residuos con muchas fibras suelen causar problemas a la cúpula

Tabla 9: Comparación de biodigestores. Fuente: Propia con información UNV Honduras.

4.3.1. Biodigestor tipo Laguna cubierta

De la tabla comparativa, se desprende que el tipo de biodigestor que mejor se adecúa para el establecimiento es el tipo salchicha. Sin embargo los volúmenes habituales de este tipo de biodigestor son muy bajos comparados con las necesidades de un establecimiento rural como el feedlot analizado por lo que se opta por una variante que es el de tipo “Laguna cubierta”. Este tipo de biodigestor es en esencia un “salchicha” pero con mayor capacidad y ligeramente más complejo constructivamente debido a su volumen. Tiene una geometría “alargada” donde la mezcla de materia orgánica y agua circula en “flujo pistón”. Este tipo de flujo permite que cada porción del residuo que ingresa por un extremo cumpla el tiempo de residencia necesario dentro del biodigestor antes de salir por el otro extremo, alejado del inicio. Se instalan enterrados, con excavaciones del orden de 2,50 a 4,50 m y lo suficientemente alargados para evitar el contacto de la materia orgánica ingresante con la que egresa del reactor. Para el diseño se utiliza una sección “trapezoidal”, aprovechando los ángulos de reposo naturales del terreno del lugar de implantación, lo que reduce los requerimientos de armadura, en la estructura de la cámara para biodigestión. La relación largo/ancho puede variar desde 5:1, hasta más de 10:1. Se debe realizar un recubrimiento de todo el interior del biodigestor con membrana de polietileno de alta densidad de 1,5 mm de espesor; a fin de lograr un reservorio sin fugas de gas ni fluidos a la tierra que se fusiona con la cubierta superior mediante termofusión formando la parte del diseño que tiene el objetivo de recuperar y almacenar todo el biogás producido. Este propósito se logra con la forma que se le da a la cubierta, tal que permita “inflarse” hasta un determinado volumen. Es común la instalación de agitadores para evitar la formación de costras que impidan la biodegradación de la materia orgánica y aislantes en las partes que tengan contacto con la tierra para reducir la conducción térmica que disipa el calor necesario para la reacción. La alimentación se realiza por un extremo, mediante una cámara de carga que comunica directamente con la cámara de digestión, o según el diseño a través de una cañería. Los sólidos pueden llegar, en forma de suspensión o “barro”, mediante algún medio mecánico de transporte (bombeo, tornillo sin-fin, cinta transportadora, etc.) Los barros digeridos se retiran por el otro extremo, pudiéndose descargar por gravedad, o en algún caso mediante el auxilio de una bomba de tipo sumergible apta para manejar sólidos en suspensión. También se utiliza la bomba para retirar el material digerido, para reciclar parte de la suspensión ya digerida hacia la entrada del biodigestor con el fin de mejorar el pH de ingreso, mezclar la materia orgánica que se alimenta con la flora anaeróbica, y lograr algún grado de agitación en la masa en digestión.

4.3.2. Ventajas

I. Es fácil de operar.

- Es impermeable, rara vez ocurren fugas.
- Bajos niveles de mantenimiento / costos de reparación.
- Buena durabilidad si la bolsa es de un espesor considerable y se le da mantenimiento adecuado.
- Grandes volúmenes de tratamientos.

4.3.3. Desventajas

- El costo de la obra civil para la instalación inicial es costoso y complejo.
- La producción de gas es variable y relativamente de baja presión.
- Requiere de superficies amplias y niveles freáticos lo suficientemente bajos para evitar que al hacer el pozo este tome contacto con las napas.
- Requiere una gran inversión desde el punto de vista de materiales sobre todo en la parte de aislación térmica.
- Requiere de números equipos auxiliares y de medición para controlar eficientemente el producto obtenido y la reacción química.

5. APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE BIODIGESTIÓN AL FEEDLOT SAN JORGE

5.1. Operación y acondicionamiento de los residuos de entrada al biodigestor

La rentabilidad de una planta de digestión anaeróbica depende del suministro de materia orgánica y agua de mezcla. La homogeneidad del sustrato a la entrada del reactor es determinante para conseguir eficiencia y rendimiento elevado del biogás, sin embargo antes de introducir los residuos orgánicos dentro del reactor hay que realizar una serie de operaciones de acondicionamiento. La finalidad de estas operaciones es introducir el residuo lo más homogéneo posible, con las condiciones físico-químicas adecuadas al proceso al que va a ser sometido, y sin elementos que puedan dañar el digestor. Al provenir la materia orgánica de animales de la misma especie que se alimentan con el mismo tipo de alimento, y al estar los corrales recubiertos con piso de cemento nos aseguramos no arrastrar componentes del suelo que puedan contaminar el sustrato y que la composición química del mismo sea constante y homogénea.

La forma de acondicionar los residuos de entrada puede ser por pretratamientos, reducción del tamaño de partícula, espesamiento, calentamiento, control de pH, eliminación de metales y eliminación de gérmenes patógenos. Este tipo de tratamientos se realizan en el tanque de premezcla que se encuentra antes de ingresar al reactor. En el mismo se mezcla el estiércol sólido con el agua formando el sustrato.

5.1.1. Valores de pH en la fase líquida

El rango óptimo de acidez para alcanzar la mayor eficiencia en la fermentación anaeróbica varía a lo largo de las etapas del proceso, sin embargo la digestión bacteriana produce biogás en medios prácticamente neutros con valores de pH entre 6,5 y 7,5. Si el pH se aleja de estos valores se inhibe o reduce sensiblemente la acción de las bacterias metanogénicas. Las posibles causas por las cuales se puede acidificar la fase líquida contenida en el biodigestor y la forma de mitigarlas son:

- a. **Cambios excesivos en la composición de la carga:** la homogeneidad en la especie y en la alimentación de los animales garantizan la composición uniforme de la carga.
- b. **Permanecer largo tiempo sin recibir carga:** si bien la cantidad de animales puede variar sensiblemente al tener diversos biodigestores se puede dejar inactivo alguno de ellos para mantener la carga constante en el resto.
- c. **La presencia de productos tóxicos:** el piso de cemento en los corrales evita el arrastre de posibles contaminantes presentes en la tierra, además la correcta alimentación de los bovinos disminuye sensiblemente la presencia de contaminantes.
- d. **Cambio amplio y repentino de la temperatura interna:** con el objetivo de estabilizar el proceso en la temperatura óptima de funcionamiento se propone la adición de intercambiadores de calor para

calefaccionar el biodigestor por lo cual este inconveniente no sería de gravedad.

Sin embargo, en caso de ocurrir alguna eventualidad que implique el incremento de la acidez de la mezcla se recomienda adicionar agua con cal a la fase líquida para neutralizarla. El bajo costo y la alta disponibilidad de este material fomenta su uso.

5.1.2. Relación Carbono-Nitrógeno en la carga

Los carbohidratos y las proteínas son los nutrientes indispensables para el desarrollo y actividad de las bacterias anaeróbicas. El carbono contenido en el estiércol es el elemento que las bacterias convierten en metano y el nitrógeno es utilizado para la multiplicación de las mismas y como catalizador del proceso de producción de biogás. Si su nivel es alto el proceso se retarda y se produce la alcalinización de la fase líquida. El contenido de carbono del estiércol bovino es muy elevado por lo que se recomienda adicionar materia orgánica con altos contenidos de nitrógeno, por ejemplo desechos porcinos) para estabilizar la relación de carbono - nitrógeno en la mezcla.

5.1.3. Rangos de temperatura para la operación del biodigestor

Las bacterias metanogénicas digieren más eficientemente la materia orgánica en el rango mesofílico de temperaturas (30 a 40 °C) que puede ser alcanzado por la fase líquida. En esta temperatura contribuyen la ambiental y la generada durante la fermentación que es un proceso exotérmico. Para estabilizarla se propone la calefacción del biodigestor quemando parte del propio biogás generado y usando intercambiadores de calor. Adicionalmente con la base del biodigestor aislada del suelo mediante placas de poliuretano se puede reducir el consumo de los mismos. Para controlar la estabilidad y eficiencia de digestión en los biodigestores es importante medir la temperatura del proceso y como mencionamos anteriormente el pH. En algunos procesos de purificación de biogás es necesario también medir la humedad del medio filtrante para mantener un ambiente óptimo para el crecimiento de las bacterias. Por lo tanto se recomienda la instalación medidores múltiples de T, pH y humedad con sonda independiente y con transmisión de datos a un PC como los que se muestra en la fotografía:



Figura 10: Multímetro medidor de pH, Temperatura y Humedad. Fuente: Mercado libre.

5.1.4. Suministro de materia orgánica al biodigestor

El suministro del sustrato al biodigestor depende directamente de la cantidad de biogás que se desea generar. Ya que comúnmente el lavado de los corrales de engorde se realiza diariamente se recomienda la conexión directa de los mismos con la pileta de pre-tratamientos previa al ingreso al biodigestor y que dicho desagüe posea un interruptor manual para desviar y evitar el ingreso en exceso del agua de lavado mezclada con el estiércol. La producción de biogás debe mantenerse constante y estable mientras se mantenga el mismo ritmo de alimentación, tipo de biomasa y condiciones operativas. Cambios sustanciales en la producción de biogás pueden suponer fallas en la operación o en el proceso de biodigestión por lo que se recomienda la instalación de caudalímetros para medir el volumen de sustrato que ingresa al biodigestor como los que se muestran en la siguiente fotografía:



Figura 11: Medidores de caudal electrónicos. Fuente: Aqualimpia.

5.1.5. Proporción entre material sólido y agua

El estiércol sólido contiene en promedio 15% de materia seca y estas deben ingresar al biodigestor como una suspensión en agua con aproximadamente 3% de materia seca, esto implica una mezcla de cinco partes de agua de lavado con una de estiércol fresco. La misma se realiza en las piletas previas al biodigestor por lo que se requieren tuberías para llevar agua a las mismas de la fuente de suministro.

5.1.6. Tiempo de retención y cantidad diaria de excretas

El tiempo de retención depende de la temperatura a la cual opere el biodigestor, en nuestro caso será de 35°C, temperatura óptima de generación de biogás por parte de las bacterias metanogénicas por lo que el tiempo de retención será de 30 días. Una vez transcurrido ese tiempo se debe bombear el estiércol biodigerido que a esta altura será fertilizante para la cosecha propia del feedlot o en caso de haber excedente comercializarlo.

5.2. DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR

Para realizar el cálculo de la producción de biogás para el posterior dimensionamiento del biodigestor, se tomaron como referencia los casos presentados por G.P.NOR INGENIERIA S.L. en su sitio web, a saber, Proyecto de producción de biogás en explotación de 30 vacas lecheras y Proyecto de producción de energía eléctrica en una explotación de 600 cabezas de Fixona, que a su vez está basado en cantidades y tipología de deyecciones utilizadas en proyectos similares.

- Datos del caso de vacas lecheras:

Tipo de animal: Bovino. Peso medio vaca: 500 Kg. Total 30 vacas.
Producción Biogás: 1,25 m³ vaca/día, total 37,5 m³ al día y 13.125 m³ al año.
Excreta bovina (sólida y líquida): 10% del peso vivo. 50 Kg. de purín por vaca, total 1.500 Kg. al día y 547.500 al año.
Purín estiércol más 5 veces de agua: 0,250 m³ vaca/día, total 7,5 m³ al día y 2.737 m³ al año.
Digestor de 500 m³: período de retención del purín 60 días

- Datos del caso Fixona:

Tipo de animal: Bovino. Peso medio vaca: 500 Kg. Total 600 vacas.
Producción biogás: 1,25 m³ vaca/día, total 750 m³ al día y 262.500 m³ al año.
Excreta bovina (sólida y líquida): 10% del peso vivo. 50 Kg. de purín por vaca, total 30.000 Kg. al día y 10.950.000 al año.
Purín estiércol más 5 veces de agua: 0,250 m³ vaca/día, total 150 m³ al día y 54.750 m³ al año.
Digestor de 9.124 m³: período de retención del purín 60 días

De los datos anteriores se desprende el método de cálculo utilizado en estos proyectos, metodología ampliamente usada en la dimensión de los biodigestores, aunque cabe destacar que la infinidad de variables que influyen en la producción de biogás, tales como temperatura, clima de la región, animales utilizados para producción de estiércol, peso promedio de los mismos y muchas más, hacen que el número final al que se arriba sea aproximado. Sin embargo, la experiencia indica que un análisis más profundo y detallado aumentaría significativamente la complejidad y aportaría relativamente poco más al fin último del estudio global, por lo cual, el cálculo que se presenta a continuación, es absolutamente válido para dimensionar el biodigestor.

Se tomó como animal representativo del establecimiento a la vaca, y la cantidad de estiércol se puede estimar con un índice de excreción según el peso de las mismas, el cual es de 400 Kg. generalmente. El rango de excreción es entre 6% y 9%. Este porcentaje de excreción es diario por lo que se debe restar el tiempo que los animales no permanecen en las instalaciones, por ejemplo, cuando son llevadas a los corrales de pre ordeño en el caso de las vacas lecheras. Como en el feedlot los animales se encuentran en las instalaciones a tiempo completo, no se considera dicho factor de corrección. Tomando un 8% diario de su peso en excreta, se tiene:

$$2.000 \text{ vacas} \times 400 \text{ Kg./vaca} \times 8\% = 64.000 \text{ Kg./día}$$

Es importante aclarar que el volumen del biodigestor queda determinado por el volumen de mezcla y no por el volumen de biogás producido. Asumiendo cambios de volumen despreciables por la adición de los sólidos totales, el volumen del efluente es igual al volumen de agua que contenga. Teniendo en cuenta que la proporción para la dilución del estiércol en agua es de 1:5, se procede a realizar el siguiente cálculo:

$$64.000 \text{ kg/día} \times 5 = 320.000 \text{ kg de H}_2\text{O}$$

$$\text{Densidad del H}_2\text{O} = 1000 \text{ Kg./m}^3$$

$$\text{Volumen de afluente} = 320.000 \text{ Kg.} / 1.000 \text{ Kg./m}^3 = 320 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen anual} = 320 \text{ m}^3 \times 365 \text{ días} = 116.800 \text{ m}^3$$

Es importante realizar una comparación para la producción de gas en función de la temperatura y el tiempo de residencia de la materia prima en el digestor.

Especie	Temperatura óptima	Tiempo de residencia	Gas obtenido
	°C	Días	%
Bovino	20	53	≥ 99
Bovino	35	27	≥ 99
Porcino	20	40	≥ 99
Porcino	35	21	≥ 99

Tabla 10: Tiempos de residencia del sustrato en función de la especie y T°. Fuente: elaboración propia.

El clima en esta región del país pertenece al del tipo templado húmedo de llanura y la temperatura media anual es de 18°C con una oscilación entre los 26°C en enero y los 11°C en julio. Por lo tanto, se puede concluir que con un tiempo de retención de 60 días, prácticamente se habrá producido todo el biogás posible. Habiendo definido y calculado los otros parámetros, dicho tiempo de retención determina el volumen del biodigestor.

$$\text{Volumen del biodigestor} = 320 \text{ m}^3 \times 60 = 19.200 \text{ m}^3$$

5.3. INSTALACIÓN DE VARIOS BIODIGESTORES

Si bien el anterior cálculo es teóricamente correcto, en la realidad sería poco práctica la instalación de un biodigestor de estas dimensiones. No sólo las inversiones serían muy grandes, sino que también en caso de roturas de membranas u otros elementos, los costos de repuestos y mantenimiento ascenderían a grandes sumas. Además, en caso de que el proyecto no sea rentable, debido a los vaivenes del mercado, tener una instalación tan grande es un riesgo mayor. Una manera de mitigar este riesgo, es mediante la implementación de intercambiadores de calor, con el objetivo de aumentar la temperatura hacia el óptimo de las bacterias y reducir el tiempo de residencia. Con una temperatura de 30°C se pueden obtener tiempos de retenciones de 30 días, con lo cual el tamaño del biodigestor disminuiría a la mitad, es decir, a un volumen de 9600 m³. Con el objetivo de reducir aún más los riesgos, se recomienda la instalación de varios biodigestores en etapas, con un volumen total igual al mencionado. De esta

manera, se reduciría la inversión inicial y se posibilita la gradual incursión en un nuevo mercado. Por lo tanto, se propone la instalación de 6 biodigestores, cada uno de 1600 m³, con el consecuente beneficio económico analizado en la sección de análisis económico financiero.

5.3.1. Ejecución de las obras

El primer paso para la instalación de un sistema de biodigestión es la obra civil y movimiento de tierra tanto para el tanque de mezcla del sustrato como para el biodigestor en sí. El tanque de mezcla se ubica directamente al pie del corral, lo más cerca de la fuente de producción de los desechos orgánicos, de esta manera se reducen los costos de transporte o bombeo de la biomasa. Este tiene un volumen de 30 m³ con un diámetro de 5 m y 1,5 de profundidad. Debido al alto contenido de fibras, pajas y sólidos que tiene el estiércol de ganado se opta por instalar un agitador de eje vertical con aspas de hacer inoxidable acoplado a un motor de 3 Kw para evitar la acumulación de sólidos en la superficie. La mezcla de biomasa se descarga en el biodigestor mediante bomba de 5 Kw.



Figura 12: Tanque de mezcla en el extrema del corral (Ecuador). Fuente: Aqualimpia.

En esta etapa se realizan las actividades de cálculo de niveles en el terreno seleccionado para instalar el sistema de biodigestión. El movimiento de tierra es básicamente formar una terraza y realizar las zanjas en donde se colocaran los biodigestores según los diseños del proyecto. El fermentador se diseña de manera tal que la mitad de su volumen quede bajo tierra y la otra sobre la misma formando un talud de 2 m de alto aproximadamente. Se recomienda recubrir los taludes de plástico para evitar el arrastre

de tierra durante las precipitaciones y la laguna con membrana flexible de caucho como se puede ver en las siguientes fotografías:



Figura 13: Recubrimiento de taludes para evitar colapsos (Ecuador). Fuente: Aqualimpia.



Figura 14: Instalación de agitares y membrana inferior (Ecuador). Fuente: Aqualimpia.

A ambos lados del biodigestor se recomienda realizar dos pozos para la instalación de los agitadores ya que el estiércol de ganado contiene una gran cantidad de material

fibroso compuesto que flotara en la superficie y formara costras de muchos centímetros de espesor que pueden obstruir el proceso de digestión y en algunos casos hasta dañar el biodigestor. Para evitarlo se recomendó la instalación de dos agitadores de paleta con motor externo ubicado a un costado del biodigestor. Además para alcanzar las temperaturas de proceso mesofílico alrededor de 35 °C se recomendó el revestimiento del fondo y de los taludes del biodigestor con aislante en base a esponjas de poliuretano para preservar el calor en el interior del fermentador como se indica en la siguiente fotografía:



Figura 15: Recubrimiento de la base con esponjas de poliuretano (Ecuador). Fuente: Aqualimpia.

Adicionalmente se recomendó la instalación de un sistema de calefacción que calienta en una caldera el agua de mezcla con el estiércol aprovechando el biogás como combustible. Junto con el movimiento de tierra se puede hacer la obra civil, que típicamente incluye la conducción de aguas (tanto de ingreso como egreso del biodigestor), construcción de cajas de registro y zonas para colocación del sistema de separación de sólidos. Esta actividad tiene que ser realizada por mano de obra calificada y siguiendo el diseño del proyecto. Una vez que la obra civil, las zanjas y la cerca perimetral están concluidas, se realiza la colocación de los biodigestores. Las membranas de caucho sintético se pueden utilizar para cubrir el fondo de las lagunas así como la cubierta de los biodigestores. Son membranas flexibles, elastoméricas de caucho EPDM, expansible hasta un 400 %, resistente a los rayos UV y a la intemperie. El espesor típico para este tipo de emprendimientos va desde 1,14 mm y 1,52 mm tienen una durabilidad de 20 años de uso al aire libre. El caucho sintético es mucho más resistente que el PVC y no se deforma cuando se infla por la presión del biogás. Por ser flexible se expande y cuando no está inflada regresa a su situación inicial sin perder su dureza y resistencia. Se pega en frío por medio de cintas y un pegamento especial fabricado para las membranas de caucho. Se pueden realizar reparaciones en frío y con mucha facilidad. No se requiere de equipo especial para el pegado de las membranas. La demora de la obra civil dependiendo de las condiciones climáticas y de la

envergadura del reactor diseñado se estima entre 3 y 4 meses con la intervención de una máquina retroexcavadora y alrededor de 20 obreros más un inspector / encargado de obra. A continuación se muestran fotografías de la colocación de la membrana de caucho flexible de 1,5 mm de espesor y del biodigestor terminado y en operación.



Figura 16: Biodigestor finalizado en feedlot de Ecuador. Fuente: Aqualimpia.

5.4. LAY OUT

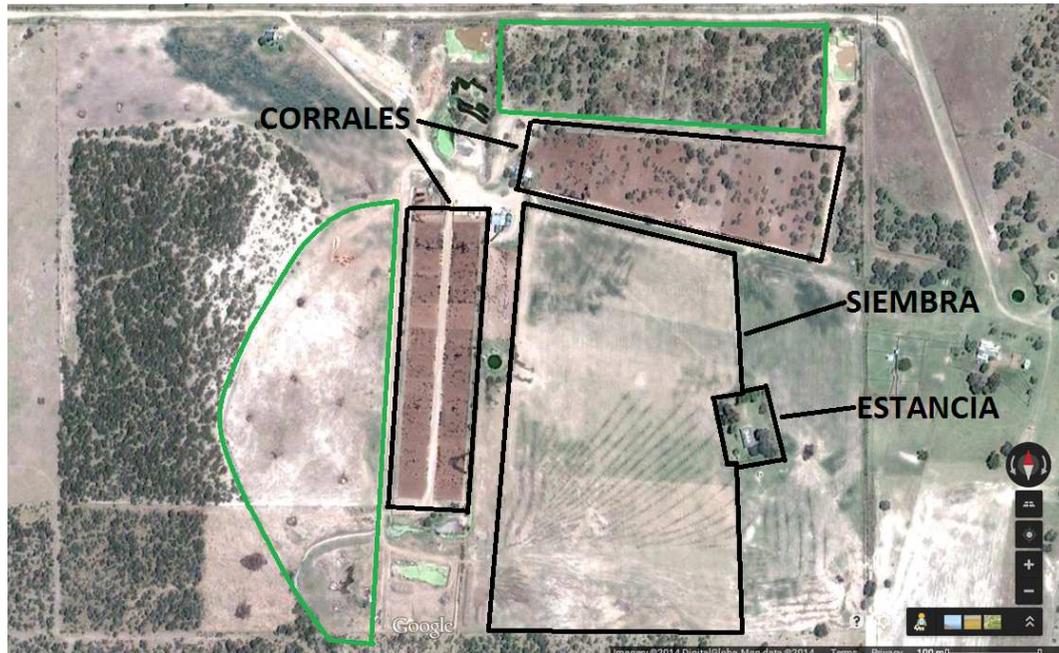


Figura 17: Lay out actual del feedlot San Jorge. Fuente: elaboración propia

El terreno total tiene una superficie de $870 \times 700 \text{ m}^2$, aproximadamente 60 ha, como puede apreciarse según la referencia en el rincón derecho inferior de la fotografía satelital. Se señala la casa en la foto, cuya ubicación central se debe a la comodidad y mayor cercanía, en promedio, a todo el sector. A continuación se describen las áreas marcadas en la fotografía.

5.4.1. Corrales

En el centro se ubica uno de los dos grupos de corrales con su correspondiente pasarela para el transporte. Estos ocupan un área de $330 \times 70 \text{ m}^2$ aproximadamente. En la parte superior a la derecha está el otro grupo de corrales, que ocupan $330 \times 130 \text{ m}^2$. Como se dijera anteriormente, no está en uso el 100% de ningún grupo de corrales, aunque los últimos mencionados tienen menor factor de ocupación que los primeros.

5.4.2. Siembra

El área de siembra por su parte, puede aproximarse a la figura de un rectángulo de $430 \times 270 \text{ m}^2$. Está totalmente ocupada y en uso, por lo cual no se puede contar con el mismo para ninguna actividad.

5.4.3. Espacios disponibles

En la foto quedan aún espacios sin describir. Son partes del terreno que no tienen un fin determinado hoy en día. Se distinguen dos sectores: uno se encuentra a la izquierda de los corrales centrales y el otro en la parte superior de la imagen, ambos delimitados en

verde. Respecto del primero, sin llegar a la zona poblada de árboles se puede apreciar una especie de semi-círculo de 170 m de radio. Aquí se podrían instalar los biodigestores. Es el lugar ideal debido a su cercanía con los corrales y a la extensión del área. Además, cuenta con la ventaja de estar alejado de la casa, de modo que los habitantes de la misma no tengan que estar expuestos a los malos olores que puedan surgir del transporte de estiércol hacia el biodigestor.

5.4.4. Lay out propuesto

En la siguiente imagen se muestra una posible distribución de los biodigestores. La misma está hecha a escala, teniendo en cuenta el volumen de los mismos calculados en la sección de Dimensionamiento.

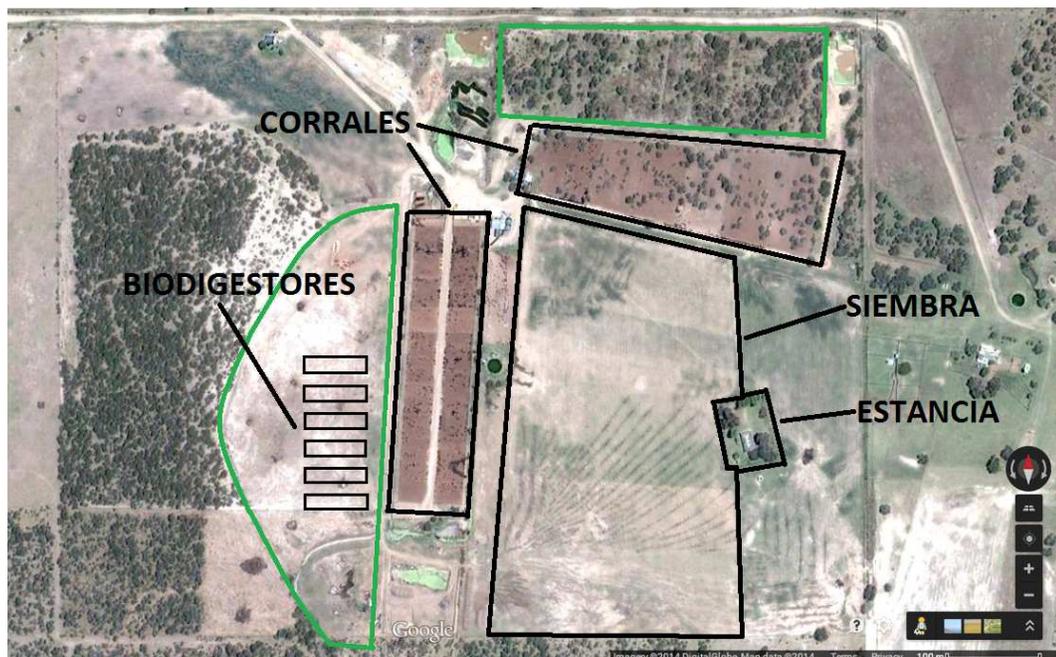


Figura 18: Lay out propuesto del feedlot San Jorge. Fuente: elaboración propia

En la imagen se visualizan los 6 biodigestores, es decir, el proyecto completo. Si bien las obras se llevarían a cabo gradualmente, instalando un biodigestor por año, aquí se ilustra la disposición final. Es indistinto qué biodigestor se construye primero, pero se recomienda empezar las obras por uno de los extremos y seguir construyéndolos consecutivamente. Si bien lo que se presenta es un esquema tentativo, queda claro que el feedlot San Jorge cuenta con disponibilidad espacial de sobra, por lo cual no sería necesario alquilar ni comprar terrenos aledaños para la realización del proyecto.

5.5. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y EQUIVALENCIAS

Es ampliamente aceptado que para la biodigestión, 1 Kg. de estiércol produce 0.04 m³ de biogás, tal y como se lee en la Tabla 6. Por lo tanto, en el feedlot se obtendría:

$$64.000\text{kg/día} \times 0.04 \text{ m}^3 \text{ de biogás/Kg.} = 2.560 \text{ m}^3 \text{ de biogás/día}$$

El siguiente cuadro muestra sintéticamente el volumen obtenido para distintas unidades de tiempo y la equivalencia con litros de gasoil y kW de energía eléctrica para la producción plena, es decir, con los 6 biodigestores ya instalados.

Volumen de biogás por vaca y día	1,28 m ³ de biogás/vaca.día
Volumen de biogás por día	2.560 m ³ biogás/día
Volumen de biogás por año	934.400 m ³ biogás/año
Equivalencia de biogás a gas oil	560.640 lts de gasoil/año
Equivalencia de biogás a energía eléctrica	1.868.800 kW/año

Tabla 11: Producción de biogás y equivalencias energéticas. Fuente: elaboración propia.

Las equivalencias de gasoil y energía eléctrica fueron calculadas tomando 1 m³ de biogás como 0,6 litros de gasoil y 2 kW, que se indican en las Tablas 4 y 5, respectivamente, y son equivalencias admitidas internacionalmente. Cabe destacar que si bien en la mencionada tabla se indica 6 – 6,5 kW por cada m³ de biogás, en la práctica, cuando se produce energía eléctrica, se pierde cierta cantidad de energía en forma de calor mediante un proceso termodinámico irreversible, quedando para su uso los 2 kW/m³ antedichos.

5.6. USOS DEL BIOGÁS

El volumen de biogás generado en el sistema determina la vía de aprovechamiento a elegir. En caso de volúmenes bajos, generalmente se opta por utilizarlo como carburante en una caldera para la obtención de energía térmica. No obstante, la más eficaz vía de aprovechamiento de biogás es la cogeneración, que permite la generación de energía eléctrica y al mismo tiempo la de energía térmica. Estos porcentajes varían en función de los siguientes factores: la composición del residuo, la edad del vertido, la climatología y temperaturas ambientales. El biogás es un combustible con valor calórico de entre 19,6 MJ/m³ y 25 MJ/m³.

Entre sus usos podemos mencionar:

- Generación de calor en calderas.
- Producción de iluminación en lámparas infrarrojas.
- Uso directo en termotanques y refrigeradores.
- Aplicación en quemadores (cocción de alimentos).
- Cogeneración de energía (pilas de combustibles).
- Como combustible en automóviles (modificando el motor).
- Purificarlo y añadir los aditivos necesarios para introducirlo en una red de transporte de gas natural.
- Uso como material base para la síntesis de productos de elevado valor añadido como es el metanol o el gas natural licuado.
- En pilas de combustible, previa realización de una limpieza de H₂S y otros contaminantes de las membranas.

La siguiente imagen ilustra los posibles usos del biogás y el rendimiento de 1m³.



Figura 19: Capacidad de abastecimiento de equipos domésticos con 1m³ de biogás. Fuente: IDAE.

Vale destacar que para aprovechar el biogás se deben tomar en consideración algunos puntos importantes:

1. Para generación eléctrica se debe considerar que la cantidad de biogás sea lo suficiente para que justifique la compra o modificación de un generador eléctrico.
2. El biogás, aparte de dióxido de carbono y metano, también tiene otros gases como el sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno es sumamente corrosivo y tóxico. Si su uso puede afectar el funcionamiento de un equipo o la salud de personas o animales, se debe purificar utilizando algún tipo de filtro.
3. El biogás es un combustible versátil, muchos equipos se pueden modificar a biogás sin problema. Sin embargo, siempre es bueno revisar qué tipo de equipo es, y si la modificación a biogás es posible. Se sugiere que cualquier modificación se haga por personal con experiencia para evitar accidentes.

Las cocinas y calentadores son fácilmente modificables, agrandando el paso del gas de los quemadores. La amplia disponibilidad de este tipo de equipos hace promisorio e interesante su utilización a gran escala.

Las lámparas a gas tienen una muy baja eficiencia y el ambiente donde se las utilice debe estar adecuadamente ventilado para disipar el calor que generan. Las heladeras domésticas constituyen un interesante campo de aplicación directa del biogás debido a que tienen un consumo parejo y distribuido a lo largo de las 24 horas del día lo cual minimiza la necesidad de almacenaje del gas. Estos equipos funcionan bajo el principio de la absorción (generalmente de ciclo amoníaco refrigerante - agua absorbente). Recientemente se han desarrollado equipos para el enfriamiento de leche y/u otros productos agrícolas lo que abre un importante campo de aplicación directa y rentable del mismo.

Los quemadores infrarrojos comúnmente utilizados en la calefacción de ambientes (especialmente en criaderos y parideras) presentan como ventaja su alta eficiencia lo cual minimiza el consumo de gas para un determinado requerimiento térmico.

El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto a gasolina como diesel. El gas obtenido por fermentación tiene un octanaje que oscila entre 100 y 110, lo cual lo hace muy adecuado para su uso en motores de alta relación volumétrica de compresión, aunque, por otro lado, la desventaja es su baja velocidad de encendido.

En los motores de Ciclo Otto el carburador convencional es reemplazado por un mezclador de gases. Estos motores son arrancados con nafta y luego siguen funcionando con un 100% de biogás con una merma de la potencia máxima del 20% al 30%.

A los motores de Ciclo Diesel se les agrega un mezclador de gases con un sistema de control manteniendo el sistema de inyección convencional. De esta manera estos motores pueden funcionar con distintas proporciones de biogás diesel y pueden convertirse fácil y rápidamente de un combustible a otro lo cual los hace muy confiables. El gasoil no puede ser reemplazado en los motores funcionando a campo del 85% al 90%, debido a que la autonomía conseguida menor comparada con la original.

La proporción de H_2S en el biogás causa deterioros en las válvulas de admisión y de escape de determinados motores obligando a un cambio más frecuente de los aceites lubricantes. El grado de deterioro en los motores varía considerablemente y los resultados obtenidos experimentalmente suelen ser contradictorios.

Los motores a biogás tienen amplio espectro de aplicación siendo los más usuales el bombeo de agua, el picado de raciones y el funcionamiento de ordeñadoras en el área rural. El otro uso muy generalizado es su empleo para activar generadores de electricidad.

Un párrafo aparte merecen los sistemas de cogeneración. Dichos sistemas buscan la mayor eficiencia en el aprovechamiento de la energía contenida en el biogás. En estos casos la potencia mecánica provista por el eje del motor es aprovechada para generar electricidad a través de un generador. Simultáneamente y por medio de una serie de intercambiadores de calor ubicados en los sistemas de refrigeración (agua y aceite) del

motor y en la salida de los gases de escape, se recupera la energía térmica liberada en la combustión interna. De este modo se logra un mejor aprovechamiento de la energía.

La difusión de estos sistemas estará condicionada por la rentabilidad final. Sin embargo representa la utilización más racional del biogás ya que se obtiene una forma de energía extremadamente dúctil como la electricidad al mismo tiempo de una fuente de calor muy necesaria para la calefacción de digestores en zonas frías.

El uso vehicular del biogás es posible y en la realidad se ha empleado desde hace bastante tiempo. Sin embargo su difusión está limitada por una serie de problemas:

- A fin de permitir una autonomía razonable el gas por su volumen debe ser almacenado en contenedores cilíndricos de alta presión (200 a 300 bar); este tipo de almacenamiento implica que el mismo deba ser purificado antes de su compresión.
- La conversión de los motores es cara (instalación similar a la del GNC) y el peso de los cilindros disminuye la capacidad de carga de los vehículos.
- Por último, la falta de una adecuada red de abastecimiento y la energía involucrada en la compresión a gran escala de este tipo de uso.

5.7. CONSUMO Y EXCEDENTE DE BIOGÁS

Luego de la descripción de los posibles usos del biogás, se debe analizar el consumo del gas en el establecimiento y definir tanto la cantidad como las actividades que lo requieren. En caso de contar con un excedente, se deberán estudiar diversos factores para determinar el mejor uso del mismo en términos de eficiencia energética y rendimiento económico.

En el Feedlot San Jorge se utilizan dos garrafas de 15 Kg. por mes para suplir todas sus necesidades. En caso de realizarse el proyecto las necesidades de gas aumentarían, ya que, como se mencionó en la sección de Dimensionamiento del biodigestor, se recomienda la instalación de intercambiadores de calor en los mismos, para aumentar la temperatura y la actividad bacteriana y, de esta manera, disminuir el tiempo de retención. Por lo tanto, el consumo del Feedlot está determinado por el uso del gas para cuestiones domésticas y para los intercambiadores de calor.

5.7.1. Garrafas

El gas contenido en las garrafas en Argentina es gas propano. El mismo tiene un poder calorífico de 11.082 kCal/Kg. Teniendo en cuenta que se utilizan mensualmente 2 garrafas de 15 Kg. cada una, la energía consumida es:

$$30 \text{ Kg.} \times 11.082 \text{ kCal / Kg.} = 332.460 \text{ kCal}$$

Utilizando la equivalencia $1 \text{ kCal} = 4,184 \text{ kJ}$, se puede expresar dicho resultado como:

$$332.460 \text{ kCal} \times 4,184 \text{ kJ / kCal} = 1.391.013 \text{ kJ} = 1391 \text{ MJ}$$

Como se dijo anteriormente, el poder calorífico del biogás suele oscilar entre los $19,6 \text{ MJ/m}^3$ y los 25 MJ/m^3 , valor que depende del material orgánico del que proviene y del

proceso utilizado, entre otras variables. Tomando un promedio de 22,3 MJ/m³ se puede calcular el volumen de biogás que se utilizará para estos fines de la siguiente manera:

$$1391 \text{ MJ} / 22,3 \text{ MJ/m}^3 = 62,38 \text{ m}^3$$

5.7.2. Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor utilizados para aumentar la temperatura de los biodigestores pueden utilizar distintos métodos. Hay ciertos intercambiadores que calientan el afluente por medio de serpentinas que rodean las paredes laterales una vez que éste ingresa al biodigestor, mientras que existen otros que sólo calientan el agua que luego se pone en contacto con el estiércol para general la mezcla. Por practicidad y reducción de costos, se propone utilizar el segundo método. En el cálculo del dimensionamiento del biodigestor, se calculó utilizar 320.000 Kg. de H₂O en total, es decir, 53.333,33 Kg. de H₂O por cada biodigestor. Esta última es la cantidad de agua que debería ser calentada durante el tiempo de retención, es decir, por mes. Teniendo en cuenta que la temperatura promedio de la localización geográfica del Feedlot es de 18°C, y que la temperatura óptima para la producción de biogás es de 35°C, se puede calcular la cantidad de energía necesaria para calentar el agua de cada biodigestor con la siguiente fórmula:

$$Q = m.c.\Delta T$$

donde Q es el calor necesario, m la masa total de agua, c el calor específico del agua y ΔT la diferencia entre la temperatura final e inicial. Reemplazando por los valores se tiene:

$$Q = 53.333,33 \text{ Kg.} \times 4,184 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (35 - 18)^\circ\text{C} = 3.793.493,33 \text{ kJ} = 3793 \text{ MJ}$$

En m³ de biogás sería:

$$3793 \text{ MJ} / 22,3 \text{ MJ/m}^3 = 170 \text{ m}^3$$

Este cálculo supone que el biodigestor es adiabático y que no hay pérdidas de calor al ambiente, por lo cual no se tiene en consideración la energía necesaria para mantener la temperatura en 35°C, sino sólo la necesaria para llevar el afluente hasta esa temperatura. Si bien hay varios elementos que minimizan las pérdidas de calor al entorno, tales como el revestimiento del fondo y de los taludes del biodigestor con aislante en base a esponja de poliuretano, el recubrimiento de las lagunas con membrana flexible de caucho, y el hecho de que la mitad del volumen del biodigestor se encuentra bajo tierra, no se puede afirmar que estemos ante un sistema perfectamente adiabático. Por lo tanto, se considera un 15% más de energía necesaria para el mantenimiento de la temperatura en 35°C constantes a lo largo del mes. Se introduce el factor de corrección, con lo cual el volumen de biogás necesario en realidad sería de:

$$170 \text{ m}^3 \times 1,15 = 195,5 \text{ m}^3$$

Vale recordar que éste es el consumo mensual de los intercambiadores de calor de un solo biodigestor, por lo cual, el consumo de los intercambiadores de calor cuando el proyecto esté en régimen pleno sería:

$$195,5\text{m}^3 \times 6 = 1173 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen total de biogás a utilizar por mes viene dado por:

Consumo doméstico + Consumo de intercambiadores de calor = Consumo total

$$62,38 \text{ m}^3 + 1173 \text{ m}^3 = 1235,38 \text{ m}^3$$

Con dicho consumo de gas, aún se tiene un importante excedente, ya que, como se explica en la sección de Producción de biogás y equivalencias, se proyecta una producción de 2560 m³ biogás/día. La producción mensual de biogás es:

$$2560 \text{ m}^3 \times 30 \text{ días} = 76.800 \text{ m}^3$$

Y el excedente es:

$$76.800 \text{ m}^3 - 1235,38 \text{ m}^3 = 75.564,62 \text{ m}^3$$

Luego de analizar con los directivos del Feedlot varias alternativas sobre la mejor manera de explotar dicho excedente, tales como la comercialización de biogás en garrafas o la producción de, únicamente, la cantidad necesaria para suplir las necesidades del establecimiento y vender el excedente de estiércol, se eligió la opción de producir energía eléctrica con dicho biogás y devolverla a la red, cobrando por la misma. Antes de realizar el análisis de la forma en que se generará la energía eléctrica a partir del biogás, es necesario estudiar el tratamiento que se le debe hacer al mismo previamente.

5.8. ACONDICIONAMIENTO DEL BIOGÁS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

5.8.1. Reducción de sulfuro de hidrogeno (H₂S)

La reducción del H₂S es importante y necesaria para evitar daños a los generadores por oxidación y debido a la formación de ácido sulfhídrico. La mayoría de generadores operan con rangos de H₂S entre 50 y 100 ppm y por lo tanto requieren de un biogas purificado. Se recomienda el uso de filtros de remoción de H₂S en base a tratamientos biológicos al ser más amigables con el medio ambiente ya que no utilizan químicos ni contaminantes. Se observa un ejemplo este tipo de filtros en la siguiente fotografía:

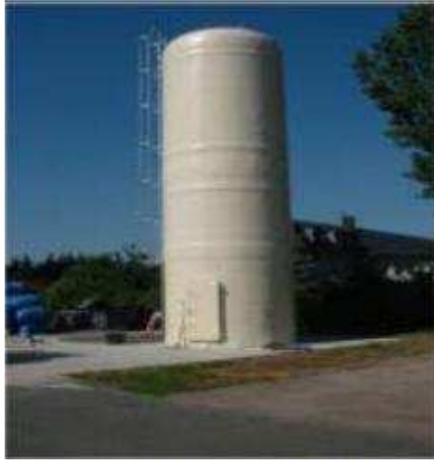


Figura 20: Tanque de extracción de ácido sulfúrico. Fuente: Aqualimpia.

5.8.2. Eliminación de condensados

El biogás arrastra en su viaje a lo largo de las tuberías vapor de agua o pequeñas gotas que pueden dañar el generador de electricidad además de bajar sensiblemente el poder calorífico del biogás quemado, por lo tanto resulta indispensable reducir al máximo posible el contenido de humedad del mismo a través de filtros como el que se muestra en la siguiente fotografía:



Figura 21: Filtro de eliminación de condensados. Fuente: Aqualimpia.

5.8.3. Calibración del biogás

El biogás que se aproveche en generadores tiene que cumplir ciertas condiciones técnicas relativas al volumen, contenido y calidad del CH_4 , presión de servicio, seguridad y control. Si estos parámetros no se cumplen los generadores no funcionarían óptimamente, dejan de funcionar o también hacen a la instalación insegura y operara en rango de peligro por no haber instrumentación de control ni seguridad. Por lo tanto,

previo al aprovechamiento del biogás en generadores hay que instalar un tren de calibración de biogás para controlar la presión, medir el caudal del biogás, medir la concentración de CH₄, calibrar la presión de servicio, controlar el apagado del generador, cierre automático del paso del biogás, corta llamas, etc. como se muestra en la siguiente fotografía:



Figura 22: Tren de calibración de factores físicos del biogás extraído. Fuente: Aqualimpia.

5.8.4. Generación de energía eléctrica a partir de biogás

Para la producción de energía eléctrica se utilizarán los generadores de la marca AQL Engineering, los cuales pertenecen al grupo AquaLimpia de Alemania, empresa de ingeniería integral que diseña, construye y pone en marcha proyectos de aprovechamiento de biomasa a través de la construcción de biodigestores y plantas de biogás. Se seleccionó dicha compañía por su reputación internacional y por la experiencia en proyectos similares a lo largo de todo el mundo.



Figura 23: Generador de electricidad a base de biogás. Fuente: Aqualimpia.

Los AQL Biogás Genset son generadores de electricidad que funcionan con biogás. Los mismos se adaptan a las necesidades de cada proyecto. Son generadores de alto rendimiento eléctrico, gran flexibilidad de operación, larga duración y bajo consumo de biogás. La empresa comercializa potencias desde 6 kW hasta 500 kW, aunque también pueden proveer generadores de mayores capacidades de acuerdo a los requerimientos de los clientes y sistemas de cogeneración CHP. Adicionalmente, se optó por seleccionar esta empresa ya que también suministra unidades contenerizadas con todos los implemento adicionales, tales como tren de calibración del biogás, filtros de H₂S, válvulas de seguridad y control, medidores de caudal, de concentración de H₂S, de CH₄, eliminación de condensados, diseños de la casa de máquinas, conducciones y planos de instalación de todas las válvulas y demás, por lo cual el acondicionamiento del biogás para ser usado en el generador y todos los elementos necesarios serían tratados con un único proveedor, facilitando la gestión del mismo. La misma empresa también se encarga de la instalación y capacitación del personal que estará a cargo del manejo del generador.

Cada m³ de biogás contiene aproximadamente el equivalente a 6 kWh de energía eléctrica. Sin embargo, cuando se transforma la energía del biogás en energía eléctrica en un generador preparado para este fin, solamente se obtienen 2 kWh de energía usable, ya que el resto se pierde en forma de calor, pudiendo usarse la misma, previo análisis, para aplicaciones de calentamiento.

En el Feedlot San Jorge, con el excedente de 75.500 m³ por mes, se pueden obtener:

$$75.500 \text{ m}^3 \times 2 \text{ kWh/m}^3 = 151.000 \text{ kWh}$$

La contribución de cada biodigestor sería de:

$$151.000 \text{ kWh} / 6 = 25.167 \text{ kWh}$$

5.9. FACTIBILIDAD DE DEVOLUCIÓN A LA RED

Diversas iniciativas en todo el mundo trabajan en el desarrollo de las denominadas "redes eléctricas inteligentes" para sustituir a las actuales. Entre sus ventajas se encuentra una mayor eficiencia, una reducción del gasto energético y la generalización de las energías renovables, lo que favorece al medio ambiente y a la economía. Asimismo, los consumidores saldrían también beneficiados, ya que podrían generar su propia energía en casa o en sus empresas y ser parte activa de la red.

El gobierno de EE.UU. ha incluido entre sus medidas de estímulo para la economía un presupuesto de unos US\$ 11.000 millones para desarrollar este tipo de inversiones. Algunos Estados ya están trabajando en varias redes piloto. La principal compañía eléctrica de Colorado, Xcel Energy, construye en Boulder "la primera red eléctrica inteligente del mundo para una ciudad entera", según sus responsables. Su objetivo es conectar a 35.000 hogares y empresas con sistemas automatizados y de comunicación bidireccional y aprovechar todo tipo de energías renovables. En otros estados del antedicho país, a aquellas empresas o ciudadanos que hayan instalado un sistema de

energía renovable conectado a la red, tal como celdas solares fotovoltaicas o un aerogenerador, les pagan por devolver electricidad hacia la red eléctrica central en forma de “Renewable Energy Credits” (RECs –créditos de energía renovable–). Los estados que participan en este programa tienen que destinar cierto porcentaje de su producción de electricidad a energías limpias y renovables, o de lo contrario tienen que pagar multas. Una de las maneras de llevar a cabo este requerimiento es comprársela a individuos, pequeñas empresas u organizaciones que generen esta clase de energías.

Además de EE.UU., otros países también desarrollan iniciativas de este tipo. En Australia, la empresa Energy Australia, con la colaboración de IBM, despliega desde 2006 una red inteligente con una inversión inicial de unos 130 millones de euros. Por su parte, algunas ciudades europeas también cuentan con proyectos de implantación de estas redes. Por ejemplo, el Ayuntamiento de Amsterdam, en colaboración con varias empresas, lleva a cabo un plan de transformación ecológica para los próximos años y en España, el proyecto piloto "Smartcity" instaló en Málaga un sistema inteligente energético.

En Argentina esta modalidad está menos avanzada pero en el transcurso de la investigación para el presente trabajo se recibieron noticias de último momento que validaron la postura que se había pronosticado, en un tiempo menor al proyectado: ya es un hecho que en el país se devuelve energía eléctrica a la red, a partir de fuentes renovables, con su respectivo marco legal. Si bien es algo incipiente, sirve de base para conocer los cimientos sobre los que se construirán los futuros proyectos. La noticia, que fue difundida por Fundación Energizar el 13/06/2014, dice, entre otras cosas, lo siguiente: “el novedoso emprendimiento (Ingesol) responde a la iniciativa del ingeniero mecánico Marcelo Lenzi, quien a través de paneles solares generará energía, la cual podrá incorporar a la red domiciliaria. La misma Empresa Provincial de la Energía es quien reconoce y fomenta este tipo de proyectos. El mismo terminó marcando un precedente histórico para la ciudad de El Trébol, tras convertirse en el primer particular habilitado por la Empresa Provincial de la Energía (EPE), para la generación de suministro eléctrico, pudiendo incorporar el mismo a la red y así, ser consumidor, pero al mismo tiempo, proveedor.” Mientras que en un hipotético caso de llegar a abastecer un excedente del consumo domiciliario, Lenzi, explicó que: “Lo que la empresa tiene previsto, es generar créditos a favor, en este caso del particular generador. Asimismo, en principio, al tratarse de un emprendimiento pensado para particulares, se basa en el objetivo de lograr un ahorro energético, donde en la medida que se pueda ir propagando, se transformaría en un gran paliativo para afrontar la crisis energética a la cual estamos siendo sometidos, producto de los elevados consumos”, cerró el Ing. Lenzi, sobre el innovador proyecto, que forma parte de la historia santafesina.

Si bien este proyecto está basado en energía solar, no quedan dudas de que pronto más formas de energías limpias correrán la misma suerte, por lo cual se concluye que no sólo es factible, sino también muy ventajoso, analizar la devolución de la energía a la red eléctrica en un proyecto con las características del nuestro.

5.10. INGRESOS POR LA DEVOLUCIÓN A LA RED: POSIBLES ESCENARIOS

Para cuantificar los ingresos por la devolución a la red primero hay que definir cuál será el precio de venta del kWh y analizar si la compañía de energía estará dispuesta a pagarlo, para lo cual habría que estudiar el poder de negociación de cada uno de los actores. En base a lo investigado, se llegó a la conclusión de que puede haber tres escenarios factibles: uno en que la empresa pague el kWh al mismo precio que ellos lo venden, otro en que paguen por debajo de ese precio y un último en que paguen por encima del mismo.

5.10.1. Escenario I

Este escenario se basa en los comentarios del Ingeniero Lenzi, quién comentó: “Hasta hoy la totalidad de los medidores domiciliarios con que cuenta la EPE son unidireccionales, y ahora la empresa ha incorporado medidores bidireccionales, los cuales, permiten diferenciar la energía que uno le entrega a la red, menos la que entra de la red a tu casa, lo que se traduce en que al momento de la facturación, está detallado el gasto, menos la generación que uno proveyó a la red, y figurará la diferencia a pagar; o sea, si la EPE te entregó 100 y uno generó 30, deberá pagar los 70 de diferencia, ocasionando un ahorro económico y a su vez, el abastecimiento energético”. De las palabras del Ingeniero se desprende que, al menos para su caso, se pagará el kWh al mismo precio, dado que no se definen unidades pero se tratan los números por iguales. Entonces, suponiendo que la empresa distribuidora de energía eléctrica aceptara pagar nuestra energía al mismo precio al que ellos la venden en la zona, es decir, a 0,46 \$/kWh según el cuadro tarifario vigente, los ingresos generados por la devolución a la red serían:

$$25.167 \text{ kWh} \times 0,46 \text{ \$/kWh} \times N$$

donde N es la cantidad de biodigestores en funcionamiento.

El siguiente cuadro muestra los ingresos en función del número de digestores instalados en el Feedlot:

Biodigestores	Ingresos
1	\$ 11.577
2	\$ 23.154
3	\$ 34.730
4	\$ 46.307
5	\$ 57.884
6	\$ 69.461

Tabla 12: Ingreso en función de los biodigestores desarrollados. Fuente: elaboración propia.

5.10.2. Escenario II

Sin embargo, habría que contemplar el caso en que la empresa distribuidora no esté dispuesta a comprar el excedente de energía eléctrica al mismo precio al que la comercializan y, dado el bajo poder de negociación de los particulares, parecería sensato aceptar dicha tarifa. Suponiendo que deciden comprar el excedente al 80% del valor al que lo venden, el cuadro de los ingresos en función de los biodigestores instalados se vería modificado de la siguiente manera:

Biodigestores	Ingresos
1	\$ 9.262
2	\$ 18.523
3	\$ 27.784
4	\$ 37.046
5	\$ 57.884
6	\$ 55.569

Tabla 13: Ingreso en función de la cantidad de biodigestores al 80% del valor energético. Fuente: propia

5.10.3. Escenario III

Según las investigaciones realizadas, hay evidencia de que en determinados países las empresas generadoras pagan el kWh a un precio aún mayor del que lo venden, reconociendo así la importancia de la generación de energías limpias. Para el análisis de dicho caso, se tomará como supuesto que la empresa paga un 20% más por el precio del kWh:

Biodigestores	Ingresos
1	\$ 13.892
2	\$ 27.784
3	\$ 41.677
4	\$ 55.569
5	\$ 69.461
6	\$ 83.353

Tabla 14: Ingreso en función de la cantidad de biodigestores al 120% del valor energético. Fuente: propia

5.11. BIOFERTILIZANTE

Como se mencionó con anterioridad, uno de los subproductos de la biodigestión anaeróbica es el biofertilizante. El mismo tiene propiedades fertilizantes de alta calidad y existe la posibilidad de explotarlo o comercializarlo como mejorador del suelo y cosechas. Cabe destacar que el estiércol bovino también se puede utilizar y comercializar como fertilizante pero el bioabono no tiene malos olores, no atrae moscas y la mayoría de los contaminantes patógenos son eliminados durante la biodigestión por lo que puede aplicarse directamente sobre los cultivos en formato líquido o sólido. El principal objetivo de la biodigestión es la producción de biogás tanto para el consumo propio del feedlot como para la producción de energía eléctrica que luego se comercializará, pero la generación de biofertilizante no es menos importante y, consecuentemente, no tiene un menor impacto en el flujo de fondos ya que la demanda del mismo gracias a la necesidad creciente de cultivos de alto rendimiento y rotación implicaron el incremento de su consumo notablemente en los últimos años. El ahorro que representa para el feedlot el no tener que comprar fertilizante no es significativo ya que cuenta con tan solo 50 hectáreas dedicadas a la pastura, las cuales no requieren gran volumen de fertilizante. El mayor impacto para el proyecto lo tiene la comercialización del mismo, ya que se generan 64.000 Kg. de fertilizante orgánico mensual que suponiendo un rendimiento del 90%, porcentaje tomado de la experiencia en numerosos proyectos de producción de biofertilizantes a partir de biodigestores, nos da un total de 57.600 Kg. por mes. Si bien este tipo de productos no es muy común que se comercialice en nuestro país, en Europa se utiliza muy frecuentemente como abono, alimento para peces e incluso cerdos. Tomando como precio de referencia el valor en esta región se puede estimar un valor de 0,4\$/lt. Anualizando los valores de producción y el consumo propio de las 50 hectáreas del feedlot, por el precio de venta se obtiene un ingreso de \$273.480 por año. El siguiente esquema ilustra el sistema completo, mostrando el biodigestor, la producción de biogás, la producción de energía eléctrica y producción de biofertilizantes.

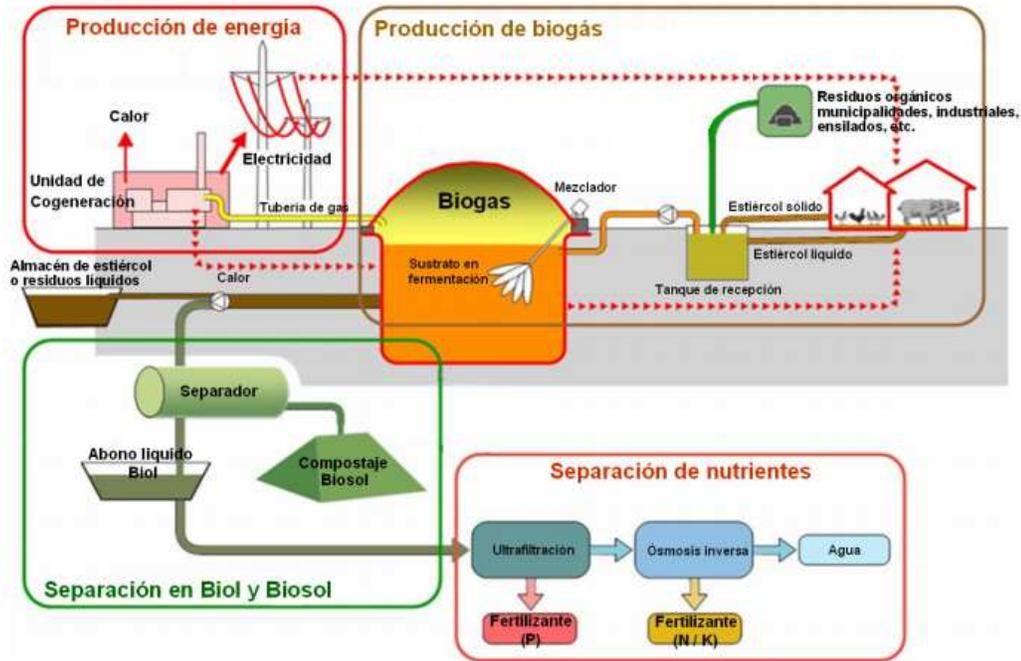


Figura 24: Sistema integral de tratamiento de desechos orgánicos en el feedlot. Fuente: Propia.

El diagrama muestra la separación del abono en biol y biosol. Estos son simplemente los nombres que reciben los biofertilizantes en el mercado de abonos en sus fases líquidas y sólidas, respectivamente. El valor de los nutrientes (fósforo, potasio, magnesio, nitrógeno, etc.) del biofertilizante en comparación con los residuos orgánicos que ingresan es prácticamente de 1:1.

5.12. APLICACIÓN GENERAL Y VENTAJAS DEL BIOL

El biol, como fertilizante líquido, es muy útil para ser dosificado a través de los sistemas de irrigación.

Entre sus ventajas se encuentra:

- Mejor intercambio catiónico en el suelo. Con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes del suelo. También ayuda a mantener la humedad del suelo y a la creación de un microclima adecuado para las plantas.
- El biol se puede emplear como fertilizante líquido, es decir, para aplicación por rociado.
- También se puede aplicar junto con el agua de riego en sistemas automáticos de irrigación.
- Siendo el biol una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

- Pruebas realizadas con diferentes cultivos muestran que usar biol sólo sería suficiente para lograr la misma o mayor productividad del cultivo que empleando fertilizantes químicos.

5.13. APLICACIÓN GENERAL Y VENTAJAS DE BIOSOL

Normalmente se aplica el biosol en el campo de la misma manera que se emplea el compost. Sin embargo, la dosificación varía. Las cantidades de biosol usualmente empleadas se encuentran entre 2 y 4 ton/ha, dependiendo del tipo de cultivo y del tipo de suelo. Con esta dosificación se obtienen los mismos resultados y beneficios que con las cantidades notablemente mayores requeridas para el caso del compost (10 a 20 ton/ha), las cuales dependen también de las condiciones del suelo y los requerimientos de la planta.

También se puede incluir el biosol en la preparación del suelo antes de colocar las semillas. En este caso deberá ser colocado a una profundidad de entre 10 y 20 cm. Luego de la germinación y crecimiento de la planta se puede seguir abonando el suelo con el biosol, el cual puede ser reforzado con fertilizantes químicos. En este caso las cantidades de fertilizantes químicos a emplear son mucho menores a las que se usan normalmente. Para la agricultura orgánica el biosol es empleado sin fertilizantes químicos.

Entre sus ventajas se encuentra:

- Hace posible regular la alimentación de la planta. Los cultivos son fortalecidos y ocurre una mejora del rendimiento. El uso del biosol permite el uso intensivo del suelo mejorando a la vez la calidad del mismo.
- El biosol confiere a los suelos arenosos una mayor cohesión mejorando con ello la retención de los nutrientes en el suelo.
- El biosol mejora la estructura del suelo y la capacidad de retención de la humedad del mismo, esto favorece la actividad biológica en el suelo. Mejora la porosidad, y por consiguiente la permeabilidad y ventilación.
- También el biosol puede ser combinado con la materia que va a ser compostada, con el fin de acelerar el proceso de compostaje.
- Una de las ventajas de usar el biosol como fertilizante es que se reduce la necesidad del abono, es decir sólo se necesita de 2 a 4 ton/ha. Si se empleara sólo estiércol se necesitaría de 15 a 30 ton/ha. No hay que olvidar que estas cantidades son relativas y dependen mucho del tipo del suelo y del cultivo.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas
- Reduce la erosión del suelo
- El biosol cuenta con una mayor disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre) a comparación con el estiércol, entonces esto mejora la disponibilidad del nutriente para la planta.

Las siguientes tablas muestran las composiciones químicas del biol y biosol de estiércol vacuno (Potsch 2004).

5.13.1. Características del Biol

Componente	Valor
pH	7,96
Materia seca	0,0418
Nitrógeno total	2,63 g/kg
NH4	1,27 g/kg
Fósforo	0,43 g/kg
Potasio	2,66 g/kg
Calcio	1,05 g/kg
Magnesio	0,68 g/kg
Sodio	0,404 g/kg
Azufre	No menciona
Carbono	No menciona
Aluminio	No menciona
Boro	No menciona
Zinc	No menciona

Tabla 15: Características del Biol. Fuente: SNV Honduras.

5.13.2. Características del Biosol

Componente	%
Agua	15,7
Sustancia orgánica seca	60,3
pH	7,6
Nitrógeno total	2,7
Fósforo P2O5	1,6
Potasio K2O	2,8
Calcio (CaO)	3,5
Magnesio (MgO)	2,3
Sodio (Na)	0,3
Azufre (S)	0,3
Boro (B) ppm	64

Tabla 16: Composición del Biosol. Fuente: SNV Honduras.

5.14. DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La creciente demanda de carne a causa de un incremento notable de la población de las grandes ciudades y sus alrededores motivó la proliferación de los establecimientos dedicados al engorde intensivo del ganado destinado a la ingesta humana. Estos lugares, denominados en la actualidad “feedlots”, concentran una gran cantidad de animales en espacios reducidos llamados corrales. En ellos se los alimenta en forma cuantiosa para acelerar el engorde, por lo que el animal excreta gran cantidad de estiércol y orina en el lugar donde reside. El impacto ambiental que generan estos establecimientos se debe principalmente a la contaminación puntual, por nutrientes y concentración de excrementos que afectan a las tres matrices receptoras del medio ambiente, a saber: suelo, agua y aire.

Suelo: el 90% de la contaminación producida por estas actividades es retenida por las partículas del suelo, lo cual lo convierte en un reservorio importante de la contaminación ambiental. Un bovino de 400 kg elimina por día de 20 a 24 kg de estiércol. Estos residuos contribuyen a la contaminación con materia orgánica, sedimentos, gérmenes patógenos, elementos traza, antibióticos y demás residuos químicos. Una vez depositadas en el suelo, estas sustancias sufren diferentes procesos que dependen del tipo de suelo, clima y tratamiento previo del estiércol. El primer problema es la salinización del suelo, por el incremento de la materia orgánica, además de la proliferación de bacterias y virus que pueden enfermar a los animales o a los trabajadores del lugar, malos olores y crecimiento de colonias de insectos que afectan a los poblados cercanos.

Agua: El deficiente manejo de efluentes en las producciones intensivas implica un riesgo de contaminación del agua subterránea. La movilidad de los elementos contaminantes, principalmente de los nitratos, depende del régimen hídrico, pendientes, presencia de fuentes superficiales de agua, profundidad de la napa freática, textura del suelo y su permeabilidad, que determinará el escurrimiento superficial o filtración de los contaminantes. El destino final de los efluentes generados por el engorde a corral suelen ser las fuentes de agua superficial más o menos cercanas a los establecimientos. Así, provocan un impacto ambiental negativo no sólo a nivel local, sino también a nivel de cuenca hídrica.

Aire: La principal fuente de contaminación en esta matriz de recepción son los gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático y calentamiento global. De las distintas especies animales destinadas a la producción de alimentos, los bovinos aportan el 94% del metano del sector ganadero nacional además de dióxido de carbono y óxido nitroso. Sumado a esto el engorde a corral puede incrementar la producción de estos gases a partir de heces y de residuos de alimentos que se descomponen naturalmente, así como de amoníaco, ácido sulfhídrico y otros compuestos que causan olores desagradables y que pueden llegar a irritar las vías respiratorias. Si bien esto también ocurre en la ganadería pastoril, la concentración de los animales en el feedlot potencia estos efectos.

Como consecuencia de estos impactos sobre el ecosistema en general en el año 2001, SENASA dictó la Resolución 70/2001, con el objeto de atender a los aspectos sanitarios ligados al modelo del engorde a corral. En ella se expresa: “Que este tipo de producción, por la alta concentración ganadera y continuo recambio poblacional,

implica un mayor riesgo higiénico y sanitario, facilitando la aparición de patologías diversas”. Se evidencia el mayor riesgo que implica la actividad si se la compara con la producción pastoril, en relación con los aspectos higiénicos y sanitarios tanto para los animales como para la salud pública.

Consecuentemente, al menos desde el punto de vista ambiental, la aplicación de los biodigestores, y la respectiva adecuación del establecimiento, repercutiría positivamente, ya que nos permite llevar a cabo un control mejorado del manejo de los residuos de origen bovino evitando, en su mayor parte, la contaminación de los cuerpos receptores de la siguiente manera:

- Aire: aprovechando el metano generado para energía eléctrica y evitando malos olores
- Agua: evitando las filtraciones a las napas freáticas y ríos cercanos
- Suelo: evitando la salinización, la proliferación de virus y bacterias debido al aislamiento del mismo.

Actualmente el Feedlot San Jorge utiliza el método de compostaje por aireación anaeróbica para el tratamiento del estiércol, lo que trae consigo algunos inconvenientes que se detallan a continuación:

- Se requiere de un gasto energético para aportar oxígeno
- Requiere de grandes superficies
- Presenta límites en la carga que puede tratar
- Emite gases contaminantes a la atmosfera
- Desaprovecha el potencial energético del estiércol

Al instalar biodigestores muchos de estos inconvenientes se eliminan y se retribuye al establecimiento rural con productos (biogas y biofertilizante) que son útiles y generan ahorro económico además del impacto ambiental mencionado. Son una alternativa para integrar las excretas y otros residuos orgánicos del feedlot a los sistemas de producción, ya que normalmente éstos se pierden, se mal utilizan o se convierten en contaminantes del medio, por consiguiente, en un peligro para la salud de las plantas, animales y del mismo hombre. El proceso de biodigestión es un método eficiente y de bajo costo para la producción de energía renovable, mejora las condiciones higiénicas de la casa rural y/o unidad de producción a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas (que mueren durante el proceso de biodigestión), produce beneficios micro-económicos a través de la sustitución de energía no renovable y fertilizantes sintéticos por energía renovable y fertilizantes orgánicos; además del aumento en los ingresos debido al incremento de la productividad.

Todos estos aspectos antes mencionados son cuantificables pero como adición a los mismos hay otros que no lo son y no por eso son menos importantes, entre lo que podemos señalar: una mejora en la imagen de la empresa para con la comunidad cercana y con los entes reguladores del ambiente debido a la conciencia del impacto que generan, mejoras en la relación con los empleados debido a mejores condiciones de trabajo y con poblados cercanos, mejor posicionamiento frente a la competencia, etc. En resumen, desde el punto de vista medio ambiental la aplicación de la alternativa propuesta generara grandes beneficios en relación a la comunidad, los trabajadores, el estado y la organización del feedlot en general.

5.15. MARCO LEGAL

Teniendo en cuenta que la modalidad bidireccional (consumidor – proveedor) de energía eléctrica se encuentra en sus comienzos, incluso en los países más desarrollados del mundo, es de esperar que las leyes y la reglamentación al respecto sea incipiente. Argentina no es una excepción, y el marco legal de esta modalidad no tiene alcance nacional. El poco avance que se hizo en materia legal sobre esta clase de proyectos surgió, en su mayoría por iniciativas particulares que llevaron a las empresas y a la autoridad correspondiente a dictar normas. “A raíz de mi trabajo particular y la creciente demanda en materia de energía renovable, comencé a averiguar si desde la Provincia (Santa Fe) existía algún tipo de proyecto o programa al respecto. Me notificaron que en el mes de octubre del año pasado (2013), se había aprobado la normativa, para que los domiciliarios consumidores de la EPE, pudiesen generar energía en paralelo con la red y en caso de llegar a tener algún tipo de excedente, vendérsela a la propia empresa”, explicó Lenzi, Ingeniero Mecánico y dueño de un emprendimiento de energía solar. A su vez, detalló que a nivel nacional, tampoco existen precedentes, debido a que la Provincia de Santa Fe, es la primera y única de todo el país que reglamentó el procedimiento para que domiciliarios puedan entrar a la red energética. En base a este trabajo, se dictó la Resolución N° 442, con fecha del 2/10/2013, de la cual se extraen los puntos más importantes a continuación:

- “Declárase de interés provincial la generación y el uso de energías alternativas o blandas a partir de la aplicación de las fuentes renovables en todo el territorio de la Provincia de Santa Fe”
- “Que la autorización de ese tipo de clientes a conectar generadores en paralelo con nuestra red, inicia un proceso de generación distribuida, que entre sus beneficios se destaca la reducción de pérdidas y la mejora del perfil de tensión de las redes”
- “Que se eleva a consideración el referido Procedimiento con sus modificaciones, de manera que todos los clientes de esta Empresa puedan ser autorizados no sólo a conectarse en paralelo sino también a entregar el exceso de energía generada a la red, contemplándose los recaudos necesarios para que dicha transferencia se efectúe manteniendo las condiciones de seguridad para la operación de la red; además en el Procedimiento Comercial se ha incorporado la forma de medir y valorizar la energía generada por nuestros clientes”

Por su lado, la ley que regula los biocombustibles es la 26.093, en la cual se define los combustibles que caen dentro de la categoría de biocombustibles, se indica la habilitación para las plantas productoras, los sujetos beneficiarios del régimen promocional y los beneficios promocionales, se presenta en el Anexo.

6. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

6.1. FLUJO DE FONDOS

Una vez determinadas todas las inversiones y los ingresos que se generarán por el proyecto, se procedió a confeccionar el flujo de fondos. Para el mismo se tomó un horizonte temporal basado en la vida útil del componente principal del biodigestor, es decir, de la membrana plástica, la cual dura aproximadamente 15 años. Se decidió realizar tres flujos de fondos, correspondientes a los tres escenarios posibles analizados en la sección de Ingresos por devolución a la red. El primero consiste en suponer que la empresa eléctrica a la que se le devolverá energía pagará el kWh al mismo precio que al que lo vende. El segundo escenario, más conservador, supone que la compañía pagaría sólo el 80% del primer valor y el tercero, bastante optimista, supone que se venderá el kWh a un 20% más que el precio de mercado. Se tomó una tasa de descuento del 12%, cifra bastante común para proyectos de energía. Cabe destacar que el flujo de fondos está realizado en pesos argentinos, y aquellos precios en dólares fueron afectados por la tasa de cambio oficial al momento de la realización del mismo. También hay que aclarar que se tuvo en cuenta la inflación anual del país publicada por consultoras privadas y su valor proyectado para la duración del proyecto. Si bien actualmente la inflación es alta y constante, por los ciclos económicos y los valores históricos del país, se consideró para el análisis un período de fuerte inflación y luego un declive de la misma para el mediano plazo. En las siguientes páginas se muestran los respectivos flujos de fondos y su posterior análisis.

6.1.1. Flujo de Fondos I

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 745.760	\$ 1.098.656	\$ 1.502.062	\$ 1.895.320	\$ 2.369.151	\$ 2.800.398	\$ 3.360.478	\$ 3.830.945	\$ 4.290.658	\$ 4.719.724	\$ 5.191.696	\$ 5.710.866	\$ 6.281.952	\$ 6.910.148	\$ 7.601.162
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 286	\$ 372	\$ 483	\$ 604	\$ 755	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.167	\$ 1.425.180	\$ 1.939.545	\$ 2.568.706	\$ 3.461.358	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -316.407	\$ -326.525	\$ -437.483	\$ -673.385	\$ -1.092.207	\$ 1.363.167	\$ 1.635.801	\$ 1.864.813	\$ 2.088.590	\$ 2.297.450	\$ 2.527.194	\$ 2.779.914	\$ 3.057.905	\$ 3.363.696	\$ 3.700.065

Tabla 17: Flujo de fondos escenario I. Fuente: elaboración propia.

VAN = \$157.752

TIR = 13%

6.1.2. Flujo de Fondos II

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 147.620	\$ 295.239	\$ 442.859	\$ 567.768	\$ 709.709	\$ 817.585	\$ 784.882	\$ 715.812	\$ 641.368	\$ 564.404	\$ 496.675	\$ 437.074	\$ 384.625	\$ 338.470	\$ 297.854
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 708.856	\$ 1.024.846	\$ 1.391.348	\$ 1.753.379	\$ 2.191.723	\$ 2.596.002	\$ 2.918.982	\$ 3.148.686	\$ 3.366.186	\$ 3.561.704	\$ 3.793.706	\$ 4.063.808	\$ 4.374.032	\$ 4.726.818	\$ 5.125.036
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -353.246	\$ -400.183	\$ -547.934	\$ -814.943	\$ -1.269.099	\$ 1.158.771	\$ 1.194.305	\$ 1.182.554	\$ 1.164.119	\$ 1.139.430	\$ 1.129.204	\$ 1.132.856	\$ 1.149.985	\$ 1.180.366	\$ 1.223.939

Tabla 18: Flujo de fondos escenario II. Fuente: elaboración propia.

$VAN = -\$1.311.540$

$TIR = 3\%$

6.1.3. Flujo de Fondos III

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 221.429	\$ 442.859	\$ 664.288	\$ 851.651	\$ 1.064.564	\$ 1.226.378	\$ 1.765.984	\$ 2.415.866	\$ 3.246.924	\$ 4.285.940	\$ 5.657.441	\$ 7.467.822	\$ 9.857.525	\$ 13.011.933	\$ 17.175.751
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 782.665	\$ 1.172.465	\$ 1.612.777	\$ 2.037.262	\$ 2.546.578	\$ 3.004.794	\$ 3.900.084	\$ 4.848.740	\$ 5.971.743	\$ 7.283.241	\$ 8.954.471	\$ 11.094.556	\$ 13.846.932	\$ 17.400.281	\$ 22.002.934
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -279.436	\$ -252.563	\$ -326.505	\$ -531.059	\$ -914.244	\$ 1.567.564	\$ 2.175.407	\$ 2.882.608	\$ 3.769.675	\$ 4.860.966	\$ 6.289.970	\$ 8.163.604	\$ 10.622.885	\$ 13.853.829	\$ 18.101.837

Tabla 19: Flujo de fondos escenario III. Fuente: elaboración propia.

VAN = \$2.436.956

TIR = 23%

Dado que los ingresos obtenidos por la devolución de la energía eléctrica a la red son los más significativos, era de esperar que los distintos escenarios arrojen resultados considerablemente diferentes. Basta notar que el VAN en el Flujo de Fondos I y III es positivo mientras que en el segundo caso no lo es. Semejante diferencia obliga a replantear la realización del proyecto si en la negociación del precio de venta del kWh se llegara a presentar dicho desenlace. Sin embargo, dado que estamos tratando con probabilidades de ocurrencia incierta, ya que no hay certeza absoluta sobre qué precio de venta será acordado, es necesario analizar las diferentes alternativas que sea podrían presentar a lo largo del proyecto con el objetivo de visualizar qué decisiones se podrían tomar sobre la marcha del mismo para mitigar los riesgos y convertir el proyecto en uno rentable.

6.2. ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DEL PROYECTO

Dado que el proyecto se planifica en etapas, a saber, instalar los 6 biodigestores en 6 años consecutivos, es interesante analizar distintas alternativas para ver en qué escenario se podría obtener un mejor resultado que el que arroja el Flujo de Fondos II. Un análisis minucioso del Flujo de Fondos II permite observar que una alternativa lógica sería optar por no instalar todos los biodigestores, evitando las inversiones correspondientes y sustrayendo los ingresos generados por los mismos. Los costos, tales como cemento para corrales, inversión en obra gris, medidores, etc. se suprimen si no se instala el biodigestor correspondiente. En cambio, los costos que no se suprimen al abandonar la construcción de la totalidad de biodigestores, siempre y cuando se construya al menos uno, son Mantenimiento y Salarios. En el caso de los ingresos se modifican los ingresos por devolución a la red y se mantiene el resto de los ahorros. La siguiente tabla está basada en los resultados de los distintos flujos de fondos confeccionados para mostrar los cambios que se producirían si se abandonara la instalación a partir de un determinado año, sintetizados en los nuevos valores de VAN y TIR:

2015	VAN	\$ 4.343.134
	TIR	50%
2016	VAN	\$ 3.903.638
	TIR	40%
2017	VAN	\$ 3.068.801
	TIR	32%
2018	VAN	\$ 1.897.664
	TIR	24%
2019	VAN	\$ 466.795
	TIR	15%

Tabla 20: Valores de VAN y TIR para distintas reducciones del proyecto. Fuente: propia.

Como muestra la tabla, es evidente que en el supuesto caso de que la empresa de electricidad pagara el kWh al 80% de su precio de venta, no conviene instalar la totalidad de los biodigestores, dado que los ingresos generados por el proyecto no contrarrestan las inversiones de manera significativa. Mientras antes se abandone la instalación de los biodigestores, mayor es el VAN y la TIR, siendo el mejor caso instalar un solo biodigestor y terminar con la instalación en el 2015.

6.3. PERÍODO DE REPAGO

Se presentan a continuación los gráficos del período de repago para los tres escenarios.

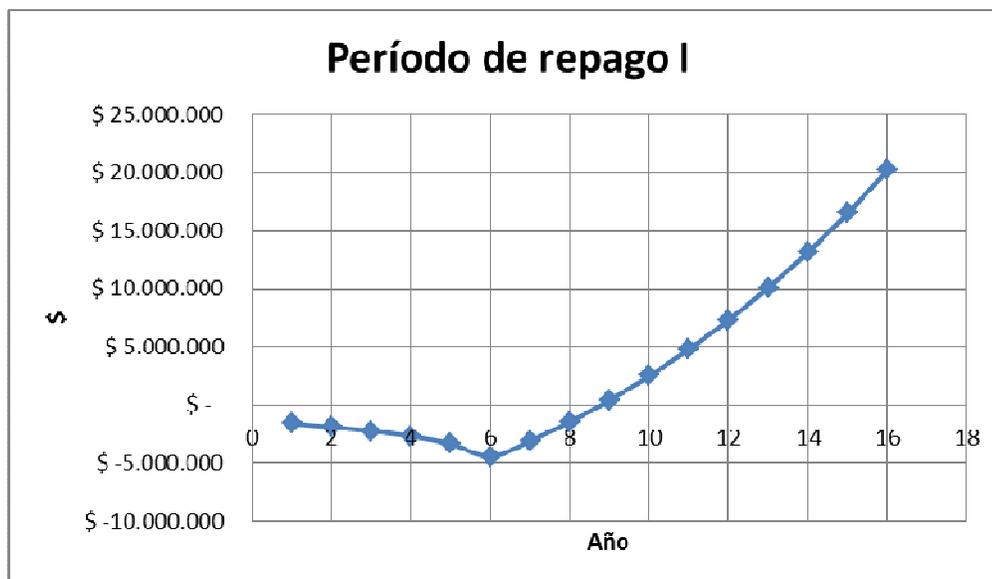


Gráfico 1: Período de repago para el escenario I. Fuente: elaboración propia.

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.167	\$ 1.425.180	\$ 1.939.545	\$ 2.568.706
Ingresos	\$ 17.000	\$ 745.760	\$ 1.098.656	\$ 1.502.062	\$ 1.895.320
Acumulado	\$ -1.598.048	\$ -1.914.454	\$ -2.240.979	\$ -2.678.462	\$ -3.351.847
2019	2020	2021	2022	2023	2024
\$ 3.461.358	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274
\$ 2.369.151	\$ 2.800.398	\$ 3.360.478	\$ 3.830.945	\$ 4.290.658	\$ 4.719.724
\$ -4.444.054	\$ -3.080.887	\$ -1.445.086	\$ 419.727	\$ 2.508.317	\$ 4.805.767
2025	2026	2027	2028	2029	
\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097	
\$ 5.191.696	\$ 5.710.866	\$ 6.281.952	\$ 6.910.148	\$ 7.601.162	
\$ 7.332.961	\$ 10.112.875	\$ 13.170.780	\$ 16.534.476	\$ 20.234.542	

Tabla 21: Ingresos y egresos acumulados para el escenario I. Fuente: elaboración propia.

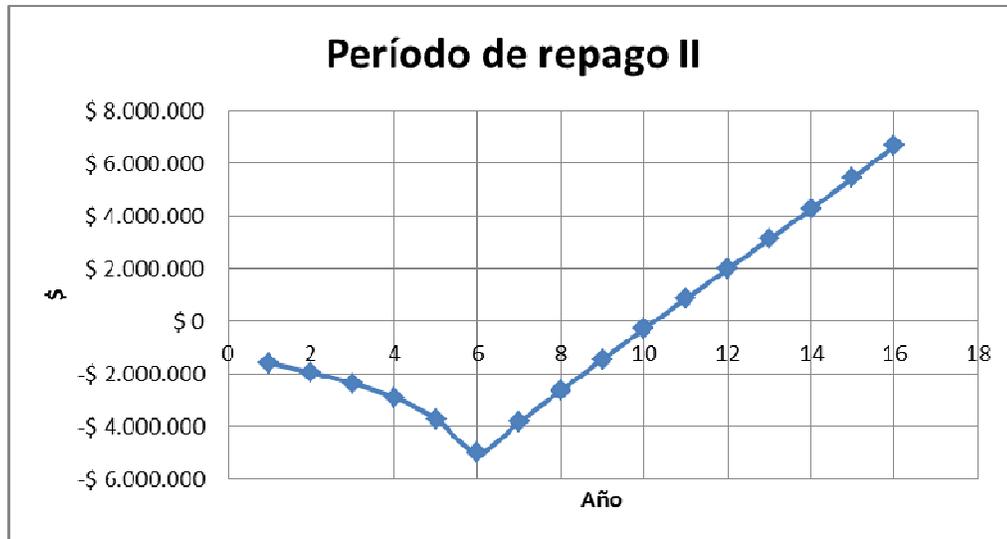


Grafico 2: Periodo de repago para el escenario II. Fuente: elaboración propia.

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321
Ingresos	\$ 17.000	\$ 708.856	\$ 1.024.846	\$ 1.391.348	\$ 1.753.379
Acumulado	\$ -1.598.048	\$ -1.951.293	\$ -2.351.476	\$ -2.899.410	\$ -3.714.353
2019	2020	2021	2022	2023	2024
\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274
\$ 2.191.723	\$ 2.596.002	\$ 2.918.982	\$ 3.148.686	\$ 3.366.186	\$ 3.561.704
\$ -4.983.452	\$ -3.824.681	\$ -2.630.376	\$ -1.447.822	\$ -283.703	\$ 855.727
2025	2026	2027	2028	2029	
\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097	
\$ 3.793.706	\$ 4.063.808	\$ 4.374.032	\$ 4.726.818	\$ 5.125.036	
\$ 1.984.931	\$ 3.117.787	\$ 4.267.772	\$ 5.448.139	\$ 6.672.078	

Tabla 22: Ingresos y egresos acumulados para el escenario II. Fuente: elaboración propia.

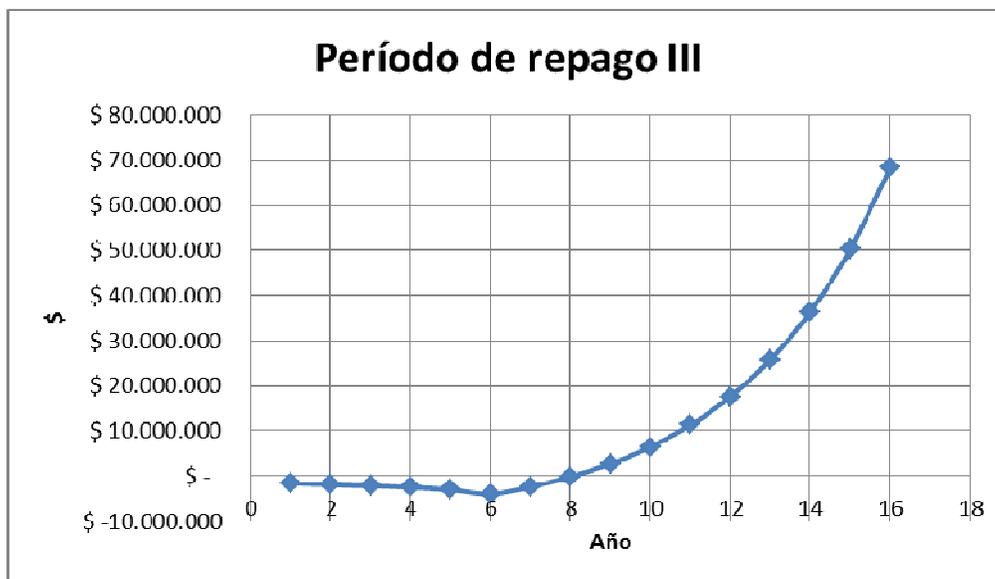


Grafico 3: Periodo de repago para el escenario II. Fuente: elaboración propia

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321
Ingresos	\$ 17.000	\$ 782.665	\$ 1.172.465	\$ 1.612.777	\$ 2.037.262
Acumulado	\$ -1.598.048	\$ -1.877.484	\$ -2.130.047	\$ -2.456.552	\$ -2.987.611
2019	2020	2021	2022	2023	2024
\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274
\$ 2.546.578	\$ 3.004.794	\$ 3.900.084	\$ 4.848.740	\$ 5.971.743	\$ 7.283.241
\$ -3.901.855	\$ -2.334.292	\$ -158.884	\$ 2.723.724	\$ 6.493.399	\$ 11.354.366
2025	2026	2027	2028	2029	
\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097	
\$ 8.954.471	\$ 11.094.556	\$ 13.846.932	\$ 17.400.281	\$ 22.002.934	
\$ 17.644.335	\$ 25.807.939	\$ 36.430.824	\$ 50.284.653	\$ 68.386.490	

Tabla 23: Ingresos y egresos acumulados para el escenario III. Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que hay diferencias entre los períodos, siendo para el primer y tercer caso de 8 años y para el segundo de 10. Los gráficos permiten apreciar la fuerte inversión, lo cual se visualiza con una pendiente negativa durante los años en que se planea instalar los biodigestores. Una vez que entran todos en régimen la inversión disminuye y se estabiliza en términos reales, lo cual permite una recuperación de la inversión en los próximos dos y cuatro años para los dos casos favorables y el desfavorable, respectivamente. Es interesante notar la sensibilidad del período de repago a la variación en el precio de venta del kWh. Si bien no hay gran diferencia entre los años de recuperación de las inversiones, sí se evidencia una gran depresión en la región crítica del gráfico II y, por el contrario, un fuerte crecimiento para el final del horizonte temporal del gráfico III.

6.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Luego de analizar los flujos de fondos para los distintos escenarios, se procederá a realizar un análisis de sensibilidad. El mismo consiste en calcular los nuevos flujos de caja, y sus respectivos VAN, al cambiar el valor de una variable. De este modo, se puede cuantificar cómo repercute en el valor del proyecto una variación en una determinada variable. Para realizar el análisis se eligieron las variables “Precio de venta del biofertilizante” y “Tasa de descuento”, ya que, junto con el precio del kWh que se utilizó para determinar los distintos escenarios, son las variables más significativas. La siguiente tabla sintetiza los resultados obtenidos, mostrando el VAN para las distintas combinaciones.

		Tasa de descuento				
		10%	12%	15%	18%	20%
Precio del BF	80%	\$ -1.017.724	\$ -1.239.287	\$ -1.475.313	\$ -1.626.353	\$ -1.692.492
	100%	\$ 571.834	\$ 157.752	\$ -313.270	\$ -650.221	\$ -818.957
	120%	\$ 2.161.393	\$ 1.556.424	\$ 850.220	\$ 327.194	\$ 55.767

Tabla 24: Tabla de doble entrada Precio BF vs. Tasa de descuento. Fuente: elaboración propia

El siguiente cuadro muestra los valores de la TIR para las distintas combinaciones.

		Tasa de descuento				
		10%	12%	15%	18%	20%
Precio del BF	80%	4%	4%	4%	4%	4%
	100%	13%	13%	13%	13%	13%
	120%	20%	20%	20%	20%	20%

Tabla 25: Tabla de doble entrada Precio BF vs. Tasa de descuento. Fuente: elaboración propia

Como era de esperar, el valor de la tasa interna de retorno, por su propia definición, se mantiene invariable al variar la tasa de descuento y sólo depende del Precio del biofertilizante en este análisis. Sin embargo, la anterior tabla es útil para visualizar que cuando la tasa de descuento empleada para el cálculo es mayor a la TIR que figura en cada celda, el valor del VAN en la anterior tabla es negativo. Otra particularidad interesante es que el valor del VAN es positivo para todas las tasas de descuento cuando el valor del precio del biofertilizante es mayor al precio en el mercado. Por lo tanto, en la estrategia comercial a implementar sería beneficioso hacer alusión a la calidad del producto y a las bondades de los fertilizantes orgánicos para poder cobrar un precio mayor al promedio y, de este modo, asegurar que, dentro de un rango factible de tasas de descuentos, el VAN sea positivo.

6.5. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Dada la envergadura de este proyecto y los costos asociados, no se recomienda que los dueños encaren la inversión 100% por su cuenta, ya que puede significar un esfuerzo económico muy grande y las actividades futuras pueden verse comprometidas. Por lo tanto, la búsqueda y análisis de métodos de financiamiento o de donaciones es necesaria.

6.5.1. Programa Pequeñas Donaciones de Naciones Unidas

En Argentina, Pequeñas Donaciones trabaja con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El coordinador nacional del programa de Pequeñas Donaciones que depende del Fondo para el Medio Ambiente Mundial de Naciones Unidas, Francisco López Sastre, es el encargado de difundir el programa en toda la región NEA del país, integrada por las provincias de Formosa, Chaco, Misiones, Corrientes, Entre Ríos y el norte de Santa Fé. El Fondo para el Medioambiente Mundial de Naciones Unidas financia hasta U\$S 50.000 por proyecto. Si bien este monto no alcanzaría para cubrir toda la inversión, sería de gran ayuda y, combinada con alguna otra forma de financiamiento, podría bastar para financiar todo el proyecto. Sin embargo, las donaciones están destinadas a cooperativas, ONG, fundaciones o asociaciones. No se otorga financiamiento a los gobiernos ni a empresas. En este sentido, la donación no aplicaría para el proyecto. Sin embargo, habría que analizar la factibilidad de transformar el Feedlot en una asociación o fundación, como hacen muchas instituciones con el fin de obtener beneficios impositivos y, de ese modo, acceder a la donación.

6.5.2. Préstamos en dólares

Dada la coyuntura económica del país, conseguir fondos en dólares a largo plazo y a tasa competitiva parece extremadamente difícil. Las entidades financieras están reacias a arriesgarse y un feedlot como el del proyecto no parece estar exento a los vaivenes del mercado. Además, al tener ventas en el mercado local y no en dólares, el hecho de financiarse a largo plazo en dicha moneda implica asumir el riesgo del tipo de cambio, ya que existe gran incertidumbre e inestabilidad respecto de esta variable.

6.5.3. Prestamos en pesos a tasa variable

Existen líneas de créditos del Banco de la Nación Argentina para la agroindustria y para la producción primaria. Sus características son las siguientes:

Destinos financiables: Inversiones, capital de trabajo incremental y capital de trabajo en general (no asociado a la inversión).

Sistema de amortización: Alemán ajustándose la periodicidad del pago del capital y los intereses al flujo de fondos del proyecto. Pudiendo ser mensual, trimestral o semestral.

Desembolsos: se aceptará hasta un máximo de 4 desembolsos. No pudiendo superarse los 18 meses entre el primer y el último desembolso.

Período de gracia: Sólo para la amortización de capital y hasta 6 meses a partir del último desembolso.

Moneda: Solamente en pesos.

Garantías: A satisfacción del Banco, pudiendo en plazos de hasta 1 (un) año otorgarse a sola firma, a juicio de las instancias ejecutivas de crédito intervinientes.

Plazos de Inversiones: hasta 10 años.

Capital de Trabajo Incremental: hasta 5 años.

Capital de Trabajo: hasta 24 meses.

Tasa de interés: Inversiones: Del año 1 al 5 fija del 15% (TNA) menos 1 (un) punto de bonificación a cargo del Banco por buen cumplimiento y 6 (seis) puntos a cargo de la SAGPyA. Del año 6 al 10 BADLAR más 4% de spread fijo.

Capital de Trabajo Incremental y Capital de Trabajo: fija del 15% menos 1 (un) punto de bonificación a cargo del Banco por buen cumplimiento y 6 (seis) puntos a cargo de la SAGPyA.

Cabe destacar que los préstamos para activos productivos quedan referenciados por el BADLAR, la cual es un promedio de las tasas de interés que se pagan por depósitos de plazo fijo de 30 a 35 días por montos que superen el medio millón de pesos. Una vez que se llegó al período variable, la volatilidad de la tasa podría causar grandes incrementos en los intereses, por lo cual habría que analizar los valores históricos de la misma.

6.5.4. Préstamos en tasa fija

Hoy en día existe la posibilidad para las PyMEs de financiar sus inversiones en activos productivos con préstamos en moneda local a tasa fija subsidiada por el Ministerio de Producción. La ventaja de este tipo de financiación es que se pagarían cuotas fijas que se sabrán con anticipación.

7. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista operativo, la instalación de biodigestores anaeróbicos en establecimientos rurales, como el feedlot San Jorge, es una alternativa altamente recomendable por diversos motivos. En primer lugar, permite atacar la problemática ambiental asociada mediante la utilización de la excreta de los animales como materia prima. En segundo lugar, provee al establecimiento de biogás para la cocina y calefacción y de biofertilizantes para las áreas destinadas al cultivo. Además, las adaptaciones que se deben hacer en los corrales para su compatibilidad con los biodigestores imponen un mayor orden, limpieza e higiene, lo cual evita enfermedades en los animales, proliferación de microbios e insectos y malos olores. Es evidente que de esta manera se disminuyen problemas tanto con las comunidades vecinas como con los gobiernos locales a la vez que se mejora la calidad de forma integral para todos los procesos dentro del feedlot.

Desde una perspectiva técnica, y en base a los cálculos realizados, se recomienda que la aplicación de biodigestores se realice únicamente en determinadas áreas geográficas. En zonas de bajas temperaturas se necesitaría un consumo energético destinado a la calefacción del biodigestor igual o superior al generado por el mismo, por lo que se descarta la aplicación de proyectos de este estilo en la región Patagónica. En el norte del país, donde el clima es tropical y subtropical, las condiciones son ideales. Incluso en la región Pampeana, donde las temperaturas son superiores a los 15°C se pueden implementar sistemas de calefacción, aislamientos o trabajar con variables operativas como, por ejemplo, el tiempo de retención del biodigestor, para hacer más eficiente la producción de biogás y biofertilizante. El feedlot San Jorge está ubicado en la región entrerriana, con una temperatura promedio de 18°C, y con la adición de intercambiadores de calor, se convierte en un establecimiento propicio para la instalación de biodigestores.

Por su parte, los resultados obtenidos en el estudio económico-financiero también avalan el proyecto. Si bien en el escenario base se tendría un VAN de \$157.752 y una TIR del 13%, lo cual, en primera instancia parecería ser apenas alentador, hay que resaltar, por un lado, que este tipo de proyectos tienen numerosas ventajas y beneficios que no se ven reflejados en el flujo de fondos (solución ambiental, mejor relación con la comunidad, disminución del riesgo por diversificación, producción de energías limpias, etc.) y, por otro lado, que las proyecciones para los próximos años son realmente alentadoras. Está claro que la rentabilidad está sujeta en gran medida a los precios de los biofertilizantes, pero la necesidad de aumentar la productividad de las cosechas, teniendo en cuenta el rol que juega la Argentina con la soja en el mundo, es una tendencia creciente. El flujo de fondos también exhibe una fuerte dependencia del precio de la energía devuelta a la red, pero el incremento en el consumo de energía debido a la industrialización y al crecimiento demográfico y el abandono progresivo de las políticas de subsidios energéticos por parte del gobierno para reducir el gasto público son factores de interés para el futuro del proyecto. En el caso de presentarse el escenario favorable, se obtendría un VAN de \$2.436.956 y una TIR del 23%, lo cual lo hacen un proyecto más que atractivo. Si llegara a ocurrir el escenario desfavorable, se pronostica un VAN de -\$1.311.540 y una TIR 3%. Sin embargo, mediante distintas alternativas de reducción del proyecto, se podría llegar a obtener un VAN de \$4.343.134 y una TIR del 50%, incluso mejor que en el primer caso. Del análisis de

sensibilidad, se desprende un interesante lineamiento para la estrategia comercial: tratar de lograr un buen posicionamiento de los biofertilizantes en el mercado para poder venderlo a un mayor precio que el promedio y, de esta manera, asegurar un rango de valores positivos del VAN, independientemente de lo que ocurra con la tasa de descuento.

De todo lo expuesto, se deduce que la instalación de biodigestores en el feedlot San Jorge es un proyecto altamente atractivo, con grandes probabilidades de concreción y que puede ser tomado como modelo para modificar la estructura de negocios de los sectores rurales del país.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. Páginas Web

- Grupo Aqualimpia Consultores: empresas dedicada al desarrollo de proyectos integrales de aprovechamiento de recursos renovables.

<http://www.aqualimpia-engineering.com/>

- Universidad de Lambayeque, Perú.

<http://web.udl.es/usuarios/r5213847>

- Wikipedia: enciclopedia libre

<http://es.wikipedia.org/>

- Secretaria de energía de la Republica Argentina

<http://energia.gov.ar>

- Fundación Energizar: Fundación para la Investigación y Desarrollo de Energías Renovables y el Desarrollo Humano.

www.energizar.com.ar

- Food and Agriculture of the United Nations.

<http://www.fao.org/>

- Sitio web de Ingeniería Ambiental

<http://www.ingenieroambiental.com/>

8.2. Libros, papers, artículos, etc

- Gestión ambiental en el feedlot, Guia de buenas prácticas, Anibal Pordomingo, INTA Anguil , 2003.
- Guía técnica para el manejo de residuos sólidos en comunidades rurales consolidadas, Ing. Jorge Villena, Ministerio del ambiente, Perú, 2009.
- Biomasa: Digestores anaeróbicos, IDEA (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía), Madrid 2007.
- Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernaderos, Enrique Salazar Sosa, 2002.
- Implementación de sistemas de biodigestión en eco empresas, Svetlana Samayoa, Carlos Bueso, Joaquin Viquez, 2012
- Estiércol Bovino: Mitos y realidades, ACPA (Asociación cubana de producción animal, 2004.

9. CONTACTOS Y ENTREVISTAS

- Consultores de la empresa Aqualimpia: empresa dedicada al desarrollo de proyectos integrales de aprovechamiento de recursos renovables.
- Ingeniero electro-mecánico Pedro Gimenez, Supervisor de obras, sector Distribución EDENOR.
- Ingeniero Marcelo Lenzi, creador de Ingesol y primera persona en obtener licencia para devolver energía eléctrica a la red en el país.
- Arcis Group Inc.: empresa dedicada a soluciones en biogás.
- Arcis Tech: empresa dedicada a la instalación de biodigestores.
- Entrevistas con la gerencia de Feedlot San Jorge.

10. ANEXO

Flujo de fondos con tasa de descuento 10% y biofertilizantes al 80% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 4.680	\$ 6.084	\$ 7.909	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 14.830	\$ 17.796	\$ 20.287	\$ 22.722	\$ 24.994	\$ 27.493	\$ 30.242	\$ 33.267	\$ 36.593	\$ 40.253
Venta de excedente	\$ -	\$ 426.629	\$ 554.617	\$ 721.003	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.351.880	\$ 1.622.256	\$ 1.849.372	\$ 2.071.296	\$ 2.278.426	\$ 2.506.269	\$ 2.756.896	\$ 3.032.585	\$ 3.335.844	\$ 3.669.428
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 637.933	\$ 958.480	\$ 1.319.834	\$ 1.667.535	\$ 2.084.419	\$ 2.458.721	\$ 2.950.465	\$ 3.363.530	\$ 3.767.153	\$ 4.143.869	\$ 4.558.256	\$ 5.014.081	\$ 5.515.489	\$ 6.067.038	\$ 6.673.742
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -424.168	\$ -466.548	\$ -619.448	\$ -900.786	\$ -1.376.403	\$ 1.021.490	\$ 1.225.788	\$ 1.397.398	\$ 1.565.086	\$ 1.721.595	\$ 1.893.754	\$ 2.083.129	\$ 2.291.442	\$ 2.520.587	\$ 2.772.645

Flujo de fondos con tasa de descuento 10% y biofertilizantes al 100% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 745.760	\$ 1.098.656	\$ 1.502.062	\$ 1.895.320	\$ 2.369.151	\$ 2.800.398	\$ 3.360.478	\$ 3.830.945	\$ 4.290.658	\$ 4.719.724	\$ 5.191.696	\$ 5.710.866	\$ 6.281.952	\$ 6.910.148	\$ 7.601.162
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -316.341	\$ -326.373	\$ -437.220	\$ -673.001	\$ -1.091.672	\$ 1.363.167	\$ 1.635.801	\$ 1.864.813	\$ 2.088.590	\$ 2.297.450	\$ 2.527.194	\$ 2.779.914	\$ 3.057.905	\$ 3.363.696	\$ 3.700.065

Flujo de fondos con tasa de descuento 10% y biofertilizantes al 120% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 7.020	\$ 9.126	\$ 11.864	\$ 14.830	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 26.694	\$ 30.431	\$ 34.082	\$ 37.491	\$ 41.240	\$ 45.364	\$ 49.900	\$ 54.890	\$ 60.379
Venta de excedente	\$ -	\$ 639.943	\$ 831.926	\$ 1.081.504	\$ 1.351.880	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.433.384	\$ 2.774.058	\$ 3.106.945	\$ 3.417.639	\$ 3.759.403	\$ 4.135.343	\$ 4.548.878	\$ 5.003.766	\$ 5.504.142
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 853.588	\$ 1.238.831	\$ 1.684.290	\$ 2.123.105	\$ 2.653.882	\$ 3.142.076	\$ 3.770.491	\$ 4.298.359	\$ 4.814.162	\$ 5.295.579	\$ 5.825.137	\$ 6.407.650	\$ 7.048.415	\$ 7.753.257	\$ 8.528.582
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -208.514	\$ -186.197	\$ -254.992	\$ -445.216	\$ -806.941	\$ 1.704.845	\$ 2.045.814	\$ 2.332.228	\$ 2.612.095	\$ 2.873.304	\$ 3.160.635	\$ 3.476.698	\$ 3.824.368	\$ 4.206.805	\$ 4.627.486

Flujo de fondos con tasa de descuento 12% y biofertilizantes al 80% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 4.680	\$ 6.084	\$ 7.909	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 14.830	\$ 17.796	\$ 20.287	\$ 22.722	\$ 24.994	\$ 27.493	\$ 30.242	\$ 33.267	\$ 36.593	\$ 40.253
Venta de excedente	\$ -	\$ 426.629	\$ 554.617	\$ 721.003	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.351.880	\$ 1.622.256	\$ 1.849.372	\$ 2.071.296	\$ 2.278.426	\$ 2.506.269	\$ 2.756.896	\$ 3.032.585	\$ 3.335.844	\$ 3.669.428
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 637.933	\$ 958.480	\$ 1.319.834	\$ 1.667.535	\$ 2.084.419	\$ 2.458.721	\$ 2.950.465	\$ 3.363.530	\$ 3.767.153	\$ 4.143.869	\$ 4.558.256	\$ 5.014.081	\$ 5.515.489	\$ 6.067.038	\$ 6.673.742
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -424.168	\$ -466.548	\$ -619.448	\$ -900.786	\$ -1.376.403	\$ 1.021.490	\$ 1.225.788	\$ 1.397.398	\$ 1.565.086	\$ 1.721.595	\$ 1.893.754	\$ 2.083.129	\$ 2.291.442	\$ 2.520.587	\$ 2.772.645

Flujo de fondos con tasa de descuento 12% y biofertilizantes al 120% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 7.020	\$ 9.126	\$ 11.864	\$ 14.830	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 26.694	\$ 30.431	\$ 34.082	\$ 37.491	\$ 41.240	\$ 45.364	\$ 49.900	\$ 54.890	\$ 60.379
Venta de excedente	\$ -	\$ 639.943	\$ 831.926	\$ 1.081.504	\$ 1.351.880	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.433.384	\$ 2.774.058	\$ 3.106.945	\$ 3.417.639	\$ 3.759.403	\$ 4.135.343	\$ 4.548.878	\$ 5.003.766	\$ 5.504.142
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 853.588	\$ 1.238.831	\$ 1.684.290	\$ 2.123.105	\$ 2.653.882	\$ 3.142.076	\$ 3.770.491	\$ 4.298.359	\$ 4.814.162	\$ 5.295.579	\$ 5.825.137	\$ 6.407.650	\$ 7.048.415	\$ 7.753.257	\$ 8.528.582
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -208.514	\$ -186.197	\$ -254.992	\$ -445.216	\$ -806.941	\$ 1.704.845	\$ 2.045.814	\$ 2.332.228	\$ 2.612.095	\$ 2.873.304	\$ 3.160.635	\$ 3.476.698	\$ 3.824.368	\$ 4.206.805	\$ 4.627.486

Flujo de fondos con tasa de descuento 15% y biofertilizantes al 80% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 4.680	\$ 6.084	\$ 7.909	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 14.830	\$ 17.796	\$ 20.287	\$ 22.722	\$ 24.994	\$ 27.493	\$ 30.242	\$ 33.267	\$ 36.593	\$ 40.253
Venta de excedente	\$ -	\$ 426.629	\$ 554.617	\$ 721.003	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.351.880	\$ 1.622.256	\$ 1.849.372	\$ 2.071.296	\$ 2.278.426	\$ 2.506.269	\$ 2.756.896	\$ 3.032.585	\$ 3.335.844	\$ 3.669.428
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 637.933	\$ 958.480	\$ 1.319.834	\$ 1.667.535	\$ 2.084.419	\$ 2.458.721	\$ 2.950.465	\$ 3.363.530	\$ 3.767.153	\$ 4.143.869	\$ 4.558.256	\$ 5.014.081	\$ 5.515.489	\$ 6.067.038	\$ 6.673.742
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -424.168	\$ -466.548	\$ -619.448	\$ -900.786	\$ -1.376.403	\$ 1.021.490	\$ 1.225.788	\$ 1.397.398	\$ 1.565.086	\$ 1.721.595	\$ 1.893.754	\$ 2.083.129	\$ 2.291.442	\$ 2.520.587	\$ 2.772.645

Flujo de fondos con tasa de descuento 15% y biofertilizantes al 100% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 745.760	\$ 1.098.656	\$ 1.502.062	\$ 1.895.320	\$ 2.369.151	\$ 2.800.398	\$ 3.360.478	\$ 3.830.945	\$ 4.290.658	\$ 4.719.724	\$ 5.191.696	\$ 5.710.866	\$ 6.281.952	\$ 6.910.148	\$ 7.601.162
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 286	\$ 372	\$ 483	\$ 604	\$ 755	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.167	\$ 1.425.180	\$ 1.939.545	\$ 2.568.706	\$ 3.461.358	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -316.407	\$ -326.525	\$ -437.483	\$ -673.385	\$ -1.092.207	\$ 1.363.167	\$ 1.635.801	\$ 1.864.813	\$ 2.088.590	\$ 2.297.450	\$ 2.527.194	\$ 2.779.914	\$ 3.057.905	\$ 3.363.696	\$ 3.700.065

Flujo de fondos con tasa de descuento 15% y biofertilizantes al 120% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 7.020	\$ 9.126	\$ 11.864	\$ 14.830	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 26.694	\$ 30.431	\$ 34.082	\$ 37.491	\$ 41.240	\$ 45.364	\$ 49.900	\$ 54.890	\$ 60.379
Venta de excedente	\$ -	\$ 639.943	\$ 831.926	\$ 1.081.504	\$ 1.351.880	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.433.384	\$ 2.774.058	\$ 3.106.945	\$ 3.417.639	\$ 3.759.403	\$ 4.135.343	\$ 4.548.878	\$ 5.003.766	\$ 5.504.142
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 853.588	\$ 1.238.831	\$ 1.684.290	\$ 2.123.105	\$ 2.653.882	\$ 3.142.076	\$ 3.770.491	\$ 4.298.359	\$ 4.814.162	\$ 5.295.579	\$ 5.825.137	\$ 6.407.650	\$ 7.048.415	\$ 7.753.257	\$ 8.528.582
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -208.514	\$ -186.197	\$ -254.992	\$ -445.216	\$ -806.941	\$ 1.704.845	\$ 2.045.814	\$ 2.332.228	\$ 2.612.095	\$ 2.873.304	\$ 3.160.635	\$ 3.476.698	\$ 3.824.368	\$ 4.206.805	\$ 4.627.486

Flujo de fondos con tasa de descuento 18% y biofertilizantes al 80% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 4.680	\$ 6.084	\$ 7.909	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 14.830	\$ 17.796	\$ 20.287	\$ 22.722	\$ 24.994	\$ 27.493	\$ 30.242	\$ 33.267	\$ 36.593	\$ 40.253
Venta de excedente	\$ -	\$ 426.629	\$ 554.617	\$ 721.003	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.351.880	\$ 1.622.256	\$ 1.849.372	\$ 2.071.296	\$ 2.278.426	\$ 2.506.269	\$ 2.756.896	\$ 3.032.585	\$ 3.335.844	\$ 3.669.428
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 637.933	\$ 958.480	\$ 1.319.834	\$ 1.667.535	\$ 2.084.419	\$ 2.458.721	\$ 2.950.465	\$ 3.363.530	\$ 3.767.153	\$ 4.143.869	\$ 4.558.256	\$ 5.014.081	\$ 5.515.489	\$ 6.067.038	\$ 6.673.742
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -424.168	\$ -466.548	\$ -619.448	\$ -900.786	\$ -1.376.403	\$ 1.021.490	\$ 1.225.788	\$ 1.397.398	\$ 1.565.086	\$ 1.721.595	\$ 1.893.754	\$ 2.083.129	\$ 2.291.442	\$ 2.520.587	\$ 2.772.645

Flujo de fondos con tasa de descuento 18% y biofertilizantes al 100% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 745.760	\$ 1.098.656	\$ 1.502.062	\$ 1.895.320	\$ 2.369.151	\$ 2.800.398	\$ 3.360.478	\$ 3.830.945	\$ 4.290.658	\$ 4.719.724	\$ 5.191.696	\$ 5.710.866	\$ 6.281.952	\$ 6.910.148	\$ 7.601.162
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 286	\$ 372	\$ 483	\$ 604	\$ 755	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.167	\$ 1.425.180	\$ 1.939.545	\$ 2.568.706	\$ 3.461.358	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -316.407	\$ -326.525	\$ -437.483	\$ -673.385	\$ -1.092.207	\$ 1.363.167	\$ 1.635.801	\$ 1.864.813	\$ 2.088.590	\$ 2.297.450	\$ 2.527.194	\$ 2.779.914	\$ 3.057.905	\$ 3.363.696	\$ 3.700.065

Flujo de fondos con tasa de descuento 18% y biofertilizantes al 120% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 7.020	\$ 9.126	\$ 11.864	\$ 14.830	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 26.694	\$ 30.431	\$ 34.082	\$ 37.491	\$ 41.240	\$ 45.364	\$ 49.900	\$ 54.890	\$ 60.379
Venta de excedente	\$ -	\$ 639.943	\$ 831.926	\$ 1.081.504	\$ 1.351.880	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.433.384	\$ 2.774.058	\$ 3.106.945	\$ 3.417.639	\$ 3.759.403	\$ 4.135.343	\$ 4.548.878	\$ 5.003.766	\$ 5.504.142
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 853.588	\$ 1.238.831	\$ 1.684.290	\$ 2.123.105	\$ 2.653.882	\$ 3.142.076	\$ 3.770.491	\$ 4.298.359	\$ 4.814.162	\$ 5.295.579	\$ 5.825.137	\$ 6.407.650	\$ 7.048.415	\$ 7.753.257	\$ 8.528.582
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -208.514	\$ -186.197	\$ -254.992	\$ -445.216	\$ -806.941	\$ 1.704.845	\$ 2.045.814	\$ 2.332.228	\$ 2.612.095	\$ 2.873.304	\$ 3.160.635	\$ 3.476.698	\$ 3.824.368	\$ 4.206.805	\$ 4.627.486

Flujo de fondos con tasa de descuento 20% y biofertilizantes al 80% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 4.680	\$ 6.084	\$ 7.909	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 14.830	\$ 17.796	\$ 20.287	\$ 22.722	\$ 24.994	\$ 27.493	\$ 30.242	\$ 33.267	\$ 36.593	\$ 40.253
Venta de excedente	\$ -	\$ 426.629	\$ 554.617	\$ 721.003	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.351.880	\$ 1.622.256	\$ 1.849.372	\$ 2.071.296	\$ 2.278.426	\$ 2.506.269	\$ 2.756.896	\$ 3.032.585	\$ 3.335.844	\$ 3.669.428
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 637.933	\$ 958.480	\$ 1.319.834	\$ 1.667.535	\$ 2.084.419	\$ 2.458.721	\$ 2.950.465	\$ 3.363.530	\$ 3.767.153	\$ 4.143.869	\$ 4.558.256	\$ 5.014.081	\$ 5.515.489	\$ 6.067.038	\$ 6.673.742
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -424.168	\$ -466.548	\$ -619.448	\$ -900.786	\$ -1.376.403	\$ 1.021.490	\$ 1.225.788	\$ 1.397.398	\$ 1.565.086	\$ 1.721.595	\$ 1.893.754	\$ 2.083.129	\$ 2.291.442	\$ 2.520.587	\$ 2.772.645

Flujo de fondos con tasa de descuento 20% y biofertilizantes al 100% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 745.760	\$ 1.098.656	\$ 1.502.062	\$ 1.895.320	\$ 2.369.151	\$ 2.800.398	\$ 3.360.478	\$ 3.830.945	\$ 4.290.658	\$ 4.719.724	\$ 5.191.696	\$ 5.710.866	\$ 6.281.952	\$ 6.910.148	\$ 7.601.162
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 286	\$ 372	\$ 483	\$ 604	\$ 755	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.167	\$ 1.425.180	\$ 1.939.545	\$ 2.568.706	\$ 3.461.358	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -316.407	\$ -326.525	\$ -437.483	\$ -673.385	\$ -1.092.207	\$ 1.363.167	\$ 1.635.801	\$ 1.864.813	\$ 2.088.590	\$ 2.297.450	\$ 2.527.194	\$ 2.779.914	\$ 3.057.905	\$ 3.363.696	\$ 3.700.065

Flujo de fondos con tasa de descuento 20% y biofertilizantes al 120% de su precio

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 184.524	\$ 369.049	\$ 553.573	\$ 709.709	\$ 887.137	\$ 1.021.982	\$ 1.226.378	\$ 1.398.071	\$ 1.565.839	\$ 1.722.423	\$ 1.894.665	\$ 2.084.132	\$ 2.292.545	\$ 2.521.800	\$ 2.773.980
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 7.020	\$ 9.126	\$ 11.864	\$ 14.830	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 26.694	\$ 30.431	\$ 34.082	\$ 37.491	\$ 41.240	\$ 45.364	\$ 49.900	\$ 54.890	\$ 60.379
Venta de excedente	\$ -	\$ 639.943	\$ 831.926	\$ 1.081.504	\$ 1.351.880	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.433.384	\$ 2.774.058	\$ 3.106.945	\$ 3.417.639	\$ 3.759.403	\$ 4.135.343	\$ 4.548.878	\$ 5.003.766	\$ 5.504.142
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 853.588	\$ 1.238.831	\$ 1.684.290	\$ 2.123.105	\$ 2.653.882	\$ 3.142.076	\$ 3.770.491	\$ 4.298.359	\$ 4.814.162	\$ 5.295.579	\$ 5.825.137	\$ 6.407.650	\$ 7.048.415	\$ 7.753.257	\$ 8.528.582
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ 514.922	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ 447.639	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 751.427	\$ 901.712	\$ 1.082.054	\$ 1.233.542	\$ 1.381.567	\$ 1.519.724	\$ 1.671.696	\$ 1.838.866	\$ 2.022.752	\$ 2.225.028	\$ 2.447.530
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ 1.081.336	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ 10.985	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ 14.761	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ 13.388	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ 11.672	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ 20.597	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ 10.298	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ 137.313	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 3.460.822	\$ 1.437.231	\$ 1.724.677	\$ 1.966.132	\$ 2.202.068	\$ 2.422.274	\$ 2.664.502	\$ 2.930.952	\$ 3.224.047	\$ 3.546.452	\$ 3.901.097
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -208.514	\$ -186.197	\$ -254.992	\$ -445.216	\$ -806.941	\$ 1.704.845	\$ 2.045.814	\$ 2.332.228	\$ 2.612.095	\$ 2.873.304	\$ 3.160.635	\$ 3.476.698	\$ 3.824.368	\$ 4.206.805	\$ 4.627.486

Flujo de fondos con reducción del proyecto de 5 años

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 147.620	\$ 153.524	\$ 159.665	\$ 159.665	\$ 159.665	\$ 153.279	\$ 147.148	\$ 134.199	\$ 120.242	\$ 105.813	\$ 93.115	#¡VALOR!	\$ -	\$ 129.905	\$ 135.101
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	#¡VALOR!	\$ -	\$ 6.435	\$ 8.366
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	#¡VALOR!	\$ -	\$ 586.615	\$ 762.599
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 717.956	\$ 894.961	\$ 1.123.533	\$ 1.364.500	\$ 1.665.709	\$ 1.960.531	\$ 2.315.850	\$ 2.606.520	\$ 2.889.241	\$ 3.151.712	\$ 3.443.605	#¡VALOR!	\$ 221.777	\$ 966.910	\$ 1.174.417
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 13.816	\$ 17.961	\$ 23.349	\$ 29.186	\$ 36.483	\$ 43.779	\$ 52.535	\$ 59.890	\$ 67.077	\$ 73.784	\$ 81.163	#¡VALOR!	\$ 11.690	\$ 15.197	\$ 19.757
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	#¡VALOR!	\$ 143.000	\$ 185.900	\$ 241.670
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 182.816	\$ 237.661	\$ 308.959	\$ 386.199	\$ 482.748	\$ 579.298	\$ 695.157	\$ 792.479	\$ 887.577	\$ 976.335	\$ 1.073.968	#¡VALOR!	\$ 154.690	\$ 201.097	\$ 261.427
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ 535.140	\$ 657.300	\$ 814.574	\$ 978.302	\$ 1.182.961	\$ 1.381.233	\$ 1.620.693	\$ 1.814.040	\$ 2.001.664	\$ 2.175.378	\$ 2.369.637	#¡VALOR!	\$ 67.087	\$ 765.813	\$ 912.990

Flujo de fondos con reducción del proyecto de 4 años

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 147.620	\$ 295.239	\$ 307.049	\$ 307.049	\$ 307.049	\$ 294.767	\$ 282.976	\$ 258.074	\$ 231.234	\$ 203.486	\$ 179.068	#¡VALOR!	\$ -	\$ 129.905	\$ 259.810
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	#¡VALOR!	\$ -	\$ 6.435	\$ 8.366
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	#¡VALOR!	\$ -	\$ 586.615	\$ 762.599
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 708.856	\$ 1.024.846	\$ 1.255.538	\$ 1.492.660	\$ 1.789.062	\$ 2.073.183	\$ 2.417.076	\$ 2.690.948	\$ 2.956.053	\$ 3.200.787	\$ 3.476.099	#¡VALOR!	\$ 157.092	\$ 895.756	\$ 1.220.857
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 46.698	\$ 60.707	\$ 75.884	\$ 94.855	\$ 113.826	\$ 136.591	\$ 155.713	\$ 174.399	\$ 150.250	\$ 171.285	\$ 191.839	\$ 171.285	\$ 191.839	\$ 165.275
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 706.885	\$ 805.849	\$ 902.550	\$ 805.849	\$ 902.550	\$ 777.573
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 266.398	\$ 346.317	\$ 432.896	\$ 541.120	\$ 649.344	\$ 779.213	\$ 888.303	\$ 994.899	\$ 857.135	\$ 977.133	\$ 1.094.389	\$ 977.133	\$ 1.094.389	\$ 942.848
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -353.246	\$ 758.448	\$ 909.221	\$ 1.059.764	\$ 1.247.942	\$ 1.423.839	\$ 1.637.863	\$ 1.802.645	\$ 1.961.154	\$ 2.343.652	\$ 2.498.965	#¡VALOR!	\$ -820.041	\$ -198.633	\$ 278.009

Flujo de fondos con reducción del proyecto de 3 años

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 147.620	\$ 295.239	\$ 442.859	\$ 442.859	\$ 442.859	\$ 425.144	\$ 408.139	\$ 372.222	\$ 333.511	\$ 293.490	\$ 258.271	#¡VALOR!	\$ -	\$ 129.905	\$ 259.810
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	#¡VALOR!	\$ -	\$ 6.435	\$ 8.366
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	#¡VALOR!	\$ -	\$ 586.615	\$ 762.599
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 708.856	\$ 1.024.846	\$ 1.391.348	\$ 1.628.470	\$ 1.924.872	\$ 2.203.561	\$ 2.542.238	\$ 2.805.096	\$ 3.058.330	\$ 3.290.790	\$ 3.555.302	#¡VALOR!	\$ 157.092	\$ 895.756	\$ 1.220.857
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 118.379	\$ 147.973	\$ 184.967	\$ 221.960	\$ 266.352	\$ 303.641	\$ 340.078	\$ 374.086	\$ 411.494	\$ 452.644	\$ 497.908	\$ 547.699	\$ 602.469
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 403.989	\$ 504.986	\$ 631.232	\$ 757.479	\$ 908.974	\$ 1.036.231	\$ 1.160.578	\$ 1.276.636	\$ 1.404.300	\$ 1.544.730	\$ 1.699.203	\$ 1.869.123	\$ 2.056.036
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -353.246	\$ -400.183	\$ 987.359	\$ 1.123.484	\$ 1.293.640	\$ 1.446.082	\$ 1.633.264	\$ 1.768.865	\$ 1.897.752	\$ 2.014.154	\$ 2.151.002	#¡VALOR!	\$ -1.542.111	\$ -973.367	\$ -835.179

Flujo de fondos con reducción del proyecto de 2 años

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 147.620	\$ 295.239	\$ 442.859	\$ 567.768	\$ 567.768	\$ 545.057	\$ 523.255	\$ 477.208	\$ 427.578	\$ 376.269	\$ 331.117	#¡VALOR!	\$ -	\$ 129.905	\$ 259.810
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	#¡VALOR!	\$ -	\$ 6.435	\$ 8.366
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	#¡VALOR!	\$ -	\$ 586.615	\$ 762.599
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 708.856	\$ 1.024.846	\$ 1.391.348	\$ 1.753.379	\$ 2.049.781	\$ 2.323.473	\$ 2.657.354	\$ 2.910.082	\$ 3.152.397	\$ 3.373.570	\$ 3.628.147	#¡VALOR!	\$ 157.092	\$ 895.756	\$ 1.220.857
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 256.487	\$ 320.609	\$ 384.730	\$ 461.677	\$ 526.311	\$ 589.469	\$ 648.415	\$ 713.257	\$ 784.583	\$ 863.041	\$ 949.345	\$ 1.044.280
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalimetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 613.499	\$ 766.874	\$ 920.249	\$ 1.104.299	\$ 1.258.901	\$ 1.409.969	\$ 1.550.966	\$ 1.706.063	\$ 1.876.669	\$ 2.064.336	\$ 2.270.769	\$ 2.497.846
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -353.246	\$ -400.183	\$ -547.934	\$ 1.139.879	\$ 1.282.907	\$ 1.403.224	\$ 1.553.055	\$ 1.651.181	\$ 1.742.428	\$ 1.822.604	\$ 1.922.085	#¡VALOR!	\$ -1.907.243	\$ -1.375.013	\$ -1.276.989

Flujo de fondos con reducción del proyecto de 1 año

Ingresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro por gas	\$ 12.000	\$ 15.600	\$ 20.280	\$ 26.364	\$ 32.955	\$ 41.194	\$ 49.433	\$ 59.319	\$ 67.624	\$ 75.738	\$ 83.312	\$ 91.644	\$ 100.808	\$ 110.889	\$ 121.978	\$ 134.175
Ahorro por electricidad	\$ 5.000	\$ 6.500	\$ 8.450	\$ 10.985	\$ 13.731	\$ 17.164	\$ 20.597	\$ 24.716	\$ 28.177	\$ 31.558	\$ 34.713	\$ 38.185	\$ 42.003	\$ 46.204	\$ 50.824	\$ 55.906
Ingreso por devolución a la red	\$ -	\$ 147.620	\$ 295.239	\$ 442.859	\$ 567.768	\$ 709.709	\$ 681.321	\$ 654.068	\$ 596.510	\$ 534.473	\$ 470.336	\$ 413.896	\$ 364.228	\$ 320.521	\$ 282.059	\$ 248.212
Ahorro por tn de fertilizante	\$ -	\$ 5.850	\$ 7.605	\$ 9.887	\$ 12.358	\$ 15.448	\$ 18.537	\$ 22.245	\$ 25.359	\$ 28.402	\$ 31.242	\$ 34.366	\$ 37.803	\$ 41.583	\$ 45.742	\$ 50.316
Venta de excedente	\$ -	\$ 533.286	\$ 693.272	\$ 901.253	\$ 1.126.567	\$ 1.408.208	\$ 1.689.850	\$ 2.027.820	\$ 2.311.715	\$ 2.589.121	\$ 2.848.033	\$ 3.132.836	\$ 3.446.120	\$ 3.790.731	\$ 4.169.805	\$ 4.586.785
Total Ingresos	\$ 17.000	\$ 708.856	\$ 1.024.846	\$ 1.391.348	\$ 1.753.379	\$ 2.191.723	\$ 2.459.738	\$ 2.788.168	\$ 3.029.384	\$ 3.259.292	\$ 3.467.637	\$ 3.710.927	\$ 3.990.962	\$ 4.309.928	\$ 4.670.406	\$ 5.075.394
Egresos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cemento para corrales	\$ 150.000	\$ 195.000	\$ 253.500	\$ 329.550	\$ 411.938	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Biodigestores	\$ 130.400	\$ 169.520	\$ 220.376	\$ 286.489	\$ 358.111	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Generador	\$ 815.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ 10.628	\$ 35.921	\$ 91.060	\$ 205.190	\$ 400.761	\$ 500.951	\$ 601.141	\$ 721.370	\$ 822.361	\$ 921.045	\$ 1.013.149	\$ 1.114.464	\$ 1.225.911	\$ 1.348.502	\$ 1.483.352	\$ 1.631.687
Salarios	\$ 130.000	\$ 169.000	\$ 219.700	\$ 285.610	\$ 357.013	\$ 446.266	\$ 535.519	\$ 642.623	\$ 732.590	\$ 820.500	\$ 902.550	\$ 992.805	\$ 1.092.086	\$ 1.201.295	\$ 1.321.424	\$ 1.453.567
Inversión en obra gris	\$ 315.000	\$ 409.500	\$ 532.350	\$ 692.055	\$ 865.069	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de temperatura	\$ 3.200	\$ 4.160	\$ 5.408	\$ 7.030	\$ 8.788	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de pH	\$ 4.300	\$ 5.590	\$ 7.267	\$ 9.447	\$ 11.809	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Medidores de humedad	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.568	\$ 10.710	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Caudalímetro	\$ 3.400	\$ 4.420	\$ 5.746	\$ 7.470	\$ 9.337	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro de H2S	\$ 6.000	\$ 7.800	\$ 10.140	\$ 13.182	\$ 16.478	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Filtro condensador	\$ 3.000	\$ 3.900	\$ 5.070	\$ 6.591	\$ 8.239	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tren de calibración	\$ 40.000	\$ 52.000	\$ 67.600	\$ 87.880	\$ 109.850	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valvulas de seguridad	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ 220	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total Egresos	\$ 1.615.048	\$ 1.062.101	\$ 1.425.028	\$ 1.939.282	\$ 2.568.321	\$ 947.217	\$ 1.136.660	\$ 1.363.992	\$ 1.554.951	\$ 1.741.545	\$ 1.915.700	\$ 2.107.270	\$ 2.317.997	\$ 2.549.796	\$ 2.804.776	\$ 3.085.253
Ingresos - Egresos	\$ -1.598.048	\$ -353.246	\$ -400.183	\$ -547.934	\$ -814.943	\$ 1.244.506	\$ 1.323.077	\$ 1.424.176	\$ 1.474.433	\$ 1.517.747	\$ 1.551.937	\$ 1.603.657	\$ 1.672.966	\$ 1.760.132	\$ 1.865.630	\$ 1.990.141

Ley 26.093

Promulgada de Hecho: Mayo 12 de 2006

A continuación se presentan los artículos más relevantes para el presente trabajo.

CAPITULO I

Definición de Biocombustibles

ARTICULO 5. — *A los fines de la presente ley, se entiende por biocombustibles al bioetanol, biodiesel y biogás, que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación.*

Habilitación de Plantas Productoras

ARTICULO 6. — *Sólo podrán producir biocombustibles las plantas habilitadas a dichos efectos por la autoridad de aplicación.
La habilitación correspondiente se otorgará, únicamente, a las plantas que cumplan con los requerimientos que establezca la autoridad de aplicación en cuanto a la calidad de biocombustibles y su producción sustentable, para lo cual deberá someter los diferentes proyectos presentados a un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que incluya el tratamiento de efluentes y la gestión de residuos.*

Consumo de Biocombustibles por el Estado nacional

ARTICULO 12. — *El Estado nacional, ya se trate de la administración central o de organismos descentralizados o autárquicos, así como también aquellos emprendimientos privados que se encuentren ubicados sobre las vías fluviales, lagos, lagunas, y en especial dentro de las jurisdicciones de Parques Nacionales o Reservas Ecológicas, deberán utilizar biodiesel o bioetanol, en los porcentajes que determine la autoridad de aplicación, y biogás sin corte o mezcla. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley, y su no cumplimiento por parte de los directores o responsables del área respectiva, dará lugar a las penalidades que establezca el Poder Ejecutivo nacional.*

La autoridad de aplicación deberá tomar los recaudos necesarios para garantizar la provisión de dichos combustibles en cantidades suficientes y con flujo permanente

CAPITULO II

Sujetos Beneficiarios del Régimen Promocional

ARTICULO 13. — *Todos los proyectos de radicación de industrias de biocombustibles, gozarán de los beneficios que se prevén en la presente ley, en tanto y en cuanto:*

- a) Se instalen en el territorio de la Nación Argentina.*
- b) Sean propiedad de sociedades comerciales, privadas, públicas o mixtas, o cooperativas, constituidas en la Argentina y habilitadas con exclusividad para el desarrollo de la actividad promocionada por esta ley, pudiendo integrar todas o algunas de las etapas industriales necesarias para la obtención de las materias primas renovables correspondientes. La autoridad de aplicación establecerá los requisitos para que las mismas se encuadren en las previsiones del presente artículo.*
- c) Su capital social mayoritario sea aportado por el Estado nacional, por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, los Estados Provinciales, los Municipios o las personas físicas o jurídicas, dedicadas mayoritariamente a la producción agropecuaria, de acuerdo a los criterios que establezca el decreto reglamentario de la presente ley.*
- d) Estén en condiciones de producir biocombustibles cumpliendo las definiciones y normas de calidad establecidas y con todos los demás requisitos fijados por la autoridad de aplicación, previos a la aprobación del proyecto por parte de ésta y durante la vigencia del beneficio.*
- e) Hayan accedido al cupo fiscal establecido en el artículo 14 de la presente ley y en las condiciones que disponga la reglamentación.*

Beneficios Promocionales

ARTICULO 15. — *Los sujetos mencionados en el artículo 13, que cumplan las condiciones establecidas en el artículo 14, gozarán durante la vigencia establecida en el artículo 1º de la presente ley de los siguientes beneficios promocionales:*

- 1.- En lo referente al Impuesto al Valor Agregado y al Impuesto a las Ganancias, será de aplicación el tratamiento dispensado por la Ley Nº 25.924 y sus normas reglamentarias, a la adquisición de bienes de capital o la realización de obras de infraestructura correspondientes al proyecto respectivo, por el tiempo de vigencia del presente régimen.*
- 2.- Los bienes afectados a los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta establecido por la Ley Nº 25.063, o el que en el futuro lo complemente, modifique o sustituya, a partir de la fecha de aprobación del proyecto respectivo y hasta el tercer ejercicio cerrado, inclusive, con posterioridad a la fecha de puesta en marcha.*
- 3.- El biodiesel y el bioetanol producidos por los sujetos titulares de los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, para satisfacer las cantidades previstas en los artículos 7º, 8º y 12 de la presente ley, no estarán alcanzados por la tasa de Infraestructura Hídrica establecida por el Decreto Nº 1381/01, por el Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural establecido en el Capítulo I, Título III de la Ley Nº 23.966, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, por el impuesto denominado "Sobre la transferencia a título oneroso o gratuito, o sobre la importación*

de gasoil", establecido en la Ley N° 26.028, así como tampoco por los tributos que en el futuro puedan sustituir o complementar a los mismos.

4.- La autoridad de aplicación garantizará que aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas para el fin específico de realizar las mezclas, deberán adquirir los productos definidos en el artículo 5° a los sujetos promovidos en esta ley hasta agotar su producción disponible a los precios que establezca la mencionada autoridad.

(...)

ARTICULO 16. – *El incumplimiento de las normas de la presente ley y de las disposiciones y resoluciones de la autoridad de aplicación, dará lugar a la aplicación por parte de ésta de algunas o todas las sanciones que se detallan a continuación:*

1.- Para las plantas habilitadas:

a) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad;

b) Las multas que pudieran corresponder;

c) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de productores.

2.- Para los sujetos beneficiarios de los cupos otorgados conforme el artículo 15:

a) Revocación de la inscripción en el registro de beneficiarios;

b) Revocación de los beneficios otorgados;

c) Pago de los tributos no ingresados, con más los intereses, multas y/o recargos que establezca la Administración Federal de Ingresos Públicos;

d) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de beneficiarios.

3.- Para las instalaciones de mezcla a las que se refiere el artículo 9°:

a) Las multas que disponga la autoridad de aplicación;

b) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad.

4.- Para los sujetos mencionados en el artículo 13:

a) Las multas que disponga la Autoridad de Aplicación.