



Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ingeniería y Ciencia Agropecuarias

**EVALUACION DE PROYECTO DE INVERSION
DE EMPRESA DEDICADA
AL CALCULO, DISEÑO, E INSTALACION
DE REACTORES ANAEROBICOS**

Autor
Garro Leila Milena

Trabajo Final de Ingeniería Industrial

Director
Ing: Rimini Ester María Eugenia

Codirector
Ing: Diaz Jorge Nicolas

Villa Mercedes, San Luis

2024

DERECHO DE AUTOR

© 2024 Garro Leila Milena

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

DEDICATORIA

A Dios, por inspirarme a soñar, por darme la fuerza para seguir adelante y alcanzar este título.

A mi madre, por siempre creer en mí, por sus oraciones y sacrificios incansables.

A mi colega y compañero de tesis, Bruno, quien fue un apoyo fundamental. Gracias por compartir conmigo esta apasionante profesión.

A mis amigas de la facultad, Brenda y Carolina, gracias por su amistad incondicional.

A mis profesores, quienes han sido esenciales en mi formación académica y profesional.

Finalmente, a todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido a mi crecimiento personal y académico.

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la factibilidad técnica, social y económica para crear una empresa dedicada al cálculo, diseño e instalación de reactores anaeróbicos. Se realizaron estudios de mercado, demográficos, técnicos, de tiempos, legales, ambientales y económicos.

El estudio de mercado identificó oportunidades y amenazas para la nueva empresa. El estudio demográfico determinó la mejor ubicación basada en la demanda potencial. El estudio técnico, basado en el trabajo de Bruno Ferri, especificó los detalles de los reactores. El estudio de tiempos evaluó la complejidad y duración de cada etapa del proyecto. El estudio legal abordó la selección del modelo de empresa y las leyes impositivas relevantes. El estudio ambiental evaluó el impacto y las acciones de mitigación necesarias.

El estudio económico investigó proveedores y servicios tercerizados, estableciendo los costos totales y confeccionando el flujo de caja, plan de pagos y métodos de financiamiento. Herramientas financieras como VAN, TIR y PRI se utilizaron junto con un análisis de sensibilidad.

La evaluación concluyó con la viabilidad técnica, social y económica del proyecto, mostrando rentabilidad positiva y ganancias atractivas, así como opciones viables para la adquisición de componentes y cumplimiento de normativas impositivas.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	1
1.1	Objetivo general	2
1.1	Objetivos específicos	2
1.2	Justificación	2
1.3	Alcance.....	3
1.4	Metodología	4
1.5	Antecedentes.....	5
2	MARCO TEORICO	6
2.1	Reactor anaeróbico	6
2.1.1	Tipos de reactores anaeróbicos	6
2.2	Biogás.....	10
2.2.1	Definición y composición.....	10
2.2.2	Usos del biogás	11
2.3	Proceso de biodigestión	12
2.4	Codigestion	13
2.5	Biomasa.....	15
2.6	Biometano.....	15
2.6.1	Proceso de Producción de biometano.....	16
2.7	Tecnicismos de proyectos de inversión	17
2.7.1	Estudio de mercado	17
2.7.2	Estudio de localización.....	20
2.7.3	Estudio técnico	21
2.7.4	Estudio legal	21
2.7.5	Estudio ambiental.....	22
2.7.6	Estudio económico.....	24
2.7.7	VAN, TIR, PRI.....	25
2.7.8	Análisis de sensibilidad	26
3	ANALISIS Y DESARROLLO.....	28
3.1	Prefactibilidad	28
3.1.1	Problemática u oportunidad de inversión	28
3.2	Factibilidad.....	35
3.2.1	Herramientas del estudio de mercado.....	35
3.2.2	Estudio de mercado	43
3.2.3	Estudio de localización.....	50

3.2.4	Estudio técnico	52
3.2.5	Estudio ambiental.....	67
3.2.6	Estudio legal	76
3.2.7	Estudio económico y financiero.....	80
3.2.8	Línea de pagos.....	83
3.2.9	Costos por actividad.....	83
3.2.10	Análisis de financiamiento	87
3.3	Flujo de caja	90
3.3.1	Análisis de sensibilidad	98
3.3.2	PRI aproximado de la S.A.S	101
3.3.3	Marketing.....	101
3.3.4	PRI aproximado del cliente	102
4	CONCLUSIONES	106
4.1	Propuestas de Mejora	108
4.2	Bibliografía	109
4.3	Webgrafía	110

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proyecto de biometano.....	6
Figura 2: Tipos de reactores.....	7
Figura 3: Sistema compuesto por reactores mezcla completa.....	8
Figura 4: Tipos de reactores II.....	9
Figura 5: Reactor de biodigestión seca.....	10
Figura 6: Sistema de aprovechamiento de biogás.....	12
Figura 7: Etapas de la biodigestión.....	13
Figura 8: Composición de la biomasa.....	15
Figura 9: Producción de biometano.....	16
Figura 10: EIA.....	23
Figura 11: Productos obtenidos a base de cerdo.....	29
Figura 12: Granja porcina con paneles solares.....	31
Figura 13: Granja porcina mini eólica.....	32
Figura 14 Criadero porcino.....	34
Figura 15: Biodigestor para purines de cerdo.....	35
Figura 16: Porcino de pequeña edad.....	36
Figura 17: Análisis PESTEL.....	37
Figura 18: Análisis FODA.....	40
Figura 19: 5 fuerzas de Porter.....	40
Figura 20: Distribución de establecimientos porcinos en el país.....	43
Figura 21: Cantidad de porcinos por departamentos.....	44
Figura 22: Biomax empresa de biodigestores.....	46
Figura 23: Saninar empresa de biodigestores.....	46
Figura 24: BioSoluciones empresa de biodigestores.....	47
Figura 25: Villavicencio empresa de biodigestores.....	48
Figura 26: Las 4 P del marketing.....	48
Figura 27: Criaderos porcinos con más de 500 madres.....	51
Figura 28: Flujograma de procesos.....	53
Figura 29. Instalación de cubierta en biodigestor.....	55
Figura 30: Grupo electrógeno.....	55
Figura 31: Sistema de agitación.....	56
Figura 32: Válvula de seguridad.....	56
Figura 33: Bomba centrífuga para efluentes.....	57
Figura 34: Forma de sistema de calefacción, tubería de polietileno.....	57
Figura 35: Chiller enfriador de gas.....	58
Figura 36: Soplador tipo ATEX para biogás.....	58

Figura 37: Planos del biodigestor.	59
Figura 38: Vista lateral del reactor con pared traslucida.....	60
Figura 39: Construcción de reactor anaeróbico.	60
Figura 40: Sala de control.	61
Figura 41: Control de calidad del sustrato.	62
Figura 42: Diagrama de PERT-CPM.....	64
Figura 43: Propuesta de vista general de software de mantenimiento.....	65
Figura 44: Uso convencional del purín de cerdo.....	68
Figura 45: Peligros en las plantas de biogás.	68
Figura 46: Arrestador de flama.	70
Figura 47: Quemador, componente de seguridad.....	71
Figura 48: Pararrayos, componente de seguridad.....	71
Figura 49: Prima de riesgo.....	93
Figura 50: Rentabilidad del bono EE.UU.....	93
Figura 51: Valor de beta.	94
Figura 52: Impuesto a las ganancias.....	95
Figura 53: VAN proyectado.....	99
Figura 54: TIR proyectado.	99
Figura 55: Análisis de riesgo para TIR.	100
Figura 56: Análisis de riesgo para TIR.	100
Figura 57: Pagina web de BIOENERGY.....	102
Figura 58: Precio de tonelada de maíz.....	102
Figura 59: Precios del mercado energético.....	103
Figura 60: Aplicacion de biofertilizantes.	105

INDICES DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de reactores.	7
Tabla 2: Tabla 2: Matriz de decisión.	33
Tabla 3: Analisis PERT.	62
Tabla 4: Impactos ambientales.	73
Tabla 5: Matriz de Leopold.	74
Tabla 6: Calificaciones ambientales.	75
Tabla 7: Impactos y medidas ambientales.	75
Tabla 8: Presupuesto de apertura de S.A.S.	81
Tabla 9: Flujo de costos fijos de la S.A.S.	81
Tabla 10: Línea de pagos.	83
Tabla 11: Datos de Flujo de caja.	91
Tabla 12: Flujo de caja.	91
Tabla 13: Prima de riesgo de EE UU.	94
Tabla 14: VAN, TIR, WACC.	98

1 INTRODUCCION

El biogás es una fuente de energía renovable que puede considerarse como una solución para aliviar los problemas energéticos actuales, disminuir la contaminación producida por los desechos orgánicos sin tratar y proporcionar alternativas económicas a los establecimientos porcinos.

Históricamente, la realidad de muchas comunidades rurales dedicadas a la cría de animales ha sido significativamente desafiante. A menudo, estas zonas se encuentran alejadas de la sociedad y, por ende, del tendido eléctrico domiciliario, lo cual dificulta y encarece la obtención de este recurso vital. Esta carencia de acceso a la electricidad limita las oportunidades de desarrollo económico y la calidad de vida de los habitantes y sus animales en estas áreas.

Esta situación impulsa la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles, como la implementación de reactores anaeróbicos. La instalación de estos dispositivos ofrece una alternativa eficiente para aprovechar la abundancia de desechos orgánicos y transformarlos en recursos energéticos utilizables.

Con el objetivo de construir industrialmente biodigestores, se plantea la conformación de una empresa de servicios especializada en el cálculo, diseño e instalación de reactores anaeróbico. Para ello, se realiza el presente estudio de evaluación del proyecto de inversión.

La creación de esta empresa no solo representa una solución práctica e integral para los desafíos energéticos en zonas rurales, sino también una oportunidad para impulsar el desarrollo económico de estas comunidades dedicadas a la cría de porcinos.

1.1 Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo final es llevar a cabo un análisis y evaluación detallada de la factibilidad técnica, comercial y socioeconómica del proyecto de establecer una empresa especializada en el cálculo, diseño, e instalación de biodigestores. Este proyecto se presenta como una iniciativa innovadora y prometedora en el contexto actual, donde la sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos naturales son imperativos para el desarrollo económico y social.

1.1 Objetivos específicos

- » Evaluar la demanda actual y potencial del servicio según estudios demográfico, sociales y económicos.
- » Analizar el servicio, sus componentes, características, funcionamiento, beneficios, ventajas y desventajas.
- » Establecer la estructura legal, económica, social y ambiental que aplica a la generación de la nueva empresa dedicada a estas actividades.
- » Confección de un análisis financiero que establezca la viabilidad económica del proyecto.

1.2 Justificación

La elección posee carácter de nicho de negocios, donde las barreras de ingreso son intelectuales y se busca establecer la existencia de una potencial demanda, además de la rentabilidad positiva.

Los biodigestores representan una fuente de energía renovable con importantes beneficios económicos y medioambientales. Actualmente, la implementación de biodigestores se concentra mayormente en industrias específicas.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un servicio integral y diversificado, con un enfoque ingenieril adaptado a diversas situaciones económicas y demográficas. Se busca ampliar el acceso de los usuarios a los beneficios de esta tecnología y fomentar el uso de energía limpia y abundante. Los servicios se adaptan a las características particulares de cada ubicación, y materia prima disponible.

A pesar del interés global en esta tecnología, su difusión en el país es limitada debido a los desafíos técnicos y de seguridad asociados. Es fundamental realizar un estudio exhaustivo para garantizar el funcionamiento seguro y continuo de los equipos.

Se deben considerar diversos factores, como las variaciones en la materia prima, su estado y composición química, así como las condiciones ambientales, la temperatura y la presión, que influyen en la generación de biogás.

Este sector representa una oportunidad de negocio y crecimiento económico aún no completamente aprovechada y en constante desarrollo. Los biodigestores tienen una amplia gama de aplicaciones y son considerados un nicho de negocio en países y regiones con granjas y cultivos.

Las barreras de entrada para empresas de servicios incluyen la inversión inicial, la especialización técnica, el costo de herramientas y equipos, y el establecimiento de programas de mantenimiento preventivo y correctivo. Además, se deben abordar aspectos regulatorios, impositivos y comerciales, así como la identificación y establecimiento del mercado consumidor.

1.3 Alcance

En el siguiente trabajo se desarrollan las distintas etapas de una evaluación de proyecto de inversión, el cual prevé ser aplicado a un primer potencial cliente ubicado en la provincia de San Luis, Villa Mercedes. Y busca establecer la viabilidad técnica, social y económica para emprender una nueva empresa que brinde este servicio de manera integral.

Siendo el trabajo de carácter predictivo es que se desarrollaran las etapas de estudio:

- » Mercado
- » Demográfico
- » Ambiental
- » Legal
- » Económico

Se utilizarán los resultados obtenidos en el estudio técnico realizado en paralelo por el estudiante de Ingeniería Electromecánica: Ferri Bruno Alejandro, titulado: 'Diseño de una planta para la generación de energía eléctrica basada en el uso de reactores anaeróbicos'.

1.4 Metodología

En el marco metodológico de este estudio, se emplearon diversas técnicas de investigación especializadas en el análisis de proyectos financieros. Se comenzó recopilando datos tanto actuales como históricos de empresas similares, lo que proporciono un contexto relevante para la evaluación de viabilidad. Esta información se sometió a un análisis exhaustivo, que abarco tanto aspectos cualitativos como cuantitativos.

En primer lugar, se realizó un análisis demográfico, geográfico y económico para comprender el entorno en el que se desarrollará el proyecto. Esto incluyo la identificación de variables relevantes, como la distribución de la población objetivo, las características geográficas del área de operación y las tendencias económicas locales y regionales.

Además, se empleó herramientas visuales como tablas, diagramas y gráficos para representar de manera clara y concisa la información recopilada y facilitar su interpretación. Estas herramientas ayudaron a identificar patrones, tendencias y relaciones significativas entre las variables analizadas.

Para la planificación operativa, se aplicó técnicas como el análisis de limitaciones operativas, el uso del camino crítico y la programación lineal. Estas herramientas permitieron determinar los tiempos de entrega del servicio, gestionar y administrar los tiempos operativos de acuerdo con la demanda esperada y optimizar los recursos disponibles.

En términos financieros, se llevó a cabo una estimación detallada de costos y beneficios, incluyendo la proyección de requerimientos de capital de trabajo, la estructuración del flujo de caja y la aplicación de fundamentos de matemáticas financieras. Esto permitió evaluar la rentabilidad del proyecto y determinar su capacidad para generar retornos financieros adecuados.

Asimismo, se realizó un análisis y gestión de riesgos del proyecto, identificando posibles amenazas y desarrollando estrategias para mitigar su impacto. Se exploraron diferentes escenarios mediante el análisis de sensibilidad, lo que ayudo a comprender cómo alteraciones en ciertas variables pueden afectar los resultados financieros del proyecto.

En resumen, la metodología propuesta integra un enfoque multidisciplinario y riguroso, que combina técnicas de investigación cuantitativas y cualitativas para evaluar de manera integral la viabilidad y el potencial de éxito del proyecto financiero en cuestión.

1.5 Antecedentes

En Argentina, la actividad porcina es una de las más relevantes dentro del sector ganadero, y genera grandes volúmenes de excrementos que representan un problema ambiental si no se trata adecuadamente.

El uso de biodigestores para el tratamiento de estos residuos comenzó a implementarse en algunas granjas porcinas a partir de la década de 1990, impulsado por organismos gubernamentales y organizaciones no gubernamentales que promovían estas tecnologías. Sin embargo, su adopción fue inicialmente lenta debido a factores como los altos costos de inversión, la falta de conocimientos técnicos y la falta de incentivos económicos.

A partir de la década del 2000, el interés en los biodigestores aumentó debido a la creciente conciencia ambiental y la necesidad de encontrar soluciones sostenibles para el manejo de residuos orgánicos. Además, el gobierno argentino implementó programas y políticas para promover el uso de energías renovables, lo que impulsó el desarrollo de proyectos de biodigestión.

Actualmente, existen varios casos exitosos de granjas porcinas que han implementado biodigestores en diferentes regiones de Argentina, como la provincia de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Chaco. Estos sistemas no solo permiten el tratamiento de los residuos, sino que también generan biogás que se utiliza para la producción de energía eléctrica y/o térmica, reduciendo así los costos operativos de las granjas.

Sin embargo, a pesar de los avances, la adopción de biodigestores en el sector porcino argentino aún enfrenta desafíos, como la falta de financiamiento, la necesidad de capacitación técnica y la falta de incentivos económicos adecuados. Por lo tanto, es necesario continuar promoviendo y fomentando el uso de estas tecnologías para lograr un manejo más sostenible de los residuos y aprovechar los beneficios ambientales y energéticos que ofrecen.

2 MARCO TEORICO

2.1 Reactor anaeróbico

Un reactor anaeróbico porcino, también conocido como biodigestor para desechos porcinos, es una instalación tecnológica diseñada para procesar residuos orgánicos provenientes de granjas porcinas mediante la digestión anaeróbica. Esta tecnología se utiliza para descomponer material biodegradable en ausencia de oxígeno, lo que permite la producción de biogás, un recurso energético renovable, y biofertilizante.



Figura 1: Proyecto de biometano.

Fuente: Industria química Biovic.

2.1.1 Tipos de reactores anaeróbicos

Según el criterio que se use como base para la clasificación se pueden definir diferentes tipos de reactores.

A continuación, se describen los aspectos más importantes de algunos uno de ellos.

Tabla 1: Tipo de reactores.

Fuente: Trabajo de especialización "Mitigación del impacto ambiental y generación de energía a través de los purines de cerdos en las granjas de la provincia de San Luis". Autor: Goicoa Víctor.

Aspecto/Criterio	Tipo
Características del Sustrato	Líquido
	Semilíquido
	Sólidos
Formas de Alimentación	Continuo
	Semi-Continuo
	Batch
Manejo del Sustrato	Mezcla completa
	U.A.S.B
	Lecho fluidizado
	Filtro anaeróbico
Manejo Bioquímico	Única etapa
	Más de una etapa

2.1.1.1 Reactor de mezcla completa (RMC)

Consiste en un reactor en el que se mantiene una distribución uniforme de sustrato y microorganismos a través de un sistema de agitación. Este tipo de reactor no ofrece demasiados problemas de diseño y es uno de los más utilizados en sistemas líquidos. Comparativamente a otros reactores, el tiempo de retención necesario es alto. Debido al componente mecánico de movimiento de sustratos, en este tipo de reactor los sólidos totales presentes no deben superar el 15%.

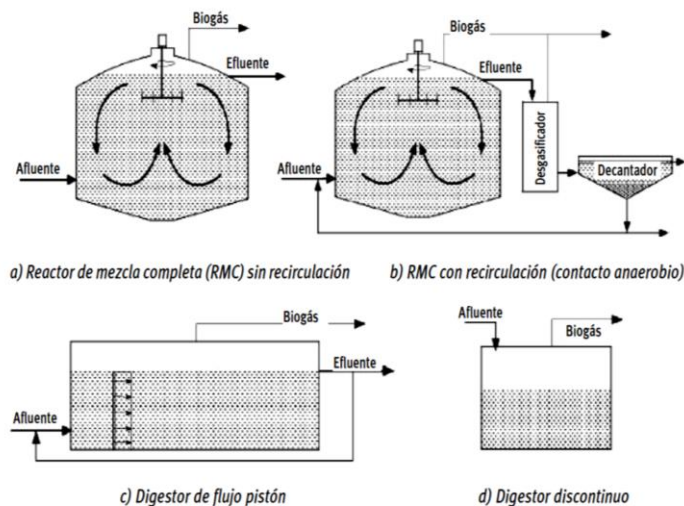


Figura 2: Tipos de reactores.

Fuente: Tratamiento y Valorización Energética de Residuos. Castells Xavier Elías (2005)

2.1.1.2 Reactor de mezcla completa con recirculación

Este sistema también es llamado reactor anaerobio de contacto. Regulando la recirculación es posible conseguir tiempos de retención hidráulicos más bajos que en un reactor de RMC simple. Este sistema es aplicable a sustratos con alta carga orgánica.



Figura 3: Sistema compuesto por reactores mezcla completa.

Fuente: Planta Yanquetruz San Luis

2.1.1.3 Reactor de lecho de fangos (U.A.S.B.).

En este tipo de sistema se favorece la floculación o agregación de bacterias entre ellas conformando gránulos. Estos a través una adecuada velocidad ascendente de sustratos y una buena separación sólido/líquido/gas en la parte superior, precipitan formando el lecho de fangos aumentando el tiempo de retención celular, (Figura 4. Imagen c). Este tipo de reactor es ideal para efluentes líquidos con alta carga orgánica y reducidos sólidos en suspensión.

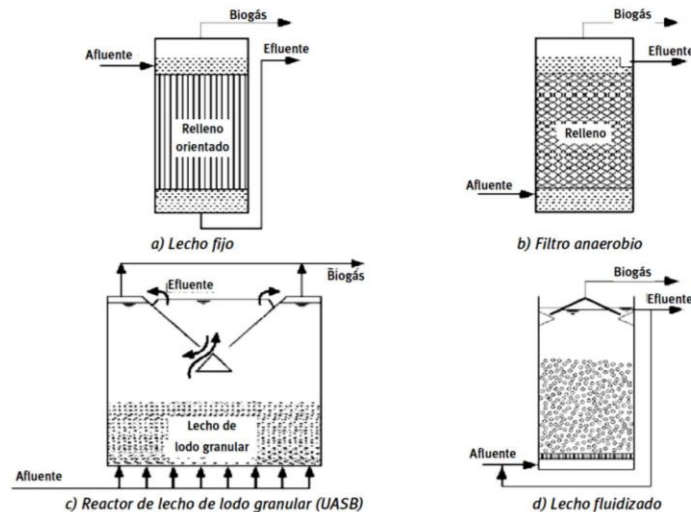


Figura 4: Tipos de reactores II

Fuente: *Tratamiento y Valorización Energética de Residuos*. Castells Xavier Elías (2005)

2.1.1.4 Filtro anaerobio.

Aquí las bacterias anaerobias están fijadas en la superficie de un soporte inerte (cerámico o plástico) formando bio-películas. La distribución del soporte puede ser irregular (filtro anaerobio propiamente dicho con flujo ascendente) o de forma regular orientado verticalmente recibiendo el nombre de lecho fijo con flujo descendente, (Figura 4. Imagen b).

2.1.1.5 Reactor de lecho fluidizado.

En este sistema las bacterias se encuentran adheridas sobre pequeñas partículas de material inerte que se mantiene fluidizado mediante el flujo ascendente de la alimentación. Para mantener el caudal y la velocidad adecuada de fluidización se utiliza la recirculación de los efluentes. (Figura 4. Imagen d).

2.1.1.6 Digestión húmeda – Seca.

Para los fines prácticos podemos decir que el límite para una operación líquida se encuentra entre 15 a 20% de ST. Mientras que para la digestión seca el contenido en ST (Sólidos totales) es de 20 a 40%. Dentro de la rama de digestores secos hay algunas variables, sin embargo, el que promete mayor uso es el biodigestor tipo garaje.

Este sistema básicamente es una batería de reactores Batch (generalmente 6) donde una vez cargado se cierra herméticamente para dar comienzo el proceso de producción. En este caso no se utiliza agitadores y mezcladores, la difusión de los microorganismos se logra con la recirculación de los lixiviados.

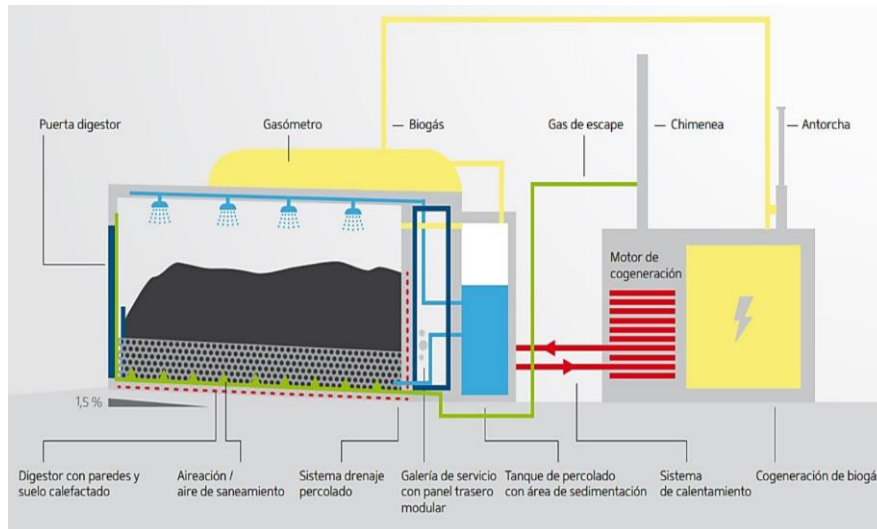


Figura 5: Reactor de biodigestión seca.

Fuente: Bekon.

La selección del tipo de biodigestor a utilizar siempre está en función de las características del sustrato utilizar, los recursos disponibles, y las condiciones ambientales. [Goicoa Víctor, “Mitigación del impacto ambiental y generación de energía a través de los purines de cerdos en las granjas de la provincia de San Luis”, *trabajo final de especialización* 2022.]

2.2 Biogás

2.2.1 Definición y composición

El biogás es un tipo de combustible que se genera a través de la descomposición anaeróbica (es decir, en ausencia de oxígeno) de materia orgánica. Este proceso ocurre naturalmente en ambientes como pantanos, marismos, y en el sistema digestivo de algunos animales, pero también puede ser inducido y controlado en instalaciones llamadas digestores anaeróbicos. Los principales componentes del biogás son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂), aunque también puede contener pequeñas cantidades de otros gases como el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃), y el vapor de agua.

El biogás se considera una fuente de energía renovable porque su materia prima proviene de fuentes como desechos agrícolas, residuos de alimentos, estiércol, y aguas residuales, cuyo suministro es constante y renovable. La producción de biogás no solo ofrece una alternativa energética a los combustibles fósiles, sino que también contribuye a la gestión de residuos y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ya que captura el metano que de otra manera se liberaría a la atmósfera.

La producción de biogás mediante la digestión anaeróbica implica varias etapas, incluyendo la hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Durante estos procesos, la materia orgánica es descompuesta por diferentes grupos de microorganismos en condiciones controladas de temperatura, pH, y ausencia de oxígeno, resultando en la producción de biogás. [Vamero y Arellano, "Guía teórico-práctica sobre el biogás" *Manual de Biogás* FAO, 1991.]

2.2.2 Usos del biogás

- Generación de Energía Eléctrica: el biogás puede ser usado en motores de cogeneración para producir simultáneamente electricidad y calor. Esta es una forma eficiente de utilizar la energía térmica residual generada durante la producción de electricidad.
- Producción de Calor: para calefacción industrial y residencial, el biogás puede ser quemado en calderas para producir calor, utilizado en procesos industriales o para la calefacción de edificios. Para calentamiento de Agua, similar a la calefacción, pero específicamente utilizado para calentar agua en procesos industriales, residenciales o en piscinas.
- Combustible para Vehículos: el biogás puede ser purificado hasta alcanzar la calidad del gas natural y ser utilizado como combustible en vehículos adaptados para usar gas natural. Esto incluye autos, camiones y hasta buses.
- Cocina: en muchas partes del mundo, especialmente en regiones rurales y en desarrollo, el biogás se utiliza como una alternativa limpia para cocinar, reemplazando combustibles más contaminantes como la leña o el carbón.
- Refrigeración: tecnologías de refrigeración por absorción utilizan calor en lugar de electricidad como su principal fuente de energía. El biogás puede ser usado para proporcionar este calor, permitiendo la refrigeración sin necesidad de electricidad convencional.
- Actualización a Biometano: el biogás puede ser tratado para remover impurezas y aumentar su contenido de metano, convirtiéndolo en biometano. Este biometano puede ser utilizado de la misma manera que el gas natural: inyectado en redes de gas ciudad, utilizado como combustible vehicular o para la generación de energía.
 - Producción de Químicos: el metano del biogás puede ser utilizado como materia prima para la producción de diferentes químicos, incluyendo el hidrógeno a través de procesos como la reforma con vapor.

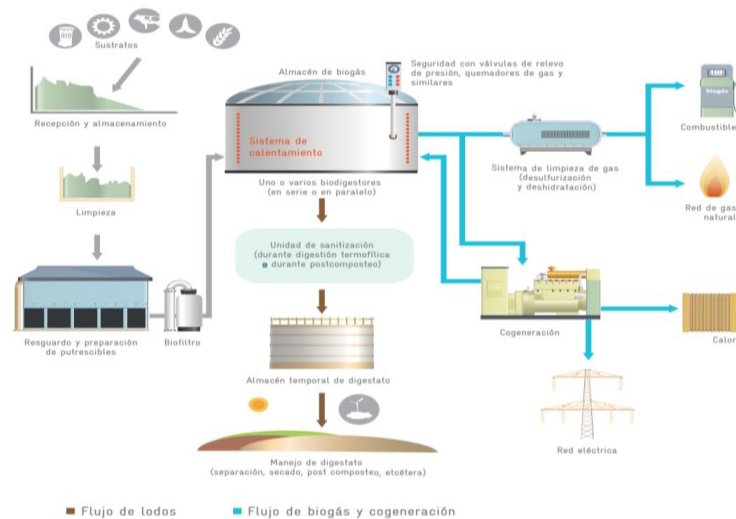


Figura 6: Sistema de aprovechamiento de biogás.

Fuente: *Proyectos de Aprovechamiento Energético a partir de Residuos Urbanos en México, 2018.*

En resumen, el biogás no solo es una fuente de energía renovable y versátil, sino también una clave para abordar problemas ambientales, económicos y sociales, especialmente en contextos de desarrollo sostenible y energía limpia. [Vamero y Arellano, “Guía teórico-práctica sobre el biogás” *Manual de Biogás* FAO, 1991.]

2.3 Proceso de biodigestión

En el campo de la química orgánica existen dos tipos de biodigestiones. Una de ellas es la **biodigestión aeróbica** la cual es un proceso donde participan distintos grupos de microorganismos los cuales digieren la materia orgánica generando productos inocuos y materia celular. La característica principal de la biodigestión aeróbica es que la misma transcurre en presencia de oxígeno.

Por otro lado, tenemos el proceso de **biodigestión anaeróbica**, el cual se da en reactores o biodigestores, bajo condiciones de anoxia (ausencia de oxígeno). La misma, consta de tres etapas fundamentales:

- » **La hidrólisis:** En la cual la materia orgánica compleja (hidratos de carbono, proteínas, lípidos, etc.) es degradada por la acción de microorganismos en materia orgánica soluble (azúcares, aminoácidos, ácidos grasos), lo que genera los sustratos para la siguiente etapa.

- » La acidogénesis y acetogénesis: En esta etapa distintos grupos de microorganismos, denominados acidogénicas y acetogénicas, procesan esa materia orgánica soluble y liberan principalmente hidrógeno molecular (H_2), (CO_2) y acetato (CH_3COO). Dado que la acidogénesis es considerada la etapa más rápida del proceso global, resulta fundamental controlarla para evitar que el descenso de pH (acidificación) del medio interfiera con la acción del consorcio microbiano.
- » La metanogénesis: en esta última etapa, los microorganismos metanogénicos tienen dos vías metabólicas diferentes: la vía acetoclástica, que transforma el ácido acético en (CH_4) y (CO_2), y la vía hidrogeno trófica, que a partir del (H_2) y el (CO_2) genera (CH_4).

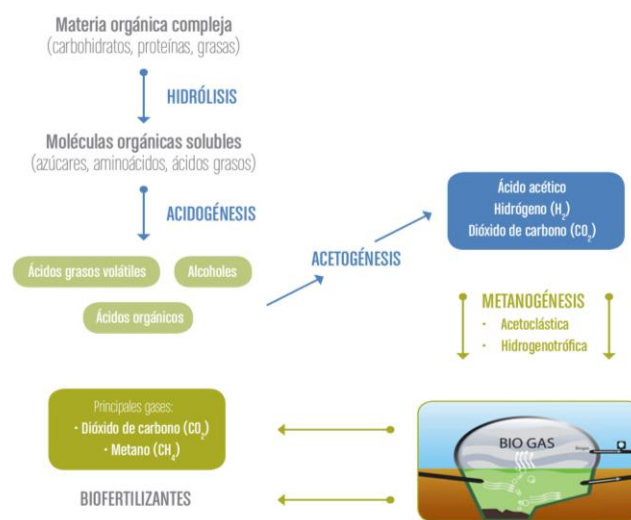


Figura 7: Etapas de la biodigestión.

Fuente: Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores - O.N.U. para la alimentación y agricultura, 2019.

Las transformaciones químicas y físicas que sufre la materia orgánica en estos procesos no solo conducen a la producción de biogás ($CH_4 + CO_2$), sino que además pueden generar un residuo estabilizado (digerido) que tiene propiedades adecuadas para ser utilizado como biofertilizante. [Vamero y Arellano, “Guía teórico-práctica sobre el biogás” Manual de Biogás FAO, 1991.]

2.4 Codigestion

Se refiere al proceso de tratar conjuntamente los residuos orgánicos provenientes de la actividad porcina (estiércol, restos de alimentación, etc.) con otros tipos de residuos orgánicos, como los residuos agrícolas, lodos de depuradora, residuos de industrias alimentarias, entre otros.

Esta práctica de co-digestión en biodigestores porcinos presenta varias ventajas:

- » Incremento en la producción de biogás: al mezclar los residuos porcinos con otros residuos orgánicos ricos en carbono, se mejora la relación carbono/nitrógeno en el sustrato, lo que conduce a un aumento en la producción de biogás durante el proceso de digestión anaerobia.
- » Aprovechamiento de residuos: la codigestión permite el aprovechamiento y valorización de diversos residuos orgánicos que, de otro modo, tendrían que ser gestionados de forma separada, reduciendo así su impacto ambiental.
- » Mejora de la estabilidad del proceso: la mezcla de diferentes sustratos puede mejorar la estabilidad del proceso de digestión anaerobia, ya que los distintos residuos aportan diferentes nutrientes y compuestos que favorecen el crecimiento de diferentes poblaciones bacterianas.
- » Dilución de compuestos inhibidores: algunos compuestos presentes en altas concentraciones en los residuos porcinos, como el amonio, pueden inhibir el proceso de digestión anaerobia. La codigestión con otros residuos permite diluir estos compuestos y reducir su efecto inhibidor.
- » Sinergias económicas: la codigestión puede generar sinergias económicas al permitir el tratamiento conjunto de diferentes residuos, optimizando la infraestructura y los costos operativos.

Algunos ejemplos de residuos que se utilizan en la codigestión con residuos porcinos son: residuos de cultivos agrícolas (paja, tallos, etc.), residuos de industrias lácteas, residuos de procesamiento de frutas y verduras, lodos de depuradora, entre otros.

Es importante mencionar que la selección y proporción adecuada de los residuos a codificar, así como el control y monitoreo del proceso, son fundamentales para garantizar un funcionamiento óptimo del biodigestor y una producción eficiente de biogás. [Campos Pozuelo, JA “Codigestión anaerobia de purines de cerdo: estudio de la mezcla con otros residuos orgánicos” *Tesis doctoral Universidad de Castilla-La Mancha* 2016.]

2.5 Biomasa

Llamamos sustratos o biomasa a toda materia orgánica que es microbiológicamente degradable, y, por lo tanto, es factible de ser usada como alimentación en un proceso de digestión anaeróbica. Todo sustrato o biomasa se puede dividir y clasificarse en relación a muchos criterios o parámetros de selección.

Para el caso de la biodigestión anaeróbica decimos que un sustrato está compuesto como lo detalla la figura siguiente:

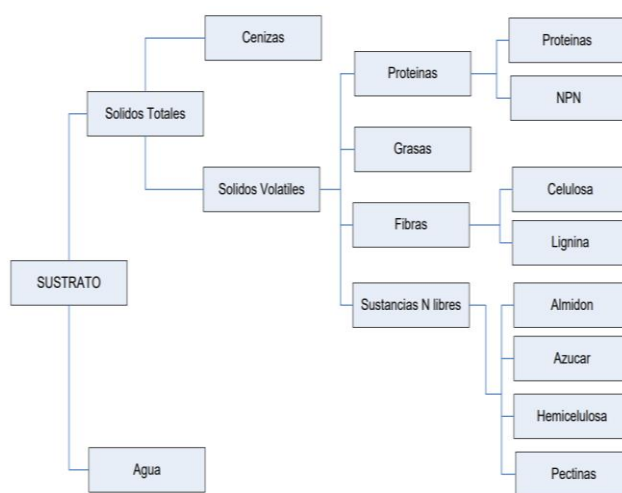


Figura 71: Composición de la biomasa³

Figura 8: Composición de la biomasa.

Fuente: Trabajo de especialización "Mitigación del impacto ambiental y generación de energía a través de los purines de cerdos en las granjas de la provincia de San Luis. Autor: Goicoa Víctor.

2.6 Biometano

El biometano es un gas renovable que se produce a partir de la descomposición de materia orgánica por medio del proceso llamado digestión anaeróbica. Esencialmente, es metano puro (CH₄), que se ha purificado y tratado para eliminar impurezas y componentes no metánicos hasta alcanzar una calidad similar o idéntica al gas natural convencional. Esto permite que el biometano pueda ser utilizado de la misma forma que el gas natural, incluyendo su inyección en redes de gas natural existentes, su uso como combustible vehicular en forma de gas natural comprimido (GNC) o gas natural licuado (GNL), o para la generación de calor y electricidad.

2.6.1 Proceso de Producción de biometano

El biometano se produce principalmente a través de dos procesos:

- ▶ **Digestión Anaeróbica:** similar al proceso utilizado para producir biogás, la digestión anaeróbica utiliza microorganismos para descomponer materia orgánica en ausencia de oxígeno. Los materiales típicos incluyen desechos agrícolas, estiércol, residuos municipales de alimentos, y lodos de depuradoras. El biogás resultante, compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono, es posteriormente purificado a través de procesos de limpieza y mejoramiento para aumentar su contenido de metano y eliminar contaminantes, transformándolo en biometano.
- ▶ **Gasificación de Biomasa:** este proceso implica la conversión térmica de biomasa sólida (como madera, residuos agrícolas) en un gas combustible a través de altas temperaturas sin combustión. El gas resultante, conocido como gas de síntesis, es luego mecanizado y purificado para producir biometano.

Biometano | ¿cómo se obtiene?

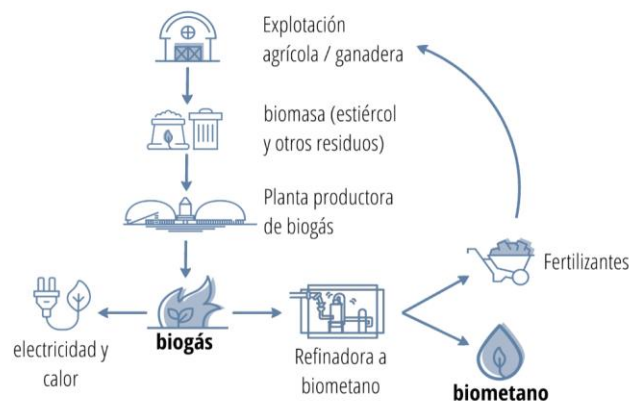


Figura 9: Producción de biometano.

Fuente: Campus New Holland.

2.6.1.1 Características y Beneficios del Biometano

- ▶ **Sostenibilidad Ambiental:** Al utilizar desechos y subproductos como materias primas, el biometano contribuye a la economía circular y ayuda a reducir la emisión de gases de efecto invernadero al reemplazar los combustibles fósiles.
- ▶ **Versatilidad de Uso:** El biometano puede ser empleado en todos los usos del gas natural, incluyendo calefacción residencial, como combustible para vehículos (reemplazando a gasolinas y diésel), y para producción de energía eléctrica y calor en cogeneración.

- Calidad y Eficiencia: Puede alcanzar una pureza del 98% de metano, lo que lo hace muy eficiente y limpio como fuente de energía.
- Integración con la Infraestructura Existente: Puede ser inyectado en las redes de distribución de gas natural existentes sin necesidad de modificaciones significativas, lo cual facilita su almacenamiento y distribución.
- Apoyo a la Gestión de Residuos: La producción de biometano a partir de residuos contribuye a la gestión sostenible de residuos, reduciendo la cantidad de residuos destinados a vertederos y la incidencia de la contaminación por lixiviados y metano no capturado.

2.7 Tecnicismos de proyectos de inversión

2.7.1 Estudio de mercado

Un estudio de mercado es una investigación sistemática, objetiva y prospectiva sobre las condiciones actuales y futuras del mercado, con el fin de identificar oportunidades y amenazas, determinar el grado de aceptación que tendría un producto o servicio, y formular estrategias para lograr el éxito en el mercado.

Algunas de las principales características y objetivos de un estudio de mercado son:

- Analizar el entorno del mercado: competidores, proveedores, clientes, etc.
- Definir el mercado objetivo y cuantificar su tamaño.
- Determinar el potencial de demanda y los factores que la afectan.
- Conocer los gustos, preferencias y hábitos de consumo de los clientes.
- Fijar precios, canales de distribución y estrategias de comercialización.
- Identificar oportunidades de negocio y posibles nichos de mercado.
- Reducir los riesgos comerciales al tomar decisiones basadas en información real.
- Proyectar la demanda futura y estimar la participación de mercado.

En resumen, un estudio de mercado brinda información valiosa sobre el entorno comercial, los consumidores y la competencia, que permite tomar decisiones acertadas al lanzar un nuevo producto/servicio o al ingresar a nuevos mercados.

[Luis Quintana. "Estudio de Mercado: Técnicas Cuantitativas y Cualitativas". Editorial EUNED, 2020.]

2.7.1.1 Macro entorno "PESTEL"

Es una herramienta utilizada para analizar el macroentorno en el que opera una empresa u organización. Permite identificar y evaluar los factores externos que pueden influir en su desempeño y toma de decisiones estratégicas. PESTEL es un acrónimo que se refiere a:

- P -Factores Políticos: Políticas gubernamentales, estabilidad política, etc.
- E -Factores Económicos: Tasas de interés, inflación, ciclos económicos, etc.
- S -Factores Socioculturales: Demografía, estilos de vida, valores culturales, etc.
- T -Factores Tecnológicos: Innovaciones, avances tecnológicos, etc.
- E -Factores Ecológicos/Ambientales: Leyes ambientales, y regulaciones ecológicas.
- L -Factores Legales: Legislación vigente, regulaciones laborales, etc.

El análisis PESTEL permite a las empresas anticiparse y responder de manera proactiva a los cambios del entorno externo, minimizando riesgos y aprovechando oportunidades. Es una herramienta estratégica muy útil para la planificación y toma de decisiones empresariales. [Michael E. Porter, "Estrategia Competitiva", Pirámide 2015.]

2.7.1.2 FODA

Es un acrónimo que se utiliza para referirse a una herramienta de estudio de la situación de una empresa o un proyecto, analizando sus características internas (Fortalezas y Debilidades) y su situación externa (Oportunidades y Amenazas) en una matriz cuadrada.

Las partes que componen el FODA son:

- Fortalezas: Son las capacidades especiales con que cuenta la empresa, y por los que cuenta con una posición privilegiada frente a la competencia. Recursos que se controlan, capacidades y habilidades que se poseen, actividades que se desarrollan positivamente, etc.
- Oportunidades: Son aquellos factores que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno en el que actúa la empresa, y que permiten obtener ventajas competitivas.
- Debilidades: Son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia, recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente, etc.
- Amenazas: Son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden tentar contra éste, por nadie controlables, procedentes del medio ambiente o bien de la acción de la competencia.

[José Gabriel Rodríguez Valencia, "Planeación estratégica y FODA", *editorial Cengage Learning*, 2019).]

2.7.1.3 PERT

El análisis PERT (Técnica de revisión y evaluación de programas) es un modelo analítico utilizado en la gestión de proyectos para analizar, coordinar y revisar las tareas que componen un proyecto para que éste pueda ser completado en un tiempo y de forma eficiente.

Utiliza las siguientes estimaciones de tiempo para cada tarea:

- a) Tiempo optimista (T_o): el mínimo tiempo posible en el que se puede completar la tarea si todo sale bien.
- b) Tiempo pesimista (T_p): el máximo tiempo posible en que se puede completar la tarea si surgen problemas.
- c) Tiempo más probable (T_m): el tiempo en que se espera que se complete la tarea teniendo en cuenta todas las circunstancias y recursos asignados.

Con estos tiempos estimados se calcula el tiempo esperado de cada tarea y se dibujan las relaciones y dependencias entre ellas formando una red.

El análisis PERT permite:

- Identificar la ruta crítica, que es la secuencia de tareas más larga del proyecto que determina su duración.
- Calcule la probabilidad de completar el proyecto a tiempo.
- Identificar tareas críticas y holguras para reasignar recursos.
- Situaciones similares para mitigar riesgos y acelerar el proyecto.

[Nassir Sapag Chain, "Preparación y evaluación de proyectos", - Capítulo 12: Programación de proyectos mediante la técnica PERT/CPM. *McGraw-Hill*, 2011.]

2.7.2 Estudio de localización

Es un análisis que se realiza para determinar la ubicación más adecuada que permita maximizar la rentabilidad del proyecto, minimizando los costos de operación y obtener el mayor rendimiento posible. En la definición de la localización intervienen diversos factores:

- Cercanía a las fuentes de materias primas y proveedores.
- Disponibilidad y costo de mano de obra.
- Existencia de infraestructura y servicios básicos (agua, energía, telecomunicaciones, etc.).
- Vías de acceso y medios de transporte.
- Cercanía al mercado objetivo.
- Factores ambientales como clima, contaminación, disposición de desechos.
- Marcos jurídicos y legales de la zona.
- Actitud de la comunidad y autoridades hacia la actividad.

El estudio de localización suele realizarse en dos etapas: macro y micro localización. En la primera se elige la región o zona general donde se ubicará el proyecto, y en la segunda se determina el sitio específico dentro de la región elegida.

[Nassir Sapag Chain, "Preparación y evaluación de proyectos", - Capítulo 7: Estudio de Localización. *McGraw-Hill*, 2011.]

2.7.3 Estudio técnico

El estudio técnico es un análisis que forma parte de la etapa de formulación dentro de un proyecto de inversión. Su objetivo principal es determinar si es posible lograr la producción de un bien o servicio, definiendo las características, requerimientos y especificaciones técnicas del mismo. Este estudio establece la funcionalidad y operatividad del mismo.

El resultado del estudio técnico debe definir la función de producción que optimiza la utilización de los recursos disponibles para la elaboración de un bien o servicio, determinando el proceso de transformación, la tecnología a utilizar y el requerimiento total de mano de obra, insumos y recursos financieros.

Es clave para la evaluación de un proyecto, ya que en base a sus resultados se podrá determinar los costos operativos y los requerimientos de inversión inicial necesarios. Además de confirmar que es técnicamente posible realizar el proyecto según lo planificado. [Nassir Sapag Chain, "Preparación y evaluación de proyectos", - Capítulo 8: Estudio Técnico. McGraw-Hill, 2011.]

2.7.4 Estudio legal

El estudio legal en la evaluación de un proyecto es una investigación sistemática destinada a identificar, analizar y proyectar todos los aspectos legales que podrían afectar la implementación y operación continuada de un proyecto. Este estudio es crucial para asegurar que el proyecto cumple con todas las leyes, regulaciones, y normativas aplicables, y para minimizar el riesgo de litigios y problemas legales que podrían derivarse de incumplimientos, está conformado por:

- » Revisión de la Legislación Vigente: involucra la revisión de todas las leyes y regulaciones pertinentes que afectan al proyecto. Esta revisión debe ser realizada por expertos legales con conocimientos en las áreas relevantes del derecho.
- » Consultas con Expertos Legales: trabajar con abogados especializados en diferentes campos (ambiental, corporativo, laboral, etc.) para entender cómo estas leyes aplican al proyecto específico y qué medidas se deben tomar para asegurar el cumplimiento.
- » Análisis de Impacto Regulatorio: evaluación de cómo los cambios previstos en la legislación podrían impactar el proyecto. Este análisis puede ayudar a anticipar ajustes necesarios para mantener el cumplimiento a lo largo del tiempo.

- Preparación de Documentación: incluye la redacción y revisión de todos los documentos legales necesarios para asegurar que están en línea con las leyes vigentes y protegen adecuadamente los intereses del proyecto.
- Evaluación de Contratos: revisar todos los contratos asociados con el proyecto para asegurar que son justos, cumplen con la ley, y no exponen al proyecto a riesgos legales innecesarios.

2.7.5 Estudio ambiental

El estudio ambiental en la evaluación de un proyecto es un análisis detallado y sistemático diseñado para identificar, predecir y evaluar los impactos potenciales que un proyecto propuesto puede tener sobre el medio ambiente natural y humano. Este estudio es fundamental para asegurar que el proyecto cumpla con todas las normativas ambientales aplicables y para minimizar los efectos negativos sobre el entorno y la comunidad local.

El estudio ambiental busca alcanzar varios objetivos clave:

- Identificación de Impactos Ambientales: determinar y catalogar todos los posibles impactos negativos y positivos que el proyecto podría tener sobre el medio ambiente, incluyendo la tierra, el agua, el aire, los ecosistemas locales, la biodiversidad, y la salud humana.
- Evaluación Cuantitativa y Cualitativa de Impactos: realizar un análisis detallado para entender la magnitud y la importancia de cada impacto identificado. Esto puede incluir la modelización de la contaminación, evaluaciones de ruido, estudios de tráfico, y análisis de riesgo, entre otros.
- Desarrollo de Medidas Mitigadoras: proporcionar soluciones y estrategias para mitigar los impactos negativos identificados. Esto puede incluir la modificación del diseño del proyecto, la implementación de tecnologías más limpias, la restauración de hábitats afectados, o la compensación por daños ambientales.
- Cumplimiento de Normativas Ambientales: asegurar que el proyecto cumpla con todas las leyes y regulaciones ambientales locales, nacionales e internacionales aplicables. Esto también incluye la obtención de todos los permisos y licencias ambientales necesarios antes de que el proyecto pueda proceder.

En conclusión, el estudio ambiental es un componente esencial en la planificación y evaluación de cualquier proyecto, proporcionando las bases para una implementación responsable que reconozca y respete la importancia de la protección ambiental.

2.7.5.1 Estudio de impacto ambiental - EIA

Es un instrumento de política ambiental formado por un conjunto de estudios técnicos, sistemáticos, interrelacionados entre sí, que son necesarios para valorar los efectos de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente y sus componentes bióticos, abióticos, culturales y sociales.

El objetivo principal de una EIA es identificar, predecir, interpretar, valorar y prevenir las consecuencias o efectos ambientales que acciones humanas, proyectos o actividades pueden causar al entorno.

El proceso de un EIA generalmente incluye las siguientes etapas: descripción del proyecto, línea base ambiental, identificación y valoración de impactos, planos de manejo, formulación de informes y participación pública.

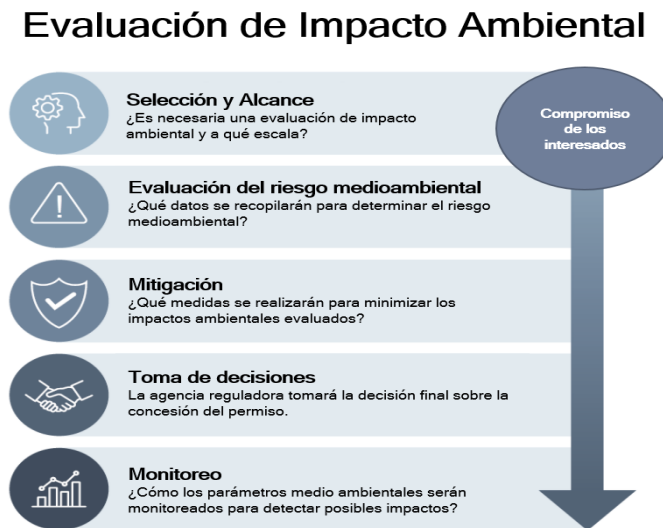


Figura 10: EIA.

Fuente: Organización Reef resilience network.

2.7.5.2 Matriz de Leopold

Es una matriz de información utilizada para identificar el impacto ambiental de un proyecto, relacionando las entradas ambientales (causas) con las salidas ambientales (efectos) de cada componente del proyecto. Permite evaluar de forma cualitativa y cuantitativa los impactos.

Algunas de las ventajas de usar la matriz de Leopold:

- Incorpora la preocupación ambiental en la toma de decisiones.
- Permite una visualización rápida de toda la información.
- Facilita la identificación de impactos críticos.
- Es aplicable a proyectos de cualquier magnitud.

Por otro lado, algunas desventajas son la valoración subjetiva de los impactos y que no consideran aspectos como sinergia entre impactos o su dispersión en el tiempo y espacio.

En general, la matriz de Leopold es una herramienta ampliamente utilizada en las primeras etapas del estudio de impacto ambiental por su utilidad y relativa simplicidad.

[Domingo Gómez Orea, "Introducción a la Evaluación de Impacto Ambiental", *Mundi-Prensa*, 2003).]

2.7.6 Estudio económico

Un estudio económico en la evaluación de un proyecto de inversión es un análisis detallado que busca determinar la viabilidad financiera del proyecto. Este estudio se centra en estimar y proyectar los costos y beneficios económicos asociados al proyecto para evaluar su rentabilidad y sostenibilidad a lo largo del tiempo.

2.7.6.1 Depreciación

Es el mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste y pérdida de valor que sufre un activo fijo por el uso a través del tiempo, permitiendo recuperar la inversión inicial mediante la distribución del costo de adquisición entre los periodos en que se estima que el activo genera beneficios.

La depreciación es una forma de asignar el costo de adquisición de un activo de capital a los períodos contables donde se estima que dicho activo aportará sus servicios o beneficios a la empresa.

- Sólo se aplica a activos fijos tangibles (edificios, maquinaria, equipos, etc.) que tienen una vida útil limitada.

- Es un gasto deducible para multas impositivas y contables.
- Permite recuperar la inversión inicial de un activo a lo largo de su vida útil estimada.
- La depreciación no implica una salida de efectivo, sino un gasto contable.
- Al final de su vida útil, el activo queda con su valor residual o de deseo.

En resumen, la depreciación busca reflejar el desgaste y obsolescencia de los activos fijos tangibles para distribuir adecuadamente su costo entre los períodos contables donde son utilizados y reportar de forma razonable la situación financiera de la empresa.

2.7.7 VAN, TIR, PRI

Son indicadores financieros muy importantes utilizados en la evaluación de proyectos de inversión.

- VAN (Valor Actual Neto): el VAN representa el valor presente de los flujos de efectivo futuros que generará el proyecto, descontados a una tasa de interés determinada (tasa de descuento). Si el VAN es positivo, el proyecto es rentable; si es negativo, no lo es; y si es cero, el proyecto es indiferente.
- TIR (Tasa Interna de Retorno): la TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero. Es decir, es la tasa de interés que iguala los flujos de ingresos y egresos del proyecto. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento (costo de capital), el proyecto es rentable; si es menor, no lo es.
- PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión): el PRI indica el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial del proyecto a través de los flujos de efectivo que genere. Cuanto menor sea el PRI, más atractivo será el proyecto, ya que se recuperará la inversión en un período más corto.

Estos indicadores se utilizan de manera complementaria para evaluar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto de inversión. El VAN y la TIR miden la rentabilidad del proyecto, mientras que el PRI mide la liquidez y el riesgo.

En general, un proyecto se considera aceptable si cumple con los siguientes criterios:

$$\text{VAN} > 0$$

TIR > Tasa de descuento (costo de capital)

PRI < Vida útil del proyecto

Es importante tener en cuenta que estos indicadores se basan en estimaciones y supuestos, por lo que también es necesario realizar un análisis de sensibilidad para evaluar el impacto de posibles cambios en las variables clave del proyecto.

[Cadena Sapag, N, "Proyectos de inversión: Formulación y evaluación (2da ed.)", Pearson Educación, 2011.]

2.7.8 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es un estudio que evalúa el impacto que tendrían en el proyecto las posibles variaciones en las variables más críticas o relevantes. Esto permite determinar qué tan sensible es el proyecto ante cambios en dichas variables, identificando los factores más importantes y riesgosos.

Variables analizadas: precios de venta del producto/servicio, costos de producción/operación, demanda/nivel de ventas, tasas de interés, inversión inicial, y vida útil del proyecto.

Metodología:

1. Identificar las variables críticas del proyecto.
2. Definir los valores base o esperados para cada variable.
3. Establecer rangos de variación razonables para cada variable.
4. Calcular los nuevos indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, etc.) al modificar cada variable dentro de su rango.
5. Analizar cómo cambian los resultados al variar cada factor.
6. Determinar las variables más sensibles que generan mayor impacto.

Resultados: El análisis de sensibilidad permite conocer el grado de riesgo del proyecto y tomar decisiones informadas. Si el proyecto es muy sensible a ciertas variables, se pueden implementar estrategias para mitigar los riesgos asociados o reconsiderar la viabilidad del proyecto. [Cadena Sapag Chain, "Proyectos de inversión: Formulación y evaluación (2da ed.).", *McGraw-Hill*, 2011.]

3 ANALISIS Y DESARROLLO

3.1 Prefactibilidad

3.1.1 Problemática u oportunidad de inversión

Los profesionales en ingeniería e invención se avocan a proveer soluciones a problemáticas tanto industriales como de índole cotidiana. Algunos de ellos son contratados con el propósito de facilitar una mejora continua en los procesos de producción. No obstante, los inversionistas no buscan únicamente abordar problemas, sino también identificar oportunidades atractivas para destinar su capital.

Si bien es cierto que los desechos orgánicos provenientes de la actividad porcina ocasionan diversas molestias, como emisiones de olores desagradables y contaminación de suelos, esta situación no constituye una necesidad de primer orden que requiera una solución, en comparación con otras cuestiones. No obstante, lo que resulta altamente atractivo es la oportunidad de mercado que se vislumbra al hallar un método de tratamiento correcto para estos desechos, del cual se pueda obtener energía eléctrica y un subproducto apto para ser utilizado como abono orgánico en actividades agrícolas.

Si analizamos la problemática, podemos mencionar que los criaderos de porcinos a menudo enfrentan el desafío de gestionar adecuadamente los desechos generados por sus animales. Esta tarea no solo implica un desembolso significativo de recursos financieros y tiempo para su disposición adecuada, sino que también es crucial para evitar impactos negativos en el medio ambiente y mitigar la emisión de olores desagradables.

La posibilidad de tratar estos desechos de manera eficaz, aprovechando su potencial para la generación de energía, representa una oportunidad aún poco explorada. La implementación de un sistema que permita capitalizar las ventajas inherentes a este proceso puede ofrecer soluciones sustentables y económicamente viables. En la siguiente imagen se pueden apreciar los distintos productos derivados de la cría porcina.

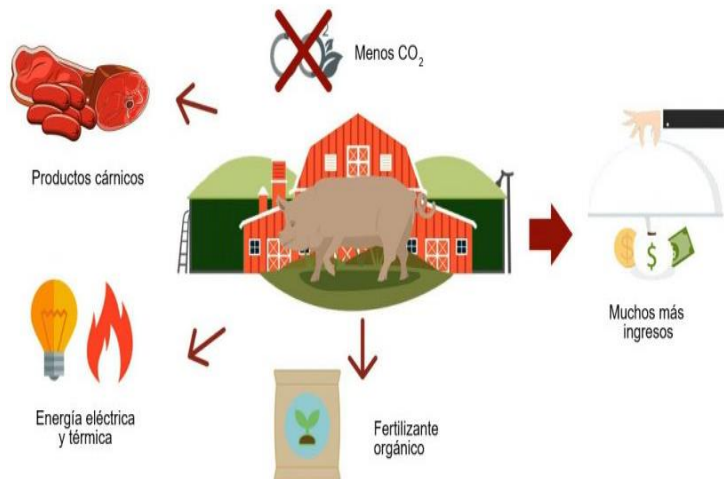


Figura 11: Productos obtenidos a base de cerdo.

Fuente: Comunidad profesional porcina.

Cabe destacar que la falta de acceso a servicios básicos como la electricidad supone un obstáculo significativo para muchos criaderos, dado que el suministro eléctrico es esencial para el desarrollo de diversas actividades dentro del sector agrícola. Por tanto, la adopción de tecnologías que permitan la conversión de desechos porcinos en energía no solo contribuiría a la solución de problemas medioambientales y de gestión, sino que también facilitaría el acceso a una fuente de energía renovable y sostenible, especialmente en áreas donde el suministro eléctrico es limitado o inexistente.

Entre las posibles soluciones con energía limpia, tenemos la energía solar, eólica y la implementación de un biodigestor, sus características son:

» **Energía Solar:** A través de la instalación de paneles solares fotovoltaicos se puede obtener una fuente sostenible de energía. Los sistemas solares pueden alimentar bombas de agua, luces, y otros dispositivos eléctricos necesarios para la operación de la granja.

Algunas desventajas: La instalación de un sistema solar puede tener un costo inicial significativo. Esto incluye la compra de paneles solares, inversores, baterías y otros componentes.

La dependencia de las condiciones climáticas, en días nublados o durante la noche, la producción de electricidad puede ser limitada o inexistente. Esto requiere la instalación de sistemas de almacenamiento de energía, como baterías, para garantizar un suministro constante. Estos componentes pueden agregar costos y requerir reemplazos periódicos, lo cual adicional a lo económico es muy difícil actualmente en nuestro país por las leyes aduaneras, y la mayoría de estos componentes viene del exterior.

Otra consideración son las tormentas con granizo que pueden llegar a romper nuestros paneles, lo cual no tiene arreglo, directamente se debe reemplazar.

La necesidad de mantenimiento, aunque los paneles solares tienen bajos costos de operación, aún requieren mantenimiento regular para garantizar un rendimiento óptimo. Esto incluye la limpieza de los paneles y la verificación de la integridad del sistema.

Requiere espacio, la instalación de un sistema solar a menudo requiere espacio adicional en la granja. Este espacio debe ser adecuado y estar bien planificado para garantizar la eficiencia y la seguridad del sistema.

El impacto ambiental de la producción de paneles solares, aunque la energía solar es una fuente renovable, la producción y el desecho de los paneles solares pueden tener impactos ambientales. La fabricación de paneles solares implica el uso de recursos y energía, y la gestión de residuos de paneles al final de su vida útil debe manejarse de manera responsable.

A pesar de estas desventajas, la energía solar sigue siendo una opción viable y sostenible para muchas operaciones agrícolas, especialmente en áreas sin acceso a la red eléctrica convencional. La elección de utilizar paneles solares debe basarse en una evaluación cuidadosa de las necesidades energéticas específicas y las condiciones locales.



Figura 12: Granja porcina con paneles solares.

Fuente: AgroCordoba.

» Energía Eólica: En regiones donde hay vientos consistentes, las turbinas eólicas pueden ser una opción para generar electricidad de manera sostenible.

En la zona inicial de estudio de establecimiento de la empresa no es el caso, ya que se encuentra rodeado por arboles de gran altura que no permiten que se den grandes masas de vientos.

Algunas desventajas:

- El ruido que ocasionan los generadores puede ser molestos para las viviendas cercanas.
- Intermitencia de suministro, por su dependencia del viento no es una fuente constante.
- Costo de infraestructura, la construcción de aerogeneradores y líneas de transmisión también implican altos costos de infraestructura.
- Tienen una vida útil limitada, generalmente de unos 20 a 25 años, luego deben ser reemplazados.



Figura 13: Granja porcina mini eólica.

Fuente: Enair Ryse Energy.

» Digestores de Biogás:

Los digestores de biogás pueden convertir residuos orgánicos, como estiércol animal, en biogás que puede utilizarse para generar electricidad y calor.

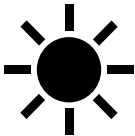
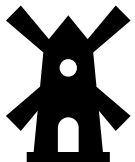
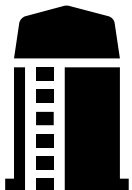
Algunas desventajas:

- Emisiones de gases de efecto invernadero, aunque los biodigestores reducen las emisiones de metano de los desechos orgánicos, aún producen en menor medida dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero durante el proceso de digestión anaeróbica.
- Potencial riesgo de explosión, si no se manejan adecuadamente, los biodigestores pueden acumular gases inflamables como el metano, lo que representa un riesgo de explosión.
- Inversión inicial alta, al igual que los métodos anteriores, la construcción de un biodigestor puede requerir una inversión inicial significativa en equipos e infraestructura.
- Mantenimiento, los biodigestores necesitan un mantenimiento regular y una gestión cuidadosa para operar de manera eficiente y segura.
- Dependencia de suministro constante de desechos, para operar de manera eficiente, los biodigestores necesitan un suministro constante de desechos orgánicos.

Se realiza una matriz de decisión para evaluar la información y seleccionar una opción:

Tabla 2: Tabla 2: Matriz de decisión.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Energía	Costo Inicial	Costo Operativo	Eficiencia Energética	Dependencia Climática	Retorno de Inversión	Beneficios Adicionales	Suma
Peso asignado	0.1	0.17	0.08	0.25	0.25	0.15	1
<u>Solar</u> 	Alto - Requiere inversión en paneles solares y equipos asociados	Bajo - Limpieza y chequeos ocasionales	Variable - Alta eficiencia en días soleados pero nula por la noche	Alta - Totalmente dependiente de la luz solar	Medio plazo - Generalmente entre 5 y 10 años dependiendo de subsidios y costos de energía	Incentivos fiscales, reducción de costos de energía, mejora en la imagen de sostenibilidad de la granja	6.7
Calificación	5	8	8	5	7	8	
Ponderada	0.5	1.36	0.64	1.25	1.75	1.2	
<u>Eólica</u> 	Muy Alto - Necesita inversión en turbinas eólicas de gran escala	Moderado - Requiere mantenimiento regular y partes pueden ser costosas	Variable - Muy eficiente con viento adecuado, pero puede ser inconsistente	Moderada a Alta - Eficiencia depende de la presencia de viento	Largo plazo - Más de 10 años, dependiente de condiciones y mercado energético	Venta de excedentes de energía	5.6
Calificación	4	6	7	6	4	8	
Ponderada	0.4	1.02	0.56	1.5	1	1.2	
<u>Biodigestor</u> 	Moderado - Inversión en la construcción del biodigestor y equipos es menos costosa	Bajo - Operación y Mant. regulares no son tan costosos	Constante - Produce energía de manera constante, indep. del clima	Baja - Totalmente indep. de condiciones climáticas	Corto a medio plazo - Entre 3 y 8 años, beneficiado por la venta de créditos de carbono y subproductos	Producción de fertilizante de calidad, mejora en la gestión de residuos, potencial reducción de olores	8
Calificación	7	7	9	9	8	9	
Ponderada	0.7	1.19	0.72	2.25	2	1.35	

En la matriz se distribuye la información más relevante y se otorga un puntaje de manera perceptiva. Posteriormente, se ponderan los puntajes y se selecciona la opción con el valor más alto. En este caso, la opción seleccionada es la energía obtenida mediante la creación de biodigestores.

Esta opción no solo abordaría la problemática ambiental derivada del inadecuado manejo de desechos, sino que también generaría oportunidades de empleo, contribuiría a mitigar el cambio climático, preservaría los recursos naturales y fomentaría el desarrollo económico sostenible en las comunidades rurales. Estos impactos multidimensionales realzan el potencial de esta solución para abordar desafíos ambientales, sociales y económicos de manera integral y sinérgica en el contexto local.



Figura 14 Criadero porcino.

Fuente: Comunidad profesional porcina.

Tras obtener una visión general de cada sistema, y un puntaje alto en la matriz de decisión para la construcción de biodigestores, se avanza en el análisis del producto y se fundamenta la selección en la necesidad de abordar el tratamiento inadecuado de los desechos fecales.



Figura 15: Biodigestor para purines de cerdo.

Fuente: Aqualimpia.

Entre los impactos positivos asociados, se encuentra la generación de empleo en diversas etapas, tales como la construcción, instalación, operación y mantenimiento del sistema de biodigestión. Asimismo, contribuiría a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire, agua y suelo, al gestionar de manera adecuada y eficiente los residuos orgánicos generados.

Por otro lado, esta iniciativa fortalecería la economía local al diversificar las fuentes de ingresos en las áreas rurales, a partir del aprovechamiento de una fuente de energía renovable que puede ser utilizada para generar electricidad, calor o combustible para vehículos.

3.2 Factibilidad

3.2.1 Herramientas del estudio de mercado

3.2.1.1 Definición de la idea de negocio

Para definir la idea de negocio, es importante aclarar que, si bien el producto final es un biodigestor, la propuesta integral ofrecida combina varias actividades de servicios profesionales.

Primeramente, se lleva a cabo un análisis detallado del lugar geográfico donde se ubica el primer establecimiento porcícola y las características específicas de los chiqueros, incluyendo el espacio disponible y la presencia de rejillas en el suelo.

Además, es fundamental conocer el número exacto de cabezas de ganado porcino con las que cuenta la operación, así como el ritmo de reproducción mensual.

Con base en estos datos, se realiza un estudio minucioso de los requerimientos químicos, un análisis dimensional y se determinan los componentes específicos que integrará el sistema.

Este servicio abarca todo el análisis de requerimientos para el diseño e implementación del biodigestor, seguido de la adquisición del producto. Esto implica la construcción completa del reactor anaerobico, incluyendo todas las instalaciones necesarias para la obtención de energía eléctrica, además de la capacitación para su correcto uso y operación.

De esta manera, se brinda una solución integral que combina un enfoque personalizado en el análisis de requerimientos, el suministro e instalación del equipo especializado, la capacitación técnica y un respaldo técnico continuo. Esta propuesta busca garantizar la implementación exitosa y el funcionamiento óptimo del biodigestor, adaptado a las necesidades y condiciones específicas de cada operación porcícola.



Figura 16: Porcino de pequeña edad.

Fuente: Agro tendencia.

3.2.1.2 Análisis de macroentorno: PESTEL

Se comienza realizando un análisis de los factores externos de gran escala del entorno general que rodea a la empresa y al sector en el que opera.

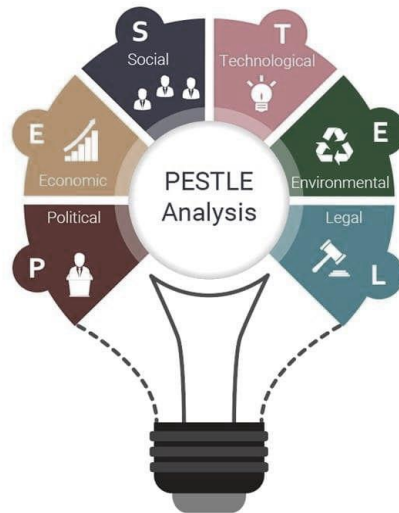


Figura 17: Análisis PESTEL.

Fuente: Escuela europea de gerencia.

» **Político:** En la región analizada, se produjo un cambio radical de gobierno, cuyos ideales están alineados con las propuestas capitalistas de los países del primer mundo. Este cambio de administración provocó que muchos servicios que anteriormente estaban subsidiados dejaran de estarlo, incrementando sus costos, como la energía eléctrica, el gas y el agua.

En cuanto a las políticas de internacionalización, el panorama es óptimo, ya que se han eliminado numerosos impuestos que perjudicaban a los emprendedores. Para la empresa analizada, esto representa un beneficio directo, ya que ahora puede importar los componentes necesarios para la construcción de sus productos.

Además, es importante mencionar el aumento en la estabilidad gubernamental, lo cual ha traído consigo opciones de financiamiento bancario más accesibles.

» **Económico:** La economía mundial atraviesa una considerable desaceleración del crecimiento, aunque evitando una profunda recesión. Asimismo, se observa un descenso en las tasas de inflación en comparación con años anteriores. No obstante, se prevé un aumento en las tasas de interés por parte de los bancos centrales para contener la inflación persistente.

Uno de los principales factores desestabilizadores es el conflicto bélico en Ucrania, sumado a las crecientes tensiones geopolíticas entre Estados Unidos y China, lo cual impacta negativamente en los mercados y las cadenas de suministro globales.

Una cuestión trascendental para el desarrollo económico es la inminente transición energética, motivada por los elevados precios de los combustibles fósiles y una mayor conciencia ambiental. Esto representa un incremento en las inversiones destinadas a energías renovables y tecnologías ecológicas.

A nivel nacional se prevé alcanzar una mayor estabilidad macroeconómica, controlar la inflación desmedida que se viene experimentando a causa de los desequilibrios fiscales y continuar con el plan económico previsto por el nuevo gobierno, lo que impactaría positivamente en el PIB argentino.

» Social: Las tendencias que se observan en las zonas rurales de la Argentina, y sobre todo en el interior del país, son de familias con poco desarrollo social. La mayoría de los trabajadores se desempeñan en empresas industriales, mientras que una pequeña porción vive alejada de la sociedad, dedicada a la producción porcina y llevando un estilo de vida rural.

En cuanto a la evolución demográfica, se visualizó un crecimiento en el consumo de carne de cerdo, lo que llevó a plantear la ampliación de servicios para abastecer esta creciente demanda. Las granjas porcinas existentes se vieron en la necesidad de expandir sus operaciones y mejorar su capacidad productiva para satisfacer el aumento en el consumo local e internacional de carne.

» Tecnológico: Se trata de un producto que no necesita actualizaciones constantes, sino un adecuado control y monitoreo de su funcionamiento.

Si bien Argentina se encuentra atrasada en temas tecnológicos en comparación a los países de primer mundo, algunos proyectos primordiales para las zonas rurales son, el establecer el acceso a internet como un derecho esencial y ampliar la conectividad. Este proyecto beneficia directamente al emprendimiento, ya que permitiría ofrecer una nueva línea de servicio: el control remoto, desde el cual se puede tener el control de las presiones y temperaturas de nuestro reactor anaeróbico a distancia.

» Ecológico: En materia medioambiental, nuestro país enfrenta importantes retos y desafíos, un tema que mundialmente cada vez tiene más relevancia por los desastres ambientales que se originan a causa de las explotaciones ambientales, es cierto que este no es un asunto de gran interés en el país de desarrollo de la empresa, sin embargo, la tendencia mundial indica que se dará un aumento contrario obligado.

Actualmente, se cuenta con determinadas leyes y normas para las construcciones de biodigestores y demás energías limpias, pero carece de verdaderos planes de apoyo por parte del gobierno nacional que motiven a los empresarios a cambiar sus hábitos e implementar estas nuevas energías.

» Legal: Existen varias regulaciones y normativas internacionales relevantes para la construcción industrial de biodigestores, alguna de ellas son obligatorias y otras no:

La CMNUCC y el Protocolo de Kyoto promueven la reducción de gases de efecto invernadero como el metano a nivel mundial, que los biodigestores ayudan a capturar, estos no son de carácter obligatorio.

Entre las normativas que son de carácter obligatorio tenemos: las normas ISO 24211 e ISO 20675 que especifican requerimientos técnicos para biodigestores domésticos y comerciales.

Además, existen regulaciones nacionales y locales específicas sobre residuos, emisiones y construcción que deben cumplirse, dependiendo del lugar donde se encuentre el criadero.

En el caso particular del primer proyecto considerado en evaluación, se hace mención específica de estos documentos en el área de estudio ambiental.

3.2.1.3 Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta estratégica utilizada para evaluar los aspectos internos y externos que pueden influir en el éxito de un proyecto o empresa. Este análisis permite identificar las ventajas competitivas, los desafíos y las áreas de mejora, así como las oportunidades y amenazas del entorno.

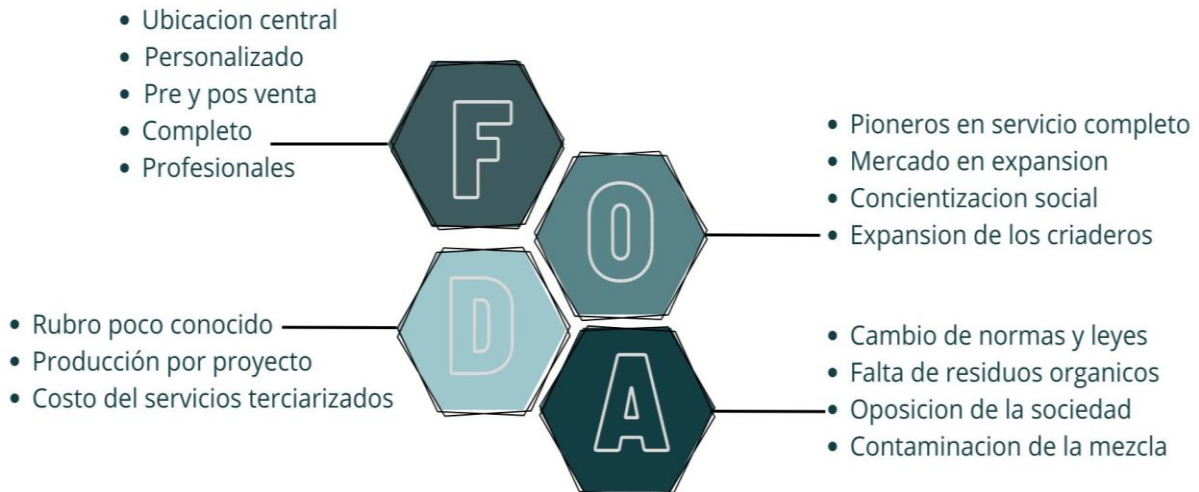


Figura 18: Análisis FODA.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.4 Análisis del microentorno: Fuerzas de Porter

Las cinco fuerzas de Porter es un modelo analítico que se utiliza para comprender la competencia dentro de una industria y su atractivo. Estas fuerzas incluyen la rivalidad entre competidores existentes, la amenaza de nuevos participantes, el poder de negociación de los compradores, el poder de negociación de los proveedores y la amenaza de productos sustitutos.

Si bien este estudio suele realizarse dentro de una industria, en este caso lo aplicamos para realizar el análisis del proyecto.



Figura 19: 5 fuerzas de Porter.

Fuente: Fundamentos del marketing.

- » Rivalidad entre competidores existentes: De acuerdo al relevamiento realizado a nivel nacional, contamos con una ventaja competitiva al tener una presencia limitada de competidores directos en nuestro segmento de mercado. La mayoría de las empresas rivales se especializan en productos diferentes a los nuestros. Por lo tanto, podemos afirmar que en nuestra región de inserción no enfrentamos una competencia directa significativa. Esta situación nos brinda una oportunidad favorable para fortalecer nuestra posición en el mercado y captar una mayor cuota de clientes potenciales.
- » Amenaza de nuevos competidores: Aunque la biometanización se perfila como una rama en auge, con un creciente interés por parte de personas y organizaciones motivadas por la necesidad de crear empleos, reducir costos energéticos y gestionar de manera sostenible los residuos orgánicos de sus explotaciones agrícolas, son relativamente pocos los que se decide implementarla en la práctica. Esta baja adopción se debe principalmente a los riesgos inherentes al manejo de altas presiones y la transformación de energía involucrada en el proceso.

Las principales barreras a abordar en este tipo de proyectos son, en primer lugar, las intelectuales, relacionadas con los conocimientos técnicos especializados. En segundo lugar, pero no menos importante, se encuentran las barreras económicas, es decir, la necesidad de contar con un capital inicial sustancial para la construcción e implementación del sistema.

Además, es imprescindible considerar el marco legal y regulatorio aplicable. Se deben cumplir estrictamente las normativas vigentes en materia de tratamiento de residuos orgánicos, distribución de energía eléctrica generada y cualquier otra disposición relevante, a fin de evitar incurrir en sanciones o multas.

- » Amenaza de productos/servicios sustitutos: En muchas regiones, los sistemas de biometanización más conocidos son los pequeños digestores domésticos que tratan cantidades limitadas de residuos orgánicos, generando biogás que se utiliza directamente para cocción o calefacción. También son comunes los biodigestores a pequeña escala para el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, cuando se trata de operaciones industriales de gran magnitud, como es el caso de nuestro cliente objetivo, los productores agropecuarios enfrentan un desafío significativo en cuanto al manejo de los desechos orgánicos y excrementos de animales.

Dada la gran cantidad y frecuencia de estos residuos, la práctica habitual es depositarlos mediante sistemas de riego en las demás áreas de los establecimientos. Esta metodología ocasiona graves problemas de contaminación de los acuíferos subterráneos, además de generar olores desagradables que afectan negativamente la calidad de vida en las zonas aledañas.

Si bien los productores tienen la opción de construir biodigestores particulares, esto implica contratar a diferentes empresas especializadas que realicen los trabajos de manera individual y fragmentada, sin una supervisión integral del proceso de construcción y desarrollo. Esta situación dificulta el control y la eficiencia del proyecto.

» Poder de negociación de los proveedores: Este punto es muy particular del momento político que pasa el país, ya que, en cuanto a la construcción del biodigestor, la mano de obra se encuentra en abundancia, es decir que se puede negociar y seleccionar al grupo de trabajadores con más experiencia en el rubro de la construcción.

En cuanto a los suministros electrónicos, eléctricos y componentes tecnológicos, contamos con una gran ventaja y es la apertura de la importación en el país. Las condiciones actuales son propicias para importar todos los componentes necesarios para la construcción, mantenimiento y establecimiento del reactor anaeróbico, sin mayores obstáculos administrativos o regulatorios. Sumado a la disponibilidad de mano de obra especializada, contamos con un escenario favorable para el desarrollo exitoso del proyecto.

» Poder de negociación de los clientes: Como se mencionó anteriormente, la existencia de competencia en cuanto al sector privado industrial es casi nula, por lo tanto, los compradores si desean construir un reactor anaeróbico de manera particular, deben seleccionar y contratar cada servicio de manera individual, además de coordinar los costos y tiempos de ejecución.

3.2.2 Estudio de mercado

3.2.2.1 Estimación de la demanda

Hay varios métodos y técnicas que se usan para realizar la estimación, por ejemplo, el análisis de regresión o el método de promedios móviles, en el que se evalúan las unidades vendidas por periodo, estimando por medio de fórmulas la demanda que tendrá en los siguientes meses. Sin embargo no es posible aplicar estos métodos en nuestro estudio, ya que nuestro producto es muy particular, apunta a clientes específicos y solo algunos volverán a adquirir el producto, lo normal sería que opten por el servicio de mantenimiento de los reactores anaeróbicos ya adquiridos. Por estos motivos se comenzó realizando un análisis de tendencia histórica para examinar los datos históricos de construcción de biodigestores en la región central de la Argentina y analizar tendencias pasadas para prever las futuras.

Para ello se analizaron los datos publicados por Senasa (coordinación general de sistemas de gestión sanitaria, dirección de ejecución sanitaria y control de gestión).

El informe es una caracterización de existencias y explotaciones porcinas, con datos actualizados al mes de marzo de 2022. Existen un total de 77.398 establecimientos, los cuales albergan un total de 5.477.107 porcinos.

DISTRIBUCIÓN DE ESTABLECIMIENTOS Y EXISTENCIAS POR PROVINCIA						
PROVINCIA	CANT. ESTABLEC.	% ESTABLEC.	CANTIDAD UPs	% UPs	CANT. PORCINOS	% PORCINOS
BUENOS AIRES	15.343	19,8%	16.769	17,2%	1.338.815	24,4%
CATAMARCA	670	0,9%	1.339	1,4%	21.362	0,4%
CHACO	8.897	11,5%	12.962	13,3%	263.473	4,8%
CHUBUT	204	0,3%	206	0,2%	16.136	0,3%
C.A.B.A.	2	0,0%	2	0,0%	85	0,0%
CORDOBA	11.049	14,3%	12.340	12,6%	1.291.783	23,6%
CORRIENTES	5.601	7,2%	7.573	7,8%	82.098	1,5%
ENTRE RIOS	6.443	8,3%	7.444	7,6%	464.071	8,5%
FORMOSA	5.047	6,5%	7.302	7,5%	144.509	2,6%
JUJUY	335	0,4%	513	0,5%	26.234	0,5%
LA PAMPA	2.636	3,4%	2.957	3,0%	144.904	2,6%
LA RIOJA	531	0,7%	755	0,8%	48.738	0,9%
MENDOZA	1.121	1,4%	1.253	1,3%	34.715	0,6%
MISIONES	3.399	4,4%	3.679	3,8%	78.591	1,4%
NEUQUEN	133	0,2%	142	0,1%	10.844	0,2%
RIO NEGRO	293	0,4%	300	0,3%	25.927	0,5%
SALTA	2.598	3,4%	5.556	5,7%	226.511	4,1%
SAN JUAN	287	0,4%	391	0,4%	32.840	0,6%
SAN LUIS	3.002	3,9%	3.795	3,9%	241.183	4,4%
SANTA CRUZ	65	0,1%	66	0,1%	2.347	0,0%
SANTA FE	4.180	5,4%	4.614	4,7%	793.434	14,5%
SANTIAGO DEL ESTERO	4.694	6,1%	6.752	6,9%	130.574	2,4%
TIERRA DEL FUEGO	63	0,1%	66	0,1%	1.721	0,0%
TUCUMAN	805	1,0%	904	0,9%	56.212	1,0%
Total general	77.398		97.680		5.477.107	

Figura 20: Distribución de establecimientos porcinos en el país.

Fuente: Senasa.

Desagregando las cantidades de establecimientos, unidades productivas, y cantidad de porcinos por provincias, resulta que la provincia de Buenos Aires posee el mayor porcentaje de establecimientos (19,8 %), de UPS (17,2 %) y de porcinos (24,4 %), seguida por las provincias de Córdoba, Chaco y Santa Fe.

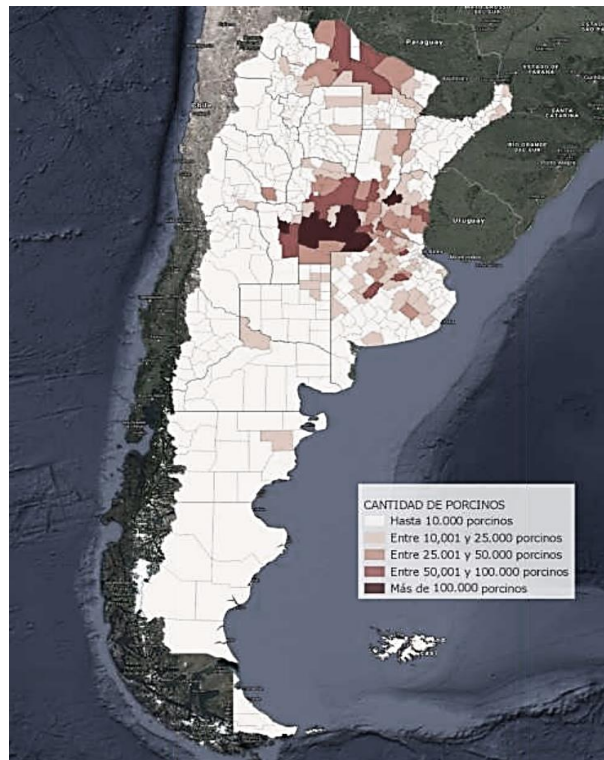


Figura 21: Cantidad de porcinos por departamentos.

Fuente: Senasa.

Además, se llevó a cabo una investigación de campo en la región con la mayor concentración de posibles clientes. Se recopilaron datos mediante correos electrónicos dirigidos a los criaderos comerciales y mediante llamadas telefónicas a los particulares. En términos generales, se les consultó sobre la viabilidad de ofrecer un servicio completo para la adquisición de un biodigestor, incluyendo sus beneficios y costos aproximados. La respuesta obtenida fue mayoritariamente positiva.

Algunas de las preguntas realizadas:

¿Conocen los biodigestores porcinos? ¿Qué opinan de ellos?

¿En cuanto a la energía eléctrica, cuanto gastan mensualmente?

¿Cuáles son las actividades que más energía consumen?

¿Alrededor del criadero tienen vecinos cercanos? ¿Saben cuál es su gasto en electricidad?

¿En invierno como se calefaccionan, y como calefaccionan a los cerdos?

¿Qué hacen con el excremento de los cerdos?

¿Sabe cuánta energía podrían obtener de la transformación de los residuos orgánicos en electricidad?

¿Le parece necesario la instalación de un biodigestor?

¿Si le ofrecen el servicio completo de construcción de biodigestor con etapas de pago, accedería?

¿Si le comunican en cuanto puede recuperar la inversión hecha en la adquisición del biodigestor sería más atractivo?

¿Si le dan un estimativo de cuánto dinero puede ganar si vende los subproductos y la energía, sería más atractivo?

Las respuestas obtenidas fueron diversas y directas. Los propietarios de los criaderos reconocen que la falta de un tratamiento adecuado para los desechos porcinos puede ser una molestia, ya que genera malos olores y actividades adicionales. Asimismo, mencionan que el costo elevado de la electricidad les obliga a utilizarla de manera restrictiva, lo cual representa un desafío adicional durante los meses de invierno. Aunque tienen conocimiento sobre los biodigestores, identifican el costo total del producto como su principal limitación. No obstante, muestran optimismo ante la posibilidad de realizar la implementación en etapas y lo consideran una oportunidad para mejorar sus instalaciones.

Este estudio de campo nos permite identificar al menos cinco potenciales clientes en las regiones centrales del país.

3.2.2.2 Competencia

En Argentina, pocas empresas se dedican a la fabricación de biodigestores, ofreciendo soluciones tanto para pequeños como para grandes productores, adaptándose a distintas necesidades en el ámbito agrícola e industrial, algunas son:

» Biomax: es una empresa que ofrecen equipos diseñados específicamente para evitar la acumulación de barros domiciliarios, facilitando así la recirculación y evitando la obstrucción del flujo. Sus productos están dirigidos a pequeños y medianos productores, resaltando la importancia de una solución ambiental rentable. Lo más comercializado es el biodigestor laguna para tratar efluentes.

Esta empresa radica en Lanús, Buenos Aires



Figura 22: Biomax empresa de biodigestores.

Fuente: Agrofily News.

- Saninar SRL: esta empresa se especializa en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias, utilizando biodigestores como una solución moderna y amigable con el medio ambiente. Sus sistemas son autónomos y no requieren conexión eléctrica, lo que los hace ideales para lugares sin acceso a la red cloacal.

Esta empresa radica en Castelar, Buenos Aires.



Figura 23: Saninar empresa de biodigestores.

Fuente: Saninar.

- BioSoluciones: Proporcionan biodigestores personalizados con un enfoque en la facilidad de instalación. Sus productos están diseñados tanto para uso hogareño como industrial,

permitiendo convertir materia orgánica en energía de manera eficiente. Además de la producción de biogás, sus biodigestores generan un subproducto que se puede utilizar como fertilizante natural.

Esta empresa radica en Lanús, Buenos Aires.



Figura 24: BioSoluciones empresa de biodigestores.

Fuente BioSoluciones.

Actualmente, en el país se observa una escasa presencia de empresas dedicadas a la fabricación de biodigestores, y la mayoría de ellas están ubicadas en Buenos Aires. Además, algunas de estas empresas se centran únicamente en la producción de modelos domiciliarios. Sin embargo, al profundizar en la información, para la región específica analizada, como es el caso de "Villa Mercedes, San Luis", se identifica únicamente una empresa llamada "Biodigestores Villavicencio". Esta empresa se especializa en la fabricación de biodigestores destinados al tratamiento de efluentes cloacales.



Figura 25: Villavicencio empresa de biodigestores.

Fuente: Villavicencio.

3.2.2.3 4P (Producto, Plaza, Precio y Promoción)



Figura 26: Las 4 P del marketing.

Fuente: Elaboración propia.

- » **Producto:** Nuestra oferta combina productos y servicios especializados, donde ingenieros realizan un análisis exhaustivo del lugar, la composición del terreno, la ubicación y los alrededores. También se consideran las temperaturas históricas y el entorno donde se instalará el biodigester. Además, se recopilan datos sobre la materia orgánica disponible en la granja o criadero porcino.

Todos estos datos son fundamentales para realizar cálculos preliminares que determinarán las dimensiones del reactor anaeróbico y sus especificaciones técnicas. Una vez completados los cálculos y el diseño, se define el proceso de construcción, los plazos, la selección de materiales y los componentes necesarios.

El producto final consiste en la construcción del reactor anaeróbico y los servicios complementarios proporcionados por profesionales para poner en funcionamiento el biodigestor.

La empresa en evaluación lleva el nombre de BIOENERGY, haciendo referencia directa al producto ofrecido y al compromiso con la energía sostenible y renovable.

» Precio: El precio se determina de manera estimativa según la cantidad de porcinos del criadero. Después de completar la primera etapa de análisis, donde se definen los materiales, componentes, mano de obra, tiempos y estudios indispensables para la construcción del biodigestor, se proporciona un presupuesto detallado al cliente.

El pago del biodigestor se divide en cuatro etapas de avance. Inicialmente, se realiza una entrega del 40%, seguida de una de 30%, una de 20% y el penúltimo mes se abona el 10% restante y se lleva a cabo la instalación de los componentes faltantes y la puesta en marcha.

» Plaza (Distribución): El mercado geográfico es definido por la ubicación de los potenciales clientes, en este caso se encuentran en el centro del país. La distribución es de venta directa y personalizada, estableciendo una comunicación continua con cada cliente.

» Promoción: Al ser un producto nacional, el marketing se da principalmente en feria ganaderas y también en eventos de energía renovable donde participen empresas dedicadas a la crianza de animales porcinos.

La promoción se hace de manera individual, ofreciendo atención personalizada de consultoría, donde se espera retroalimentación para recopilar sugerencias y mejoras para el producto y servicio ofrecido.

3.2.3 Estudio de localización

3.2.3.1 Factores de localización

Los criterios de localización que se tienen en cuenta para determinar la ubicación más adecuada para comenzar el proyecto son:

- Cercanía al mercado: cerca de los clientes potenciales para minimizar costos de transporte y distribución.
- Disponibilidad de mano de obra: analizar si en la zona hay suficiente oferta de trabajadores calificados para las operaciones tercerizadas.
- Condiciones ambientales: considerar factores climáticos, riesgos naturales, niveles de contaminación, etc.
- Marco jurídico y políticas gubernamentales: leyes, impuestos, incentivos, regulaciones.
- Disponibilidad de terrenos: tamaño, topografía y posibilidad de expansión futura.
- Transporte y logística: acceso y costos de transporte.
- Factores comunitarios: servicios, calidad de vida, seguridad de la zona, etc.
- Competencia: presencia y cercanía a empresas del mismo rubro.

3.2.3.2 Macro localización

En cuanto al estudio de macro localización se tiene en cuenta todo el territorio argentino y se filtra por interés y cercanía a los criaderos con mayor número de porcinos. En el mapa se marca la ubicación de cada uno de ellos.

1. Doña María: se encuentra en Chaco y tiene aproximadamente 2500 porcinos.
2. Cerdos de los Llanos: en La Rioja tiene aproximadamente 2500 porcinos.
3. Ganadera del Centro: se encuentra en Córdoba, tienen 2500 porcinos.
4. Yanquetruz Juan Jorba: en San Luis con 2900.
5. AGD: en Córdoba General Deheza, tiene aproximadamente 3000 porcinos.
6. Las Taperitas: tiene sus granjas porcinas en la provincia de Santa Fe con aproximadamente 4000 cerdos.

7. La Pelada: en la provincia de Santa Fe, 4300 cerdos.
8. Grupo Riccillo: en la provincia de Buenos Aires. Tiene aproximadamente 5000 porcinos.
9. BLD: localizados en Córdoba, tienen aproximadamente 5500 porcinos.
10. Isowean: en la provincia de Córdoba, tienen 6500.
11. Pacuca: en Buenos Aires, tienen 7000 cerdos.
12. Averaldo Giacosa y Cía.: en Córdoba, poseen 8000 porcinos.
13. Paladini: Tiene una planta en la Toma y otras distribuidas en el país con aproximadamente 11.600 cerdos.



Figura 27: Criaderos porcinos con más de 500 madres.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de macro localización se hace en el país, especialmente en la zona central donde se tiene la mayor cantidad de establecimientos dedicados a la cría de cerdos, tomando mayor interés en la región pampeana y de cuyo. La micro localización no es necesaria para el primer proyecto, ya que el potencial primer cliente se localiza en la ciudad de Villa Mercedes San Luis.

3.2.4 Estudio técnico

3.2.4.1 Relevamiento de características técnicas

Esta etapa es crucial para asegurar que el diseño del biodigestor se adecúe a las necesidades específicas de la instalación y maximice su eficiencia y efectividad. Se encuentra detallada en trabajo final del alumno Ferri Bruno Alejandro, titulado: "Diseño de una planta para la generación de energía eléctrica basado en el uso de reactores anaeróbicos".

En dicho trabajo se consideró inicialmente la cantidad total de estiércol y otros desechos orgánicos producidos diariamente, además de su composición para entender su potencial como fuente de biogás (contenido de carbono, nitrógeno, etc.).

Este análisis se llevó a cabo examinando las condiciones climáticas locales (temperatura, altura, y humedad) del lugar donde se encuentra establecido el criadero del primer proyecto que pueden afectar la operación del reactor anaerobico. Se determino el área disponible para la instalación del biodigestor y su infraestructura asociada (sistemas de almacenamiento de biogás, equipos de tratamiento de digestato, componentes de control y transformación, etc.).

También la verificación de la disponibilidad y calidad del agua necesaria para el proceso de digestión anaeróbica y las fuentes de energía disponibles (electricidad, y gas natural) para operar el biodigestor.

Se calculo la capacidad requerida del biodigestor basándose en la producción de desechos y los objetivos de producción de biogás, seguidamente se realizó la selección de la tecnología de biodigestión más adecuada (continua, discontinua, tipo de reactor, etc.) basada en la evaluación anterior, considerando opciones de diseño que permitan futuras expansiones o modificaciones del sistema de biodigestor.

Técnicamente se planificaron las medidas de seguridad necesarias para manejar el biogás y otros subproductos del proceso de digestión anaeróbica. Y finalmente se realizó el diseño del reactor anaeróbico con sus características, especificaciones técnicas de cada componente y el requerimiento de materiales.

3.2.4.2 Funcionamiento

A continuación, se presenta una descripción general del proceso ilustrado.

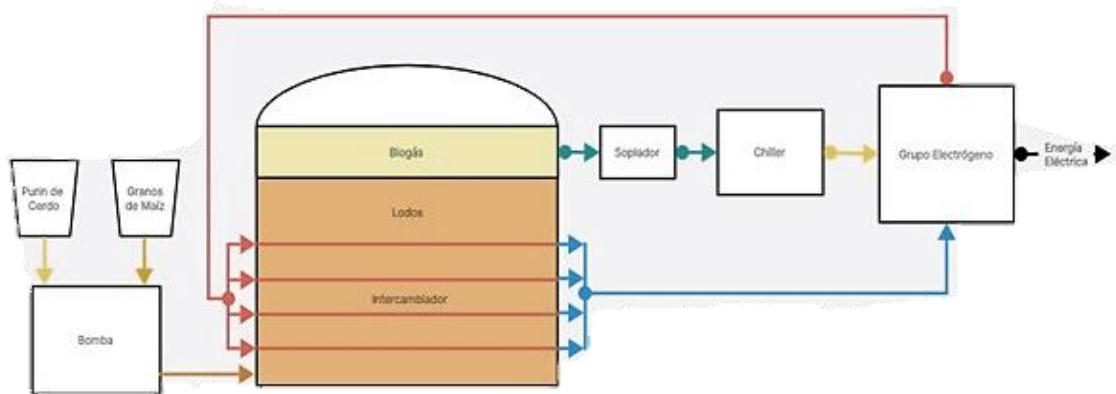


Figura 28: Flujograma de procesos.

Fuente: Trabajo final de Ferri Bruno.

Inicialmente, los sustratos ingresan a la bomba mezcladora, la cual les suministra la energía necesaria para fluir a través de las tuberías y acceder al reactor. Una vez dentro del reactor, los sustratos experimentan un aumento en su energía interna debido al incremento de temperatura provocado por la transferencia de calor proveniente del intercambiador. Al alcanzar la temperatura de operación y en ausencia de oxígeno, los sustratos comienzan a experimentar una digestión anaeróbica, iniciando con el proceso de hidrólisis y culminando con el proceso de metanogénesis, en el cual el biogás se genera a partir del lodo y asciende debido a su notable diferencia de densidad.

El biogás presente en la parte alta del reactor aún no se encuentra listo para ser inyectado en el generador eléctrico debido a la presencia de dos impurezas fundamentales: el sulfuro de hidrógeno, que se filtra por adsorción, y el exceso de agua, que se extrae en el enfriador. Posteriormente, un soplador proporciona la energía necesaria para que el biogás se purifique con los filtros y llegue al generador eléctrico. En este punto, el biogás se quema en las cámaras de combustión del motor de ciclo Otto, el cual entrega una fuerza motriz que se transfiere al alternador. Como consecuencia, el motor experimenta un aumento de temperatura en sus camisas, por lo que requiere refrigeración. Aunque en la mayoría de los generadores eléctricos esta energía térmica se desperdicia, en este caso se envía al intercambiador de calor ubicado en el reactor, con el fin de contribuir al proceso de digestión.

3.2.4.3 Proveedores y componentes

Para garantizar la selección óptima de proveedores, llevamos a cabo una investigación inicial, utilizando diversas fuentes como internet y recomendaciones de proyectos similares. Se envía un correo electrónico solicitando información detallada sobre la capacidad, productos y servicios ofrecidos por los proveedores.

Las propuestas recibidas en respuesta a nuestras solicitudes se someten a un riguroso proceso de revisión y análisis. Esto incluye la verificación de referencias de otros clientes, la lectura de reseñas y la evaluación de la reputación del proveedor en el mercado.

Se establecen criterios específicos para comparar a los proveedores, tales como precio, calidad, tiempo de entrega, condiciones de pago y servicio postventa. Luego, se clasifican y seleccionan aquellos que mejor se ajustan a nuestras necesidades en cada caso.

Una de las comparativas realizadas se centra en la adquisición de componentes a través de proveedores locales versus internacionales.

En lo que respecta a la construcción de la estructura total del biodigestor, externalizamos el servicio a la empresa Arinco, especialista en estructuras cilíndricas de hormigón armado. Esta empresa está certificada y su trabajo tiene una duración estimada de aproximadamente 60 días.

Se presentan algunos componentes a modo de ejemplo, mientras que las características y especificaciones detalladas se encuentran descritas en el trabajo final de Bruno Ferri, titulado: "Diseño de una planta para la generación de energía eléctrica basado en el uso de reactores anaeróbicos".

» Cúpula de geomembrana de 452,43m².



Figura 29. Instalación de cubierta en biodigestor.

Fuente: Yanquetruz.

» Grupo electrógeno.

Cat® G3412 con respuesta rápida
Grupos electrógenos de gas



Perforación: mm (pulg)	137 (5,4)
Carrera: mm (in)	152 (6,0)
Cilindrada: L (pulg ³)	27 (1.648)
Relación de compresión	11,4:1
Aspiración	Con turbocompresor
Sistema de combustible	Válvula electrónica de control de combustible
Tipo de regulador	ADEM™ A4

La imagen que se muestra puede no reflejar la configuración real.

Figura 30: Grupo electrógeno.

Fuente: Sitio web CATERPILLAR.

► Agitador.



Figura 31: Sistema de agitación.

Fuente: EVICOM.

► Válvula de seguridad.



Figura 32: Válvula de seguridad.

Fuente: Aqualimpia.

► Sistema de bombeo.



Figura 33: Bomba centrífuga para efluentes.

Fuente: Grundfos – Web.

► Sistema de calefacción



Figura 34: Forma de sistema de calefacción, tubería de polietileno.

Fuente: Fittings. Planta de Biogás “El Jote”.

► Chiller.



Figura 35: Chiller enfriador de gas.

Fuente: ZORG BIOGAS.

► Soplador.



Figura 36: Soplador tipo ATEX para biogás.

Fuente: Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores - O.N.U. para la alimentación y agricultura, 2019.

La elección cuidadosa de proveedores es fundamental para el éxito de la construcción de un biodigestor porcino, ya que de ellos depende la calidad de los materiales y equipos utilizados en el proyecto. Un buen proceso de selección no solo garantiza que se cumplirán los estándares de calidad y las expectativas de desempeño, sino que también puede contribuir a la optimización de costos y tiempos de entrega.

3.2.4.4 Análisis de mano de obra requerida

La construcción y operación de un reactor anaeróbico porcino requieren una variedad de habilidades y niveles de mano de obra especializada para completar cada una de las etapas mencionadas de manera eficaz.

A continuación, se presenta un desglose de los tipos de mano de obra requerida durante las diferentes fases del proyecto:

1. Ingeniero industrial: Encargado de realizar estudios de viabilidad legal, de impacto ambiental y análisis de la sostenibilidad del proyecto. Además de planificar, analizar y supervisar la construcción del reactor anaeróbico.

También coordina un camino crítico con todas las actividades, para asegurarse de que se cumplan los plazos y estándares de calidad, además de gestionar las operaciones logísticas, financieras y administrativas del proyecto.

2. Ingeniero electromecánico: Se encargan del cálculo, dimensionamiento y diseño estructural del reactor anaeróbico, establece las condiciones de operación, los materiales y las especificaciones de los componentes. Además del diseño del proceso total para evaluar la viabilidad técnica y preparar el diseño preliminar.

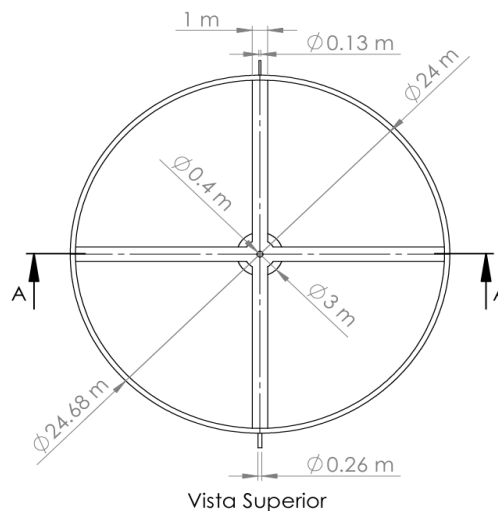


Figura 37: Planos del biodigestor.

Fuente: Trabajo final de Ferri Bruno.

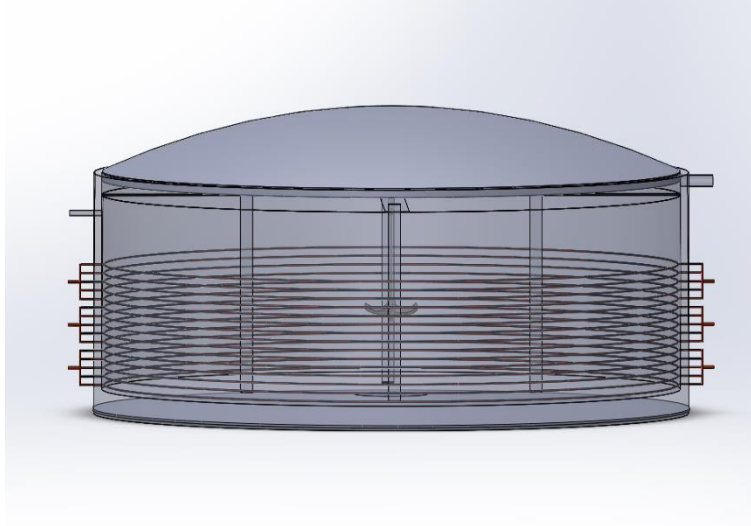


Figura 38: Vista lateral del reactor con pared traslúcida.

Fuente: Trabajo final de Ferri Bruno.

3. Servicio tercerizado, empresa constructora: Esta empresa se encarga de la preparación del terreno, esto es limpieza, nivelación y fortificación del suelo para soportar las estructuras del reactor, y la construcción de la infraestructura con sus respectivas capas.



Figura 39: Construcción de reactor anaeróbico.

Fuente: Sobre la tierra agro.

4. Servicio tercerizado, empresa de montaje mecánico: Especializados en la instalación de sistemas de tuberías y montaje de equipos.

5. Servicio tercerizado, empresa de montaje eléctrico: Encargados de instalar y configurar el sistema eléctrico y de control.

6. Servicio tercerizado, empresa de sistema de control: Para la instalación de sensores y sistemas de control automático, además de la configuración del software de gestión del reactor.



Figura 40: Sala de control.

Fuente: Yanquetruz.

7. Servicio tercerizado, empresa de mantenimiento: Para el ajuste y calibración de equipos, además de las pruebas operativas y ajustes necesarios antes de la puesta en marcha

8. Servicio tercerizado, Ingeniero de Procesos: Brinda apoyo inicial para establecer los estándares de mezcla, supervisa y se encarga de optimizar el proceso de digestión anaeróbica. Además de proveer la capacitación del personal sobre biogás y seguridad para el personal operativo

Esta combinación de especialidades asegura que todas las etapas del proyecto se ejecuten correctamente, desde la planificación inicial hasta la operación diaria del reactor anaeróbico. Además, la calidad y la experiencia de la mano de obra pueden influir significativamente en la eficiencia y el éxito a largo plazo del reactor.



Figura 41: Control de calidad del sustrato.

Fuente: Yanquetruz.

3.2.4.5 Análisis de tiempos

El análisis de tiempos de las diferentes etapas en la construcción y puesta en marcha de un reactor anaeróbico porcino es crucial para la planificación efectiva del proyecto, la gestión de recursos y el control del presupuesto. Este análisis ayuda a establecer un cronograma realista, identificar posibles retrasos y optimizar la asignación de mano de obra y materiales.

Para ello aplico el método de la ruta crítica PERT o CPM

Tabla 3: Análisis PERT.

Fuente: Elaboración propia.

ETAPA	PROF.	ACT.	LETRA	To	Tm	Tp	TE	ACT. PRECEDENTES INM.
Relevamiento	Ing. Ind/ Electromec/ Proc	Análisis de la materia orgánica disp. y de las dimensiones y condiciones del lugar	A	3	5	7	5	-
Calculo	Ing. Electromec.	Calculo y diseño del reactor y sus componentes	B	23	25	32	27	A
CPM	Ing. Industrial	Creación del camino crítico de actividades	C	13	15	20	16	B
PRESUPUESTOS	Ing. Industrial	Selección de servicios terciaria	D	10	14	17	14	B

		rizados y contratos						
		Selección de componentes eléctricos, mecánicos e informáticos	E	10	12	15	12	B
LEGAL	<i>Ing. Industrial</i>	Análisis ambiental y legal p/ permiso de construcción	F	14	20	25	20	A, B
CONST.	<i>Empresa de construcción</i>	Limpieza del terreno y nivelación	G	5	7	10	7	D, F
		Fortificación y cimentación de las bases	H	10	12	15	12	G
		Construcción del reactor	I	25	30	40	32	H
Empresa de montaje mecánico, eléctrico, mantenimiento y sist. de control	<i>Sector de montaje mecánico</i>	Montaje de componentes eléctricos e informáticos	J	7	8	10	8	I, E
		Montaje de cañerías y tuberías	K	8	10	15	11	I, J
	<i>Sector montaje eléctrico</i>	Instalación eléctrica	L	5	7	9	7	H, J
	<i>Sector de Mantenimiento</i>	Ajuste y calibración	M	4	5	7	5	K, L
	<i>Sector de sistema de control</i>	Instalación de sensores y sist. de control y configuración del software	N	12	15	20	16	L
PUESTA EN MARCHA	<i>Ing. Ind/ Electromec/ Proc y sector de sist. De control</i>	Verificación de instalación, puesta en marcha y capacitación	Ñ	9	10	14	11	M
	<i>Ing. Procesos</i>	Verificación de estándares de mezcla y capacitación	O	5	7	10	7	N, Ñ

acción, paralelamente un técnico debe realizar la inspección visual del grupo electrógeno para prevenir pérdidas de aceite o líquidos refrigerantes.

Esta información será almacenada automáticamente en el sistema de gestión, donde se puede acceder fácilmente para observar las métricas diarias, y cargar anomalías, las cuales serán usadas para llevar un control estadístico del proceso y diagnóstico preciso por cualquier falla.

La siguiente imagen es ilustrativa del software de gestión de mantenimiento que almacena la información de las actividades de mantenimiento realizadas y de las temperaturas y presiones cada día (dibujo de tuerca), semana (llave), mes (llave doble) y año (operario). En color verde se muestran los que contienen datos cargados y en naranja los que aun no han sido cargados.



Figura 43: Propuesta de vista general de software de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

► **Mantenimiento Semanal:** Se recomienda realizar una inspección de válvulas y juntas, para buscar señales de desgaste o fugas. Además de realizar una limpieza de filtros de entrada y salida para evitar obstrucciones.

Adicionalmente se realiza la comprobación del correcto funcionamiento de los agitadores para asegurar la homogeneización del contenido.

► **Mantenimiento Mensual:** Se debe realizar la medición de la calidad del biogás, donde se chequean los niveles de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) para evaluar la eficiencia de la digestión. También una revisión de sistemas eléctricos y de control para asegurar que todos los componentes eléctricos funcionen adecuadamente.

Por otra parte, se debe realizar una inspección interna del tanque, y comprobar acumulaciones, erosión o corrosión dentro del tanque.

Realizar la calibración de sensores e instrumentos, para asegurar que las mediciones de temperatura, pH, y presión sean precisas.

Se recomienda el reemplazo de piezas o componentes desgastados que muestren signos evidentes de desgaste.

» Mantenimiento Anual: Se recomienda el vaciado y limpieza completo, se deben retirar todos los sólidos acumulados y limpiar el tanque para prevenir bloqueos y asegurar la eficacia de la digestión anaeróbica.

- Se debe realizar una revisión general del sistema, incluidos todos los componentes (tuberías, motores, etc.).

- Hacer pruebas de resistencia de estructuras y soldaduras, para comprobar la integridad física del biodigestor.

- Realizar la actualización de software de control para aprovechar mejoras y correcciones de errores.

- Mecánicamente se debe chequear el nivel de aceite y líquido refrigerante del grupo electrógeno, además del purgado del sistema hidráulico.

Por parte de la empresa se capacita inicialmente a los operarios contratados por el cliente, y se recomienda implementar y seguir rigurosamente este plan de mantenimiento, ya que no solo ayudará a mantener el biodigestor en óptimas condiciones, sino que también maximizará la producción de biogás y la eficiencia del sistema, reduciendo así los costos operativos y ambientales.

3.2.5 Estudio ambiental

Este estudio es un análisis sistemático y detallado de los elementos naturales y sociales que conforman el entorno específico de cada proyecto. El objetivo es identificar, evaluar y mitigar los impactos negativos de las actividades sobre el medio ambiente, promoviendo un desarrollo sostenible.

Particularmente los desechos orgánicos porcinos, puede causar problemas ambientales y de salud si no se tratan adecuadamente. Algunos de los problemas asociados con la falta de gestión adecuada de la deposición de cerdos:

- » Contaminación del agua: la lixiviación de nutrientes y contaminantes del excremento de cerdo sin tratar puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales. Los excesos de nitrógeno y fósforo pueden contribuir negativamente la calidad del agua y la vida acuática.
- » Emisión de gases de efecto invernadero: los desechos de cerdos que se descomponen en condiciones anaeróbicas pueden producir gases de efecto invernadero, como metano y dióxido de carbono. Estos gases contribuyen al cambio climático y tienen impactos ambientales significativos.
- » Olores nocivos y problemas de calidad del aire: la acumulación de excrementos sin tratar puede generar olores desagradables y emisiones de gases malolientes, lo que puede afectar negativamente la calidad del aire en las comunidades cercanas y causar molestias a los residentes locales.
- » Riesgos para la salud humana: la exposición a los contaminantes presentes en el excremento, como bacterias patógenas, puede representar riesgos para la salud humana. La gestión inadecuada de estos desechos puede aumentar la posibilidad de enfermedades transmitidas por el estiércol.
- » Problemas de suelo: la aplicación excesiva de excremento sin tratar como fertilizante puede tener consecuencias negativas para la calidad del suelo, incluida la acumulación de nutrientes en exceso y la acidificación del suelo.



Figura 44: Uso convencional del purín de cerdo.

Fuente: Secure Avaaz.

Para abordar estos problemas, es esencial implementar prácticas adecuadas de gestión de estiércol. Además, de la regulación y el cumplimiento de normativas ambientales específicas pueden ser cruciales para mitigar los impactos negativos.

3.2.5.1 Riesgos en la implementación de biodigestores

La construcción de un biodigestor porcino puede presentar varios riesgos potenciales, especialmente si no se sigue un diseño adecuado o si no se toman las precauciones necesarias durante la construcción y operación.

Algunos de los riesgos podrían incluir:



Figura 45: Peligros en las plantas de biogás.

Fuente: Guía del biogás GIZ.

- Acumulación de gases inflamables: los biodigestores producen gases como el metano, que es altamente inflamable y puede representar un riesgo de incendio o explosión si se acumula en concentraciones peligrosas.
- Generación de gases tóxicos: además del metano, los biodigestores también pueden generar otros gases tóxicos, como el sulfuro de hidrógeno, que es altamente venenoso incluso en concentraciones bajas.
- Riesgo de fugas: si el biodigestor no se construye correctamente o si no se realizan inspecciones periódicas, existe el riesgo de que se produzcan fugas de líquidos o gases, lo que podría contaminar el suelo, el agua subterránea o el aire circundante.
- Contaminación ambiental: si el biodigestor no se gestiona adecuadamente, los efluentes resultantes podrían contaminar el medio ambiente, causando problemas de calidad del agua y del suelo.
- Riesgo de enfermedades: el manejo inadecuado de los desechos porcinos y los subproductos del biodigestor podría aumentar el riesgo de propagación de enfermedades, tanto para los animales como para los humanos que trabajan en las cercanías.

Para mitigar estos riesgos, es fundamental seguir las normativas y regulaciones locales, así como el asesoramiento técnico profesional durante el diseño, la construcción y la operación del biodigestor. Además, se deben implementar medidas de seguridad apropiadas, como la ventilación adecuada para prevenir la acumulación de gases, el uso de materiales resistentes, la instalación de apartarrayos, la correcta señalización, y la capacitación del personal en prácticas seguras de operación.

3.2.5.2 Estrategias de mitigación para abordar los riesgos

Para mitigar estos riesgos, es crucial implementar prácticas de manejo adecuadas:

1. Sistemas de captura de biogás: asegurar que el biogás producido se capture eficientemente para su uso como fuente de energía, evitando emisiones de metano.

2. Tratamiento de lixiviados: implementar sistemas para tratar adecuadamente los líquidos que se producen, evitando la contaminación del agua.

3. Manejo responsable del digestato: aplicar el digestato de manera que se maximicen sus beneficios como fertilizante, evitando la sobrecarga de nutrientes en el suelo.

Se mencionan algunos componentes recomendados para minimizar el riesgo de incidentes en un reactor anaeróbico;

» Arrestador de flama: Su función es evitar que una chispa o siniestro exterior pase al interior de un recipiente o tubería y provoque un incendio.



Figura 46: Arrestador de flama.

Fuente: Boletín industrial.

» Quemador: Dispositivo que quema controladamente el exceso de biogás producido en la planta, evitando su acumulación descontrolada, se considera equipo de emergencia en contingencias.



Figura 47: Quemador, componente de seguridad.

Fuente: Aqualimpia.

- Protección contra rayos: Por una parte, se mencionan los pararrayos, que es una punta conectada a una varilla aterrizada que suministra un camino más favorable para que la energía del rayo pase por él, y no por la estructura. Otra alternativa es un sistema de disipación, que es una serie de puntas conectadas a tierra, que ionizan un área determinada de la atmósfera, evitando así las descargas eléctricas en la instalación.

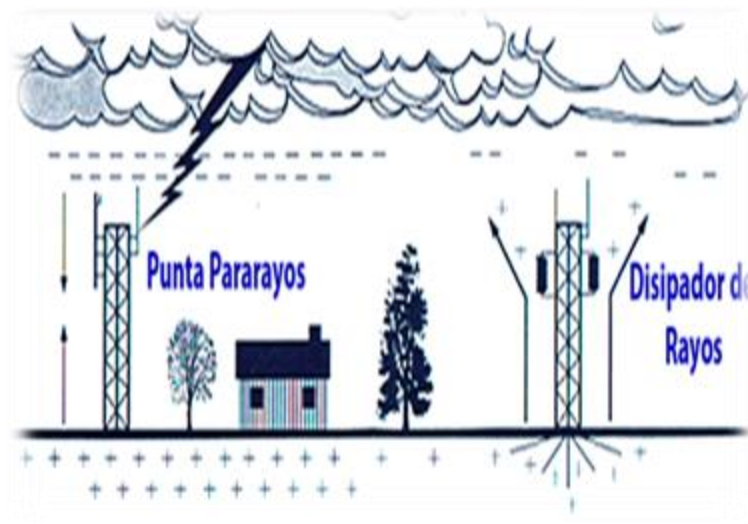


Figura 48: Pararrayos, componente de seguridad.

Fuente: NSI de México.

- Válvula de seguridad: También conocida como válvula de alivio de presión, permite liberar la presión interior del gas cuando sobrepasa los límites específicos, hasta que descienda nuevamente a su nivel de seguridad (la imagen de este componente se encuentra en el estudio técnico).

La adopción de estas y otras medidas de manejo ambiental pueden ayudar a minimizar los riesgos ambientales asociados con la construcción y operación del reactor anaeróbico, convirtiéndolo en un proyecto sostenible y beneficioso tanto para el medio ambiente como para las comunidades locales.

3.2.5.3 Leyes ambientales

En la provincia de San Luis se establecen las siguientes normativas a cumplir:

- » Ley N°25.612 de Gestión Integral de Residuos Industriales y de Act. de Servicios.
- » Ley N°25.916 Gestión Integral de Residuos Domiciliarios.
- » Leyes N°IX-0873-2013 Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) de la provincia de San Luis y su Decreto Reglamentario N°545/2015
- » Ley N°IX-0335-2004 Residuos Peligrosos - Adhesión a Ley Nacional N°24.051 Residuos Peligrosos.

El contenido de cada una de ellas se encuentra enlazado en la webgrafía al final del trabajo, y el cumplimiento de estas leyes permite iniciar con la construcción del biodigestor y posteriores controles administrativos por parte de la secretaria de ambiente de la provincia.

3.2.5.4 Evaluación de impacto ambiental

Se realiza la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para un biodigestor porcino es un proceso crucial que identifica, predice y evalúa los efectos ambientales que pueden surgir de la construcción, operación y eventual desmantelamiento del proyecto. Esta evaluación permite desarrollar estrategias para mitigar impactos negativos, mejorar los beneficios ambientales del proyecto y asegurar su viabilidad a largo plazo.

Para el presente trabajo de investigación es que ejemplaremos un modelo de evaluación de impacto ambiental.

Para el armado de la matriz se tiene en cuenta las fases del proyecto, y los factores ambientales, en paralelo se les asigna una puntuación que puede ser positiva o negativa dependiendo del impacto, su magnitud e importancia.

Tabla 4: Impactos ambientales.

Fuente: Elaboración propia.

Impactos positivos (+) o negativos (-)						
MAGNITUD				IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación (+) o (-)		Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	1	-1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	-2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	3	-3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	-4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	-5	Media	Local	5
Media	Alta	6	-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	-7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	-8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	-9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	10	-10	Permanente	Nacional	10

El análisis se realiza con la matriz de Leopold, esta matriz tiene en el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental, y en el eje vertical las condiciones ambientales existentes que puedan verse afectadas por esas acciones.

Tabla 5: Matriz de Leopold.

Fuente: Elaboración propia.

Construcción de Reactor Anaeróbico Porcino		Factibilidad	Const.	Operación			Afectación		Total, Afectaciones	Impacto
		Limpieza terreno	Cimentos y const.	Proc. químico	Gases consumidos	Mant.	+	-		
Agua	Calidad del agua	-1 1	-3 2	-9 3	-2 1	-3 1	0	5	5	-39
Atmósf.	Calidad del aire (gases, partículas)	-1 2	-4 4	-7 6	5 6	-2 1	1	4	5	-32
Proceso	Erosión	-2 3	-1 2	2 2	-1 1	-1 1	1	4	5	-6
	Proceso anaeróbico	-1 2	-1 2	6 6	7 6	-1 1	2	3	5	73
Flora	Microflora	-3 3	-2 3	-3 3	6 3	-3 1	1	4	5	-9
Fauna	Microfauna	-1 2	-2 3	5 1	6 3	-3 1	2	3	5	12
Interés humano	Calidad de espacio abierto, olores	5 4	-5 1	-2 3	8 3	-2 1	2	3	5	31
	Salud y seguridad	1 1	-7 2	3 3	1 1	-1 1	3	2	5	-4
Aspecto cultural	Empleo	4 1	5 5	5 5	-2 6	3 1	4	1	5	45
Actividad humana	Manejo de residuos	-2 1	3 2	3 3	7 6	5 6	4	1	5	85
Afectación	+	3	2	6	7	2	20	30	50	156
	-	7	8	4	3	8	30			
Total, de afectaciones		10	10	10	10	10	50			
Agregado del impacto		1	-26	4	160	17	15	6		

La evaluación del impacto ambiental consiste en considerar los números mas altos en magnitud e importancia y debatir sobre sus probables efectos y la acción propuesta sobre los ecosistemas afectados.

Tabla 6: Calificaciones ambientales.

Fuente: Elaboración propia.

Calificación positiva	Rango	Calificación negativa	Rango
Poco importante	0 a 25	Irrelevantes	0 a - 25
Importante	25 a 50	Moderados	-25 a -50
Muy importante	> 50	Severos	-50 a -75
		Críticos	> -75

En este caso, los mayores impactos negativos se encuentran en el uso de agua, para el cual se propone la reutilización de agua para el proceso haciendo uso de desarenadores para remover algunas partículas.

Para la posible contaminación del aire, se propone el uso de filtros en las diferentes etapas del proyecto, con el objetivo de minimizar los impactos en la calidad del aire.

En cuanto a las primeras etapas de cimentación y construcción se prevé coordinar las tareas de mayor contaminación sonora en horarios limitados y realizarlo por etapa, teniendo en cuenta que es una actividad puntual y no permanente.

Tabla 7: Impactos y medidas ambientales.

Fuente: Elaboración propia.

Impactos negativos	Medidas		
	Preventivas	Correctoras	Compensatorias
Factores			
Calidad del aire (gases, partículas)	Uso de filtros	Limitación de la contaminación	Seguro médico - Indemnización
Calidad del agua	Desarenadores	Reutilización	Económica
Actividades			
Cimentación y construcción	Realización por etapas	Barreras acústicas	Limitación de horas

La matriz de Leopold es una manera simple de resumir y jerarquizar los impactos ambientales, y concentrar el esfuerzo en aquellos que se consideren mayores.

La asignación de magnitud debe basarse en información de hecho. Sin embargo, la asignación de importancia puede dejar cierto margen para la opinión subjetiva del evaluador. Esta separación explícita de hecho y opinión es una ventaja de la matriz de Leopold.

3.2.6 Estudio legal

3.2.6.1 Establecimiento legal de empresa de servicios

En Argentina, incluyendo la provincia de San Luis, existen varios tipos de sociedades o empresas que se pueden constituir. La elección del tipo de sociedad depende de diversos factores como la cantidad de socios, el capital inicial, la responsabilidad legal que se desea asumir, entre otros. A continuación, detallo los principales tipos de sociedades:

- Sociedad Anónima (S.A.): es utilizada por empresas de mayor tamaño. Requiere de al menos dos accionistas y el capital se divide en acciones. Los accionistas limitan su responsabilidad al capital aportado.
- Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.): ideal para pequeñas y medianas empresas (pymes), compuesta por 2 a 50 socios. La responsabilidad está limitada al capital aportado, y el capital se divide en cuotas partes.
- Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.): es un tipo de sociedad relativamente nuevo y flexible, que permite la constitución de la empresa de manera rápida y sencilla. Puede ser conformada por uno o más socios, limitando su responsabilidad al aporte de capital
- Sociedad Colectiva: en este tipo de sociedad, todos los socios administran y son responsables de manera ilimitada por las deudas sociales. Es menos común debido a la alta responsabilidad que asumen los socios.
- Sociedad Comandita por Acciones (S.C.A.): combina características de la sociedad anónima y la sociedad colectiva. Existen socios comanditados (responsabilidad ilimitada y gestión de la empresa) y socios comanditarios (responsabilidad limitada al aporte y sin gestión).
- Sociedad Comandita Simple (S.C.S.): similar a la S.C.A., pero el capital no se divide en acciones. Hay socios comanditados con responsabilidad ilimitada y socios comanditarios cuya responsabilidad se limita al aporte comprometido.
- Empresa Unipersonal: adecuada para empresarios individuales que deseen iniciar un negocio por cuenta propia. El empresario asume de forma ilimitada las deudas de la empresa.

Con esta información se realiza una matriz de decisión:

Tabla 8: Tipos de sociedades y sus características.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Sociedad	Cant. de Socios	Resp.	Capital Div. en	Gestión	Adecuado para	Costos de Const.	Riesgos Principales
Sociedad Anónima (S.A.)	2 o más	Limitada al aporte	Acciones	Directores	Empresas de mayor tamaño	Alto	Burocracia y regulaciones complejas
Sociedad de Responsabilidad Limitada (S.R.L.)	2 a 50	Limitada al aporte	Cuotas partes	Gerentes	PYMES	Moderado	Gestión de cuotas entre socios
Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.)	1 o más	Limitada al aporte	Cuotas/ Acción	Represent.L egal	Emprender es flexible y rápido	Bajo a Moderado	Flexibilidad puede llevar a gestiones menos claras
Sociedad Colectiva	2 o más	Ilimitada y solidaria	No aplica	Todos los socios	Socios con disposición a responsabilidad ilimitada	Bajo	Riesgo financiero personal de los socios
Sociedad Comandita por Acciones (S.C.A.)	2 o más (comanditados y comanditarios)	Ilimitada (comanditados) y limitada (comanditarios)	Acción	Comanditado	Empresas con socios dispuestos a asumir roles distintos	Moderado a Alto	Diferenciación de roles y responsabilidad
Sociedad Comandita Simple (S.C.S.)	2 o más (comanditados y comanditarios)	Ilimitada (comanditados) y limitada (comanditarios)	No aplica	Comanditados	Empresas con socios dispuestos a asumir roles distintos	Moderado	Diferenciación de roles y responsabilidades
Empresa Unipersonal	1	Ilimitada	No aplica	Empresario individual	Empresarios individuales	Bajo	Riesgo financiero personal completo

Una vez realizado el análisis de los tipos de sociedades, vemos que el modelo de S.A.S es el más conveniente para los perfiles analizados.

Los costos específicos para abrir una Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.) pueden variar según varios factores, incluidos los honorarios profesionales, los costos de inscripción, y cualquier otro gasto asociado con el inicio de actividades específicas como la construcción de biodigestores.

Para la constitución de una Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.), no es estrictamente necesario que los trámites de inscripción sean realizados por un profesional (como un abogado o contador), aunque es altamente recomendable debido a la complejidad y formalidad de los requisitos legales. Una de las ventajas de la S.A.S. es precisamente la simplificación de algunos de estos trámites con el objetivo de fomentar el emprendimiento.

Los socios o uno de ellos pueden realizar el proceso de inscripción, siempre y cuando se sigan detalladamente los pasos y requisitos establecidos por la normativa vigente, que incluyen:

- » Preparación de la documentación necesaria: esto incluye el estatuto de la sociedad, que debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos por la ley, y la documentación personal de los socios.
- » Inscripción ante el registro público de comercio: presentar la documentación requerida y pagar las tasas correspondientes. La plataforma digital de trámites a distancia (TAD) en Argentina permite la realización de algunos de estos trámites de manera online, lo cual simplifica el proceso.
- » Obtención de cuit e inscripción ante afip: la sociedad debe obtener su Código Único de Identificación Tributaria (CUIT) y registrarse ante la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) para comenzar sus actividades. Esto también se puede realizar en línea a través de la página web de AFIP.
- » Otros registros y permisos: dependiendo de la actividad a realizar (en este caso, la construcción de biodigestores), pueden requerirse permisos o registros adicionales ante otros organismos gubernamentales o municipales.

Una de las ventajas de este modelo de empresa es la flexibilidad para operar en diversos rubros y actividades comerciales, esto es posible haciendo cumplimiento de las regulaciones y requisitos legales correspondientes para cada actividad.

3.2.6.2 Normas, leyes y regulaciones relacionados a la implementación del proyecto

A nivel nacional, no existe una ley específica que regule exclusivamente la implementación de biodigestores. En su lugar, la regulación puede incluir disposiciones relacionadas con la gestión de residuos, el medio ambiente, la energía renovable y la producción agropecuaria, entre otros aspectos.

Para la construcción y operación de biodigestores porcinos en San Luis, existen varias normas, leyes y regulaciones que deben cumplirse, mientras que otras pueden ser recomendaciones que no obligatorias. Haremos mención de las que son de índole obligatorio:

- » Ley general del ambiente (N° 25.675): establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, el uso racional y sostenible de los recursos naturales, la preservación del patrimonio natural y cultural y la diversidad biológica, y la información y educación ambientales.
- » Ley de residuos peligrosos (N° 24.051): si los residuos manejados por el biodigestor son clasificados como peligrosos, esta ley regula su tratamiento y disposición.
- » Regulaciones locales de construcción y zonificación: códigos de Edificación y Urbanismo: Normativas locales que regulan dónde y cómo se puede construir, asegurando que las estructuras cumplan con los requisitos de seguridad y funcionalidad.
- » Permiso de construcción: emitido por autoridades locales, necesario para iniciar cualquier construcción.
- » Evaluación de Impacto Ambiental (EIA): requerido antes de iniciar proyectos que puedan tener un impacto significativo en el ambiente. Para ello es necesario la presentación de un estudio de impacto ambiental realizado por profesionales certificados, una vez aprobado se deberán pagar las tasas correspondientes por la licencia ambiental, esto se realiza en las oficinas de la Secretaría de ambiente. Posteriormente se otorga la licencia ambiental que permite la construcción y operación del biodigestor.

3.2.6.3 Contratos de servicios profesionales tercerizados

En Argentina, los contratos eventuales a profesionales son una forma común de empleo que se utiliza para cubrir necesidades temporales de personal en las empresas. Estos contratos están regulados por la Ley de Contrato de Trabajo (Ley N° 20.744) y pueden tomar varias formas dependiendo de la duración y naturaleza del trabajo a realizar. Algunos tipos comunes de contratos eventuales para profesionales incluyen:

- » Contrato a plazo fijo: este tipo de contrato tiene una duración específica establecida desde el principio y se utiliza para cubrir necesidades temporales de personal, como proyectos específicos, reemplazos por licencias o picos de trabajo estacionales.
- » Contrato por obra o servicio determinado: este contrato se celebra para la realización de una obra o la prestación de un servicio determinado. Una vez finalizada la obra o servicio, el contrato llega a su término.
- » Contrato eventual por circunstancias de la producción: se utiliza para cubrir necesidades temporales de personal relacionadas con aumentos repentinos de la producción, cambios en la demanda del mercado u otras circunstancias imprevistas.

En nuestro caso haremos uso de los contratos por servicio determinado, especificando claramente los términos y condiciones del empleo, incluyendo la duración del contrato, la remuneración, las responsabilidades del empleado, entre otros aspectos relevantes como lo son las garantías del servicio otorgado.

3.2.7 Estudio económico y financiero

3.2.7.1 Costos legales de apertura de empresa

En el estudio legal, se elaboró una matriz de decisión para seleccionar la mejor opción del modelo de empresa, resultando seleccionada la sociedad por acción simplificada (S.A.S.).

En la siguiente tabla se presenta una comparativa de costos, considerando dos escenarios:

1. Contratación de una empresa especializada que se encarga de la constitución de la S.A.S., la constatación de domicilio, el estatuto de CUIT y la vinculación, excluyendo el seguro de caución. Este proceso demora aproximadamente un mes.

2. Realización del trámite por medios propios de la empresa. Aunque esta opción reduce los costos, el tiempo de ejecución se duplica, tomando aproximadamente dos meses.

Tabla 8: Presupuesto de apertura de S.A.S.

Fuente: Elaboración propia

Tramite	Costo	Realizado por S.A.S
Constitución	\$668.008,26 + IVA FINAL	\$ 239.766
Constatación de domicilio	ARG \$808.290	
Habilitación comercial	\$ 4.800	\$ 4.800
ARG	\$ 813.090	\$ 244.566
USD	\$ 779.57	\$ 234.48

3.2.7.2 Costos fijos de la S.A.S

Para calcular los costos fijos de la empresa en evaluación, se consideraron los gastos totales de una vivienda que tiene una superficie de 450 m², en la que se dispone una habitación de 50 m² para uso de oficina de atención al clientes.

Además, se incluyeron los costos específicos de los servicios utilizados por la empresa, tales como el mantenimiento de la página web, los gastos publicitarios y el software de gestión financiera.

También se tomaron en cuenta los gastos incurridos en el armado de la oficina, incluyendo la adquisición de muebles y computadoras con sus componentes correspondientes.

Tabla 9: Flujo de costos fijos de la S.A.S.

Fuente: Elaboración propia.

Detalle	Total, 450m2	Mensual 50m2	Anual 50m2
Alquiler	\$ 450.000	\$ 49.500	\$ 594.000
Luz	\$ 100.000	\$ 11.000	\$ 132.000
Internet	\$ 30.000	\$ 3.300	\$ 39.600
Página Web y redes		\$ 300.000	\$ 3.600.000
Publicidad en radio y ferias de agro		\$ 120.000	\$ 1.440.000
Software de contabilidad y gestión		\$ 400.000	\$ 4.800.000
Municipalidad	\$ 4.000	\$ 440	\$ 5.280
	TOTAL ARG	\$ 884.240	\$ 10.610.880
	TOTAL USD	\$ 848	\$ 10.173

Tabla 11: Costos informáticos iniciales de la S.A.S.

Fuente: Elaboración propia.

Equipos	Gastos	
Componentes informáticos	\$	2.600.000
Muebles de oficina	\$	3.000.000
TOTAL ARG	\$	5.600.000
TOTAL U\$S	\$	5.369

3.2.7.3 Inversión inicial

El monto de inversión inicial se necesita para realizar la elaboración del flujo de caja de la empresa BIOENERGY. Para ello, es necesario distinguir entre costos fijos y variables, además de calcular la depreciación y amortización de los activos correspondientes.

Los costos expresados en dólares fueron calculados en base al valor del dólar MEP correspondiente al día 1 de mayo de 2024.

Tabla 12: Costos totales iniciales de S.A.S.

Fuente: Elaboración propia.

Inversión inicial	
Constitución de SAS y habilitación	\$ 780
Equipos	\$ 9.204
Vida útil de equipo	7 años
Software de contabilidad y gestión	4.602
Vida útil estimada	6 años

Con los datos de costo total, calculamos las depreciaciones de los equipos y la amortización de los intangibles dividiendo el costo total de cada uno por los años estimados de su vida útil.

$$\text{Depreciacion de equipos: } \frac{\$9.204}{7 \text{ años}} = U\$D 1.314$$

$$\text{Amortizacion de intangibles: } \frac{\$4.602}{6 \text{ años}} = U\$D 767$$

3.2.8 Línea de pagos

Considerando el costo total del proyecto, se proporciona al cliente una línea de pagos que detalla la duración total de la obra y las etapas de pago, organizadas de manera decreciente.

Tabla 10: Línea de pagos.

Fuente: Elaboración propia.

Costo Total	Meses	Línea de anticipo de pagos	
\$ 913.040	5	Etapas Fijas de pago	4
Inicio de obra	Mes A	1er Pago 40%	\$ 365.216
Construcción	Mes B	2do Pago 30%	\$ 273.912
Recepción de Componentes	Mes C	3er Pago 20%	\$ 182.608
Inst. componentes	Mes D	4to Pago 10%	\$ 91.304
Puesta en marcha	Mes E	Entrega de obra terminada	

El primer pago corresponde al 40% del costo total del proyecto, monto que cubre la construcción del biodigestor.

El segundo pago está destinado a la contratación de profesionales tercerizados, dejando un remanente para posibles contingencias. El tercer y cuarto pagos aseguran la culminación de la obra. El monto restante se utiliza para cubrir el pago de impuestos, compensar al inversor y generar ganancias.

3.2.9 Costos por actividad

3.2.9.1 Costos ambientales

Estos costos deben evaluarse individualmente para cada proyecto, ya que dependen de las dimensiones y características técnicas y ambientales específicas de cada uno. Además, se llevan a cabo los trámites respectivos relacionados con la ubicación y la legislación vigente en el momento de la contratación.

Para el primer proyecto ubicado en la provincia de San Luis, se requieren dos trámites; la evaluación de impacto ambiental, y luego el permiso especial de construcción. Estos trámites deben ser gestionados por profesionales certificados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo.

Tabla 13: Costos ambientales del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

Trámite realizado por profesional certificado	Costos
EIA	-
Permiso Especial para la Construcción de Biodigestores	-
TOTAL U\$D	\$ 1.000

3.2.9.2 Costos tecnológicos

Los costos tecnológicos comprenden los gastos asociados con la sala de control, la cual está equipada con computadoras y software especializados. Estos costos se ejecutan en las etapas finales del proyecto, dado que involucran la instalación de equipos informáticos, software y cualquier actualización necesaria.

Tabla 14: Costos informáticos del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

Detalle	Costos
Laboratorio de control	\$ 5.300.000
Software de gestión, y contabilidad	\$ 145.000
Costos de desarrollo de páginas web y actualizaciones	\$ 720.000
TOTAL ARG	\$ 6.165.000
TOTAL U\$D	\$ 5.910

3.2.9.3 Costo de mano de obra

La selección de la mano de obra se realiza de acuerdo con las características técnicas del proyecto. Las empresas y los profesionales contratados son especializados en su rubro y poseen la habilitación legal necesaria para proveer sus servicios.

El contrato de servicio establece la tarea a realizar, los alcances, las obligaciones y restricciones, así como el pago por proyecto, calculado en porcentaje de participación, y la duración del proyecto. Este modelo permite a la empresa una flexibilidad operativa y, a menudo, resulta más eficiente desde el punto de vista de los costos en comparación con mantener una plantilla fija de empleados para funciones que no requieren desempeño continuo o que son altamente especializadas.

Algunos de los aspectos clave a considerar al estructurar este tipo de acuerdos incluyen:

» Retenciones impositivas: según la normativa fiscal argentina, la empresa debe efectuar retenciones impositivas, como las de ganancias, sobre los pagos realizados a los profesionales autónomos.

» Facturación: las empresas y los trabajadores autónomos deben estar inscritos en la AFIP y emitir facturas por sus servicios.

Tabla 15: Costos de mano de obra tercerizada.

Fuente: Elaboración propia.

Profesional	Tarea	Costos	Tiempo
Empresa de construcción	Preparación del terreno, construcción de cimientos, paredes de hormigón armado, las capas aislantes y cúpula del biodigestor	\$ 303.572	60 días
Empresa de montaje mecánico, eléctrico, mantenimiento y sistema de control	Realiza todas las disposiciones de los componentes y las conexiones establecidas en los planos eléctricos y mecánicos	\$ 5.000	60 días
	Instalación y configuración del sistema eléctrico y de control	\$ 7.000	
	Instalación de sensores y sistema de control automático, además de la instalación de sensores y configuración del software de control de gestión del reactor.	\$ 35.000	
	Ajuste y calibración de equipos, además de pruebas operativas y ajustes de puesta en marcha	\$ 3.000	
Ing. Industrial	Control de gestión del proyecto, de no, proveedores, compras, finanzas, etc.	\$ 15.000	150 días
Ing. Electromecánico	Calculo y diseño. Establece las especificaciones técnicas, los componentes y materia prima	\$ 15.000	150 días
Ing., de procesos/Biólogo o Microbiólogo	Estudia la composición de la biomasa y optimiza las condiciones para la actividad microbiana que es crucial para la digestión anaeróbica. Supervisa y optimiza el proceso de producción de biogás para garantizar la máxima eficiencia	\$ 2.000	45 días
TOTAL U\$D		\$ 385.572	
TOTAL ARG		\$ 402.151.596	

3.2.9.4 Costo de compra de componentes en el país

En la siguiente tabla se muestran los componentes adquiridos en Argentina, con una demora máxima de dos meses, que se atribuye a la falta de stock de componentes específicos como el grupo electrógeno y el chiller.

En la tabla se añade el costo aproximado de envío y la equivalencia en dólares, para un dólar de \$1043 al momento de realizar los presupuestos.

Tabla 16: Costos de componentes comprados en Argentina.

Fuente: Elaboración propia.

Componente	Marca	Cantidad	Esp.	Precio	envío
Grupo electrógeno	Caterpillar	1	G3412C 450Kva	\$ 273.266.000	De Bs As a VM
Sistema de bombeo	Borger	1	ONIX-BJ 90	\$ 2.190.300	De Bs As a VM
Intercambiador de calor	Gpex	913 m	PEX-A	\$ 3.332.907	De Bs As a VM
Cubierta	JM SRL	452 m2	Geomembrana	\$ 4.260.000	De Cba a VM
Agitador	Arinco	-	-	\$ 6.258.000	Empresa de construcción
Válvulas de seguridad	Arinco	-	-	\$ 834.400	Empresa de construcción
Chiller	Zorg	1	3 Kw	\$ 25.136.300	De Bs As a VM
Soplador	Hoffman	1	1.8 Kw	\$ 1.564.500	De Bs As a VM
TOTAL ARG				\$ 316.842.407	\$ 6,336,848
TOTAL U\$D				\$ 303.780	\$ 6,075.60
TOTAL ARG + ENVIO				\$ 323.179.255	
TOTAL U\$D + ENVIO				\$ 309.855.47	

3.2.9.5 Costo de compra de componentes en el exterior

En la siguiente tabla se muestran los costos de adquirir los componentes en el exterior. Se incluyen el costo de envío, coordinando los paquetes en contenedores, y los impuestos aplicables en cada caso. Todos los costos están expresados en dólares para facilitar la comparativa.

Tabla 17: Costos de componentes comprados en el exterior del país.

Fuente: Elaboración propia.

Componente	Marca	Cantidad	Esp.	Precio	envío	Impuestos Arg
Grupo electrógeno	Caterpillar	1	G3412C 450 Kva	\$ 103.200	\$ 5.000	\$ 30.960
Sistema de bombeo	Borger	1	ONIX-BJ 90	\$ 654,86	\$ 300	\$ 196
Intercambiador de calor	Tian	913 m	Polietileno	\$ 793,25	\$ 120	\$ 1.438
Cubierta de geomembrana	Luxin	25 m de diámetro	Geomembrana	\$ 576,53	\$ 100	\$ 173
Agitador	Shandong	Motor + impulsor	2,2 a 20 Kw	\$ 3.041	\$ 300	\$ 912
Válvulas de seguridad	Accionadas por resorte	1	TOS-4N8-64 DN80	\$ 146,4	\$ 170	\$ 44
Chiller	Zorg	1	3 Kw	\$ 36.150	\$ 2.000	\$ 10.845
Soplador + variador de frecuencia	Chen	1	1.8 Kw	\$ 900	\$ 230	\$ 270
TOTAL U\$D				\$ 149.462	\$ 8.222	\$ 42.990
TOTAL U\$D + ENVIO + IMPUESTOS				\$202.521		

Habiendo realizado ambos presupuestos, se verifica que adquirir los componentes en el exterior cuesta un 35% menos que comprarlos en Argentina. Sin embargo, para elaborar el flujo de caja, se consideran los valores menos favorables con el fin de obtener el resultado pesimista de la evaluación del proyecto de inversión.

3.2.10 Análisis de financiamiento

La empresa en evaluación enfrenta inicialmente gastos de conformación legal, gastos fijos por actividad y gastos tecnológicos de componentes informáticos. Para cubrir estos costos e invertir en marketing, se lleva a cabo un relevamiento de oportunidades de financiamiento.

Para las Sociedades por Acciones Simplificadas (S.A.S.) en Argentina, existían diversos programas de financiamiento y apoyo tanto a nivel provincial como nacional. No obstante, al momento de realizar la evaluación económica, dichos programas se encuentran cerrados.

Las únicas opciones disponibles son los financiamientos ofrecidos por los bancos privados, los cuales presentan tasas de interés que oscilan entre el 60% y el 70%, con plazos de 3 a 5 años.

El Banco Nación, por su parte, ofrece una reducción en las tasas de interés para las pymes, estableciéndolas en un 26% con un plazo máximo de 6 años, lo cual resulta alentador.

Se procede a calcular el financiamiento de \$10.000.000 de pesos argentinos, con un período de devolución de cinco años más un interés del 26% bajo un sistema de amortización francés.

Tabla 18: Financiamiento Banco Nación.

Fuente: Elaboración propia.

Solicitud de Crédito		
Valor préstamo	\$ 10.000.000	U\$D 9.587
Tasa interés anual	26%	
Tiempo en años	5	

Para calcular la cuota fija mensual, resolvemos la siguiente formula:

$$Prestamo = R \times \left(\frac{1 - ((1 + tasa)^{-t})}{tasa} \right)$$

$$10.000.000 = R \times \left(\frac{1 - ((1 + 0,26)^{-5})}{0,26} \right)$$

$$10.000.000 = R \times 2,635070$$

$$\frac{10.000.000}{2,635070} = R$$

$$\$ 3.794.964 \text{ o } U\$D 3.639 = R$$

El sistema usado por el banco nación aplica una cuota fija a lo largo de 5 años, donde se incrementa la amortización y disminuyen los intereses hasta saldar la deuda total del financiamiento obtenido. El valor de la cuota en la siguiente tabla esta dado en pesos argentinos, y la conversión en dólares es de U\$D 3.639, monto que contempla el interés del banco.

Tabla 19: Cuota fija, intereses y amortización en pesos Argentinos.

Fuente: Elaboración propia.

N°	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
0				\$ 10.000.000
1	\$ 3.794.964	\$ 2.600.000	\$ 1.194.964	\$ 8.805.036
2	\$ 3.794.964	\$ 2.289.309	\$ 1.505.655	\$ 7.299.380
3	\$ 3.794.964	\$ 1.897.839	\$ 1.897.126	\$ 5.402.255
4	\$ 3.794.964	\$ 1.404.586	\$ 2.390.378	\$ 3.011.877
5	\$ 3.794.964	\$ 783.088	\$ 3.011.877	\$ -

3.2.10.1 Ganancia de la empresa

En la industria de la construcción e instalación de reactores anaeróbicos, especialmente para proyectos a gran escala, los porcentajes adicionales que se cobran al cliente sobre el monto total de todos los gastos pueden variar dependiendo de varios factores, como el alcance del proyecto, la complejidad, los riesgos asociados y el nivel de especialización requerido:

1. Margen de ganancia: es un porcentaje que se añade a los costos totales del proyecto para cubrir la rentabilidad de la empresa encargada del diseño, cálculo e instalación del biodigestor. Este margen puede variar significativamente de acuerdo a las prácticas del mercado y la negociación con el cliente.

Normalmente, el margen puede estar entre el 10% y el 25% sobre el costo total del proyecto. Para proyectos con alta especialización o riesgos técnicos significativos, el porcentaje puede ser mayor.

En este porcentaje se consideran los gastos generales, el servicio especializado, y contingencias.

2. Gastos generales: incluyen los costos indirectos relacionados con la gestión del proyecto, como administración, alquileres de oficina, seguros, y costos de utilidades, que no están directamente vinculados a la construcción física del biodigestor.

Estos costos suelen calcularse como un porcentaje del costo total del proyecto y pueden variar entre el 15% y el 20%.

3. Tasas por servicios especializados: además, se pueden cobrar tasas adicionales por servicios especializados, como consultorías ambientales, estudios de viabilidad, o la adquisición de permisos y licencias necesarias.

Estos servicios pueden ser cargados basados en tarifas fijas o como un porcentaje adicional que generalmente oscila entre el 5% y el 10% del costo de estos servicios específicos.

4. Contingencias: un porcentaje para contingencias también es comúnmente incluido para cubrir imprevistos o modificaciones no planificadas durante la ejecución del proyecto. Generalmente, este porcentaje es del 5% al 10% del costo total del proyecto, dependiendo de la complejidad y el riesgo anticipado del mismo.

En total, cuando se suma el margen de ganancia, gastos generales, servicios especializados y contingencias, el porcentaje adicional que se podría cobrar sobre los costos netos del proyecto podría variar en un rango general entre 30% y 65% o más, dependiendo de las características específicas y requerimientos del proyecto.

En el caso de la S.A.S analizada siendo conservadores se realiza la aplicación de un margen de ganancia del 30% sobre costos totales.

3.3 Flujo de caja

Formular el flujo de caja para una nueva empresa, constituida como una Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.) dedicada a la construcción de reactores anaeróbicos porcinos, implica una serie de consideraciones especiales para garantizar que se refleje de manera precisa la situación financiera que enfrentará la empresa.

Se define el perfil del evaluador como pesimista, es decir, se tienen en cuenta los valores más desfavorable, y se calcula a partir de 1 venta de los servicios por año.

El valor del capital de trabajo se determina sumando los costos fijos de funcionamiento de la empresa, que son cubiertos por la S.A.S, más el costo total de los componentes adquiridos a nivel nacional, y la mano de obra tercerizada. Este monto es aportado por un inversor externo que encuentra una conveniencia porcentual en invertir en la empresa.

Tabla 11: Datos de Flujo de caja.

Fuente: Elaboración propia.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio de venta unitario	\$ 913.040	\$ 913.040	\$ 913.040	\$ 913.040	\$ 913.040
Costo de venta unitario	\$ 702.338	\$ 702.338	\$ 702.338	\$ 702.338	\$ 702.338
Unidades a vender	1	1	1	1	1
Gastos de administración y venta	\$ 4.832	\$ 4.832	\$ 4.832	\$ 4.832	\$ 4.832

Tabla 12: Flujo de caja.

Fuente: Elaboración propia.

Flujo de Caja	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) Ventas		\$913.040	\$913.040	\$913.040	\$ 913.040	\$913.040
(-) Costo de venta		-\$702.338	-\$702.338	-\$702.338	-\$702.338	-\$702.338
(=) Margen bruto		\$ 202.015	\$202.015	\$202.015	\$ 202.015	\$202.015
(-) Gasto de administración y venta		-\$ 4.832	-\$ 4.832	-\$ 4.832	-\$ 4.832	-\$4.832
(-) Depreciación Equipos		-\$ 1.315	-\$ 1.315	-\$ 1.315	-\$ 1.315	-\$1.315
(-) Amortización Software		-\$ 767	-\$ 767	-\$ 767	-\$ 767	-\$767
(-) Gastos financieros (intereses)		-\$ 2.493	-\$ 2.195	-\$ 1.820	-\$ 1.347	-\$751
Perdida o Utilidad antes de impuestos		\$192.608	\$192.906	\$193.281	\$193.754	\$194.350
(-) Impuesto de ganancias		-\$40.448	-\$40.510	-\$40.589	-\$40.688	-\$40.813
Perdida o Utilidad después de impuestos		\$152.160	\$152.396	\$152.692	\$153.066	\$153.536
(-) Amortización del préstamo		-\$1.146	-\$1.444	-\$1.819	-\$2.292	-\$2.888
(+) Depreciación de equipos		\$1.315	\$1.315	\$1.315	\$1.315	\$1.315
(+) Amortización de software		\$767	\$767	\$767	\$767	\$767
Inversión						
Constitución de SAS y habilitación	-\$780					
Equipo	-\$9.204					
Software	-\$4.602					
Capital de trabajo	-\$402.029					
Préstamo bancario	\$9.588					
Valor de desecho equipo						\$1.315
Valor de desecho software						\$767
Flujo de caja	-\$407.027	\$153.096	\$153.034	\$152.955	\$152.856	\$152.731

En este proyecto la fuente de financiamiento está dada por deuda y recursos propios, lo que implica relacionar una serie de valores para aplicar en la fórmula del valor actual neto, donde se introduce el valor del WACC (Weighted Average Cost of Capital), o costo promedio ponderado de capital, es una métrica financiera que calcula el costo promedio de los recursos financieros utilizados por una empresa para financiar sus inversiones y operaciones.

La fórmula básica para calcular el WACC es:

$$WACC = \left(Kd \times (1 - T) \times \frac{D}{D + E} \right) + \left(Ke \times \frac{E}{D + E} \right)$$

E = es el valor de mercado del capital propio (equity)

D = es el valor de mercado de la deuda

Kd = Coste de deuda

Ke = Coste o rendimiento del capital (recursos propios)

$Kd + Ke$ = Tasa

El Ke es igual al CAPM (Capital asset pricing model), que es un modelo de valoración de activos financieros, y calcula el costo del capital a través de la relación entre el riesgo y el retorno esperado por activos.

$$CAPM = Ke = Rf + \beta \times (Rm - Rf)$$

En este caso aplicamos la fórmula referente a los mercados emergentes:

$$CAPM = Ke = Rf + \beta \times (Rm - Rf) + CRP$$

Donde CRP representa el valor del riesgo de Argentina, que es el país de aplicación.

En este caso es de 14,43%.

Riesgo país argentino - (EMBI, elaborado por JP Morgan)

Seguí las últimas noticias sobre Riesgo País en Argentina. Información, novedades y última hora.



Figura 49: Prima de riesgo.

Fuente: Ámbito.

R_f representa la tasa activa libre de riesgo, y es el porcentaje que se obtendría si se invirtiera a una tasa libre de riesgo, como el proyecto en evaluación tiene un periodo de 5 años, se consideran los bonos del tesoro por ser una inversión aparentemente segura, ya que la posibilidad de que se genere un impago por el quiebre del país es baja.

Para este valor se tiene en cuenta los bonos del tesoro de Estados Unidos, que tienen una tasa de interés del 4,59% en un periodo de 5 años.

$$R_f = 4,59\%$$

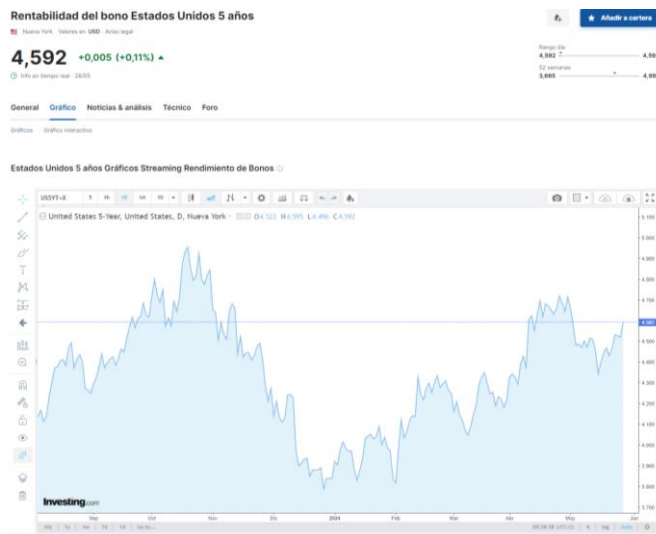


Figura 50: Rentabilidad del bono EE.UU.

Fuente: Investing.

R_m es la prima de riesgo, que es la mayor rentabilidad que un inversor exige a un activo por asumir el riesgo que conlleva.

Tomamos en cuenta la prima de riesgo de los Estados Unidos que es de 4,60% por realizar el cálculo en dólares.

Tabla 13: Prima de riesgo de EE UU.

Fuente: Pages Stern.

<i>País</i>	<i>Adj. Spread predeterminado</i>	<i>Prima de riesgo de acciones</i>	<i>Prima de Riesgo País</i>
Estados Unidos	0,00%	4,60%	0,00%
Uruguay	2,07%	7,38%	2,78%
Uzbekistán	3,92%	9,86%	5,26%
Venezuela	17,50%	28,09%	23,49%

β , mide el riesgo sistemático de un activo o acción respecto al mercado, el riesgo sistemático afecta a la compañía cuando el mercado evaluado cambia, por ejemplo: la gran recesión de 2008.

Si se cuenta con los datos históricos del rendimiento del mercado y de la empresa, se calcula a partir de la varianza y covarianza. En nuestro caso lo hacemos a través de los datos existentes para el rubro de la empresa.

El β de la industrial de ingeniería y construcción, tiene un valor de $\beta = 0,96$ y un β des apalancado de 0,80 para un $\frac{D}{E} = 26,20\%$.

Drugs (Biotechnology)	572	1.12	16.39%	0.81%	1.00	8.15%
Drugs (Pharmaceutical)	245	1.03	16.05%	2.89%	0.92	2.90%
Education	31	1.23	19.59%	11.15%	1.07	6.85%
Electrical Equipment	103	1.24	21.39%	5.66%	1.07	6.66%
Electronics (Consumer & Office)	13	1.30	18.32%	7.31%	1.14	12.61%
Electronics (General)	170	0.93	17.20%	8.17%	0.83	5.69%
Engineering/Construction	43	0.96	26.20%	14.27%	0.80	4.95%
Entertainment	98	0.99	28.75%	3.25%	0.82	5.49%
Environmental & Waste Services	57	0.91	21.95%	5.42%	0.78	0.88%
Farming/Agriculture	42	0.99	45.30%	6.68%	0.74	3.78%
Financial Svcs. (Non-bank & Insuran	172	1.14	354.06%	11.07%	0.31	2.84%
Food Processing	82	0.61	33.70%	8.29%	0.48	2.50%
Food Wholesalers	14	0.97	44.63%	15.90%	0.72	1.57%
Furn/Home Furnishings	31	1.11	47.55%	13.94%	0.82	5.24%
Green & Renewable Energy	17	1.11	141.41%	4.39%	0.54	3.42%
Healthcare Products	230	1.06	12.66%	4.81%	0.97	3.53%
Healthcare Support Services	119	1.03	26.86%	8.08%	0.86	8.60%
Healthcare Information and Technol	128	1.27	16.07%	3.11%	1.14	4.20%
Homebuilding	32	1.37	16.42%	17.22%	1.22	9.92%
Hospitals/Healthcare Facilities	32	0.88	79.74%	6.86%	0.55	1.71%
Hotel/Gaming	68	1.34	48.67%	8.63%	0.98	6.11%
Household Products	93	0.84	16.56%	8.21%	0.75	2.93%
Information Services	18	0.93	35.67%	15.79%	0.73	4.93%
Insurance (General)	21	1.03	25.93%	13.69%	0.86	3.32%
Insurance (Life)	23	0.77	92.25%	10.18%	0.45	16.16%
Insurance (Prop/Cas.)	50	0.74	19.38%	12.42%	0.64	4.47%
Investments & Asset Management	334	0.46	40.34%	11.33%	0.35	10.33%
Machinery	103	1.03	16.86%	11.73%	0.91	2.85%
Metals & Mining	68	0.96	15.82%	2.00%	0.86	5.67%
Office Equipment & Services	17	1.14	52.57%	17.12%	0.82	6.76%
Oil/Gas (Integrated)	4	0.67	12.50%	21.18%	0.61	4.80%

Figura 51: Valor de beta.

Fuente: Pages Stern.

En este caso, se toma el valor del β desapalancado y se procede a apalancarlo con la estructura del β del proyecto que estamos haciendo, la fórmula es la siguiente:

$$\beta_{lev} = \beta_{unlev} \times \left(1 + (1 - T)X \left(\frac{D}{E} \right) \right)$$

β_{lev} = apalancado

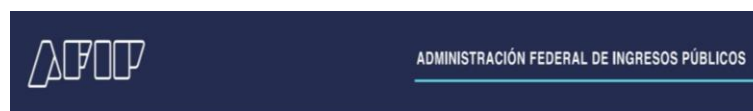
β_{unlev} = desapalancado

T = % Tasa fiscal (tasa impositiva, impuesto)

E = % Recursos propios sobre el total de los recursos financiados

D = % Recursos terceros sobre el total de los recursos financiados

El valor de T = % Tasa fiscal (tasa impositiva, impuesto) es de:



Impuesto a las Ganancias Personas Jurídicas Escala 2024

Ganancia Neta Imponible Acumulada		Pagarán \$	Más el %	Sobre el excedente de \$
Más de \$	A \$			
\$ 0,00	\$ 34.703.523,08	\$ 0,00	25%	\$ 0,00
\$ 34.703.523,08	\$ 347.035.230,79	\$ 8.675.880,77	30%	\$ 34.703.523,08
\$ 347.035.230,79	En adelante	\$102.375.393,08	35%	\$ 347.035.230,79

Figura 52: Impuesto a las ganancias.

Fuente: AFIP.

Reemplazo los valores obtenidos en la siguiente fórmula:

$$\beta_{lev} = \beta_{unlev} \times \left(1 + (1 - T)X \left(\frac{D}{E} \right) \right)$$

$$\beta_{lev} = 0,80 \times \left(1 + (1 - 0,25) \times \left(\frac{9.588}{9.984}\right)\right)$$

$$\beta_{lev} = 1,37$$

Con estos valores reemplazamos en la fórmula de CAPM:

$$CAPM = Ke = Rf + \beta \times (Rm - Rf) + CRP$$

$$CAPM = Ke = 0,0459 + 1,37 \times (0,046 - 0,0459) + 0,1443$$

$$CAPM = Ke = 0,19 = 19\%$$

Con los valores obtenidos, calculamos el WACC (Weighted average costo of capital). Este es el coste medio ponderado de capital, también conocido como la tasa de descuento que se usa para obtener el valor presente de un flujo de caja futuro.

$$WACC = \left(Kd \times (1 - T) \times \frac{D}{D + E}\right) + \left(Ke \times \frac{E}{D + E}\right)$$

T = Tasa fiscal, impuestos sobre las utilidades

D = Financiamiento por deudas

E = Financiamiento por recursos propios

Ke = CAPM = 19,52%

T = 25%

Kd es igual a 26% que es la tasa impuesta por el banco nación en el financiamiento tomado por los \$10.000.000 de pesos o U\$D 9.587 solicitados.

$$WACC = \left(0,26 \times (1 - 0,25) \times \frac{9.588}{9.588 + 9.984}\right) + \left(0,1952 \times \frac{9.984}{9.588 + 9.984}\right)$$

$$WACC = 0,0955 + 0,09957$$

$$WACC = 0,195 = 19,5\%$$

Con el valor obtenido de la WACC podemos referenciar los valores del VAN y TIR.

El VAN es una medida de la rentabilidad de un proyecto. Se calcula descontando todos los flujos de caja futuros esperados del proyecto (ingresos menos costos) al valor presente y restando la inversión inicial.

Su fórmula es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+K)^t}$$

AN = Valor Actual Neto

V_t = Representa los flujos de dinero en cada periodo de tiempo

I₀ = Valor de desembolso inicial de la inversión

n = Es el numero de periodos considerados

K = Es el tasa de interes

$$VAN = -407.027 + \frac{\$153.096}{(1+0,19)^1} + \frac{\$153.034}{(1+0,19)^2} + \frac{\$152.955}{(1+0,19)^3} + \frac{\$152.856}{(1+0,19)^4} + \frac{\$152.731}{(1+0,19)^5}$$

$$VAN = \$55.514$$

Un VAN positivo indica que el proyecto generará más valor del que cuesta, lo que significa que es una buena inversión.

En este caso, un VAN de \$55.514 dólares significa que, después de descontar todos los flujos de caja futuros del proyecto al valor presente y restar la inversión inicial, el proyecto se espera que genere un beneficio neto de \$55.514 dólares. Esto sugiere que el proyecto es financieramente viable y rentable.

Seguidamente calculamos la TIR (tasa interna de retorno) que es la tasa de descuento que hace que el VAN de todos los flujos de caja futuros del proyecto sea igual a cero. En otras palabras, es la tasa de retorno que se espera obtener del proyecto.

El cálculo de la TIR se puede realizar por aproximación, con calculadora científica o a través de Excel.

En este caso aplicamos la formula financiera en el programa Excel, donde nos da como resultado:

$$TIR = 25,52\%$$

Una TIR del 25,52% significa que se espera que el proyecto genere un retorno anual del 25,52% sobre la inversión inicial.

La TIR del proyecto (25,52%) es mayor que la WACC (19,5%).

Esto significa que el proyecto genera una tasa de retorno que supera el costo promedio del capital. En otras palabras, el proyecto no solo cubrirá el costo del capital invertido, sino que también generará un retorno adicional.

Tabla 14: VAN, TIR, WACC.

Fuente: Elaboración propia.

VNA	\$	55.514
TIR		25,52%
WACC		19,5%
Costo/Beneficio	\$	1.14

Una Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor que el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) indica que el proyecto de inversión es financieramente viable y rentable. Es decir, la TIR, que representa la tasa de rendimiento esperada del proyecto, supera el costo de financiamiento de la empresa (WACC), por lo que el proyecto no solo cubrirá sus propios costos de capital sino que también generará valor adicional.

3.3.1 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una herramienta crucial para evaluar cómo diferentes cambios en las variables de un proyecto pueden afectar los resultados esperados. Este tipo de análisis es particularmente útil en la gestión de proyectos de construcción de biodigestores porcinos, donde varias incertidumbres pueden impactar la viabilidad del proyecto.

Existen programas de software dedicados al análisis de riesgo y sensibilidad, en este trabajo se hizo uso de RISK, que es un complemento de Microsoft Excel que permite analizar el riesgo mediante la simulación Monte Carlo.

RISK muestra virtualmente todos los resultados posibles para cualquier situación y dice qué tan probable es que ocurran.

En la primer prueba, le damos un valor de cero al VAN para saber cuáles son las probabilidades de que otorgue un resultado positivo, y obtenemos un 69,9% para el VAN, y un 90,20% para el TIR.

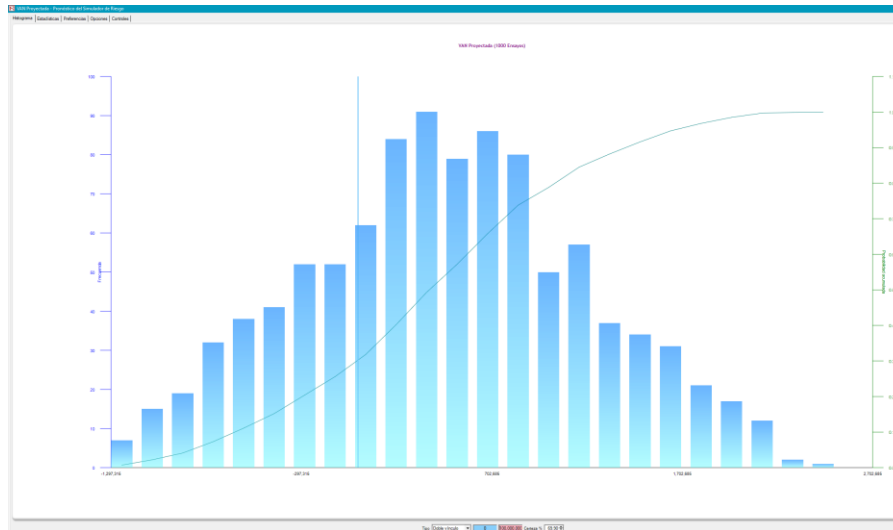


Figura 53: VAN proyectado.

Fuente: Elaboración propia.

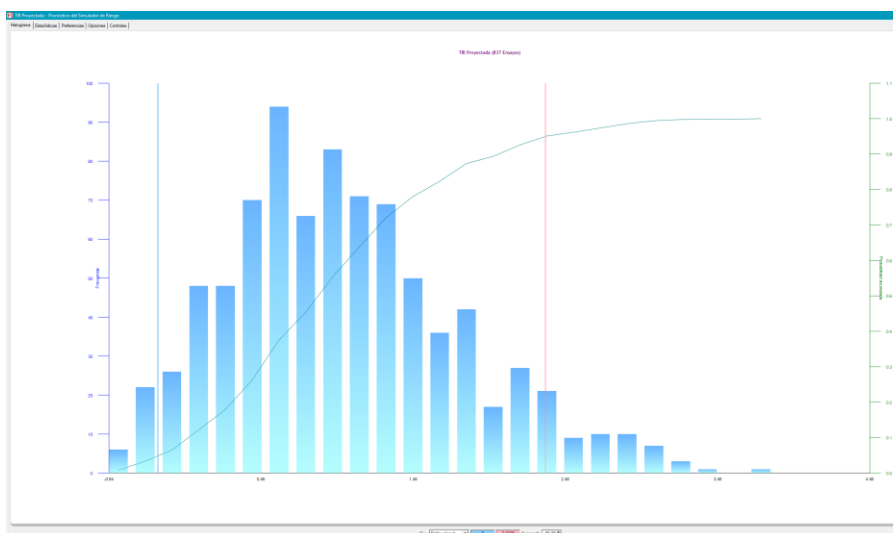


Figura 54: TIR proyectado.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente prueba, consideramos el análisis de riesgo, es decir cuál es el grado de certeza para arriesgar el dinero en este proyecto. El cual da un resultado de 30,1% para el VAN. Y un 9,80% para el TIR, en cuanto al riesgo de invertir en este proyecto.

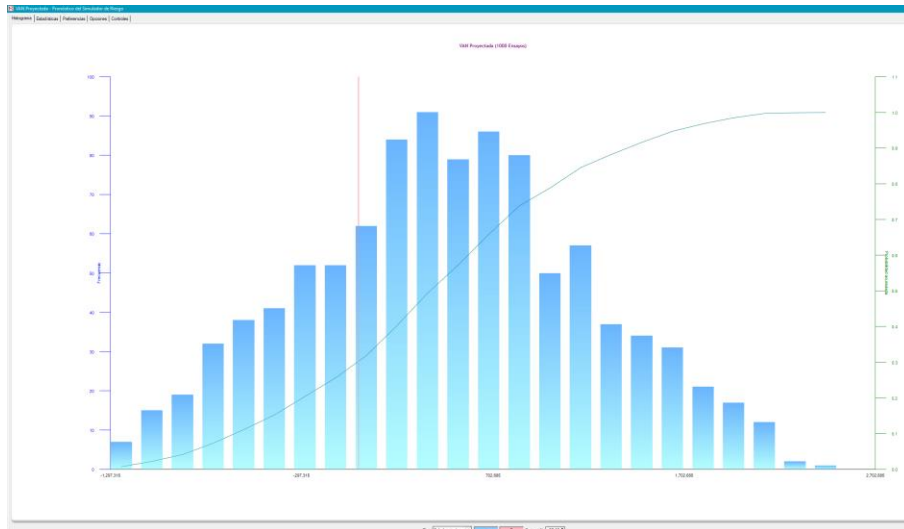


Figura 55: Análisis de riesgo para TIR.

Fuente: Elaboración propia.

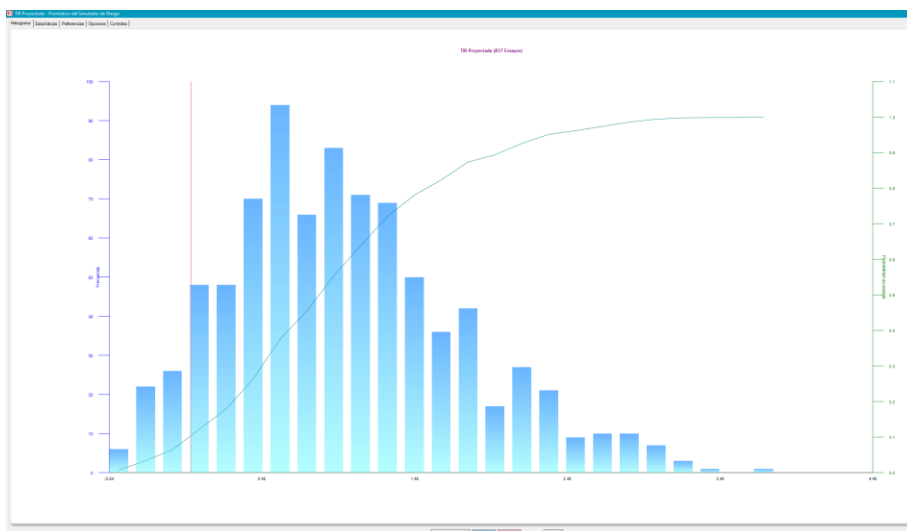


Figura 56: Análisis de riesgo para TIR.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de sensibilidad es fundamental para manejar los riesgos en proyectos de biodigestores porcinos y debe ser parte integral de la planificación y ejecución del proyecto.

3.3.2 PRI aproximado de la S.A.S

El PRI (Período de Recuperación de la Inversión) es una medida financiera utilizada para determinar el tiempo que tardará un proyecto en recuperar su inversión inicial a través de los flujos de caja netos que genera. En el caso de la S.A.S., el gasto efectuado para la formación de la empresa se recupera al finalizar el primer proyecto. Esto es posible porque la inversión realizada es baja y gran parte está cubierta.

Además, contamos con el aporte financiero de un inversionista externo a la empresa. Estos fondos se utilizan para previamente realizar la compra total de los componentes necesarios para cada proyecto.

El primer pago del cliente se destina a la contratación del servicio de construcción del reactor anaeróbico, mientras que los pagos subsiguientes se utilizan para contratar servicios profesionales tercerizados.

Al finalizar el primer proyecto, se estima una ganancia neta después de impuestos de USD 13,274. Considerando la remuneración de cada profesional perteneciente a la empresa en evaluación, el costo total asciende a USD 43,274, de los cuales USD 9,984 son financiados por recursos propios o prestamos que han sido incluidos en el flujo de caja.

3.3.3 Marketing

El marketing de las empresas de servicios posee características y estrategias específicas que lo diferencian del marketing de productos físicos. Una de las cualidades más relevantes es el nombre de la empresa. Como se mencionó en el estudio de mercado, tras realizar una brainstorming con los nombres sugeridos, se seleccionó BIOENERGY.

BIOENERGY se destaca por ofrecer un servicio profesional e integral en la construcción de reactores anaeróbicos, dirigido a un segmento específico del mercado: propietarios e inversores de criaderos porcinos.

Otro aspecto importante es el medio de comunicación. Para ello, se creó una página web donde los clientes pueden acceder a información detallada sobre la empresa, conocer a los fundadores y su formación, explorar un blog con proyectos realizados, obtener detalles de los servicios ofrecidos y encontrar información de contacto.



Figura 57: Pagina web de BIOENERGY.

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo del marketing implementado se centra en satisfacer las necesidades y deseos de los consumidores.

Es primordial aclarar, que la empresa no se dedica a vender un conjunto de equipos instalados en la construcción de reactores anaeróbicos. Su labor principal es vender una solución para las excretas de cerdos, y una oportunidad de inversión rentable para el cliente, donde por medio de la comercialización de subproductos y energía puedan recuperar el costo del biodigestor e instaurar una forma de ganar dinero.

3.3.4 PRI aproximado del cliente

En cuanto a la aproximación del período de recuperación de la inversión para el primer cliente potencial, consideramos que el gasto más significativo es la alimentación del reactor anaeróbico. El consumo mensual es equivalente a 3 toneladas de maíz, lo que resulta en un gasto mensual de 3×165.000 dólares = 495.000 dólares.

Fisico Maíz >		PRECIO US
Inmediata		\$ 165.000,00

ACTUALIZADO: 07-05-24 VER SERIES HISTÓRICAS

Figura 58: Precio de tonelada de maíz.

Fuente: Agrofynews.

Una vez calculado el gasto aproximado de la alimentación del reactor, podemos estimar los ingresos mensuales por la venta de los distintos subproductos obtenidos. El ingreso principal proviene de la venta de energía, para lo cual es necesario asegurar el cumplimiento de las regulaciones locales y nacionales. Esta información se excluye del presente trabajo, y los datos considerados son estimativos.

La energía total estimada para este primer proyecto, teniendo en cuenta un volumen de 2.095 m³, es de 7.481 kWh. De esta cantidad, la planta anaeróbica consume 187 kWh, quedando disponible para la venta 7.294 kWh por día, con una potencia de 304 kW.

La venta de energía por parte del cliente puede realizarse directamente con la empresa operadora del mercado eléctrico nacional, que en Argentina es CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico). CAMMESA paga 7.534 pesos argentinos por MWh generado, es decir, 7,53 pesos por kWh, lo que da un total de 54.953 pesos argentinos de ganancia por día. Esto equivale a 1.648.590 pesos argentinos mensuales.



Figura 59: Precios del mercado energético.

Fuente: Cammesa.

Otra opción más rentable es la venta directa a entes o empresas privadas, donde la tarifa y los términos del contrato son negociados basándose en la producción esperada y las tarifas del mercado. Un precio estimado actualmente oscila entre 100 y 150 dólares por MWh, dependiendo de la época del año y la demanda.

Para estas operaciones se utilizan los contratos de Venta de Energía (PPA, Power Purchase Agreements). Estos contratos establecen los términos y condiciones bajo los cuales una parte (en este caso, la empresa eléctrica o algún otro comprador) se compromete a comprar la energía generada por el reactor anaeróbico.

Suponiendo la venta a la industria privada con un precio pesimista de U\$D 100 por MWh, tenemos:

$$U\$D 100 \times 7,29 \text{ MWh} = U\$D 729,4 \text{ MWh por día}$$

Esto equivale a:

$$U\$D 729,4 \times 30 \text{ días} = U\$D 21.882 \text{ mensuales}$$

De esta cantidad, se gastarían U\$D 14.238 en la compra del maíz, quedando un remanente de U\$D 7.644 mensuales.

El costo total del reactor anaeróbico es de U\$913.040, el PRI estimado para el reactor anaeróbico es de 119 meses, lo que equivale aproximadamente a 10 años. Es importante tener en cuenta que este cálculo no incluye el suministro de energía desde el reactor hacia la planta y el criadero, ni tampoco considera el potencial ingreso de los subproductos obtenidos.

3.3.4.1 Recupero en subproductos

Una de las estrategias clave de marketing y ventas es especificar el potencial de inversión y la oportunidad de recuperación. En el caso de los biodigestores, además de producir biogás para abastecer el criadero, generan otros subproductos y sustancias beneficiosas que pueden aprovecharse en diversas áreas.

1. Biofertilizante:

Durante el proceso de fermentación anaeróbica en el biodigestor, se obtiene un subproducto líquido conocido como biofertilizante. Este biofertilizante es rico en nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros nutrientes secundarios y micronutrientes. Estos nutrientes son altamente disponibles y fácilmente absorbidos por las plantas, lo que promueve su crecimiento y desarrollo saludable. El biofertilizante generado en los biodigestores puede ser

utilizado en la agricultura y la jardinería como una alternativa orgánica y sostenible a los fertilizantes químicos.



Figura 60: Aplicación de biofertilizantes.

Fuente: Fundación UNAM.

2. Compost: además del biofertilizante líquido, algunos biodigestores también producen un subproducto sólido llamado compost. El compost es el resultado de la descomposición controlada de los residuos sólidos orgánicos, que ocurre en una etapa posterior al proceso de biodigestión. El compost es un abono orgánico de alta calidad que mejora la estructura y fertilidad del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y nutrientes, y promueve la actividad microbiológica beneficiosa. Este compost puede ser utilizado en la agricultura, la horticultura y la jardinería como una enmienda del suelo natural y sostenible.

3. Agua residual tratada: durante el proceso de biodigestión, también se produce un efluente líquido que contiene los residuos sólidos remanentes y una parte del agua utilizada en la alimentación del biodigestor. Este efluente líquido puede ser sometido a tratamientos adicionales para eliminar cualquier patógeno o contaminante residual. El resultado es un agua residual tratada que puede ser reutilizada en actividades como el riego agrícola, la limpieza de equipos o el lavado de áreas no sensibles.

4 CONCLUSIONES

Se llevó a cabo una evaluación de la factibilidad técnica, comercial y socioeconómica para establecer una empresa especializada en el cálculo, diseño e instalación de biodigestores anaeróbicos. Esta evaluación incluyó un análisis de la demanda existente y la identificación de la zona con mayor probabilidad de ventas en el país, destacando la notable cantidad de potenciales clientes desatendidos por la falta de un servicio integral en el mercado.

Se definieron los servicios a ofrecer y los componentes necesarios para el hipotético primer proyecto de la empresa, empleando herramientas de gestión y comunicación que evidencian una sólida capacidad de sinergia. Se establecieron los trámites legales y ambientales, junto con sus costos y tiempos de ejecución, resaltando las diferencias significativas de costos entre contratar a un profesional contable y realizar el trabajo internamente.

En el estudio legal se detallaron las características de cada perfil de empresa, así como sus ventajas y desventajas. Se realizó un análisis financiero completo, desde la selección de proveedores hasta el establecimiento de costos fijos y variables, y la proyección mediante el uso de herramientas financieras.

En cuanto a la viabilidad técnica, se reconoció la complejidad de los cálculos realizados, los cuales fueron adaptados a las particularidades de cada proyecto para establecer las medidas, componentes y diseño adecuados. Esta metodología demostró ser efectiva para optimizar el uso de recursos y maximizar la eficiencia de los reactores anaeróbicos.

La adopción de tecnologías innovadoras en la instalación y mantenimiento de los reactores contribuyó significativamente a reducir los costos operativos y aumentar la longevidad de los equipos. Las propuestas de mantenimiento predictivo implementadas ayudan a prevenir fallas y a minimizar el tiempo de inactividad, aumentando así la productividad general del sistema.

El proyecto promueve la sostenibilidad ambiental al reducir las emisiones de metano y producir biogás como fuente de energía renovable, contribuyendo a los esfuerzos de mitigación del cambio climático. En comparación con la energía eólica y solar, se establece que el biogás, al tener una baja dependencia climática, y una mayor generación de energía eléctrica, representa una opción más favorable para este proyecto.

El estudio de viabilidad económica reflejó la oportunidad de economizar no solo en los trámites legales, sino también en la selección de componentes importados, teniendo en cuenta los gastos de envío e impuestos correspondientes.

La evaluación financiera reveló que el proyecto genera una Tasa Interna de Retorno (TIR) que supera el coste medio ponderado de capital (WACC), lo que indica que el proyecto no solo es viable, sino también rentable a largo plazo. El Valor Actual Neto (VAN) positivo obtenido demuestra que los flujos de caja futuros esperados justifican la inversión inicial, resaltando el atractivo del proyecto para potenciales inversores.

4.1 Propuestas de Mejora

- » Realizar un estudio de la composición química resultante de la incorporación de diversas fuentes de excretas de animales y material orgánico, incluyendo desperdicios domiciliarios, para comprender mejor el proceso de digestión anaeróbica y los efectos ambientales de la combinación.
- » Investigar y desarrollar estrategias de optimización de los procesos de mezcla y digestión en los biodigestores, con el objetivo de aumentar la producción de biogás y mejorar la eficiencia del sistema.
- » Elaborar una comparativa de huellas de carbono entre un proyecto existente y la construcción de uno teórico, analizando el impacto ambiental de cada uno y destacando las posibles áreas de mejora para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- » Explorar y evaluar el uso de diversos materiales para la construcción de los reactores anaeróbicos, con el objetivo de identificar opciones que ofrezcan una mayor resistencia y eficiencia a un costo más bajo, contribuyendo así a la optimización de los recursos y la rentabilidad del proyecto.
- » Investigar la viabilidad técnica y económica de implementar sistemas de codigestión, donde diferentes sustratos orgánicos se mezclan para mejorar la eficiencia del proceso y aumentar la producción de biogás.
- » Realizar un estudio comparativo de diferentes tecnologías de almacenamiento y utilización del biogás generado, como la generación de electricidad, la producción de calor o su uso como biocombustible, para determinar la opción más adecuada en función de las necesidades y condiciones locales.

4.2 Bibliografía

- ▶ Nassir Sapag Chain (2014). Preparación y evaluación de proyectos. (6° Ed.). McGraw-Hill/interamericana editores, S.A. DE C.V.
- ▶ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Buenos Aires, Argentina (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Colección documentos técnicos N° 12.
- ▶ Minenergía, Pnud, Fao, Gef (2011). Manual de biogás. Editado por: Proyecto CHI/00/G32 “Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables”.
- ▶ Víctor Ismael Goicoa. Trabajo Final de Especialización para optar al título de Especialista en Ingeniería Ambiental (2022). Mitigación del impacto ambiental y generación de energía a traes de los purines de cerdos en las granjas de la provincia de San Luis. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Cuyo.
- ▶ Diana Laura Diaz Inocencio, Consuelo Dominguez B. y Saw-Rah Velázquez J. (2007). Produccion de biogas y efluentes producto de un biodigestor. Editorial Academica Espanola
- ▶ Adolfo Nuñez Sarompia (2013). Manual de biomasa y biocombustibles; uso y aprovechamiento energético. Ediciones CEF.
- ▶ J. Moreno, R. Moral, J. A. Pascual, M. P. Bernal (2009). Ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeróbica II.4. Compostaje Red Española.

4.3 Webgrafía

- ▶ Senasa, coordinación general de sistemas de gestión sanitaria (2022). Dir. de ejecución sanitaria y control de gestión, Densa. Caracterización de existencias porcinas. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/senasa>
- ▶ Ministerio de economía y energía nacional, material legal, disponible en <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/permer>
- ▶ Programas, planes y herramientas crediticias, disponible en <https://www.argentina.gob.ar/tema/emprender/financiamiento>
- ▶ Ley y norma sobre los formación de sociedad por acciones simplificadas, disponible en <https://www.argentina.gob.ar/justicia/derechofacil/leysimple/sociedad-por-acciones-simplificada>
- ▶ Registro único de consultores de Evaluación de impacto ambiental, disponible en <https://ambiente.sanluis.gov.ar/ruceia/>
- ▶ Registro único de responsables técnicos ambientales habilitados, disponible en <https://ambiente.sanluis.gov.ar/responsables-tecnicos-habilitados/>
- ▶ Ley N° 25.612 de Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estructura-normativa-de-residuos-1.pdf>
- ▶ Ley N° 25.916 Gestión Integral de Residuos Domiciliarios. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25916-98327/texto>
- ▶ Leyes N° IX-0873-2013 Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) de la provincia de San Luis y su Decreto Reglamentario N° 545/2015. Disponible en <https://diputados.sanluis.gov.ar/diputadosasp/paginas/verNorma.asp?NormalID=955>
- ▶ Ley N° IX-0335-2004 Residuos Peligrosos. Disponible en [https://diputados.sanluis.gov.ar/diputadosweb/Contenido/Pagina127/File/Legajo%20Ley%20IX-0335-2004%20\(5655%20R\).pdf](https://diputados.sanluis.gov.ar/diputadosweb/Contenido/Pagina127/File/Legajo%20Ley%20IX-0335-2004%20(5655%20R).pdf)

- ▶ Adhesión a Ley Nacional N° 24.051 Residuos Peligrosos. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450/texto>

- ▶ Precio del maíz actualizado por día, disponible en <https://news.agrofy.com.ar/granos/precio-maiz>

- ▶ Tasas de bonos del tesoro nacional, disponible en <https://www.ambito.com/economia/bonos/bono-dual-cuales-son-los-4-instrumentos-que-ofrece-el-gobierno-canjearlo-n5080234>

- ▶ Formulario de impuesto a las ganancias, disponible en <https://www.afip.gob.ar/gananciasYBienes/ganancias/personas-juridicas/determinacion/documentos/Ganancias-Escala-PJ-2024.pdf>