



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Propuesta de plan para la separación de residuos orgánicos y
aprovechamiento en un biodigestor en la cafetería Gutza de la Universidad de
Piura**

Trabajo de Investigación para el curso de Proyectos del Programa en
Ingeniería Industrial y de Sistemas

Ana Paula Lucia Morillo Sandoval

Diego Alonso Ortiz Vera

Gonzalo Alonso Ramírez Urbina

Jean Pool Cesar Antonio Ruiz Peña

Sebastián Rafael Pimentel Pineda

Asesor:

Mgtr. Dr. Ing. Guerrero Chanduví Dante Arturo Martín

Piura, 24 de junio de 2023

Resumen

El presente trabajo de investigación propone la implementación de un biodigestor en la cafetería Gutza de la Universidad de Piura, con el objetivo de aprovechar los residuos orgánicos generados a diario por esta cafetería. El biodigestor es un sistema que ayuda a obtener biogás y biofertilizante, a partir de un proceso anaeróbico al cual es sometida la materia orgánica, ello con el fin de permitir abastecer la demanda requerida por la cafetería e incluso un ingreso extra con la venta del biofertilizante.

Este proyecto surge como una alternativa de solución frente a la problemática ambiental actual que se vive en nuestra Región Piura que es la mala gestión de residuos. Lo que se busca es generar energía renovable a partir de los residuos orgánicos emitidos por la propia cafetería Gutza, buscando un enfoque sostenible a largo plazo, reduciendo la contaminación ambiental y la dependencia de combustibles fósiles.

Se realizó una toma de muestreo durante un determinado periodo de tiempo de los residuos orgánicos emitidos a diario por la cafetería, para a partir de ello determinar la capacidad del biodigestor y la producción de biogás y biofertilizante que se puede obtener. Determinada la capacidad y el espacio disponible se seleccionó el tipo de biodigestor más adecuado. Tomando en cuenta un modelo eficiente de fácil manejo.

Asimismo, se propone una mejora en la gestión de residuos, identificación de responsabilidades, programa de mantenimiento, perfil de comunicación efectiva, cronograma de implementación y procedimientos a seguir. Por último, se realizó un análisis económico y financiero donde se obtuvo que el proyecto es viable económicamente.

En resumen, una implementación de un biodigestor en la cafetería Gutza permitirá una gestión eficiente de los residuos orgánicos, generando consigo beneficios ambientales, económicos y al mismo tiempo contribuye al cumplimiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, es fundamental promover la educación ambiental y la participación de la sociedad civil para crear conciencia sobre la importancia de proteger el medio ambiente y promover prácticas sostenibles en la región de Piura.

**Trabajo de investigación alineado con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible:**



Tabla de contenido

Lista de tablas.....	7
Lista de figuras	9
Introducción	11
Capítulo 1 Antecedentes	13
1.1 Antecedentes Internacionales	13
1.2 Antecedentes Nacionales.....	14
Capítulo 2 Situación Actual	15
2.1 Biodigestores en la actualidad	15
2.2 Proceso de separación de residuos en Gutza	16
Capítulo 3 Marco Teórico	17
3.1 Residuos orgánicos	17
3.2 Tipos de biodigestores	17
3.2.1 Tipo de construcción.....	18
3.2.2 Tipo de Operación	18
3.3 Proceso de biodigestión.....	18
3.3.1 Biogás	19
3.4 Subproductos	21
3.4.1 Fertilizante.....	21
3.5 Marco Normativo	22
Capítulo 4 Metodología	25
4.1 Planteamiento del problema	25
4.2 Objetivos	25
4.3 Herramientas y técnicas.....	26

4.4 Justificación	28
4.5 Metodologías de la ingeniería del proyecto	28
4.6 Metodología del análisis económico y financiero	33
Capítulo 5 Ingeniería del proyecto	35
5.1 Diseño del proceso	35
5.1.1 Capacidad de residuos	36
5.1.2 Balance de materiales	38
5.1.3 Maquinaria y equipos	40
5.2 Preparación organizativa	42
5.2.1 Mejora en la gestión de residuos	42
5.2.2 Layout del espacio	45
5.2.3 Red de tuberías de gas	49
5.2.4 Identificación de las responsabilidades	51
5.2.5 Programa de mantenimiento y monitoreo	53
5.2.6 Perfil de comunicación efectiva	53
5.3 Propuesta de ejecución	54
5.3.1 Cronograma	54
5.3.2 Procedimientos	55
Capítulo 6 Análisis económico y financiero	59
6.1 Costos	59
6.1.1 Costo de adquisición	59
6.1.2 Costo de implementación	61
6.2 Presupuestos	61
6.2.1 Presupuestos de inversión	61
6.2.2 Ahorro	62
6.3 Indicadores de rentabilidad del proyecto	64
6.3.1 Cálculo de VAN Y TIR	68
6.3.2 Periodo de recuperación de capital	68
Conclusiones	69
Recomendaciones	71

Referencias bibliográficas73
Apéndices.....79
Anexos81





Lista de tablas

Tabla 1. Parámetros para determinar la digestión anaeróbica	19
Tabla 2. Composición típica de biogás	19
Tabla 3. Objetivos específicos del proyecto	26
Tabla 4. Medición de la cantidad de residuos orgánicos en la concesionaria Gutza.....	36
Tabla 5. Flujos de entrada y salida del biodigestor	38
Tabla 6. Flujo másico de entrada al biodigestor.....	39
Tabla 7. Flujo másico de salida del biodigestor	39
Tabla 8. Densidad de flujos.....	39
Tabla 9. Ahorro de GLP doméstico.....	40
Tabla 10. Resumen de valores del biodigestor de marca HomeBiogas 4	41
Tabla 11. Componentes del biodigestor de marca HomeBiogas 4	42
Tabla 12. Tabla de código de proximidades	45
Tabla 13. Tabla de razones	46
Tabla 14. Tabla de interrelaciones	46
Tabla 15. Simbología.....	47
Tabla 16. Simbología por área	47
Tabla 17. Cronograma de ejecución.....	54
Tabla 18. Costos asociados a la adquisición del biodigestor	60
Tabla 19. Costos asociados a la adquisición de materiales de acondicionamiento	61
Tabla 20. Costos asociados a la mano de obra de la implementación de la propuesta	61
Tabla 21. Presupuesto estimado del proyecto	62
Tabla 22. Equivalencia entre gases	62
Tabla 23. Ahorro de GLP doméstico.....	63

Tabla 24. Ahorro monetario de GLP	63
Tabla 25. Cálculo de sacos necesarios por día	64
Tabla 26. Gasto anual de sacos de estiércol	65
Tabla 27. Gasto anual del transporte de estiércol	65
Tabla 28. Gasto anual del estiércol	65
Tabla 29. Gasto anual de agua	66
Tabla 30. Depreciación anual	66
Tabla 31. Flujo de Caja Financiero	67
Tabla 32. Van y TIR	68
Tabla 33. Periodo de recuperación de capital	68



Lista de figuras

Figura 1. Biodigestor HomeBiogas 4	41
Figura 2. Diagrama de flujo de la gestión actual de residuos	43
Figura 3. Depósito actual	44
Figura 4. Contenedor propuesto	45
Figura 5. Diagrama de interrelación	48
Figura 6. Layout	49
Figura 7. Estufa de biogás de doble hornilla	50
Figura 8. Tubería de gas	50
Figura 9. Filtro de gas	50
Figura 10. Tubería de entrada de agua con émbolo	50
Figura 11. Salida para fertilizante y gas	51
Figura 12. Guía detallada impresa y video guía	51
Figura 13. Diagrama de Gantt del cronograma	55
Figura 14. Diagrama de flujo de procedimientos	56



Introducción

El trabajo de investigación tiene como finalidad establecer una propuesta de plan para la separación de residuos orgánicos y aprovechamiento en un biodigestor en la cafetería Gutza de la Universidad de Piura. Enfocándose principalmente en una mejor gestión de los residuos orgánicos, generados por la concesionaria, para el aprovechamiento de biogás y biol obtenidos por el sistema, promoviendo la implementación de una economía circular y fomentando la utilización de energías renovables.

En el trabajo se detalla la situación actual y antecedentes de los biodigestores a nivel nacional e internacional. Posteriormente, se define el concepto del biodigestor, del mismo modo, se explican tanto sus tipos existentes como el proceso de biodigestión junto los productos obtenidos a partir de este. Asimismo, se describirán las diferentes metodologías a usar en la ingeniería del proyecto y el análisis económico y financiero. También, se describirá el proceso para presentar el posible desarrollo en caso de realizar la implementación del biodigestor en la cafetería, para finalmente realizar el análisis económico y financiero en donde se explicará la inversión y presupuestos necesarios para que se pueda llevar a cabo la propuesta, los indicadores de rentabilidad y, por último, el periodo de recuperación de capital.

Como cierre, se presentarán las conclusiones y recomendaciones para un mejor manejo de los desechos orgánicos y promover la sostenibilidad en la ciudad de Piura.



Capítulo 1

Antecedentes

A lo largo de varias décadas, los biodigestores han adoptado en todo el mundo una relevancia significativa en la generación de energía limpia, renovable y sostenible, permitiendo aprovechar los residuos orgánicos para su conversión en biogás. Contribuyendo de esta manera a la economía circular al aprovechar los residuos orgánicos, y a su vez aportando a la energía circular reduciendo la contaminación ambiental y los problemas de salud pública. A continuación, se presentan algunos antecedentes sobre su uso a nivel internacional como nacional.

1.1 Antecedentes Internacionales

El uso de biodigestores en todo el mundo ha sido una práctica común para tratar los residuos orgánicos y producir biogás y fertilizantes. En algunos países, como Alemania y China, los biodigestores se han utilizado durante décadas para tratar los residuos orgánicos y producir energía renovable.

Un estudio evaluó la viabilidad económica del uso de biodigestores en China para producir biogás a partir de residuos agrícolas y ganaderos. Los resultados indicaron que el uso de biodigestores fue rentable desde el punto de vista económico y ayudó a reducir la contaminación ambiental.

En 1881 el francés Louis H. Mouras diseñó un prototipo de tanque séptico al que llamó "Eliminador Automático", la cual fue la primera unidad de tratamiento de residuos sólidos que consistía en una cámara con sello hidráulico en el que la materia fecal era rápidamente transformada, haciendo uso de la digestión anaeróbica por primera vez en el tratamiento de aguas residuales (Abbasi & Abbasi, 2010).

Por otro lado, en 1895 Donald Cameron y Cummins patentaron un prototipo similar, pero mejorado del "Eliminador Automático", dándole Cameron el nombre de "tanque séptico". Este proceso ganó gran popularidad y muchos diseñadores de tanques de aguas residuales empezaron a utilizar el nombre de "tanque séptico" (Melosi, 2000).

Otro avance importante fue hecho por el alemán Karl Imhoff, con su Tanque Imhoff en 1906, el cual mejoró el diseño de los tanques sépticos mediante el uso de cámaras que permitieron la separación de los procesos de asentamiento y digestión de lodos. El diseño tuvo

tanta acogida que en el año 1930 los tanques Imhoff comprendían casi la mitad de las obras de tratamiento en Estados Unidos (Wolfe, 1999).

1.2 Antecedentes Nacionales

En el año 1980, el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas técnicas (ITINTEC) hizo un intento en fomentar y promover el uso de biodigestores de tipo chino para poder generar una difusión de biogás a nivel nacional. Tras esta iniciativa, durante el transcurso de los años, en los departamentos de Puno y Cajamarca se instalaron varias unidades, finalmente “en 1988 ya existían en el Perú alrededor de 108 biodigestores siendo en su mayoría biodigestores modelo chino de diez a doce metros cúbicos de volumen” (Siadén Paiva, 2017).

Posteriormente, el Centro de Investigación y Promoción de Energías No Convencionales (CIPENC) continuó las investigaciones sobre biogás a través de su “Programa de biogás”, el cual tenía como objetivos la generación de energía para cocinar e iluminar, el mejoramiento de uso de fertilizantes naturales y la reducción de la erosión del suelo. Sin embargo, el programa no tuvo éxito alguno debido a que “el Perú se enfrentaba a un problema grave que radicaba en la falta de experiencia a esta nueva tecnología, así como el estudio de factibilidad de escasez de materia prima” (Siadén Paiva, 2017).

En el año 2003, la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y la organización Soluciones Prácticas ITDG (ITDG), financiados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), iniciaron conjuntamente la investigación de la producción de biodiesel a pequeña escala para poder ayudar a las comunidades aisladas de la selva amazónica. Esto con el fin de reducir el consumo de biomasa, mediante el uso de “biodigestores familiares los cuales pueden aportar al pequeño agricultor la energía térmica para la cocción de sus alimentos mediante el uso del biogás y producción de abonos para mejorar la calidad de sus cultivos” (MIDAGRI, 2010).

Según (Oblitas, 2018), realizó una investigación técnica – económica para la producción de biogás a partir de residuos generados por el camal ubicado en la comunidad de Tumán, obteniéndose datos como la cantidad de estiércol generado mensualmente, el tipo de biodigestor que se tuvo que usar y de esta forma producir biogás con el fin de brindar un beneficio institucional, disminuir la contaminación y aprovechar residuos y la inversión total del proyecto, la cual iba a ser financiada por la municipalidad distrital de Tumán.

Capítulo 2

Situación Actual

En este capítulo se pretende dar una breve descripción sobre la situación actual de la tecnología usada, y el proceso de separación de residuos que emplea la cafetería Gutza.

2.1 Biodigestores en la actualidad

Actualmente la tecnología de biodigestores permite el correcto manejo de residuos, la producción de biogás, que sirve como fuente de energía renovable, y la obtención de un biofertilizante útil para la agricultura.

Con el uso de esta tecnología, las personas beneficiadas generan ingresos económicos, bienestar social y ambiental. Por ende, la adopción que ha tenido ha llegado a ser muy considerable en agricultores a lo largo del mundo, donde el acceso a una red eléctrica y la escasez de leña son un problema recurrente (Aguilar Cabezas & Botero Botero, 2006).

En zonas tropicales, cerca al Ecuador donde las temperaturas son muy elevadas, se han encontrado problemas para implementar biodigestores modelo Gobar y de Tipo Chino, debido al agrietamiento en el concreto usado para la construcción de dichas unidades. Por lo que el Dr. Thomas Reginald Preston diseñó un sistema biodigestor utilizando polietileno en lugar de cemento. Siendo las principales ventajas de este diseño el bajo costo de instalación y mantenimiento (Aguilar Cabezas & Botero Botero, 2006).

Para obtener un rendimiento óptimo de los biodigestores, es fundamental garantizar que se cumplan ciertos parámetros de temperatura y potencial de hidrógeno (pH), los cuales están estrechamente ligados con los procesos microbiológicos. Sin embargo, en los últimos años se ha despertado el interés en asegurar una producción de gas óptima, y viabilidad económica en el caso de plantas de biogás, por ello la automatización del proceso en dichas plantas es esencial.

Esta automatización se lleva a cabo mediante elementos computarizados, de manera que se da un manejo adecuado de factores importantes como temperatura, pH y presión. Estos factores influyen en la velocidad de formación de los microorganismos, su crecimiento y la composición del biogás producido. Con el objetivo de regular estas variables, la automatización del proceso se lleva a cabo mediante elementos computarizados. De esta manera, se pueden controlar las variables de temperatura, pH y presión, lo que permite tomar

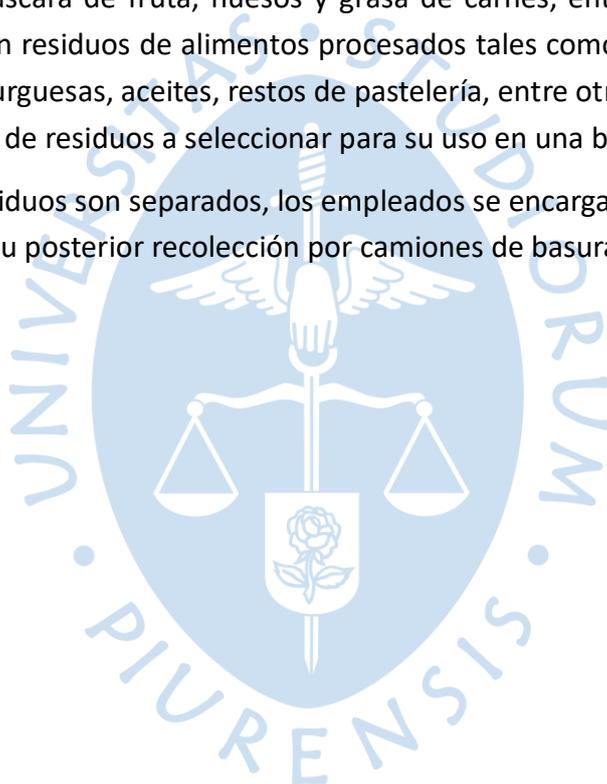
decisiones en tiempo real y aplicar medidas correctivas para asegurar la producción del producto final con las características requeridas (Gonzales Guerra, Castillo Chanava, Correa Correa, & Retto Saavedra, 2017).

2.2 Proceso de separación de residuos en Gutza

Uno de los procesos realizados en la cocina de la cafetería es el manejo de residuos generados a lo largo de la jornada. En dicho proceso los empleados se encargan de acumular los desperdicios en diferentes contenedores de acuerdo con el tipo de residuos, orgánicos o inorgánicos.

Debido a la gran variedad de alimentos que ofrece la cafetería, los residuos se pueden encontrar en forma de alimentos naturales como tallos y cáscara de verduras y tubérculos, cereales, semillas y cáscara de fruta, huesos y grasa de carnes, entre otros. Por otro lado, también se encuentran residuos de alimentos procesados tales como: embutidos, productos lácteos, pastas, hamburguesas, aceites, restos de pastelería, entre otros. Por lo que se cuenta con una gran variedad de residuos a seleccionar para su uso en una biodigestión.

Una vez los residuos son separados, los empleados se encargan de llevar la basura a la puerta principal para su posterior recolección por camiones de basura.



Capítulo 3

Marco Teórico

La digestión anaeróbica ocurrida dentro de un biodigestor es un proceso complejo, involucra una serie de componentes materiales, factores ambientales y parámetros de funcionamiento a tomar en cuenta para llevarse a cabo correctamente. Conocerlos es importante para una futura manipulación y mantenimiento del equipo biodigestor, así como la normativa a seguir para su implementación. Por ende, el contenido de este capítulo se enfocará en dar una breve descripción del equipo, el proceso ocurrido dentro del mismo, los materiales a utilizar, los productos del proceso, y finalmente los aspectos legales y normativos a tomar en cuenta.

3.1 Residuos orgánicos

Se entiende por residuo orgánico a todo desperdicio de origen animal y/o vegetal, capaces de descomponerse naturalmente de forma acelerada para convertirse en otro tipo de materia orgánica.

En el contexto de la actividad productiva del hombre, específicamente en el ámbito comercial y doméstico, se les conoce como residuos sólidos urbanos, los cuales son generados por la población urbana, resultado del consumo y desarrollo de sus actividades diarias. Dichos residuos incluyen materia orgánica e inorgánica, siendo la materia orgánica desechada producto de la preparación de alimentos, mientras que la materia inorgánica es producto de la industrialización de recursos naturales (Marcelo & Viera, 2017).

3.2 Tipos de biodigestores

El biodigestor es una cámara hermética que se utiliza para la producción de biogás y biofertilizantes mediante el proceso de digestión anaeróbica de materia orgánica, tales como residuos de animales, alimentos y plantas (Peralta Talledo, 2017). La digestión anaeróbica utiliza los residuos orgánicos que son colocados en condiciones anóxicas en un biodigestor, para que se lleve a cabo un proceso de fermentación (Ávila Hernández, Campos Rodríguez, Brenes Peralta, & Jiménez Morales, 2018).

Los biodigestores se pueden clasificar en dos grandes grupos: según el tipo de operación y por la construcción (Navarro, 2015).

3.2.1 Tipo de construcción

Existen 3 tipos: tipo chino o biodigestor de cúpula fija, tipo hindú o biodigestor de cúpula flotante y tipo Taiwán o también llamado biodigestor Tubular.

El tipo chino es el modelo más difundido en el mundo y que se construye bajo tierra a partir de ladrillos y concreto. Tiene como objetivo central la producción de fertilizante para la agricultura y no la de biogás, ello básicamente debido a las variaciones de presión en el interior.

El tipo hindú, desarrollado con la finalidad de usar los residuos como combustible para la generación de energía alternativa y renovable. De la misma forma que los de cúpula fija son construidos enterrados a base de ladrillo y cemento. Se destaca por ser muy eficiente en la producción de biogás debido a la alta y constante presión dentro del biodigestor.

El tipo Taiwán está construido a base de material sintético de alta densidad. La principal ventaja y por la cual se destaca es que su bajo costo y la facilidad para la operación de mantenimiento (Peralta Talledo, 2017). Estos digestores suelen venir en capacidad de 2,2 a 13,5 m³, siendo los de 6 m³ los más utilizados (Saavedra, Alamo, & Marcelo, 2017).

3.2.2 Tipo de Operación

En esta clasificación existen 3 tipos: flujo discontinuo o batch, flujo semicontinuo y flujo continuo. Cada una con sus características de acuerdo con la necesidad y función que se requiera.

Los de flujo discontinuo son tipo de biodigestores que son útiles para procesar desechos orgánicos en lugares que se encuentran de forma intermitente, asimismo en comparación a los modelos semicontinuos, este tipo tiene una mayor producción de biogás con un aproximado de 0,5 a 1,0 m³ de biogás por m³ del digestor.

Asimismo, los de flujo semicontinuo destacan por ser los más usados a nivel doméstico y principalmente usados en zonas rurales, lugares donde se generan residuos diariamente. Sin embargo, este tipo no es muy eficiente para generar biogás, pero excelente para producir biofertilizante (Haro Silva, 2017).

Por último, los de flujo continuo se caracterizan por ser un proceso ininterrumpido y en cual se obtiene la misma cantidad en que se ingresan los residuos orgánicos. La desventaja es que son de gran tamaño y requiere de una mayor inversión tecnológica, ya que necesitan de un seguimiento y control. Utilizando primordialmente en el tratamiento de aguas negras (Peralta Talledo, 2017).

3.3 Proceso de biodigestión

Una de las tecnologías bioenergéticas más sostenibles para la producción de biogás es la digestión anaeróbica, debido a que utiliza los residuos orgánicos para su funcionamiento. La digestión anaeróbica cuenta con cuatro etapas, donde en ausencia de oxígeno las bacterias

convierten los residuos orgánicos en biogás. Las etapas son las siguientes: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Grupta, Kurien, & & Mittal, 2022).

La digestión anaeróbica comienza con la hidrólisis, etapa en la cual se degradan los compuestos orgánicos insolubles gracias a enzimas hidrolíticas como amilasa, celulasa, etc. dando como resultado a los monosacáridos, aminoácidos, etc. Continuando con la segunda etapa, se tiene que los compuestos que se degradaron en la etapa anterior se convierten en hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético debido a un proceso de fermentación. Para la tercera etapa, de los compuestos que quedaron resultantes de la segunda, se obtiene hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético por la presencia de bacterias como: *Acetobacterium woodii* y *Clostridium aceticum*. Por último, en la cuarta etapa, el hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético se convierten en metano y dióxido de carbono (Grupta, Kurien, & & Mittal, 2022). La mayor parte de la producción de metano se da en la tercera etapa, ya que, se genera aproximadamente un 70% del metano (González, 2014).

Existen parámetros, observados en la Tabla 1, que indican las condiciones en las que se desarrolla el proceso de la digestión anaeróbica (González, 2014).

Tabla 1. Parámetros para determinar la digestión anaeróbica

Parámetros ambientales	Parámetros operacionales
pH	Temperatura
Potencial redox	Agitación/mezclado
Nutrientes	Tiempo de retención
Tóxicos e inhibidores	Velocidad de carga orgánica

3.3.1 Biogás

El biogás es considerado un gas combustible renovable, el cual está compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono junto con otras impurezas como agua y sulfuro de hidrógeno (Varling, Christensen, & Bisinella, 2023), se detalla en la Tabla 2. Sin embargo, la composición del biogás también va a depender del tipo de materia prima a usar y de las condiciones en el digester anaeróbico (Grupta, Kurien, & & Mittal, 2022).

Tabla 2. Composición típica de biogás

Componentes	Formula Química	Concentración	Inflamabilidad	Tipo de componente
Metano (%vol)	CH ₄	35-65	Inflamable	Principal
Dióxido de carbono (% vol)	CO ₂	15-50	No inflamable	Impureza
Nitrógeno (% vol)	N ₂ y NH ₃	5-40	No inflamable	Impureza

Componentes	Formula Química	Concentración	Inflamabilidad	Tipo de componente
Hidrógeno (% vol)	H ₂	0-5	Inflamable	Impureza
Sulfuro de Hidrogeno (ppm)	H ₂ S	0-100	Inflamable	Impureza
Oxigeno (% vol)	O ₂	0-5	No inflamable	Impureza
Humedad (% vol)	H ₂ O	0-5	No inflamable	Impureza
Amoniacó (ppm)	NH ₃	0-5	Inflamable	Impureza
Monóxido de carbono (% vol)	CO	0-3	Inflamable	Impureza
Siloxanos (mg/m ³)	-	0-50	No inflamable	Impureza
COVDM (mg/m ³)	-	0-4500	inflamable	Impureza
HC (mg/m ³)	-	-	Inflamable	Impureza
HC halogenados (ppm)	-	20-200	Inflamable	Impureza

Existen diferentes tipos de uso que se le puede dar al biogás dependiendo del volumen de biogás que se disponga, por ejemplo: la generación de energía eléctrica, térmica o incluso como combustible para vehículos (Varnero, 2011).

- Producción de calor o vapor. Uno de los objetivos principales del biogás es que sirve como fuente de energía térmica, es decir, para producir calor. Especialmente en lugares de mayor escasez de combustibles donde un sistema de biogás pueda suministrar energía necesaria para actividades básicas como cocinar o calentar agua, además de que también pueden ser usados para la iluminación.
- Generación de electricidad. Tanto las turbinas de gas como los motores que funcionan con chispa son una opción igual de eficiente para generar calor y electricidad.
- Combustible para vehículos. El uso del biogás como combustible para vehículos ya es una realidad, sin embargo, este debe tener una calidad muy parecida a la del gas natural y contar con un octanaje entre 100 y 110 para que su uso sea el adecuado.

Algunos usos de este combustible son:

- Producción de calor o vapor.
- Generación de electricidad.

Finalmente, la producción de biogás se realiza a partir de residuos orgánicos, lo que genera un impacto positivo en el medio ambiente, especialmente en la calidad del aire (Grupta, Kurien, & & Mittal, 2022).

3.4 Subproductos

En un biodigestor se crea un ambiente biológico dinámico en el cual los microorganismos que actúan dentro de este mismo desencadenan una fermentación anaerobia. Este proceso conduce a la producción de dos subproductos principales, el biogás, mencionado en puntos anteriores, y el biofertilizante en forma de líquidos lixiviados.

Estos subproductos generados en el biodigestor son producidos en los procesos de acetogénesis y metanogénesis, los cuales son etapas del proceso anaeróbico presente en este mismo. En el primer mencionado, mediante las bacterias acetogénicas, los ácidos orgánicos son transformados en acetato o ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. El acetato, precursor del gas subproducto generado en el biodigestor, es utilizado en la última etapa del proceso anaeróbico para poder producir biogás, el cual es una mezcla de dióxido de carbono y metano. Del mismo modo, las bacterias que convierten el ácido propiónico y butírico en ácido acético tienen un crecimiento relativamente lento, cuyo tiempo de duplicación tiene un mínimo entre uno y cuatro días (Aqualimpia, 2017).

En la metanogénesis, las bacterias productoras de metano o metanogénicas convierten los productos generados en la anterior etapa en biogás, gas compuesto mayormente por dióxido de carbono y metano en proporciones variables, principal subproducto del biodigestor. Esta transformación se da a partir de dos reacciones, la primera de vía acetoclástica en la cual el acetato se descompone en metano y dióxido de carbono, y la segunda de vía hidrogenotrófica en la cual el dióxido de carbono reacciona con el hidrógeno para formar metano y liberar oxidano. Sin esta etapa, se acumularía gran cantidad de carbono, en forma de productos de fermentación, en los ambientes anaeróbicos (Aqualimpia, 2017).

Además, durante esta última etapa en el proceso de biodigestión, también se produce biofertilizante, subproducto líquido que se acumula en la parte baja del tanque el cual puede ser utilizado como abono orgánico para poder fertilizar suelos y cultivos.

3.4.1 Fertilizante

Los ácidos orgánicos formados en las etapas de acidogénesis y acetogénesis son importantes ya que se utilizan para la producción del biofertilizante. Este fertilizante es un subproducto líquido rico en nutrientes tales como potasio, nitrógeno y fósforo, el cual es acumulado en el fondo del biodigestor y se puede utilizar como fertilizante orgánico.

Además, de estos nutrientes obtenidos, el biofertilizante también contiene otros micronutrientes y oligoelementos, como hierro, zinc, manganeso, entre otros, que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Gracias a estos compuestos obtenidos en este tipo de abono orgánico producido, se puede conferir al suelo una mayor capacidad productiva, la conservación en el tiempo de su fertilidad y una mayor sostenibilidad con el paso de los diversos ciclos productivos (Intagri, s.f.).

El uso del biofertilizante tiene varios beneficios para la agricultura y el medio ambiente, como el aumento de la fertilidad del suelo, la mejora de la calidad de las cosechas y la reducción de la dependencia de los fertilizantes químicos, los cuales pueden ser dañinos para la salud humana y el medio ambiente. Además, su uso ayuda a reducir la contaminación ambiental al aprovechar los residuos orgánicos para la producción de nutrientes en lugar de desecharlos. Sin embargo, es necesario mantener un procedimiento adecuado en su almacenamiento para disminuir y evitar la pérdida de nutrientes, principalmente de nitrógeno.

De manera general, el fertilizante obtenido como subproducto puede brindar diversos beneficios a los suelos y la producción de cultivos.

- Mayor residualidad y aportación de los elementos esenciales para los cultivos, tales como los nutrientes, micronutrientes y oligoelementos mencionados anteriormente.
- Liberación gradual de nutrientes, garantizando el suministro necesario durante el periodo de desarrollo de los cultivos.
- Mejora de la estructura, la capacidad de retención de oxígeno o agua, el nivel de porosidad y la aireación del suelo.
- Posee una mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC), por lo que la incorporación de fertilizantes en base a materia orgánica tiene la capacidad de aumentar el nivel de CIC (Intagri, s.f.).
- Reducción de pérdidas de suelo, mediante la disminución de la erosión hídrica, favoreciendo una mayor estabilidad de agregados de los suelos.

3.5 Marco Normativo

Actualmente en el Perú no existe normativa específica que regule la instalación o uso de biodigestores. Sin embargo, es importante destacar los esfuerzos del Ministerio del Ambiente (MINAM) por promover diversas políticas y regulaciones relacionadas a la gestión de residuos sólidos y energías renovables, siendo algunas de estas la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314) que establece disposiciones generales para la gestión de residuos sólidos y su reglamento (Decreto Supremo N° 057-2004-PCM) que detalla la manera en la que deben gestionarse estos residuos. Por otro lado, está la Ley de Promoción de la Generación de Electricidad con Fuente Renovables (Ley N° 27191) que fomenta la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables como energía solar, eólica, biomasa, entre otras.

A pesar de la ausencia de normativas relacionadas a uso y/o implementación de biodigestores a nivel nacional, regional o municipal. Se sabe que la Universidad de Piura tiene como objetivo integrar el enfoque ambiental en todas sus áreas de actividad académica, social e institucional, tal como se establece en su sistema de políticas, planes y acciones de adecuación al entorno y protección al ambiente.

De hecho, en este documento se expresa que “trabajar en el control ambiental, conservación, aprovechamiento, investigación y buscar eliminar los agentes contaminantes y reducir el impacto ambiental que se genere con el desarrollo de actividades normales de la universidad” (Universidad de Piura, 2021). Por ello, la propuesta de implementación de un biodigestor en una de las cafeterías podría contribuir significativamente al logro de los objetivos de su sistema de políticas ambientales.

El biodigestor permitiría el tratamiento de los residuos orgánicos generados en la cafetería de manera eficiente y sostenible, reduciendo el impacto ambiental de la institución y fomentando prácticas más responsables y conscientes con el medio ambiente.

De esta manera, la propuesta no solo estaría alineada con los objetivos del sistema de políticas ambientales de la universidad, sino que también podría ser una medida concreta y efectiva para avanzar hacia la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.





Capítulo 4

Metodología

En este capítulo se presentará el problema a tratar y los objetivos a cumplir al momento de exponer su posible solución. A su vez, se presentarán las herramientas y técnicas que se utilizarán para la solución de dicho problema y la justificación de este; las metodologías de la ingeniería del proyecto, las cuales ayudarán a documentar el proceso de solución; y finalmente las metodologías para el análisis económico y financiero que proporcionarán información acerca de la rentabilidad del proyecto.

4.1 Planteamiento del problema

La producción de residuos sólidos por la población en Piura de aproximadamente 1,4 millones de habitantes, producen en promedio 0,6 kg de residuos por día por habitante, de los cuales 39,92% son residuos orgánicos (Ministerio del Ambiente, 2016). Esto genera un problema para la salud pública en cuanto a las enfermedades que puede traer la descomposición de esta, además del problema logístico que genera la recolección de basura a las municipalidades.

Analizando desde la perspectiva de la cafetería Gutza; los desperdicios orgánicos generados no cumplen ninguna función que aporte algún valor monetario o energético a los dueños. Por lo que es necesario diseñar un proceso que permita el aprovechamiento de los residuos generados por la cafetería, de manera que se puedan obtener algún tipo de retorno en ahorros.

4.2 Objetivos

El principal objetivo de este proyecto es presentar una propuesta para la implementación de un biodigestor en la cafetería Gutza de la Universidad de Piura, el cual tendrá la función de producir biogás a partir de residuos orgánicos provenientes de los desechos generados. El propósito es sentar un precedente en la gestión de residuos orgánicos en una universidad, solucionar el problema de salud pública en la región de Piura, y dar ejemplo del uso de un biodigestor para una economía circular y generación de energía circular.

Del mismo modo, se detallarán en la siguiente Tabla 3 los objetivos específicos del proyecto.

Tabla 3. Objetivos específicos del proyecto

ID	Descripción	Área
OAL01	Seleccionar adecuadamente el biodigestor que se utilizará en la propuesta del proyecto en base a los requerimientos antes del cuarto informe parcial con fecha 27/05/2023.	Alcance
OAL02	Determinar la cantidad de residuos orgánicos diarios y aprovechables de la concesionaria Gutza antes del tercer informe parcial con fecha 13/05/2023.	
OTI01	El proyecto debe ser realizado y culminado en el tiempo correspondiente, teniendo como plazo de fecha final el 24 de junio.	Tiempo
OTI02	Cumplir con las fechas de plazo de entrega de las diversas actividades que se le asigna a cada integrante del equipo. Por lo tanto, todas las tareas asignadas deben estar avanzadas en un 60% a mitad de la fecha límite establecida.	
OCO01	Mantener los costos reales dentro del rango de los previstos, es decir, que no superen en más de un 10% a los últimos mencionados.	Costo
OCO02	Evaluar la viabilidad económica del plan, comparando costos y beneficios a corto y largo plazo, en un plazo de tiempo de dos semanas. Asimismo, esta misma debe tener un costo no mayor a 150 soles en dicho periodo.	
OCA01	La información deberá ser extraída de fuentes bibliográficas, tales como SCOPUS, SCIENCE DIRECT, REDALYC, SCIELO, etc. Del mismo modo, debe ser citada y parafraseada correctamente, de manera que el porcentaje de Turnitin en el Informe Final sea inferior al 20%.	Calidad
OCA02	Finalizado el proyecto, el informe final deberá estar basado estructuralmente tanto en la Normativa de Estilo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura como la séptima edición de las normas APA. De tal manera, se espera que los descuentos por errores en estos criterios se encuentren por debajo del 0,50% del puntaje total.	

4.3 Herramientas y técnicas

Las herramientas y técnicas son muy importantes en la metodología empleada en el proyecto de investigación, dado que permite obtener información veraz y certera que ayudarán al cumplimiento de los objetivos del proyecto (Herrera Acosta, Granizo Castillo, & Herrera Merino, 2020).

Algunas de las herramientas y técnicas que se pueden emplear a lo largo del proyecto son:

- Planificación y gestión de proyectos: técnicas que ayudan a asegurar que el desarrollo del proyecto se lleve a cabo de manera efectiva y eficiente, siguiendo un plan estructurado y gestionando los recursos de manera adecuada.
- Análisis de viabilidad: herramienta importante para determinar si el proyecto de biodigestores es viable, desde el enfoque de evaluación técnica, ambiental, financiera, económica, social y legal. En el caso de este proyecto se obtuvo que es viable, apoyados en los resultados de nuestro taller de prefactibilidad.
- Juicio de expertos: herramienta que se basa en considerar la opinión y valoraciones de personas con conocimientos especializados en las áreas principales que el proyecto involucra. En el caso propio de nuestro proyecto, se relaciona con las áreas de procesos, operaciones y calidad, por ello mantendremos reuniones con Ingenieros con experiencia en ello.
- Análisis de datos: técnica basada en utilizar datos extraídos para obtener información útil y sacar conclusiones que contribuyan al logro del proyecto. (Datademia, s.f.). En el caso propio de nuestro proyecto, esta herramienta nos ayudó a realizar el análisis costo-beneficio.
- Toma de decisiones: técnica que se basa en una elección entre alternativas para resolver diversas situaciones que puedan surgir a lo largo del proyecto.
- Observación: técnica que nos ayudará a identificar y determinar los procesos que están involucrados en Cafetería Gutza, comportamiento del personal y la disposición en planta que nos permita identificar zonas óptimas para la ubicación.
- Inferencia estadística: técnica que permite inducir a partir de información empírica proporcionada por una muestra (Universitat de Barcelona, s.f.). En el caso propio de nuestro proyecto, se empleará en el muestreo de toma de pesos de los residuos orgánicos que produce Gutza durante tres semanas, a partir de esos datos que se obtienen se aplicará esta técnica de inferencia estadística.
- Balance de materiales: herramienta de suma importancia del curso de Tecnología de Procesos que nos ayudará a determinar la proporción necesaria de residuos orgánicos a emplear para lograr obtener una cantidad adecuada y eficiente de biogás y subproductos.
- Manual de guía: el manual propuesto es una herramienta importante que se elaborará con el fin de brindar información relevante sobre el uso y mantenimiento adecuado del biodigestor.

4.4 Justificación

La justificación de este proyecto se centra en que la propuesta de implementación de un biodigestor permitirá la producción de biogás y fertilizante a partir de los residuos orgánicos, lo que no solo representa una alternativa sostenible y amigable con el medio ambiente sino también una oportunidad para generar beneficios económicos y ambientales a largo plazo (Ministerio del Ambiente, 2019). Además, estos recursos podrían ser utilizados tanto en la propia cafetería como en otros espacios de la universidad, fomentando así la cultura de la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en la comunidad universitaria.

En resumen, la propuesta de plan para la separación de residuos orgánicos y su aprovechamiento en un biodigestor en una cafetería universitaria está en línea con los objetivos de la estrategia multisectorial y descentralizada Perú limpio, que busca promover buenas prácticas en el manejo de residuos sólidos y mejorar la cultura ambiental entre la ciudadanía a partir de acciones concretas. Además, el proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, especialmente con el ODS 7 (energía asequible y no contaminante), el ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 12 (producción y consumo responsables) (ONU, 2015).

4.5 Metodologías de la ingeniería del proyecto

Las metodologías de ingeniería del proyecto constituyen el conjunto de herramientas y técnicas que se utilizarán para analizar y encontrar soluciones al problema identificado.

En el contexto específico del proyecto, estas metodologías se centrarán en la descripción de los métodos, técnicas y herramientas utilizadas en la fase de diseño del proceso, preparación organizativa y propuesta de ejecución. Entre ellas, se incluyen la capacidad de medición de residuos, la evaluación de entradas y salidas en el proceso de separación y aprovechamiento de residuos orgánicos, la creación del *layout* del espacio, un programa de mantenimiento y monitoreo, así como la elaboración de un cronograma, entre otras.

Técnicas por considerar

- Análisis de ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida es una técnica fundamental para evaluar el impacto ambiental de un proceso desde su inicio hasta su finalización, en el proyecto incluiría la extracción y separación de los residuos orgánicos y su posterior uso en la cocina de la concesionaria Gutza. Esta herramienta nos permitirá identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias para reducir el impacto ambiental del proyecto, asimismo, esta herramienta sería favorable al momento de realizar el subcapítulo de mejora en la gestión de residuos.

Después de haber identificado los efectos más significativos en cada etapa del ciclo de vida del producto, mediante esta metodología, se facilitará la evaluación de diferentes alternativas de mejora y la incorporación de criterios en las estrategias en términos

ambientales, asimismo, se podrá tener una sólida identificación de mejoras del desempeño en las fases de desarrollo y diseño (Prisma, 2021).

- **Análisis de costo-beneficio**

Es una técnica fundamental para evaluar y analizar las decisiones de un proyecto en términos económicos, sociales y ambientales. Su objetivo principal es identificar los costos y beneficios netos de una acción. Asimismo, esta técnica puede ser implementada para el capítulo que abarca el análisis económico y financiero.

En el caso específico de este proyecto, el análisis de costo-beneficio será especialmente relevante para evaluar la rentabilidad económica de la implementación del biodigestor en la cafetería Gutza en el capítulo de análisis económico y financiero. Además, para lograr la reducción de gastos a largo plazo, será necesario considerar y proyectar los costos y beneficios futuros de la inversión.

El análisis de costo-beneficio permitirá determinar si una inversión es viable o no para el proyecto, además, facilita la gestión financiera a través de hojas de cálculo las cuales se basan en datos concretos (Análisis de Costo-Beneficio, s.f.).

- **Análisis de riesgos**

Es una técnica que permitirá identificar, evaluar y gestionar los riesgos asociados con nuestro proyecto. Es utilizado para identificar los riesgos potenciales, evaluar su probabilidad y severidad, y finalmente determinar un responsable del riesgo y medidas de mitigación para minimizar o evitar cualquier impacto negativo.

Esta herramienta de prevención ayudará a pronosticar, prever y evaluar las amenazas que podrían afectar al rendimiento de un proceso o actividad del proyecto, con el objetivo de tener un plan de acción anticipado. Asimismo, promueve una mayor confianza entre los participantes al garantizar que las decisiones y acciones a tomar se basan en una evaluación cuidadosa de los riesgos, lo que aumenta la certeza en la toma de decisiones finales (Santos, 2022).

Un ejemplo claro de análisis de riesgos es el análisis de la raíz de la causa, el cual se enfocaría en la identificación de las causas fundamentales de diversos problemas, durante el proceso de implementación del biodigestor, y en el control de calidad. Del mismo modo, ayuda a detectar y corregir las causas iniciales de las posibles dificultades para prevenir su recurrencia en el futuro.

Complementando la información anterior, cabe recalcar que esta herramienta se podrá usar a lo largo del proyecto, debido a que tal como se menciona, permite identificar aquellos riesgos potenciales que tengan un impacto tanto positivo como negativo.

- **Análisis de decisiones multicriterio**

Este instrumento permitirá comparar y evaluar diferentes alternativas para el manejo de residuos, considerando diversos criterios como la eficiencia, la sostenibilidad, la viabilidad técnica y económica, entre otros.

Mediante el uso de este análisis se podrá facilitar la selección de múltiples soluciones a un problema determinado utilizando diferentes criterios, logrando llegar a una o varias soluciones óptimas tras una observación y evaluación de estas opciones.

A través de esta herramienta, se podrán simplificar situaciones complejas, usar amplias metodologías concretas, podremos basarnos en criterios o ponderaciones y realizar una valoración entre los elementos a partir de variables establecidas anteriormente (Valladares, 2022).

Del mismo modo, complementando a la primera herramienta mencionada en este conjunto de técnicas, esta misma podría facilitar el desarrollo del subcapítulo de mejora en la gestión de residuos debido a las ventajas que esta posee.

Herramientas por considerar

- **Inferencia estadística y estimación**

La inferencia estadística es la técnica que se utiliza para obtener conclusiones sobre una población basándose en información recopilada de una muestra representativa. En otras palabras, se utiliza para hacer estimaciones sobre una población en base a la información de una muestra.

En el caso de la estimación de la masa de residuos orgánicos generados en la cafetería, se utilizará la inferencia estadística para obtener una estimación precisa del promedio de masa de residuos orgánicos generados por día en la cafetería. Para ello, se tomará una muestra representativa de la población (es decir, de la totalidad de los residuos generados en la cafetería) y se medirá la masa de dicha muestra durante un período de tiempo determinado. A partir de los datos recopilados, se podrá calcular el promedio de masa de residuos orgánicos generados por día, así como la desviación estándar y otros estadísticos importantes.

Luego, utilizando la inferencia estadística, se podrá hacer una estimación del promedio de masa de residuos orgánicos generados en la cafetería en un día específico o en un período de tiempo determinado.

De esta manera, la inferencia estadística puede ayudar a tomar decisiones más informadas sobre la capacidad del biodigestor que se sugerirá.

Es importante tener en cuenta que la estimación como herramienta de la inferencia estadística requiere una muestra aleatoria representativa para producir resultados precisos y confiables, debido a que esto garantiza que la muestra sea una buena representación de la población completa.

Esta herramienta resulta importante para el capítulo de diseño del proceso, debido a que se inicia con la determinación de la capacidad de residuos que ingresan al biodigestor, los cuales son determinados tanto con las mediciones como con lo anterior.

- Balance de materia y energía

Resulta esencial para el análisis de los flujos de materiales en un sistema cerrado, tal como ocurre en el proceso de conversión de residuos orgánicos en biogás mediante un biodigestor. Esta herramienta es útil para el seguimiento detallado de los flujos de entrada y salida de materia y energía, permitiendo identificar pérdidas o ganancias de estas mismas en el proceso. De esta manera, se pueden determinar las eficiencias del sistema y detectar posibles problemas en la producción de biogás, lo que es fundamental para asegurar una producción óptima y sostenible en el tiempo. Además, permite realizar mejoras continuas en el proceso y garantizar una gestión adecuada de los residuos orgánicos generados en la cafetería Gutza de la Universidad de Piura.

Los balances de materia se fundamentan en la ley de conservación de la materia y la energía, la cual indica que debe ser aplicada al conjunto de ambas y no a cada una por separado, el cual establece que la cantidad total de masa en un sistema cerrado se mantiene constante a lo largo del tiempo, a excepción de situaciones que involucren reacciones nucleares o atómicas donde la materia es convertida en energía (Balances de Materia y Energía, s.f.).

Dentro del proyecto, el balance de materia juega un papel fundamental en la gestión de residuos, ya que permite calcular con precisión la cantidad de residuos orgánicos que se ingresan al sistema y la cantidad de biogás que se produce como resultado del proceso de digestión anaerobia. Este balance también es una herramienta efectiva para monitorear y controlar el proceso de digestión anaerobia, asegurando que se lleve a cabo de manera óptima y se alcancen los objetivos establecidos. La eficiencia del proceso es crucial en proyectos de gestión de residuos, ya que puede tener un impacto significativo en la cantidad de biogás producido y en la calidad del biofertilizante generado. Por lo tanto, es una herramienta esencial para garantizar el éxito del proyecto y promover prácticas sostenibles en la cafetería Gutza de la Universidad de Piura. Es importante rescatar que, mediante esta herramienta, se podrá tener una gestión más eficiente del proceso y una mejor toma de decisiones en cuanto a la generación de energía renovable.

Del mismo modo, esta herramienta resulta primordial para el diseño del proceso, específicamente para el capítulo de balance de materiales, la cual como se mencionó anteriormente, nos ayudará a determinar la cantidad de residuos orgánicos que ingresan y salen del biodigestor junto a la información que se logre encontrar en internet.

- Manual de guía

Este documento proporcionará información detallada y clara sobre cómo llevar a cabo un proceso o tarea específica. Este tipo de herramienta puede ayudar a los empleados a entender cómo utilizar adecuadamente el biodigestor y realizar las tareas necesarias para su correcto funcionamiento y mantenimiento.

Mediante esta herramienta se logrará reducir el riesgo de errores o malas interpretaciones, asimismo, puede ser una herramienta valiosa para la capacitación de nuevos usuarios o trabajadores.

En el caso del sistema, un manual de guía podría incluir información sobre el montaje del equipo, los procedimientos de operación, las pautas para la alimentación del equipo y la recolección del biogás producido, y las recomendaciones para el mantenimiento y limpieza de este mismo.

Es importante mencionar que este manual tendrá que ser claro y conciso, para que los usuarios puedan entender fácilmente cómo utilizar el biodigestor, del mismo modo, no es suficiente por sí solo para garantizar el éxito del proyecto, debido a que se necesitan otros recursos y herramientas como capacitación y soporte técnico, para garantizar que funcione de manera efectiva y sostenible a largo plazo.

Esta herramienta es parte del capítulo de ingeniería del proyecto, el cual es mencionado en el subcapítulo de maquinaria y equipos, del mismo modo, mediante esta se puede obtener información de datos entrantes y salientes del biodigestor, siendo clave para el subcapítulo de balance de materiales.

- Diagrama de Ishikawa

Esta herramienta gráfica de causa-efecto permitirá identificar las posibles causas de un problema específico, asimismo, ayudará a visualizar las diferentes causas y subcausas que podrían estar afectando al problema, de manera que se pueden abordar de manera estructurada y se pueden identificar soluciones efectivas (Martínez Ferreira, s.f.).

Consiste en una línea central que representa el problema principal, y ramas que salen de ella que representan las categorías de posibles causas. Estas categorías pueden variar según el tipo de problema, pero suelen ser cosas como personas, procesos, materiales, ambiente, entre otras. Cada categoría tiene subcategorías específicas que se desglosan aún más en las posibles causas (Martínez Ferreira, s.f.).

En el contexto del proyecto, la utilización del diagrama de Ishikawa es una herramienta útil para identificar posibles causas de problemas que puedan surgir durante el proceso de producción de biogás. Si la producción de biogás no cumple con las expectativas, el diagrama de Ishikawa puede ayudar a identificar las posibles causas de esta situación, tales como la calidad de los residuos orgánicos, el tiempo de retención hidráulica, el control de temperatura,

entre otros factores. Al identificar cada posible causa de manera individual, se pueden implementar soluciones específicas para mejorar la eficiencia del proceso.

Complementariamente, esta herramienta podría ser útil para el capítulo de preparación organizativa, durante el desarrollo de la mejora en la gestión de residuos, mediante la cual se enfocaría el problema principal de la separación de residuos y sus posibles causas.

4.6 Metodología del análisis económico y financiero

Con la metodología del análisis económico y financiero, se busca saber que tan rentable es el proyecto. Por ello, se necesitarán técnicas para el cálculo de los costos iniciales como el costo de adquisición y el costo de implementación. Después, se calculará el presupuesto de inversión y ahorro. También, se utilizarán indicadores de rentabilidad como el VAN Y TIR para evaluar la viabilidad y rentabilidad del proyecto, y finalmente se dará a saber el periodo de recuperación del capital.

Técnicas e indicadores por considerar

- Costo de adquisición e implementación, hace referencia tanto al costo de adquisición del biodigestor como el de otros equipos necesarios, así como el costo de implementación de estos mismos.
- Presupuesto de inversión y ahorro, el presupuesto de inversión hace referencia al dinero invertido inicialmente en el proyecto, y el ahorro se refiere a la cantidad de dinero que dejará de gastar el inversionista en gas que actualmente se usa en Gutza gracias al biogás que producirá el biodigestor.
- VAN, el valor actual neto, el cual hace referencia a los flujos de caja estimados llevados al presente a cierta tasa de descuento, es decir, cuanto es la ganancia adicional al final del proyecto después de restar la inversión inicial y egresos, que el inversionista obtiene por el proyecto (Tresierra, 2012).
- Se halla de la siguiente manera:

$$VAN = -Inv. + \frac{Flujo_1}{(1+i)} + \frac{Flujo_2}{(1+i)^2} + \frac{Flujo_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Flujo_n}{(1+i)^n}$$

Siendo:

i = Tasa de descuento

$Flujo_n$ = Flujos netos del periodo

$Inv.$ = Inversión Inicial

Además, existen criterios de decisión dependiendo del van calculado:

$VAN > 0$, indica que es recomendable invertir en el proyecto, ya que vas a ganar dinero.

$VAN = 0$, indica que es indiferente invertir en el proyecto porque no vas a ganar ni perder dinero.

$VAN < 0$, no es recomendable invertir en el proyecto, ya que vas a perder dinero.

- TIR, la tasa interna de retorno, indica la rentabilidad promedio periódica que generan los fondos invertidos en el proyecto (Tresierra, 2012).

Se halla de la siguiente manera:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Flujo_n}{(1+i)^T} = 0$$

Siendo:

i = Tasa de descuento

$Flujo_n$ = Flujos netos del periodo

Así como en el VAN, la TIR también tiene criterios de decisión según lo calculado:

$TIR > i$, indica que es recomendable invertir en el proyecto debido que la rentabilidad del proyecto es mayor a la tasa de descuento.

$TIR = i$, indica que es indiferente invertir en el proyecto porque no vas a ganar ni perder dinero.

$TIR < i$, no es recomendable invertir en el proyecto debido que la rentabilidad del proyecto es menor a la tasa de descuento.

- Periodo de recuperación de capital, con el cálculo del VAN Y TIR anteriormente mencionados, se va a poder saber en cuanto tiempo el inversionista va a poder o no recuperar el capital invertido en el proyecto.

Cabe destacar que estos indicadores tienen ventajas y desventajas, por lo tanto, es importante que la persona que invierta en este proyecto, en nuestro caso el Sr. Luis Cragg, deba utilizar al menos dos de estos indicadores mencionados para tomar una decisión adecuada respecto al proyecto evaluado.

Capítulo 5

Ingeniería del proyecto

En el presente capítulo se describe el diseño del proceso para la separación de residuos orgánicos y su aprovechamiento en un biodigestor en la cafetería Gutza de la Universidad de Piura. Se estima la capacidad de residuos orgánicos para determinar la cantidad generada a diario en la concesionaria y la capacidad necesaria del biodigestor.

A continuación, se realiza un balance de materiales para obtener los flujos de materiales en el biodigestor. Se analizan las cantidades entrantes y salientes del sistema, así como los parámetros del diseño necesarios para el correcto funcionamiento del biodigestor.

Finalmente, se evalúa la maquinaria y equipo necesarios para la implementación del biodigestor y se selecciona la opción más adecuada para el proyecto según los resultados obtenidos.

5.1 Diseño del proceso

Para realizar la propuesta de plan tanto para la separación de residuos orgánicos como su aprovechamiento en un biodigestor en la concesionaria de la Universidad de Piura, es fundamental conocer la capacidad de los residuos que se generarán en esta misma para poder seleccionar un biodigestor adecuado, efectivo y fácil de manejar para los encargados de su uso.

Para medir la capacidad de estos residuos, se utilizará la herramienta de inferencia estadística y estimación, la cual permite obtener una estimación del promedio de masa de residuos orgánicos generados por día en la cafetería a partir de una muestra representativa.

La inferencia estadística es una técnica utilizada para hacer estimaciones sobre una población en base a la información de una muestra. En el caso de este proyecto, se tomará una muestra representativa de la totalidad de los residuos generados en la cafetería entre su hora de apertura y las 3:30 de la tarde. A partir de los datos recopilados, se podrá calcular el promedio de masa de residuos orgánicos generados por día y otros estadísticos importantes.

Cabe resaltar que la precisión de la estimación dependerá de la selección de una muestra aleatoria representativa, lo cual garantiza que la muestra sea una buena representación de la población completa.

5.1.1 Capacidad de residuos

Es importante tener en cuenta que la generación de residuos orgánicos en la concesionaria puede estar influenciada por diversos factores, como la cantidad de personas que asisten a la cafetería, el tipo de alimentos servidos y la temporada del año, asimismo, la existencia de residuos plásticos los cuales no son excluidos tras su separación diaria. Por esta razón, es fundamental que la muestra de residuos que se seleccione sea lo suficientemente grande y representativa para cubrir estas variaciones y obtener una estimación precisa de su capacidad.

Resultados obtenidos

Sabiendo la importancia de pesar la cantidad de residuos orgánicos generados para poder determinar la capacidad necesaria del biodigestor, se realizaron unas mediciones a través del pesaje de estos mismos durante un periodo de dos semanas, excluyendo tanto feriados como los sábados y domingos, con el fin de obtener una estimación precisa de la cantidad de residuos orgánicos generados por día en la cafetería. La información recopilada, mostrada en la Tabla 4, permitirá tomar decisiones informadas y ajustar la capacidad del biodigestor según los datos reales de generación de residuos.

Fueron utilizadas dos herramientas para realizar el pesaje, una balanza digital, que nos brindó los datos de los pesos de los residuos orgánicos, y una caja plástica cárnica, en la cual colocamos las bolsas de basura con los residuos respectivos. Es importante mencionar que estos mismos eran previamente separados, asimismo, había una ligera presencia de residuos plásticos debido a la mala gestión de residuos, las cuales fueron descontadas al peso final. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, y substrayendo el peso de la caja plástica, se obtuvieron los resultados siguientes.

Tabla 4. Medición de la cantidad de residuos orgánicos en la concesionaria Gutza

Fecha	Semana	Peso en kilogramos
24 de abril de 2023	1	17,3
25 de abril de 2023	1	20,0
26 de abril de 2023	1	22,5
27 de abril de 2023	1	36,6
28 de abril de 2023	1	40,6
02 de mayo de 2023	2	24,7
03 de mayo de 2023	2	22,3
04 de mayo de 2023	2	24,6
05 de mayo de 2023	2	27,9

Estimación e interpretación de resultados

Para la estimación de la cantidad de residuos necesarios para el biodigestor, a partir de los resultados obtenidos, se puede calcular la media aritmética de los pesos registrados durante ambas semanas.

En este caso, la suma total de los pesos registrados en la Tabla 4 es de 236,5 kilogramos, y al descontar los días de fin de semana y feriados, se obtiene un promedio diario de 26,3 kilogramos. Sin embargo, teniendo conocimiento previo de que el personal hace uso de una porción de los residuos orgánicos, manejaremos el 50% de la estimación total, valor que se utilizará para la evaluación final.

A partir de esta estimación, se puede determinar la capacidad que debe tener el biodigestor para procesar dicha cantidad de residuos orgánicos. Es importante tener en cuenta que esta capacidad debe ser mayor a la cantidad estimada para tener un margen de seguridad y evitar posibles problemas de sobrecarga del sistema.

Es recomendable utilizar la mayoría de los datos disponibles para obtener una estimación más precisa de la capacidad del biodigestor. Sin embargo, si hay valores atípicos o datos que no son representativos, es posible que sea necesario excluirlos para obtener un resultado más preciso.

Con los resultados obtenidos se puede observar que la cantidad de residuos generados en la cafetería es significativa y representa una oportunidad potencial para el aprovechamiento de estos mismos a través del biodigestor. Del mismo modo, la medición periódica de la cantidad de residuos generados permitirá monitorear el desempeño del sistema y realizar ajustes posibles y necesarios en el futuro.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se puede utilizar el 80% de los datos para estimar la capacidad del biodigestor si se considera que los datos son representativos y no hay valores atípicos. Asimismo, es importante analizar de manera cuidadosa los datos obtenidos y tener en cuenta los factores que puedan influir en la precisión de la estimación antes de tomar una decisión final sobre la capacidad del biodigestor.

Finalmente, teniendo como dato referencia lo hallado con anterioridad, se procede a realizar el balance de materiales, con el cual se detallarán tanto los flujos de entrada como de salida.

Limitaciones de capacidad

Debido a las condiciones presentes por la disponibilidad de espacio, se procederá posteriormente a limitar la capacidad entrante al biodigestor, esperando contar con la mayor parte de estos mismos para permitir un aprovechamiento adecuado en este sistema, del mismo modo, se espera cumplir a futuro con las indicaciones adjuntadas en el manual de biogás del biodigestor que se seleccionará.

5.1.2 Balance de materiales

El balance de materiales es un análisis importante en cualquier proceso industrial, el cual consiste en una evaluación cuantitativa de los flujos de materiales que ingresan y salen de un sistema. Del mismo modo, también son esenciales en el diseño de equipos utilizados en procesos diversos, en el caso de nuestro proyecto el del biodigestor a seleccionar más adelante, con el fin de evitar impactos negativos en el medio ambiente (Van De Putte Medina, 2011).

Los flujos de materiales dentro del sistema pueden considerarse como parte de un proceso industrial, debido a que involucran la transformación de materiales para producir un producto útil, en este caso tanto biogás como fertilizante orgánico. Asimismo, el biodigestor elegido en el siguiente subcapítulo puede ser considerado como una planta de tratamiento, clasificándolo como un proceso industrial de gestión de residuos.

El objetivo principal del balance de materiales es determinar la cantidad de materiales que se utiliza, se genera y se descarta durante un proceso en particular. En el caso actual del proyecto, el balance se enfocará en los flujos de materiales participantes en el biodigestor, y la cantidad de GLP de cocina ahorrado.

Para realizar el balance de materiales se han obtenido datos de las especificaciones técnicas del manual del biodigestor, los cuales se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Flujos de entrada y salida del biodigestor

Material	Volumen (L)
Input diario	
Residuos de cocina	12
Estiércol	25
Agua	50
Output diario	
Biogás	1200
Fertilizante	75

Con estos flujos se puede calcular la cantidad de residuos necesarios para la producción de los 1 200 litros de biogás que tiene como capacidad máxima el biodigestor, y se obtiene el volumen estimado de biofertilizante producido. Para obtener la cantidad de residuos de cocina (en peso) necesarios, se usa una densidad aproximada de los mismos, obtenida de (Peralta Talledo, 2017), que realizó un trabajo similar con residuos de la misma naturaleza. De este trabajo de investigación se puede recopilar el dato de la densidad de los residuos, 0,593 kg/L.

Por otro lado, es necesario conocer la densidad del biogás generado, este dato fue obtenido de datos experimentales de un trabajo de investigación de (Garfi, Ferrer Martí, Velo, & Ferrer, 2012) en el cual, se obtienen una densidad de 1,22 kg/m³ de biogás.

Además, se requiere del dato de poderes caloríficos de ambos gases, de manera que se pueda establecer una relación entre ambos gases en términos de densidad energética. Según (Jaimovich, y otros, 2015) el poder calorífico del biogás se encuentra alrededor de las 6 000 kCal/m³. Mientras que (Peralta Talledo, 2017) especifica que el poder calorífico del GLP doméstico es de aproximadamente 10 982,79 kCal/kg de GLP.

Finalmente, en el caso específico de la concesionaria Gutza, se utilizará el promedio de la masa de residuos orgánicos generados por día, calculado en el subcapítulo anterior, para poder estimar la máxima cantidad de residuos disponibles para ser utilizados durante el funcionamiento del biodigestor.

Con los datos necesarios ya recopilados se procede a realizar los cálculos de entrada y salida. Se detallan en la Tabla 6 los flujos de entrada al biodigestor, y en la Tabla 7 los flujos de salida del biodigestor. En la Tabla 8 los datos de densidad ya mencionados anteriormente, y finalmente en la Tabla 9 los datos y cálculos necesarios para obtener el ahorro de GLP doméstico.

Tabla 6. Flujo másico de entrada al biodigestor

Material	Volumen (m3)	Masa (kg)
Residuos	0,012	7,116
Estiércol	0,025	25,225
Agua	0,05	50

Tabla 7. Flujo másico de salida del biodigestor

Producto	Volumen (m3)	Masa (kg)
Biogás	1,2	1,464
Fertilizante	0,075	80,877

Tabla 8. Densidad de flujos

Material	Densidad
Residuos	0,593 kg/L
Biogás	1,22 kg/m3
Agua	1 g/ml
Estiércol	1 009 kg/m3

Tabla 9. Ahorro de GLP doméstico

Descripción	Resultado
Peso promedio de residuos de cocina	26,3 kg
Consumo semanal de GLP doméstico	45 kg
Consumo diario de gas	9 kg
Poder calorífico del GLP doméstico	10 982,79 kcal/kg GLP
Poder calorífico del Biogás (en términos de volumen)	6 000 kcal/m ³ biogás
Poder calorífico del biogás (en términos de masa)	4 918,03 kcal/kg biogás
Equivalencia kg de biogás a kg de GLP doméstico	2,23 kg biogás/kg GLP
Biogás diario para abastecer toda la cocina	20,10 kg biogás
Biogás diario para faltante para abastecer toda la cocina	18,63 kg biogás
Equivalencia de biogás faltante a GLP doméstico	8,34 kg GLP
Ahorro diario de GLP doméstico	0,66 kg GLP
Ahorro semanal de GLP doméstico	3,28 kg GLP
Ahorro mensual de GLP doméstico	14,75 kg GLP
Ahorro anual de GLP doméstico	88,50 kg GLP
Costo de kg de GLP doméstico	5,56 soles por kg GLP
Ahorro monetario de GLP doméstico	491,68 soles/año

Los resultados muestran un ahorro de 88,50 kg de GLP al año, y en términos monetarios S/491,68 anuales. En el capítulo 5 se discutirá la viabilidad económica y financiera de este ahorro.

Cabe mencionar que el tiempo de retención hidráulica es un importante factor a tomar en cuenta, y que influye en la cantidad de biogás producido. Este tiempo de retención debe ser entre una a tres semanas en una alimentación continua de estiércol durante el arranque, y posteriormente dos semanas de alimentación periódica de residuos de cocina, posterior a estas cinco semanas el sistema puede usarse con normalidad (HomeBiogas, 2021).

5.1.3 Maquinaria y equipos

En esta sección se evaluarán las condiciones de funcionamiento que debe cumplir el biodigestor seleccionado para su funcionamiento.

Elección del biodigestor

Debido a las limitaciones de espacio destinado a la instalación del biodigestor de 8m² (4m x 2m), la elección del biodigestor se ha limitado a una única opción, específicamente el

biodigestor HomeBiogas 4 de la empresa HomeBiogas. Este biodigestor cumple con las especificaciones detalladas en la Tabla 10, y es idóneo para el contexto universitario en el que se desenvuelve la cafetería.

Tabla 10. Resumen de valores del biodigestor de marca HomeBiogas 4

Característica	Dimensiones	Unidad
Dimensiones del sistema	300x150x135	Centímetros
Volumen del tanque para gas	1200	Litros
Volumen del tanque del biodigestor	2650	Litros
Cantidad máxima diaria de residuos de cocina	0 a 12	Litros
Cantidad máxima diaria de estiércol animal	25 (Estiércol) 50 (Agua)	Litros
Tiempo de cocción de estufa (doble quemador)	0 a 3	Horas/día
Precio	1141	Dólares

Nota. Adaptado de Homebiogas (2021).

A continuación, se muestra la Figura 1 del sistema seleccionado que se podrá implementar en el espacio cedido.

Figura 1. Biodigestor HomeBiogas 4



Nota. Adaptada de Homebiogas (2023).

Finalmente, el biodigestor viene complementado con una cantidad de accesorios expuesto en la Tabla 11, los cuales podrían ser beneficiosos para la concesionaria, debido a sus diversas funciones.

Tabla 11. Componentes del biodigestor de marca HomeBiogas 4

Ítem	Componentes	Cantidad	Dimensiones	Unidad
1	Estufa de biogás de doble hornilla	1	No especifica	Unidad
2	Tubería de Gas	2	14 y 3	Metros
3	Filtro de Gas	1	No especifica	Unidad
4	Un fregadero de entrada con un émbolo	1	No especifica	Unidad
5	Salida combinada de fertilizante y biogás	1	No especifica	Unidad
6	Manual y video guía	1	No especifica	Unidad

Nota. Adaptado de HomeBiogas (2023).

5.2 Preparación organizativa

A continuación, se describe el proceso actual de la separación de residuos de la cafetería, y su propuesta de mejora para la implementación del biodigestor.

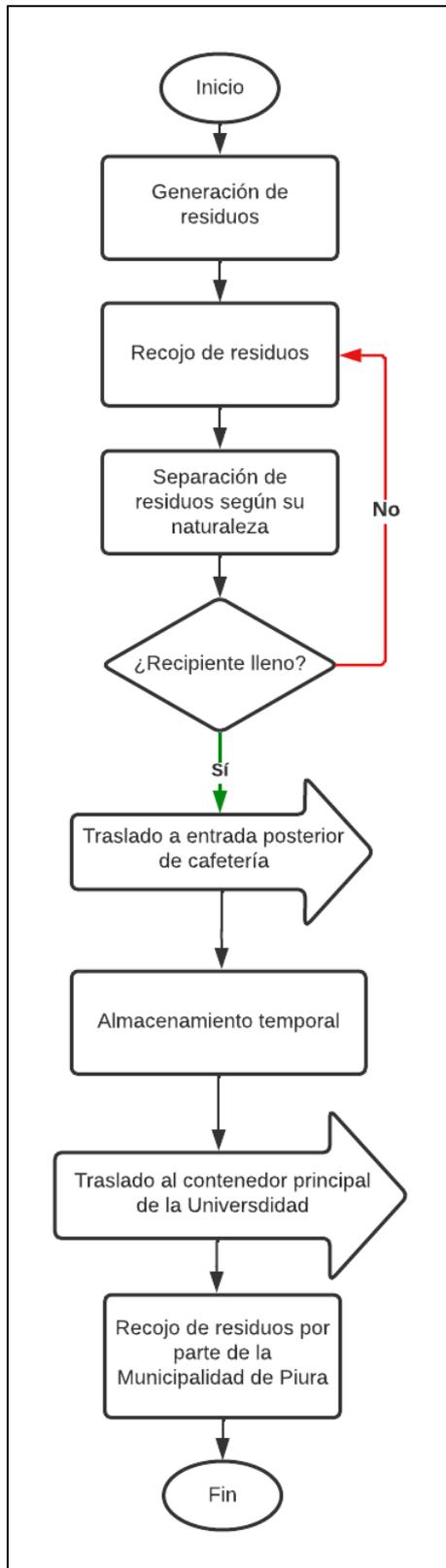
5.2.1 Mejora en la gestión de residuos

La gestión actual de residuos en la cafetería Gutza se limita a una separación básica de residuos en dos depósitos, según la naturaleza de estos. Un depósito es usado para los residuos orgánicos, los cuales provienen de los restos de alimentos sobrantes de los desayunos y almuerzos que se ponen a la venta, además de los residuos provenientes de la cocina. El otro depósito es usado para los residuos inorgánicos como envases de comida, botellas de plástico, vasos descartables, etc. Al final del día, todos los residuos son transportados hasta la puerta principal de la Universidad de Piura para su posterior recolección por parte de la Municipalidad de Piura.

El diagrama de flujo que se visualizará en la Figura 2 tiene como objetivo representar de manera clara el proceso actual de gestión de residuos en Gutza. Este diagrama nos permite comprender paso a paso cómo se manejan los residuos generados, desde su origen hasta su disposición final. Es una herramienta poderosa para identificar y analizar el flujo de los residuos dentro del establecimiento.

Nos brinda una visión general de las actividades y decisiones que se llevan a cabo en cada etapa del proceso, permitiéndonos evaluar su eficiencia, con el fin de poder identificar posibles áreas de mejora y proponer soluciones más efectivas.

Figura 2. Diagrama de flujo de la gestión actual de residuos



Resulta imprescindible adoptar medidas más eficientes para mejorar la gestión de residuos en nuestra región. En este sentido, Gutza, se presenta como un espacio en el que se pueden implementar acciones más efectivas para impulsar una buena gestión ambiental.

Nuestra primera propuesta se enfoca en optimizar y agilizar el proceso de separación de residuos. De acuerdo con la situación actual, se emplean solamente dos depósitos para la clasificación de desechos: plásticos y residuos orgánicos.

Una medida para optimizar y agilizar el proceso de separación de residuos consiste en adquirir un contenedor de 360 litros y ubicarlo en la parte trasera de la cafetería Gutza. De esta manera, se podrán separar de forma individual las bolsas de residuos orgánicos generadas a lo largo del día, dado que son una mayor cantidad diaria generada en comparación con los residuos inorgánicos. Esta medida contribuirá significativamente a optimizar la distribución de los residuos, evitando la aparición de olores desagradables y el riesgo de contaminación. Por último, se evitarán posibles problemas relacionados con la selección incorrecta del tipo de basura destinado a ser utilizado en la operación del biodigestor, ya que actualmente cada vez que se termina de llenar la bolsa con residuos de un depósito, se procede a colocar esa bolsa en la parte posterior de la cafetería, generando desorden y contaminación en el patio de la cafetería.

En resumen, la propuesta garantizará una gestión más eficiente y reducirá la probabilidad de pérdida de tiempo y esfuerzo asociada con la clasificación errónea de los desechos, asimismo ayudará a un funcionamiento adecuado en el uso y operación del biodigestor.

Figura 3. Depósito actual



Figura 4. Contenedor propuesto

5.2.2 Layout del espacio

Se describe la disposición y organización de las áreas de la cafetería, con énfasis en las adiciones significativas a un diseño existente. Se busca proporcionar una visión clara de cómo se han estructurado y ordenado las tres zonas adicionales incorporadas estratégicamente al área preexistente. Esto permite comprender la lógica y funcionalidad de estas adiciones y su integración al diseño general del espacio.

Aunque el proceso de obtener el *layout* no sea estrictamente necesario, se ha decidido llevarlo a cabo para una visualización más clara de las nuevas zonas propuestas en relación con las áreas existentes de la cafetería. La Tabla 14 menciona las áreas existentes, mientras que “Cocina HomeBiogas”, “Área de recolección” y “Área de biodigestión” son las zonas propuestas. Al incluirlas en el diagrama, se logrará identificar su ubicación con mayor precisión.

En la Tabla 15 se ha establecido una simbología específica y colores correspondientes para representar las diferentes zonas en el diagrama de interrelaciones. Estas zonas, que corresponden a las áreas de la cafetería, se describen en detalle en la Tabla 16. Esta representación gráfica es útil para comprender la descripción del layout y facilitar la visualización de la relación entre las diferentes actividades y áreas que contempla el desarrollo del proyecto.

Tabla 12. Tabla de código de proximidades

CÓDIGO	PROXIMIDAD	COLOR	N.º DE LINEAS
A	Absolutamente necesario	Rojo	4 rectas
E	Especialmente necesario	Amarillo	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Normal	Azul	1 recta
U	Sin Importancia		

Tabla 15. Simbología

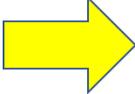
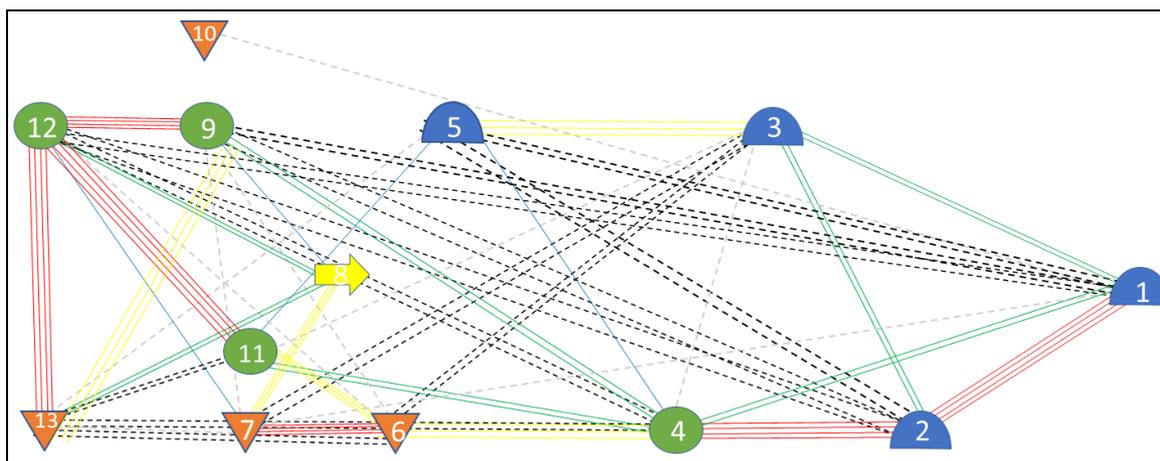
SIMBOLO	COLOR	ACTIVIDAD
	Verde	Operación
	Amarillo	Transporte
	Naranja	Almacenaje
	Azul	Servicios

Tabla 16. Simbología por área

SÍMBOLO	SECCIONES
	1. Comedor
	2. Barra
	3. Servicios Higiénicos
	4. Cocina
	5. Vestidor
	6. Despensa
	7. Almacén
	8. Patio
	9. Gas
	10. Almacén II
	11. Cocina HomeBiogas
	12. Área de Biodigestión
	13. Área de recolección de desechos

Como resultado, se presenta el diagrama de interrelaciones en la **Figura 5**.

Figura 5. Diagrama de interrelación



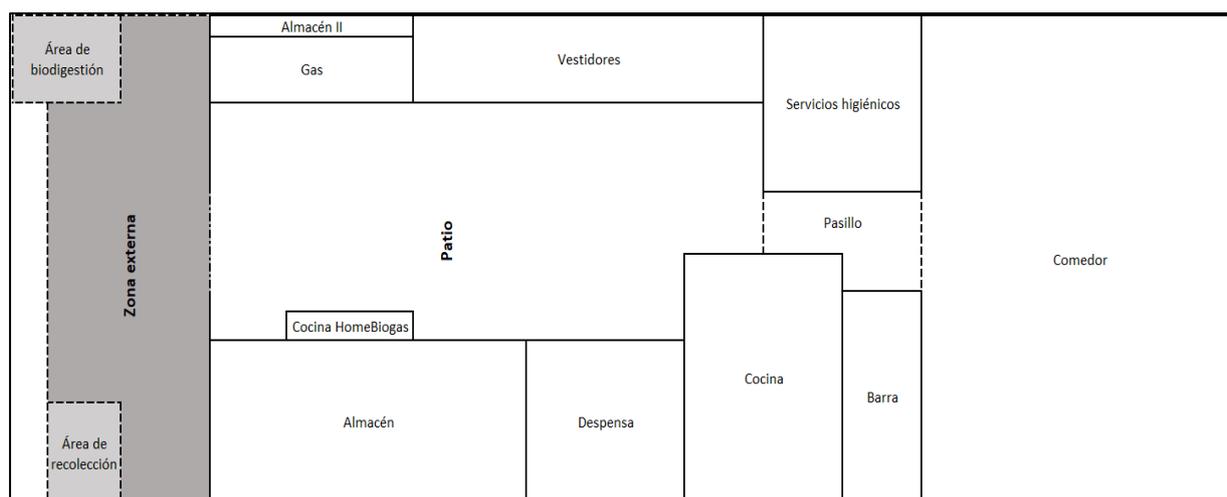
Finalmente, se muestra el diseño general de la cafetería, que cuenta con tres zonas adicionales: un espacio destinado para la colocación del contenedor de basura, un área específica para el equipo utilizado en el proceso de biodigestión y una sección dedicada a la ubicación de la cocina *Homebiogas*, donde se aprovechará el biogás para llevar a cabo actividades de repostería de forma específica.

La primera zona adicional es de recolección que está destinada a albergar el contenedor de recolección de basura, es decir, residuos orgánicos que utilizará específicamente el biodigestor. Ubicado estratégicamente, facilitará el proceso de separación de residuos destinados al equipo y contribuirán a mantener un ambiente limpio y ordenado en la cafetería.

La segunda zona adicional es de biodigestión que será dedicada a dicho proceso, donde se instalará el equipo necesario para llevar a cabo el tratamiento de los residuos orgánicos. Este proceso permitirá la generación de biogás, aprovechando de manera sostenible los desechos orgánicos y reduciendo así la huella ambiental de la cafetería, así como los costos generados por la adquisición mensual de gas.

La tercera zona adicional es donde se ubicará la cocina *HomeBiogas*, donde se realizarán actividades específicas como repostería. Hasta este punto llegarán las redes de tuberías de gas desde la zona de biodigestión. Asimismo, en esta área se realizará un acondicionamiento adecuado que permita la preparación de alimentos. Por ello, en esta zona se ha considerado un aprovisionamiento tipo lindero para delimitar el espacio y garantizar seguridad, higiene y accesibilidad necesarias para proporcionar un entorno de trabajo óptimo para el personal de la cafetería. Se utilizarán materiales anti inflamables para construir y acondicionar la zona, con el objetivo de minimizar el riesgo de incendios y asegurar un ambiente seguro para el funcionamiento del equipo.

Figura 6. Layout



5.2.3 Red de tuberías de gas

La configuración actual de la red de tubería de gas tiene su punto de partida en el almacén de gas, ubicado en la parte posterior de Gutza, donde se encuentran los balones empleados por la cocina de la cafetería. Actualmente, se dispone de espacio para la distribución de tres balones de gas, pero solo dos de ellos se encuentran colocados y en operación.

En dicho almacén de gas, se tiene instalado un manómetro que permite evaluar la presión del gas. Esta medida de control es importante dado que asegura un suministro adecuado y seguro.

Los galones de gas están conectados directamente a la red de tuberías que se extiende por todo el techo de la cafetería. Estas tuberías, a su vez están equipadas con un sistema de válvulas que pueden ser manipuladas en algunos equipos dentro de la cocina. Estas válvulas permiten controlar y regular el flujo de gas en los distintos utensilios e instrumentos de cocina que lo requieran.

Según los datos proporcionados por la cafetería Gutza, se estima que la demanda mensual de la cafetería requiere de tres a cuatro balones de gas de 45 kg cada uno, para cubrir sus operaciones de funcionamiento.

Realizado un análisis técnico, se pudo llegar a la conclusión de que implementar un sistema de conexión independiente a la red de tuberías de gas actual sería la mejor alternativa. El biodigestor seleccionado cuenta con una estufa de biogás de doble hornilla, una tubería de gas de 14 metros, un filtro de gas, una tubería de entrada de agua con un émbolo, una salida para el fertilizante y gas, por último, una guía detallada impresa y un video guía para la instalación.

Figura 7. Estufa de biogás de doble hornilla



Figura 8. Tubería de gas



Figura 9. Filtro de gas



Figura 10. Tubería de entrada de agua con émbolo



Figura 11. Salida para fertilizante y gas

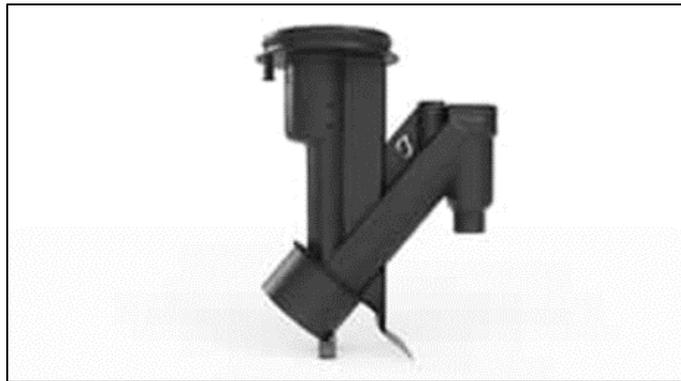


Figura 12. Guía detallada impresa y video guía



5.2.4 Identificación de las responsabilidades

La identificación de responsabilidades asegura un funcionamiento eficiente de las operaciones diarias, un adecuado flujo de trabajo y una distribución equitativa de las tareas.

El objetivo es establecer una estructura clara de responsabilidades, asegurando la colaboración entre los miembros que integren el sistema. Por lo tanto, se llevará a cabo un análisis de las responsabilidades operativas y administrativas, así como de las habilidades necesarias tanto dentro del equipo de la cafetería como en colaboradores externos. Esto permitirá detallar de manera precisa las funciones y tareas que corresponden a cada miembro del equipo, asegurando que estén alineadas con los objetivos del proyecto.

La implementación del biodigestor en la cafetería Gutza implica asignar responsabilidades específicas tanto al dueño como a algunos de los trabajadores, con el fin de promover el desarrollo de las actividades necesarias para lograr el éxito de las operaciones. Estas responsabilidades incluyen:

- Instalación del biodigestor: Esta actividad podría ser realizada por dos trabajadores asignados de la cafetería, ya que el biodigestor incluye una guía detallada que se

muestra en la Figura 12. Esto facilita su instalación y evita la necesidad de contratar a un especialista para llevar a cabo el trabajo.

- **Manejo del biodigestor:** Para llevar a cabo esta tarea, se asignará a un trabajador específico de la cafetería. Su responsabilidad será asegurar un manejo adecuado del biodigestor, lo cual implica introducir los residuos, agua y estiércol en el sistema. Además, se encargará de verificar el cumplimiento del tiempo de retención hidráulica (TRH) y de recolectar el fertilizante generado como resultado del proceso.
- **Mantenimiento:** Considerando que el mantenimiento del biodigestor se lleva a cabo cada tres meses debido al cambio de filtro, resultaría conveniente que los trabajadores de la cafetería también se encarguen de esta tarea. Como se mencionó previamente, el biodigestor cuenta con una guía detallada que facilita la realización de este mantenimiento.
- **Recolectar residuos orgánicos:** Para llevar a cabo esta actividad, se asignará a un trabajador específico de la cafetería. Será responsabilidad de este empleado recoger los residuos orgánicos generados y depositarlos en el contenedor designado. El trabajador encargado de la recolección desempeñará un papel crucial para asegurar una gestión eficiente de los residuos. Esto contribuirá a fomentar prácticas sostenibles de manejo de residuos en la cafetería.
- **Gestionar la compra diaria de estiércol:** La responsabilidad de esta actividad recae en el dueño de la cafetería, Luis Cragg. Dado que él ya se ocupa del abastecimiento de alimentos para la Gutza, así como de la gestión financiera del negocio, resulta conveniente que también se encargue de adquirir el estiércol necesario para el funcionamiento del biodigestor. Como parte de sus responsabilidades, se asegurará de gestionar la compra diaria del estiércol, garantizando un suministro constante y de calidad para el proceso de biodigestión. De esta manera, se garantiza un flujo continuo de materia prima para el biodigestor.
- **Encargado del transporte del estiércol a la cafetería Gutza:** Para esta tarea, se establecerá un acuerdo con una persona designada por el establo La Providencia, quien asumirá la responsabilidad de transportar el estiércol desde el establo hasta Gutza. Este acuerdo incluirá tanto la disponibilidad del estiércol como el servicio de transporte necesario para asegurar un suministro regular y confiable. La persona designada por el establo La Providencia se encargará de coordinar el transporte de manera eficiente y garantizar que el estiércol llegue en las condiciones adecuadas a la cafetería. Esta colaboración coordinada permitirá mantener un suministro constante y confiable de estiércol para el biodigestor.

5.2.5 Programa de mantenimiento y monitoreo

La importancia del mantenimiento adecuado y el monitoreo regular del biodigestor son aspectos fundamentales para garantizar su correcto funcionamiento, eficiencia y durabilidad a largo plazo.

El objetivo primordial de este programa es asegurar la operatividad constante del biodigestor, optimizar su rendimiento, garantizar la seguridad minimizando los riesgos asociados y cumplir con los estándares ambientales y de salud.

El sistema de biodigestor seleccionado, HomeBiogas4, ha sido elegido principalmente debido a su bajo requerimiento de mantenimiento. En lugar de un mantenimiento específico, el sistema requiere principalmente un cambio de filtro cada 3 meses.

Dado que el cambio de filtro de gas es una tarea relativamente sencilla, puede ser realizada por un miembro del equipo de la cafetería que haya recibido las instrucciones y capacitación adecuadas. Sin embargo, si se prefiere contar con la asistencia de expertos en biodigestores, se puede optar por contratar un servicio externo para llevar a cabo esta labor.

La decisión final sobre si se realizará internamente o se tercerizará el cambio de filtro dependerá de los recursos disponibles y las preferencias del dueño de la cafetería.

5.2.6 Perfil de comunicación efectiva

La comunicación eficiente desempeña un papel fundamental en el manejo óptimo de la propuesta planteada. En este contexto, la claridad en las instrucciones facilita la ejecución de las responsabilidades. Para alcanzar este objetivo, es necesario establecer un perfil de comunicación efectiva dirigido al dueño de la concesionaria, con el fin de fomentar un ambiente de colaboración dentro del equipo frente a un cambio en su entorno.

Al desarrollar el perfil se han considerado aspectos clave como:

- **Comunicación transparente sobre el cambio:** el dueño de la cafetería deberá comunicar de manera clara y transparente la introducción del nuevo equipo y su funcionamiento. Esto implica proporcionar información sobre cómo el nuevo equipo se integrará en el proceso existente y cómo se relacionarán con el equipo actual.
- **Escucha activa y empatía:** la habilidad de escuchar activamente las ideas, preocupaciones y sugerencias del equipo es esencial. Además, demostrar empatía hacia los empleados fomentará un ambiente de trabajo positivo y fortalecerá la colaboración.
- **Calidad de comunicación:** para establecer una comunicación abierta y oportuna entre el dueño de la concesionaria y los proveedores externos, es fundamental poseer habilidades sólidas de comunicación. Esto implica transmitir de forma clara las necesidades, requisitos y expectativas, así como escuchar y comprender activamente

las respuestas y propuestas del proveedor externo. Esta comunicación efectiva garantiza que ambas partes estén alineadas en los objetivos y resultados deseados.

5.3 Propuesta de ejecución

En el presente subcapítulo se plantea un cronograma tentativo para la instalación del biodigestor, y los procedimientos para la puesta en marcha de este.

5.3.1 Cronograma

Para la ejecución del proyecto, es necesario de un cronograma con las actividades en orden lógico, detallando los objetivos, y la duración de estas; además de las fechas tentativas para la ejecución.

Se debe tomar en consideración que el inicio del proceso de ejecución iniciará una vez se obtenga la aceptación de la propuesta entregada por el dueño de la cafetería a la universidad. Según juicio de expertos, se estima un aproximado de entre 3 a 6 meses de duración en el proceso de aprobación, por lo que se debe dar un seguimiento al proceso de evaluación junto con la gerencia de servicios operativos, gerencia general, y finalmente administración general.

En la Tabla 17 se presenta el cronograma propuesto.

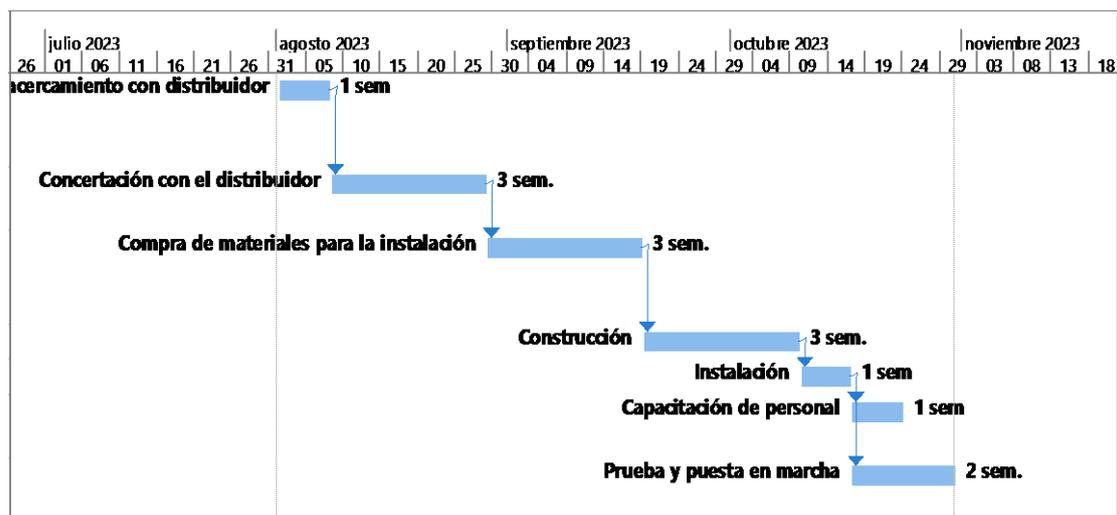
Tabla 17. Cronograma de ejecución

Actividad	Descripción	Duración	Fecha tentativa
Primer acercamiento con distribuidor (telotraigo.pe)	Etapa de planificación de compra, donde se realizan las coordinaciones pertinentes con la empresa distribuidora en Perú, telotraigo.pe, con el objetivo de conocer el proceso de compra del equipo, respuesta a dudas que el dueño de la cafetería pueda tener y obtener información sobre el servicio postventa.	1 semana	05/01/24
Concertación con el distribuidor	Se empieza con el proceso de compra y negociación para la adquisición y envío del equipo biodigestor a la ciudad de Piura.	3 semana	12/01/24
Compra de materiales para la instalación	Se realizan la compra de materiales para la adecuación del lugar de instalación y para la instalación misma	3 semanas	02/02/24

Actividad	Descripción	Duración	Fecha tentativa
Construcción	Se realiza el acondicionamiento necesario en el lugar adecuado, para la posterior instalación del equipo	3 semanas	23/02/24
Instalación	Se realiza la instalación del biodigestor	1 semana	15/03/24
Capacitación de personal	Se capacita al personal de la cafetería y se selecciona el responsable de su funcionamiento y mantenimiento	1 semana	22/03/24
Prueba y puesta en marcha	Se realizan las primeras pruebas de funcionamiento, y completan los ajustes finales	2 semanas	22/03/24
Mantenimiento y monitoreo	Se debe realizar mantenimiento con el fin de garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil.	Continuo	

El diagrama de Gantt del cronograma a seguir se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Diagrama de Gantt del cronograma

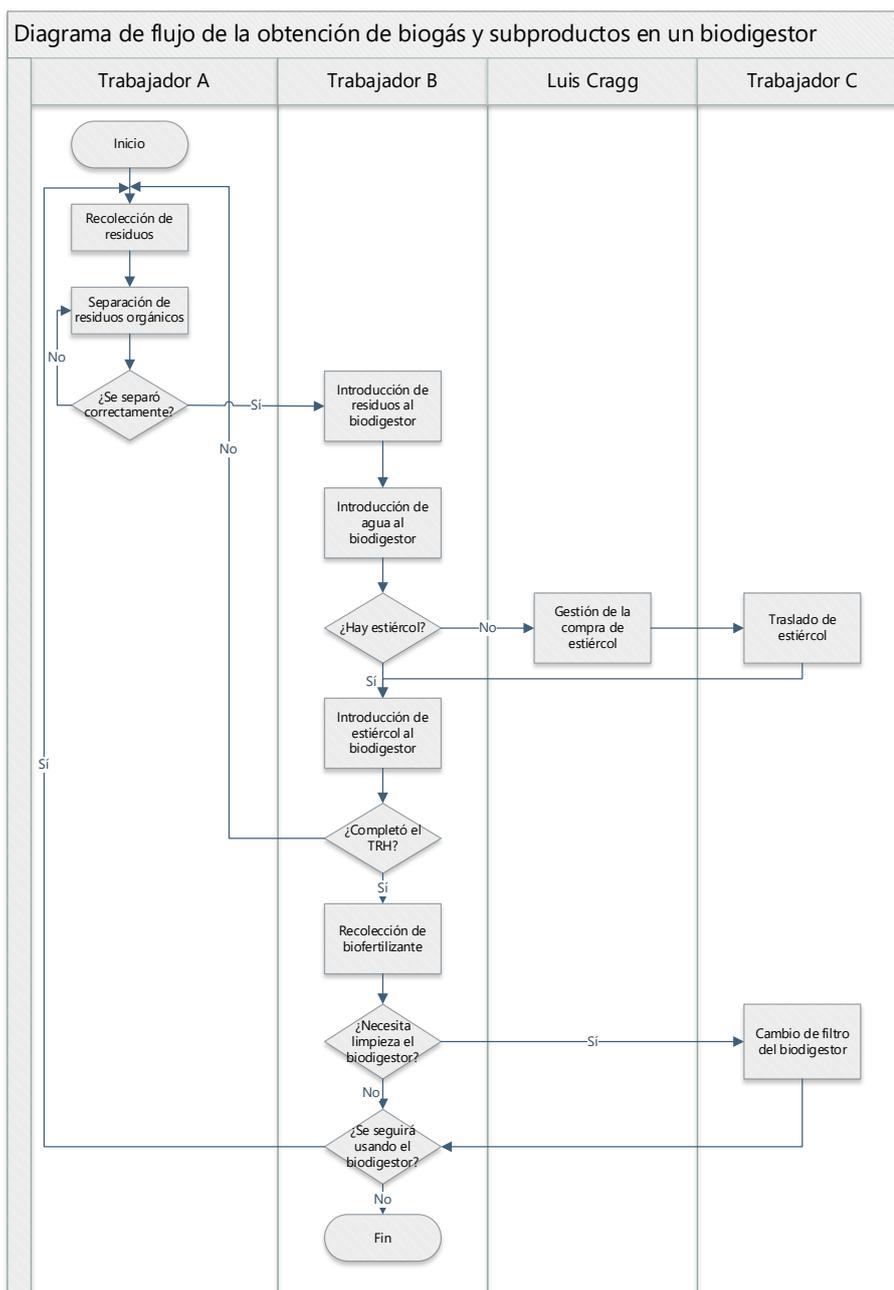


5.3.2 Procedimientos

El objetivo es describir el proceso de obtención del biogás en la concesionaria Gutza, desde la recolección de residuos orgánicos hasta la obtención de subproductos al finalizar el tiempo de retención hidráulica en el biodigestor. Se presentará de manera sistemática el flujo de trabajo que abarca todo este proceso.

El diagrama de flujo de los procedimientos propuestos se visualiza en la Figura 14.

Figura 14. Diagrama de flujo de procedimientos



Se describen las actividades de cada operación a continuación:

- **Recolección de residuos:** consiste en la recolección de los restos acumulados en los basureros de la cafetería Gutza.
- **Separación de residuos:** se realiza la separación de los residuos, priorizando aquellos que son orgánicos, tratando de evitar la agrupación de estos con aquellos que no lo son.

- Introducción de residuos orgánicos al biodigestor: se insertan los residuos orgánicos separados en el biodigestor, donde se descompondrán y se aprovecharán para la producción de biogás.
- Introducción de agua al biodigestor: se añade agua al biodigestor en una proporción de uno a uno con la cantidad total de volumen entrante, que se obtiene mediante la suma del estiércol y la masa de residuos orgánicos.
- Introducción de estiércol al biodigestor: se introduce estiércol en el biodigestor en una proporción de uno a uno con la cantidad de residuos orgánicos, lo cual ayuda a proporcionar los nutrientes necesarios para el proceso de descomposición.
- Gestión de la compra de estiércol: implica el manejo y la planificación de la cantidad de estiércol que se adquirirá para su posterior uso en el biodigestor.
- Traslado de estiércol: consiste en el transporte de este mismo desde el establo La Providencia hasta la concesionaria, donde se utilizará como parte del proceso de producción de biogás
- Cambio de filtro del biodigestor: cada tres meses se llevará a cabo el cambio del filtro del equipo para mantener su eficiencia y garantizar un proceso de descomposición adecuado.
- Recolección de biofertilizante: posterior a la finalización del TRH, se recoge el biofertilizante, subproducto rico en nutrientes que puede ser usado para la fertilización de cultivos de los trabajadores.



Capítulo 6

Análisis económico y financiero

El objetivo de este capítulo es evaluar la viabilidad potencial de implementar un biodigestor en la concesionaria Gutza de la Universidad de Piura. Se llevará a cabo un análisis y una estimación detallada de los costos asociados con la adquisición e implementación del proyecto. Se evaluarán los gastos necesarios para el mantenimiento, compra de materiales y cualquier otro recurso necesario para la implementación exitosa del proyecto.

Además, se establecerán presupuestos claros que contemplen tanto la inversión inicial requerida como los ahorros a largo plazo que se puedan obtener. Estos presupuestos permitirán tener una visión clara de los recursos financieros necesarios y proporcionarán una base sólida para tomar decisiones informadas.

Ello permitirá realizar un análisis detallado de los indicadores financieros clave para evaluar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Estos indicadores financieros, el VAN (valor actual neto), el TIR (tasa interna de retorno) y el periodo de recuperación de capital permitirán evaluar de manera precisa el desempeño financiero del proyecto y su potencial para generar beneficios económicos.

6.1 Costos

Para determinar el costo total, se llevan a cabo análisis y cálculos que incluyen tanto el costo de adquisición como el costo de implementación de la propuesta en la cafetería Gutza.

6.1.1 Costo de adquisición

Parte del cálculo de los costos totales hacen referencia a los costos relacionados con la adquisición del biodigestor, que incluye su compra y los costos de transporte necesarios para llevar el equipo a su destino final que es la concesionaria Gutza. Esto implica considerar los costos de compra del producto en sí y sus complementos, así como los costos asociados con su importación y entrega.

Utilizando datos obtenidos de la página oficial del proveedor del biodigestor y de centros de comercialización autorizados, se recopiló información sobre los costos asociados a la adquisición de este. Estos costos se detallan en la Tabla 18, tomando las unidades en dólares debido al origen internacional de la importación.

Tabla 18. Costos asociados a la adquisición del biodigestor

Descripción	Cantidad	Costo estimado	Fuente
Compra del <i>kit</i> del biodigestor HomeBiogas 4.	1	1 375,00 dólares	
Compra del <i>kit</i> de mantenimiento anual para el biodigestor.	5	49,00 dólares	Página oficial de HomeBiogas
Envío del <i>kit</i> biodigestor desde Israel a Estados Unidos.	1	159,00 dólares	
Envío del <i>kit</i> del biodigestor desde Estados Unidos a Perú mediante un intermediario.	1	115,00 dólares	Página oficial de Telotraemos
Impuesto aduanero.	1	426,96 dólares	Página oficial de Telotraemos

Nota. Adaptado de HomeBiogas (2023) y Calculadora de Telotraemos (s.f.).

Como se puede observar, posterior a la enumeración de los costos incluidos en la adquisición del biodigestor, se obtiene un total de \$ 2 124,96. Asimismo, se logra apreciar que el costo de pago realizado en aduanas es relativamente elevado gracias a la cantidad de aranceles impuestos al producto importado, debido a existen diferentes tipos, los cuales tienen como objetivo tanto la elevación de su precio como favorecer la industria y la producción nacional (Remo, 2022).

Por otro lado, el costo por impuestos a declarar no será considerado debido a que este valor será contrarrestado con el escudo fiscal, debido a que este monto será incluido en el estado financiero como parte de los gastos anuales (Lira Briceño, 2012).

Teniendo en cuenta que el flujo de caja económico, calculado en un posterior subcapítulo, será determinado en soles, se procede a convertir el costo obtenido con anterioridad.

Se establece un tipo de cambio fijo y estimado para la fecha en la cual se va a presentar el informe parcial, el cual equivale a 3,646 cuyo valor se obtuvo de la página oficial de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT, 2023). Se recalca que es muy probable que este tipo de cambio sea diferente al momento de importar el biodigestor. Finalmente, se realiza la conversión con el respectivo tipo de cambio y se obtiene un costo de adquisición total de S/7 747,60.

Igualmente, se realizará la compra de materiales cuyo uso estará netamente plasmado en la construcción del acondicionamiento de la cocina pequeña a implementar, la cual consumirá la cantidad de biogás generada por el biodigestor. Del mismo modo, se tendrán en cuenta los recursos presentes y sobrantes en la cafetería, los cuales pueden ser aprovechados.

Analizando los posibles recursos disponibles, se realiza un listado de materiales a necesitar, los cuales poseen diversas cualidades, cuya información se muestra resumida en la Tabla 19.

Tabla 19. Costos asociados a la adquisición de materiales de acondicionamiento

Materiales	Costo estimado
Contenedor de basura Qrubber	S/839,90
Mesa plegable 60 x 60 cm Haya	S/130,00
Materiales canalización de tubería	S/11 249,75
Materiales acondicionamiento de la cocina	S/2 162,40

6.1.2 Costo de implementación

Es importante comprender y evaluar este tipo de costos para garantizar una implementación exitosa y eficiente.

El costo de mano de obra para la canalización de la tubería está vinculado a los gastos derivados de contratar a un trabajador para que lleve la tubería por una ruta óptima desde el biodigestor hasta la cocina implementada.

El costo de mano de obra para el acondicionamiento de la cocina comprende los gastos asociados con la contratación de un trabajador para llevar a cabo las tareas necesarias para adaptar una nueva estructura al espacio del patio de la cafetería.

Tabla 20. Costos asociados a la mano de obra de la implementación de la propuesta

Costo asociado	Costo estimado	Asignación
Mano de obra para canalización de tubería	S/1 480,83	Tercerizado
Mano de obra para acondicionamiento de la cocina	S/1 164,91	Tercerizado

6.2 Presupuestos

Para determinar el presupuesto necesario para la adquisición e implementación se realizó la cotización del equipo, el metrado del espacio acondicionado para el funcionamiento de la cocina y el acondicionamiento para la tubería de gas. Por otro lado, se ha estimado el ahorro de GLP doméstico en términos monetarios, y posteriormente se realizó el flujo de caja económico para determinar el Valor Actual Neto y el Tasa Interna de Retorno, de manera que se pueda determinar la viabilidad económica del proyecto.

6.2.1 Presupuestos de inversión

La implementación de la propuesta del presente proyecto requiere una inversión significativa, pero promete beneficios a largo plazo en términos de sostenibilidad y eficiencia

energética. En este apartado, nos centraremos en presentar un presupuesto estimado para la ejecución del proyecto, partiendo únicamente de la premisa de que el dueño financiará la totalidad de los costos.

Asimismo, es importante tener en cuenta que, debido a los costos incurridos en la compra y adquisición del equipo del biodigestor, la cafetería podría ser elegible para ciertos beneficios fiscales.

Es importante destacar que, para mantener un equilibrio entre la calidad y el costo, hemos considerado una aproximación estándar en la selección de los componentes y materiales necesarios para la implementación de toda la propuesta.

El presupuesto se desglosa en la adquisición del biodigestor, infraestructura, equipos adicionales, contingencias y gastos de mantenimiento. En la Tabla 21 se muestra el presupuesto estimado para la propuesta planteada.

Tabla 21. Presupuesto estimado del proyecto

Descripción	Costo estimado
Costos asociados a la adquisición del biodigestor	S/7 747,60
Costos asociados a la adquisición de materiales de acondicionamiento	S/14 382,05
Costos asociados a la mano de obra de la implementación de la propuesta	S/2 645,74
Presupuesto total estimado	S/24 775,39

En el presupuesto total mostrado en la Tabla 21, no se incluyen los gastos operativos adicionales, como la compra y el transporte de estiércol, el uso de agua y los costos de mantenimiento.

6.2.2 Ahorro

Para el cálculo de la cantidad de GLP doméstico (gas de cocina) ahorrado con la implementación de un biodigestor en cafetería Gutza se requieren de los datos de densidad energética de ambos gases, de manera que se halle una equivalencia, tal como se muestra en la Tabla 22, y aproximar la cantidad de biogás necesario para abastecer toda la cocina.

Tabla 22. Equivalencia entre gases

Descripción	Valor
Poder calorífico del GLP doméstico	10 982,79 kcal/kg GLP
Poder calorífico del biogás en términos de volumen	6 000,00 kcal/m ³ biogás
Densidad del biogás	1,22 kg/m ³
Poder calorífico del biogás en términos de masa	4 918,03 kcal/kg biogás
Equivalencia en masa de biogás por cada kg de GLP doméstico	2,233 kg biogás/kg GLP

Siendo la demanda semanal (5 días) de GLP doméstico 45 kg, se puede aproximar la demanda diaria a 9 kg, por tanto, para suplir esta cantidad de GLP doméstico se requieren de 20.09 kg de biogás, sin embargo, debido a las limitaciones del biodigestor, y a su vez por el espacio disponible para su instalación, la máxima cantidad de biogás generado al día es 1200 litros o 1.464 kg de biogás. Esto significa que el 7% de la demanda actual de GLP diario de la cocina puede ser abastecido por el biogás. Por lo que, el otro 93% de la demanda energética debe ser suplida por el GLP de cocina. Por tanto, la equivalencia para el GLP doméstico necesario para abastecer el 93% requerido diario es de 8.34 kg. A continuación, se muestra el ahorro diario de GLP doméstico en la Tabla 23.

Tabla 23. Ahorro de GLP doméstico

Descripción	Valor
GLP doméstico demandado	9,00 kg
Biogás generado al día	1,464 kg
GLP doméstico necesario	8,34 kg
Ahorro de GLP	0,66 kg

Con el dato del costo de balón de gas de 45 kg de GLP doméstico siendo S/250, obtenido del dueño de la cafetería, se aproxima un costo por kilogramo de S/5,56. Tomando en consideración que la cafetería brinda sus servicios 5 días a la semana, por 4,5 semanas al mes aproximadamente, y que la atención se da 6 meses al año. Los ahorros en términos monetarios de GLP doméstico se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Ahorro monetario de GLP

Descripción	Valor
Costo por kg de GLP doméstico	S/5,56
GLP ahorrado al día	0,66 kg
GLP ahorrado a la semana	3,30 kg
GLP ahorrado al mes	14,85 kg
GLP ahorrados al año	89,10 kg
Dinero ahorrado al año	S/495,39

Por tanto, se estima aproximadamente S/495,39 al año en ahorro de GLP doméstico.

6.3 Indicadores de rentabilidad del proyecto

Realizada la estimación de los costos totales que incurren en el plan de propuesta del proyecto, se procede a realizar la viabilidad financiera para poder determinar si genera los recursos necesarios para su operación y crecimiento, que logre la obtención de beneficios sostenibles en el tiempo. Por ello, se tomará en cuenta el flujo de caja económico para el cálculo de los indicadores VAN, TIR y periodo de recuperación de capital.

El flujo de caja económico se empleará en base a 15 años de vida útil (HomeBiogas, s.f.) que se posee el biodigestor y una tasa de descuento de 10%, dicha es la mayor obtenida de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS, 2023)

Para la realización de este análisis financiero se considera que el financiamiento será asumido en su totalidad por parte del dueño de la cafetería, Luis Cragg, es decir no se realizará algún tipo de préstamo por parte de una entidad bancaria. Para el cálculo de los indicadores de rentabilidad, estamos evaluando el caso en que el biofertilizante obtenido como subproducto es puesto a la venta.

En el flujo de caja económico se emplea costos de inversión, ingresos y egresos. Siendo los costos de inversión: costo de adquisición y costo de implementación; ingresos: ahorro en el consumo de GLP y venta de biofertilizante; egresos: compra y transporte de estiércol, agua, mantenimiento y depreciación.

Se está asumiendo que los 1 687,5 L de biofertilizante se venden en su totalidad a S/1,50 cada litro.

Para el calcular el gasto anual del estiércol se tienen los siguientes datos: sin antes mencionar que debido a que la cafetería Gutza tiene 6 meses de temporada alta, se está tomando esos 6 meses como si fuera un año para la elaboración de todos los cálculos.

Tabla 25. Cálculo de sacos necesarios por día

Descripción	Valor
Saco	S/7,00
Peso de un saco	10 kg
Kg de estiércol necesarios al día	25,23 kg
Sacos necesarios al día	2,52
Precio de sacos necesarios al día	S/17,66

Cabe mencionar que la alimentación al biodigestor diariamente de lunes a viernes, es decir 5 veces a la semana.

Tabla 26. Gasto anual de sacos de estiércol

Descripción	Valor
Alimentación de biodigestor	5 veces a la semana
Número de sacos a la semana	12,61
Precio de sacos a la semana	S/88,29
Semanas consideradas en un mes	4,5
Precio de sacos al mes	S/397,29
Precio de sacos al año	S/2 383,76

Para el cálculo de transporte del estiércol, se ha establecido un precio total diario de 15 soles.

Tabla 27. Gasto anual del transporte de estiércol

Descripción	Valor
Costo transporte al día	S/15,0
Costo transporte a la semana	S/75,0
Costo transporte al mes	S/337,5
Costo transporte al año	S/2 025,0

En la Tabla 28, se muestra el gasto anual de estiércol, el cual se usará para el flujo de caja económico.

Tabla 28. Gasto anual del estiércol

Descripción	Valor
Precio sacos al año	S/2 383,76
Costo transporte al año	S/2 025,0
Gasto anual de estiércol	S/4 408,76

Además, el gasto anual de agua necesaria para el funcionamiento del biodigestor se detalla en la Tabla 29.

Tabla 29. Gasto anual de agua

Descripción	Valor
Agua necesaria al día	0,05 m ³
Agua necesaria al mes	1,125 m ³
Costo m ³ de agua	S/4,11
Gasto de agua al mes	S/4,62
Gasto anual de agua	S/27,76

Por otro lado, se tiene el dato del costo del kit de mantenimiento a precio de S/357,70; el cual será empleado por las personas designadas por el dueño, ya sea tercerizando el mantenimiento o realizado por los empleados de la cafetería. Y finalmente, la depreciación lineal, como se muestra en la Tabla 30 se calcula como el costo de adquisición dividido entre los 15 años de vida útil del biodigestor, lo cual da un resultado de S/1 475,31 anuales

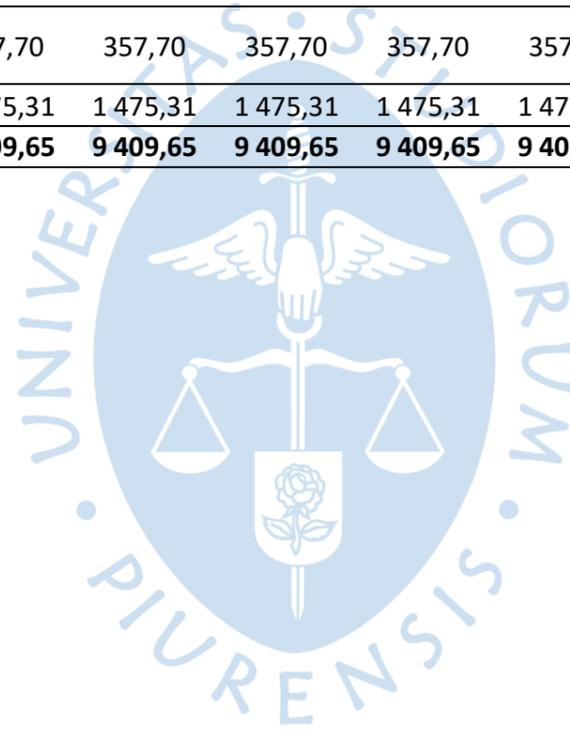
Tabla 30. Depreciación anual

Descripción	Valor
Vida útil del biodigestor	15 años
Costo de adquisición	S/22 129,65
Depreciación lineal	S/1 475,31

A continuación, se muestra el flujo de caja económico en la Tabla 31.

Tabla 31. Flujo de Caja Económico.

Categorías	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Costos de Inversión	24 775,39															
Costo de Adquisición	22 129,65															
Costo de Implementación	2 645,74															
Ingresos	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18	15 679,18
Ahorro en el consumo de GLP	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68	491,68
Venta de biofertilizante	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50	15 187,50
Egresos	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53	6 269,53
Gastos (compra de estiércol y transporte)	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76	4 408,76
Gasto en agua	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76	27,76
Costo mantenimiento (cambio de filtros)	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70
Depreciación	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31
FCE = FCF	-24 775,39	9 409,65														



Cabe resaltar que, si bien el financiamiento para la adquisición e implementación fueron tomados en cuenta como asumidos por el dueño de la cafetería, se puede tomar en consideración la posibilidad de financiar el proyecto con préstamos bancarios, ya que este puede traer ciertos beneficios.

Por otro lado, al ser este un proyecto con iniciativa de sostenibilidad y economía circular, los beneficios tributarios como las deducciones fiscales, traerían consigo una depreciación de activos y la amortización de costos a lo largo del tiempo.

6.3.1 Cálculo de VAN Y TIR

En la Tabla 32 se detalla el cálculo de VAN y TIR.

Tabla 32. Van y TIR

Descripción	Valor
Tasa de descuento	10%
VAN	S/46 795,15
TIR	38%

Se puede concluir, con un VAN de S/46 795,15 y un TIR de 38% con una tasa de descuento de 10%, que el proyecto ECOGUTZA es viable.

6.3.2 Periodo de recuperación de capital

Se ha determinado el periodo de recuperación mostrado en Tabla 33, dividiendo el costo de inversión entre el flujo de caja anual, dando un resultado de 2,63 (2 años con 8 meses). Es decir, pasando el tercer año, el proyecto ya habrá recuperado la inversión.

Tabla 33. Periodo de recuperación de capital

Descripción	Valor
Inversión	S/24 775,39
Flujo de caja anual	S/9 409,65
Periodo de recuperación	2,63

Conclusiones

Gracias al juicio de expertos que se realizó al momento de realizar la ingeniería de proyecto, se tuvo una visión mucho más amplia y clara de cómo enfocar los cálculos para la selección de biodigestor y la red de tubería de gas, debido a que el doctor Rafael Saavedra nos asesoró para esos dos subcapítulos.

El proyecto es viable como se muestra en el análisis económico y financiero a pesar de que no se están aprovechando los residuos orgánicos en su totalidad, sin embargo, el beneficio económico de ahorro de biogás es notablemente mayor si se usara el 100% de estos.

Al momento de elaborar los cálculos para la cantidad biogás y fertilizante saliente, notamos que no existía una fórmula establecida para dichos cálculos, sino que dependía de muchos factores como: la caracterización de la basura, la ubicación, la calidad de estiércol, el tiempo de retención hidráulica, el cual es diferente dependiendo de donde vayas a ubicar el biodigestor, el tipo de biodigestor que vayas a usar, etc. Sin embargo, se usaron de referencia tesis y datos de la empresa de donde se seleccionó el biodigestor, para la elaboración de dichos cálculos.

La implementación del biodigestor trae consigo además de beneficios económicos y ambientales, responsabilidad social, esto debido a que la cafetería Gutza mostraría cierta preocupación por el bienestar de la comunidad, ya que como se ha mencionado anteriormente promueve la reducción de la contaminación ambiental y este es un claro ejemplo para fomentar un ambiente saludable tanto a los clientes como a los empleados.

Como último punto se puede concluir que, gracias a la instalación de un biodigestor, la gestión de los residuos mejora notablemente. Primero, porque en vez de desechar esos residuos y que terminen en vertederos, se están aprovechando para la generación de biogás y fertilizante, y segundo que se muestra un ambiente más ordenado debido a que tienes que separar la basura en orgánica e inorgánica.



Recomendaciones

Tal como se menciona en el trabajo de investigación, se tuvo como restricción la disponibilidad de espacio para la posible implementación del biodigestor, generando del mismo modo, una limitación del aprovechamiento total de los residuos orgánicos. Sin embargo, teniendo en cuenta y asumiendo que se presente una situación en la cual no se tengan estas condiciones, haciendo uso de los residuos orgánicos diarios estimados totales se podrían obtener mayores beneficios económicos y ambientales.

Conforme a lo mencionado con anterioridad, con base en los cálculos efectuados utilizando la información recopilada, se ha determinado que, al emplear los 26,3 kg estimados de residuos orgánicos diarios, se obtiene un valor actual neto de 62 687,10 soles. Asimismo, se ha calculado una tasa interna de retorno del 46% y un periodo de recuperación de la inversión de aproximadamente 2,15 años.

Estos resultados indican que el aprovechamiento total de residuos no solo generaría beneficios ambientales al reducir la cantidad de desechos, sino que también proporcionaría ganancias económicas significativas a la concesionaria.

Del mismo modo, otra recomendación sería una constante capacitación entre los mismos trabajadores de la cafetería Gutza utilizando el manual detallado con el que viene el mismo biodigestor, con el fin de que puedan familiarizarse con el manejo adecuado de los residuos orgánicos y el biodigestor, debido a que esto va a garantizar un correcto funcionamiento de este y evitar errores en el proceso.

De forma análoga, se podría implementar un tipo de estrategia para sensibilizar a los mismos estudiantes universitarios, es decir, se podría colocar señales o carteles informativos acerca de cómo funciona biodigestor implementado o incluso que lo puedan observar con una distancia prudente con el objetivo de que empiecen a involucrarse más en la importancia de la reducción de residuos y generación de energía circular.

Finalmente, se recomienda que el proyecto se convierta en un proyecto piloto que pueda servir de ejemplo para otras personas, colegios o empresas que estén interesadas en aplicar esta solución a una de las principales problemáticas en la ciudad de Piura, pero a mayor escala.



Referencias bibliográficas

- Abbasi, T., & Abbasi, S. (2010). Production of clean energy by anaerobic digestion of phytomass new prospects for a global warming amelioration technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi:10.1016/j.rser.2010.03.003
- Aguilar Cabezas, F. X., & Botero Botero, R. (2006). Los Beneficios económicos totales de la producción de biogás utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo. *Tierra Tropical: Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad*. Obtenido de <https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEARTH/90>
- Análisis de Costo-Beneficio*. (s.f.). Recuperado el 27 de abril de 2023, de Shopify: <https://www.shopify.com/es/enciclopedia/analisis-de-costo-beneficio#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20costo%2Dbeneficio,o%20no%20para%20el%20negocio.>
- Aqualimpia. (2017). *Fases de la digestión anaeróbica*. Obtenido de [https://www.aqualimpia.com/digestion-anaerobica/#:~:text=La%20metanog%C3%A9nesis%20es%20la%20ultima,H2\)%20y%20di%C3%B3xido%20de%20carbono.](https://www.aqualimpia.com/digestion-anaerobica/#:~:text=La%20metanog%C3%A9nesis%20es%20la%20ultima,H2)%20y%20di%C3%B3xido%20de%20carbono.)
- Ávila Hernández, M., Campos Rodríguez, R., Brenes Peralta, L., & Jiménez Morales, M. (Abril-Junio de 2018). Generación de biogás a partir del aprovechamiento de residuos sólidos biodegradables en el Tecnológico de Costa Rica, sede Cartago. *Tecnología en Marcha*, 31(2), 159-170. doi:10.18845/tm.v31i2.3633
- Balances de Materia y Energía*. (s.f.). Obtenido de Aula Virtual. Proyecto fin de carrera Ingeniería Química: <https://www.ugr.es/~aulavirtualpfcic/BMyBE.html>
- Datademia. (s.f.). *¿Qué es el análisis de datos?* Obtenido de Datademia: <https://datademia.es/blog/que-es-el-analisis-de-datos>
- Garfi, M., Ferrer Martí, L., Velo, E., & Ferrer, I. (2012). Evaluating benefits of low-cost household digesters for rural Andean communities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 575-581. doi:10.1016/j.rser.2011.08.023
- Gonzales Guerra, E. F., Castillo Chanava, F. M., Correa Correa, S. d., & Retto Saavedra, C. R. (2017). *Sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos de ganado vacuno y su*

aplicación en la Agropecuaria Campos del Chira E.I.R.L. Piura: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3223>

González, A. (2014). *Estudio técnico-económico para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas mediante digestión anaerobia*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11441/27048>

Grupta, P., Kurien, C., & Mittal, M. (2022). Biogas (a promising bioenergy source): A critical review on the potential of biogas as a sustainable energy source for gaseous fuelled spark ignition engines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(21), 7747-7769. doi:10.1016/j.ijhydene.2022.11.195

Haro Silva, H. (agosto de 2017). *Diseño de un Biodigestor para el tratamiento de Iso desperdicios orgánicos generados en la facultad de Hospitalidad y Servicios de la Universidad Tecnológica Equinoccial*. Obtenido de Repositorio UTE: https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14675/1/69411_1.pdf

Herrera Acosta, C., Granizo Castillo, O., & Herrera Merino, M. (2020). Importancias de las técnicas e instrumentos de recopilación de datos en la investigación jurídica. En E. Cáceres Nieto, *Pasos hacia una revolución en la enseñanza del derecho en el sistema romano-germánico* (págs. 433-447). Ciudad de México: Instituto de investigaciones Jurídicas. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6350/48.pdf>

HomeBiogas. (2021). *Owner's Manual*. HomeBiogas. Obtenido de https://www.homebiogas.com/wp-content/uploads/2021/03/HB4_0321_print.pdf

Homebiogas. (2023). *HomeBiogas 4*. Recuperado el 12 de mayo de 2023, de HomeBiogas: <https://www.homebiogas.com/product/homebiogas-4/>

HomeBiogas. (s.f.). *HomeBiogas 4*. Recuperado el 8 de junio de 2023, de HomeBiogas: <https://www.homebiogas.com/product/homebiogas-4/#tab-1666faq>

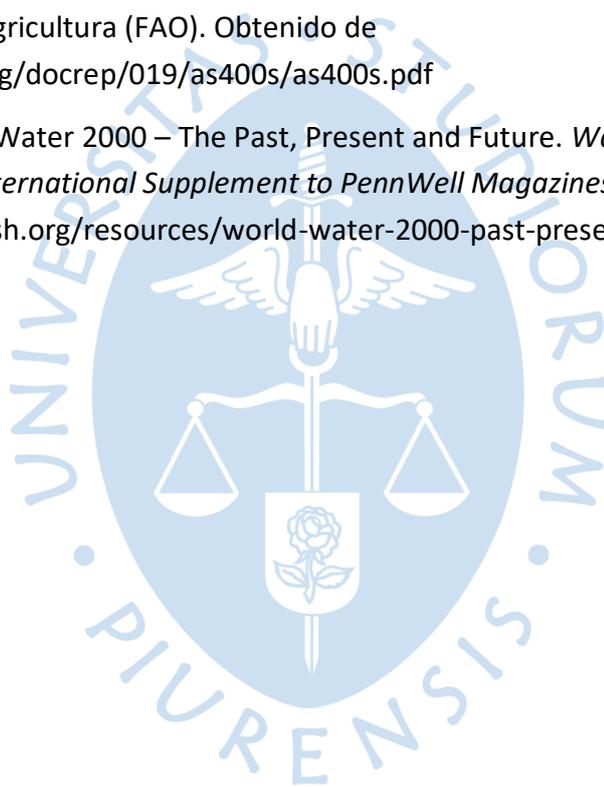
Intagri. (s.f.). *Los Abonos Orgánicos. Beneficios, Tipos y Contenidos Nutrimientales*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales#:~:text=Los%20abonos%20org%C3%A1nicos%20confieren%20al,paso%20de%20los%20ciclos%20productivos>.

Jaimovich, O., Acevedo, F., Badell, N., Cerdá, A., Hardoy, E., & Vallarino, J. (2015). *Tratamiento de residuos cloacales con biodigestores*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad Austral. Obtenido de http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2015/trabajos/A047_COINI2015.pdf

- Lira Briceño, P. (21 de marzo de 2012). *La importancia de los escudos fiscales*. Recuperado el 08 de junio de 2023, de Gestión: <https://gestion.pe/blog/deregresoalobasico/2012/03/la-importancia-de-los-escudos.html/?ref=gesr>
- Marcelo, D., & Viera, J. (2017). *Proyecto de implementación de sistemas biodigestores para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por usuarios residenciales en la región Piura*. Lima: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4097>
- Martínez Ferreira, M. (s.f.). *Diagramas: Causa-Efecto, Pareto y de flujo. Elementos clave*. Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/diagramas-causa-efecto-pareto-y-de-flujo-elementos-clave/>
- Melosi, M. (2000). *The Sanitary City: Urban infrastructure in America from colonial*. Johns Hopkins University Press.
- MIDAGRI. (2010). *Primer Informe Técnico sobre Investigación y Transferencia Tecnológica en Bioenergía*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Obtenido de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/comisionbioenergia/investigacion_transferencia_tecnologica.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Lima, Perú: Gráfica Biblos S.A.
- Ministerio del Ambiente, M. (2019). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/minam-70-residuos-que-generamos-pueden-convertirse-nuevos-productos>
- Navarro, R. (2015). *Criterios para la implementación de Biodigestores Familiares en Iztapalapa*. México D.F.: Universidad Autónoma de la Ciudad de México : Colegio de Ciencia y Tecnología : Maestría en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética. Obtenido de <http://repositorioinstitucionaluacm.mx/jspui/handle/123456789/1770>
- Oblitas, A. (2018). *ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA PRODUCIR BIOGAS A PARTIR DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR EL CAMAL MUNICIPAL DE TUMÁN 2017*. Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5113>
- ONU, O. d. (2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de UN: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

- Peralta Talledo, A. (2017). *Estudio de factibilidad de un sistema de biodigestor para usuarios comerciales en la región Piura (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico)*. Piura, Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3236>
- Prisma. (21 de Abril de 2021). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV): qué es y para qué sirve*. Recuperado el 27 de abril de 2023, de Eurofins: <https://www.eurofins-environment.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida-que-es/>
- Remo. (08 de marzo de 2022). *Aranceles: qué son, cómo funcionan y cómo afectan al consumidor*. Recuperado el 08 de junio de 2023, de Vivus: <https://www.vivus.es/blog/aranceles#:~:text=Un%20arancel%20impuesto%20a%20una,de%20pagos%20de%20un%20pa%C3%ADs.>
- Saavedra, R., Alamo, M., & Marcelo, D. (2017). *Diseño de un biodigestor Tubular para zonas rurales de la Región Piura*. Huaraz. Obtenido de https://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael_biodigestor.pdf
- Santos, D. (8 de Noviembre de 2022). *¿Qué es y cómo hacer un análisis de riesgos?* Obtenido de Hubspot: <https://blog.hubspot.es/marketing/analisis-de-riesgos>
- SBS. (09 de junio de 2023). *Tasa de interés promedio del Sistema Bancario*. Recuperado el 09 de junio de 2023, de SBS: <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPportal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>
- Siadén Paiva, D. (2017). *Plataforma de un sistema embebido para el control y monitoreo en tiempo real aplicado a biodigestores para la óptima producción de biogás (Tesis de Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con Mención en Automática y Optimización)*. Piura: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3057>
- SUNAT. (2023). *SUNAT - Tipo de Cambio Oficial*. Recuperado el 8 de junio de 2023, de <https://e-consulta.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias>
- Tresierra, A. (2012). *Indicadores de rentabilidad*.
- Universidad de Piura. (2021). *SISTEMA DE POLÍTICAS, PLANES Y ACCIONES DE ADECUACIÓN AL ENTORNO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de <https://www.udep.edu.pe/dircom/wp-content/uploads/sites/20/2021/10/SISTEMA-DE-POLITICAS-Y-PLANES-DE-ADECUACION-AL-ENTORNO.pdf>
- Universitat de Barcelona. (s.f.). *Inferencia Estadística*. Obtenido de Universitat de Barcelona: http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-1.htm

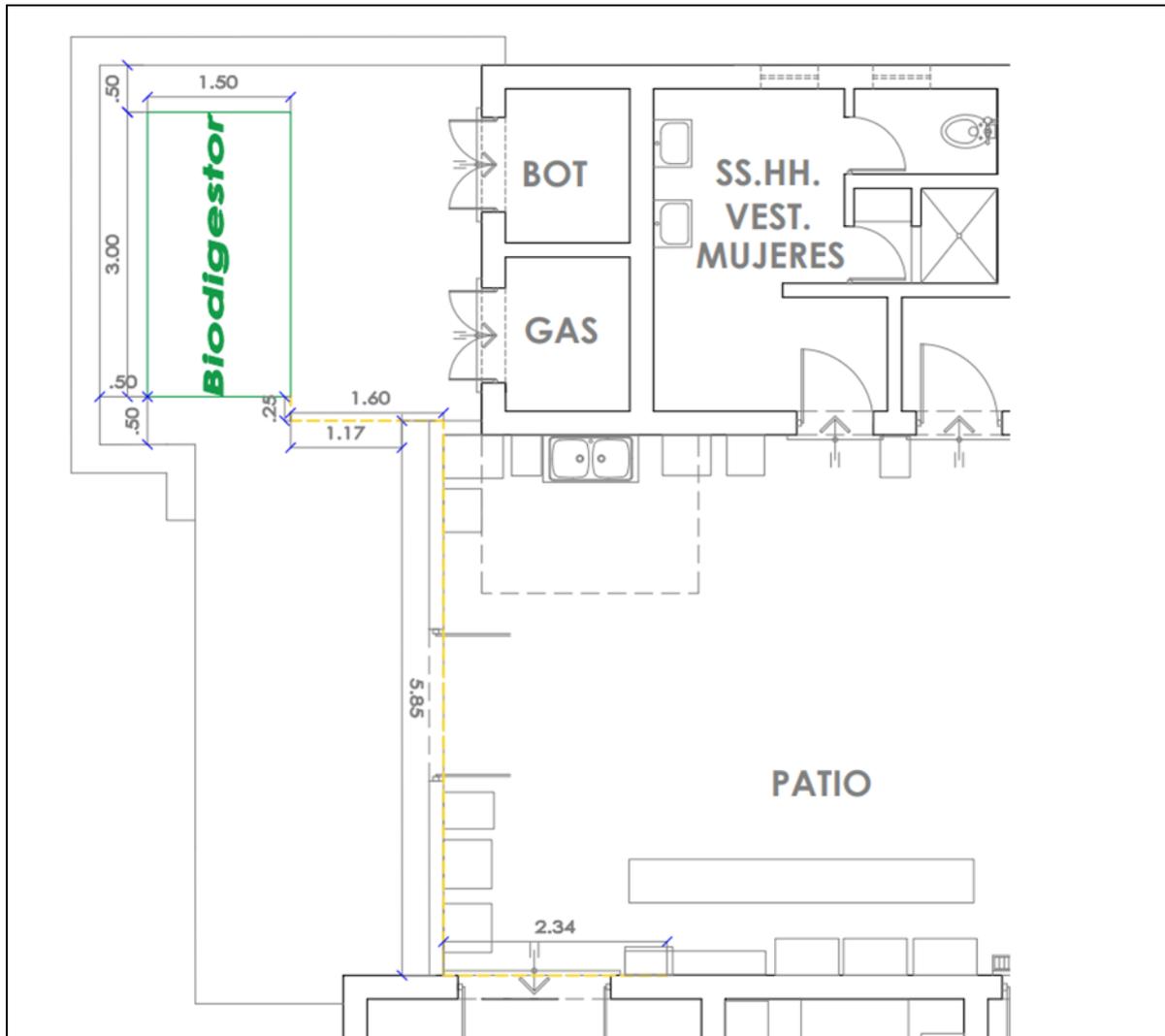
- Valladares, J. (21 de Enero de 2022). *Métodos para realizar un Análisis Multicriterio en un SIG*. Obtenido de Mastergis: <https://mastergis.com/blog/metodos-analisis-multicriterio-sig>
- Van De Putte Medina, C. (25 de agosto de 2011). *Importancia del balance de materia y energía y su relación con el medio ambiente y el ahorro energético*. Recuperado el 09 de abril de 2023, de Monografías Plus: <https://www.monografias.com/docs/Importancia-del-balance-de-materia-y-energ%C3%ADa-P3J6PA2JMY>
- Varling, A., Christensen, T., & Bisinella, V. (2023). Life cycle assessment of alternative biogas utilisations, including carbon capture and storage or utilisation. *Waste Management*, 157, 168-179. doi:10.1016/j.wasman.2022.12.005
- Varnero, M. (2011). *MANUAL DE BIOGÁS*. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Obtenido de <https://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- Wolfe, P. (1999). World of Water 2000 – The Past, Present and Future. *Water World/Water and Wastewater International Supplement to PennWell Magazines*. Obtenido de <https://www.ircwash.org/resources/world-water-2000-past-present-and-future>





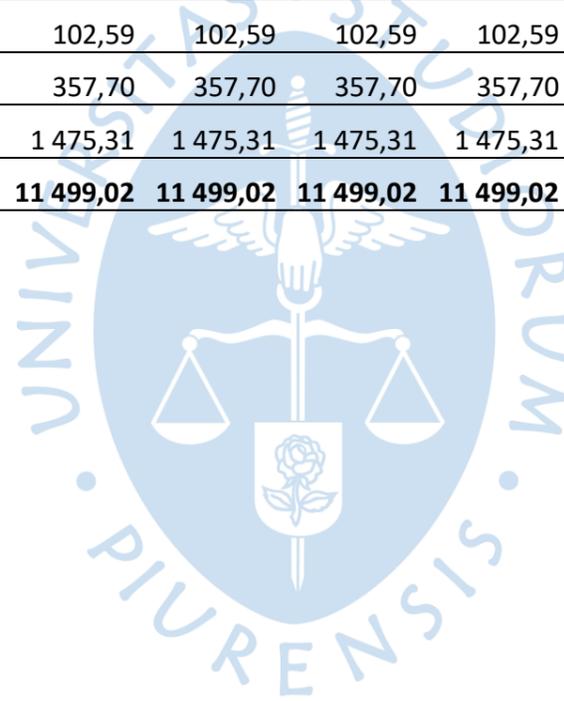
Apéndices

Apéndice 1. Plano mostrando la ubicación del biodigestor en AutoCAD



Apéndice 2. Flujo de caja económico utilizando la totalidad de los residuos

Categorías	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Costos de Inversión	24 775,39															
Costo de Adquisición	22 129,65															
Costo de Implementación	2 645,74															
Ingresos		24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76	24 269,76
Ahorro en el consumo de GLP		1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19	1 817,19
venta de biofertilizante		22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57	22 452,57
Egresos		12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74	12 770,74
Gastos (compra de estiércol y transporte)		10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14	10 835,14
Gasto en agua		102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59	102,59
Costo mantenimiento (cambio de filtros)		357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70	357,70
Depreciación		1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31	1 475,31
FCE = FCF	-24 775,39	11 499,02														



Anexos

Anexo 1. Plano de la cafetería proporcionado por el dueño

