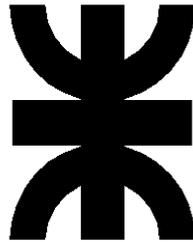


GUILLERMO EZEQUIEL DOLZANI



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

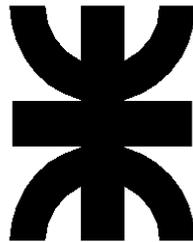
Facultad Regional Reconquista

**DIMENSIONAMIENTO DE UN DIGESTOR ANAERÓBICO QUE TRATE LOS
RESIDUOS GENERADOS EN UNA EXPLOTACIÓN GANADERA PARA LA
OBTENCIÓN DE BIOGÁS PARA CONSUMO TÉRMICO Y ELÉCTRICO.**

Reconquista

Año 2017

GUILLERMO EZEQUIEL DOLZANI



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Reconquista

**DIMENSIONAMIENTO DE UN DIGESTOR ANAERÓBICO QUE TRATE LOS
RESIDUOS GENERADOS EN UNA EXPLOTACIÓN GANADERA PARA LA
OBTENCIÓN DE BIOGÁS PARA CONSUMO TÉRMICO Y ELÉCTRICO.**

Proyecto Final presentado en cumplimiento de las exigencias de la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Facultad Regional Reconquista, realizada por el estudiante Guillermo Ezequiel Dolzani.

Asesores:

Ing. Juan Pablo Suligoy.

Ing. Ivan Talijancic.

Reconquista
Año 2017



AGRADECIMIENTOS

A mis padres por inculcarme valores y enseñarme que el esfuerzo es el fruto de la superación.

A Dios por brindarme fortaleza y tranquilidad durante todo éste recorrido.

A Euge por ser mi compañera de vida y apoyarme en mis decisiones.

A los compañeros de estudio con los que me relacioné a lo largo de esta carrera, principalmente a Morzán Nicolás.

A mis asesores: Suligoy, Juan Pablo y Talijancic, Ivan, por tomarse su tiempo y acompañarme en la realización de este proyecto.

A la UTN Facultad Regional Reconquista y sus docentes, los cuales me han transmitido sus conocimientos teóricos y prácticos.



ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| MEMORIA DESCRIPTIVA..... | 7 |
| RESEÑA HISTÓRICA..... | 9 |
| CAPÍTULO 1: ENERGÍA DE LA BIOMASA | 11 |
| Biogás..... | 12 |
| Componentes presentes en el biogás y sus efectos..... | 13 |
| Efectos del CO₂ en el biogás | 14 |
| N₂ y O₂ presente en el biogás. | 15 |
| Amoníaco presente en el biogás..... | 15 |
| Ácido sulfhídrico presente en el biogás | 15 |
| Siloxenos presentes en el biogás | 16 |
| CAPITULO 2: RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS..... | 17 |
| Pileta de recolección de purines | 19 |
| CAPÍTULO 3: REACCIONES BIOLÓGICAS (DIGESTIÓN ANAERÓBICA)..... | 20 |
| Parámetros en la producción de biogás | 21 |
| Temperatura | 21 |
| Composición del residuo..... | 22 |
| Rendimiento de gas metano para diferentes sustratos:..... | 23 |
| Relación Carbono Nitrógeno..... | 23 |
| Efecto del pH..... | 24 |
| Variación de la producción de Biogás en función del proceso de fermentación..... | 25 |
| Filtros de ácido sulfhídrico..... | 25 |
| CAPÍTULO 4: DEMANDA ELÉCTRICA..... | 27 |
| Grados de electrificación, N° mínimo de circuitos y N° mínimo de puntos de utilización. | 27 |
| Grados de electrificación:..... | 27 |
| Puntos de utilización mínimos. | 28 |
| Tipo y número de circuitos..... | 29 |
| Demanda de potencia máxima simultánea | 29 |
| Electrificación de la vivienda y tambo en cuestión:..... | 31 |
| Vivienda: | 31 |
| Tambo: | 32 |
| Determinación de la carga total de todos los inmuebles | 34 |



| | |
|---|-----------|
| Determinación de las cargas esenciales..... | 34 |
| Demanda total de potencia del campo: | 37 |
| CAPÍTULO 5: VOLUMEN DE BIOGÁS A GENERAR | 38 |
| Demanda del inmueble:..... | 38 |
| Rendimiento de biogás en relación con la energía eléctrica..... | 39 |
| Biogás para consumo eléctrico..... | 39 |
| Producción total de biogás | 40 |
| CAPÍTULO 6: SELECCIÓN DEL BIODIGESTOR..... | 41 |
| Componentes del biodigestor tubular..... | 41 |
| Definición de características | 42 |
| Volumen del reactor | 44 |
| Producción de biogás diaria | 44 |
| Verificación de carga orgánica aplicada al sistema..... | 46 |
| Material del reactor | 46 |
| Dimensiones de la zanja..... | 48 |
| Tuberías y válvulas | 49 |
| Tubos de entrada y salida..... | 49 |
| Conducción de biogás | 49 |
| Reservorio | 49 |
| CAPÍTULO 7: CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR..... | 51 |
| Zanja..... | 51 |
| Fabricación del reactor | 52 |
| CAPÍTULO 8: INSTALACIÓN | 54 |
| Introducción del digestor en la zanja..... | 54 |
| Primera carga | 54 |
| Tes para evacuación del agua en las tuberías | 55 |
| CAPÍTULO 9: PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES..... | 56 |
| Pileta de recolección de efluentes | 56 |
| Selección de agitador | 59 |
| Selección de bomba..... | 60 |
| CAPÍTULO 10: GRUPO GENERADOR..... | 62 |
| Selección del grupo generador | 62 |
| Análisis técnico económico..... | 64 |
| Emplazamiento del generador | 65 |
| Selección de los conductores..... | 66 |



| | |
|---|------------|
| Verificación por corriente admisible:..... | 66 |
| Cálculo de corrientes de cortocircuito..... | 67 |
| Línea de alimentación | 67 |
| Circuitos seccionales | 67 |
| Circuitos terminales..... | 68 |
| Verificación por caída de tensión de los conductores | 68 |
| CAPÍTULO 11: MALLA DE TIERRA DEL GENERADOR..... | 69 |
| Límites de corrientes tolerables por el cuerpo humano:..... | 70 |
| Red adoptada | 71 |
| Distancia entre conductores: | 71 |
| Calibre del conductor de la red | 71 |
| Resistencia de la red de puesta a tierra..... | 72 |
| Potenciales de paso, de contacto, y de malla de la red de tierra..... | 72 |
| Verificación..... | 74 |
| Protección contra sobre tensiones internas..... | 74 |
| Protección clase I y II:..... | 74 |
| Protección clase III:..... | 74 |
| CAPÍTULO 12: ANÁLISIS ECONÓMICO..... | 75 |
| Criterios de evaluación..... | 79 |
| Valor actual neto | 80 |
| Tasa interna de retorno | 80 |
| Escenarios a analizar | 80 |
| Escenario realista..... | 81 |
| Escenario optimista | 84 |
| Escenario pesimista | 87 |
| Conclusión de los tres escenarios | 90 |
| Análisis de sensibilidad..... | 90 |
| Escenario realista..... | 91 |
| Escenario optimista | 95 |
| Escenario pesimista | 99 |
| Costo anual totalizado (CAT) | 103 |
| CAPÍTULO 13: IMPACTO AMBIENTAL | 106 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 108 |
| ANEXO 1: PLANOS | 110 |
| ANEXO 2: TABLAS, PRESUPUESTOS Y CATÁLOGOS..... | 112 |



MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente proyecto final de carrera consiste en el dimensionamiento de un biodigestor tipo Taiwán (tubular), con el fin de obtener biogás para explotaciones térmicas y eléctricas. Dicho digestor, será alimentado por residuos ganaderos provenientes de un tambo.

El proyecto fue realizado para satisfacer las necesidades de una granja ubicada en el KM 780 de la ciudad de Reconquista.

Como punto de partida se realiza una breve reseña histórica del avance de la energía eléctrica, incluyendo la necesidad de suprimir las energías convencionales por energías alternativas. Luego se describe la energía de la biomasa y el biogás obtenido a partir de ésta, con sus respectivas características.

Posteriormente se determina la cantidad de residuos orgánicos producidos de acuerdo con la cantidad de vacas lecheras y terneros disponibles en la granja. Además, se calculan las dimensiones de la pileta de recolección de purines.

Luego, se calcula la demanda eléctrica del inmueble y el tambo en cuestión bajo el reglamento de la AEA 90364, parte 7 “Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles”.

Seguidamente se determina la demanda de biogás a generar de acuerdo con las necesidades del inmueble y el tambo. Posteriormente se realiza la selección del tipo de biodigestor a utilizar, indicando sus características principales, como así también sus dimensiones, incluyendo el reactor.

A continuación, se describen los pasos para la construcción de los mencionados digestores (zanjas y reactores), continuando con la instalación de estos.

Más adelante, se calcula la producción de biofertilizantes de acuerdo con los efluentes provenientes del digestor. Seguidamente se determinan las dimensiones de la pileta de recolección de efluentes y se seleccionan la bomba y el agitador.

Luego se escoge el grupo generador y se determina su emplazamiento. Seguido a esto, se seleccionan conductores y se realizan las verificaciones correspondientes. Posteriormente se determina la malla de puesta a tierra para el grupo generador seleccionado.



Finalmente se determinará la viabilidad económica del proyecto, analizando la inversión inicial, su correspondiente flujo de fondos, la TIR y el VAN. Además, se calcula el (CAT) para cada escenario.



RESEÑA HISTÓRICA

La energía, entre una de sus acepciones principales, es la capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc. Desde la lámpara incandescente de Edison, hasta la máquina de Dios dependieron de este bien para realizar investigaciones y plasmarlas en proyectos.

La electricidad ha evolucionado históricamente desde la percepción del fenómeno, a su tratamiento científico. Las observaciones sometidas a método científico empiezan a dar sus frutos con Luigi Galvani, Alessandro Volta, Charles-Augustin de Coulomb y Benjamin Franklin, proseguidas a comienzos del siglo XIX por André-Marie Ampère, Michael Faraday y Georg Ohm. Los nombres de estos pioneros terminaron bautizando las unidades hoy utilizadas en la medida de las distintas magnitudes del fenómeno. La comprensión final de la electricidad se logró recién con su unificación con el magnetismo en un único fenómeno electromagnético descrito por las ecuaciones de Maxwell (1861-1865).

La electrificación no sólo fue un proceso técnico, sino un verdadero cambio social de implicaciones extraordinarias, comenzando por el alumbrado y siguiendo por todo tipo de procesos industriales (motor eléctrico, metalurgia, refrigeración, etc.) y de comunicaciones (telefonía y radio).

La energía eléctrica es esencial para la sociedad actual. Únicamente puede compararse en importancia al uso de petróleo en motores y generadores (que también es ampliamente empleado, como los demás combustibles fósiles, en la generación de electricidad). Ambos procesos exigieron cantidades cada vez mayores de energía, lo que dio origen a la crisis energética, medioambiental y a la búsqueda de nuevas fuentes de energía, la mayoría con inmediata utilización eléctrica (energía nuclear y energías alternativas, dadas las limitaciones de la tradicional hidroelectricidad). Los problemas que tiene la electricidad para su almacenamiento y transporte a largas distancias, y la autonomía de los aparatos móviles, son retos técnicos aún no resueltos de forma suficientemente eficaz.

Debido a la crisis energética mundial, surgieron investigaciones allegadas a las energías alternativas (todas las fuentes de energía que no implican la quema de combustibles



fósiles carbón, gas y petróleo, tales como, solar, mareomotriz, eólica, biomasa, etcétera). Siendo ésta última utilizada como proyecto de final de carrera.

Surge así la idea de producir biogás utilizando residuos orgánicos ganaderos de un tambo ubicado en el KM 780, Colonia Reconquista. Éste cuenta con 150 cabezas lecheras, de las cuales sus crías tienen un porcentaje de mortandad del orden del 40%, es decir, que 60 terneros aproximadamente podrán ser de uso para la producción energética. Dando un total aproximado de 210 cabezas útiles para la recolección de residuos orgánicos de los vacunos.

Se investigará y dimensionará un biodigestor para la producción de gas pobre (biogás) a baja presión, una porción del cual se destinará al consumo térmico y otra parte será comprimido e inyectado a un grupo electrógeno con el fin de generar energía eléctrica para el autoabastecimiento del tambo y la vivienda. Además, con los efluentes del digestor, se llevará a cabo un proceso (digestión aeróbica) para la obtención de biofertilizante sólido, con el fin de su comercialización.

CAPÍTULO 1: ENERGÍA DE LA BIOMASA

La biomasa, al ser renovable y no contaminante, resulta muy importante en las economías en zonas rurales, siendo esta una clara opción a futuro.

Este tipo de energía posee un bajo contenido de carbono, elevada cantidad de oxígeno y compuestos volátiles. Estos son los que concentran una gran parte del poder calorífico, dependiendo del tipo de la misma y su humedad. Además, posee un bajo contenido en azufre, lo que hace de este un producto muy atractivo para ser aprovechado energéticamente. Cabe destacar que, el aprovechamiento energético de la biomasa no contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero, dado que el balance de emisiones de CO_2 a la atmósfera es neutro.

Los vegetales mediante la fotosíntesis captan la energía solar y la transforman en energía química fabricando moléculas orgánicas, para lo cual necesitan absorber CO_2 atmosférico. El proceso fotosintético hace crecer la biomasa vegetal ya sea por la naturaleza o por los cultivos realizados por el hombre, produciendo materia orgánica. Esta es el alimento necesario de los animales para su crecimiento, que durante su metabolismo y al final de su ciclo de vida produce también residuos aprovechables energéticamente. La biomasa residual es todo desecho de materia orgánica proveniente de los seres vivos; los residuos orgánicos que a menudo se consideran un subproducto, pueden llegar a cobrar un valor primordial en los procesos productivos.

Desde el punto de vista de aprovechamiento de la energía contenida en el enlace químico del carbono, hay que proceder a su combustión. La combustión de la biomasa sólida puede realizarse directamente en un hogar, previo secado cuando esta tiene excesiva humedad. Sin embargo, cuando mediante tratamientos físicos, químicos o biológicos intermedios obtenemos combustibles líquidos o gaseosos, estos pueden ser quemados tanto en calderas como en motores, de donde podemos extraer calor y trabajo mecánico. Ya sabemos que el trabajo lo podemos emplear para hacer funcionar máquinas y vehículos o para generar electricidad en turbinas o en grupos electrógenos. El calor puede ser utilizado en procesos industriales, para acondicionamiento de hábitat humano, animal o vegetal, y para generación de electricidad.



Los combustibles procedentes de la biomasa necesitan adecuación para su uso, sea residual o no. A estos se le realizan, casi siempre, tratamientos físicos, químicos o biológicos, los cuales pueden ser:

- Secado para eliminar humedad.
- Combustión incompleta para producir carbón vegetal.
- Extracción de hidrocarburos de plantas productoras.
- Fermentación alcohólica.
- Producción de biogás.
- Gasificación para obtener gas pobre.

Biogás

La composición del biogás se caracteriza por poseer: Metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y una serie de impurezas. En la siguiente tabla, se muestran propiedades de un tipo estándar de biogás.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Composición | 55-70% metano |
| | 30-45% Dióxido de carbono |
| | Trazas de otros elementos |
| Energía contenida | 6,0 – 6,5 Kwh./m ³ |
| Equivalente en combustible | 0,6 – 0,65 L _{petróleo} /m ³ biogás |
| Limite de explosión | 6 - 12 % biogás en el aire |
| Temperatura de ignición | 650 - 750 ° C (según metano contenido indicado) |
| Presión crítica | 75/89 bares. |
| Temperatura crítica | -82.5° C |
| Densidad normal | 1,2 Kg./m ³ |
| Olor | |
| Masa molar | 16,043 Kg./kmol |

Además, el biogás es un combustible cuyo poder calorífico oscila entre los 5000 y 5500 Kcal/m³ debido a las variaciones en el contenido de metano, producto de las distintas mezclas de residuos orgánicos utilizados en cada biodigestor.

A continuación, se puede observar algunas de las características del Metano (CH_4)



| | Temperatura [°C] | Temperatura K | Presión [bar.] | Densidad [Kg./L] |
|----------------------------------|------------------|---------------|----------------|------------------|
| Punto crítico | (-82,59) | 190,56 | 45,98 | 0,162 |
| Punto de ebullición a 1,013 bar. | (-161,52) | 11,63 | - | 0,4226 |
| Punto triple | (-182,47) | 90,68 | 0,117 | - |

Componentes presentes en el biogás y sus efectos

Los componentes más comunes que se encuentran presentes en el biogás son:

- Dióxido de carbono.
- Ácido sulfhídrico.
- Amoníaco.
- Vapor de agua.
- Polvo.
- Nitrógeno.
- Siloxenos.

Componentes del biogás y su efecto en las propiedades.

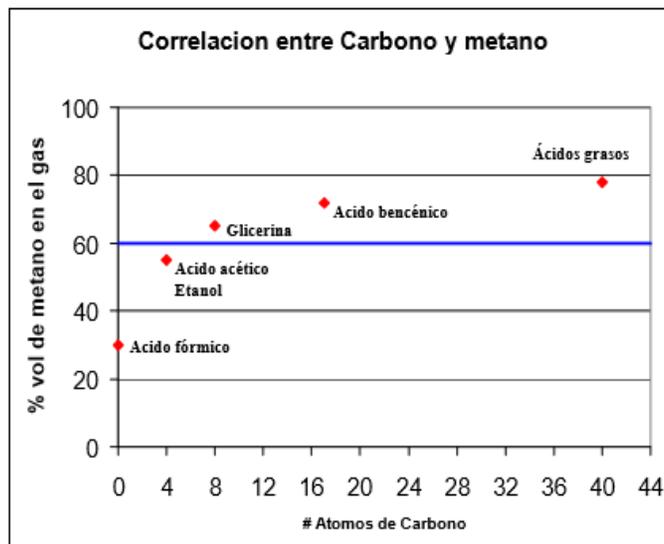
| | | |
|------------------|-----------------------------|--|
| CO ₂ | 25 - 50 % vol | Baja el poder calorífico |
| | | Incrementa el número de metano |
| | | Causa corrosión |
| | | Daña celdas alcalinas de combustible |
| H ₂ S | 0 - 0,5 % vol | Corrosión en equipos y piping |
| | | Emisiones de SO ₂ después de los quemadores |
| | | Emisión de H ₂ S en combustión imperfecta |
| | | Inhibición de la catálisis |
| NH ₃ | 0 - 0,05 % vol | Emisión de Nox |
| | | Daño en las celdas de combustibles |
| Vapor de agua | 1 - 5 % vol | Corrosión en equipos y piping |
| | | Daños de instrumentación por condensado |
| | | Riesgo de congelar y bloquear tuberías y válvulas |
| Polvo | > 5µm | Bloquea las boquillas y celdas de combustibles |
| N ₂ | 0 - 5 % vol | Baja el poder calorífico |
| Siloxenos | 0 - 50 [mg/m ³] | Actúan como abrasivos, daño en motores |

Efectos del CO₂ en el biogás

El CO₂ presente en el gas se mide según la razón de CO₂ /metano [% vol]. Este es esencial en la formación de metano en el gas por lo que no se busca eliminarlo.

Factores que afectan la composición de CO₂:

- 1) La presencia de compuestos con largas cadenas de hidrocarburos por ejemplo compuestos con alto contenido en grasas ayudan a mejorar la calidad del gas cuidando de no afectar la acidez. La cantidad de átomos de carbono presentes en el substrato se relaciona directamente con el porcentaje en volumen de metano presente en el biogás.



2) El aumento del tiempo de residencia, mejora la descomposición anaeróbica, cercano el final del tiempo de residencia (periodo en el cual se aprovecha la biomasa para extraer biogás, este varía según el control de los parámetros y el substrato o biomasa utilizada) el contenido de metano aumenta desproporcionadamente a medida que el contenido de CO₂ va desactivando el proceso de hidrólisis.

3) Un alto contenido de líquido influye en una alta concentración de CO₂ disuelto en el agua, lo que disminuye el nivel de CO₂ presente en la fase gaseosa.

4) A mayor temperatura de fermentación, disminuye la cantidad de CO₂ disuelto en el agua.

N₂ y O₂ presente en el biogás.

La proporción de nitrógeno y oxígeno en el biogás se halla en una relación 4:1. Tienen como objetivo eliminar el ácido sulfhídrico presente en el reactor.

Amoníaco presente en el biogás

Normalmente la concentración de amoníaco es baja ($<0,1 \text{ mg/m}^3$), la presencia de este se puede incrementar hasta no superar los 1.5 mg/m^3 , por sobre este límite existe riesgo para los quemadores inclusive para la vida de los motores utilizados.

Ácido sulfhídrico presente en el biogás

La cantidad de H₂S presentes en los gases de escape depende principalmente del proceso utilizado para la obtención del biogás y del tipo de substrato involucrado, si no existe un paso de desulfurización, la concentración de H₂S puede exceder el 2% vol. Cuando el substrato fermentado es viscoso, el contenido de H₂S es menor que en el caso de un substrato líquido.

Un objetivo primordial es mantener el contenido de ácido sulfhídrico a los niveles más bajos posibles, porque aguas abajo la mayoría de los componentes sufren daños irreversibles debido al alto potencial de corrosión del H₂S, usualmente el biogás es desulfurizado aún mientras permanece en el reactor.

El sulfuro de hidrógeno contenido en el biogás, junto a la humedad de éste, se convierte en ácido sulfúrico (H₂SO₄), el cual es nocivo para ciertos equipos como calentadores de agua, motores o refrigeradores. Por lo tanto, la reducción del sulfuro de hidrógeno se hace necesaria cuando el biogás presenta más de 2% en volumen de este compuesto. Sin embargo, la desulfuración no es necesaria si el biogás contiene menos de 1% de este compuesto.

Con el fin de eliminar o disminuir el porcentaje de H₂S en el biogás se emplean sistemas de filtro con sustancias como cal viva o apagada, limadura de hierro o ciertos tipos de tierras conocidas como hematites parda o limonita, las cuales son ricas en sustancias ferrosas.

Otra alternativa para la remoción de H₂S consiste en biofiltros de lecho fijo, donde la fase móvil corresponde al gas, con soporte orgánico/sintético para la biomasa que se encuentra fija. Corresponde a uno de los sistemas de tratamiento más utilizado debido a sus bajos costos de



operación, al bajo costo del material del medio filtrante y a los bajos consumos de agua, además de poseer una alta eficacia en la eliminación de distintos contaminantes, en particular el H_2S . No generan desechos como lodo y agua contaminada. Dentro de sus desventajas se encuentra el poco control frente a los fenómenos de reacción, la dificultad de control de pH ya que se trata con contaminantes que generan productos ácidos, el taponamiento generado por el exceso de biomasa y los grandes requisitos de espacio.

Siloxenos presentes en el biogás

Los siloxenos son variantes de la silicona y se presentan como grupos separados en el biogás, estos componentes pueden ser hallados principalmente en cosméticos, detergentes, tintas de impresión y en materiales de construcción, es por esto por lo que, en los desechos domésticos, que son substrato principal para el biogás obtenido de plantas de tratamientos de agua o de vertederos, se encuentran muchos de los compuestos derivados de la silicona. Sin embargo, el contenido de siloxenos puede ser alto en plantas que fermentan mezclas de substratos (con una parte proveniente de fangos de cloaca).

Concentraciones aceptables de estos compuestos son de $0.2 \text{ mg}/m^3$, cuando se quema biogás con siloxenos presentes se forma SiO_2 , lo que se deposita en la superficie de partes y máquinas, pero en motores que queman biogás puede producir abrasión de la superficie de pistones.

CAPITULO 2: RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS

La producción de biogás se llevará a cabo utilizando residuos orgánicos ganaderos del tambo. Éste cuenta con 150 cabezas lecheras, de las cuales sus crías tienen un porcentaje de mortandad del orden del 40%, es decir, que 60 terneros aproximadamente pueden usarse para la producción energética. Dando un total aproximado de 210 cabezas para poder recolectar la mezcla de estiércol y orina con su contenido original de humedad.

Resulta ser que, de la composición de efluentes del tambo, el 50% corresponde a excremento en mezcla con orín, y lo restante corresponde a las aguas provenientes del lavado (32%) y lluvia (18%).

De todo el estiércol producido por el vacuno, solo podrá ser recolectado aquel que se efectúe en los momentos de ordeño (salida y puesta del sol) en el caso de vacas lecheras, es decir cuando los animales sean llevados al corral. En el caso de terneros, los cuales son aislados de la madre a los pocos días luego de su nacimiento, son amarrados en una zona determinada de la granja. Estos permanecerán continuamente en el mismo lugar alimentándose hasta un determinado peso. Aquí, la recolección de estiércol y orín se realiza durante las 24 hs, aunque poseen un peso menor al de las vacas lecheras.

En la siguiente tabla ¹, se puede visualizar la producción de estiércol por un vacuno:

| Tipo de ganado | Producción de estiércol (Kg/Kg de peso vivo al año) | Materia seca % |
|----------------|---|----------------|
| Bovino | 20 | 9,9 |
| Ovino | 19 | 23 |
| Caprino | 18 | 23 |
| Porcino | 20 | 7,3 |
| Equino | 19 | 136 |
| Aves | 18 | 15 |
| Conejos | 18 | 33,5 |

¹ Libro “Energías renovables para el desarrollo” de José María de Juana Sardón

El peso promedio de una vaca lechera ronda los 600 kg. Entonces la producción anual de estiércol será de 12000 kg. Si a este valor lo dividimos por la cantidad de días que tiene el año (365 sin contar años bisiestos), obtendremos la producción diaria, que será de 32,87 kg por vacuno.

Por otro lado, la orina ronda los 10 kg diarios por animal. Este dato fue obtenido a través de consultas a los tamberos de la granja en cuestión.

De lo dicho anteriormente, una vaca de 0,6 toneladas produce residuos orgánicos del orden de los 43 Kg/día aproximadamente.

La vaca genera con iguales probabilidades terneros machos o hembras que nacen con 30/35 kilos y el productor los engorda hasta los 150/160 kgs para luego decidir su futuro. Si una vaca de 600 kg produce 43 kg/día de residuos, un ternero de 150-200 kg producirá alrededor del 30% de esa cantidad, es decir, 13 kg/día.

Entonces:

$$P_v = \frac{N^{\circ} \text{ Bovinos} \times T \text{ ordeñe} \times P \text{ residuos}}{24 \text{ hs}}$$

P_v = Producción de residuos de las vacas lecheras en Kg/día.

N° Bovinos: Cantidad de vacas lecheras en el tambo.

T ordeñe: El tiempo que lleva ordeñar una vaca es alrededor de 3 horas, pero como esta operación se realiza a la entrada y salida del sol, el tiempo total será de 6 horas.

P residuos: Peso promedio de residuos generado por bovino por día.

Reemplazando los valores en la ecuación anterior:

$$P_v = \frac{150 [\text{bovinos}] \times 6[\text{hs}] \times 43 \left[\frac{\text{kg}}{\text{día} \times \text{bovino}} \right]}{24 \text{ hs}} = 1612,5 \text{ kg/día}$$

En el caso de los terneros:

$$P_c = \frac{N^{\circ} \text{ crias} \times T \text{ recoleccion} \times P \text{ residuos}}{24 \text{ hs}}$$

P_c = Producción de residuos de terneros en kg/día.

N° crías: Cantidad de crías.

T recolección: Tiempo en el que se recolecta los residuos de las crías. Como estos se encuentran siempre en el mismo lugar, la recolección es de tiempo completo (24hs).

P residuos: Peso promedio de residuos generado por cría de bovino por día.

Reemplazando los valores en la ecuación anterior:

$$P_c = \frac{60 [\text{crias}] \times 24 [\text{hs}] \times 13 \left[\frac{\text{kg}}{\text{día} \times \text{ternero}} \right]}{24 \text{ hs}} = 780 \text{ kg/día}$$

Producción de residuos totales= $P_v + P_c = 2392,5 \text{ kg/día}$

La densidad promedio de los residuos ronda los 1026 kg/m^3 . Si dividimos la producción de estos por su densidad promedio, obtendremos el caudal o flujo volumétrico en $\text{m}^3/\text{día}$.

$$Q_v = \frac{2392,5 \text{ KG/día}}{1026 \text{ KG/m}^3} = 2,33 \text{ m}^3/\text{día}$$

Del total de los efluentes, como se ha visto anteriormente, los residuos representan solo el 50% de ellos. Por ende, el volumen total de efluentes del tambo será de $4,66 \text{ m}^3/\text{día}$.

Pileta de recolección de purines

Su función es acumular los residuos generados en el tambo, los cuales son conducidos por gravedad hacia ésta mediante una cañería de PVC de 6".

Las dimensiones de la pileta serán tales que permitan almacenar hasta dos días de carga de los digestores, es decir, si:

$$\text{Volumen de carga diaria} = 4,66 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de pileta de recolección} = 4,66 \text{ m}^3 \times 2 = 9,32 \text{ m}^3$$

Esto equivale a considerar una pileta con las siguientes dimensiones:

Longitud= 3 [m]

Ancho= 2 [m]

Profundidad = 1,6 [m]

Ver anexo planos (PLANO N° 8).

Además, la pileta contará con una entrada de agua proveniente del tanque principal, a fines de diluir la materia prima. Estos serán enviados a los biodigestores mediante una bomba.

CAPÍTULO 3: REACCIONES BIOLÓGICAS (DIGESTIÓN ANAERÓBICA)

Mediante la digestión anaeróbica se obtiene “biogás” y “lodo”, siendo este último el que contiene los microorganismos que degradan la materia orgánica. Esta es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases, llamado biogás: (principalmente metano y dióxido de carbono). La materia prima son los purines provenientes del tambo, es decir, la mezcla de sólidos (estiércol vacuno) y líquidos (orín vacuno y agua). El biogás es una mezcla gaseosa de metano (50 a 70 %) y dióxido de carbono (30 a 50 %), con pequeñas proporciones de otros componentes (nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno), cuya composición depende tanto de la materia prima como del proceso en sí. La cantidad de gas producido generalmente oscila alrededor de los 35 l/kg de sólidos degradables, con un contenido en metano del 50 %. Aunque su poder calorífico no es muy alto (dependiendo del contenido de metano ronda alrededor de las 5000 Kcal/m³, pudiendo sustituir con ventaja al gas de ciudad, utilizándose en aplicaciones tan diversas como: fuente de calor (cocina) alumbrado, combustión en calderas de vapor para calefacción y combustible de motores acoplados a generadores eléctricos. Por otro lado, la masa restante biodegradada por las bacterias puede utilizarse como abono para la fertilización de suelos.

La digestión anaeróbica es uno de los procesos más utilizados, para el tratamiento de purines, en el que la materia orgánica es transformada biológicamente, bajo condiciones anaeróbicas, en metano y dióxido de carbono.

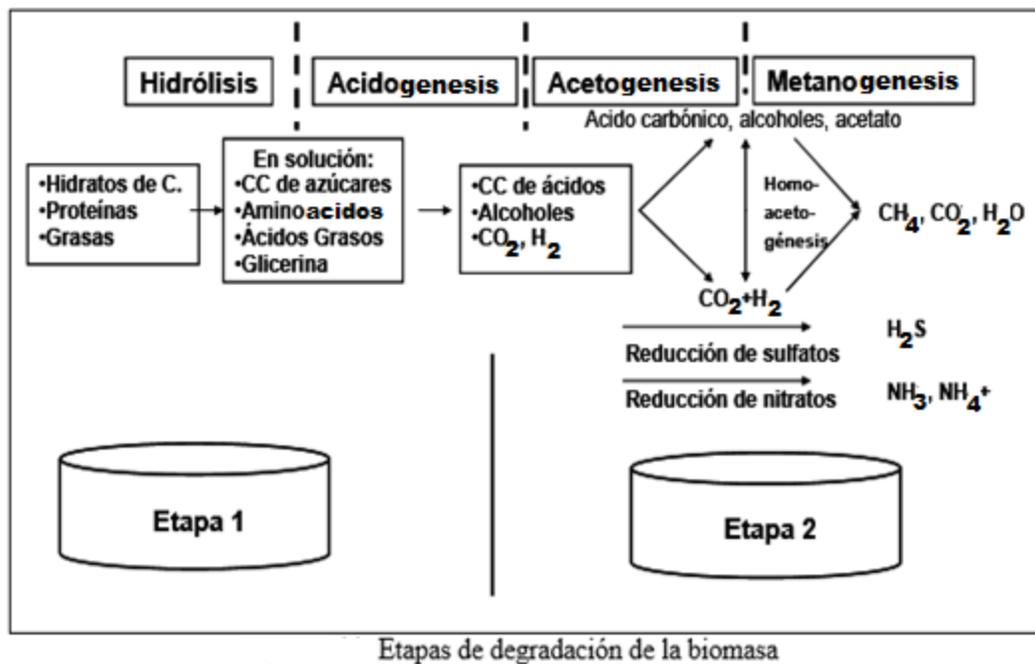
Las vías microbiológicas de producción de energía a partir de sustratos biológicamente degradables representan una excelente alternativa para la sustitución de combustibles fósiles no renovables que se utilizan en la actualidad. Esto es especialmente interesante dentro del campo de las instalaciones agroindustriales las que pueden cubrir una parte de sus necesidades energéticas a partir de sus propios residuos, para complementar o reemplazar los combustibles fósiles.

Otro aspecto que ofrece amplias ventajas es que la generación de lodos en exceso es mucho menor en el proceso anaeróbico que en el aeróbico, por lo que también se reducen los costos de tratamiento de los lodos. Por todo esto, la digestión anaeróbica se presenta como el método más conveniente en el tratamiento de purines de mediana y alta carga orgánica.

La fermentación metánica es un proceso complejo que se divide en 3 o 4 etapas de degradación:

- Hidrólisis y acidogénesis.
- Acetogénesis.
- Metanización.

Esquemáticamente esto se observa en la figura



Parámetros en la producción de biogás

Con todos los procesos biológicos involucrados, la constancia de las condiciones de vida es importante, un cambio en la temperatura, cambios en el sustrato o en la concentración de este puede llevar a una cancelación del mecanismo de producción de biogás.

Temperatura

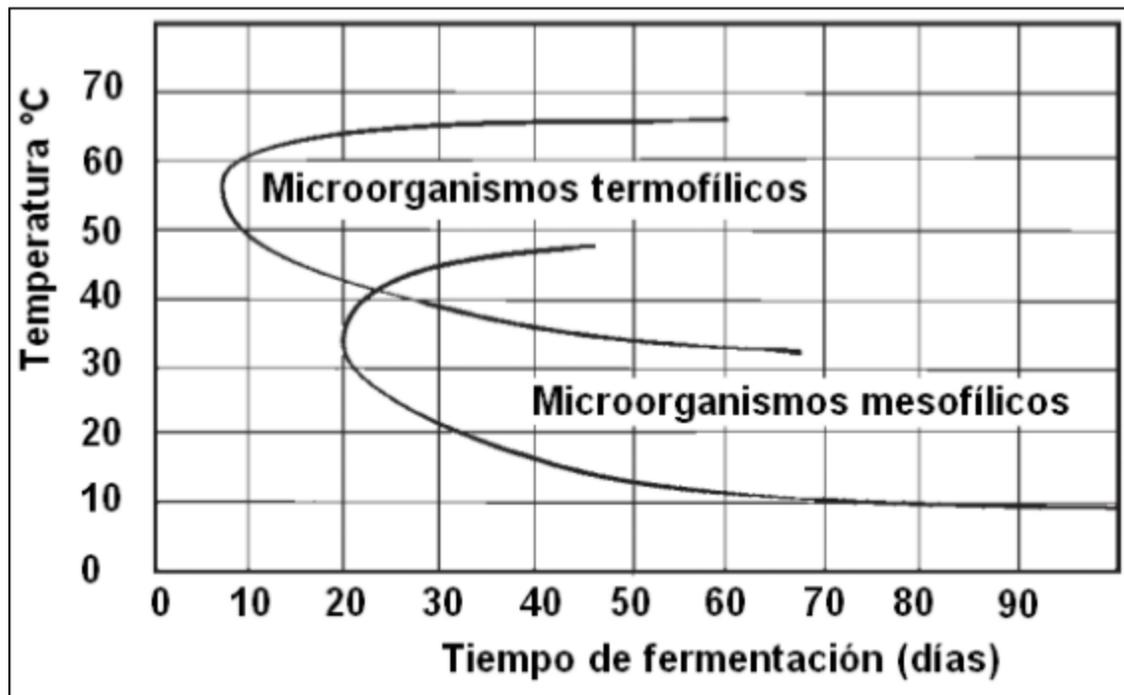
Los rangos de temperaturas dependen de la bacteria que se dejan proliferar y tienen incidencia directa en los días de fermentación para obtener el biogás.

-Psicrofílico: con máximo rendimiento a los 25°C.

-Mesofílico: con mayor rendimiento que el anterior, sobre los 35°C.

-Termifílico: con mayor rendimiento que los dos anteriores sobre los 60°C.

Vale remarcar que los mayores rendimientos se obtienen cuando la temperatura de digestión es cercana a los 35°C. Ya que para alcanzar un estado termofílico, es necesario agregar calor para poder mantener los 60°C requeridos, lo que conlleva a un rendimiento global menor. Sin embargo, el estado mesofílico puede alcanzarse a temperatura ambiente.



Composición del residuo

Dependiendo de las sustancias (orgánicas e inorgánicas) que conformen el residuo así será su biodegradación anaeróbica. Por ejemplo, se puede demostrar que, en general, mientras más complejo es el residuo, más ácidos grasos volátiles (AGV) se producen y, al final, el rendimiento de CH_4 es mayor. Se prefiere expresar el rendimiento de gas en base a kg de sólidos volátiles (SV) destruidos y no totales ya que no todos los SV son biodegradables, es decir, que no todos van a producir biogás. Hay que tener en cuenta, además, que alrededor del 10 % de la materia orgánica consumida es empleada en la síntesis celular.



Rendimiento de gas metano para diferentes sustratos:

| Componente | % CH ₄ | m ³ /kg SV destruido |
|---|-------------------|---------------------------------|
| Carbohidratos (C ₆ H ₁₀ O ₅) | 50 | 0,886 |
| Grasas (C ₅₀ H ₉₀ O ₆) | 70 | 1,335 |
| Proteínas (6C.2NH ₃ .3H ₂ O) | 84 | 0,587 |

Relación Carbono Nitrógeno

La relación entre la cantidad de carbono y nitrógeno presente en la materia orgánica se expresa como Carbono/Nitrógeno (C/N). La relación óptima es entre 20 y 30.

Si esta relación es muy alta, el nitrógeno se va a consumir rápidamente por las bacterias metanogénicas para satisfacer sus necesidades proteicas y no reaccionará más con el contenido restante de carbono. Como resultado, la producción de gas bajará.

Por otro lado, si la relación C/N es muy baja, el nitrógeno será liberado y acumulado en forma de amonio (NH₄). El amonio incrementa el PH del contenido del biodigestor. Un PH mayor a 8.5 empezará a mostrar un efecto tóxico en la población metanogénica.

A continuación, se encuentran relaciones C/N para diversos tipos de sustratos:



| Materiales crudos | Relación C/N |
|-----------------------|--------------|
| Estiércol de pato | 8 |
| Estiércol humano | 8 |
| Estiércol de pollos | 10 |
| Estiércol de cabras | 12 |
| Estiércol de cerdos | 18 |
| Estiércol de ovejas | 19 |
| Estiércol de vacas | 24 |
| Jacinto de agua | 25 |
| Estiércol de elefante | 43 |
| Marlo de maíz | 60 |
| Semilla de arroz | 70 |
| Espiga de trigo | 90 |
| Aserín | Superior 200 |

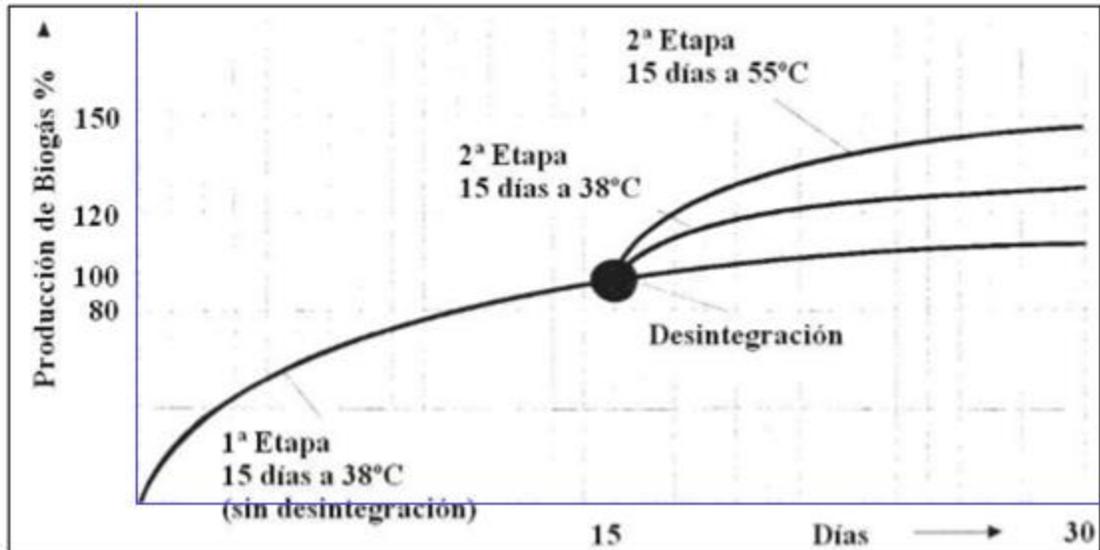
Efecto del pH

Se plantea en general que el valor óptimo de pH para la digestión anaeróbica es 7. En la práctica se ha visto que, al alejarse de este valor, la eficiencia del proceso disminuye, aunque se ha comprobado que para valores fuera del rango el proceso no se inhibe hasta cierto valor particular.

Muchos especialistas consideran que la concentración de ácidos grasos volátiles en un digestor no debe sobrepasar los 2 kg/m^3 . Se plantea generalmente que una concentración de $0,3 \text{ kg/m}^3$ en el digestor puede considerarse óptima. Sin embargo, existen evidencias de que la concentración de inhibidores de la digestión depende en gran medida del tipo de ácido presente en ella. En general, se puede demostrar que mientras más pequeña es la cadena estructural del ácido, más pequeña es la concentración de éste que puede inhibir el proceso. El conocimiento de la concentración de AGV en el proceso es muy importante para conocer si éste está marchando de forma adecuada, y aún más significativo que el valor absoluto de los AGV, resulta conocer la variación que puedan experimentar éstos. Una cantidad excesiva de AGV en el sistema puede ser provocada por la presencia de una carga orgánica muy elevada, por una caída en la temperatura o por la acumulación de mucha espuma, fundamentalmente.

Variación de la producción de Biogás en función del proceso de fermentación

La producción de biogás depende del tiempo de residencia en el reactor debido al cambio de etapa del tipo de digestión.



Para comprender el proceso de la planta ver en anexo planos (PLANO N° 1: DIAGRAMA DE PROCESOS).

Filtros de ácido sulfhídrico

La purificación se justifica en caso de grandes instalaciones, en las cuales el metano podrá comprimirse y ser utilizado. Para instalaciones pequeñas el ácido sulfhídrico debe eliminarse cuando el biogás se utilice para generar fuerza motriz o posteriormente energía eléctrica. De lo contrario el H_2S se transformará en dióxido de azufre SO_2 después de la combustión y luego junto con el agua producida se oxida a ácido sulfúrico SO_4H_2 muy corrosivo para los metales.

Como regla práctica para el tamaño del purificador a construir, puede adoptarse que, para el biogás obtenido a partir de estiércol de vacas, con 1 Kg de viruta oxidada se pueden purificar unos 800 m³ de biogás. Cuando el hierro entra en contacto con el biogás, oxida el ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno y se forma sulfato ferroso como precipitado. Esta sencilla forma de eliminar el ácido sulfhídrico ayuda a poder hacer un mejor aprovechamiento del biogás.

El filtro para la eliminación del ácido sulfhídrico consiste en un tubo hermético, el cual tiene una entrada y una salida de biogás, del tamaño adecuado a la cantidad de biogás que pasará a



través del mismo diariamente. El tubo se rellena con una mezcla, de partes iguales, de viruta de hierro oxidada y de viruta de madera. Esta última retiene la humedad del biogás dentro del tubo.

Luego de un tiempo, agotado el óxido de hierro dentro del filtro (reducido a sulfuro de hierro Fe_2S_3), el filtro se puede regenerar, exponiendo la viruta de hierro al medio ambiente, o bien lavándola con agua, y dejando que se oxide nuevamente. Luego se puede volver a cargar el filtro con el material recuperado.

Se instalarán dos filtros, los cuales irán entre los consumos (térmico y eléctrico) y el gasógeno.

CAPÍTULO 4: DEMANDA ELÉCTRICA

El gas metano contenido en el biogás inyectado como combustible al grupo generador producirá energía para abastecer el tambo y un inmueble. El primero cuenta con los siguientes consumos:

- Ordeñadora.
- Dos equipos de refrigeración.
- Termotanque.

La demanda eléctrica se calculará mediante el Reglamento para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles, de la Asociación Electrotécnica Argentina, AEA 90364, Edición 2006.

La AEA 90364 parte 7 sección 771 establece los requisitos básicos necesarios para encarar el proyecto, la ejecución y la verificación de una instalación eléctrica de baja tensión en una vivienda, oficina o local.

Grados de electrificación, N° mínimo de circuitos y N° mínimo de puntos de utilización.

Grados de electrificación:

Se establece el grado de electrificación de un inmueble a los efectos de determinar, en la instalación, el número de circuitos y los puntos de utilización que deberán considerarse como mínimo para usos no específicos, es decir, para usos generales o para usos especiales, donde su utilización no se encuentra definida "a priori" sino que surge de estimaciones estadísticas generales con la superficie del inmueble (cubierta más el 50% de la semicubierta). Se predetermina el grado de electrificación según la tabla correspondiente.



Tabla 771.8.I – Resumen de los grados de electrificación de las viviendas

| Grado de electrificación | Superficie (límite de aplicación) | Demanda de potencia máxima simultánea calculada (sólo para determinar el grado de electrificación) |
|--------------------------|--|--|
| Mínimo | hasta 60 m ² | hasta 3,7 kVA |
| Medio | más de 60 m ² hasta 130 m ² | hasta 7 kVA |
| Elevado | más de 130 m ² hasta 200 m ² | hasta 11 kVA |
| Superior | más de 200 m ² | más de 11 kVA |

Puntos de utilización mínimos.

Se detallan de acuerdo con el grado de electrificación predeterminado y a la superficie de cada ambiente (tabla 771.8.III).

Tabla 771.8.III – Resumen de los puntos mínimos de utilización en viviendas y en locales u oficinas proyectados originalmente para vivienda (ver texto en 771.8.2.3.1, 771.8.2.3.2 y 771.8.2.3.3)

| Ambiente | Grado de electrificación | Puntos mínimos de utilización | | |
|--|--------------------------|---|--|---|
| | | IUG | TUG | TUE |
| Sala de estar y comedor, escritorio, estudio, biblioteca o similares, en viviendas | Mínimo | Una boca cada 18 m ² de superficie o fracción (mínimo una) | Una boca cada 6 m ² de superficie o fracción (mínimo dos) | --- |
| | Medio | | | --- |
| | Elevado | | | Una boca si la superficie de los ambientes supera los 36 m ² |
| | Superior | | | --- |
| Dormitorio (Superficie menor a 10 m ²) | Mínimo | Una boca | Dos bocas | --- |
| | Medio | | | --- |
| | Elevado | | | --- |
| | Superior | | | --- |
| Dormitorio (Superficie igual o mayor a 10 m ² hasta 36 m ²) | Mínimo | Una boca | Tres bocas | --- |
| | Medio | | | --- |
| | Elevado | | | --- |
| | Superior | | | --- |
| Dormitorio (Superficie mayor a 36 m ²) | Elevado | Dos bocas | Tres bocas | Una boca |
| | Superior | --- | --- | --- |
| Cocina | Mínimo | Una boca | Tres bocas más dos tomacorrientes | --- |
| | Medio | Dos bocas | Tres bocas más dos tomacorrientes | --- |
| | Elevado | | Tres bocas más tres tomacorrientes | Una boca |
| | Superior | | Cuatro bocas más tres tomacorrientes | |
| Baño (para toilette ver 771.8.5.n) | Mínimo | | Una boca | Una boca |
| | Medio | --- | | |
| | Elevado | --- | | |
| | Superior | --- | | |
| Vestíbulo, garaje, hall, galería, vestidor, comedor diario o similares | Mínimo | Una boca | Una boca | --- |
| | Medio | | Una boca cada 12 m ² de superficie o fracción (mínimo una boca) | |
| | Elevado | | --- | |
| | Superior | | --- | |
| Pasillo, balcones, atrios o similares | Mínimo | Una boca por cada 5 m de longitud o fracción | --- | --- |
| | Medio | | Una boca por cada 5 m de longitud o fracción (para pasillos de L > 2m) | |
| | Elevado | | --- | |
| | Superior | | --- | |
| Lavadero | Mínimo | Una boca | Una boca | --- |
| | Medio | | --- | |
| | Elevado | | Dos bocas | --- |
| | Superior | | Una boca | |



Tipo y número de circuitos

Se asignan dichos puntos al tipo y número de circuitos que corresponda, según el grado de electrificación. Se utilizan las siguientes tablas de la norma:

Tabla 771.8.II – Resumen de los números mínimos de circuitos de las viviendas

| Grado de electrificación | Cantidad mínima de circuitos | Tipo de circuitos | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | Variante | Iluminación uso general (IUG) | Tomacorriente uso general (TUG) | Iluminación uso especial (IUE) | Tomacorriente uso especial (TUE) | Circuito de libre elección |
| Minimo | 2 | Única | 1 | 1 | --- | --- | --- |
| Medio | 3 | a) | 1 | 1 | 1 | --- | --- |
| | | b) | 1 | 1 | --- | 1 | --- |
| | | c) | 2 | 1 | --- | --- | --- |
| | | d) | 1 | 2 | --- | --- | --- |
| Elevado | 5 | Única | 2 | 2 | --- | 1 | --- |
| Superior | 6 | Única | 2 | 2 | --- | 1 | 1 |

*Nota: Se deberá adicionar el circuito de libre elección para completar el número mínimo requerido por el grado de electrificación determinado. La denominación de libre elección se refiere a la posibilidad del empleo de cualquiera de los circuitos tipificados en 771.7.6 a), b) y c) (IUG, TUG, IUE, TUE, MBTF, APM, ATE, MBTS, ACU, ITE y OCE).

Tabla 771.7.I - Resumen de tipos de circuitos

| Tipo de circuito | Designación | Sigla | Máxima cantidad de bocas | Máximo calibre de la protección |
|------------------|--|-------|--------------------------|---------------------------------|
| Uso General | Iluminación uso general | IUG | 15 | 16 A |
| | Tomacorriente uso general | TUG | 15 | 20 A |
| Uso Especial | Iluminación uso especial | IUE | 12 | 32 A |
| | Tomacorriente uso especial | TUE | 12 | 32 A |
| Uso específico | Alimentación a fuentes de muy baja tensión funcional | MBTF | 15 | 20 A |
| | Salidas de fuentes de muy baja tensión funcional | --- | Sin limite | Responsabilidad del proyectista |
| | Alimentación pequeños motores | APM | 15 | 25 A |
| | Alimentación tensión estabilizada | ATE | 15 | Responsabilidad del proyectista |
| | Circuito de muy baja tensión sin puesta a tierra | MBTS | Sin limite | Responsabilidad del proyectista |
| | Alimentación carga única | ACU | No corresponde | Responsabilidad del proyectista |
| | Iluminación trifásica específica | ITE | 12 por fase | Responsabilidad del proyectista |
| | Otros circuitos específicos | OCE | Sin limite | Responsabilidad del Proyectista |

Demanda de potencia máxima simultánea

Se calcula la demanda de potencia máxima simultánea, según se indica en el capítulo 771.9, utilizando las siguientes tablas de la norma:

Tabla 771.9.I – Demanda máxima de potencia simultánea

| Circuito | Valor mínimo de la potencia máxima simultánea | |
|---|---|--|
| | Viviendas | Oficinas y locales |
| Iluminación para uso general sin tomacorrientes derivados | 66 % de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos, a razón de 150 VA cada uno. | 100 % de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos, a razón de 150 VA cada uno. |
| Iluminación para uso general con tomacorrientes derivados | 2200 VA por cada circuito. | |
| Tomacorrientes para uso general | 2200 VA por cada circuito. | |
| Iluminación para uso especial | 66 % de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos, a razón de 500 VA cada uno. | 100 % de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos, a razón de 500 VA cada uno. |
| Tomacorrientes para uso especial | 3300 VA por cada circuito. | |

Nota 2: Los valores indicados en la tabla precedente deben considerarse como mínimos, debido a la situación de incertidumbre en las cargas a conectar. No obstante, si los consumos fueran conocidos, y superasen estos mínimos, la demanda de potencia máxima simultánea deberá calcularse en función de los mayores valores.

Tabla 771.9.II – Coeficientes de simultaneidad

| Grado de electrificación | Coefficiente de simultaneidad |
|--------------------------|-------------------------------|
| Mínimo | 1 |
| Medio | 0,9 |
| Elevado | 0,8 |
| Superior | 0,7 |

Si una vez aplicado el coeficiente de simultaneidad ocurriera que la potencia máxima simultánea así calculada correspondiese a un grado de electrificación inferior, a todos los efectos se mantendrá el grado de electrificación anterior a la aplicación del coeficiente de simultaneidad.

Si el resultado es igual o menor que el límite de potencia indicado en la tabla de grados de electrificación para el tipo de inmueble considerado, el proceso ha finalizado. En caso contrario se reitera el procedimiento anterior, predeterminando en el grado de electrificación superior.

La demanda de potencia máxima simultánea se calculará sumando la potencia máxima simultánea de cada uno de los circuitos de uso general y especial correspondientes, tomando como mínimo para cada uno de ellos los valores de la tabla 771.9.I.

Al resultado obtenido se podrán aplicar los coeficientes de simultaneidad de la tabla 771.9.II según el grado de electrificación que corresponda.

Si una vez aplicado el coeficiente ocurriera que la potencia máxima simultánea correspondiese a un grado de electrificación inferior, a todos los efectos se mantendrá el grado de electrificación anterior a la aplicación del coeficiente.

Electrificación de la vivienda y tambo en cuestión:

Vivienda:

| CASA | | |
|-----------------|--------------------------------------|--|
| <u>AMBIENTE</u> | <u>Sup. Cubierta (m²)</u> | <u>Tipo de electrificación</u> |
| Galeria | 42 | TOTAL SUPERFICIE CUBIERTA: 150 m ² . Según el resumen de los grados de electrificación de inmuebles, para una superficie entre 130 m ² y 200 m ² , se tendrá un grado de electrificación "ELEVADO", tomando Máximo calibre de protección hasta 11 KVA. |
| Cocina | 15,75 | |
| Comedor | 20,25 | |
| Habitación 1 | 20,25 | |
| Habitación 2 | 15,75 | |
| Habitación 3 | 20,25 | |
| Habitación 4 | 12,25 | |
| Baño | 3,5 | |
| Total | 150 | |
| | | |

| <u>AMBIENTE</u> | <u>Puntos de Utilización</u> | | |
|---------------------|------------------------------|------------|------------|
| | <u>IUG</u> | <u>TUG</u> | <u>TUE</u> |
| Galeria | 1 | 4 | |
| Cocina | 2 | 3b+3t | 1 |
| Comedor | 2 | 4 | |
| Habitación 1 | 1 | 3 | |
| Habitación 2 | 1 | 3 | |
| Habitación 3 | 1 | 3 | |
| Habitación 4 | 1 | 3 | |
| Baño | 1 | 1 | |
| <u>Total</u> | 10 | 27 | 1 |

Luego, la tabla 771.7. I establece la máxima cantidad de bocas por circuito y el máximo calibre de la protección a utilizar y la tabla 771.8.II, el número mínimo de circuitos de los inmuebles. Con estos datos y los valores de demanda máxima por circuito que se extraen de la tabla 771.9. I y los coeficientes de simultaneidad de la tabla 771.9.II se calcula la demanda para el grado de electrificación predeterminado.

| Demanda CASA | | | |
|--------------|----------|---------------------------|---------------|
| Circuito | Cantidad | Dem. Max. Simultanea (VA) | Potencia (VA) |
| IUG | 2 | 0,66 x 150 x 10 | 990 |
| TUG | 2 | 2 x 2200 | 4400 |
| TUE | 1 | 1 x 3300 | 3300 |
| TOTAL | | | 8690 |

Para un coeficiente de simultaneidad de 0,8 extraído de la tabla 771.9.II correspondiente a un grado de electrificación elevado, la potencia total simultánea será:

$$8690 \times 0,8 = 6952 \text{ (VA)}$$

Como el resultado es igual o menor que el límite de potencia indicado en la tabla de grados de electrificación para el tipo de inmueble considerado (grado elevado, Calibre 11 [kVA]), el proceso ha finalizado.

Tambo:

| TAMBO | | |
|------------------|--------------------------------------|--|
| <u>AMBIENTE</u> | <u>Sup. Cubierta (m²)</u> | <u>Tipo de electrificación</u> |
| Corral | 65 | TOTAL SUPERFICIE CUBIERTA: 120m ² . Según el resumen de los grados de electrificación de inmuebles, para una superficie entre 60 m ² y 130m ² , se tendrá un grado de electrificación "MEDIO", tomando máximo calibre de protección hasta 7 KVA. |
| Zona ordeño | 40 | |
| Reserva de leche | 15 | |
| Total | 120 | |

| <u>AMBIENTE</u> | <i>Puntos de Utilización</i> | | |
|------------------|------------------------------|------------|------------|
| | <i>IUG</i> | <i>TUG</i> | <i>TUE</i> |
| Corral | 1 | 1 | |
| Zona ordeño | 3 | 7 | 1 |
| Reserva de leche | 1 | 2 | |
| Total | 5 | 10 | 1 |

Luego, la tabla 771.7. I establece la máxima cantidad de bocas por circuito y el máximo calibre de la protección a utilizar y la tabla 771.8.II, el número mínimo de circuitos de los inmuebles. Con estos datos y los valores de demanda máxima por circuito que se extraen de la tabla 771.9. I y los coeficientes de simultaneidad de la tabla 771.9.II se calcula la demanda para el grado de electrificación predeterminado.

| Demanda TAMBO | | | |
|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|
| <i>Circuito</i> | <i>Cantidad</i> | <i>Dem. Max. Simultanea (VA)</i> | <i>Potencia (VA)</i> |
| IUG | 1 | 0,66 x 150 x 5 | 495 |
| TUG | 1 | 1 x 2200 | 2200 |
| TUE | 1 | 1 x 3300 | 3300 |
| TOTAL | | | 5995 |

Para un coeficiente de simultaneidad de 0,9 extraído de la tabla 771.9.II correspondiente a un grado de electrificación medio, la potencia total simultánea será:

$$5995 \times 0,9 = 5395,5 \text{ (VA)}$$

Como el resultado es igual o menor que el límite de potencia indicado en la tabla de grados de electrificación para el tipo de inmueble considerado (grado medio, Calibre 7 [kVA]), el proceso ha finalizado.

Para más información referirse al anexo planos, donde se encontrarán planos de circuitos IUG, TUG y TUE. (PLANO N° 2: CIRCUITOS IUG; PLANO N° 3: CIRCUITOS TUE; PLANO N° 4: CIRCUITO TUG).

Determinación de la carga total de todos los inmuebles

Utilizando la tabla 771.9.III antes expuesta se determinará la demanda máxima total de todos los inmuebles, utilizando un coeficiente de simultaneidad para el conjunto vivienda-tambo.

Tambo: Coeficiente de simultaneidad “1”, por lo que la potencia será 5395,5 (VA)

Vivienda: Coeficiente de simultaneidad “0,7”, por lo que la potencia será $6952 \times 0,7 = 4867$ (VA).

La demanda total de los inmuebles será:

$$5,395 \text{ [kVA]} + 4,867 \text{ [kVA]} = 10,262 \text{ [kVA]}$$

Determinación de las cargas esenciales

a) Demanda de sistema de bombeo de agua:

El agua consumida por las personas, los animales y para la limpieza en el campo proviene de las napas subterráneas, por lo que es necesario contar con un sistema de bombeo para succionar y elevar el agua hacia el tanque de reserva.

Se considerarán los siguientes consumos:

-200 litros por persona por día (95 litros para una ducha de 5 minutos según datos estadísticos). Se debe tener en cuenta que los trabajos de campo en muchas situaciones implican bañarse más de una vez por día. En el campo conviven 6 individuos por lo que brinda un total de 1200 litros por día

- 3000 litros para el tambo (1000 litros para limpieza del corral de encierre y 2000 litros para limpieza de la zona de ordeño y la ordeñadora).

Por lo que la demanda diaria será de 4200 litros diarios, contando además con una reserva suficiente para 48 hs. Para suplir esto, se utilizará un tanque de $8,5m^3$, lo que será suficiente para almacenar esa cantidad necesaria de agua.

El caudal de la bomba se lo determinará estableciendo que dicho volumen sea elevado en un lapso de 2 horas, por lo que:

$$Q = \frac{8,5 [m^3]}{2 [hs]} = 4,25 \frac{m^3}{hs}$$

La altura de elevación de la bomba desde el nivel de impulsión hasta el tanque de reserva es de aproximadamente 20 metros. Además, se debe tener en cuenta las pérdidas de carga en la cañería. Por lo que sumando ambas se obtendrá la altura manométrica necesaria. Valiéndonos de la siguiente ecuación (considerando un 25% de pérdida de carga respecto a la altura estática):

$$H_{manométrica} = h_{estática} + h_{pérdidas} = (1 + 0,25)h = 1,25 \times 20 [m] = 25 [m]$$

Con estos datos obtenidos (Q y H) se debe ingresar a catálogos de fabricantes, para poder así seleccionar la bomba pertinente.

Bomba seleccionada:

Electrobomba centrífuga.

Marca: EBARA.

MODELO: 32-160/1.5 (M).

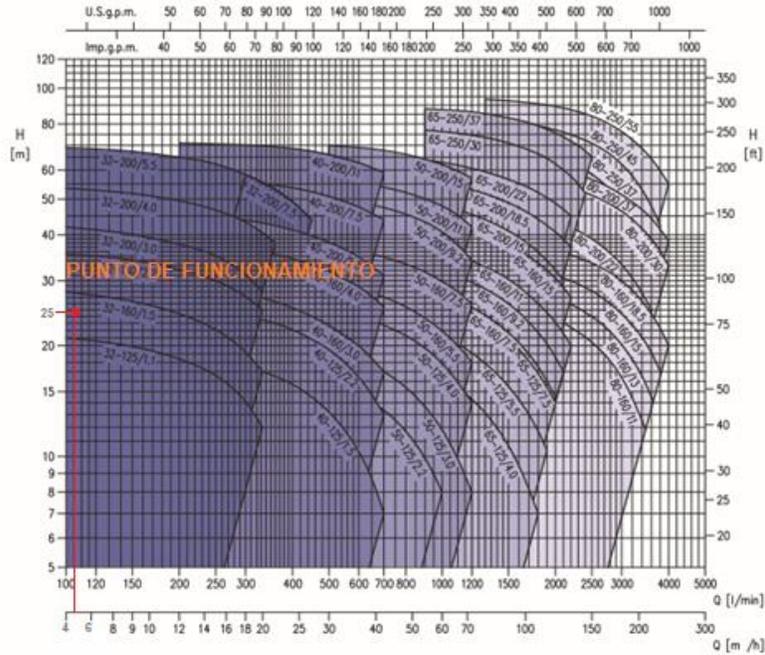
Consumo: 1,5 (kW) = 2 (CV).

Q: 6 m³/hs.

Altura manométrica: 28 mts.

N° de revoluciones: 2900 rpm.

En el siguiente gráfico del catálogo de la bomba se pueden visualizar la bomba seleccionada y sus características:



Considerando un factor de potencia de 0,8 la potencia aparente del sistema de bombeo será:

$$S_a = \frac{1,5 \text{ [kW]}}{0,8} = 1,875 \text{ [kVA]}$$

- b) Demanda del motor de la ordeñadora, equipo de refrigeración de leche y termotanque para calentamiento de agua.

La ordeñadora cuenta con un motor trifásico, 50 Hz, cuya potencia es de 3 [kW].

Se dispone de dos equipos de refrigeración trifásicos, 50Hz, cuya potencia es de 1,5 [kW] cada uno.

En el momento de lavado post-ordeñe se utiliza un termotanque, que tiene la función calentar el agua para la limpieza del tambo. El equipo posee una potencia de 1,5 [kW].

En este caso el factor de simultaneidad para los equipos de refrigeración será igual a uno ya que los dos funcionan en paralelo al mismo tiempo a toda hora.

La demanda total de este conjunto de equipos tipo “b”, asumiendo un factor de potencia de 0,8, será de:

$$S_b = \frac{P_{ord} + (2 \times P_{ref}) + P_{term}}{0,8}$$

$$S_b = \frac{3 + (2 \times 1,5) + 1,5}{0,8} = 9,375 \text{ [kVA]}$$

La demanda total de los equipos “a” y “b” será:

| TIPO DE CARGA | POTENCIA (kW) | POTENCIA (KVA) | |
|------------------|---------------|----------------|--|
| Motor ordeñ. | 3 | 3,75 | Considerando un factor de potencia 0,8 |
| Equipo refrig. 1 | 1,5 | 1,875 | |
| Equipo refrig. 2 | 1,5 | 1,875 | |
| Termotanque | 1,5 | 1,875 | |
| Bomba | 1,5 | 1,875 | |
| Total | 9 | 11,25 | |

Demanda total de potencia del campo:

Con la suma algebraica de potencias calculadas anteriormente se determinará la demanda total de potencia eléctrica del campo.

| Demanda total del campo | |
|------------------------------------|-----------------------|
| Demanda máxima simultánea | Potencia [kVA] |
| Demanda total de los inmuebles | 10,262 |
| Demanda cargas esenciales tipo "a" | 1,875 |
| Demanda cargas esenciales tipo "b" | 9,375 |
| Total | 21,512 |

CAPÍTULO 5: VOLUMEN DE BIOGÁS A GENERAR

El biodigestor se encargará de producir el biogás necesario para satisfacer las demandas de energía eléctrica y térmica del campo.

Las demandas de energía eléctrica se verán afectadas por un factor de conversión para convertirlas en consumo de biogás.

Demanda del inmueble:

Del libro “El camino de la biodigestión” de Eduardo S. Groppelli y Orlando A. Giampaoli se han extraído los siguientes datos de consumos de diferentes artefactos:

| COCINAS | Potencia calorífica Kcal/Hora | Consumo de biogás con (5500 Kcal/m3) en m3/Hora Funcionamiento |
|--|-------------------------------|--|
| Quemador chico | 1000-1250 | 0,18-0,23 |
| Quemador mediano | 1500-1750 | 0,27-0,32 |
| Quemador mediano | Min: 2000 | > 0,36 |
| CALEFONES | Potencia Calorífica Kcal/Hora | Consumo de biogás con (5500 Kcal/m3) en m3/Hora Funcionamiento |
| Caudal de 8 Lt/min | 11500-12500 | 2,00-2,30 |
| Caudal de 10 Lt/min | 13250-14250 | 2,40-2,60 |
| Caudal de 12 Lt/min | 15250-16250 | 2,77-2,95 |
| Caudal de 14 Lt/min | 19500-20500 | 3,54-3,71 |
| Caudal de 16 Lt/min | 23500-25000 | 4,27-4,54 |
| TERMOTANQUES | Potencia Calorífica Kcal/Hora | Consumo de biogás con (5500 Kcal/m3) en m3/Hora Funcionamiento |
| Capacidad de 75 Lt | 4500 | 0,82 |
| Capacidad de 120 Lt | 5000 | 0,91 |
| Capacidad de 150 Lt | 6000 | 1,1 |
| HELADERAS CON CICLO DE ABSORCION | Potencia Calorífica Kcal/Hora | Consumo de biogás con (5500 Kcal/m3) en m3/Hora Funcionamiento |
| Marcha normal por pie Cúbico (ft3) de capacidad | 55 | 0,01 |
| Marcha al máximo por pie cúbico (ft3) de capacidad | 96 | 0,018 |

Teniendo en cuenta además que en el inmueble habitan 6 personas, se determinó lo siguiente:

| Demanda de biogás del inmueble | | | | |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Artefacto | Uso | Demanda [m³/hs] | Tiempo de uso [hs] | Consumo [m³] |
| Cocina (3 hornallas y un horno) | Desayuno (quemador mediano) | 0,3 | 0,5 | 0,15 |
| | Almuerzo (Horno y quemador mediano) | 0,7 | 2 | 1,4 |
| | Merienda (quemador chico) | 0,2 | 0,5 | 0,1 |
| | Cena (quemador mediano) | 0,3 | 1 | 0,3 |
| Calefón (12 litros/min) | Aseo personal (10 minutos por persona) | 2,8 | 1 | 2,8 |
| | Limpieza utensilios de cocina (20 minutos diarios) | 2,8 | 0,3 | 0,84 |
| TOTAL | | | | 5,59 |

Rendimiento de biogás en relación con la energía eléctrica

Un m³ de biogás aprovechado como combustible en un generador a biogás puede producir un estimado de 2,2 kWh de energía eléctrica, dependiendo del contenido de CH₄ (metano) en el biogás y de la eficiencia del generador. Estos datos fueron extraídos de la página oficial de “AQUA LIMPIA ENGINEERING” www.aquaeng.com.

$$\text{Entonces el rendimiento será: } R = \frac{1 [m^3]}{2,2 [kWh]} = 0,4545 \frac{[m^3]}{[kWh]}$$

Biogás para consumo eléctrico

Previamente se ha calculado que la demanda máxima de potencia simultánea es igual a 21,512 [kVA] considerando un cos (φ) = 0,8, por lo que la potencia activa es igual a 17,209 [kW]. Dejando un margen de un 30% aproximadamente por posibles ampliaciones, tales como:

- Compra de una segunda bomba para alimentación del tambo y de la pileta de recolección de purines.
- Compra de un termostanque de mayor capacidad.
- Compra de un nuevo equipo de refrigeración.

Por lo que se preverá una producción máxima de energía eléctrica equivalente a 25 [kWh].

Con este valor y el del rendimiento previamente calculado, se determinará la producción de biogás:

$$Vol\ biogás\ [m^3] = Energía\ x\ R = 25\ [kWh] \times 0,4545 \frac{[m^3]}{[kWh]} = 11,36\ m^3$$

En realidad, la energía eléctrica no permanecerá en ese valor de 25 kWh. Generalmente la demanda varía según la época del año, el horario, los hábitos de consumo, etc.

Por esto, se considera una potencia del 30% respecto a la demanda máxima simultánea, es decir, $0,3 \times 21,52\ [kVA] = 6,45\ [kVA]$. Además, debemos considerar un factor de potencia de la instalación de 0,8, por ende, la potencia activa será 5,16 [kW]. La energía eléctrica consumida diaria será de $5,16\ [kW] \times 24\ [hs] = 123,84\ [kWh]$. A este valor luego se lo afecta por el rendimiento del biogás previamente calculado, o sea, $123,84\ [kWh] \times 0,4545 \frac{[m^3]}{[kWh]} = 56,28\ m^3/día$.

Producción total de biogás

La producción total de biogás será la correspondiente a la suma del biogás para los consumos de la cocina y el calefón, como así también el utilizado para la generación de energía eléctrica:

$$Volumen\ total\ biogás\ a\ generar = Vol_{demanda\ inmueble} + Vol_{generación\ de\ energía\ eléctric.}$$

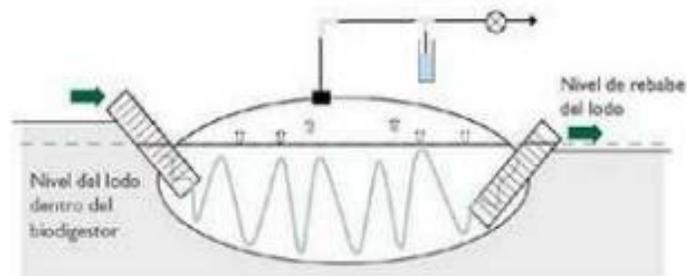
$$Volumen\ total\ biogás\ a\ generar = 5,59\ m^3 + 56,28\ m^3 = 61,87\ m^3$$

Este volumen representa a la generación diaria de biogás que se deberá asegurar para los consumos antes descriptos.

CAPÍTULO 6: SELECCIÓN DEL BIODIGESTOR

De todos los tipos de biodigestores, se optó por desarrollar un digestor de tipo Taiwán, tubular o “salchicha”. Dicha decisión se basa principalmente en el bajo costo que posee.

Este biodigestor (ver figura siguiente) es de material sintético, como polietileno (PE) o geomembrana de PVC, tiene una forma tubular horizontal y está semienterrado, es decir que está colocado en una zanja. El flujo de materia es horizontal: la mezcla se desplaza horizontalmente de la entrada de la carga a la salida de biol. Es fácil de operar y de bajo costo, no obstante, su vida útil es más corta que la de los biodigestores de concreto: hasta 10 años en el caso de plástico (PE) y 15 años con geomembrana de PVC (Se debe tener en cuenta que la geomembrana es más cara que el PE).



El biodigestor tubular es más resistente a temblores, mientras que las obras de concreto pueden sufrir fracturas en zonas sísmicas. Es también elegido por su flexibilidad, su fácil transporte y su flujo horizontal, que ofrece una mayor eficiencia química y minimiza el riesgo de “cortocircuitos” (o sea de estiércol que ya alcanza la salida antes de ser digerido) por el alejamiento de la entrada y la salida.

Por lo tanto, el modelo tubular de plástico es el elegido para este proyecto.

Componentes del biodigestor tubular

En la tabla siguiente se presentan los componentes del biodigestor taiwanés.



| COMPONENTE | OPCIONAL? | DEFINICION Y/O USO |
|-------------|-----------|--|
| Reactor | NO | Es sencillamente una "bolsa" de plástico, donde se desarrollará el proceso de digestión, que suele ser PE o geomembrana de PVC; ésta es más sólida y por tanto más cara que el PE |
| Invernadero | SI | En regiones frías es imprescindible ponerlo para aumentar la temperatura del reactor y garantizar que su interior no hele |
| Tuberías | NO | De PVC, conducen el gas del reactor a la cocina o a la instalación que usa el gas. |
| Válvulas | NO | En varios sitios de las tuberías se ponen válvulas. La más importante es la válvula de seguridad, que garantiza una presión más o menos constante en el reactor, impidiendo así que se dañe si el biogás no es utilizado durante un cierto tiempo, y que impide que aire entre al biodigestor. |
| Reservorio | NO | Almacena el biogás producido. Se encuentra cerca de la cocina (o de cualquier instalación que hace uso del biogás) y se debe poner de tal manera que sea fácil darle presión |
| Manómetro | NO | mide la presión |

Además, se debe construir una zanja y recubrir el fondo con una hoja de plástico que ayuda a la protección y al aislamiento (de la temperatura y de la humedad) del reactor, lo que favorece disminuir del tiempo de retención.

Definición de características

Reactor

En general se considera utilizar estiércol y a veces otros residuos agrícolas. Cada tipo de estiércol tiene diferentes propiedades:

- El estiércol de cerdo y de humano son los que producen más biogás, pero como no son herbívoros, el biol que producen es muy ácido, y en el caso humano tiene patógenos (coliformes), lo que limita su uso.
- El estiércol de vaca es el más equilibrado, con todas las bacterias necesarias al proceso de digestión; además es el animal que produce las cantidades más grandes, lo que da más facilidad para hacer la recogida.

- El estiércol de cuy es una buena posibilidad, porque el biogás generado contiene más metano que con el estiércol de vaca, o sea más horas de cocina; pero como es un estiércol duro que no se mezcla bien con el agua, es recomendable preparar un precompost para aumentar la humedad.

Es muy importante saber antes de diseñar el biodigestor si el ganado está pastoreado o tabulado. De hecho, si está pastoreado, no se podrá recoger todo el estiércol sino sólo una fracción de ello, tal como se describió en apartados anteriores.

Tiempo de retención

El proceso de digestión de anaeróbica es una transformación lenta que tiene una cierta duración. En el diseño del biodigestor se busca acercar lo más posible el tiempo de retención, o sea el tiempo que pasa el estiércol en el reactor antes de salir digerido en estado de biol, de esta duración. Entonces está directamente relacionado con la actividad de las bacterias (cuanta más actividad bacteriológica, más rápida será la degradación de las materias orgánicas y por tanto menor el tiempo de retención). Como la actividad de las bacterias crece con la temperatura ambiente, el tiempo de retención es inversamente correlacionado a ella, como se nota en la siguiente tabla. La temperatura ambiente depende naturalmente de la región de ubicación del biodigestor.

| Región característica | Temperatura (°C) | Tiempo de retención (días) |
|-----------------------|------------------|----------------------------|
| Trópico | 30 | 20 |
| Valle | 20 | 30 |
| Altiplano | 10 | 60 |

Sin embargo, el residuo líquido que sale del biodigestor después de este tiempo de retención no está totalmente digerido. Ya es un fertilizante muy bueno, pero se investigó que, si se aumenta el tiempo de retención en un 25%, como en la Tabla 1.d, es excelente. La contraparte es que para aumentar el tiempo de retención se necesita un reactor más grande, por tanto, más material, lo que resulta más costoso.

| Región característica | Temperatura (°C) | Tiempo de retención (días) |
|-----------------------|------------------|----------------------------|
| Trópico | 30 | 25 |
| Valle | 20 | 35 |
| Altiplano | 10 | 75 |



Volumen del reactor

Es el volumen líquido V_L del reactor, que determina el volumen total del mismo, ya que aquel parámetro depende del tiempo de retención y de la carga diaria (expresada en L o m^3):

$$V_L = \text{Carga diaria} \cdot \text{Tiempo de retención}$$

Donde:

Carga diaria: volumen total de efluentes [$4,66 m^3 / \text{dia}$]

Tiempo de retención: 25 días

$$V_L = 4,66 \left[\frac{m^3}{\text{día}} \right] \cdot 25 [\text{días}] = 116,5 m^3$$

El biogás producido durante el proceso de digestión se acumula lógicamente en la parte superior del biodigestor, donde va a formar una campana de biogás. Se suele considerar un volumen gaseoso V_g (volumen de la campana de gas) de un tercio del volumen líquido:

$$V_g = \frac{V_L}{3} = 38,83 m^3$$

Entonces el volumen total V_t será:

$$V_t = V_g + V_L = 155,33 m^3$$

Producción de biogás diaria

La mezcla introducida en el biodigestor produce biogás poco a poco a lo largo del proceso de digestión. La cantidad de biogás producida depende de la proporción de sólidos volátiles (SV) y por tanto de la proporción de sólidos totales (ST) en la mezcla.

En general, el estiércol fresco tiene una proporción de 17% de sólidos totales (puede variar entre 13 y 20%). En cuanto a los sólidos volátiles, representan aproximadamente el 77% de los sólidos totales.



| Ganado | Factor de producción | Factor gral. de producción |
|--------|----------------------|----------------------------|
| Cerdo | 0,25-0,5 | 0,39 |
| Vacuno | 0,25-0,3 | 0,7 |

Entonces, conociendo la cantidad de estiércol introducido en el biodigestor, es posible estimar la producción de biogás:

Sean P_{BG} la producción diaria de biogás por el biodigestor, en m^3 , y f_{pGen} el factor general de producción.

$$P_{BG} = f_{pGen} \cdot SV$$

Como $SV = 0,77 \cdot ST$, tenemos:

$$P_{BG} = f_{pGen} \cdot 0,77 \cdot ST$$

Además, como hay 17% de ST en el estiércol fresco, si M_{es} es el peso (en kg) de estiércol introducido diariamente en el biodigestor:

$$P_{BG} = f_{pGen} \cdot 0,77 \cdot 0,17 \cdot M_{es}$$

En el caso del estiércol de vacuno:

$$P_{BG} = 0,27 \cdot 0,77 \cdot 0,17 \cdot M_{es}$$

Donde:

$M_{es} =$ Producción de residuos totales = $P_v + P_c = 2392,5 \text{ KG/día}$ (calculado en apartados anteriores)

$$P_{BG} = 2392,5 \cdot 0,27 \cdot 0,77 \cdot 0,17 = 84,55 \text{ m}^3$$

Esto representa capacidad máxima del biodigestor en m^3 .



Y cómo la demanda de biogás a producir es de $61,87 \text{ m}^3/\text{día}$ es menor a la capacidad máxima de producción del biodigestor, se podrá cumplir con la instancia.

Verificación de carga orgánica aplicada al sistema.

$$\text{Carga} \left[\text{KG} \cdot \frac{\text{SV}}{\text{m}^3 \text{ día}} \right] = \frac{Q \times S_o}{V}$$

Donde:

Carga: Carga del digestor

S_o = Concentración de SV en el estiércol (Kg/m^3)

SV = Sólidos volátiles (es la proporción de materia orgánica contenida en los sólidos de los purines del estiércol vacuno, dicho valor ronda el 17%)

Q = Cantidad diaria de estiércol suministrada al digestor ($\text{m}^3/\text{d.}$).

V = Volumen del digestor (m^3)

$$\text{Carga} \left[\text{KG} \cdot \frac{\text{SV}}{\text{m}^3 \text{ día}} \right] = \frac{2392,5 \left[\frac{\text{KG}}{\text{día}} \right] \times 0,17}{155,33} = 2,61 \left[\text{KG} \cdot \frac{\text{SV}}{\text{m}^3 \text{ día}} \right]$$

Esto indica cuanto material debe ser fermentado al día. Si los tiempos de retención son largos, se produce una menor carga en el digestor. Los valores usuales rondan los 1,5 y 5. Un valor mayor a 5 implica una disminución del PH.

En este caso nos encontramos dentro del rango tolerable.

Material del reactor

Como ya fue mencionado, el reactor es hecho de plástico tubular, que puede ser polietileno o geomembrana de PVC. Cualquiera sea el tipo elegido, el plástico tubular no se puede encontrar en cualquier mercado, sobre todo la geomembrana de PVC (más sólida y más cara que el PE). En el caso del PE tubular, se debe pedir de 300 micrones (μm) de grosor. Además, se debe pedir un color “negro humo” y no transparente, porque se ha notado una mejor resistencia a los rayos ultravioletas. Este material se vende en rollos de 50 m, con anchos de rollo fijos, que varían en general entre 1, 1.25, 1.50, 1.75 y 2 m. El ancho de rollo equivale a la mitad de la circunferencia total del plástico y va a determinar el diámetro y radio del biodigestor. (Ver tabla 1.e)



| Ancho de rollo (m) | Circunferencia (m) | Radio (m) | Diámetro (m) | Sección eficaz (m ²) | Longitud del biodigestor (m) |
|--------------------|--------------------|-----------|--------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 0.32 | 0.64 | 0.32 | $V_T/0.32$ |
| 1.25 | 2.5 | 0.40 | 0.80 | 0.50 | $V_T/0.50$ |
| 1.50 | 3 | 0.48 | 0.95 | 0.72 | $V_T/0.72$ |
| 1.75 | 3.5 | 0.56 | 1.11 | 0.97 | $V_T/0.97$ |
| 2 | 4 | 0.64 | 1.27 | 1.27 | $V_T/1.27$ |

(Tabla 1.e)

La geomembrana de PVC tiene un grosor de 500 µm.

Para determinar las cifras de la tabla anterior, se debe recordar que las fórmulas a conocer son:

$$C = 2A_r$$

$$C = 2\pi r$$

$$r = \frac{C}{2\pi}$$

$$d=2r$$

$$S=\pi r^2$$

$$VT=S.L= \pi r^2 \cdot L$$

Donde C es la circunferencia de la manga de plástico, A_r es el ancho de rollo, r el radio de la manga, d su diámetro, S su sección eficaz, L la longitud del reactor y V_t su volumen total.

Según la Tabla (1.e), conociendo el volumen total del biodigestor, existen varias posibilidades de diseño para alcanzar este volumen. Como V_t (calculado previamente) es de $155,33 \text{ m}^3$, resulta un valor muy grande para construir un solo dispositivo, por esto se considera

la utilización de tres digestores de $v_{L1} = v_{L2} = v_{L3} = v_L/3 = 38,83 \text{ m}^3$, $v_{g1} = v_{g2} = v_{g3} \frac{v_{L1}}{3} = 12,94 \text{ m}^3$ y $v_{t1} = v_{t2} = v_{t3} = 51,77 \text{ m}^3$.

Luego, seleccionando la última opción en la Tabla (1.e), se elige la dimensión de la bolsa:

$$\text{Long. Biodigestor} = \frac{v_{t1}}{1,27} = 40,76 \text{ [m]}$$

$$\text{Ancho del rollo} = 2 \text{ [m]}$$

$$\text{Radio} = 0,64 \text{ [m]}$$

$$\text{Diámetro} = 1,27 \text{ [m]}$$

$$\text{Circunferencia} = 4 \text{ [m]}$$

Para más solidez, se debe fabricar el reactor con doble capa.

Dimensiones de la zanja

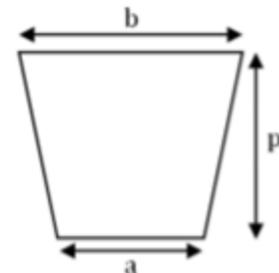
Antes de construir los biodigestores, se debe excavar las zanjas para colocarlo. La radiación solar directa no juega un papel importante en el calentamiento del biodigestor, sino más bien la radiación solar que calienta el suelo donde está colocado el biodigestor. Claramente las dimensiones de la zanja dependen de las dimensiones del reactor y por tanto del ancho de rollo.

Por razones de estabilidad, se recomienda excavar una zanja en forma de “chaflán” (forma trapezoidal con paredes inclinadas en forma de “V”).

Entonces:

| A_R (m) | 1 | 1.25 | 1.50 | 1.75 | 2 |
|--------------|-----|------|------|------|-----|
| a (m) | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| b (m) | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| p (m) | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 |

Tabla 1.i: Dimensiones de la zanja según el ancho de rollo



Para más información referirse al anexo planos, donde se encontrará el plano de la zanja antes descripta (PLANO N° 6: ZANJA)

Tuberías y válvulas

Pasamuros:

Se trata del accesorio de conducción que atraviesa la doble capa del biodigestor para conducir el biogás al exterior: tiene una parte macho y una parte hembra, con discos sólidos a modo de tuercas. El macho atraviesa las capas del biodigestor y la hembra se enrosca por encima. Para que el sellado sea hermético, se emplearán discos de goma, que irán colocados entre los discos del pasamuros y la doble capa de plástico, aprisionándola entre ellos.

Tubos de entrada y salida

Los tubos de entrada y salida del biodigestor son tuberías de 6'' de desagüe y de 1 m de longitud cada uno, el material es PVC. El amarre entre ellas y el PE tubular se hace con ligas (hechas de caucho) de 3 cm de ancho.

Conducción de biogás

Para la conducción de biogás se emplea una tubería de ½'', en PVC. La cantidad depende de la distancia entre el reactor y el reservorio y entre éste y los puntos de utilización.

Además, se utilizan codos y "tes" de plástico (PVC); Se recomienda el empleo de válvulas esféricas, ya que las de otro tipo pueden no ser totalmente herméticas.

La entrada de materia al biodigestor y la salida de efluentes de este, serán reguladas mediante válvulas a cuchillas.

Reservorio

El tanque reservorio de biogás tiene dos funciones:

- Almacenar el biogás.
- Mantener la presión en caso de que está descienda, facilitando así el uso del biogás (PULMÓN).

El reservorio se fabrica de PE tubular común.

Similar al reactor, se unen dos mangas de plástico para aumentar la robustez. Se necesita un pasamuro por tanque reservorio.

Como se calculó previamente, es necesario generar $61,87 \text{ m}^3$ de biogás diarios para satisfacer la demanda. Dado que el consumo de este no cesa en ningún momento (sólo pequeñas variaciones), no es necesario contar con un gasógeno de gran capacidad.

El mismo tendrá un volumen $= 1/8 \times 61,87 \text{ m}^3 = 7,73 \text{ m}^3$

Para conocer la presión que se desarrolla en el interior de un biodigestor se utilizan los manómetros, que en una pequeña planta de biogás son inferiores a 1,50 m de la columna de agua ($0,15 \text{ kg/cm}^2$). Suponemos que, en esta instalación, se tendrá una presión máxima de trabajo de $0,5 \text{ kg/m}^2 = 0,49 \text{ Bar}$.

Para determinar la presión del gasógeno, se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = 1,1 \times P_o$$

P: Presión del gasógeno

P_o: Presión de trabajo del digestor

$$P = 1,1 \times 0,5 \text{ [Bar]} = 0,55 \text{ [Bar]}$$

Luego de la construcción, se lo coloca a la conducción de biogás. El reservorio recibirá alimentación de gas directamente del digestor. De este se deriva a los consumos mediante el uso de una “Te”, en la cual, por la línea de entrada vendrá el biogás del gasógeno, por una salida irá hacia los consumos térmicos del inmueble y por la otra salida se conectará al generador de energía eléctrica. Es recomendable poner una válvula esférica a un metro de conducción del reservorio, para poder cerrarla y aislarlo en caso de fuga o pinchazo.

CAPÍTULO 7: CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR

Zanja

Las zanjas de los biodigestores no deberán interrumpir el camino de animales o personas. Se deberá cuidar que los biodigestores estén ubicados en una zona soleada, ya que la radiación solar ayudará a calentar el terreno alrededor de las zanjas (calentamiento indirecto); no deben estar debajo de árboles, para evitar dañar el plástico.

Una vez ubicado el lugar donde estarán los equipos, se deben cavar las zanjas. Ya se mencionó que, por razones de estabilidad, estas tendrán que tener forma de chaflán. Si el suelo se encuentra demasiado duro para cavar, habrá que levantar tapias, tratando de mantener esta forma. También hay que cavar canales para los tubos de entrada y salida, inclinados de 45° relativamente a las paredes transversales.

Se permite hasta un 5% de desnivel. Una vez excavadas, se quitarán las raíces o piedras que asomen a las zanjas, para evitar que dañen los biodigestores. Además, se forrarán las paredes con telas, de manera que el PE no se dañe al rozar con las paredes cuando el reactor se esté colocando.

El fondo se rellenará con arena fina, para que los biodigestores se acomoden bien, sin arrugas, cuando se realice la primera carga. También podría rellenarse el fondo con estiércol; así después de colocar los digestores, el estiércol fermenta, aumentando la temperatura y ayudando a que se inicie el proceso más rápidamente.

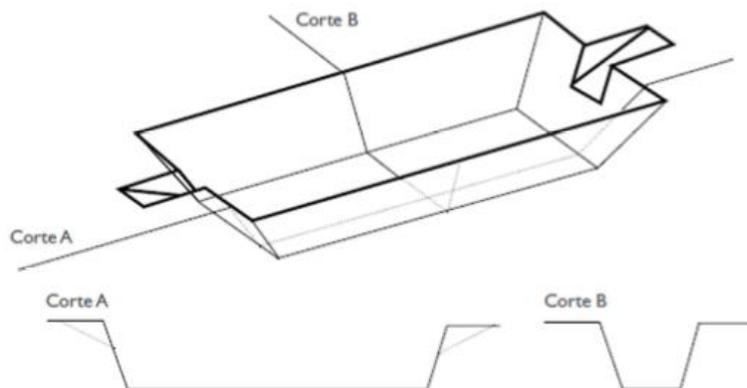


Imagen ilustrativa

Fabricación del reactor

Manga de plástico

Se construye un reactor con doble capa para cada digestor. En cada una de ellas, primero se debe cortar dos piezas de PE del tamaño deseado (40,76 m), sin olvidar que se necesitarán 50 cm más para amarrar los tubos de entrada y salida. Entonces se cortan dos piezas de 41,76 m. Luego se debe colocar una manga de PE dentro de la otra: para ello, una persona toma un extremo de una manga y cruza con cuidado por el interior de la otra, evitando dejar arrugas interiores y tratando de hacer coincidir a las dos capas.

Salida de biogás

Para la salida de biogás se utiliza un pasamuros, para ello se necesitan un macho y una hembra de rosca de ½”, dos discos rígidos de PVC (con agujero concéntrico del tamaño del macho y de diámetro de al menos 10 cm) y dos discos de PVC blando, de diámetro superior a los discos rígidos (también con un agujero concéntrico). Se ensamblará de la siguiente manera: macho – disco rígido – disco blando – doble capa de PVC – disco blando – disco rígido – hembra. Se aprieta con la hembra, primero con la fuerza de la mano y segundo con la llave inglesa.

La salida de biogás se colocará sobre la mitad del biodigestor, haciendo un pequeño corte, pero un poco más cerca de la entrada: debido a la pendiente en la zanja de la entrada a la salida, para que el biogás logre salir.

Finalmente se corta una pieza de tubería de PVC de ½” y de 1 o 1.5 m de largo, se hacen rosca los dos extremos y con teflón en la unión se enrosca a la salida de biogás. En el otro extremo se coloca una válvula esférica, que se cierra.

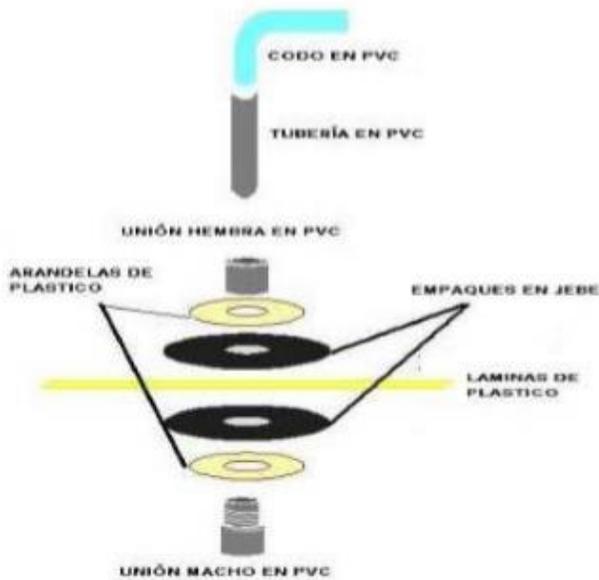


Imagen ilustrativa

Tubos de entrada y salida

En esta parte se amarrarán los tubos de entrada y salida a la manga de plástico, los cuales poseen una longitud igual a 1 metro.

Lo primero es amarrar liga de caucho sobre un lado de cada tubo, cubriéndolo por unos milímetros; este lado estará al interior del biodigestor, y así cubierto, el filo del tubo no lo dañará. El tubo se coloca en un extremo de la manga de doble capa de PE, dejando a la vista 20 cm de tubo (entonces están 80 cm al interior). Para amarrar el plástico al tubo, se toma cada lateral de plástico y se hace pliegues en forma de acordeón; se debe cuidar que los pliegues no generen arrugas entre unos y otros.

Hecho esto, se miden 50 cm a partir del origen del plástico y a partir de este punto se amarra con la liga de caucho; al final quedarán entonces dentro del biodigestor 30 cm sin apretar. Para amarrar sólidamente, cada vuelta tiene solaparse por encima con la anterior y la liga debe estar bien tensa; una vez terminados los 50 cm de plástico se continua amarrar por encima 10 cm más.

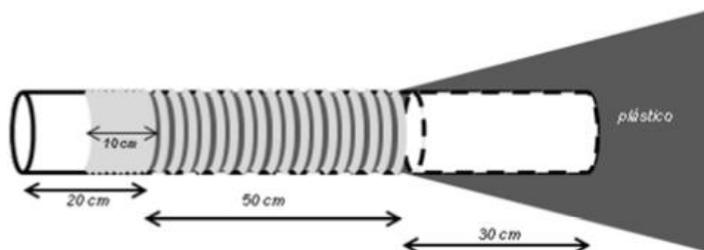


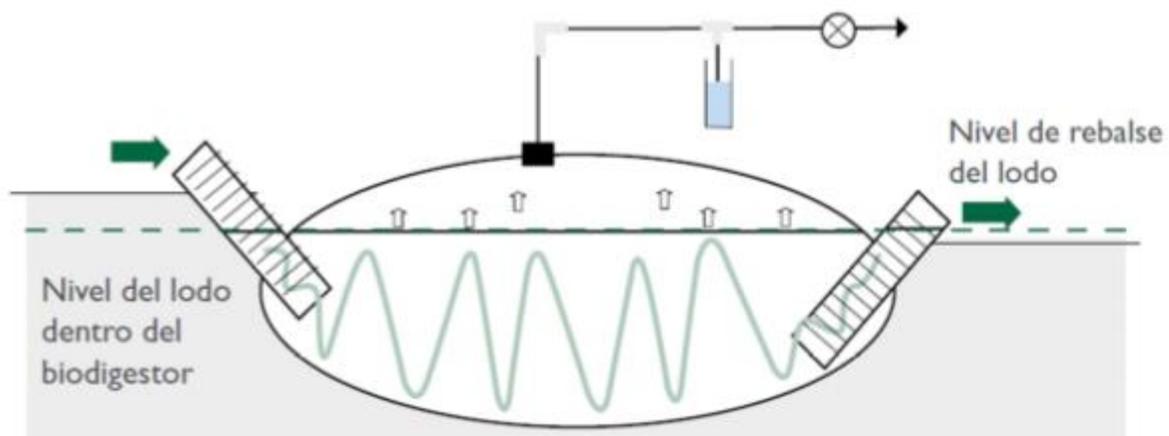
Imagen ilustrativa

CAPÍTULO 8: INSTALACIÓN

Introducción del digestor en la zanja

Se deben introducir los digestores en las zanjas, cuidando que no se dañen. Luego, se verifica la ausencia de arrugas en la parte inferior, estirando de ambos extremos; porque si quedan algunas, después del llenado del dispositivo, no podrán ser eliminadas posteriormente por el peso de la carga interior.

Para alcanzar el nivel óptimo del lodo, se deben colocar los tubos de entrada y salida. El nivel máximo que alcanzará los efluentes en el interior del digestor corresponderá a la profundidad de la zanja; para que se alcance el nivel deseado es necesario que la boca externa del tubo de salida esté a ese nivel. En cuanto al tubo de entrada, se coloca de tal manera que el medio de los 50 cm de plástico amarrado coincida con el nivel de salida. Para calcular los niveles se usa una manguera de nivel.



Primera carga

Luego de finalizar la instalación, el paso siguiente es realizar la primera carga de efluentes (estiércol, orín y agua). La carga se la realizará mediante la extracción de purines de la pileta de recolección a través de una bomba de recolección. Se deben llenar los biodigestores hasta que las bocas de los tubos de entrada y salida queden tapadas por el lodo; así ya no entrará aire al biodigestor y podrá empezar el proceso de digestión anaeróbica.

Tes para evacuación del agua en las tuberías

En el interior de las tuberías se irá evaporando y condensado una cierta cantidad de agua. Para eliminarla, es necesario colocar accesorios (“Te”) en los puntos bajos de la cañería con la tercera salida tapada por un tapón de rosca, para eliminar el condensado. Si no se hace, podrían taponarse las tuberías y así impedir que el gas llegue a los consumos.

El biogás en su composición contiene una pequeña cantidad de ácido sulfhídrico, que como se mencionó previamente, es tóxico y corrosivo (daña los elementos metálicos como el quemador de la cocina y el grupo generador). Para sustraer este ácido se suele colocar en un tramo de la tubería compuestos de hierro: virutas, lana de acero u óxido férrico Fe_2O_3 (que reacciona con el H_2S para formar sulfuro de hierro Fe_2S_3 y agua H_2O).

CAPÍTULO 9: PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES

Pileta de recolección de efluentes

Los efluentes del biodigestor saldrán por desnivel por el canal C1 construido con acero inoxidable, es decir, se asume una inclinación del digestor del 1%, o sea, si la longitud del equipo es de 40,76 [m], el desnivel total en ese tramo será:

$$\text{Desnivel} = 40,76 \text{ [m]} \times 0,01 = 0,4076 \text{ [m]}$$

Los efluentes serán dirigidos por el canal C1 a la pileta de recolección de efluentes, que cuenta con las siguientes características:

Las dimensiones de la pileta serán consideradas para un volumen correspondiente a 15 veces el volumen de los efluentes diarios, por ende:

Si la demanda diaria necesaria de biogás es de $61,87 \text{ m}^3$ y la capacidad máxima de generación de los digestores es de $84,55 \text{ m}^3$ para una carga de $2392,5 \text{ KG/día}$ (residuos totales).

La carga diaria aplicando regla de tres simple es:

$$\text{Residuos para demanda necesaria} = 1750,55 \text{ KG/día}$$

Como la densidad promedio de los residuos ronda los 1026 KG/m^3 . Si dividimos la producción de estos por su densidad promedio, obtendremos el caudal o flujo volumétrico en m^3/dia .

$$Qv = \frac{1750,55 \text{ KG/día}}{1026 \text{ KG/m}^3} = 1,7 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Del total de los efluentes que salen del tambo hacia la pileta de recolección de purines, como se ha visto anteriormente, los residuos representan solo el 50% de ellos. **Por ende, el volumen de carga diaria es de $3,41 \text{ m}^3/\text{dia}$.**

Pero, los efluentes a la salida del digestor representan el 90% de la carga diaria, por ende, su valor será:

$$3,41 \text{ [m}^3/\text{dia}] \times 0,9 = 3,069 \text{ [m}^3/\text{dia}]$$

Entonces, el volumen de la pileta de recolección será:

$$V_{pileta} = 15 . 3,069 \left[\frac{m^3}{día} \right] = 46,035 [m^3]$$

Como el volumen de la misma debe ser de $46,035 m^3$, las dimensiones establecidas son:

Largo: 15,1 m

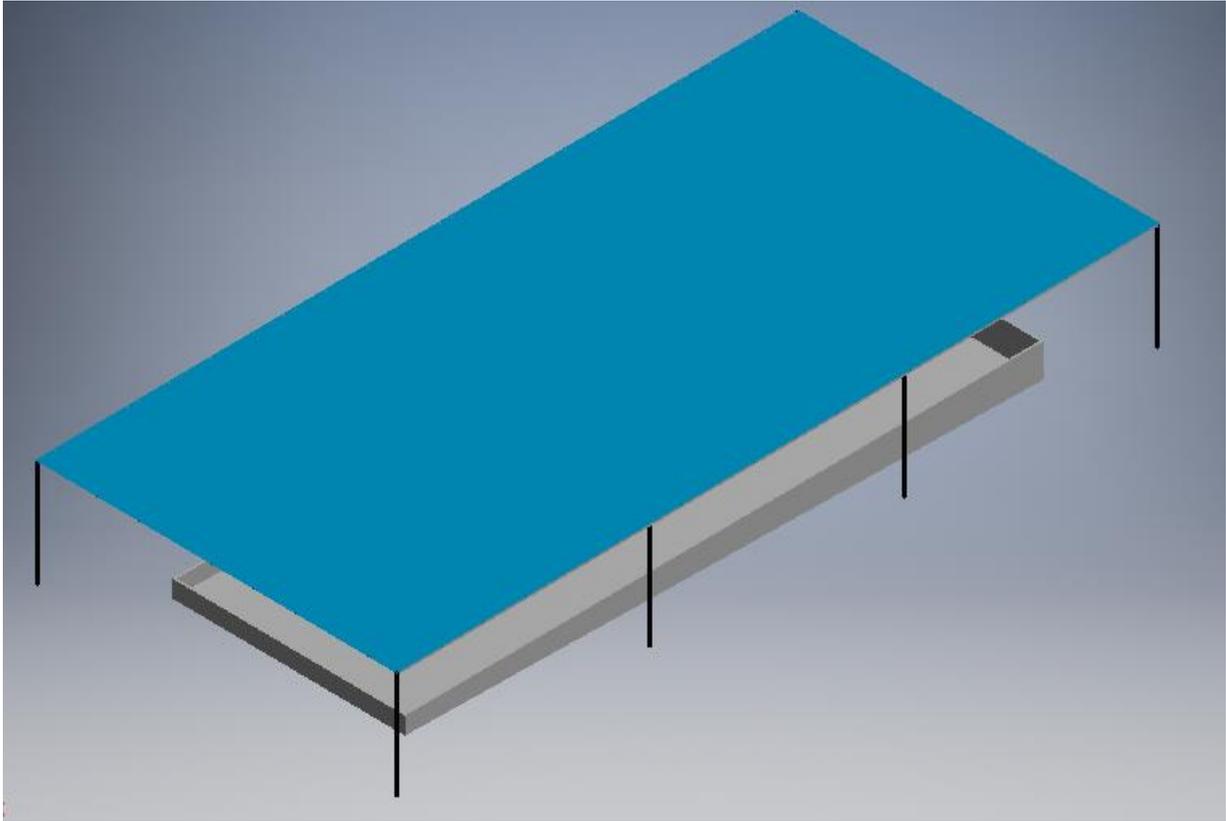
Ancho: 5,5 m

Profundidad inicial: 0,35 m

Profundidad final (debido a la inclinación) = 0,725 m

Para más información referirse al anexo planos, donde se encontrará el plano de la pileta de efluentes (PLANO N° 9: PILETA EFLUENTES)

Además, la pileta deberá tener una inclinación del 2,5% desde la entrada hacia la salida, para favorecer el escurrimiento de los efluentes y evitar atascamientos. La recolección diaria del fertilizante se realizará con una maquina cargadora frontal existente en el campo. En caso de días de lluvia, para evitar inundaciones, se colocará un alero de lona, soportado por 8 caños estructurales de sección cuadrada de 10 x 10 cm y 4 travesaños, formando la siguiente estructura:



Además del biogás, el proceso de biodigestión anaeróbica de los residuos orgánicos produce un sub-producto. Este comprende una mezcla de una fase líquida (Biol) y una fase sólida (Biosol), a estos se los denomina BIOFERTILIZANTES o FANGO.

Dependiendo de las características de los residuos a fermentar, se tiene que en un promedio el fango saliente del biodigestor representa aproximadamente entre el 85-90 % de la materia entrante. De esto, aproximadamente el 90% corresponde al biol y el 10% al Biosol.

Debido a que el flujo de carga diaria, considerando además un 50% de agua, es:

$$Qv = 4,66 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Este valor, representado en [KG/día] será de:

$$Qv = 4,66 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right] = \frac{\text{CARGA} \left[\frac{\text{KG}}{\text{día}} \right]}{1026 \left[\frac{\text{KG}}{\text{m}^3} \right]} \rightarrow \text{Carga} = 1026 \left[\frac{\text{KG}}{\text{m}^3} \right] \times 4,66 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right] = 4781,16 \left[\frac{\text{KG}}{\text{día}} \right]$$

La cantidad de efluentes diarios será aproximadamente el 90% de este valor, es decir:

$$\text{Efluentes diarios} = 4781,16 \left[\frac{\text{KG}}{\text{día}} \right] \times 0,85 = 4063,9 \left[\frac{\text{KG}}{\text{día}} \right]$$

El Biosol es el resultado de separar la parte sólida del "fango" resultante de la fermentación anaeróbica dentro del biodigestor. De los 4063,9 [KG/día] aproximadamente sólo el 10% corresponde a fertilizante sólido, o sea: 406,4 [KG/día]. A su vez, dependiendo de la tecnología a emplear, este Biosol puede alcanzar entre 25% y 10% de humedad (la cual es principalmente de Biosol residual), por ende, el valor diario de fertilizante sólido que se puede obtener será:

$$\text{Biosol diario} = 406,4 \text{ [KG/día]} \times 0,85 = 345,44 \text{ [KG/día]}$$

Ventajas del Biosol:

-Regula el proceso de ingreso de nutrientes a las plantas. Los cultivos se ven fortalecidos y mejora su rendimiento. Mejora la calidad del suelo.

-Confiere a los suelos arenosos una mayor cohesión mejorando con ello la retención de los nutrientes.

-Mejora la estructura del suelo y la capacidad de retención de humedad. Mejora la porosidad y por consiguiente la permeabilidad y ventilación.

Selección de agitador de la pileta de purines

Mediante el catálogo Xylect se realizó la selección del agitador, cuyo fin es lograr una homogeneización del cieno de fermentación antes del ingreso a los digestores. De acuerdo con las dimensiones de la pileta y las condiciones del fango, se decidió que el agitador seleccionado es de accionamiento directo diseñado para la mezcla de purines con fibras y sólidos en la que se desea una propulsión alta en relación con la potencia consumida. El agitador seleccionado sea puede utilizarse completamente sumergido en el líquido.

Marca: Flygt

Modelo: SR 4620

Frecuencia: 50 Hz



En el anexo catálogos se puede visualizar la información técnica, despiece y plano del equipo. Además, en el anexo planos, se encontrará el plano del equipo agitador (PLANO N° 12: AGITADOR)

Selección de bomba de la pileta de purines

La bomba se encargará de enviar la materia prima hacia el biodigestor desde la pileta de recolección de purines. Esta será de la marca Flygt del tipo sumergible. Para su selección se utilizó el catalogo del fabricante de la misma manera que se hizo para el agitador.

El líquido que se debe bombear es cieno de fermentación, que, desde el punto de vista técnico, puede ser considerado como un lodo para la selección del equipo. Entonces, la bomba a seleccionar deberá ser una bomba sumergible, con vórtice hidráulico, para líquidos que contienen sólidos y medios abrasivos, o aguas residuales ligeras.

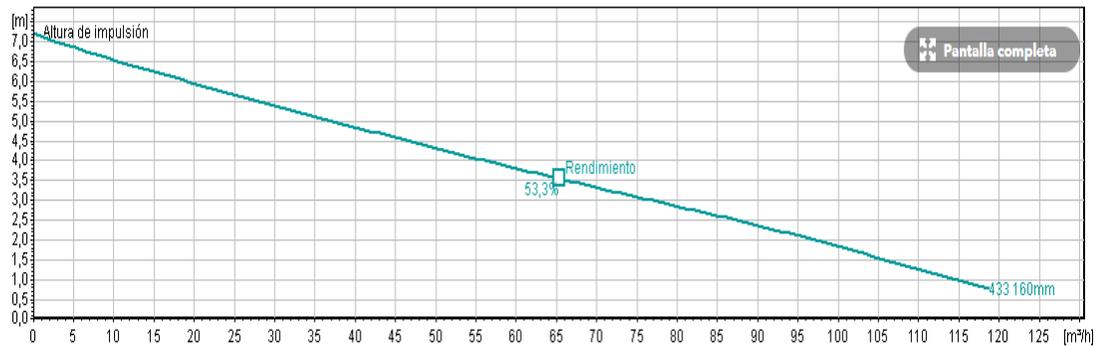
Marca: Flygt

Modelo: 3069

Frecuencia: 50Hz



Curva de funcionamiento de la bomba:



En el anexo catálogos se puede visualizar la información técnica, despiece y plano del equipo. Además, en el anexo planos, se encontrará el plano de la bomba (PLANO N° 11: BOMBA DE RECOLECCIÓN)



CAPÍTULO 10: GRUPO GENERADOR

Selección del grupo generador

Para seleccionar el equipo generador se debe tener en cuenta la diferencia entre los poderes caloríficos del biogás ($5500 \frac{Kcal}{m^3}$) y el gas oíl ($9211 \frac{Kcal}{lt}$). El cambio de un combustible a otro produce una variación del rendimiento del equipo del 40% aproximadamente, lo cual fue corroborado por los fabricantes de los equipos generadores.

A continuación, se presentan las equivalencias de biogás y combustibles factibles de ser sustituidos por éste:

| Combustible | PODER CALORÍFICO | | EQUIVALENCIA CON BIOGÁS DE 5500 Kcal/m ³ |
|----------------------|------------------|---------------------|--|
| | | | |
| Gas natural | 9300 | kcal/m ³ | 1,70 |
| Gas envasado grado 1 | 12013 | kcal/kg | 2,18 |
| Gas envasado grado 3 | 11878 | kcal/kg | 2,16 |
| Leña blanda | 1840 | kcal/kg | 0,33 |
| Leña dura | 2300 | kcal/kg | 0,42 |
| Nafta | 8232 | kcal/lt | 1,50 |
| Kerosene | 8945 | kcal/lt | 1,63 |
| Gas – oíl | 9211 | kcal/lt | 1,67 |
| Fuel – oíl | 10300 | kcal/kg | 1,87 |

La demanda máxima de potencia simultánea en la granja es de 21,512 KVA, teniendo en cuenta posibles picos de consumo y futuras ampliaciones, la producción máxima de energía eléctrica será de 25 [kWh].

A raíz de los valores obtenidos, se realizaron consultas y pedidos de cotizaciones a las empresas fabricantes de grupos electrógenos "GENERARG" y "BOUNOUS" vía online.

El fabricante de "GENERARG" respondió satisfactoriamente ofreciendo dos alternativas:

- Opción a) Grupo electrógeno Generarg alimentado a gas natural para 41 [KVA] cabinado insonorizado con tablero de arranque y



transferencia automática (incluye tablero maniobra de potencia de red y grupo).

- Opción b) Grupo electrógeno Generarg alimentado a gas-oil para 41 [KVA] cabinado insonorizado con tablero de arranque y transferencia automática (incluye tablero maniobra de potencia de red y grupo).

Además, el fabricante remarcó que la fabricación es nacional con insumos y repuestos garantizados.

La empresa ofrece las opciones antes descriptas con el doble de potencia de la necesaria, debido a la baja del rendimiento del equipo por el uso de biogás. Además, este fabricante incluye un tablero de transferencia automática y una cabina insonorizada, incluidas en el precio final del equipo.

La empresa Bounous cotizó lo siguiente:

“Guillermo, buenas tardes.

A continuación, te hago llegar presupuesto por un grupo electrógeno Bounous GAS de 30 KVA potencia prime, como motor Internacional Modelo MS3.9.-

Te dejo la ficha técnica para que puedas ir analizando la oferta, con respecto al biogás el equipo es apto, dependerá del tipo de metano que puedan generar, pero en fin este tema lo podemos charlar más puntualmente con nuestra área técnica, seguimos en contacto, saludos.”

En este caso, el grupo posee una potencia aparente menor, y debido a la baja del rendimiento por el uso de biogás, puede resultar que el generador no cumpla con las condiciones mínimas de generación. A su vez, el precio del equipo es de U\$S 18.700 = \$334.730 y el mismo no cuenta con un tablero de transferencia automática ni tampoco con cabina insonorizada.

El grupo seleccionado es la opción (a) de “Generarg”, cuyo precio es de \$438.762, incluyendo el tablero y la cabina insonorizada. En el anexo catálogos se podrá encontrar una planilla con el correspondiente análisis técnico económico para la selección del grupo generador.

A continuación, se presenta a través de planillas de Excel, un análisis técnico económico para determinar la selección de los grupos electrógenos.



Análisis técnico económico

| | | |
|------------------|--|---|
| Proveedor | Alcance | |
| Generarg | Grupo electrogeno alimentado a GAS NATURAL para 41 KVA cabinado insonorizado con tablero de arranque y transferencia automática (incluye tablero de maniobra de potencia de red y grupo) | Fabricación Nacional con insumos y repuestos garantizados (equipo sin componentes de origen Asiatico) |
| | Grupo electrogeno alimentado a GAS OIL para 41 KVA cabinado insonorizado con tablero de arranque y transferencia automática (incluye tablero de maniobra de potencia de red y grupo) | |
| Bounous | Grupo electrogeno Bounous diesel agua | NO ESPECIFICA |

| Características | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|--|
| Motor | Filtros entrada de aire | Generador | Panel de control full | Accesorios | Tablero de transf. Autom. | Cabina insonorizada fija GENERARG |
| MWM NAVISTAR 4.1G 55 CV (1500 r.p.m) | Filtro tubular industrial para servicio estacionario pesado nivel 5 con un filtro especial de alta densidad y pre-filtro marca MANN de aire con turbina. Sistema de filtrado en seco. | LIC. LEROY SOMER 41 KVA 33KW 62A. potencia y corriente nominal en SERVICIO ALTERNATIVO (STANDBY) según normas VDE 0530, IEC 34 e IRAM 2008 | Panel de control GENERARG 80SG, contiene instrumentos de medicion y operacion de parametros de maquinaria. Prot contra corto | Radiador, silenciador, bastidor, controles de vibracion, sistemas de seguridad, etc. | TTa GENERARG 2100S. montado en el equipo, el cual es un PLC que se encarga del manejo completo del sistema de generación sin la intervencion de la mano del hombre | Cabina antipluvial insonorizada fija tipo SUPER QUIET SILENT GENERARG modelo FSQS 60-100 |
| Isuzu 4J 54 CV (1500 r.p.m) | | | GENERARG 100S, instrumentos de medicion y operacion de parametros de maquinaria. Prot contra corto | | | Cabina antipluvial insonorizada fija tipo SUPER QUIET SILENT GENERARG modelo FSQS 30-50 |
| International MS 3,9. 4 cilindros verticales, inyección directa, 43 Kw (1500 r.p.m) turboalimentado | filtro aire, aceite y combustible | Cramaco, tipo sincronico, autorregulado, autoexcitado y autoventilado. Sistema Brushless. 3 fases. Regulador de tensión electrónico (35 KVA STAND BY) | DSE 4510, funcionamiento manual o autom. Brinda info. de parametros motor y generador, llave emergencia, parada e interruptor para proteccion del gen ante corto | NO ESPECIFICA | NO INCLUYE | NO INCLUYE |

| Precio | | | Entrega y plazo de entrega | Forma de pago | | | Garantía |
|-------------------------------|---------------|---|--|---|--|-------------------------------------|--|
| Detalle | Precio | Contado | | 2 Veces | Financiado | | |
| Precio sin IVA | \$ 438.762,00 | pago contado (50% seña y 50% al recibir la maquina) | 2 Pagos (\$219,381 + IVA) | 5 cuotas a los días (0-30-60-90 y 120) cada pago \$ 10573,29 + IVA (Intereses y gastos incluidos) | 5000 horas o 18 meses segun clausula de perfecto uso | | |
| IVA [21%] | \$ 530.902,02 | | | | | | |
| Precio sin IVA | \$ 340.301,00 | dentro de los 7 dias habiles. En fabrica sobre camion | 2 Pagos (170150,5 + IVA) | 5 cuotas a los días (0-30-60-90 y 120) cada pago \$78.779,6 +IVA (Intereses y gastos incluidos) | | | |
| IVA [21%] | \$ 411.764,21 | | | | | | |
| Precio sin IVA | 18.700,00 USD | dentro de los 7 dias habiles. En fabrica sobre camion | Contado | Convenio Galicia | | Convenio Nacion | 1000 horas o 12 meses, lo que primero ocurra, a partir de la fecha de facturación. |
| IVA [21%] | 22.627,00 USD | | Anticipo 40% en \$ al cambio del BNA a la fecha de factura. Saldo a convenir en \$ al cambio del BNA | Credito sin interes, GALICIA RURAL | | Pyme Nacion, Agro Nacion, Linea 400 | |
| Precio final a un dólar de \$ | 17,63 | | \$ 398.914,01 | | | | |

Emplazamiento del generador



Para más detalles referirse al anexo planos, donde se encontrará un lay out de la planta (PLANO N° 5).

Selección de los conductores

Los conductores que se utilizarán deben respetar las normas (IRAM 2178 y 62266). por lo que del catálogo de Prysmian se ha decidido utilizar conductores del tipo Afumex 750 sobre bandejas en líneas principales y circuitos seccionales y en cañerías para circuitos terminales.

Verificación por corriente admisible:

Del reglamento de la AEA, se extrajeron los siguientes factores de corrección de acuerdo con las canalizaciones en bandeja:

Línea de alimentación

| Tipo de Alimentación | DMPS | Corriente de Proyecto (Ib) | Conductor elegido | | Corriente admisible (Iz) | Factores de Correccion | Iz corregida | Verificacion |
|----------------------|--------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|-----------------|
| | | | Tipo | Seccion mm ² | | | | |
| Trifasica | 21512 | 31,05 | AFUMEX 750 | 25 | 84 | 0,8 | 67,2 | Verifica |

Verificación de circuitos seccionales

| Circuito seccional | Tipo de Alimntacion | DMPS | Corriente de Proyecto (Ib) | Conductor elegido | | Corriente admisible (Iz) | Factores de Correccion | Iz corregida | Verificacion |
|--------------------|---------------------|-------|----------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|--------------|
| | | | | Tipo | Seccion mm ² | | | | |
| Carg. Esenc. | Trifasica | 11250 | 16,24 | Afumex 750 | 16 | 66 | 0,816 | 53,856 | SI |
| Casa | Monofásica | 10262 | 44,42 | Afumex 750 | 16 | 66 | 0,816 | 53,856 | SI |

Verificación de circuitos terminales

Debe tenerse en cuenta que en este caso todos los conductores son marca Prysmian del tipo Afumex 750 y son unipolares tal como lo establece el reglamento. Los coeficientes de agrupamiento son los que establece el reglamento AEA 90364 – Parte 7 - Sección 771 en la tabla 771.16.II.b (Pag 95).



| Tablero Seccional | Círculo | Alimentación | Bocas | Forma de Cálculo | DIMPS | Corriente de Proyecto (I _B) | Sección mm ² | Corriente admisible (I _Z) | Circuitos Agrupados en un mismo polo | Factor de Corrección | Corrección por temperatura | I _Z corregida | Verificación |
|-------------------|---------|--------------|-------|------------------|-------|---|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------|
| TS-Tambo | IUG | M | 5 | Por Boca | 495 | 2,14 | 2,5 | 18 | 2 | 0,8 | 0,96 | 13,82 | SI |
| | TUG | T | 10 | Por Circuito | 2200 | 3,18 | 2,5 | 18 | 2 | 0,8 | 0,96 | 13,82 | SI |
| | TUE | T | 1 | Por Circuito | 3300 | 4,76 | 4 | 25 | 2 | 0,8 | 0,96 | 19,20 | SI |
| TS-Casa | IUG | M | 5 | Por Boca | 495 | 2,14 | 2,5 | 18 | 3 | 0,7 | 0,96 | 12,10 | SI |
| | IUG | M | 5 | Por Boca | 495 | 2,14 | 2,5 | 18 | 2 | 0,8 | 0,96 | 13,82 | SI |
| | TUG | M | 15 | Por Circuito | 2200 | 9,52 | 2,5 | 18 | 2 | 0,8 | 0,96 | 13,82 | SI |
| | TUG | M | 12 | Por Circuito | 2200 | 9,52 | 2,5 | 18 | 2 | 0,8 | 0,96 | 13,82 | SI |
| | TUE | M | 1 | Por Circuito | 3300 | 14,29 | 4 | 25 | 2 | 0,8 | 0,96 | 19,20 | SI |

Cálculo de corrientes de cortocircuito

En éste el cálculo corresponde a lo establecido por el reglamento AEA 90909 la cual toma como referencia las siguientes formulas.

Para cortocircuitos Trifásicos

$$I_k'' = \frac{c * Vn^2}{\sqrt{3} * |Z_k|}$$

Para cortocircuitos Monofásicos

$$I_k'' = \frac{\sqrt{3} * c * Vn^2}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|}$$

Línea de alimentación

| Corrientes de cortocircuito | | | |
|-----------------------------|----------|---------------|----------|
| Trifasico | | Monofasico | |
| En la entrada | Al Final | En la entrada | Al Final |
| 750,73 | 489,05 | 320,75 | 256,47 |

Circuitos seccionales

| Circuito seccional | Alimentación | Corrientes de cortocircuito | | | |
|--------------------|--------------|-----------------------------|----------|---------------|----------|
| | | Trifásico | | Monofásico | |
| | | En la entrada | Al Final | En la entrada | Al Final |
| Carg. Esenc. | Trifasica | 489,05 | 711,81 | 256,47 | 636,86 |
| Casa | Monofásica | MONOFASICO | | 256,47 | 636,86 |



Circuitos terminales

| Tablero Seccional | Circuito | Tipo de Alimentación | Trifásico | | Monofásico | |
|-------------------|----------|----------------------|---------------|----------|---------------|----------|
| | | | En la entrada | Al Final | En la entrada | Al Final |
| TS-Tambo | IUG | M | MONOFASICO | | 636,86 | 305,12 |
| | TUG | T | 711,81 | 351,36 | 636,86 | 307,18 |
| | TUE | T | 711,81 | 375,32 | 636,86 | 335,14 |
| TS-Casa | IUG | M | MONOFASICO | | 636,86 | 298,25 |
| | IUG | M | MONOFASICO | | 636,86 | 256,14 |
| | TUG | M | MONOFASICO | | 636,86 | 235,13 |
| | TUG | M | MONOFASICO | | 636,86 | 262,17 |
| | TUE | M | MONOFASICO | | 636,86 | 251,34 |

Verificación por caída de tensión de los conductores

Línea de alimentación

| Tipo de Alimentación | DMPS | Corriente de Proyecto | Longitud [m] | Caída de tensión | | Verificación |
|----------------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------|------|--------------|
| | | | | Porcentaje | Volt | |
| Trifásica | 21512 | 31,05 | 5 | 0,09% | 0,34 | SI |

Circuitos seccionales

| Circuito seccional | Alimentación | DMPS | Corriente de Proyecto (Ib) | Longitud [m] | Caída de tensión en el circuito | | Caída de tensión total | | Verificación 1 % |
|--------------------|--------------|-------|----------------------------|--------------|---------------------------------|------|------------------------|------|------------------|
| | | | | | Porcentaje | Volt | Porcentaje | Volt | |
| Carg. Esenc. | Trifásica | 11250 | 16,24 | 20 | 0,10% | 0,39 | 2,73% | 0,39 | SI |
| Casa | Monofásica | 10262 | 44,42 | 20 | 0,93% | 2,15 | 3,56% | 2,15 | SI |

Circuitos terminales

| Tablero Seccional | Circuito | Tipo de Alimentación | Corriente de Proyecto (Ib) | Longitud [m] | Caída de Tensión [V/A.m] | Caída de tensión en el circuito | | Caída de tensión | Verificación n 3 % IUG; 5% TUG |
|-------------------|----------|----------------------|----------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------|------|------------------|--------------------------------|
| | | | | | | Porcentaje | Volt | | |
| TS-Tambo | IUG | M | 2,14 | 14 | 0 | 0,04% | 0,09 | 0,22% | SI |
| | TUG | T | 3,18 | 13 | 0 | 0,02% | 0,06 | 0,20% | SI |
| | TUE | T | 4,76 | 7,6 | 0,01 | 0,09% | 0,36 | 0,28% | SI |
| TS-Casa | IUG | M | 2,14 | 12 | 0,0015 | 0,03% | 0,07 | 1,05% | SI |
| | IUG | M | 2,14 | 17 | 0,0015 | 0,05% | 0,1 | 1,07% | SI |
| | TUG | M | 9,52 | 7,3 | 0,0015 | 0,09% | 0,2 | 1,11% | SI |
| | TUG | M | 9,52 | 10,5 | 0,0015 | 0,13% | 0,3 | 1,15% | SI |
| | TUE | M | 14,29 | 9,5 | 0,01 | 1,18% | 2,71 | 2,19% | SI |



CAPÍTULO 11: MALLA DE TIERRA DEL GENERADOR

El cálculo y dimensionamiento se realizó bajo la norma IEEE STD 80.

De manera adicional para evitar tensiones de contacto exterior e interior, se realizará lo siguiente:

- se instalará en el piso del Centro de Generación una malla, cubierta por una capa de hormigón de 10 cm conectada a la puesta a tierra de protección del C.G.
- El suelo estará pintado con pinturas aislantes.

| | | |
|--|------|-------------------|
| ρ Resistividad del suelo (tierra y pasto) | 40 | [Ω .m] |
| ρ Resistividad del suelo debajo de los pies | 1000 | [Ω .m] |
| "t" Tiempo de actuación de las protecciones. | 1 | [seg] |
| Ancho del terreno de la malla del generador | 3 | [m] |
| Largo del terreno de la malla del generador | 3 | [m] |
| Area del terreno de la malla a tierra | 9 | [m ²] |
| Separacion entre conductores de cobre | 1 | [m] |
| Cantidad de conductores a lo ancho de la malla | 3 | |
| Cantidad de conductores a lo largo de la malla | 3 | |
| Largo total de conductor de cobre a utilizar | 18 | [m] |
| Profundidad de instalacion de la red de PAT | 0,8 | [m] |



Límites de corrientes tolerables por el cuerpo humano:

La conducción de altas corrientes a tierra en instalaciones eléctricas, debidas a disturbios atmosféricos o a fallas del equipo, obliga a tomar precauciones para que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes no ofrezcan peligro a los operadores o, en general, al personal que trabaja en el recinto. Intensidades del orden de miles de amperes, producen gradientes de potencial elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra y si, además, se da la circunstancia de que algún ser viviente se apoye en dos puntos, entre los cuales existe una diferencia de potencial debida al gradiente indicado arriba, puede sufrir una descarga de tal magnitud que sobrepase el límite de su contractibilidad muscular y provoque su caída.

El umbral de percepción se acepta generalmente como aproximadamente 1 [mA].

La corriente admisible soportada por el cuerpo humano es:

$$I_B = 0,116 / t^{1/2} \text{ (para una persona de 50 Kg)}$$

$$I_B = 0,157 / t^{1/2} \text{ (para una persona de 70 Kg)}$$

Se pueden tolerar intensidades de corrientes superiores, sin originar fibrilación, si la duración es muy corta. La ecuación que liga los parámetros de la intensidad de corriente tolerable y el tiempo que puede tolerarla un organismo es:

$$I_k = \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

Considerando en este caso una persona de peso promedio de 70 kg.

0,157 es una constante de energía.

En donde I_k es el valor efectivo de la corriente que circula el cuerpo, en ampere, t es el tiempo de duración del choque eléctrico en segundos.

La tensión de paso será:

$$E_{paso} = \frac{(Rc + 6\rho_s) \times 0,116}{\sqrt{t}} = \frac{(1000 + 6 \times 1000) \times 0,157}{\sqrt{1}} \Rightarrow$$

$$E_{paso} = 1099 [V]$$



Y la tensión de contacto es (pies en paralelo):

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + 1,5\rho) \times 0,157}{\sqrt{t}} = \frac{(1000 + 1,5 \times 1000) \times 0,157}{\sqrt{1}} \Rightarrow$$

$$E_{contacto} = 392 [V]$$

Red adoptada

Se adoptará una malla formada por cable de cobre conectada a través de electrodos de varillas copperweld a partes más profundas, con el fin de buscar zonas de menor resistividad.

$$Terreno \Rightarrow A = l \times a \rightarrow A = 3 m \times 3 m \rightarrow A = 9 m^2$$

Dónde:

- A, es el área de la malla
- l, es la longitud
- a, ancho de la misma.

Distancia entre conductores:

Tomando para este caso 2 metros de distancia entre conductores y profundidad de 0,8 metros.

$$N^{\circ} \text{barras a lo ancho} = \frac{3m}{1m} \rightarrow 3 \text{ barras}$$

$$N^{\circ} \text{barras a lo largo} = \frac{3m}{1m} \rightarrow 3 \text{ barras}$$

Entonces:

Longitud total de conductor de cobre a utilizar:

$$L = (3 \times 3m) + (3 \times 3m) \rightarrow L = 18 m$$

Calibre del conductor de la red

Se adopta una sección de $50mm^2$ de cobre desnudo.

Diámetro aproximado: 15,9 mm



Resistencia de la red de puesta a tierra

Se determinará una resistencia de dispersión a tierra de la red de conductores horizontales enterrados. De acuerdo con las profundidades usuales de instalación de la malla (mínimo 0,8 m), recomendado por la IEEE, dicho valor es:

$$R = \rho \times \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \times \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

h= profundidad de instalación de la red,

L= longitud de conductor enterrado,

A= área cubierta por la malla en m².

ρ= Resistividad del terreno (tierra y pasto) [ohm-m]

$$R = 40 \times \left[\frac{1}{18} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 6}} \times \left(1 + \frac{1}{1 + 0,8\sqrt{\frac{20}{6}}} \right) \right]$$

$$R = 6,56 [\Omega]$$

Potenciales de paso, de contacto, y de malla de la red de tierra

E_{paso} = Tensión de un paso, de una distancia horizontal de un metro, en volts.

$E_{contacto}$ = Tension de contacto a una distancia horizontal de un metro del conductor de la malla de tierra, en volts.

E_{malla} = Diferencia de potencial, en volts, del conductor de la malla y la superficie del terreno al centro del rectángulo de la malla.

Para el cálculo se aplican las siguientes formulas:

$$E_{malla} = K_m \times K_i \times \frac{I}{L} \times \rho$$

K_m = Es un coeficiente que tiene en cuenta el número de conductores paralelos n; el espaciado D, el diámetro d (alambre, catalogo Prysmian) y la profundidad de enterramiento h de los conductores que forman la red.



K_i = Es un factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas de la red.

ρ = Resistividad del terreno inmediatamente bajo los pies, se considera un tratamiento de la superficie utilizando grava, por lo tanto, el valor de la resistividad es 2000 ohm-m

Dónde:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \times \ln \left(\frac{D^2}{16 \times h \times d} \right) + \frac{1}{\pi} \times \ln \left(\frac{3}{4} \right)$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \times \ln \left(\frac{1^2}{16 \times 0,8 \times 0,0159} \right) + \left(\frac{1}{\pi} \times \ln(0,75) \right) \rightarrow K_m = 0,1521$$

Donde el número de factores en el segundo término es de dos menos que el número de conductores paralelos en la red básica, excluyendo las conexiones transversales.

El valor de K_i será:

$$K_i = 0,65 + 0,172 \times n$$

Donde n será el mayor número de barras entre las que se colocan a lo largo y a lo ancho. Tomaremos las correspondientes al primero, es decir n=3.

$$K_i = 0,65 + 0,172 \times 3 = 1,166$$

La corriente de cortocircuito a tierra estará dada por la siguiente ecuación:

$$I''k = \frac{3E}{X''+X1+Xo}$$

Datos de la máquina:

$$X1 = 0,11 \Omega$$

$$Xo = 0,15 \Omega$$

$$X'' = 1,1428 \Omega$$

$$I''k = \frac{3E}{1,1428+0,15+0,11} = 855,43 \text{ [A]}$$

Entonces la E_{malla} es:

$$E_{malla} = K_m \times K_i \times \frac{I}{L} \times \rho = 0,1521 \times 1,166 \times \frac{855,43}{18} \times 40 \Rightarrow$$



$$E_{malla} = 337,13 [V]$$

Luego se realizará la verificación:

Verificación

Para esto, se deberá corroborar que:

$$E_{malla} < E_{paso} \text{ y } E_{malla} < E_{contacto}$$

$$E_{malla} = 337,13 [V]$$

$$E_{paso} = 1099 [V]$$

$$E_{contacto} = 392 [V]$$

Podemos ver que las condiciones se verifican

Protección contra sobre tensiones internas

Esta protección se llevará a cabo en el tambo, ya que en estos están involucrados elementos electrónicos los cuales son sensibles y muy importantes, los cuales requieren de un mayor cuidado.

Se distinguen tres clases de protección:

- Clase I: protección basta. Son descargadores de corrientes de rayo destinados a la protección frente a corrientes de rayo. Se efectúa en el tablero principal.
- Clase II: protección media. Son descargadores de sobretensiones destinados a la protección de la instalación frente a sobretensiones (originadas por descargas de rayo indirectas, conmutaciones en alta, inducciones). Se instalan en los cuadros de distribución.
- Clase III: protección fina. Son descargadores de sobretensiones para protección específica de equipos finales. Se instalan lo más cerca posible del equipo a proteger.

Protección clase I y II:

El descargador seleccionado es el siguiente:

DG TT 230 400 FM

Se pueden ver las especificaciones en el anexo catálogos.

Protección clase III:

Se utilizarán equipos **SPS PRO 912 253** destinados a la protección de equipos electrónicos contra sobretensiones.



CAPÍTULO 12: ANÁLISIS ECONÓMICO

Mediante el aprovechamiento de los residuos ganaderos se logra obtener gas metano y biofertilizante. El primero es utilizado para consumo térmico (cocina y calefón) y generación de energía eléctrica (utilizando un generador) para los consumos de la casa y el tambo. El biofertilizante es generado a partir de los efluentes del biodigestor mediante un proceso de digestión aeróbica para luego ser comercializado. Estos aspectos son considerados ingresos.

También se debe considerar los egresos, los cuales tienen en cuenta los recursos humanos (vestimenta, elementos de protección personal, etc.), costos por mantenimiento de equipos en general, los costos operativos, gastos por primeros auxilios ante accidentes laborales, gastos administrativos y amortización de la inversión. Pero para establecer este último punto se debe determinar el monto total de la inversión inicial. Lo anterior descripto se engloba en lo que se denomina flujo de caja.

Ingresos:

Energía eléctrica:

Se produce un cambio de suministro energético, es decir, se sustituye la compra de energía eléctrica de la red, por la autoproducida por biomasa. El estudio analiza la rentabilidad de la sobreinversión del sistema de biomasa frente al suministro directo de red a partir de los ahorros en la factura energética obtenidos por la sustitución de una energía comprada por una autogenerada.

En capítulos anteriores se ha determinado que el consumo diario de energía eléctrica es de 123,84 Kw.h, por ende, el consumo bimestral es de 7430 Kw.h.

Se debe tener en cuenta que la granja compra energía a la empresa de servicios públicos de electricidad de Romang, la cual posee una tarifa mayor que la EPE. Estos costos están divididos según los Kw.h consumidos, y son los siguientes:

- Primeros 120 Kw.h consumidos: 1,65408 \$/Kw.h
- Siguiendo 120 Kw.h consumidos: 2,14070 \$/Kw.h
- Siguiendo 160 Kw.h consumidos: 3,66373 \$/Kw.h
- Siguiendo 3600 Kw.h consumidos: 3,96269 \$/Kw.h



Es decir que se abonaría lo siguiente:

$$\text{Primeros 120 Kw.h} \rightarrow 120 [\text{Kw.h}] \times 1,65408 [\$/\text{Kw.h}] = \$198,48$$

$$\text{Siguietes 120 Kw.h} \rightarrow 120 [\text{Kw.h}] \times 2,14070 [\$/\text{Kw.h}] = \$256,88$$

$$\text{Siguietes 160 Kw.h} \rightarrow 160 [\text{Kw.h}] \times 3,66373 [\$/\text{Kw.h}] = \$586,19$$

$$\text{Restantes 7030 Kw.h} \rightarrow 7030 [\text{Kw.h}] \times 3,96269 [\$/\text{Kw.h}] = \$27857,77$$

Costo de consumo de energía eléctrica: \$28899,32

A esto se debe agregarle un cargo fijo de \$646,82, costos surgidos por la ley N° 7797 (6% del básico \$1733,95), por la ley 12692 de energías renovables (\$2,78), y por último, por el impuesto al valor agregado (21%) \$5850,13. Todo esto suma un total de: \$37133.

Por lo que el ahorro anual será de **\$222.798**

Esto se considera como ingreso ya que, al generar esta energía, se logrará la independencia energética.

Fertilizante sólido:

La producción de biosol a partir de los efluentes provenientes del biodigestor tienen una utilidad económica a cambio de una comercialización. Estos biofertilizantes tendrán un precio de venta de

0,85 $\frac{\$}{\text{KG fertilizante}}$ (valor comparado con la venta de tierras abonadas). Como la producción diaria

de este es 345,44 $\frac{\text{KG}}{\text{día}}$, las ganancias diarias serán (suponiendo que se vende todo lo producido):

$$G = 0,66 \times 345,44 = \$ 227,49$$

En el mes las ganancias serán:

$$G_{\text{mes}} = \$227,49 \times 30 [\text{días}] = \$ 6824,82$$

Las ganancias anuales serán:



$$\text{Ganuales} = \$6824,82 \times 12 [\text{meses}] = \$ 81897,84 + \text{IVA}$$

A este valor, hay que restarles los costos inherentes a la recolección y despacho de dicho producto. Por ello, a los fines prácticos, se considerará que como ganancia solo se podrá contar con la mitad de los ingresos mencionados precedentemente, es decir, $\$40948,92 + \text{IVA}$

El último ingreso que se tendrá en cuenta es el debido al ahorro de gas envasado, ya que los consumos de este último son sustituidos por biogás. Previamente se concluyó que son necesarios $5,6 \text{ m}^3$ para satisfacer la demanda térmica de biogás diaria. 1 m^3 de biogás equivale aproximadamente a $0,59 \text{ m}^3$ de gas envasado, y una garrafa de 10 [kg] cuenta con aproximadamente 13 m^3 , entonces, es sencillo llegar a la conclusión que de no ser por el biogás generado, en la granja se debería comprar 1 garrafa de 10 [kg] cada cuatro días, lo que equivale a una compra mensual de 8 garrafas de 10 [kg], y en el año se deberían comprar 96.

El costo de una garrafa de 10 [kg] es de \$135, por lo que el gasto anual será de:

$$\text{\$Anual} = 96 \times \$135 = \$12960 + \text{IVA}$$

Egresos:

Estos se darán como consecuencia de la operación de la planta, es recursos humanos (vestimenta, elementos de protección personal, etc.), costos por mantenimiento de equipos y la planta en general, costos operativos de la misma, costos por reparaciones de emergencia, prestaciones de primeros auxilios, gastos administrativos, etc.

Además, se debe tener en cuenta la amortización de la inversión. Para esto, en primer lugar, se determinará el monto total de la inversión inicial.

Inversión inicial:

Aquí se han considerado los costos que tienen los componentes más importantes de la planta. Estos implican la fabricación y montaje de los 3 biodigestores, la fabricación y montaje del gasógeno, del tanque de agua, las bombas y el agitador.

-Biodigestores:

La construcción de estos implica una excavación para asentar el rollo de PE. El costo de excavación por m^3 (según CYPE Ingenieros S.A) es de \$234 incluyendo equipos, mano de obra y



herramientas. Como el conjunto de los digestores comprende un volumen de $97,82 \text{ m}^3$, el precio total será de:

$$\text{\$tot.exc} = \$234 \times 97,82 \text{ m}^3 = \$22.890 + \text{IVA}$$

Para el precio del PE tubular se realizó una consulta a la empresa Agroredes, la cual facilitó una lista de precios. Cada digestor utiliza dos rollos de 41,76 metros cada uno, por lo que será necesario adquirir un total de 6 rollos. El costo unitario de estos es de $\$8263,88$. Entonces el precio final de los tubos de PE será de:

$$\text{\$PE} = \$8263,88 \times 6 = \$49.584$$

$$\text{Precio final Biodigestores} = \$72.474 + \text{IVA}$$

-Gasógeno:

Aquí, del mismo modo que los digestores, serán necesarios dos rollos de PE. Por lo que el costo de estos será $\$15.528$. Además, debe considerarse un 50% más en conceptos de mano de obra y herramientas.

$$\text{Precio final Gasógeno} = \$23.292 + \text{IVA}$$

-Tanque de agua:

$$\text{El precio del tanque de agua es de } \$35.500 + \text{IVA}$$

-Bomba y agitador

$$\$87.500 + \text{IVA}$$

A esto se le debe agregar:

- a) Costos debido a obras civiles, como la construcción de pileta de recolección de purines, de la pileta de recolección de efluentes, realización de canalizaciones subterráneas y desagües, etc.

Ya que el hormigón se cotiza por m^3 , siendo el precio de materiales de $\$5000 \times \text{m}^3$ y $\$9600$ en efecto de mano de obra, se obtiene el siguiente precio final:

\$450250 + IVA

- b) Los costos debido al piping de la planta. Aquí se incluirá la compra de caños, bridas, válvulas, accesorios, etc. y el montaje de estos. El precio de esto será de:

\$327076 + IVA

- c) Gastos debido a la compra del grupo generador, instalación de la malla de puesta a tierra y montaje. Además, se tendrá en cuenta el costo de conductores, tableros, tomacorrientes, etc. Esto suma un total de \$706896 + IVA.

Los costos antes descriptos, representaran para el proyecto (en un escenario real), el dinero de la inversión inicial. La rentabilidad de un proyecto se puede medir de muchas formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en el tiempo que demora la recuperación de la inversión, entre otros. Todas ellas se basan en el concepto del valor en el tiempo del dinero, que considera que siempre existe un costo asociado a los recursos que se utilizan en el proyecto, ya sea de oportunidad, si existen otras posibilidades de uso del dinero, o financiero, si se debe recurrir a un préstamo, etc.

En otras palabras, \$ 1 de hoy vale más que \$ 1 a futuro, por cuanto el peso recibido hoy puede invertirse inmediatamente para obtener una ganancia que el peso recibido a futuro no logra obtener.

El valor final o valor futuro (VF) de un valor actual (VA) se calcula por la expresión:

$$VF = VA (1 + i)^n$$

Donde i es la tasa de rentabilidad exigida y n el número de períodos.

Criterios de evaluación

La evaluación del proyecto compara, mediante distintos instrumentos, si el flujo de caja proyectado permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión. Los métodos más comunes corresponden a los denominados valor actual neto, más conocido como VAN, la tasa interna de retorno, o TIR, el período de recuperación y la relación beneficio-costos.



Valor actual neto

Es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja proyectados a partir del primer período de operación y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Si el resultado es mayor que cero, mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa i que se exigía de retorno al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa i que se quería obtener después de recuperar el capital invertido y, si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión.

Tasa interna de retorno

Un segundo criterio de evaluación lo constituye la tasa interna de retorno, TIR, que mide la rentabilidad como un porcentaje. Al proyecto, se le puede exigir una ganancia superior a esa tasa. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea cero.

La TIR tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación, por tres razones principales:

- a) Entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN.
- b) No sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada.
- c) Cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo, por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas tasas internas de retorno como cambios de signo se observen en el flujo de caja.

Escenarios a analizar

En el siguiente análisis económico se evaluarán tres escenarios posibles:

- Escenario realista
- Escenario optimista
- Escenario pesimista



Para evaluar la rentabilidad de estos, se considerarán dos criterios económicos:

-VAN

-TIR

$$VAN = \sum_{n=1}^n \frac{VPN}{(1+i)^n} - i_o$$

$$VAN = 0 \rightarrow \sum_{n=1}^n \frac{VPN}{(1+TIR)^n} = i_o$$

Para los escenarios a plantear, se supondrá una tasa de rendimiento (La tasa de rendimiento es un porcentaje que se aplica al monto de inversión ya sea como inversionista o como prestamista, y muestra la ganancia que exigimos obtener de dicha inversión) igual a 20%, por lo que, en el momento de analizar los valores de los indicadores, se pueden presentar tres casos:

- a) Si la TIR es menor a la tasa de rendimiento, el VAN es negativo.
- b) Si la TIR es mayor a la tasa de rendimiento, el VAN es positivo.
- c) Si la TIR es igual a la tasa de rendimiento, el VAN es cero.

Escenario realista

Amortización de la inversión

En este caso, se pedirá un crédito para cubrir los gastos referidos a la inversión inicial. Esta inversión se amortizará a términos amortizativos constantes. De esta manera, al principio la mayor parte de la cuota representa intereses, siendo la cantidad destinada a amortización, ínfima. Esto va cambiando con el transcurso del tiempo. A continuación, se expone una tabla Excel, la cual da a conocer la cantidad "a abonar" en cada momento y su correspondiente descomposición en cuota de amortización y cuota de interés, así como otros datos tales como el saldo, sobre el que se calculan los intereses.

Los datos de entrada de la planilla son el importe total de la inversión, el cual se obtiene del correspondiente flujo de fondos, la tasa de interés aplicable, y el plazo de la amortización. Se considerará un plazo de amortización de la inversión de 10 años. Además, se ha considerado que el préstamo se consigue bajo una tasa de interés anual del 30%

| Requerimiento de Fondos | |
|-------------------------|--------------|
| Solicitado | \$ 2.061.827 |
| Tasa de Interes | 30% |
| Sistema Amort. | \$ 206.182,7 |

| Plan de Amortización | | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| Año | Cuota | | | Saldo |
| | Am. de capital | Intereses | Total | |
| 0 | | | | \$ 2.061.827,10 |
| 1 | \$ 206.182,71 | \$ 618.548,13 | \$ 824.730,84 | \$ 1.855.644,39 |
| 2 | \$ 206.182,71 | \$ 556.693,32 | \$ 762.876,03 | \$ 1.649.461,68 |
| 3 | \$ 206.182,71 | \$ 494.838,50 | \$ 701.021,22 | \$ 1.443.278,97 |
| 4 | \$ 206.182,71 | \$ 432.983,69 | \$ 639.166,40 | \$ 1.237.096,26 |
| 5 | \$ 206.182,71 | \$ 371.128,88 | \$ 577.311,59 | \$ 1.030.913,55 |
| 6 | \$ 206.182,71 | \$ 309.274,07 | \$ 515.456,78 | \$ 824.730,84 |
| 7 | \$ 206.182,71 | \$ 247.419,25 | \$ 453.601,96 | \$ 618.548,13 |
| 8 | \$ 206.182,71 | \$ 185.564,44 | \$ 391.747,15 | \$ 412.365,42 |
| 9 | \$ 206.182,71 | \$ 123.709,63 | \$ 329.892,34 | \$ 206.182,71 |
| 10 | \$ 206.182,71 | \$ - | \$ 206.182,71 | \$ 0,00 |
| Totales | am. de capital | \$ 2.474.192,52 | \$ 3.505.106,08 | \$ - |

Durante la vida del préstamo, los pagos constantes que se realizan incorporan, en parte la cuota de interés y la cuota de amortización. Para eliminar los intereses bastaría con actualizar los términos amortizativos a la tasa de interés del préstamo, con lo cual solo quedarían las cuotas principales, que sumadas coinciden con el importe del préstamo.

Al ser constante la amortización de capital, las cuotas de amortización deberán ir creciendo, mientras que las cuotas de intereses decrecerán (porque se van calculando sobre los saldos cada vez menores).

Flujo de fondos

En esta se contabilizarán los INGRESOS, EGRESOS y LA INVERSION INICIAL.



| FLUJO DE FONDO | | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ingresos | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | |
| Mantenimiento | | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 |
| Total egresos | | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 |
| Inversion inicial | | | | | | |
| Biodigestores | \$ 87.693,54 | | | | | |
| Gasogeno | \$ 28.183,32 | | | | | |
| Obras civiles | \$ 450.250,00 | | | | | |
| Tanque de agua | \$ 40.535,00 | | | | | |
| Agitador y bomba | \$ 105.875,00 | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | \$ 855.345,00 | | | | | |
| Piping | \$ 395.763,00 | | | | | |
| Imprevistos | \$ 98.182,24 | | | | | |
| Flujo de fondo | -\$ 2.061.827,10 | \$ 120.380,7 |

| FLUJO DE FONDO | | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ingresos | | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | | |
| Mantenimiento | | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 |
| Total egresos | | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 |
| Inversion inicial | | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | | |
| Piping | | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | | |
| Flujo de fondo | | \$ 120.380,7 |

Los correspondientes analizadores obtuvieron un valor de:

| | |
|------------|-------------------------|
| VAN | -\$ 1.557.134,50 |
| TIR | -9% |

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede visualizar que este escenario corresponde al caso a). Este es un escenario no rentable.

En la siguiente gráfica se puede observar en detalle la evolución del escenario a través de los años de amortización:



Escenario optimista

En este caso, se supondrá (en un contexto ficticio) que el estado subsidiará el 80% de la inversión inicial. Esto correspondería a un Gobierno con metas claras en apoyo a energías alternativas, promoviendo el desarrollo de las mismas. Por lo que la inversión inicial sólo será un 20% de lo invertido en el escenario realista a una tasa de interés del 30% y un plazo de amortización de 10 años.

Amortización de la inversión

| Requerimiento de Fondos | |
|-------------------------|------------|
| Solicitado | \$ 412.365 |
| Tasa de Interes | 30% |
| Sistema Amort. | \$ 41.237 |

| Plan de Amortización | | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Año | Cuota | | | Saldo |
| | Am. de capital | Intereses | Total | |
| 0 | | | | \$ 412.365,42 |
| 1 | \$ 41.236,54 | \$ 123.709,63 | \$ 164.946,17 | \$ 371.128,88 |
| 2 | \$ 41.236,54 | \$ 111.338,66 | \$ 152.575,21 | \$ 329.892,34 |
| 3 | \$ 41.236,54 | \$ 98.967,70 | \$ 140.204,24 | \$ 288.655,79 |
| 4 | \$ 41.236,54 | \$ 86.596,74 | \$ 127.833,28 | \$ 247.419,25 |
| 5 | \$ 41.236,54 | \$ 74.225,78 | \$ 115.462,32 | \$ 206.182,71 |
| 6 | \$ 41.236,54 | \$ 61.854,81 | \$ 103.091,36 | \$ 164.946,17 |
| 7 | \$ 41.236,54 | \$ 49.483,85 | \$ 90.720,39 | \$ 123.709,63 |
| 8 | \$ 41.236,54 | \$ 37.112,89 | \$ 78.349,43 | \$ 82.473,08 |
| 9 | \$ 41.236,54 | \$ 24.741,93 | \$ 65.978,47 | \$ 41.236,54 |
| 10 | \$ 41.236,54 | \$ - | \$ 41.236,54 | \$ -0,00 |
| Totales | am. de capital | \$ 494.838,50 | \$ 701.021,22 | \$ - |

Aquí se puede ver que, debido al subsidio del estado, la amortización del capital disminuye (pero se mantiene constante durante los 10 años considerados)

Flujo de fondos

| FLUJO DE FONDO | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ingresos | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | | | |
| Mantenimiento | | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortización de la inversion | | \$ 20.618,27 | \$ 20.618,27 | \$ 20.618,27 | \$ 20.618,27 |
| Total egresos | | \$ 73.853,16 | \$ 73.853,16 | \$ 73.853,16 | \$ 73.853,16 |
| Inversion inicial | | | | | |
| Biodigestores | \$ 17.538,71 | | | | |
| Gasogeno | \$ 5.636,66 | | | | |
| Obras civiles | \$ 90.050,00 | | | | |
| Tanque de agua | \$ 8.107,00 | | | | |
| Agitador y bomba | \$ 21.175,00 | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | \$ 171.069,00 | | | | |
| Piping | \$ 79.152,60 | | | | |
| Imprevistos | \$ 19.636,45 | | | | |
| Flujo de fondo | -\$ 412.365,42 | \$ 202.853,8 | \$ 202.853,8 | \$ 202.853,8 | \$ 202.853,8 |

| FLUJO DE FONDO | | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------------------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ingresos | | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 |
| total ingresos | \$ | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 |
| Otros | \$ | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ | 20.618,27 | 20.618,27 | 20.618,27 | 20.618,27 | 20.618,27 | 20.618,27 |
| Total egresos | \$ | 73.853,16 | 73.853,16 | 73.853,16 | 73.853,16 | 73.853,16 | 73.853,16 |
| Inversion inicial | | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | | |
| Piping | | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ | 202.853,8 | 202.853,8 | 202.853,8 | 202.853,8 | 202.853,8 | 202.853,8 |

Los correspondientes analizadores obtuvieron un valor de:

| | |
|------------|----------------------|
| VAN | \$ 438.093,30 |
| TIR | 48% |

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede visualizar que este escenario corresponde al caso b). Este es un escenario rentable.

En la siguiente gráfica se puede observar en detalle la evolución del escenario a través de los años de amortización:



Escenario pesimista

En este escenario se supone un subsidio a la energía eléctrica y gas (correspondiente al 30%), por lo que provocará una disminución de los ingresos, provocando una baja de los ingresos, dando como resultado una variación del flujo de fondos y de los analizadores económicos.

Amortización de la inversión

| Requerimiento de Fondos | |
|-------------------------|--------------|
| Solicitado | \$ 2.061.827 |
| Tasa de Interes | 30% |
| Sistema Amort. | \$ 206.182,7 |

| Plan de Amortización | | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| Año | Cuota | | | Saldo |
| | Am. de capital | Intereses | Total | |
| 0 | | | | \$ 2.061.827,10 |
| 1 | \$ 206.182,71 | \$ 618.548,13 | \$ 824.730,84 | \$ 1.855.644,39 |
| 2 | \$ 206.182,71 | \$ 556.693,32 | \$ 762.876,03 | \$ 1.649.461,68 |
| 3 | \$ 206.182,71 | \$ 494.838,50 | \$ 701.021,22 | \$ 1.443.278,97 |
| 4 | \$ 206.182,71 | \$ 432.983,69 | \$ 639.166,40 | \$ 1.237.096,26 |
| 5 | \$ 206.182,71 | \$ 371.128,88 | \$ 577.311,59 | \$ 1.030.913,55 |
| 6 | \$ 206.182,71 | \$ 309.274,07 | \$ 515.456,78 | \$ 824.730,84 |
| 7 | \$ 206.182,71 | \$ 247.419,25 | \$ 453.601,96 | \$ 618.548,13 |
| 8 | \$ 206.182,71 | \$ 185.564,44 | \$ 391.747,15 | \$ 412.365,42 |
| 9 | \$ 206.182,71 | \$ 123.709,63 | \$ 329.892,34 | \$ 206.182,71 |
| 10 | \$ 206.182,71 | \$ - | \$ 206.182,71 | \$ 0,00 |
| Totales | am. de capital | \$ 2.474.192,52 | \$ 3.505.106,08 | \$ - |

La amortización será igual que en el escenario realista, por lo que se mantendrá la cuota de interés y el saldo disminuirá de la misma manera.

Flujo de fondos

Aquí, debido a los subsidios en energía eléctrica y gas, se puede observar que, los ingresos disminuirán aproximadamente 35,6% respecto al escenario real, por lo que el VPN (valor presente neto) disminuirá.

| FLUJO DE FONDO | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 |
|------------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ingresos | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 |
| total ingresos | | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 |
| Egresos | | | | | |
| Mantenimiento | | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 |
| Total egresos | | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 |
| Inversion inicial | | | | | |
| Biodigestores | \$ 87.693,54 | | | | |
| Gasogeno | \$ 28.183,32 | | | | |
| Obras civiles | \$ 450.250,00 | | | | |
| Tanque de agua | \$ 40.535,00 | | | | |
| Agitador y bomba | \$ 105.875,00 | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | \$ 855.345,00 | | | | |
| Piping | \$ 395.763,00 | | | | |
| Imprevistos | \$ 98.182,24 | | | | |
| Flujo de fondo | -\$ 2.061.827,10 | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 |

| FLUJO DE FONDO | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
| Ingresos | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 |
| total ingresos | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 |
| Egresos | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 |
| Total egresos | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 | \$ 156.326,25 |
| Inversion inicial | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | |
| Piping | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 | \$ 49.653,3 |

| | |
|------------|-------------------------|
| VAN | -\$ 1.853.657,15 |
| TIR | -20% |

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede visualizar que este escenario corresponde al caso a). Este es un escenario no rentable.

En la siguiente gráfica se puede observar en detalle la evolución del escenario a través de los años de amortización:



Conclusión de los tres escenarios

Como se pudo observar en los tres escenarios antes descriptos, tanto en el realista como el pesimista, el proyecto es inviable debido a las pérdidas de capital. Esto lo indica tanto la TIR como el VAN, cuyos valores en ambos escenarios son negativos. Sin embargo, en el escenario optimista el proyecto es rentable, ya que los dos indicadores son positivos. El VAN nos indica cuanto se gana después de recuperar la inversión, por sobre la tasa i que se exigía de retorno, para este caso: $\text{VAN} = \$438093,30$. Y la TIR nos mide la rentabilidad como un porcentaje, en este caso tiene un valor de 48%.

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es un término financiero, muy utilizado para tomar decisiones de inversión, que consiste en calcular los nuevos flujos de caja y el VAN (en un proyecto, en un negocio, etc.), al cambiar una variable (la inversión inicial, la duración, los ingresos, la tasa de crecimiento de los ingresos, los costes, etc.) De este modo teniendo los nuevos flujos de caja y el nuevo VAN podremos calcular y mejorar nuestras estimaciones sobre el proyecto que vamos a comenzar en el caso de que esas variables cambiasen o existiesen errores de apreciación por nuestra parte en los datos iniciales.



Para hacer el análisis de sensibilidad tenemos que comparar el VAN antiguo con el VAN nuevo y nos dará un valor que al multiplicarlo por cien nos da el porcentaje de cambio. La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$(VAN_n - VAN_e) / VAN_e$$

Donde VAN_n es el nuevo VAN obtenido y VAN_e es el VAN que teníamos antes de realizar el cambio en la variable.

La base para aplicar este método es identificar los posibles escenarios del proyecto de inversión, descriptos anteriormente (Realista, Optimista, Pesimista).

Así podremos darnos cuenta de que en dos inversiones donde estaríamos dispuestos a invertir una misma cantidad, el grado de riesgo y las utilidades se pueden comportar de manera muy diferente, por lo que debemos analizarlas por su nivel de incertidumbre, pero también por la posible ganancia que representan.

El análisis de sensibilidad se realizará para los tres escenarios planteados, donde las variables que cambiarán serán la tasa de interés y el periodo de amortización. A continuación, se presentarán las planillas Excel correspondiente a cada análisis realizado, por lo que obtendremos los siguientes resultados

Escenario realista

Amortización de la inversión

| Requerimiento de Fondos | |
|-------------------------|--------------|
| Solicitado | \$ 2.061.827 |
| Tasa de Interes | 20% |
| Sistema Amort. | \$ 103.091,4 |



| Plan de Amortización | | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| Año | Cuota | | | Saldo |
| | Am. de capital | Intereses | Total | |
| 0 | | | | \$ 2.061.827,10 |
| 1 | \$ 103.091,36 | \$ 412.365,42 | \$ 515.456,78 | \$ 1.958.735,75 |
| 2 | \$ 103.091,36 | \$ 391.747,15 | \$ 494.838,50 | \$ 1.855.644,39 |
| 3 | \$ 103.091,36 | \$ 371.128,88 | \$ 474.220,23 | \$ 1.752.553,04 |
| 4 | \$ 103.091,36 | \$ 350.510,61 | \$ 453.601,96 | \$ 1.649.461,68 |
| 5 | \$ 103.091,36 | \$ 329.892,34 | \$ 432.983,69 | \$ 1.546.370,33 |
| 6 | \$ 103.091,36 | \$ 309.274,07 | \$ 412.365,42 | \$ 1.443.278,97 |
| 7 | \$ 103.091,36 | \$ 288.655,79 | \$ 391.747,15 | \$ 1.340.187,62 |
| 8 | \$ 103.091,36 | \$ 268.037,52 | \$ 371.128,88 | \$ 1.237.096,26 |
| 9 | \$ 103.091,36 | \$ 247.419,25 | \$ 350.510,61 | \$ 1.134.004,91 |
| 10 | \$ 103.091,36 | \$ 226.800,98 | \$ 329.892,34 | \$ 1.030.913,55 |
| 11 | \$ 103.091,36 | \$ 206.182,71 | \$ 309.274,07 | \$ 927.822,20 |
| 12 | \$ 103.091,36 | \$ 185.564,44 | \$ 288.655,79 | \$ 824.730,84 |
| 13 | \$ 103.091,36 | \$ 164.946,17 | \$ 268.037,52 | \$ 721.639,49 |
| 14 | \$ 103.091,36 | \$ 144.327,90 | \$ 247.419,25 | \$ 618.548,13 |
| 15 | \$ 103.091,36 | \$ 123.709,63 | \$ 226.800,98 | \$ 515.456,78 |
| 16 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 206.182,71 | \$ 412.365,42 |
| 17 | \$ 103.091,36 | \$ 82.473,08 | \$ 185.564,44 | \$ 309.274,07 |
| 18 | \$ 103.091,36 | \$ 61.854,81 | \$ 164.946,17 | \$ 206.182,71 |
| 19 | \$ 103.091,36 | \$ 41.236,54 | \$ 144.327,90 | \$ 103.091,36 |
| 20 | \$ 103.091,36 | \$ 20.618,27 | \$ 123.709,63 | \$ 0,00 |
| Totales | am. de capital | \$ 1.855.644,39 | \$ 2.371.101,17 | \$ - |

Flujo de fondos

| FLUJO DE FONDO | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Ingresos | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | |
| Mantenimiento | | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 |
| Total egresos | | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | | | | |
| Biodigestores | \$ 87.693,54 | | | | | |
| Gasogeno | \$ 28.183,32 | | | | | |
| Obras civiles | \$ 450.250,00 | | | | | |
| Tanque de agua | \$ 40.535,00 | | | | | |
| Agitador y bomba | \$ 105.875,00 | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | \$ 855.345,00 | | | | | |
| Piping | \$ 395.763,00 | | | | | |
| Imprevistos | \$ 98.182,24 | | | | | |
| Flujo de fondo | -\$ 2.061.827,10 | \$ 171.926,3 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 |

| FLUJO DE FONDO | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 |
| Ingresos | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 |
| Total egresos | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | |
| Piping | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 |

| FLUJO DE FONDO | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 | Año 16 | Año 17 |
| Ingresos | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 |
| Total egresos | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | |
| Piping | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 |



| FLUJO DE FONDO | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Año 18 | Año 19 | Año 20 |
| Ingresos | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | |
| Mantenimiento | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 |
| Total egresos | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | |
| Biodigestores | | | |
| Gasogeno | | | |
| Obras civiles | | | |
| Tanque de agua | | | |
| Agitador y bomba | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | |
| Piping | | | |
| Imprevistos | | | |
| Flujo de fondo | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 | \$ 171.926,4 |

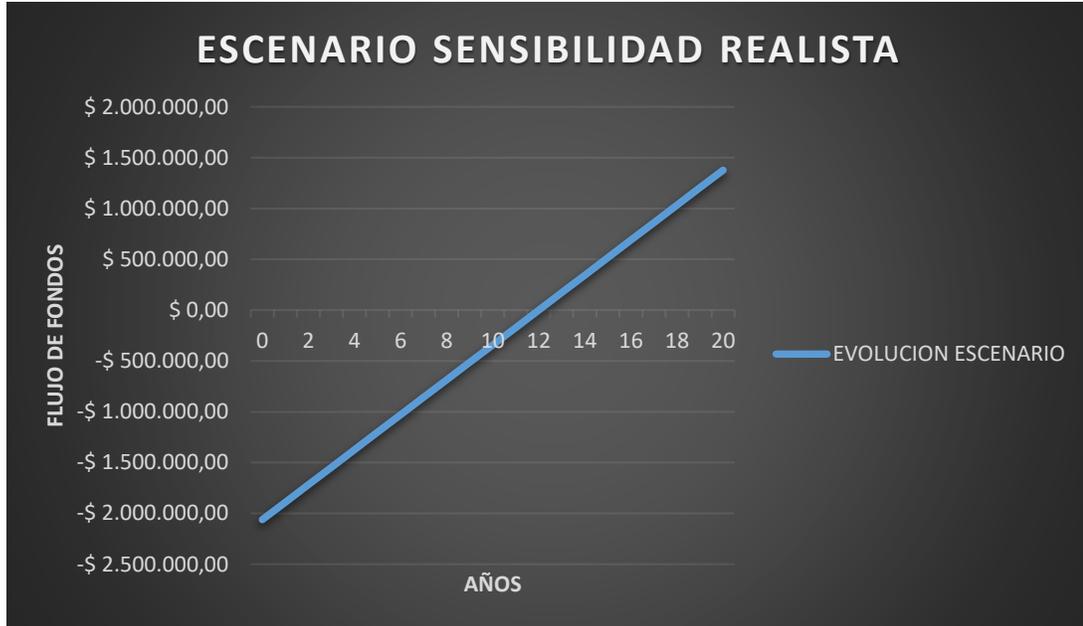
| | |
|------------|-------------------------|
| VAN | -\$ 1.224.618,02 |
| TIR | 5% |

Por lo que:

$$\left(\frac{VAN_n - VAN_e}{VAN_e}\right) \times 100\% = \frac{(-1.224.618 + 1.557.134,5)}{-1.557.134,5} \times 100\% = 21,35\%$$

Se puede observar que el VAN presenta una mejoría del 21,35%, pero sigue siendo negativo. Por lo que el proyecto en este escenario sigue siendo inviable. Si bien el indicador TIR ha mejorado y es positivo, sigue siendo menor que la tasa de rendimiento, por lo que se concluye que aun bajando la tasa de interés del préstamo y considerando un periodo de amortización mayor, la rentabilidad no mejora.

En la siguiente gráfica se puede observar en detalle la evolución del escenario a través de los años de amortización:



Escenario optimista

Amortización de la inversión

| Requerimiento de Fondos | |
|-------------------------|------------|
| Solicitado | \$ 412.365 |
| Tasa de Interés | 20% |
| Sistema Amort. | \$ 41.237 |



| Plan de Amortización | | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Año | Cuota | | | Saldo |
| | Am. de capital | Intereses | Total | |
| 0 | | | | \$ 412.365,42 |
| 1 | \$ 20.618,27 | \$ 82.473,08 | \$ 103.091,36 | \$ 391.747,15 |
| 2 | \$ 20.618,27 | \$ 78.349,43 | \$ 98.967,70 | \$ 371.128,88 |
| 3 | \$ 20.618,27 | \$ 74.225,78 | \$ 94.844,05 | \$ 350.510,61 |
| 4 | \$ 20.618,27 | \$ 70.102,12 | \$ 90.720,39 | \$ 329.892,34 |
| 5 | \$ 20.618,27 | \$ 65.978,47 | \$ 86.596,74 | \$ 309.274,07 |
| 6 | \$ 20.618,27 | \$ 61.854,81 | \$ 82.473,08 | \$ 288.655,79 |
| 7 | \$ 20.618,27 | \$ 57.731,16 | \$ 78.349,43 | \$ 268.037,52 |
| 8 | \$ 20.618,27 | \$ 53.607,50 | \$ 74.225,78 | \$ 247.419,25 |
| 9 | \$ 20.618,27 | \$ 49.483,85 | \$ 70.102,12 | \$ 226.800,98 |
| 10 | \$ 20.618,27 | \$ 45.360,20 | \$ 65.978,47 | \$ 206.182,71 |
| 11 | \$ 20.618,27 | \$ 41.236,54 | \$ 61.854,81 | \$ 185.564,44 |
| 12 | \$ 20.618,27 | \$ 37.112,89 | \$ 57.731,16 | \$ 164.946,17 |
| 13 | \$ 20.618,27 | \$ 32.989,23 | \$ 53.607,50 | \$ 144.327,90 |
| 14 | \$ 20.618,27 | \$ 28.865,58 | \$ 49.483,85 | \$ 123.709,63 |
| 15 | \$ 20.618,27 | \$ 24.741,93 | \$ 45.360,20 | \$ 103.091,36 |
| 16 | \$ 20.618,27 | \$ 20.618,27 | \$ 41.236,54 | \$ 82.473,08 |
| 17 | \$ 20.618,27 | \$ 16.494,62 | \$ 37.112,89 | \$ 61.854,81 |
| 18 | \$ 20.618,27 | \$ 12.370,96 | \$ 32.989,23 | \$ 41.236,54 |
| 19 | \$ 20.618,27 | \$ 8.247,31 | \$ 28.865,58 | \$ 20.618,27 |
| 20 | \$ 20.618,27 | \$ 4.123,65 | \$ 24.741,93 | \$ -0,00 |
| Totales | am. de capital | \$ 371.128,88 | \$ 474.220,23 | \$ - |

Flujo de fondos

| FLUJO DE FONDO | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| Ingresos | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | |
| Mantenimiento | | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortización de la inversión | | \$ 10.309,14 | \$ 10.309,14 | \$ 10.309,14 | \$ 10.309,14 | \$ 10.309,14 |
| Total egresos | | \$ 63.544,03 | \$ 63.544,03 | \$ 63.544,03 | \$ 63.544,03 | \$ 63.544,03 |
| Inversión inicial | | | | | | |
| Biodigestores | \$ 17.538,71 | | | | | |
| Gasogeno | \$ 5.636,66 | | | | | |
| Obras civiles | \$ 90.050,00 | | | | | |
| Tanque de agua | \$ 8.107,00 | | | | | |
| Agitador y bomba | \$ 21.175,00 | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | \$ 171.069,00 | | | | | |
| Piping | \$ 79.152,60 | | | | | |
| Imprevistos | \$ 19.636,45 | | | | | |
| Flujo de fondo | -\$ 412.365,42 | \$ 213.162,9 |



| FLUJO DE FONDO | | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 |
|------------------------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ingresos | | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 |
| total ingresos | \$ | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 |
| Otros | \$ | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 |
| Total egresos | \$ | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 |
| Inversion inicial | | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | | |
| Piping | | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 |

| FLUJO DE FONDO | | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 | Año 16 | Año 17 |
|------------------------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ingresos | | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 | 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 | 12.960,00 |
| total ingresos | \$ | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 | 276.706,92 |
| Egresos | | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 |
| Otros | \$ | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 | 10.309,14 |
| Total egresos | \$ | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 | 63.544,03 |
| Inversion inicial | | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | | |
| Piping | | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 | 213.162,9 |



| FLUJO DE FONDO | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Año 18 | Año 19 | Año 20 |
| Ingresos | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 | \$ 222.798,00 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 | \$ 12.960,00 |
| total ingresos | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 | \$ 276.706,92 |
| Egresos | | | |
| Mantenimiento | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ 10.309,14 | \$ 10.309,14 | \$ 10.309,14 |
| Total egresos | \$ 63.544,03 | \$ 63.544,03 | \$ 63.544,03 |
| Inversion inicial | | | |
| Biodigestores | | | |
| Gasogeno | | | |
| Obras civiles | | | |
| Tanque de agua | | | |
| Agitador y bomba | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | |
| Piping | | | |
| Imprevistos | | | |
| Flujo de fondo | \$ 213.162,9 | \$ 213.162,9 | \$ 213.162,9 |

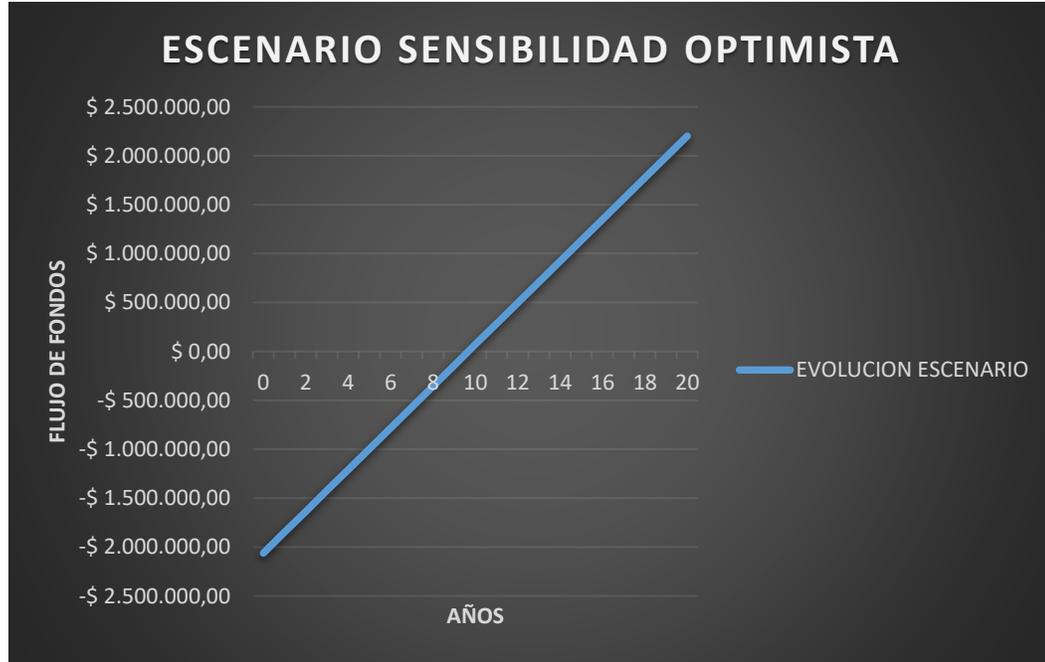
| | |
|------------|----------------------|
| VAN | \$ 625.648,29 |
| TIR | 52% |

Por lo que:

$$\left(\frac{VAN_n - VAN_e}{VAN_e}\right) \times 100\% = \frac{625648 - 438093}{438093} \times 100\% = 42,81\%$$

Se puede observar que el VAN presenta una mejoría del 42,81% y la TIR también ha aumentado y es mayor que la tasa de rendimiento, por lo que el proyecto en este escenario es más rentable aún. Se concluye que bajando la tasa de interés del préstamo y considerando un periodo de amortización mayor, la rentabilidad mejora.

En la siguiente gráfica se puede observar en detalle la evolución del escenario a través de los años de amortización:



Escenario pesimista

Amortización de la inversión

| Requerimiento de Fondos | |
|-------------------------|--------------|
| Solicitado | \$ 2.061.827 |
| Tasa de Interes | 20% |
| Sistema Amort. | \$ 103.091,4 |



| Plan de Amortización | | | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| Año | Cuota | | | Saldo |
| | Am. de capital | Intereses | Total | |
| 0 | | | | \$ 2.061.827,10 |
| 1 | \$ 103.091,36 | \$ 412.365,42 | \$ 515.456,78 | \$ 1.958.735,75 |
| 2 | \$ 103.091,36 | \$ 391.747,15 | \$ 494.838,50 | \$ 1.855.644,39 |
| 3 | \$ 103.091,36 | \$ 371.128,88 | \$ 474.220,23 | \$ 1.752.553,04 |
| 4 | \$ 103.091,36 | \$ 350.510,61 | \$ 453.601,96 | \$ 1.649.461,68 |
| 5 | \$ 103.091,36 | \$ 329.892,34 | \$ 432.983,69 | \$ 1.546.370,33 |
| 6 | \$ 103.091,36 | \$ 309.274,07 | \$ 412.365,42 | \$ 1.443.278,97 |
| 7 | \$ 103.091,36 | \$ 288.655,79 | \$ 391.747,15 | \$ 1.340.187,62 |
| 8 | \$ 103.091,36 | \$ 268.037,52 | \$ 371.128,88 | \$ 1.237.096,26 |
| 9 | \$ 103.091,36 | \$ 247.419,25 | \$ 350.510,61 | \$ 1.134.004,91 |
| 10 | \$ 103.091,36 | \$ 226.800,98 | \$ 329.892,34 | \$ 1.030.913,55 |
| 11 | \$ 103.091,36 | \$ 206.182,71 | \$ 309.274,07 | \$ 927.822,20 |
| 12 | \$ 103.091,36 | \$ 185.564,44 | \$ 288.655,79 | \$ 824.730,84 |
| 13 | \$ 103.091,36 | \$ 164.946,17 | \$ 268.037,52 | \$ 721.639,49 |
| 14 | \$ 103.091,36 | \$ 144.327,90 | \$ 247.419,25 | \$ 618.548,13 |
| 15 | \$ 103.091,36 | \$ 123.709,63 | \$ 226.800,98 | \$ 515.456,78 |
| 16 | \$ 103.091,36 | \$ 103.091,36 | \$ 206.182,71 | \$ 412.365,42 |
| 17 | \$ 103.091,36 | \$ 82.473,08 | \$ 185.564,44 | \$ 309.274,07 |
| 18 | \$ 103.091,36 | \$ 61.854,81 | \$ 164.946,17 | \$ 206.182,71 |
| 19 | \$ 103.091,36 | \$ 41.236,54 | \$ 144.327,90 | \$ 103.091,36 |
| 20 | \$ 103.091,36 | \$ 20.618,27 | \$ 123.709,63 | \$ 0,00 |
| Totales | am. de capital | \$ 1.855.644,39 | \$ 2.371.101,17 | \$ - |

Flujo de fondo

| FLUJO DE FONDO | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| Ingresos | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 |
| total ingresos | | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 |
| Egresos | | | | | | |
| Mantenimiento | | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 |
| Total egresos | | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | | | | |
| Biodigestores | \$ 87.693,54 | | | | | |
| Gasogeno | \$ 28.183,32 | | | | | |
| Obras civiles | \$ 450.250,00 | | | | | |
| Tanque de agua | \$ 40.535,00 | | | | | |
| Agitador y bomba | \$ 105.875,00 | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | \$ 855.345,00 | | | | | |
| Piping | \$ 395.763,00 | | | | | |
| Imprevistos | \$ 98.182,24 | | | | | |
| Flujo de fondo | -\$ 2.061.827,10 | \$ 101.198,9 | \$ 101.199,0 | \$ 101.199,0 | \$ 101.199,0 | \$ 101.199,0 |

| FLUJO DE FONDO | | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 |
|------------------------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ingresos | | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 |
| total ingresos | \$ | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 |
| Egresos | | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 |
| Otros | \$ | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 |
| Total egresos | \$ | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | | |
| Piping | | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 |

| FLUJO DE FONDO | | Año 12 | Año 13 | Año 14 | Año 15 | Año 16 | Año 17 |
|------------------------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ingresos | | | | | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 | 155.958,60 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 | 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 | 9.072,00 |
| total ingresos | \$ | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 | 205.979,52 |
| Egresos | | | | | | | |
| Mantenimiento | \$ | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 | 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 | 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 | 4.500,00 |
| Otros | \$ | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 | 51.545,68 |
| Total egresos | \$ | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 | 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | | | | | |
| Biodigestores | | | | | | | |
| Gasogeno | | | | | | | |
| Obras civiles | | | | | | | |
| Tanque de agua | | | | | | | |
| Agitador y bomba | | | | | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | | | | | |
| Piping | | | | | | | |
| Imprevistos | | | | | | | |
| Flujo de fondo | \$ | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 | 101.199,0 |



| FLUJO DE FONDO | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Año 18 | Año 19 | Año 20 |
| Ingresos | | | |
| ENERGIA ELECTRICA | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 | \$ 155.958,60 |
| VENTA BIOFERTILIZANTE | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 | \$ 40.948,92 |
| BIOGAS PARA CONSUMO | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 | \$ 9.072,00 |
| total ingresos | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 | \$ 205.979,52 |
| Egresos | | | |
| Mantenimiento | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 30.000,00 |
| Recursos Humanos | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 | \$ 17.534,89 |
| Costos operativos | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 | \$ 4.500,00 |
| Otros | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| Amortizacion de la inversion | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 | \$ 51.545,68 |
| Total egresos | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 | \$ 104.780,57 |
| Inversion inicial | | | |
| Biodigestores | | | |
| Gasogeno | | | |
| Obras civiles | | | |
| Tanque de agua | | | |
| Agitador y bomba | | | |
| Obra electrica y grupo electrogeno | | | |
| Piping | | | |
| Imprevistos | | | |
| Flujo de fondo | \$ 101.199,0 | \$ 101.199,0 | \$ 101.199,0 |

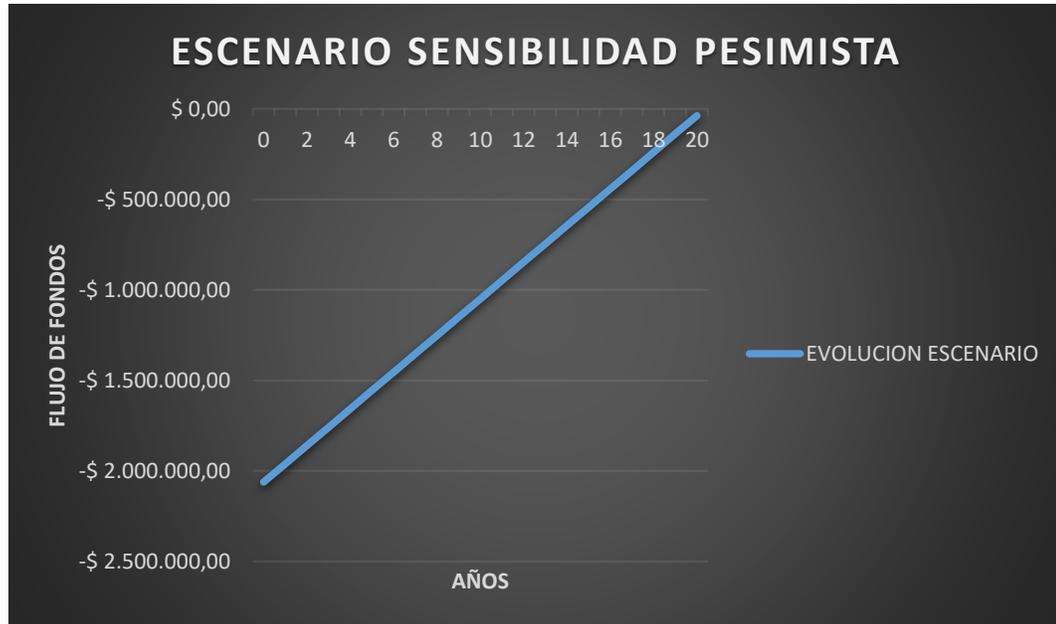
| | |
|------------|-------------------------|
| VAN | -\$ 1.569.030,74 |
| TIR | 0% |

Por lo que:

$$\left(\frac{VAN_n - VAN_e}{VAN_e}\right) \times 100\% = \frac{-1.569.030,74 + 1.853.657,15}{-1.853.657,15} \times 100\% = 15,35\%$$

Se puede observar que el VAN presenta una mejoría del 15,35%, pero sigue siendo negativo. En el caso de la TIR, aunque haya presentado una mejoría, sigue siendo inferior a la tasa de rendimiento exigida, Por lo que el proyecto en este escenario sigue siendo inviable. Se concluye que aun bajando la tasa de interés del préstamo y considerando un periodo de amortización mayor, la rentabilidad no mejora.

En la siguiente gráfica se puede observar en detalle la evolución del escenario a través de los años de amortización:



Costo anual totalizado (CAT)

El CAT es una medida estandarizada del costo de financiamiento, expresado en términos porcentuales anuales que, para fines informativos y de comparación, incorpora la totalidad de los costos y gastos inherentes a los créditos que otorgan las instituciones.

Este parámetro consta de varios términos, que se describen a continuación:

$$CAT = \sum CI * FRC + PE * CE + CM$$

Dónde:

- CI: Costo de la Inversión inicial.
- FRC: Factor de Recupero del Capital, representa el valor anual durante “N” años, equivalente a una cantidad en el presente, a una tasa de descuento “i” dada; su ecuación es:



$$FRC = \frac{i * (1 + i)^N}{(1 + i)^N - 1}$$

- PE: Precio de la Energía, expresado en [\$/kWh].
- CE: Consumo anual de Energía.
- CM: Costo de Mantenimiento, en [\$/año].

El CAT se realizará para cada una de las alternativas previamente descriptas.

Para determinar el precio de la energía se debe tener en cuenta la tarifa de la la empresa de servicios públicos de electricidad de Romang y el consumo anual de la granja:

Primeros 120 Kw.h → 120 [Kw.h] x 1,65408 [\$/Kw.h]= \$198,48

Siguientes 120 Kw.h → 120 [Kw.h] x 2,14070 [\$/Kw.h]= \$256,88

Siguientes 160 Kw.h → 160 [Kw.h] x 3,66373 [\$/Kw.h]= \$586,19

Restantes 7030 Kw.h → 7030 [Kw.h] x 3,96269 [\$/Kw.h]= \$27857,77

Por lo que:

Energía anual = 7430 [Kw.h]

Los primeros 120 [Kw.h] representan un 1,61% del total.

Los segundos 120 [Kw.h] representan un 1,61% del total.

Los siguientes 160 [Kw.h] representan un 2,15% del total.

Los restantes 7030 [Kw.h] representan un 94,61% del total.

Entonces, el costo de la energía será:

$$CE = 0,0161 * 1,65408 \left[\frac{\$}{\text{Kw.h}} \right] + 0,0161 * 2,14070 \left[\frac{\$}{\text{Kw.h}} \right] + 0,0215 * 3,66373 \left[\frac{\$}{\text{Kw.h}} \right] + 0,9461 * 3,96269 \left[\frac{\$}{\text{Kw.h}} \right] =$$

$$3,88889 \left[\frac{\$}{\text{Kw.h}} \right]$$



Los resultados del CAT para cada escenario son los siguientes:

| ESCENARIO | CI | FRC | PE | CE | CM | CAT |
|-----------|-----------|--------|---------|-------|-------|---------------|
| REALISTA | 2061827,1 | 0,2385 | 3,88889 | 44580 | 30000 | \$ 695.112,48 |

| ESCENARIO | CI | FRC | PE | CE | CM | CAT |
|-----------|-----------|--------|---------|-------|-------|---------------|
| PESIMISTA | 2061827,1 | 0,2385 | 3,88889 | 44580 | 30000 | \$ 695.112,48 |

| ESCENARIO | CI | FRC | PE | CE | CM | CAT |
|-----------|------------|--------|---------|-------|-------|---------------|
| OPTIMISTA | 412365,421 | 0,2385 | 3,88889 | 44580 | 30000 | \$ 301.715,87 |

| ESCENARIO | CI | FRC | PE | CE | CM | CAT |
|-------------|-----------|--------|---------|-------|-------|---------------|
| SENS. REAL. | 2061827,1 | 0,2053 | 3,88889 | 44580 | 30000 | \$ 626.659,82 |

| ESCENARIO | CI | FRC | PE | CE | CM | CAT |
|-------------|-----------|--------|---------|-------|-------|---------------|
| SENS. REAL. | 412365,42 | 0,2053 | 3,88889 | 44580 | 30000 | \$ 288.025,34 |

| ESCENARIO | CI | FRC | PE | CE | CM | CAT |
|-------------|-----------|--------|---------|-------|-------|---------------|
| SENS. REAL. | 2061827,1 | 0,2053 | 3,88889 | 44580 | 30000 | \$ 626.659,82 |

Como se puede observar en los tres primeros escenarios, el CAT del optimista es menor, ya que el estado subsidiará el 80% de la inversión inicial. Por lo que ésta última resulta ser la más apropiada. Lo mismo sucede en los escenarios con sensibilidad, es decir, el CAT del optimista es menor. Siendo así el escenario de sensibilidad optimista la mejor alternativa de las seis.



CAPÍTULO 13: IMPACTO AMBIENTAL

En la actualidad, el agotamiento de las fuentes clásicas de energía y el calentamiento global (provocado en gran medida por la emisión de CO_2 producto de la obtención de energías convencionales, tales como quema de petróleo, carbón y gas), ha llevado a la implementación y uso de energías renovables.

La generación de energía se traduce en un impacto ambiental, y una manera de medir esto es a través de la huella de carbono, la cual se entiende como la totalidad de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmosfera de manera directa o indirecta y se mide en masa de CO_2 equivalente. En la Argentina, para el rubro energético se ha calculado que cada kw.h de energía generada equivale a 532 gramos de CO_2 emitidos a la atmosfera (en el caso de energía a partir de fuentes fósiles). Por lo que, al generar energía a través de fuentes renovables, esto se traduce en una reducción de la masa de CO_2 emitida a la atmosfera. De esta manera, durante toda la vida útil de la instalación de la planta de biogás, la energía que se genera se traduce en gramos de CO_2 .

Ya que la generación de energía bimestral de la instalación es de 7430 Kw.h, al año se obtendrán un total de 44.580 Kw.h. Si a este valor, lo multiplicamos por el equivalente en gramos de CO_2 , se obtendrá la cantidad de este gas que deja de ser emitido a la atmosfera:

$$grCO_2 \text{ anuales} = 44.580 \text{ kWh} \times 532 \frac{gr}{kWh} = 23.716.560 \text{ grCO}_2 \text{ anuales}$$

Como se explicó previamente, los dos componentes principales del biogás son el dióxido de carbono y el metano. Como subproducto de la planta de bio

gás se obtiene un fertilizante de gran valor agronómico. Además, el balance de CO_2 debe ser considerado en conjunto con todos los factores implicados, para poder valorar si su impacto ambiental es positivo en conjunto o impacta negativamente sobre el medioambiente. Pero, en este caso en particular, la necesidad de eliminación de los residuos ganaderos y la generación de biofertilizantes, indican que los beneficios ambientales obtenidos, superan los inconvenientes. Además, la generación de estos fertilizantes sustituye a los productos industriales, los cuales poseen gran poder contaminante.



Es importante destacar, que este tipo de instalaciones al tratar los residuos mediante digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno) ayudan a disminuir los olores de los residuos en un gran porcentaje. Además, al tratar los residuos de esta manera se reduce la emisión de metano y amoníaco, dando como resultado la disminución de emisión de gases de efecto invernadero.

Como conclusión, se entiende que la generación de energía a través de biogás es favorable para el medioambiente, ya que, las plantas en su crecimiento necesitan de abono y CO_2 , a su vez estas son la base principal de alimentación de los animales. Luego, estos generan purines, que son la materia prima de los biodigestores. De esta manera se cierra un ciclo renovable y sostenible, por lo que se concluye en un impacto ambiental positivo.

BIBLIOGRAFÍA

Técnicos de CASM, Juan Manuel Machorro, Edy Méndez; Manual Técnico: La Experiencia de Construcción y Uso de Biodigestores para Producción Energética en Copan y Lempira.

Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares, 16 de junio 2011, Lima.

Especificaciones técnicas para biodigestores pequeños tipo laguna. SAGARPA. Secretaria de agricultura, -ganadería, desarrollo rural, física y alimentación. 2013.

HERRERO, Jaime Marti. Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación. Bolivia: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) y Ministerio de Energía y desarrollo de Bolivia, 2008

SAMANI, Zohrab. "Generación de Energía y Fertilizantes orgánicos a partir de residuos agrícolas. Universidad del estado de nuevo México, Estados Unidos. 2004.

Biodigestores, una alternativa a la autosuficiencia energética y de bio-fertilizantes. Fundación Hábitat, Colombia (Abril de 2005).

Eduardo S. Gropelli y Orlando A. Giampaoli. "El camino de la biodigestión".

Botero Raúl; Preston Thomas. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas.

KIELY G. Ingeniería Ambiental Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Vol. 3; 1999 Ed. McGraw-Hill.

ROMERO, Gabriel Moncayo. Dimensionamiento, diseño y construcción de biodigestores y plantas de biogás

LOPEZ, Villarubia Miguel. Ingeniería de la Energía Eólica

CARTA GONZALEZ, José. Centrales de energías renovables. Madrid. Pearson Educación 2009



ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA AEA 90364, Parte 7: Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles. Argentina: AEA 2006.

MACHORRO, Juan M. y MÉNDEZ Edy. Manual Técnico: La Experiencia de Construcción y Uso de Biodigestores para Producción Energética. Diciembre de 2011.

PIZARRO, Sergio. Biodigestor. Argentina: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2005.

Groppelli, E. Giampaoli, O. 2001. Ambiente y tecnología socialmente apropiada. El camino de la biodigestión. Centro de publicaciones, Secretaría de extensión. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina



ANEXO 1: PLANOS



LISTA DE PLANOS

- 1) Diagrama de procesos
- 2) Circuitos IUG
- 3) Circuitos TUE
- 4) Circuitos TUG
- 5) Lay out
- 6) Zanja
- 7) Salida biodigestor
- 8) Pileta purines
- 9) Pileta efluentes
- 10) Canal Efluentes
- 11) Bomba de recolección
- 12) Agitador



ANEXO 2: TABLAS, PRESUPUESTOS Y CATÁLOGOS