

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE GENERADOR DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS
PESQUEROS EN EL TERMINAL PESQUERO ECOMPHISA DISTRITO
DE SANTA ROSA, CHICLAYO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

MAURICIO JULIAN CAMPOS BECERRA

ASESOR

LUCIO ANTONIO LLONTOP MENDOZA

<https://orcid.org/0000-0002-2561-0126>

Chiclayo, 2022

**DISEÑO DE GENERADOR DE BIOGÁS A PARTIR DE
RESIDUOS PESQUEROS EN EL TERMINAL PESQUERO
ECOMPHISA DISTRITO DE SANTA ROSA, CHICLAYO**

PRESENTADA POR

MAURICIO JULIAN CAMPOS BECERRA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Luis Alberto Gonzáles Bazán

PRESIDENTE

Jony Villalobos Cabrera

SECRETARIO

Lucio Antonio Llontop Mendoza

VOCAL

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a mi madre, que me apoyó en todo momento a lo largo de mi vida, a mis amigos más cercanos que demostraron su respaldo y a los docentes que confiaron en mí.

Agradecimientos

Agradezco a cada persona que me ayudó a culminar mi carrera, así como a las que ya no están presentes, a mis compañeros y amigos con los que compartí cada amanecida, también a mis familiares que me apoyaron en el proceso.

TESIS 100%

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	issuu.com Fuente de Internet	4%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	1%
6	dokumen.tips Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1%
9	www.ecorfan.org Fuente de Internet	

Índice

Resumen	8
Abstract	9
I. Introducción	10
II. Marco teórico	12
Antecedentes	12
Bases teóricas	13
Energía renovable	13
Biodigestor.....	13
Diseño de biodigestor.....	16
Biomasa	18
Biogás	20
Pesca artesanal	20
Residuos pesqueros	20
III. Metodología	20
Tipo de investigación	20
Proceso de diseño.....	21
Población y muestra	22
Formulación de hipótesis	22
Técnica o herramienta	22
Instrumentación.....	22
Matriz de consistencia.....	23
IV. Resultados	24
Determinar la cantidad de residuos pesqueros que se generan en el termina pesquero ecomphisa en el distrito de santa rosa, chiclayo.	24
Datos generales de la empresa	24

Cantidad de desembarque de recursos hidrobiológicos	25
Cálculo de cantidad de residuos	26
Determinar la cantidad de biogás que demanda el terminal pesquero ecomphisa.	26
Demanda energética	26
Demanda de biogás	27
Balance de compuestos que generan energía.....	27
Porcentaje en volumen y cantidad en kg del combustible	27
Balance de masa.....	28
Diseñar el sistema de biodigestión y seleccionar sus componentes para la producción de biogás a partir de residuos pesqueros.....	28
Selección del biodigestor	28
Dimensiones del biodigestor	29
Instalación del biodigestor	32
Realizar la evaluación económica del diseño del sistema de generación de biogás.	35
Análisis de la inversión	35
Costos del sistema de generación	38
Ingresos.....	38
Flujo de caja.....	40
V. Conclusiones	41
VI. Recomendaciones.....	42
VII. Referencias.....	42
VIII. Anexos	45

Lista de tablas

Tabla 1. Cantidad de recursos hidrobiológicos desembarcados en Santa Rosa (Terminal Pesquero ECOMPHISA).....	25
Tabla 2. Proyección de la cantidad de recursos hidrobiológicos que desembarcarán en Santa Rosa (Terminal Pesquero ECOMPHISA).....	26
Tabla 3. Composición del biogás	27
Tabla 4. Cuadro de decisiones.....	29
Tabla 5. Longitudes mínima, máxima y óptima de biodigestores tubulares según circunferencias	30
Tabla 6. Parámetros de dimensionado de zanjas de biodigestores tubulares a partir del ángulo α y el radio de la circunferencia disponible de manga tubular.....	32
Tabla 7. Dimensiones de la zanja del biodigestor	32
Tabla 8. Equipos para construcción de biodigestor.....	36
Tabla 9. Costo de mano de obra en la instalación del biodigestor	36
Tabla 10. Costo total del biodigestor	36
Tabla 11. Costo de instalación de generadores	37
Tabla 12. Mano de obra de instalación de generadores	37
Tabla 13. Inversión total de generadores.....	37
Tabla 14. Costos de mantenimiento	38
Tabla 15. Salario anual de trabajadores.....	38
Tabla 16. Bono de Carbono.....	38
Tabla 17. Ingreso por Bono de Carbono	39
Tabla 18. Flujo de caja	40
Tabla 19. VAN y TIR.....	40

Lista de figuras

Figura 1. Biodigestor de domo fijo	14
Figura 2. Biodigestor tipo salchicha.....	14
Figura 3. Biodigestor de domo fijo	15
Figura 4. Biodigestor de domo flotante.....	16
Figura 5. Tipos de biomasa	18
Figura 6. Digestión anaeróbica.....	19
Figura 7. Modelo de French del proceso de diseño.....	21
Figura 8. Diagrama de dispersión de recursos hidrobiológicos desembarcados en Santa Rosa	25
Figura 9. Demanda energética.....	26
Figura 10. Esquema de una zanja trapezoidal.	31
Figura 11. Esquema de la zanja del biodigestor tubular.	31
Figura 12. Instalación de accesorio de la salida del biogás.....	33
Figura 13. Instalación de tubería de entrada y salida.	33
Figura 14. Amarre con caucho o banda de hule	34
Figura 15. Válvula de alivio de biogás.....	34
Figura 16. Esquema de instalación de filtro de ácido sulfhídrico.	35

Resumen

En el distrito de Santa Rosa, ubicado en la ciudad de Chiclayo, existe un nivel muy alto de contaminación de residuos sólidos. Se estimó en el 2015, un promedio de 9 940,36 kg/día durante 6 meses. Sin embargo, la actividad principal generadora de este tipo de residuos es la pesca artesanal. Aproximadamente el 70% de los recursos hidrobiológicos desembarcados, son considerados desechos, en su mayoría compuestos por vísceras, colas, cabezas, pieles, etc. Por tal motivo, se plantea buscar una solución eco amigable, que ayude a reducir la contaminación por la disposición final de estos residuos orgánicos. Al crear un sistema de generación de biogás a partir de residuos pesqueros, contribuiría a la solución de este problema aprovechando la biomasa que usualmente termina en el mar, para la obtención de biocombustible. Para ello, primero se determinó la cantidad de residuos pesqueros que se genera el Terminal Pesquero ECOMPHISA, ubicado en el distrito de Santa Rosa. Posteriormente, se obtuvo la demanda de biogás en el terminal y se diseñó el sistema de biodigestión de acuerdo con los parámetros obtenidos, así como también se seleccionaron los componentes necesarios para producir el biogás. Se siguió el modelo de French para el proceso de diseño. Además, se analizó la viabilidad económica del proyecto para determinar su rentabilidad.

Palabras clave: diseño, residuos pesqueros, biogás, biodigestor

Abstract

In the Santa Rosa district, located in the city of Chiclayo, there is a very high level of solid waste contamination. It was estimated in 2015, an average of 9,940.36 kg/day for 6 months. However, the main activity generating this type of waste is artisanal fishing. Approximately 70% of the hydrobiological resources landed are considered waste, mostly consisting of viscera, tails, heads, skins, etc. For this reason, an eco-friendly solution is proposed to help reduce the pollution caused by the final disposal of this organic waste. By creating a system to generate biogas from fishing waste, it would contribute to the solution of this problem by taking advantage of the biomass that usually ends up in the sea to obtain biofuel. First, the amount of fishing waste generated by the ECOMPHISA Fishing Terminal, located in the district of Santa Rosa, was determined. Subsequently, the demand for biogas at the terminal was obtained and the biodigestion system was designed according to the parameters obtained, as well as selecting the components necessary to produce biogas. French's model was followed for the design process. In addition, the economic feasibility of the project was analyzed to determine its profitability.

Keywords: design, fish waste, biogas, biodigester

I. Introducción

A nivel mundial, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO), la producción pesquera durante el año 2014 fue de 93,4 millones de toneladas y el suministro per cápita (kg) fue de 20,1, el cual se incrementó en comparación a los años 2009 y 2013. Esto indica que la demanda de recursos hidrobiológicos ha ido incrementando en relación con el crecimiento poblacional y su tendencia al consumo de estos productos. Sin embargo, del total de producción, aproximadamente el 70% representa a los residuos orgánicos generados, como mezcla de vísceras, piel, entre otros. [1]

En el Perú, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2017 el desembarque de recursos marítimos fue de 4,2 millones de toneladas. [2] De las que cierta parte es destinada al consumo humano, así como también a la elaboración de enlatados, congelados, harina y demás. También según el I Censo Pesquero Artesanal realizado en el año 2012, el país cuenta con 12 mil embarcaciones, conformadas por una cantidad total de 47 mil pescadores. De los cuales, el 70% son informales. Por tal motivo, no cuentan con un sistema para encargarse de los residuos que producen, generando contaminación. [3]

En el departamento de Lambayeque, el distrito de Santa Rosa ubicado en la provincia de Chiclayo, es la zona encargada de la pesca artesanal. De acuerdo con el censo mencionado, este distrito desembarca aproximadamente 1,6 millones de TM al año. De las que, grandes cantidades son residuos sólidos producto de la misma actividad, representado uno de los focos contaminantes más grandes del distrito de Santa Rosa. [4] Los principales factores de contaminación durante el proceso de descarga de la pesca es la sanguaza, vísceras, y restos de pescado, que son generados en su mayoría por la permanencia del pescado en las bodegas, lo que provoca una descomposición más rápida. Las molestias a la población por el mal olor y el derrame de estos de desechos en el agua, son las consecuencias más significativas provocadas por esta actividad. [5] Por tal motivo, tanto a nivel mundial como nacional, se empezaron a buscar otro tipo de alternativas para aprovechar los desperdicios producidos por esta industria.

Dentro de estas alternativas tenemos el uso de los residuos hidrobiológicos en cuatro grandes sectores, los cuales son alimentario, salud, agropecuario y energético. En el sector alimentario se utilizan los residuos para la obtención de harina, aceite, colágeno, gelatina, enzimas y empaque de alimentos; en el sector salud se convierten las escamas en hidroxapatita, la cual posteriormente se emplea para el recubrimiento de prótesis o implantes; el sector agropecuario se utiliza para la creación de ensilado y fertilizantes; y en el sector energético se emplea como combustible, obteniendo biodiesel o biogás [1].

Esta investigación tiene como finalidad el aprovechamiento de los residuos generados por la pesca artesanal en el distrito de Santa Rosa, Chiclayo, para la implementación de un sistema de generación de biogás. Proponiendo una alternativa respetuosa con el medio ambiente para la mejor disposición de este desecho. Además, se podría obtener biocombustible que posteriormente se utilizaría en la Central Pesquera ECOMPHISA.

Es por esta razón que se plantea la siguiente interrogante, ¿es factible la generación de biogás utilizando los residuos pesqueros generados por la central pesquera ECOMPHISA, ubicada en el distrito de Santa Rosa, Chiclayo? Asimismo, como objetivo general diseñar un generador de biogás a partir de residuos pesqueros en el terminal pesquero ECOMPHISA distrito de Santa Rosa, Chiclayo. Para lo cual se consideró como objetivos específicos determinar la cantidad de residuos pesqueros que se generan en el Terminal Pesquero ECOMPHISA en el distrito de Santa Rosa, Chiclayo, posteriormente determinar la cantidad de biogás que demanda el Terminal Pesquero ECOMPHISA, seguidamente se planteó diseñar el sistema de biodigestión y seleccionar sus componentes para la producción de biogás a partir de residuos pesqueros para finalmente realizar la evaluación económica del diseño del sistema de generación de biogás.

Se sabe que una de las problemáticas de contaminación existentes en el mundo, es por los residuos sólidos generados en la actividad pesquera. Esta ha ido incrementando a la par con el desarrollo de la población, a lo largo de los años. Debido, a que el pescado es una fuente de alimentación que puede ser procesada de distintas formas para ser ofrecida al mercado consumidor. Anualmente, en el Perú, en el 2017 el desembarque de recursos marítimos fue de 4,2 millones de toneladas, siendo el 70%, los residuos orgánicos generados, como mezcla de vísceras, piel, entre otros. Es decir, aproximadamente 2 940 000 toneladas de desperdicios.

En la provincia de Chiclayo, en el distrito de Santa Rosa existe este gran inconveniente que tiene como origen la pesca artesanal. Por tal motivo, debido a las consecuencias provocadas por la mala gestión de los residuos generados durante la actividad pesquera, es que se llevará a cabo el desarrollo de la presente investigación. Con el fin de proporcionar una alternativa ecológica, para la resolución de este problema. Es así que se tomaría en cuenta la cantidad de restos generados, para poder utilizarlo en la producción de biogás o para producir una determinada cantidad de energía.

El aprovechamiento de los desechos provocados por la actividad pesquera para la generación de biogás contribuirá con el desarrollo de nuevas alternativas de solución, con el fin de reducir el impacto negativo causado por la disposición final que tiene los residuos pesqueros afectando de manera considerable a la población y al medio ambiente.

II. Marco teórico

Antecedentes

Iván Vera menciona la estimación de biogás que se podría generar a través de la digestión anaeróbica, obtenido de los residuos sólidos en la región de Ciénega de Chapala, que se encuentra en el país de México. A la vez, comenta la existencia de cuatro hipótesis: óptimo, intermedio óptimo, intermedio pesimista y pesimista. Los cuales varían de acuerdo con su construcción y al beneficio económico que aportaría a la zona [6].

La investigación de Treso K. Kumba tiene como objetivo principal la metodología del diseño de un biodigestor anaeróbico doméstico, en África. Puesto que la demanda de energética aumenta ya que el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles genera preocupación. A la vez se sabe que la tasa de carga orgánica, el tiempo de retención hidráulica y el tipo de desechos, influyen de manera directa en el proceso de diseño [7].

El objetivo principal del artículo de Robert Bedoic es la aplicación de un modelo de un biodigestor por medio de la digestión anaeróbica, utilizando como materia prima ensilaje de maíz, estiércol animal y lechada. Este proceso se realiza a condiciones estables por lo que se considera la aceptabilidad del modelo [8].

Elvis Calisaya explica cómo crear un biorreactor el cual produzca biogás en la ciudad de Puno utilizando excretas de cuy y que este, se pueda mantener a condiciones estables utilizando un controlador para, de esta forma, monitorear tanto la temperatura como la presión del biogás [9].

El objetivo principal de Winston Arrieta es el diseño de un sistema de generación de biogás a escala para el uso doméstico, de esta forma aprovechar los desechos del ganado vacuno y/o porcino, y satisfacer la demanda energética [10].

La investigación de Daniel Hermani tiene como objetivo analizar el costo-beneficio del aprovechamiento de los residuos sólidos generados por una unidad minera, a su vez se establecen los parámetros necesarios para el tratamiento de los residuos y obtener biogás y compost [11].

El objetivo principal de Oscar Gálvez es la implementación de un sistema híbrido el cual sea capaz de generar energía eléctrica con una potencia de 15 kW. Se tiene pensado crear un

prototipo que permita unir la energía fotovoltaica y con la biomasa, de esta forma tener beneficios ambientales por ambos lados [12].

Bases teóricas

Se debe resumir las definiciones revisadas en libros, artículos científicos y/o alguna otra fuente con conceptos relacionados directamente al tema de la investigación. Se pueden citar clasificaciones, teorías, etc.

En este apartado, cualquier omisión de cita es considerada plagio y va en contra de los derechos de autor.

Energía renovable

La energía renovable es aquella que se puede obtener de la naturaleza, esta posee una inmensa cantidad o se pueden restaurar con el paso del tiempo. La fuente de esta puede ser el agua, viento, sol, biomasa, etc. [13]

Es considerada como un tema muy importante para el hombre e investiga con profundidad para, poder reemplazar las formas clásicas de energía. Esta se desarrolló para obtener una solución a la gran contaminación, que genera la producción de energía a partir de combustibles fósiles. [9]

Biodigestor

Es un sistema que mantiene un ambiente con actividad biológica. También es llamado de esta forma al recipiente en el que se hacen procesos químicos que involucran organismos o sustancias bioquímicamente activas. Existen dos tipos: aeróbicos y anaeróbicos. Usualmente la forma de estos biorreactores es de cilindro y de volúmenes diferentes. [9]

Cabe resaltar que su diseño tiene que asegurar homogeneidad entre los componentes del sistema y los parámetros adecuados para el crecimiento del microbiano y la generación del producto que se desea. [14]

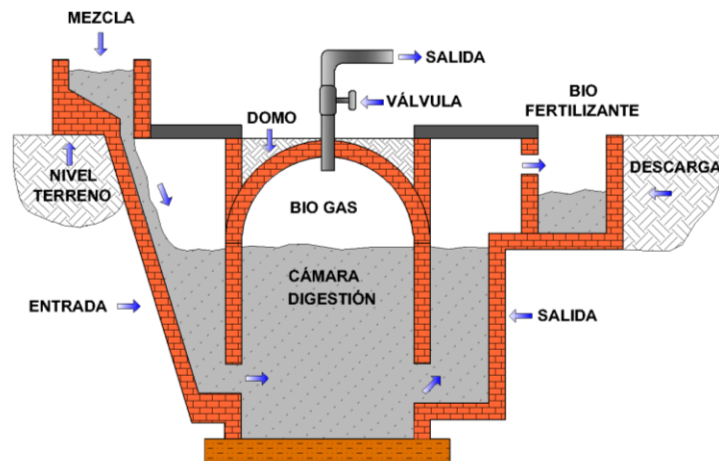


Figura 1. Biodigestor de domo fijo

Fuente: Dibujo asistido por computadora-taller AutoCAD

Tipos de biodigestor

- Plantas de globo o tipo salchicha:

El alto costo de los biodigestores comerciales hizo que se encontrara nuevos métodos para la obtención del biogás, de ahí nació la idea de utilizar materiales más económicos como nylon, neopreno, PVC.

En la parte superior del biodigestor se encuentra una bolsa en donde se almacena el biogás, en los extremos se encuentran tanto la válvula de entrada como la de salida. Sus más grandes ventajas son el bajo costo de fabricación, fácil transporte, fácil mantenimiento, sin embargo, también tiene desventajas como corto tiempo de vida, fácil de dañar [15].

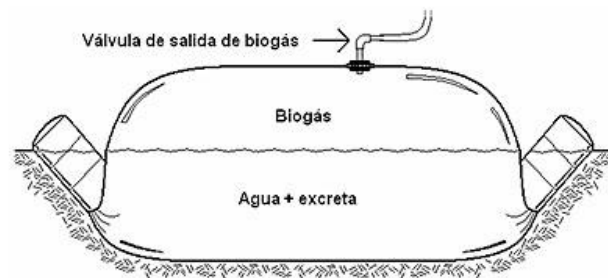


Figura 2. Biodigestor tipo salchicha

Fuente: BBCMUNDO.com Biogás a bajo costo en Costa Rica

- Domo fijo:

Emplea un recipiente fijo para almacenar el biogás, el cual se coloca en la parte superior del biodigestor. En el momento de la producción del biogás, este es desplazado a la parte superior donde se encuentra el tanque de presión. Al aumentar la presión del biogás se genera una constante oscilación lo que permite evitar la formación de una capa flotante.

Sus ventajas es que al estar enterrador el biodigestor, favorece el proceso de fermentación, a su vez, por los materiales que emplea su vida útil es más larga. Algunas de sus desventajas son los problemas frecuentes con la permeabilidad del biogás, puesto que puede producirse microfisuras en el recipiente producción altas pérdidas de biogás [15].

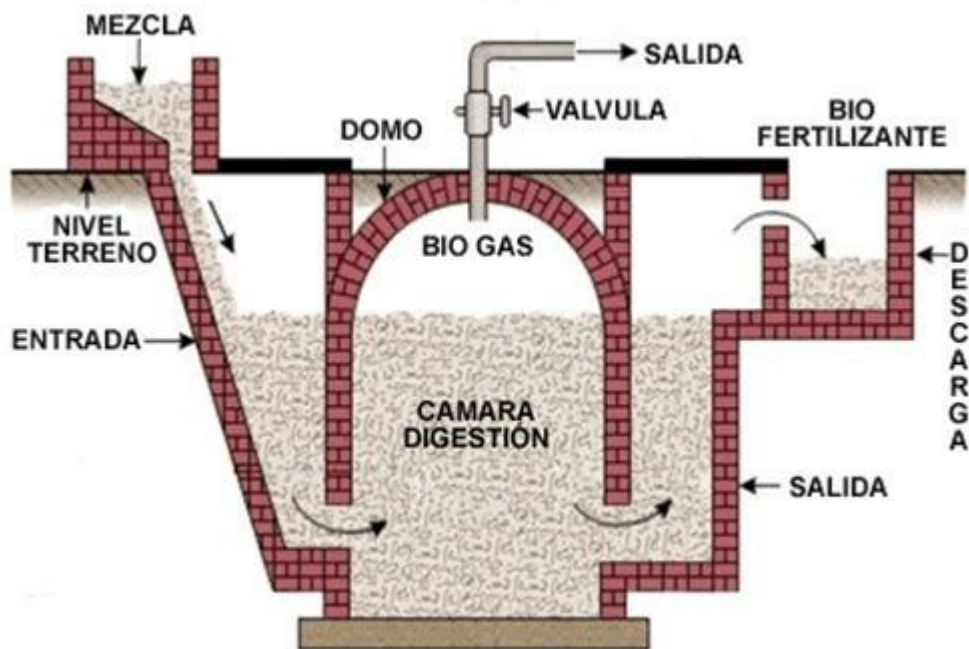


Figura 3. Biodigestor de domo fijo

Fuente: Los biodigestores: una tecnología que transforma sus desechos en energía

- Tambor flotante o tipo hindú:

Presenta un domo o campana en la parte superior, el cual se mantiene flotando a causa del biogás que retiene en la parte inferior. Este domo puede subir o bajar dependiendo de la cantidad y de la presión del biogás que almacena, de esta forma la presión interna del domo puede mantenerse a una presión constante. Se suele utilizar materiales anticorrosivos para el domo y las paredes puede ser de ladrillo u hormigón reforzado.

Dentro de sus ventajas tenemos su fácil operabilidad, puesto que es visible la cantidad de biogás almacenado y a su vez la presión de este es constante. En sus desventajas tenemos el elevado costo de materiales y el precio fijo del mantenimiento para poder mantener el tambor en buen estado [15].

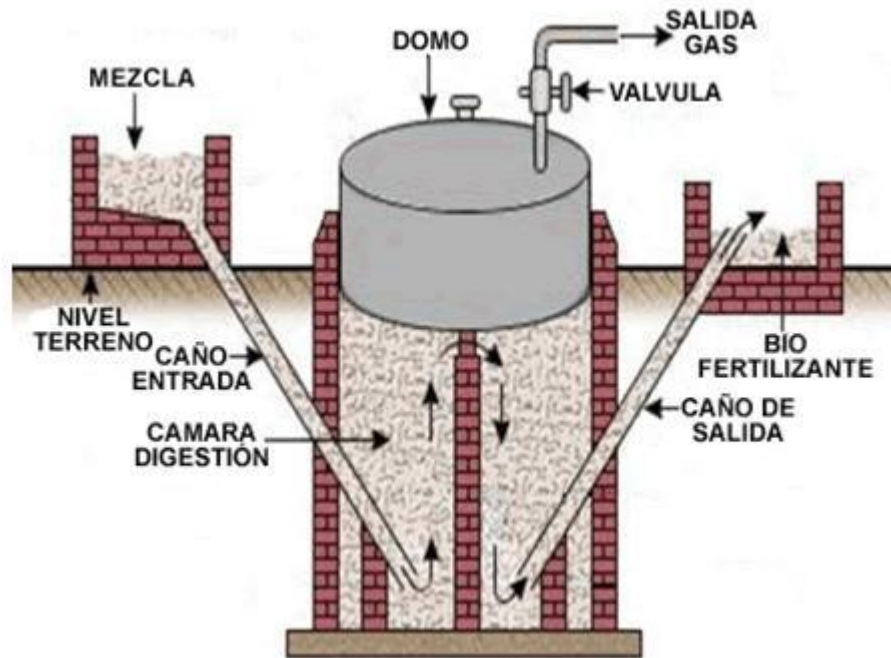


Figura 4. Biodigestor de domo flotante

Fuente: Los biodigestores: una tecnología que transforma sus desechos en energía

Diseño de biodigestor

Para poder realizar el diseño de un biodigestor se debe tener en cuenta, como parámetros principales, los siguientes: volumen del digestor, volumen de la cámara de fermentación y el volumen de la cúpula [16].

1.1.1.1. Volumen del digestor (V_d)

- Teniendo la materia orgánica diaria [16]

$$V_d = (kg_{excreta} + kg_{agua})T_r$$

Donde:

T_r = Tiempo que necesita la bacteria para degradar la materia

Este tiempo puede variar (20-55 días) dependiendo de la categoría de animales, puesto que se utilizan diferentes proporciones de agua y excreta.

- Teniendo el requerimiento de biogás diario [16]

$$V_d = \frac{C_g}{\eta_d}$$

Donde:

C_g = Necesidad de gas ($m^3/día$)

η_d = Eficiencia del biodigestor

- Teniendo la necesidad de gas dependiendo de la cantidad de personas

$$V_d = C_p / \eta_d$$

Donde:

C_p = Cantidad de personas

1.1.1.2. Volumen de la cámara de fermentación (V_{cf})

Está dado por un 75% a 80% del volumen del digestor, por ello [16]:

$$V_{cf} = V_d(0,75 \sim 0,80)m^3$$

1.1.1.3. Volumen de la cúpula (V_c)

Está dado por un 20% a 25% del volumen del digestor, por ello:

$$V_c = V_d(0,20 \sim 0,25)m^3$$

La cúpula tiene que ser capaz de almacenar el 60% del biogás producido diariamente para tener un funcionamiento eficiente [16].

1.1.1.4. Parámetros constructivos

Teniendo en cuenta que [16]:

V_d = Volumen del digestor

V_{cf} = Volumen de la cámara de fermentación

h_{cf} = Altura de la cámara de fermentación

d_{cf} = Diámetro de la cámara de fermentación

r_{cf} = Radio de la cámara de fermentación

r_c = Radio de la cúpula

h_c = Altura de cúpula

V_c = Volumen de la cúpula

Para expresar cada variable se tiene que dar una relación d/h, asumiendo la existencia de un valor conocido:

$$X = d_{cf}/h_{cf}$$

De esta forma podemos dar las siguientes expresiones:

$$h_{cf} = \sqrt[3]{4V_{cf}/\pi X^2}$$

$$d_{cf} = \sqrt{4V_{cf}/\pi h_{cf}}$$

$$r_{cf} = d_{cf}/2$$

$$r_c = \sqrt{h_{cf}^2 + r_{cf}^2}$$

$$h_c = r_c - h_{cf}$$

$$V_c = \pi h_c \left(\frac{d_{cf}^2}{8} + \frac{h_c^2}{6} \right)$$

Se debe tener en cuenta las condiciones ya establecidas anteriormente:

$$V_{cf} = V_d(0,75 \sim 0,80)$$

$$V_c = V_d(0,20 \sim 0,25)$$

Biomasa

Se le denomina biomasa a la materia orgánica que tiene como origen los desechos animales, desechos forestales, provenientes de la agricultura, aserraderos, basura, aguas residuales y desechos urbanos, que pueda transformarse en energía. [12]

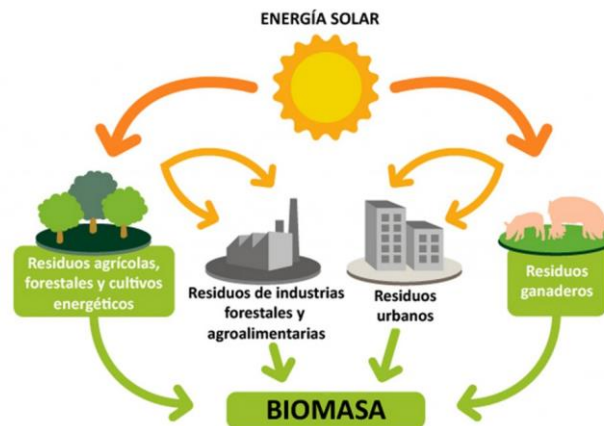


Figura 5. Tipos de biomasa

Fuente: EBA (estructuras bioclimáticas avanzadas S.L.)

Clasificación de la biomasa

- Biomasa Natural:

Es aquella que aparece de la naturaleza, sin ninguna intervención del hombre [15].

- Biomasa Residual:

Es aquella que se genera a partir de las actividades de agricultura y ganadería, agroalimentaria, entre otras [15].

Tipos de biomasa

- Residuos Industriales:

Se les denomina así a los residuos industriales generados por los sectores agrícolas, forestales, agroalimentarios [12].

- Residuos Urbanos

Son generados por las ciudades y pobladores, son las aguas residuales (industriales y urbanas), residuos sólidos, cultivos energéticos [12].

- Residuos Rurales

Son llamados así a los desechos que se generan por el trabajo con ganado y de la tierra en zonas rurales, son los residuos ganaderos, agrícolas, forestales [12].

Digestión anaeróbica

Es una fermentación microbiana con poco oxígeno que genera una mezcla de gases, conformado principalmente de metano y dióxido de carbono, llamado biogás y a una sustancia acuosa que es biomasa de baja calidad, por el mismo proceso que de descomposición. [17] [12]

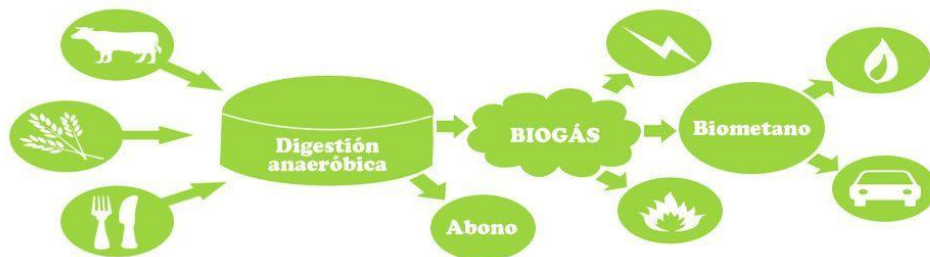


Figura 6. Digestión anaeróbica

Fuente: BIOGAS expertos en plantas de biogás

Digestión aeróbica

Se da por unos microorganismos que necesitan de oxígeno atmosférico o de agua. Se fermentan a partir de un aporte energético que es producido por una reacción exotérmica. Su producto final es CO_2 y H_2O . Esta digestión conlleva a la generación de biomasa útil que se utiliza como fertilizante orgánico sólido. [12]

Biogás

Es un combustible que se obtiene en medios naturales o dispositivos específicos, este se genera a lo largo de diferentes etapas de descomposición de la materia orgánica, gracias a los microorganismos y otros factores. Se obtiene una mezcla de metano, que es aproximadamente entre 50% y 70% en volumen, y dióxido de carbono, también contiene pequeñas cantidades de otros gases como hidrógeno, nitrógeno, etc. El biogás tiene como poder calorífico un promedio entre 18,8 y 23,4 MJ/m^3 . [9] [12]

Pesca artesanal

Es el tipo de pesca realizado por personas sin una embarcación en ríos y lagos o zonas costeras. También es considerado como la pesca practicada en una embarcación que puede trabajar hasta un máximo de 3 millas náuticas del mar. [18]

Residuos pesqueros

Los residuos pesqueros incluyen las vísceras, esqueleto, piel, aletas, caparazón, entre otros. El suministro de pescado per-capitán (kg) fue de 20,1 en el 2014, sin embargo, el 70% representa residuos orgánicos. [19]

III. Metodología

Tipo de investigación

- **Enfoque**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, puesto que trabaja con datos concretos.

- **Tipo**

El tipo de investigación es descriptiva no experimental.

Proceso de diseño

Se utilizará el modelo descriptivo

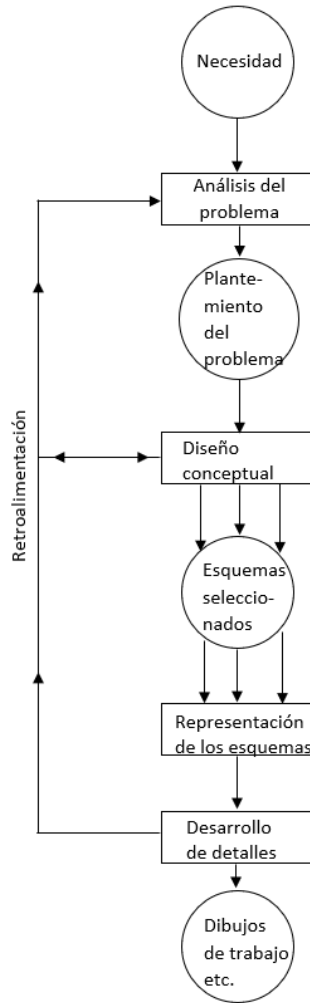


Figura 7. Modelo de French del proceso de diseño

Fuente: Métodos de diseño (Cross).

Este modelo consta en tres actividades:

- **Diseño conceptual:**

Se toma el planteamiento del problema y se crea una solución general [20].

- **Dar forma a los esquemas:**

Los esquemas se mejoran y en caso existiera más de uno, se toma el que tengo las mejores especificaciones. En este punto debería existir ya una buena cantidad de retroalimentación [20].

- Desarrollo de detalles:

Se mejora todo el proceso para tener el mejor acabado posible, menores gastos y a la vez producir todo en un corto tiempo [20].

Población y muestra

La muestra poblacional dada en el presente trabajo es el Terminal Pesquero ECOMPHISA.

Formulación de hipótesis

Es factible elaborar un biodigestor para generar biogás a partir de residuos pesqueros en el Terminal Pesquero ECOMPHISA en el distrito de Santa Rosa, Chiclayo

Técnica o herramienta

Se utilizará el diseño colaborativo como técnica. Se le denomina así al diseño realizado por un equipo que posee diferentes cualidades y puede hacer aportes de forma física y virtual. Se tiene que crear una base de conocimiento y de esta formar unir de forma adecuada las diferentes disciplinas que aportarán en el diseño [20].

Las herramientas por utilizar son:

- Búsqueda bibliográfica.
- Proyección.
- Aplicación computacional de software.

Instrumentación

- Ficha de búsqueda bibliográfica: Tiene con fin mantener un registro de los datos más relevantes dentro de una fuente bibliográfica, a su vez tener un resumen de esta.
- Método de suavizamiento exponencial: Se utilizará para poder hallar una cantidad con mayor precisión de los recursos desembarcados en el Terminal Pesquero ECOMPHISA.

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índice	Metodología, técnicas e instrumentos
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente			
¿Es factible la generación de biogás utilizando los residuos pesqueros generados por la central pesquera ECOMPHISA, ubicada en el distrito de Santa Rosa, Chiclayo?	Diseñar un sistema de generación de biogás a partir de residuos pesqueros en el distrito de Santa Rosa, Chiclayo	Si es factible diseñar un generador de biogás a partir de residuos pesqueros en el terminal pesquero ECOMPHISA distrito de Santa Rosa, Chiclayo.	Residuos pesqueros	Cantidad de residuos pesqueros generados en el Terminal Pesquero ECOMPHISA	Tm	Tipo de investigación: Descriptiva Diseño: No experimental Población: Terminal pesquero ECOMPHISA Muestra: Terminal pesquero ECOMPHISA Instrumentos: Ficha de búsqueda bibliográfica
	Objetivos específicos		Variable dependiente	Gasto energético producido por el Terminal Pesquero ECOMPHISA	kW	
	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la cantidad de residuos pesqueros que se genera en el Terminal Pesquero ECOMPHISA en el distrito de Santa Rosa, Chiclayo. - Determinar la cantidad de biogás que demanda el Terminal Pesquero ECOMPHISA. - Diseñar el sistema de biodigestión y seleccionar sus componentes para la producción de biogás a partir de residuos pesqueros. - Realizar la evaluación económica del diseño del sistema de generación de biogás. 		Diseño de un sistema de generación de biogás	Cantidad de biogás obtenido por el sistema de generación	m ³	
				Poder calorífico	Kcal/m ³	
			Costo final de biodigestor	S/.		

IV. Resultados

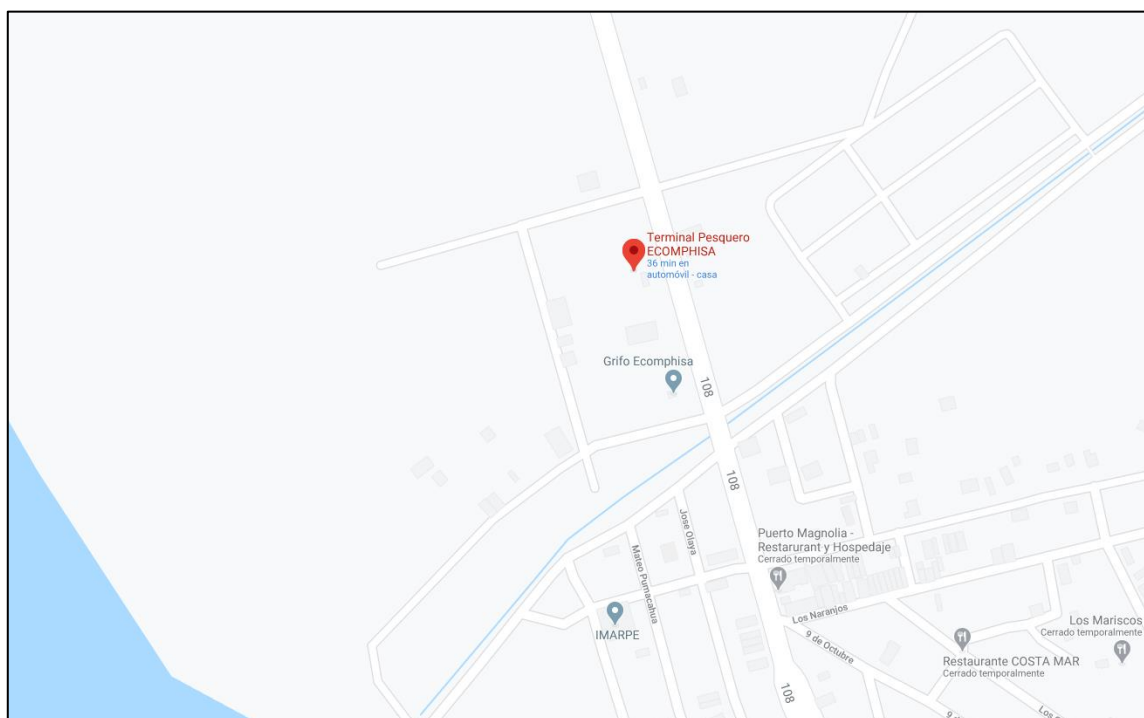
Determinar la cantidad de residuos pesqueros que se generan en el termina pesquero ecomphisa en el distrito de santa rosa, chiclayo.

Datos generales de la empresa

Nombre: Terminal Pesquero ECOMPHISA

Dirección: Prolongación Mariscal Castilla s/n. Carretera Pimentel-Santa Rosa.

Ubicación:



Fuente: Google Maps

Cantidad de desembarque de recursos hidrobiológicos

Se tienen las cantidades de recursos hidrobiológicos desembarcados por un periodo de 5 años.

Tabla 1. Cantidad de recursos hidrobiológicos desembarcados en Santa Rosa (Terminal Pesquero ECOMPHISA)

AÑO	TOTAL (Tm)
2015	6389
2016	10846
2017	4229
2018	6266
2019	11622

Fuente: Adaptado de Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola

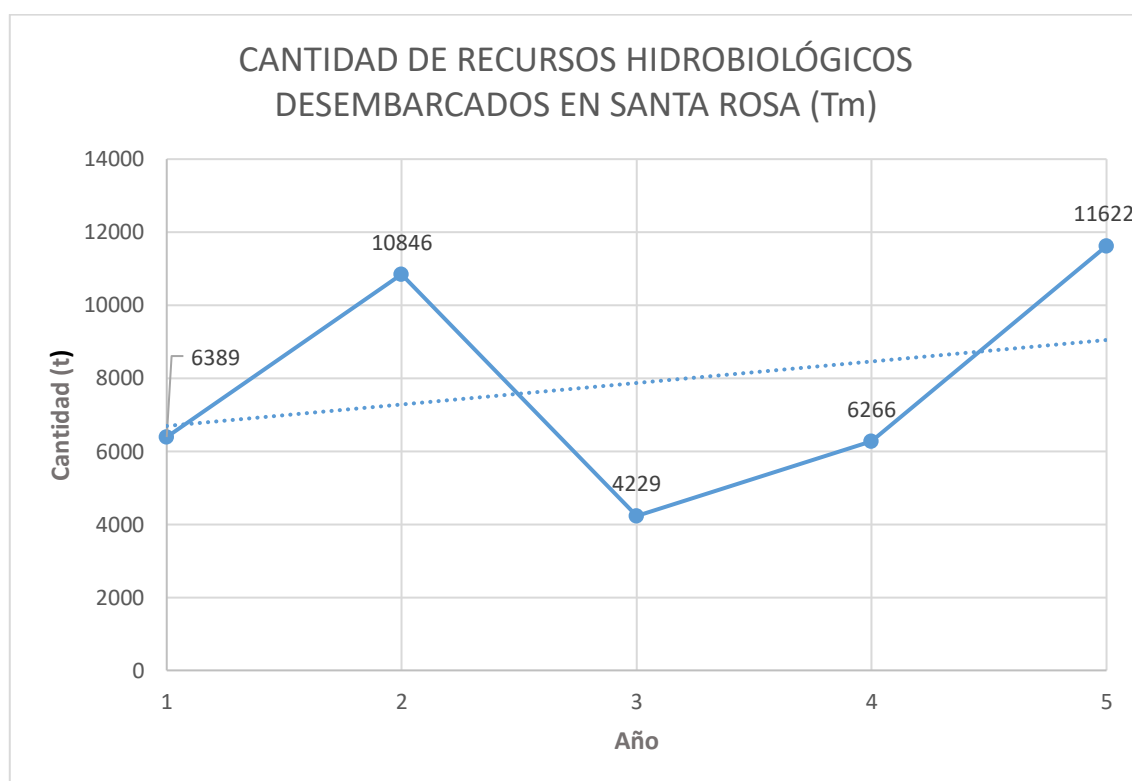


Figura 8. Diagrama de dispersión de recursos hidrobiológicos desembarcados en Santa Rosa

Fuente: Elaboración propia

Para la proyección de la cantidad de recursos hidrobiológicos desembarcados en el terminal pesquero ECOMPHISA, se realizó mediante el método de suavizamiento exponencial.

Tabla 2. Proyección de la cantidad de recursos hidrobiológicos que desembarcarán en Santa Rosa (Terminal Pesquero ECOMPHISA)

AÑO	PROYECCIÓN DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS DESEMBARCADOS EN SANTA ROSA
2020	6389
2021	6835
2022	6574
2023	6543
2024	7051

Fuente: Elaboración propia

$$P = \frac{6389 + 10846 + 4299 + 6266 + 11622 + 6389 + 6835 + 6574 + 6543 + 7051}{10}$$

$$= 7274,4$$

El promedio de recursos durante un año sería de 7274,4 Tm.

Cálculo de cantidad de residuos

Teniendo en cuenta que el 70% de lo obtenido por las actividades pesqueras son considerado residuos [1].

$$\text{Residuos} = 7274,4 \times 70\% = 5092,08$$

Los residuos generados durante un año serán 5092,08 Tm. Teniendo en cuenta esto, se contaría con un total de 13 950,97 kg/día.

Determinar la cantidad de biogás que demanda el terminal pesquero ecomphisa.

Demanda energética

Teniendo en cuenta la figura 9, se tomó una demanda energética promedio del 30000 kWh.

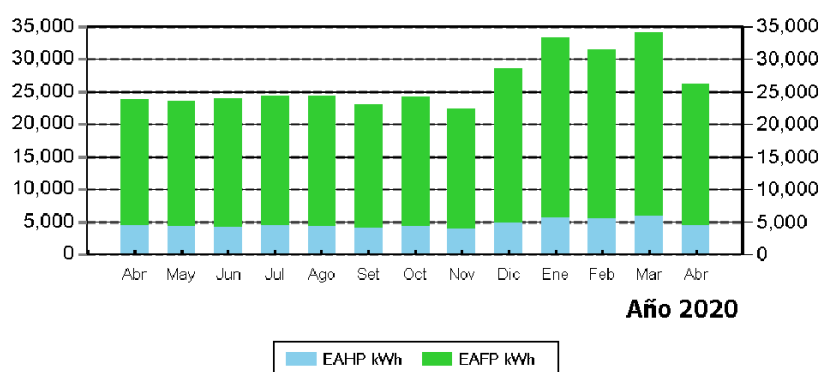


Figura 9. Demanda energética

Fuente: ENSA

Demanda de biogás

Para hallar la demanda de biogás se realiza mediante la equivalencia entre kWh y m^3 de biogás. Teniendo en cuenta que $300 m^3$ es equivalente a 600 kWh de energía. [21]

$$300 m^3 \rightarrow 600 kWh$$

$$BIOGÁS \rightarrow 30000 kWh$$

La demanda de biogás sería de $15000 m^3$, teniendo en cuenta que este valor será por mes, se pasó el valor a días para facilitar el cálculo del diseño del biodigestor.

$$15000 m^3 / mes = 500 m^3 / día$$

1.1.2. Composición química del biogás

Se sabe que la composición de biogás es de una mezcla de diferentes gases, esta se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 3. Composición del biogás

Compuesto del Biogás	%
Metano (CH_4)	50-70
Dióxido de Carbono (CO_2)	25-45
Vapor de Agua (H_2O)	1-2
Monóxido de Carbono (CO)	0-0,3
Nitrógeno (N_2)	1-5
Hidrógeno (H_2)	0-3
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	0,1-0,5
Oxígeno (O_2)	0,1-1

Fuente: Manual de usuario de la Tecnología del biogás

Balance de compuestos que generan energía

- Metano: teniendo en cuenta la tabla 3, se tomó un porcentaje del 50%
- Hidrógeno: teniendo en cuenta la tabla 3, se tomó un porcentaje del 2%
- Oxígeno: teniendo en cuenta la tabla 3, se tomó un porcentaje del 0,1%

Con un total de 52,1%.

Porcentaje en volumen y cantidad en kg del combustible

Teniendo en cuenta el porcentaje hallado anteriormente y la demanda de biogás ($500 m^3 / día$) se halló el porcentaje en volumen, el cual es el siguiente.

- $500 m^3 \times 60\% CH_4 = 300 m^3 CH_4$
- $500 m^3 \times 2\% H_2 = 10 m^3 H_2$

- $500m^3 \times 0,1\%O_2 = 0,5m^3O_2$

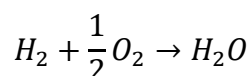
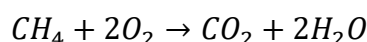
Utilizando la densidad de cada gas, se halló la cantidad en kg de combustible

- $300m^3CH_4 \times 0,656 \frac{kg}{m^3} = 196,8kgCH_4$

- $10m^3H_2 \times 0,0899 \frac{kg}{m^3} = 0,899kgH_2$

- $0,5m^3O_2 \times 1,429 \frac{kg}{m^3} = 0,7145kgO_2$

Balance de masa



Bien se sabe que el contenido de metano en el biogás varía entre el 50% al 70%, este es uno de los principales parámetros para poder utilizar los generadores. Se consideró el 50% de forma teórica [10].

Teniendo en cuenta esto, y que el calor producido por la reacción es de 212 kcal/mol, así como $1m^3$ es igual a 44,64 mol, tenemos lo siguiente.

$$212 \frac{kcal}{mol} \times 44,64 \frac{mol}{m^3} = 9463,68 kcal/m^3$$

Con los datos obtenidos anteriormente se halló el poder calorífico del biogás.

$$9463,68 \frac{kcal}{m^3} \times 50\% = 4881,84kcal/m^3$$

Diseñar el sistema de biodigestión y seleccionar sus componentes para la producción de biogás a partir de residuos pesqueros.

Selección del biodigestor

Para la selección del biodigestor se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Inversión
- Biomasa con la cual se alimentará
- Dimensiones del biodigestor
- Características de la zona de instalación
- Permeabilidad

Tabla 4. Cuadro de decisiones

FACTORES	PESO RELATIVO	Alternativas					
		Flujo continuo		Domo fijo		Tambor flotante	
Inversión	0,21	30	6	10	2	10	2,1
Biomasa	0,14	20	3	20	3	20	2,9
Dimensiones	0,29	30	9	10	3	10	3
Zona	0,21	30	6	20	4	20	4
Permeabilidad	0,14	30	4	20	3	20	3
			29		15		15

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el biodigestor a utilizar será el Biodigestor tipo Salchicha de flujo continuo. Puesto que, al compáralo con el domo fijo o tambor flotante, tiene mejores prestaciones, ya sea por el costo como por algunas propiedades que los otros no cuenta. El principal motivo es el costo bajo, mejores propiedades, fácil instalación y mantenimiento.

Dimensiones del biodigestor

Existen 3 métodos para poder a establecer estos parámetros, utilizando la cantidad de residuos diarios, la demanda de biogás o la población a la que alimentará. En este caso se comparó los resultados entre la demanda de biogás necesaria y la cantidad de residuos obtenidos diariamente. [16]

Volumen total del Biodigestor

Para poder hallar el volumen total se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_d = \frac{C_g}{\eta_d}$$

Teniendo los valores de

$$C_g = 500 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\eta_d = 0,8$$

Sabiendo esto se obtuvo un volumen total del biodigestor de:

$$V_d = 625 \text{ m}^3$$

Utilizando la cantidad de la biomasa diaria sería:

$$V_d = (kg_{excreta} + kg_{agua})T_r$$

Teniendo los valores de

$$kg_{excreta} = 13\,950,9\,kg$$

$$kg_{agua} = 0\,kg \text{ (No es necesario agregar agua al biodigestor por el tipo de residuo)}$$

$$T_r = 3\,días \text{ (tiempo de degradación de la materia)}$$

Teniendo como resultado:

$$V_d = 41\,850,71\,m^3$$

Se tomó únicamente el 1,5% de los residuos que genera el terminal pesquero para poder realizar el diseño del biodigestor.

Parámetros de la manga tubular

El material utilizado para la fabricación de los biodigestores usualmente se polietileno o geomembrana de PVC, se usó geomembrana de polietileno, vendido en forma tubular por rollos de 50 metros, en los que varía el ancho de este. Es la forma que posee lo que permite crear una cámara hermética al amarrar ambos extremos de la manga [22].

Teniendo en cuenta el volumen total del biodigestor se optó por utilizar 2 mangas tubulares en paralelo, por las grandes dimensiones del mismo.

Tabla 5. Longitudes mínima, máxima y óptima de biodigestores tubulares según circunferencias

Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				mínima (m)	máxima (m)	óptima (m)
2	1	0,32	0,64	3,2	6,4	4,8
3	1,5	0,48	0,96	4,8	9,5	7,2
4	2	0,64	1,28	6,4	12,7	9,5
5	2,5	0,8	1,6	8	15,9	11,9
6	3	0,95	1,9	9,5	19,1	14,3
7	3,5	1,11	2,22	11,1	22,3	16,7
8	4	1,27	2,54	12,7	25,5	19,1
9	4,5	1,43	2,86	14,3	28,6	21,5
10	5	1,59	3,18	15,9	31,8	23,9
14	7	2,23	4,46	22,3	44,6	33,4

Fuente: Biodigestores Tubulares Guía de Diseño y Manual de Instalación

De la tabla 5 se hallaron las medidas necesarias para cada biodigestor teniendo una circunferencia de 14 metros, ancho de rollo de 7 metros, radio de 2,23 metros y una longitud

tomada de 22,3 metros, la cual es la mínima. Se tomó esta última medida aproximándose el volumen total del biodigestor.

Parámetros de la zanja

Lo siguiente que se tendrá en consideración será la zanja en la que irá instalado el biodigestor, para ello se debe saber los siguientes parámetros.

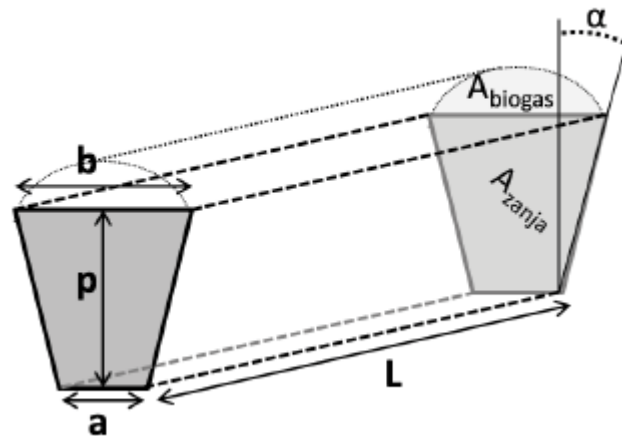


Figura 10. Esquema de una zanja trapezoidal.

Fuente: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación.

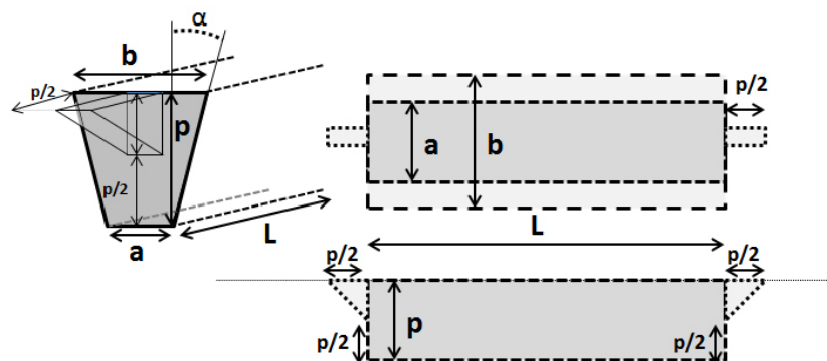


Figura 11. Esquema de la zanja del biodigestor tubular.

Fuente: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación.

Teniendo en cuenta que:

a=ancho inferior (m)

b=ancho superior (m)

p= profundidad (m)

α =constante dependiente del tipo de suelo ($\alpha=30^\circ$ a 45° para suelos arenosos, $\alpha=7,5^\circ$ a 30° para suelos arcillosos).

Para obtener los parámetros ya mencionados se utilizó la tabla 6, en la cual se indican las medidas exactas necesarias de la zanja.

Se utilizó un ángulo de 45° para que el área de la zanja sea menor, puesto que la longitud a utilizar es amplia.

Tabla 6. Parámetros de dimensionado de zanjas de biodigestores tubulares a partir del ángulo α y el radio de la circunferencia disponible de manga tubular.

α (°)	%VL	%VB	a(m)	b(m)	p(m)	A_{zanja} (m^2)	A_{biogas} (m^2)	A_{Total} (m^2)
desde vertical								
0	88	12	1,49 x r	1,49 x r	1,57 x r	2,34 x r^2	0,32 x r^2	2,65 x r^2
0	83	17	1,41 x r	1,41 x r	1,57 x r	2,22 x r^2	0,45 x r^2	2,67 x r^2
0	80	20	1,34 x r	1,34 x r	1,57 x r	2,10 x r^2	0,53 x r^2	2,63 x r^2
7.5	80	20	1,23 x r	1,63 x r	1,54 x r	2,20 x r^2	0,55 x r^2	2,75 x r^2
15	76	24	1,02 x r	1,82 x r	1,49 x r	2,12 x r^2	0,69 x r^2	2,80 x r^2
30	75	25	0,72 x r	2,26 x r	1,33 x r	1,98 x r^2	0,66 x r^2	2,64 x r^2
45	65	35	0,43 x r	2,57 x r	1,07 x r	1,64 x r^2	0,86 x r^2	2,47 x r^2

Fuente: Biodigestores Tubulares Guía de Diseño y Manual de Instalación

Teniendo en cuenta el radio de 2,23 metros se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 7. Dimensiones de la zanja del biodigestor

L(m)	a(m)	b(m)	p(m)	A_{zanja} (m^2)	A_{biogas} (m^2)	A_{Total} (m^2)
24,95	0,96	5,73	2,39	8,16	4,28	12,28

Fuente: Elaboración propia

Instalación del biodigestor

Para la instalación del biodigestor se recomienda ubicarlo en una zona asoleada y evitar caminos.

Se utilizó una doble capa de plástico para que este sea más resistente.

Excavación de la zanja

Esta no debe tener desniveles, aunque se considera aceptable que tenga un 5%.

Una vez construida la zanja se procederá a quitar las piedras o raíces que pueda tener, así mismo se forra el interior de las paredes con materiales resistentes para una mayor protección del tubo plástico donde se mantendrá apoyado.

Salida del biogás

Se ubicó en la parte superior del biodigestor, exactamente donde se forma la cúpula de este. Por comodidad se instaló cerca de uno de los extremos del plástico, para que de esta forma se pueda acceder a este punto de una forma más fácil [23].

Se utilizó un accesorio llamado “brida” o “flange”, el cual se emplea usualmente en la salida de los tanques prefabricados [23].



Figura 12. Instalación de accesorio de la salida del biogás

Fuente: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación.

Sujeción de tuberías

Se utilizó una tubería de 4 pulgadas por el tipo de residuos que se manejó. Se añadió un borde de protección al lado de la tubería que va dentro del biodigestor, de esta forma se evitan accidentes proporcionados por los bordes irregulares que tienen los tubos. Asimismo, se usó caucho, también se puede utilizar cinta adhesiva ancha [23].

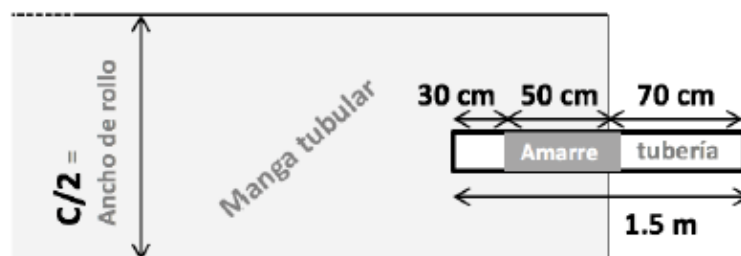


Figura 13. Instalación de tubería de entrada y salida.

Fuente: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación.

Esta tubería se colocó en cada extremo, se aseguró que quedó centrado se continuo con la sujeción de la misma como se muestra en la figura 13, con un amarre de 50cm, es se realiza con caucho o hule para que de esta forma se pueda mantener la tensión y no exista la posibilidad de fugas. En la parte final de la sujeción se realizó un nudo con el mismo material que se utilizó para el mismo.



Figura 14. Amarre con caucho o banda de hule

Fuente: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación.

Válvula de alivio de biogás

Se colocó un válvula y seguida de esta un T que lleva a una salida hacia abajo donde se coloca una porción de tubo de aproximadamente entre 7 y 8 pulgadas, este va sumergido en un envase de 2,5L, el cual contiene agua hasta $\frac{3}{4}$ del envase. Tiene como función de permitir el escape de gas cuando haya una presión excesiva en las bolsas, de esta forma se evita una falla del sistema por gas acumulado no utilizado. [24]

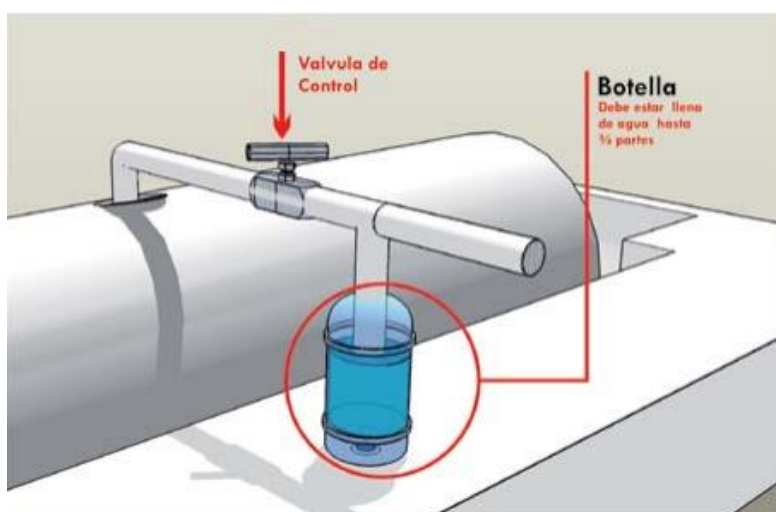


Figura 15. Válvula de alivio de biogás

Fuente: Manual Técnico: La Experiencia de Construcción y Uso de Biodigestores para Producción Energética en Copan y Lempira.

Filtro de ácido sulfhídrico

El biogás es una mezcla entre un compuesto de metano y dióxido, sin embargo, se sabe que puede contener algunos niveles de ácido sulfhídrico, el cual a niveles elevados es tóxico y a su vez corroen los metales que puede encontrar a su paso [23].

Para el uso de biogás se necesitó instalar un filtro de ácido sulfhídrico en el área cercana a utilizar el combustible. Este filtro consiste en una tubería accesible de mayor diámetro a la utilizada puesto que al interior se colocó lana de hierro oxidado [23].

Al inicio del filtro se instala una llave seguida de una unión universal, en este punto va la tubería, de aproximadamente 50cm, a utilizar donde irá la lana de hierro. Esta sección de tubo es diámetro mayor, como ya se mencionó anteriormente, de 2 pulgadas. De esta forma el cambio de la lana de hierro será más fácil, se utiliza la llave para cerrar el paso de gas, se retira la tubería para cambiar la lana y se instala nuevamente. El cambio de esta es cuando se pueda apreciar un olor desagradable, esto significa que el filtro a dejado de funcionar. [23]



Figura 16. Esquema de instalación de filtro de ácido sulfhídrico.

Fuente: Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación

Realizar la evaluación económica del diseño del sistema de generación de biogás.

Análisis de la inversión

Para realizar el análisis económico del diseño de un sistema de generación biogás, se tuvieron en cuenta diferentes factores como:

- Costos de equipos
- Costo de mano de obra
- Costos de operación y mantenimiento

Para el diseño del biodigestor se consideró los costos en equipos y mano de obra. Dando como su resultado un total de S/. 203 221,60. Los cuales se pueden observar en las siguientes tablas.

Tabla 8. Equipos para construcción de biodigestor

EQUIPOS	Cantidad (unidad)	Precio (S/.)	TOTAL S/.
Tubular de geomembrana de PVC de 4,46m*22,3m	2	S/ 83 600,00	S/ 167 200,00
Codos PVC 90° 1"	4	S/ 2,90	S/ 11,60
T PVC 1"	6	S/ 3,90	S/ 23,40
Llave de paso de bronce 1"	2	S/ 46,90	S/ 93,80
Frasco de 4L	2	S/ 10,00	S/ 20,00
Correa de caucho 5cm*2m	8	S/ 20,00	S/ 160,00
Ladrillos	3000	S/ 0,70	S/ 2 100,00
Bolsa de cemento	100	S/ 25,00	S/ 2 500,00
Esponjilla metálica	4	S/ 2,80	S/ 11,20
Abrazaderas metálicas 1"	20	S/ 2,50	S/ 50,00
Pegamento de PVC 1/4 galón	4	S/ 25,90	S/ 103,60
Tubería de PVC 1" * 5m	10	S/ 17,90	S/ 179,00
Tubería de PVC 1/2" * 5m	10	S/ 10,40	S/ 104,00
Tubería de PVC 2" * 5m	1	S/ 35,00	S/ 35,00
Piedra kg	500	S/ 3,50	S/ 1 750,00
Arena fina kg	500	S/ 4,00	S/ 2 000,00
TOTAL			S/ 176 341,60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Costo de mano de obra en la instalación del biodigestor

MANO DE OBRA		CANTIDAD	SUELDO BÁSICO	HORAS DE TRABAJO (hora/día)	SUELDO MENSUAL SUBTOTAL
BIODIGESTOR	Operarios	6	S/. 12,00	8	S/. 13 824,00
	Ingeniero Supervisor	1	S/. 20,00	8	S/. 3 840,00
	Técnico de Instalación	2	S/. 15,00	8	S/. 5 760,00
	Ingeniero de Seguridad	1	S/. 18,00	8	S/. 3 456,00
TOTAL					S/ 26 880,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Costo total del biodigestor

INVERSIÓN BIODIGESTOR		
EQUIPOS	S/	176 341,60
MANO DE OBRA	S/	26 880,00
TOTAL	S/	203 221,60

Fuente: Elaboración propia

Para instalación de los generadores a utilizar, también se consideró los costos en equipos y manos de obra. Dando una suma total de S/. 54 504,00 de inversión. Se aprecian las siguientes tablas.

Tabla 11. Costo de instalación de generadores

EQUIPOS	Cantidad (unid)	Precio (S/.)	TOTAL S/.
Generador C80N6	1	S/ 38 000,00	S/ 38 000,00
Tanque reservorio	2	S/ 500,00	S/ 1 000,00
Tubo galvanizado 1/2"*4m	1	S/ 500,00	S/ 500,00
Abrazaderas metálicas 1/2"	8	S/ 20,00	S/ 160,00
Pegamento	3	S/ 20,00	S/ 60,00
TOTAL			S/ 39 720,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Mano de obra de instalación de generadores

MANO DE OBRA					
CARGO	CANTIDAD	SUELDO BÁSICO	HORAS DE TRABAJO (hora/día)	SUELDO MENSUAL	SUBTOTAL
Operarios	2	S/. 12,00	8	S/. 4 608,00	
Ingeniero Supervisor	1	S/. 20,00	8	S/. 3 840,00	
GENERADORE S ELÉCTRICOS Técnico de Instalación	1	S/. 15,00	8	S/. 2 880,00	
Ingeniero de Seguridad	1	S/. 18,00	8	S/. 3 456,00	
TOTAL					S/ 14 784,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Inversión total de generadores

INVERSIÓN GENERADORES		
EQUIPOS	S/	39 720,00
MANO DE OBRA	S/	14 784,00
TOTAL	S/	54 504,00

Fuente: Elaboración propia

La inversión total para la implementación del sistema de generación es de S/ 257 725,60.

Costos del sistema de generación

Costos de mantenimiento

Se consideró el 1% de la inversión total para costos de mantenimiento.

Tabla 14. Costos de mantenimiento

%	INVERSIÓN TOTAL	C. MANTE.
1%	S/ 257 725,60	S/ 2 577,26

Fuente: Elaboración propia

Salario de los trabajadores encargados

Para determinar el salario de cada uno de los trabajadores encargados de monitorear el sistema, se tuvo en cuenta todo lo correspondiente de acuerdo a ley. Como asignación familiar, CTS, seguro de vida y gratificación. Dando un total anual para los 16 trabajadores de S/. 325 080,00.

Tabla 15. Salario anual de trabajadores

	Salario Anual Total
Trabajadores encargados	S/ 325 080,00

Fuente: Elaboración propia

Ingresos

Bono de carbono

De acuerdo con el protocolo de Kioto se puede solicitar el aporte de un bono de carbono. Este se aplica al generar energía libre de CO₂ para mitigar el efecto invernadero en diferentes países. El aporte del bono de carbono es de \$70,00 por cada 1000kg de CO₂ no emitido [25].

Tabla 16. Bono de Carbono

	Costo \$	Costo S/.
1000kg de CO ₂	\$70,00	S/ 266,00

Fuente: Elaboración propia

Se establece que el consumo anual en kWh se puede multiplicar por el factor de emisión, el cual es de 0,385 que es la cantidad de CO₂ emitido para la generación de esa energía eléctrica utilizada [26]. Por lo tanto, el ingreso por bono de carbono es de S/. 35 300,73.

Tabla 17. Ingreso por Bono de Carbono

	Consumo anual (kWh)	Factor de emisión (Kg de CO2 eq/kWh)	Kg de CO2 eq	Ingreso por Bono de carbono S/.
Electricidad	344700	0,385	132709,5	S/ 35 300,73

Fuente: Elaboración propia

Venta de kWh

Para obtener el costo de venta de kWh, se utilizó LCOE, el cual es el coste teórico de generar energía eléctrica [12]. La fórmula que se utilizó es la siguiente:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^t \frac{i + Mt}{(1 + r)^t}}{\sum_{t=1}^t \frac{E}{(1 + r)^t}}$$

Donde:

- Mt= costes de operación y mantenimiento
- E= energía generada durante la vida del sistema
- r= tasa de descuento (12%)
- i= inversión inicial
- t= vida estimada de la instalación (20 años)

Se obtuvo un costo de LCOE de 0,9 nuevos soles por cada kWh.

Flujo de caja

Finalmente, se realizó la evaluación económica financiera basada el flujo de caja. A través de los indicadores como el Valor Actualidad Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), es que se evalúa si el proyecto será o no viable.

Tabla 18. Flujo de caja

Ítems		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 11	Año 16	Año 18	Año 19	Año 20
INVERSION	S/	257 725,60										
TOTAL DE INVERSIÓN	S/	257 725,60										
INGRESOS												
Bono de carbono			S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73	S/ 35 300,73
Venta de energía			S/ 310 230,00	S/ 313 332,30	S/ 316 465,62	S/ 319 630,28	S/ 322 826,58	S/ 342 686,92	S/ 360 167,40	S/ 367 406,76	S/ 371 080,83	S/ 374 791,64
TOTAL DE INGRESOS			S/ 345 530,73	S/ 348 633,03	S/ 351 766,35	S/ 354 931,01	S/ 358 127,31	S/ 377 987,65	S/ 395 468,13	S/ 402 707,49	S/ 406 381,56	S/ 410 092,37
EGRESOS												
Biodigestor	S/	203 221,60										
Generadores Eléctricos	S/	54 504,00										
Sueldo			S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00	S/ 325 080,00
Mantenimiento			S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126	S/ 257 126
TOTAL DE EGRESOS	S/	257 725,60	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26	S/ 327 657,26
SALDO FINAL	-S/	257 725,60	S/ 17 873,47	S/ 20 975,77	S/ 24 109,09	S/ 27 273,75	S/ 30 470,05	S/ 50 330,39	S/ 67 810,87	S/ 75 050,23	S/ 78 724,30	S/ 82 435,11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. VAN y TIR

Valor actualizado neto (VAN) S/ 726 099,43

Tasa interna de retorno (TIR) 13%

Fuente: Elaboración propia

V. Conclusiones

- Teniendo en cuenta los datos obtenidos del Anuario Estadístico y Acuícola, a su vez elaborando una proyección utilizando el método de suavizamiento exponencial, se obtuvo la cantidad de recursos hidrobiológicos desembarcados a lo largo de 10 años (un total de 72 740Tm), de esta forma se pudo sacar un promedio de estos (7 274Tm). Posteriormente se sacó el 70%, puesto que esta es la cantidad que son considerados residuos obteniendo 7 092,103 Tm/año.
- Tomando como referencia que el consumo de energía, en kWh promedio es de 30000 al mes y, utilizando la conversión de energía eléctrica a volumen de biogás, se obtuvo que la demanda de biogás del terminal pesquero es de 500 $m^3/día$.
- Para el diseño del biodigestor se tomaron en cuenta 2 parámetros importantes, la cantidad de residuos por día y la demanda de biogás, a partir de ambos se hizo una comparación para obtener el diseño óptimo. A su vez, se establecieron ciertos criterios para la selección del tipo de biodigestor a utilizar, siendo elegido el biodigestor de flujo continuo. También se consideró utilizar dos mangas tubulares puesto que, el tamaño de estas es considerablemente grande, estas estarán instaladas en paralelo para poder mantener un flujo constante. El volumen total del biodigestor, tomando en cuenta los parámetros mencionados es de 625 m^3 , este volumen es necesario para poder alimentar a un generador de un mínimo de 75kW puesto que, esta es la potencia instalada en el terminal.
- El costo total de la instalación del sistema de generación de biogás, incluyendo los generadores eléctricos, es de S/.257 725,60. A su vez, dentro del flujo de caja se incluyeron los costos de mantenimiento y operación para la vida útil del sistema, la cual es de 20 años. Los ingresos son el bono de carbono, el cual se asigna en los proyectos que implementan formas de producción de energía eco-amigables, y la venta de energía en kWh, que se obtuvo con el LCOE.
- El proyecto si es rentable puesto que, posee un VAN positivo y un TIR mayor al 12%, que es lo más recomendable.

VI. Recomendaciones

- Se recomienda investigar que instrumentos puede ayudar a mejorar el flujo continuo de biogás.
- Realizar estudio de campo para mejorar las propiedades del biogás, específicamente el poder calorífico.
- Hacer una comparación entre la implementación de diferentes tipos de biodigestores.
- Investigar la posibilidad de instalar un sistema híbrido con la utilización de un concentrador solar.

VII. Referencias

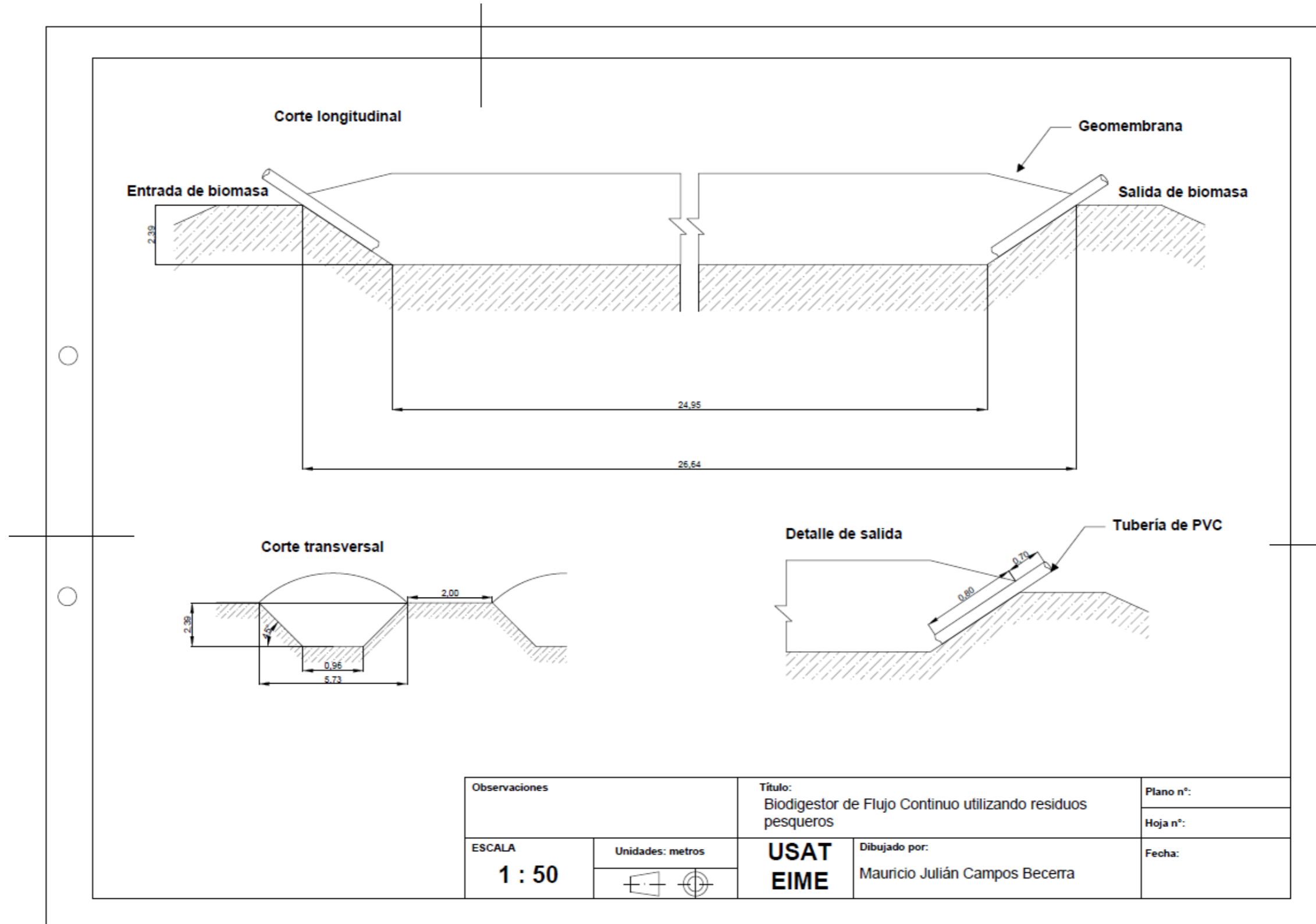
- [1] «Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva,» 2018. [En línea]. Available: https://www.itp.gob.pe/archivos/vtic/PESCA_001-2018.pdf. [Último acceso: 7 Noviembre 2019].
- [2] «INEI PESCA,» [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/cap14/ind14.htm. [Último acceso: 14 11 2019].
- [3] M. A. Yllesca Medina y D. G. Milla Nuñez, «Determinación del volumen de residuos oleosos procedente de embarcaciones pesqueras artesanales del muelle Ancón,» Lima, 2019.
- [4] M. d. I. producción, «Anuario Estadístico pesquero y acuícola 2012,» Lima, 2012.
- [5] C. Alvarez y S. Ly, «La industria pesquera y su influencia en la contaminación ambiental,» Lima, 2010.
- [6] I. Vera Romero, J. Martinez Reyes, M. Estrada Jaramillo y A. Ortiz Soriano, «Potencia de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: Residuos Urbanos,» *Ingeniería investigación y tecnología*, vol. XVI, n° 3, pp. 471-478, 2015.
- [7] T. K. Kumba, E. T. Akinlabi y D. M. Madyira, «Desing and Sustainability of a Biogas Plant for Domestic Use,» *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, vol. VIII, pp. 134-137, 2017.
- [8] R. Bedoic, B. Cosic, T. Puksec y N. Duic, «Application of mechanistically inspired model on biogas production at the biogas plant,» *Institute of Electrical and Electronics Enginners*, vol. III, 2018.

- [9] E. S. Calisaya Calisaya y J. J. Phocco Espetia, «Diseño de un biorreactor para la obtención de biogás a partir de excretas de cuy monitoreado con un controlador industrial en la ciudad de Puno,» Puno, 2018.
- [10] W. A. Palacios, «Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de gando,» Universidad de Piura, Piura, 2016.
- [11] D. E. H. Astete y J. C. Rodríguez Peña, «Análisis de factibilidad de sistema de aprovechamiento energético de residuos sólidos orgánicos en una unidad minera subterránea,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2016.
- [12] O. G. Díaz, «Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biodigestor de 15kW para generar energía eléctrica en el caserío Pósope Bajo-Pátapo,» Chiclayo, 2018.
- [13] C. Bou-Mosleh, P. Rahme, P. Beanio, R. Mattar y E. Abi Nassif, «Contribution to clean energy production using a Novel Wave energy converter,» *International Conference on Renewable Energies for Developing Countries 2014*, 2014.
- [14] H. A. Ruíz Leza, R. M. Rodríguez Jasso, R. Rodríguez Herrera, J. C. Contreras Esquivel y C. N. Aguilar, «Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido,» *Revista mexicana de ingeniería química*, vol. 6, n° 1, pp. 33-40, 2007.
- [15] I. C. Zúñiga, «Biodigestores,» Hidalgo, 2007.
- [16] B. Campos Cumí, «Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestor para el sector cooperativo y campesino,» *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 20, n° 2, pp. 37-41, 2011.
- [17] Y. Lorenzo Acosta y M. C. Obaya Abreu, «La digestión Anaerobica. Aspectos teóricos. Parte 1,» *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. XXXIX, n° 1, pp. 35-48, 2005.
- [18] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Cooperativa Autogestionaria de Servicios Profesionales para la Solidaridad Social R.L., «La pesca artesanal,» 2016.
- [19] Ministro de la producción, «Residuos de la pesca: aprovechamiento y valor agregado,» 2018.
- [20] Métodos de diseño estrategias para el diseño de producto, México: LIMUSA S.A., 2002.
- [21] V. Chorkulal, «Análisis de la capacidad de generación de biogás en Argentina a partir de residuos orgánicos producidos en granjas con sistemas de confinamiento,» Buenos Aires, 2016.
- [22] J. M. Herrero, Biodigestores familiares guía de diseño y manual de instalación, La Paz: Cooperacion Bolivia Alemania, 2008.

- [23 J. M. Herrero, Biodigestores tubulares guía de diseño y manual de instalación, Ecuador:
] Redbiolac, 2019.
- [24 J. M. Machorro, E. Méndez y H. Rasmusen, «Maual Técnico: La Experiencia de
] construcción y Uso de Biodigestores para Producción Energética en Copan y Lempira,»
CASM, San Pedro, 2011.
- [25 Fundación Bioplanet, «Fundación Bioplanet,» 29 Abril 2018. [En línea]. Available:
] <https://paris2015cop21.org/que-son-bonos-carbono/>. [Último acceso: 19 Mayo 2021].
- [26 J. G. Cipriano Bautista, E. M. Carlos Guerrer, F. E. Ramirez Mundaca y F. R. Paredes
] Aguirre, «Huella ecológica de l auniversidad nacional José Faustino Sánchez Carrión en
el año 2012,» *Repositorio Digital Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*,
pp. 1-18, 2013.
- [27 A. Saéz y J. A. Urdaneta G, «Manejo de residuos sólidos en América Latina y el
] Caribe,» *Omnia*, vol. 20, n° 3, pp. 121-135, 2014.
- [28 B. Chung, «Control de los contaminantes químicos en el Perú,» *Perú Med Exp Salud*
] *Pública*, vol. 25, n° 4, pp. 413-418, 2008.
- [29 L. Cepero, V. Savran, D. Blanco , M. R. Díaz Piñón, J. Suárez y A. Palacios,
] «Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestor,» *Pastas y*
Forrajes, vol. 35, n° 2, pp. 219-226, 2012.
- [30 A. Campos Saavedra y D. A. Huamanchumo Chunga, «Diagnóstico de la situación
] actual de la gestión de los residuos sólidos y líquidos del distrito de Santa Rosa, y
propuesta de programa de educacion ambiental. Enero-Julio 2014,» Lambayeque, 2015.

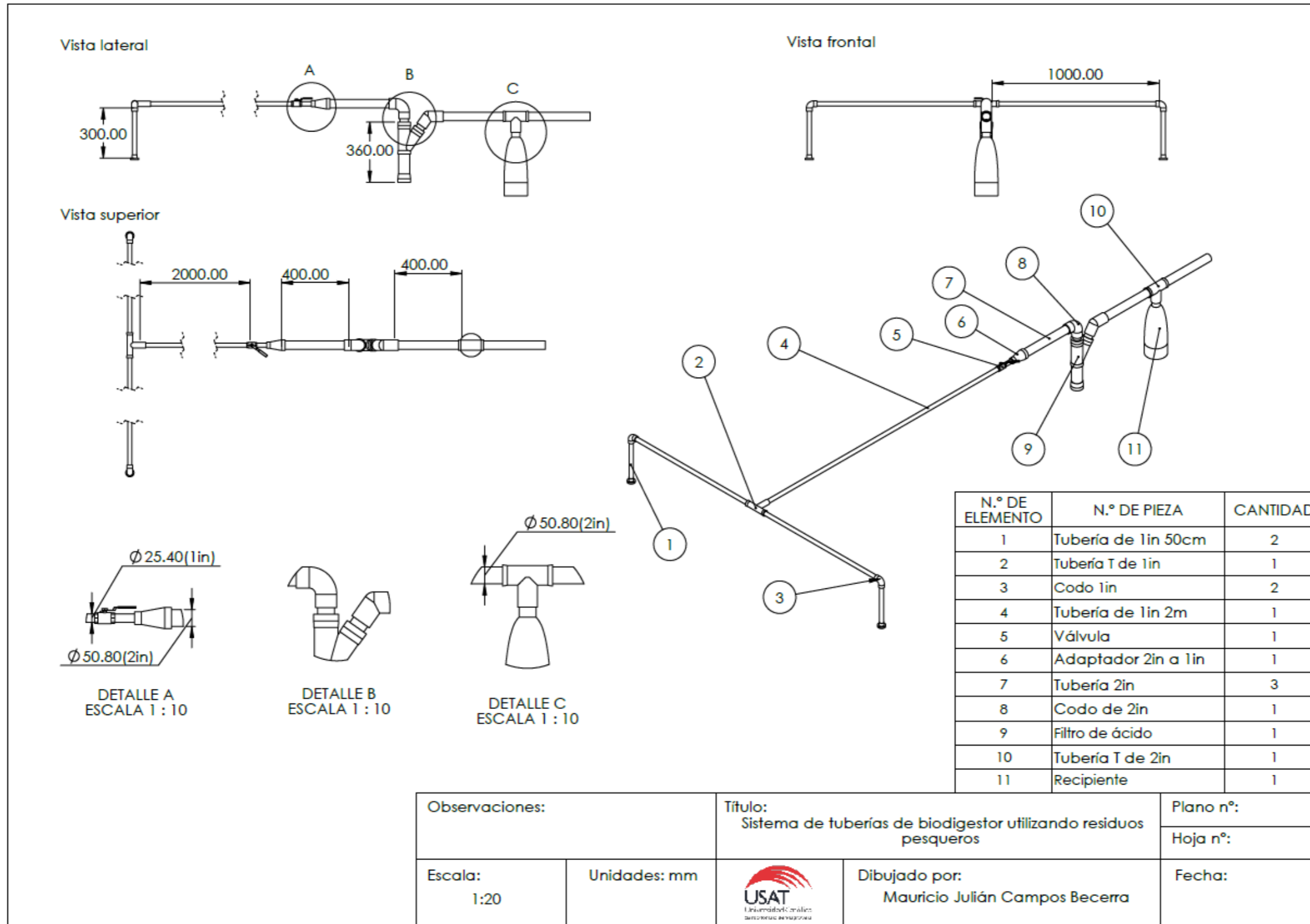
VIII. Anexos

Anexo 1. Esquema de instalación de biodigestor

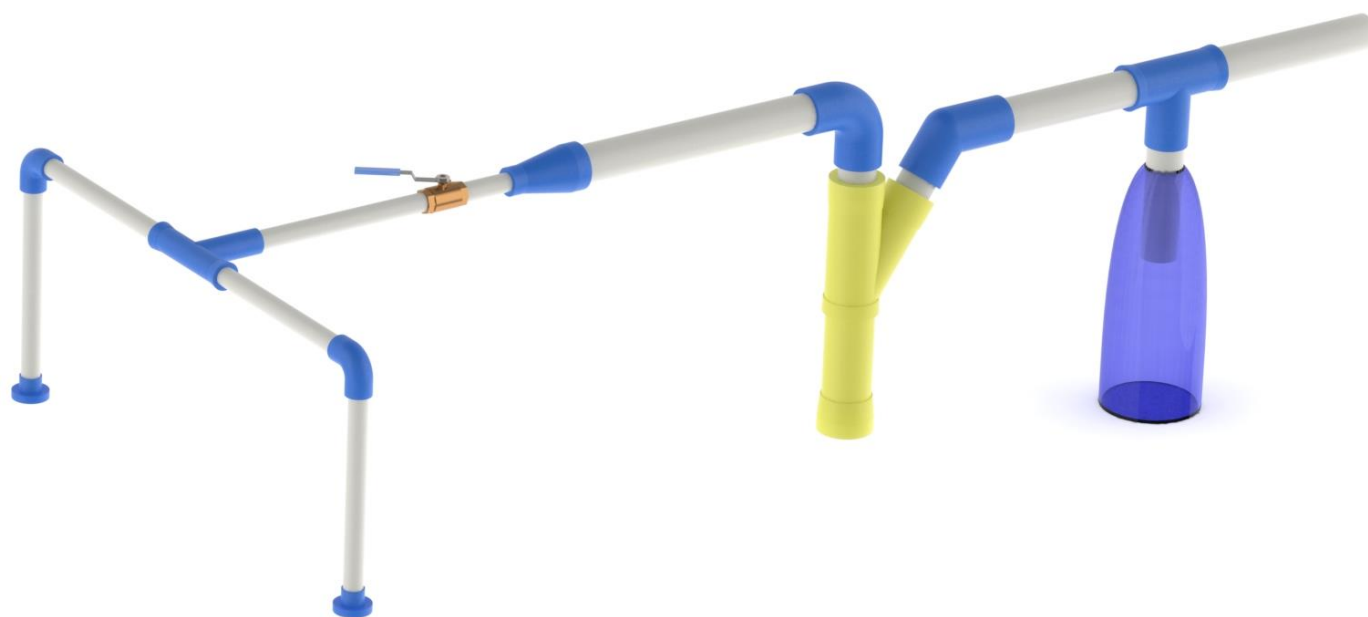


Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Sistema de tuberías de biodigestor utilizando residuos pesqueros



Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Sistema de filtro de ácido sulfhídrico

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Referencia de biodigestores de flujo continuo.



Fuente: CONtexto Ganadero

Anexo 6. Características del generador seleccionado

Weight, size and sound level

Weight: 2782 lbs (1262 kg)

Size: Length 118.7 in (3016 mm), width 40.0 in (1016 mm), height 58.3 in (1480 mm)

Sound: 70.5 dB(A) at 23 ft (7 m) with sound level 2 enclosure

Series	Model	Phase	Voltage (V)	Frequency (Hz)	Rated amps ¹ (NG/LPV fuel)	Circuit breaker (Amps)
RS80	C80N6	1	120/240	60	333/333	125-400
		3	120/208	60	278/278	125-400
		3	120/240	60	241/241	70-250
		3	277/480	60	120/120	150

¹ Derating guidelines: Engine power available up to 1829 m (6000 ft) at ambient temperatures up to 40 °C (104 °F). Above these elevations derate at 4% per 305m (1000 ft) and 2% per 10 °C above 40 °C (104 °F).

Fuente: Cummins Power Generation