

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



**Diseño de un biodigestor tipo Taiwán para la generación de biogás  
utilizando pulpa de café para energizar un caserío**

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

**AUTOR**

**Andres Eduardo Alva Bravo**

**ASESOR**

**Alejandro Segundo Vera Lazaro**

<https://orcid.org/0000-0003-0198-338X>

**Chiclayo, 2023**

**Diseño de un biodigestor tipo Taiwán para la generación de biogás  
utilizando pulpa de café para energizar un caserío**

PRESENTADA POR  
**Andres Eduardo Alva Bravo**

A la Facultad de Ingeniería de  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de  
**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR

Alexander Querevalu Morante  
PRESIDENTE

Lucio Llontop Mendoza  
SECRETARIO

Alejandro Segundo Vera Lazaro  
VOCAL

## DEDICATORIA

*Gracias a Dios Todopoderoso, Nuestro Creador, por darme la vida, la salud, el cuidado, el fortalecimiento y la guía a lo largo de mi vida. Gracias por darme una familia y amigos increíbles en quienes puedo confiar*

*A mis Padres, quienes siempre estuvieron pendientes de mí a lo largo de mi vida, por formarme con buenos valores y un gran cariño, y por apoyarme incondicionalmente en todas mis metas.*

*A todos mis familiares, en especial a mi primo Luis Fernando Cruzalegui Bravo, que siempre estuvo dándome su apoyo y sus consejos durante mis años de estudios y a mi tío José Dilmer Bravo Sánchez, proporcionó de su ayuda en esta tesis.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento a mi asesor, quien brindó todo el apoyo metodológico y profesional para guiar el desarrollo de esta tesis; sin su participación, esta tesis no hubiera sido posible. Además, agradezco la gran cantidad y calidad de conocimientos que brindó durante este tiempo.

Además, quiero expresar mi gratitud a mis compañeros de carrera Jorge Aquino, Christian Mendoza y Gorqui Aguirre por brindar ideas, conocimientos y respaldo para el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, específicamente a la Facultad de Ingeniería, y especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y a toda su plantilla docente por los conocimientos y orientación que me brindaron durante mi capacitación profesional.

---

INFORME DE ORIGINALIDAD

---

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.untels.edu.pe">repositorio.untels.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://www.enriquebolanos.org">www.enriquebolanos.org</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
9	<a href="https://repositorio.upecen.edu.pe">repositorio.upecen.edu.pe</a> Fuente de Internet	

		<1 %
10	<a href="https://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="https://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="https://repositorio.upa.edu.pe">repositorio.upa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="https://repository.ean.edu.co">repository.ean.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="https://repository.upb.edu.co">repository.upb.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %

53	<a href="http://grad.uprm.edu">grad.uprm.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Fuente de Internet	<1 %
55	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://view.genial.ly">view.genial.ly</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://www.scielo.br">www.scielo.br</a> Fuente de Internet	<1 %
60	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 23 (2007)", Brill, 2012 Publicación	<1 %
61	Alexander Ccancapa-Cartagena, Francisco D. Chavez-Gonzales, Betty Paredes, Corina Vera et al. "Seasonal differences in trace metal concentrations in the major rivers of the hyper-arid southwestern Andes basins of Peru", Journal of Environmental Management, 2023 Publicación	<1 %

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1. Realidad problemática .....	14
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Justificación .....	16
1.4. Limitaciones de la investigación .....	17
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo General .....	17
1.5.2. Objetivos Específicos.....	17
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases teóricas .....	19
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	33
3.1. Tipo y Nivel de investigación.....	33
3.2. Diseño de investigación.....	34
3.3. Matriz de consistencia .....	35
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	36
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	67
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	69
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	72



## SIMBOLOGÍA

$T_d$	→ Tiempo diario de cocción en horas
PCI	→ Poder Calorífico del biogás
$V_{\text{biogás}}$	→ Volumen de biogás
N	→ Número de hornillas
P	→ Potencia nominal del quemador
D	→ Tiempo en Días
TRH	→ Tiempo de retención
%ST	→ Porcentaje de Sólidos Totales
ST	→ Sólidos Totales
Ds	→ Dosis de sustrato
$V_l$	→ Volumen para la Admisión de líquidos
$V_t$	→ Volumen total del reactor
L	→ Largo
$V_{\text{pozo de salida}}$	→ Volumen pozo de salida
$T_{\text{ab}}$	→ Tiempo de almacen de biol
$\sigma$	→ Resistencia a la fluencia

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Distribución del consumo [20]</b> .....	15
<b>Tabla 2. Representación de los componentes de la pulpa de café [10]</b> .....	19
<b>Tabla 3. Compuestos químicos del mucílago del café [10]</b> .....	20
<b>Tabla 4. Representación de los minerales en los residuos del café [10]</b> .....	20
<b>Tabla 5. Composición química del biogás [6]</b> .....	22
<b>Tabla 6. Los residuos orgánicos de diversos orígenes [13]</b> .....	27
<b>Tabla 7. La relación carbono/nitrógeno [13]</b> .....	28
<b>Tabla 8. Fermentación temperatura y tiempo de la digestión anaeróbica [13]</b> .....	29
<b>Tabla 9. Componentes del biodigestor tipo Taiwanés o tubular [16]</b> .....	33
<b>Tabla 10. Matriz de consistencia</b> .....	35
<b>Tabla 11. Distribución de la demanda energética</b> .....	36
<b>Tabla 12. Cálculo de máxima demanda</b> .....	36
<b>Tabla 13. Tiempo de cocción de alimentos</b> .....	37
<b>Tabla 14. Cantidad de población por año del distrito de Yorongos [8]</b> .....	38
<b>Tabla 15. Tasa de crecimiento</b> .....	39
<b>Tabla 16. Necesidades</b> .....	41
<b>Tabla 17. Métricas</b> .....	42
<b>Tabla 18. Matriz de necesidades - métricas</b> .....	42
<b>Tabla 19. Matriz morfológica</b> .....	44
<b>Tabla 20. Matriz de ponderación</b> .....	48
<b>Tabla 21. Tiempo de retención según altura sobre el nivel del mar [16]</b> .....	49
<b>Tabla 22. Selección ancho de rollo del Polietileno tubular [19]</b> .....	51
<b>Tabla 23. Medidas de la zanja según el Ancho de Rollo (AR) [16]</b> .....	52
<b>Tabla 24. Diámetros de tubería en relación de las distancias con la caída de presión[19]</b> .....	53
<b>Tabla 25. Presiones de operación de los biodigestores tubulares [19]</b> .....	57
<b>Tabla 26. Caracterización físico-química de la pulpa de café [17]</b> .....	59
<b>Tabla 27. Presupuesto para el biodigestor</b> .....	62
<b>Tabla 28. EGRESOS E INGRESOS</b> .....	65
<b>Tabla 29. Área de los terrenos con plantaciones de café</b> .....	73
<b>Tabla 30. Área de terreno cosechada en un día</b> .....	73
<b>Tabla 31. Cosecha y producción durante el año</b> .....	74
<b>Tabla 32. Producción de café</b> .....	74
<b>Tabla 33. Cálculo de pulpa de café en un día</b> .....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lata de café en cerezo en kg [11] .....	20
Figura 2. Porcentajes del despulpado del café [11].....	21
Figura 3. Representación del flujo convencional y de los beneficios ecológicos del café [5].	21
Figura 4. Equivalencias de combustible ideal [12] .....	23
Figura 5. Digestión anaeróbica [12] .....	24
Figura 6. Conversión de la biomasa y residuos orgánicos [13] .....	24
Figura 7. Proceso de digestión anaeróbica [6] .....	26
Figura 8. Procesos de la digestión anaeróbica [13].....	26
Figura 9. Curva generalizada de crecimiento microbiano [13].....	29
Figura 10. Relación producción de biogás a lo largo del tiempo con la temperatura [13] .....	30
Figura 11. Cocina a biogás de una hornilla [13] .....	31
Figura 12. Biodigestor tubular de plástico de bajo costo [16] .....	32
Figura 13. Diseño de investigación .....	34
Figura 14. Recta Lineal .....	38
Figura 15. Dibujo a mano alzada de alternativa 01 .....	45
Figura 16. Dibujo a mano alzada de alternativa 02.....	45
Figura 17. Dibujo a mano alzada de alternativa 03.....	46
Figura 18. Dibujo a mano alzada de alternativa 04.....	46
Figura 19. Dibujo a mano alzada de alternativa 05.....	47
Figura 20. Dimensiones del tanque digestor .....	51
Figura 21. CAD Tanque Digestor .....	51
Figura 22. Medidas de la zanja según el Ancho de Rollo (AR) [16].....	52
Figura 23. Diseño de Zanja del biodigestor .....	53
Figura 24. Nivel del sustrato en el pozo de entrada y salida en relación con el digestor.....	54
Figura 25. Biodigestor tubular con invernadero.....	55
Figura 26. Mecanismo para mantener uniforme la presión del gasómetro [19] .....	55
Figura 27. Diseño de Reservorio o Gasómetro 3D .....	56
Figura 28. Válvula de seguridad botella y trampa de agua .....	57
Figura 29. Diseño del Biodigestor tipo Taiwán 2D .....	58
Figura 30. Diseño del Biodigestor tipo Taiwán 3D .....	58
Figura 31. Cálculo de pulpa de café en un día .....	75

## RESUMEN

En Perú, la agricultura es diversa y el café es uno de los productos que se exportan con mayor frecuencia. El cultivo de este producto se da en la región de San Martín, sin tener en cuenta los desechos generados por las cosechas. En la comunidad de Bella Florida en la zona de San Martín, aparece el problema de que las personas en áreas lejanas carecen de acceso a los recursos energéticos (eléctricos y de gas licuado de petróleo). En muchas ocasiones, obligar a las personas a cortar árboles para obtener leña para preparar sus alimentos, así como las cocinas a leña han generado una gran cantidad de contaminantes debido a la producción de humo, además del riesgo de incendio debido a que en gran parte son fabricadas de madera.

El propósito de esta investigación fue desarrollar un biodigestor tubular tipo Taiwán, el cual tiene una duración vida útil de 20 años o más y puede ser utilizado en una casa unifamiliar para generar energía y calor.

El biodigestor utiliza una digestión anaeróbica para obtener biogás (combustible limpio), que se transformará en electricidad y calor por medio de la pulpa de café de la región, ya que los habitantes de la zona cultivan café.

Finalmente, se obtuvo la producción 2,21 m<sup>3</sup> de biogás, pudiendo abastecer la demanda energética de 2,205 kW-h/día de energía eléctrica y 1,29 m<sup>3</sup>/día de biogás que requerirá la vivienda unifamiliar.

**Palabras Claves:** Pulpa de Café, Biogás, Biodigestor.

## ABSTRACT

In Peru, agriculture is diverse and coffee is one of the most frequently exported products. In the San Martin region, the planting of this product is very common, without taking into account the waste generated by the crops. In the community of Bella Florida in the San Martin area, the problem arises that people in remote areas lack access to energy resources (electricity and liquefied petroleum gas). On many occasions, forcing people to cut down trees to obtain firewood to prepare their food, as well as wood stoves, have generated a large amount of pollutants due to the production of smoke, in addition to the risk of fire because most The houses are made of wood.

The purpose of this research was to develop a Taiwan-type tubular biodigester, which has a useful life of 20 years or more and can be used in a single-family house to generate energy and heat.

The biodigester uses anaerobic digestion to obtain biogas (clean fuel), which will be transformed into electricity and heat through coffee pulp from the region, since the inhabitants of the area grow coffee.

Finally, the production of 2.21 m<sup>3</sup> of biogas was obtained, being able to supply the energy demand of 2,205 kW-h/day of electrical energy and 1.29 m<sup>3</sup>/day of biogas that the single-family home will require.

**Keywords:** Coffee pulp, Biogas, Biodigester.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Con una producción estimada de 110 a 125 millones de quintales por año, el café se encuentra entre los productos que tiene mayor comercialización en el mundo, datos dados por la Organización Internacional del Café (ICO) [1]. A parte, es el primer producto agrícola exportado de Perú, siendo este el séptimo a nivel mundial, y segundo después de México exportando café orgánico, seguido de gas natural, minerales, petróleo y otros productos. La siembra de café ocupa 425 416 hectáreas, lo que representa el 6% del área agrícola del país. Encontrándose en 340 distritos, 68 provincias y 17 regiones. Actualmente, 223 490 pequeños agricultores trabajan en la obtención de este producto en todo el país, en gran parte el 95% tienen 5 hectáreas o menos de tierra [2]. Aproximadamente 24 000 familias rurales en la región San Martín obtienen beneficios de este cultivo, el cual gestiona aproximadamente 45 200 hectáreas. que producen 780 000 quintales, o 38 000 toneladas, o el 74% de las exportaciones [4].

### **1.1. Realidad problemática**

La escasez de fuentes energéticas y combustibles fósiles son un problema global que surgió hace varias décadas. Sin embargo, a pesar de estos problemas, el medio ambiente está siendo altamente contaminado debido a la emisión de compuestos tóxicos. La deforestación y agricultura actividades antropogénicas también causan la producción de gases contaminantes, dando como efecto calentamiento global [3].

Se han encontrado 600 cuencas de petróleo en todo el mundo, algunas de las cuales se encuentran en continentes o incluso en plataformas submarinas. La exploración del crudo se ha extendido a lugares más remotos, lo que ha hecho que la extracción sea cada vez más costosa. Solo se pueden descubrir 12 000 millones barriles de petróleo en crudo al mismo tiempo mientras la demanda mundial aumenta de 30 000 millones a más barriles al año. Según investigaciones, las reservas mundiales oscilan entre 1,8 y 2,2 billones de barriles de crudo. De acuerdo con la Asociación para el Estudio del Petróleo y el Gas (ASPO), la producción de petróleo crudo comenzará a disminuir entre 2007 y 2010, lo que indica que los precios del petróleo están aumentando anualmente [20].

**Tabla 1. Distribución del consumo [20]**

País	Importaciones	Importaciones
	2010 (%)	2020 (%)
Norteamérica	52,4	58,0
Europa	67,2	79,0
Pacífico	91,5	92,4
OECD	63,3	70,0
China	61,0	76,9
India	85,2	91,6
Resto del sur de Asia	95,1	96,1
Asia Oriental	70,5	80,7

De acuerdo con la tabla, Estados Unidos consume una cantidad significativa de petróleo, superando en un 52% el petróleo importado de los países Arabia Saudita con 1,7 M, seguido de Venezuela con 1,2 M y México con 1,0 M de barriles al día. En la próxima década, el consumo aumentará en un 58 %, lo que provocará una alza en la producción en países productores como el Golfo Pérsico [20].

En el Perú una de las actividades de trabajo que realizan las personas es la agricultura la cual se encuentra cada vez en aumento, siendo esto un problema que generalmente ocasiona contaminación debido a la mala práctica y desconocimiento muchos residuos orgánicos son desechados contaminando el medio ambiente [2], Según OSINERGMIN, las residencias consumen 106 kilovatios cúbicos al mes, las urbes 126 kilovatios cúbicos y las zonas rurales 26 kilovatios cúbicos al mes. En cuanto al uso de GLP, se indica que el 86% de las casas en todo el país lo emplearon como fuente de energía, alcanzando un 88% en Lima. Por lo tanto, el consumo de leña como fuente de energía representa el 24 % de las necesidades de vivienda a nivel nacional, con un consumo del 8 % en áreas urbanas y del 77 % en áreas rurales [21].

Sabiendo esto, el caserío Bella Florida, que queda ubicada en el distrito Yorongos, región de San Martín, cuenta con alrededor de 125 hectáreas de plantaciones de café. La producción en cosecha promedio es de 50 latas, o 660 kilogramos por hectárea, con un total de 82 500 kilogramos de café cosechados, que se vende, se despulpa en seco y produce subproductos como la pulpa. Además, se producen alrededor de 33 000 kg y 14 025 litros de agua residual con mucilago de café sin aprovechar, que ocasionalmente contaminan el agua o la tierra, lo que causa una grave contaminación ambiental y amenaza la salud de los

habitantes debido a que consumen el agua del afluente donde se realiza el lavado y despulpado del café. Otro problema que enfrenta el caserío es la insuficiencia de combustible de gas licuado de petróleo para poder cocinar sus alimentos ya que hacen uso de la leña la cual es recolectada de la tala de los árboles, además que estas cocinas que funcionan con leña cuando se realiza el proceso de cocción genera humo el cual genera contaminación ambiental y un riesgo de salud para las personas las cuales absorben en la respiración de este humo.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida influye el diseño de un biodigestor tipo Taiwán en la generación de biogás utilizando pulpa de café para energizar las viviendas unifamiliares del caserío de Bella Florida?

## **1.3. Justificación**

- **Social:** Las personas que habitan el caserío de Bella Florida serán beneficiadas, puesto que con el biodigestor tendrán acceso al biogás, permitiendo así mejorar su calidad de vida de los habitantes.
- **Económico:** Se evitarán los gastos que genera la compra de leña, y la compra de abonos para las plantaciones de café. Ya que con el sistema del biodigestor se obtendrá energía para poder alumbrarse y abono orgánico natural para las plantaciones, permitiendo un ahorro económico.
- **Ambiental:** El biogás se puede utilizar para dejar de contaminar el medio ambiente al eliminar las emisiones de humo tóxicos producidas por la leña y la pulpa de café que contamina el agua.
- **Tecnológico:** El diseño del biodigestor tipo Taiwán permitirá utilizar tecnologías que se utilizan actualmente para proveer de biogás a las zonas rurales utilizando los compuestos de materia orgánica, siendo este un diseño mejorado de alta eficiencia, fácil de utilizar, como también para su mantenimiento.



#### **1.4.Limitaciones de la investigación**

No se pudo realizar un estudio en un laboratorio para conocer las características de la pulpa de café, es por esto que se realizó una investigación a través de internet para conocer sus características. Debido a que no se pudo llevar a cabo las encuestas en persona, se realizaron en línea.

#### **1.5.Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar un Biodigestor tipo Taiwán para generar biogás utilizando pulpa del café para energizar las viviendas del caserío Bella Florida.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la demanda energética que requieren las viviendas unifamiliares del caserío Bella Florida.
- Realizar la matriz morfológica para obtener el diseño conceptual del biodigestor tipo Taiwán.
- Diseñar un biodigestor tipo Taiwán para producir biogás mediante la pulpa de café.
- Estimar la producción de biogás que generara el biodigestor.
- Realizar la evaluación económica del diseño.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Según [1] propone realizar un reactor de flujo pisto para producir biogás utilizando la pulpa de café, realizo pruebas durante 30 días agregando una dosis de sustrato diaria de 3,4 L/día, el cual obtuvo una cantidad de 370,8 litros de biogás con un porcentaje de metano de 61% y dióxido de carbono del 3%, así mismo obtuvo unos 36 litros de biol. Estos datos obtenidos lo realizo con 268 litros de pulpa de café y una cantidad de agua de 114 litros, donde se obtuvo 41,52 litros de biogás en relación a un 1 litro de pulpa de café.

Como dice [6] en su investigación, creó un biodigestor de geomembrana para producir energía eléctrica a partir del biogás producido. El biodigestor produce 0,75 m<sup>3</sup>/día con un rendimiento del 26,2% y un tiempo de retención de 15 a 20 días. Esto demuestra que el diseño de este biodigestor es una buena alternativa para producir energía eléctrica, ya que el biogás producido será suficiente para satisfacer la demanda.

En el trabajo de [7] se propone construir un biodigestor tipo Taiwán para producir biogás para uso doméstico. Usando estiércol de ganado como materia orgánica, se produce 0,55 m<sup>3</sup>/día de biogás y se utiliza 314 kg de estiércol de ganado por día. Con una concentración de PH de 7,3 y una materia seca del 6%, este biodigestor podría cubrir la demanda que se necesita de biogás para la cocción de alimentos.

En la investigación de [8] se propone construir un biodigestor vertical con una cubierta de toris féérica y un fondo de tronco cónico. Se requiere 78 kg de estiércol para producir biogás que cubra las necesidades energéticas de la población, que necesita aproximadamente 557,56 kW de energía eléctrica al mes. El biogás producido debe tener un alto porcentaje de metano y el biodigestor debe estar en las mejores condiciones para funcionar.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Subproductos del Café

#### 2.2.1.1. La Pulpa de café

Es el desecho orgánico producido por el café cerezo después de separar el grano de otros desechos mediante un proceso de despulpado. Se dice que la pulpa es un 40% del peso total del fruto recolectado de la planta, por lo que se considera uno de los desechos más importantes para el beneficio [9].

Si la pulpa se extrae de la despulpadora tiene una humedad del 75 al 80%, es difícil de manejar y esta disposición crea un problema de contaminación que no ha sido resuelto satisfactoriamente en gran parte de los países que cultivan el café. Para deshacerse fácilmente de este producto, se arrojan a los afluentes de agua, ya sea ríos o arroyos, ya que en varios casos se ha percibido que son afluentes de agua pluvial [9].

La tabla 01 muestra detalladamente los componentes con lo que cuenta la pulpa de café en fase fresca y en fase fermentada:

**Tabla 2. Representación de los componentes de la pulpa de café [10]**

<b>Componentes</b>	<b>Fresca (%)</b>	<b>Fermentada (%)</b>
Humedad	76,7	7,9
Materia seca	23,3	92,1
Extracto etéreo	0,48	2,6
Fibra cruda	3,4	20,8
Proteína cruda	2,1	10,7
Cenizas	1,5	8,8
Extracto libre de N	15,8	49,2
pH	4,4	9,23

#### 2.2.1.2. Mucílago

Este desecho sólido se extrae de la máquina despulpadora o de los montones de fermentación y se elimina por completo durante el proceso de lavado. El mucílago de café representa el 17% del fruto de café cerezo, y está formado por azúcares reductores y no reductores, así como por sustancias pécticas que se producen a partir del pectano de calcio durante la etapa de maduración. Teniendo también un porcentaje más bajo de celulosas y ceniza [10].

**Tabla 3. Compuestos químicos del mucílago del café [10]**

Compuestos	%
Materias pécticas totales	33,00
Azúcares reductores	30,00
Azúcares no reductores	20,00
Celulosa, ceniza, etc.	17,00

**Tabla 4. Representación de los minerales en los residuos del café [10]**

Descripcion	Unidad	Pulpa	Mucílago
pH		4,4	4,9
Materia Orgánica	%	17,2	6,0
Fósforo	ppm	82,0	162,0
Potasio	meq/100g	6,8	4,0
Calcio	meq/100g	15,7	10,75
Magnesio	meq/100g	8,2	2,7
Aluminio	meq/100g	0,1	0,14
Hierro	ppm	203,0	263,0
Cobre	ppm	2,0	7,0
Zinc	ppm	9,0	7,0
Manganeso	ppm	198,0	138,0

### 2.2.2. Despulpe y lavado del café

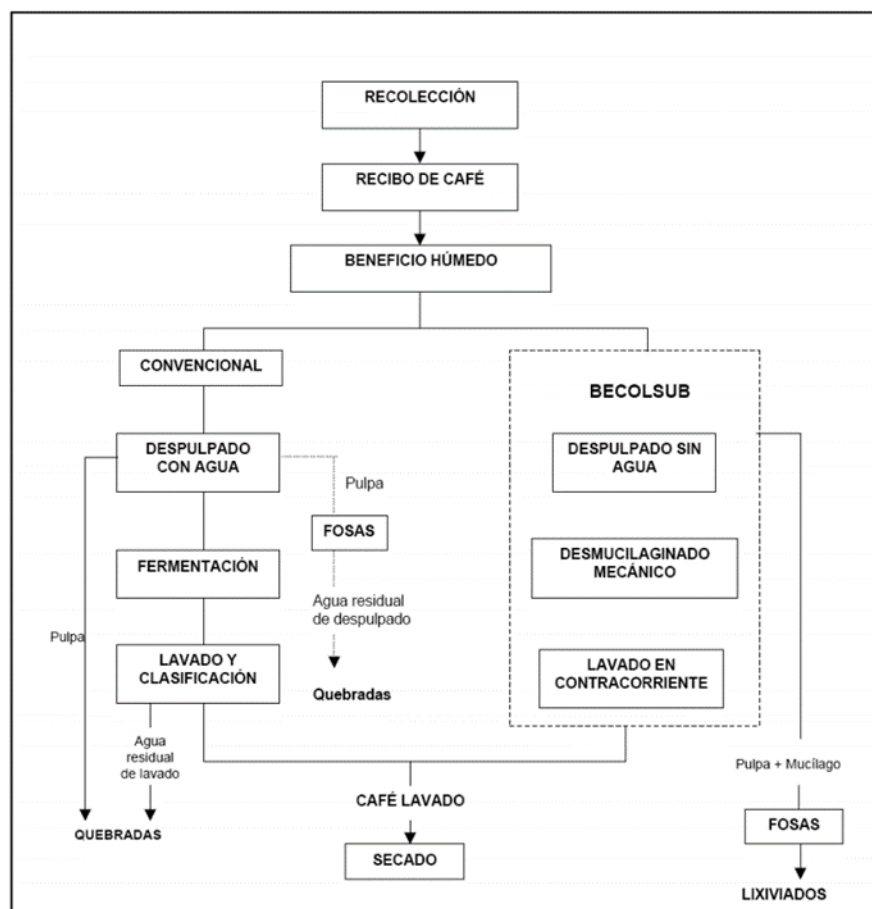
El lavado del café se realiza para quitar el mucílago y otras impurezas utilizando agua limpia. Una lata de aceite contiene en promedio 13,2 kg de café en cerezo, con un 54 % de mucilago y 46 % de pulpa al despulpado. Por lo tanto, el 17% de mucilago se pierde durante el lavado [11].

*Figura 1. Lata de café en cerezo en kg [11]*

Figura 2. Porcentajes del despulpado del café [11]



Figura 3. Representación del flujo convencional y de los beneficios ecológicos del café [5]



### 2.2.3. Biogás

Es la causa de la descomposición de materia orgánica en fase anaeróbica, ocasiona la producción de biogás. Las bacterias se encuentran en un punto de acción bacteriana conocido como digestión anaeróbica, también conocido como gen del metano, y descomponen la materia orgánica, liberando metano. Estas bacterias metanogénicas son la última etapa de una cadena de microorganismos que se ocupa de descomponer materiales

orgánicos devolviéndolos al ambiente. De esta manera, se puede decir que el biogás, se puede utilizar como energía renovable que se utiliza para generar electricidad, así como en cocinas para la cocción de alimentos, sistemas de combustión o calderas [6].

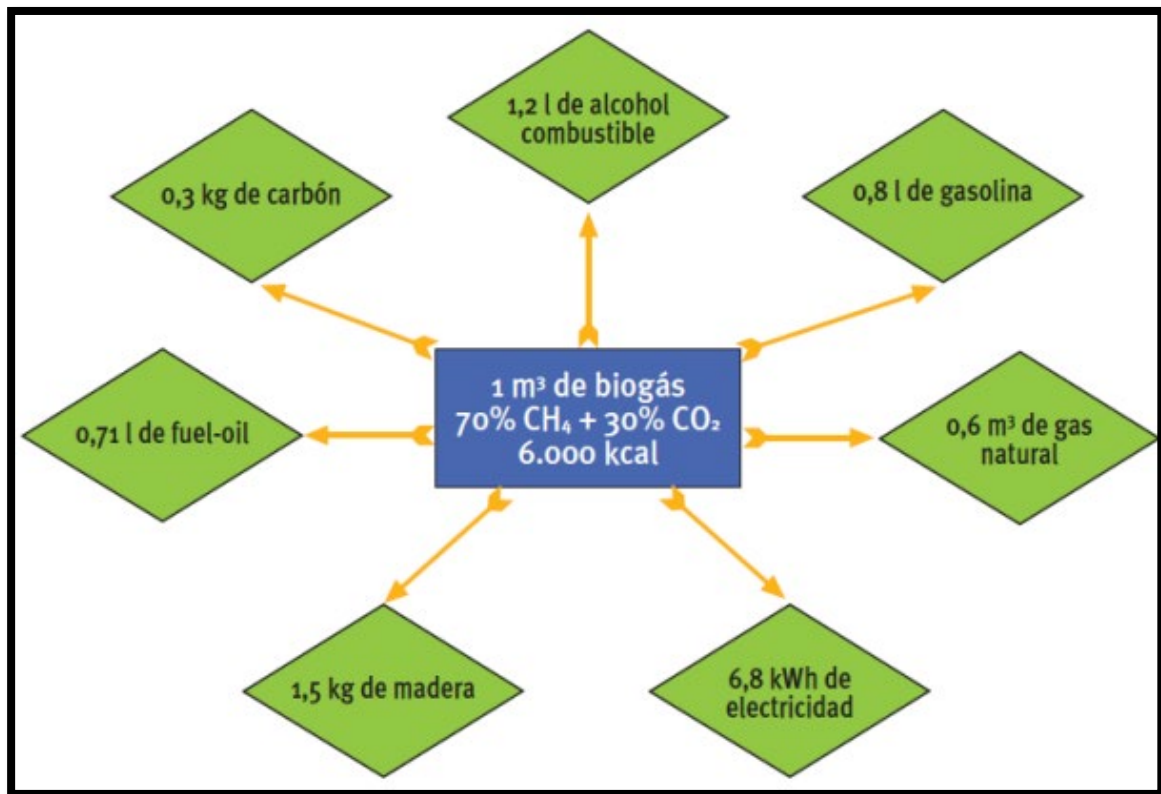
### 2.2.3.1. La composición química del Biogás

Esta, compuesto generalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) y en un porcentaje más bajo de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), como también de un porcentaje más bajo de otros gases los cuales son el nitrógeno, el hidrogeno, el oxígeno y por últimos el monóxido de carbono, también el biogás posee una pequeña cantidad de  $\text{H}_2\text{S}$  es por eso que tiene un olor de azufre. Cuando el biogás es quemado genera una llama de azul pálido, que a la luz del día es casi invisible [6]; tiene un poder calorífico de 18 828 y 25 104  $\text{kJ/m}^3$  esto dependerá de la materia orgánica a utilizar. Por lo tanto, superaría a la mitad el poder calorífico del gas natural [12].

**Tabla 5. Composición química del biogás [6]**

Componentes	Fórmula Química	Porcentaje (%)
Metano	$\text{CH}_4$	54-70
Dióxido de Carbono	$\text{CO}_2$	27-40
Hidrogeno	$\text{H}_2$	44 835,00
Nitrógeno	$\text{N}$	0,5-3
Monóxido de Carbono	$\text{CO}$	0,1
Oxígeno	$\text{O}_2$	0,1
Ácido Sulfúrico	$\text{H}_2\text{O}$	0,1

Figura 4. Equivalencias de combustible ideal [12]



### 2.2.3.2. El proceso anaeróbico o digestión anaeróbica

Según [6] dice que “es el proceso que se da de manera natural gracias a la ausencia de oxígeno en un determinado ambiente”, esta acción realiza la combinación de varios microorganismos provocando así la conversión de moléculas orgánicas las cuales producen el biogás durante el tiempo realizado. Soncco Tumpi en [6] además, afirma que “la digestión anaeróbica teniendo un campo muy amplio de investigación, llevándose a cabo en 3 etapas en el que la materia biomasa se descompone dando biogás como resultado.

Figura 5. Digestión anaeróbica [12]

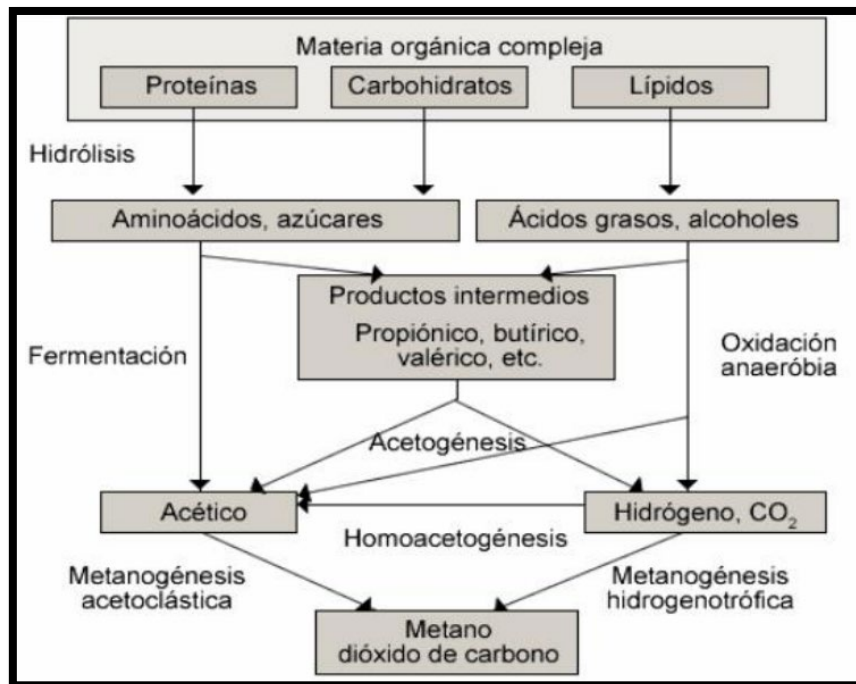
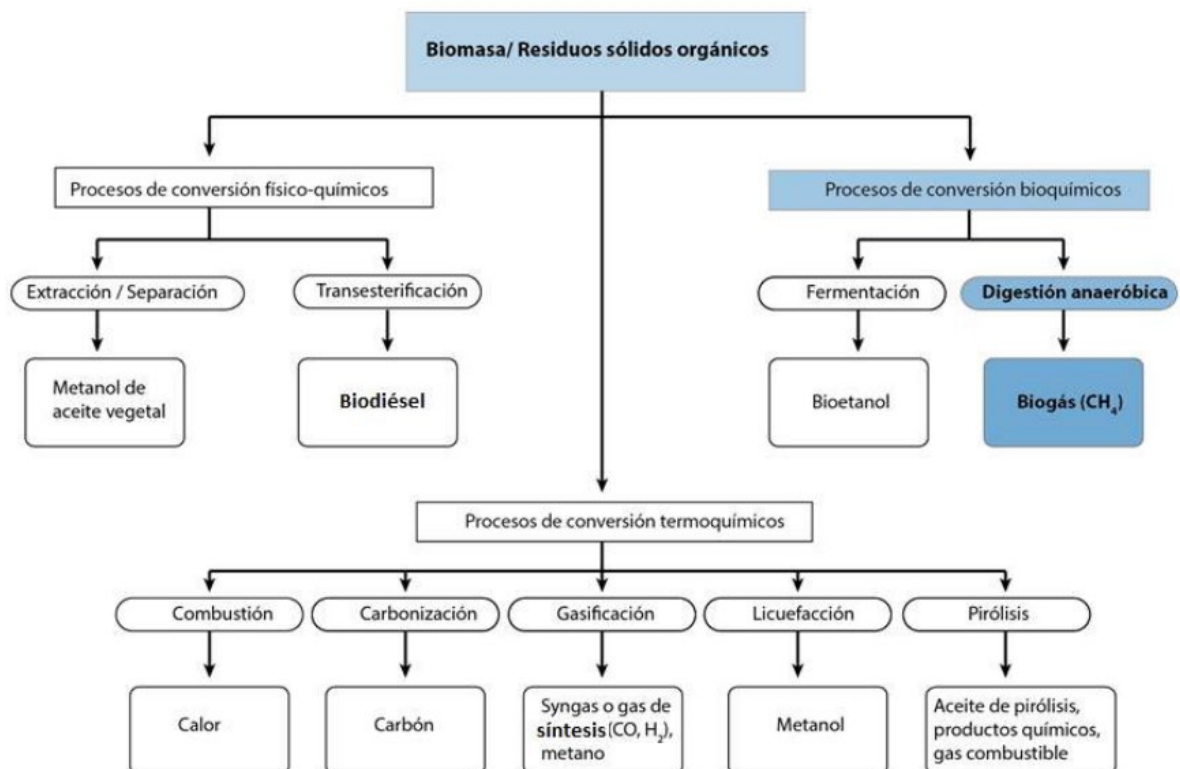


Figura 6. Conversión de la biomasa y residuos orgánicos [13]





### **2.2.3.3.Etapas de la digestión anaeróbica**

#### **a. Hidrólisis**

Solubilización de la materia, en este paso porque contiene carbohidratos, polímeros y lípidos. Además [6] nos dice que “esta es la etapa en las bacterias anaeróbicas y facultativas secretan encimas, permitiendo así obtener material orgánico solubles y simples.

#### **b. Acidogénesis**

Los acetatos, los amoniacos, el hidrógeno y el bióxido de carbono son ácidos que se forman de las composiciones solubles de la primera etapa. Se puede realizar en esta etapa con bacterias anaeróbicas o facultativa [12].

#### **c. Acetogénesis**

Las bacterias acetogénicas y las archaeas metanogénicas colaboran para convertir los ácidos grasos producidos en sustratos para la metanogénesis [12].

#### **d. Metanogénesis**

Es el punto donde se completa la obtención de metano, lo que permite la estabilización del amoniacos antes de la biodegradación anaeróbica. Estas bacterias tienen un metabolismo lento, además que son cuando son expuestas a diferentes condiciones ambientales. [12].

Figura 7. Proceso de digestión anaeróbica [6]

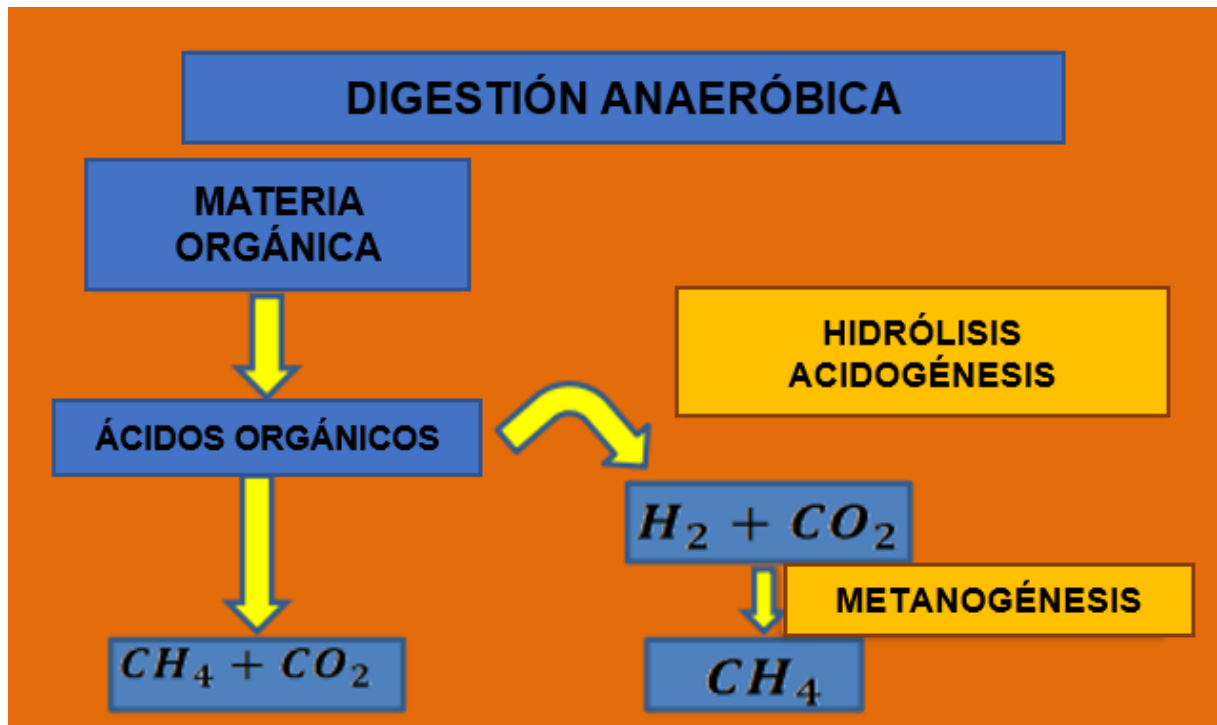
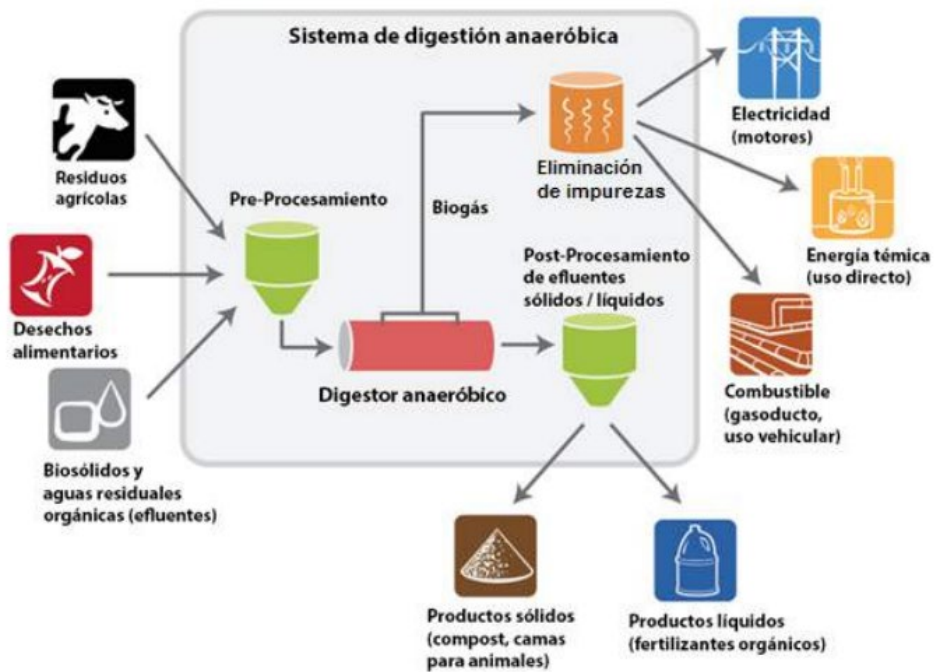


Figura 8. Procesos de la digestión anaeróbica [13]



#### 2.2.3.4. La ausencia de oxígeno

Las arcaobacterias, una especie de bacterias metano génicas, se encuentran en la tierra hace aproximadamente 3 500 millones de años, siendo un ser vivo muy antiguo del mundo. Su función se compone de una primera etapa de fermentación al consumir oxígeno; luego, en la segunda etapa, cuando se vuelven completamente anaeróbicos cuando no hay oxígeno, se produce el biogás[13].

#### 2.2.3.5. Los tipos de biomasa

La tabla 6 muestra los tipos de biomasa según su origen. La biomasa debe tener un alto porcentaje de lípidos, lo que permite la producción de más biogás. También debe tener un bajo contenido de compuestos hemiceluloicos [13].

**Tabla 6. Los residuos orgánicos de diversos orígenes [13]**

Residuos de origen animal	estiércol, orina, camas, residuos de mataderos (sangre y otros), residuos de pescado
Residuos de origen Vegetal	malezas, rastrojos de cosechas, pajas, forraje en mal estado
Residuos de origen humano	heces, orina, basura
Residuos de agroindustriales	salvado de arroz, orujos, cosetas, melazas. Residuos de semillas
Residuos forestales	hojas, vástagos, ramas y cortezas
Residuos de cultivos acuáticos	algas marinas, jacintos y malezas acuáticas

#### 2.2.3.6. Nivel de sólidos totales y sólidos volátiles

Se puede clasificar la biomasa según su porcentaje de sólidos totales (ST) estas se clasifican tres grupos de procesos:

- Proceso húmedo  $\leq 10\%$  de ST
- Proceso semiseco de 10 – 20 % de ST
- Proceso seco  $> 20\%$  de ST

Para que la digestión anaeróbica sea ideal, se requiere un intervalo de  $10\% \leq ST \leq 25\%$ . Como resultado, se produce biogás rico en metano. Para los biodigestores semicontinuos, se requiere un porcentaje de ST del 8% y del 12% [13].

### 2.2.3.7. La relación carbono: nitrógeno (C/N)

**Tabla 7. La relación carbono/nitrógeno [13]**

C:N	Causa Asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiene a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N
<b>15:1 - 35:1 Rango ideal</b>			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiene a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

La Tabla 7 muestra que la relación C/N ideal es de 15:1 a 35:1, pero en general, los valores C/N aceptables para la materia "fresca o cruda" son de alrededor de 30. Use la siguiente ecuación para calcular aproximadamente [13]:

$$C/N_{mezcla} = \frac{C_1 Q_1 + C_2 Q_2 + \dots + C_n Q_n}{N_1 Q_1 + N_2 Q_2 + \dots + N_n Q_n} \quad (1)$$

La constante de C/N generada por la codigestión o mezcla de "n" materias primas, donde C es el porcentaje de carbono, N es el porcentaje de nitrógeno y Q es el peso fresco de la materia prima (kg) [13].

### 2.2.3.8. Tiempo de crecimiento

El tiempo de producción de las bacterias en su entorno puede variar de 15 minutos a muchos días. Estas bacterias también tienen un tiempo de vida, que se muestra en la Figura 10 una gráfica detallada de la vida de las bacterias [13].

Figura 9. Curva generalizada de crecimiento microbiano [13]



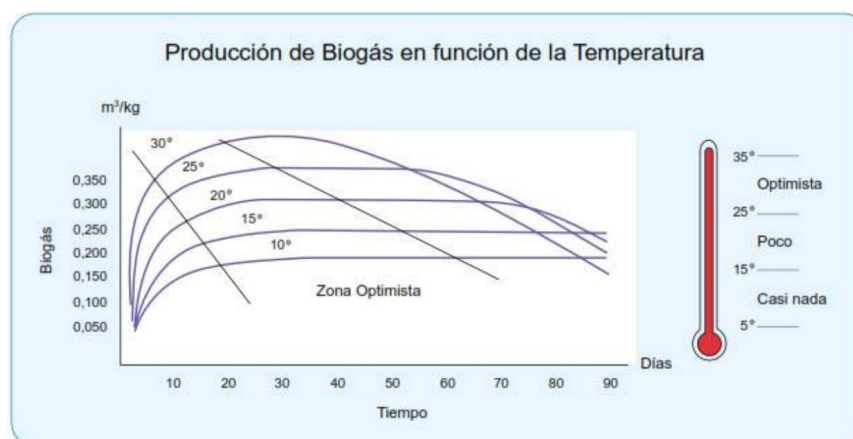
### 2.2.3.9. Temperatura del proceso

Tabla 8. Fermentación temperatura y tiempo de la digestión anaeróbica [13]

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psicrofílica	4 - 10 °C	15 - 18 °C	20 - 25 °C	Sobre 100 días
Mesofílica	15 - 20 °C	25 - 35 °C	35 - 45 °C	30 - 60 días
Termofílica	25 - 45 °C	50 - 60 °C	75 - 80 °C	10 - 15 días

La Tabla 8 muestra tres tipos diferentes de fermentación que se clasifican en función de la temperatura en la que se reproducen las bacterias metano génicas y la temperatura que es esencial para producir biogás en un tiempo determinado. La fermentación mesofílica es la más óptima y se produce en un tiempo intermedio, cuando las bacterias metano génicas crecen a una velocidad normal. Pero si hay una temperatura más alta, ocurre la fermentación termofílica, que permite que las bacterias metanogénicas se reproduzcan a una velocidad más alta que en la fermentación anterior, lo que permite obtener biogás en menos tiempo [13].

Figura 10. Relación producción de biogás a lo largo del tiempo con la temperatura [13]



### 2.2.3.10. El pH

El pH es un componente fundamental con la que cuenta la materia orgánica, este componente ayuda a que se pueda producir un biogás de buena calidad o de mala. Los diferentes grupos bacterianos presentes necesitan un grado de acidez para lograr la neutralidad y que el proceso se desarrolle satisfactoriamente, el valor de pH no debe caer por debajo de 6,0 ni superar a 8,0. El rango de pH óptimo para realizar la digestión anaeróbica (6,6 a 7,6), siendo ideal un valor de pH neutro [13].

### 2.2.4. Biogás para la cocción de alimentos

Las cocinas o estufas utilizan por lo general el gas licuado de petróleo, así mismo debido a la crisis energética que se está pasando el GLP, se ha considerado la utilización de gas natural en estas cocinas, permitiendo el mismo funcionamiento [15]. Si se requiere biogás solo se utiliza para cocinar, pudiendo tener un volumen 2 o 3 m<sup>3</sup> para una familia pequeña, y 3 o 5 m<sup>3</sup> para una familia grande. Siendo un total de consumo por cada persona 0,3 y 0,42 m<sup>3</sup> de biogas, por lo que se puede suponer que el volumen requerido por persona por comida es de 0,15 m<sup>3</sup> de biogás. [13].

Figura 11. Cocina a biogás de una hornilla [13]



Según información del área de SAE (Servicio de análisis energético) de la PUCP, la gran parte de las cocinas del hogar presentan aproximadamente de 1.5 kW o 5400 kJ/h (servicio de evaluación de cocinas) [15].

$$T_d = \frac{PCI * m_b}{2 * P * D} \quad (2)$$

Donde:  $T_d$  es Tiempo diario de cocción en horas,  $PCI$  es Poder Calorífico ( $\text{kJ}/\text{m}^3$ ),  $m_b$  es Masa de balón de gas,  $N$  es Numero de hornillas,  $P$  es Potencia nominal del quemador ( $\text{kJ}/\text{h}$ ),  $D$  es Tiempo en días [15].

### 2.2.5. Biodigestor

Es un recipiente o tanque sellado que recibe agua para procesar la materia orgánica. Los términos "tributos" y "efluentes" se utilizan para describir los materiales que entran y salen del biodigestor. [6].

#### 2.2.5.1. Tipos de biodigestores

##### 2.2.5.1.1. Biodigestores continuos

Son utilizados en las viviendas mayormente, ya que permiten realizar un fácil mantenimiento, y puede ser realizado por cualquier persona, cuenta con tres aberturas una de ellas es para la salida biogás. Sus ventajas a favor son que puede regular o controlar el porcentaje de materia prima, pero su problema que no le favorece a este tipo de biodigestores, es que consumen un gran volumen de agua.

Los biodigestores más conocidos de esta categoría son los de estructura flexible, domo fijo y flotante [7].

#### 2.2.5.1.2. Biodigestores discontinuos

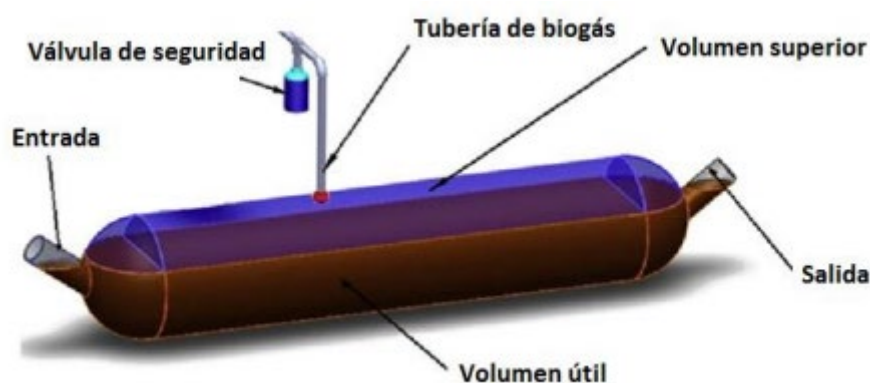
Son biodigestores que tienen un peculiar funcionamiento ya que solo es alimentado una sola vez, luego este convierte toda la materia orgánica en biogás, permitiendo así otra vez su alimentación de materia. Su principal desventaja es que solo llega a producir un aproximado de 0,5 m<sup>3</sup> de biogás al día. Pero las ventajas es que este biodigestor trabaja con materia orgánica seca ya sea pastos, hojas, o cascaras de frutas dependiendo de la textura de la materia, y que además no se necesita realizarle operación de manejo diario (alimentación diaria) [7].

#### 2.2.5.2. Biodigestor tipo Taiwán o tubular

También llamado biodigestor globo, tubo o bolsa, se empezó a utilizar en Taiwán alrededor de 1960. El producto está hecho de plásticos o bioplásticos, que se utilizan ampliamente en China. Cuenta con un solo tanque de digestión, lo que permite una alta eficiencia en la producción de biogás [13].

Este biodigestor utiliza una tecnología de flujo pistón avanzada para realizar la digestión anaeróbica. [16].

*Figura 12. Biodigestor tubular de plástico de bajo costo [16]*



Este biodigestor puede ser alimentado con cualquier tipo de materia orgánica degradable, comúnmente se utiliza heces y otros desechos animales (sangre, tejidos, grasas y contenidos digestivos), así como con desechos vegetales y humanos. Tiene un tiempo de retención de 25 a 50 días [16].



### 2.2.5.2.1. Componentes del biodigestor tubular

**Tabla 9. Componentes del biodigestor tipo Taiwanés o tubular [16]**

Componente	Descripción	¿Obligatorio?
Reactor	No es más que una “bolsa” de plástico que contendrá toda la materia orgánica que atravesará el proceso de digestión. Suele estar fabricado de Polietileno (PE) o geomembrana de policloruro de vinilo (PVC), que es más sólida y por ende, más cara.	Sí
Tuberías	Son de PVC. Conducen el gas desde el reactor hasta la cocina o algún otro equipo que sirva para comprobar la obtención del biogás.	Sí
Invernadero	También se le conoce como carpa solar y protege al reactor de los daños que suelen ocasionar los rayos UV. Su uso es imprescindible en las regiones frías de la sierra o altiplano para poder elevar la temperatura del reactor y evitar el helamiento de la materia orgánica.	No
Válvulas	Se colocan en varios sitios de las tuberías, siendo la válvula de seguridad la de mayor importancia, ya que garantiza que la presión en el reactor sea más o menos constante. De esta manera, la válvula de seguridad impide que el reactor se dañe cuando el biogás producido no es utilizado durante un cierto tiempo y también, que el aire entre al biodigestor.	Sí
Manómetro	Nos da la posibilidad de poder controlar la producción de biogás.	No
Reservorio	Sirve para almacenar el biogás producido. Debe estar colocado de tal manera que sea fácil darle presión y no tan alejado de la instalación hará uso del biogás.	Sí

El reactor se alojará en una zanja con fondo cubierto. Esto permite aislarlo térmicamente, especialmente de la humedad, y disminuye el tiempo de retención. [16].

## III. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y Nivel de investigación

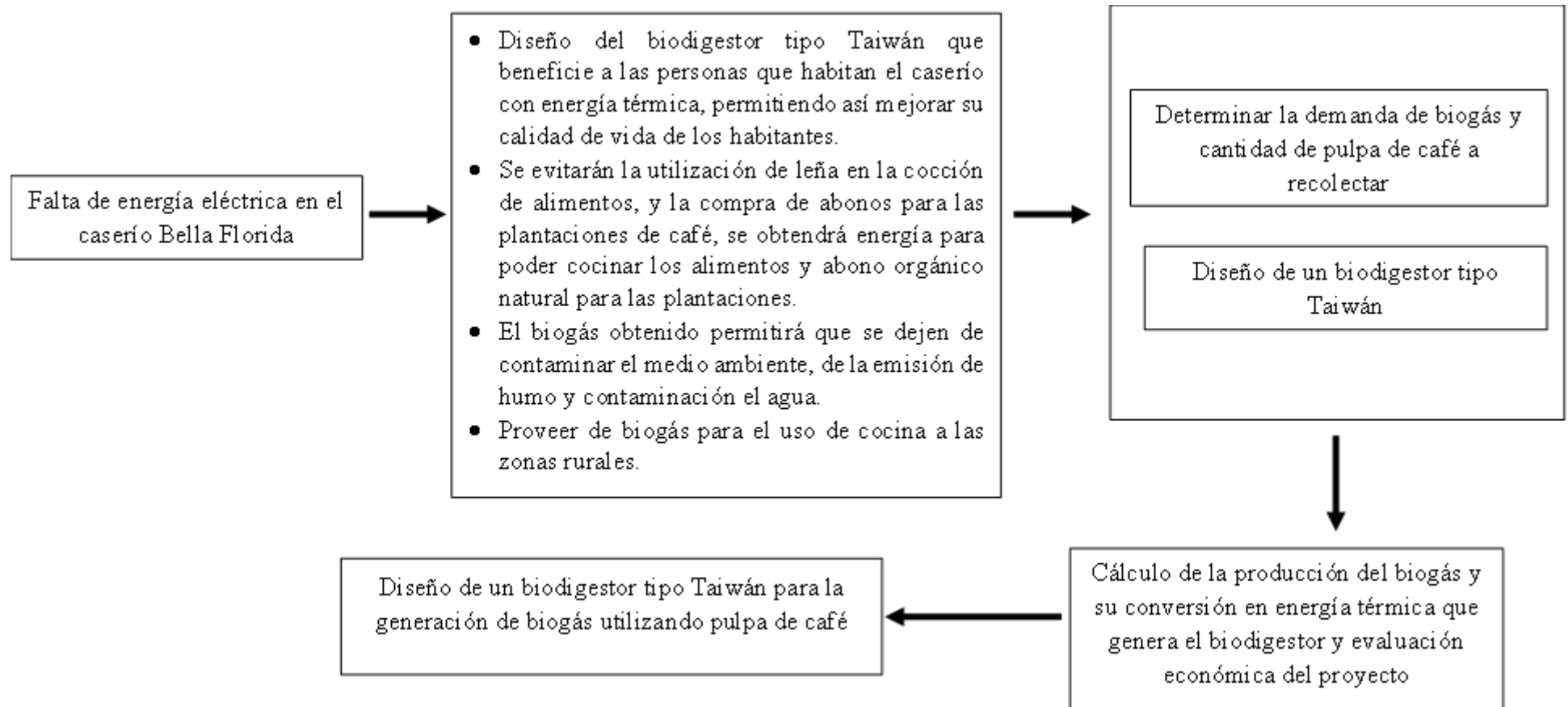
El tipo de investigación de este trabajo es:

- Tipo Experimental, debido a que observan cuando ocurren en su contexto natural y luego se analizan porque las variables se manipulan deliberadamente.
- Tipo Aplicativo, se toman los datos y se aplican para poder ser validados.

El Nivel de la Investigación: Explicativo, causa-efecto y cuantitativa.

### 3.2. Diseño de investigación

Figura 13. Diseño de investigación



### 3.3. Matriz de consistencia

Tabla 10. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿En qué medida influye el diseño de un biodigestor tipo Taiwán en la generación de biogás utilizando pulpa de café para energizar las viviendas unifamiliares del caserío de Bella Florida?	<b>GENERAL</b>	<b>GENERAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> Diseño de un biodigestor tipo Taiwán  <b>INDICADORES:</b> Volumen  Longitud  <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Generación biogás con pulpa de café  <b>INDICADORES:</b> Masa  Volumen  Tiempo (día)  Eficiencia  Energía	<b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b>  Tipo No-Experimental, Transversal  <b>TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>  En este proyecto de investigación se usará entrevista y encuestas  <b>POBLACION Y MUESTRA</b>  La producción de pulpa de café de las viviendas en el caserío de Bella Florida
	Diseñar un Biodigestor tipo Taiwán para generar biogás utilizando pulpa del café para energizar las viviendas del caserío Bella Florida	Mediante el diseño de un biodigestor tipo Taiwán se generará biogás utilizando para ello la pulpa de café.		
	<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>		
	1. Determinar la demanda energética que requieren las viviendas unifamiliares del caserío Bella Florida.	1.- Si se determina la demanda energética que requieren las viviendas del caserío Bella Florida, entonces, se obtendrán las cantidades de energía que consumirá las viviendas del caserío.		
	2.- Realizar la matriz morfológica para obtener el diseño conceptual del biodigestor tipo Taiwán.	2.- Si se realiza la matriz morfológica para obtener el diseño conceptual del biodigestor tipo Taiwán, entonces, se obtendrá el diseño del biodigestor.		
	3.- Diseñar un biodigestor tipo Taiwán para producir biogás mediante la pulpa de café.	3.- Si se diseña un biodigestor tipo Taiwán para la producción de biogás a partir de la pulpa de café, entonces, el diseño final cumplirá los requerimientos solicitados.		
	4.- Estimar la producción de biogás que generara el biodigestor.	4.- Si se calcula la producción de biogás que generará el biodigestor, entonces, se obtendrá la cantidad necesaria de biogás que se produce.		
	5.- Realizar la evaluación económica del diseño.	5.- Si se realiza la evaluación económica del proyecto, entonces, se determinará una inversión accesible a los pobladores del caserío.		

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Determinar la demanda energética que requieren las viviendas unifamiliares del caserío Bella Florida.

#### 4.1.1. Demanda de Energía Eléctrica para una vivienda unifamiliar

Para diseñar el biodigestor correctamente y garantizar el suministro eficiente de biogás, se debe primero realizar una revisión de las cargas a instalar.

Potencia total a instalar:

- 05 luminarias LED 12 W (0,06 kW)
- Plancha de ropa 2 500 W (2,5 kW)
- Televisor 32" 150 W (0,15 kW)
- Refrigeradora 298 L 150 W (0.15 kW)
- Cargador de celular carga rápida 40 W (0,08 kW)
- Parlante de sonido 100 W (0,1 kW)

Potencia total: 3,04 kW

**Tabla 11. Distribución de la demanda energética**

AREA DE LA VIVIENDA	DORMITORIO	COSINA	BAÑO	SALA	TOTAL
Luminaria LED Philips	2	1	1	1	5
Plancha de vapor	1				1
Televisor 32"				1	1
Refrigeradora 298 L		1			1
Cargador de Celular Carga rapida	2				2
Parlante de sonido SONY				1	1
<b>PUNTOS TOTALES</b>					<b>11</b>

Se puede calcular la máxima demanda de energía calculando la cantidad de horas en el día que cada equipo electrónico usará, multiplicando esta cantidad por las potencias instaladas, y luego obtener el consumo de energía W-h/día. El cálculo de la máxima demanda de energía se puede obtener identificando las áreas de la vivienda.

**Tabla 12. Cálculo de máxima demanda**

ITEM	DESCRIPCION	POTENCIA (WATTS)	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA (W)	TIEMPO DE USO (h/día)	CONSUMO DE ENERGIA (W-h/día)
1	Luminaria LED Philips	12	5	60	5	300
2	Plancha de ropa	2 500	1	2 500	0,25	625
3	Televisor 32"	150	1	150	3	450
4	Refrigeradora 298 L	150	1	150	4	600
5	Cargador de Celular Carga rapida	40	2	80	1	80
6	Parlante de sonido SONY	100	1	100	1,5	150
<b>TOTAL</b>		<b>2 952</b>	<b>11</b>	<b>3 040</b>	<b>14,75</b>	<b>2 205</b>

La Tabla 12 muestra que el consumo de energía diaria es de 2 205 W-h/día o 2,205 kW-h/día.

#### 4.1.2. Demanda de Biogás para la cocción de alimentos

Se tomará un intervalo de tiempos según la preparación de la comida en una vivienda unifamiliar para determinar la cantidad de biogás que se va a consumir en la cocción de alimentos. La tabla 13 muestra los períodos de tiempo que tardan en cocinarse el desayuno, el almuerzo y la cena.

**Tabla 13. Tiempo de cocción de alimentos**

COMIDAS EN EL DÍA	INTERVALO DE TIEMPO (h)	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (h)
Desayuno	0,5 - 1,5	1,0
Almuerzo	1,0 - 1,5	1,25
Cena	0,5 - 1,0	0,75
<b>TOTAL (horas/día)</b>		<b>3,00</b>

De la tabla 13 se concluye el tiempo total que se toma para la cocción de los alimentos en un día es de 3,25 horas/día.

Se tiene que la gran parte de cocinas de los hogares presentan una potencia de 1,5 kW o 5400 kJ/h, considerando 2 hornillas operando en simultáneo en llama alta [15]. Además, el poder calorífico del biogás es 25 104 kJ/m<sup>3</sup>. Entonces se tiene los datos para hallar el volumen del biogás en m<sup>3</sup>/día.

$$V_{biogas} = \frac{N \times P \times T_d}{PCI}$$

$$V_{biogas} = \frac{2 \times 5400 \frac{kJ}{h} \times \frac{3h}{día}}{25104 \frac{kJ}{m^3}}$$

$$V_{biogas} = 1,29 \frac{m^3}{día}$$

La demanda de biogás para la cocción de alimentos en las casas es de 1,29 m<sup>3</sup>/día.

### 4.1.3. Crecimiento de la demanda en 20 años

Para descubrir esta necesidad, es necesario primero realizar un cálculo del aumento de la población. Esta información se recopila a través del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), quien se encarga de proporcionar estadísticas sobre la población residente en las distintas ciudades a lo largo de los años.

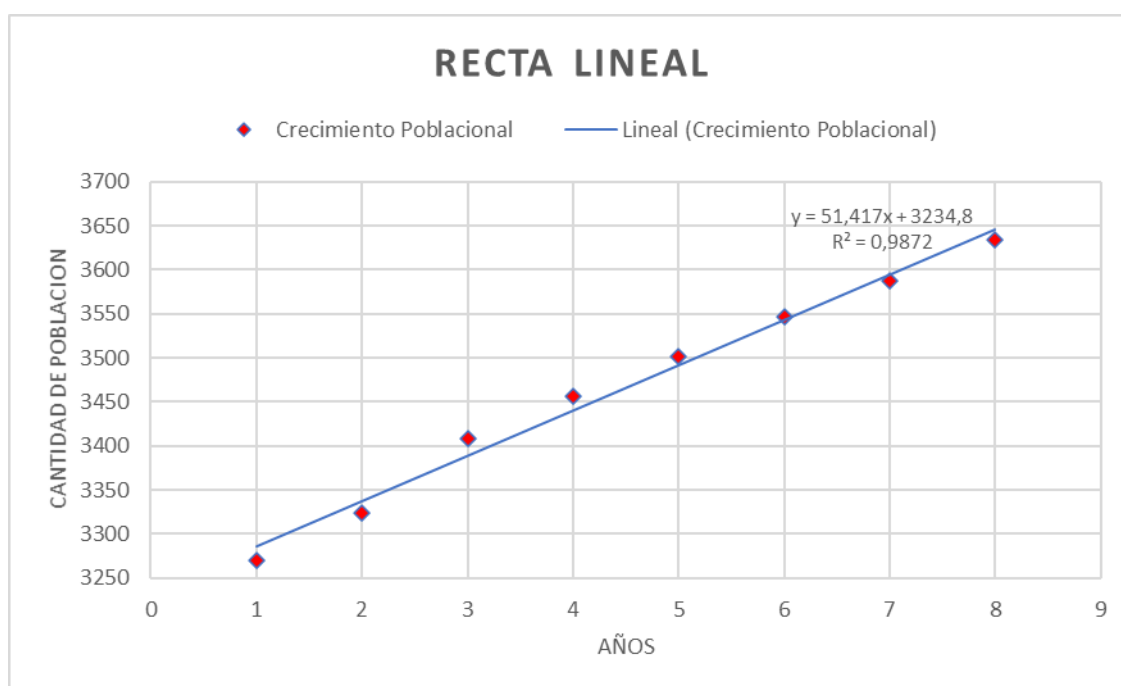
**Tabla 14. Cantidad de población por año del distrito de Yorongos [8]**

Año	Población
2009	3 270
2010	3 324
2011	3 409
2012	3 457
2013	3 502
2014	3 546
2015	3 587
2016	3 634

Se puede crear una gráfica de tendencias simple lineal en series de tiempo utilizando los datos de la Tabla 14 para calcular la tasa de crecimiento de la población.

- Lineal

*Figura 14. Recta Lineal*



Identificando la formula lineal del crecimiento poblacional con su constante R.

$$y = 51.417x + 3234.8$$

Esta ecuación ayudará a encontrar la población proyectada y, utilizando la tasa de crecimiento, calcular la población para dentro de 20 años.

**Tabla 15. Tasa de crecimiento**

AÑOS	Crecimiento Lineal		
	x	Poblacion	Tasa
2009	1	3270	0,00%
2010	2	3324	1,65%
2011	3	3409	2,56%
2012	4	3457	1,41%
2013	5	3502	1,30%
2014	6	3546	1,26%
2015	7	3587	1,16%
2016	8	3634	1,31%
2017	9	3698	1,75%
2018	10	3749	1,39%
2019	11	3800	1,37%
2020	12	3852	1,35%
2021	13	3903	1,33%
2022	14	3955	1,32%
2023	15	4006	1,30%
2024	16	4057	1,28%
2025	17	4109	1,27%
2026	18	4160	1,25%
2027	19	4212	1,24%
2028	20	4263	1,22%
2029	21	4315	1,21%
2030	22	4366	1,19%
2031	23	4417	1,18%
2032	24	4469	1,16%
2033	25	4520	1,15%
2034	26	4572	1,14%
2035	27	4623	1,12%
2036	28	4674	1,11%
2037	29	4726	1,10%
2038	30	4777	1,09%
2039	31	4829	1,08%
2040	32	4880	1,06%
<b>Promedio (2020-2040)</b>			<b>1,20%</b>

La demanda prevista se podrá calcular utilizando el porcentaje de la tasa de crecimiento promedio. La energía inicial en kW también será necesaria para esto.

El poder calorífico del biogás oscila entre 4 700 y 5 500 kcal/m<sup>3</sup> o 6,27 kWh/m<sup>3</sup> [23]. Considerando la demanda de la cocción de alimentos que es de 1,29 m<sup>3</sup>, entonces la demanda en kWh será de 8,09 kWh, adicionando el consumo de energía eléctrica para la vivienda que es 2,205 kWh, entonces tendremos una demanda inicial de 10,29 kWh.

Entonces con estos datos se calculará la potencia máxima en años.

$$P_{max} = P_o(1 + T.C\% \times \text{Años})$$

$$P_{max} = 10,29kW(1 + \left(\frac{1,20}{100}\right) * 20)$$

$$P_{max} = 12,76 kW$$

Por lo tanto, con un consumo diario de 2,205 kWh de electricidad y un consumo de 1,29 m<sup>3</sup> de biogás para las viviendas del caserío Bella Florida, la demanda máxima para 20 años será de 12,76 kW.



## 4.2. Realizar la matriz morfológica para obtener el diseño conceptual del biodigestor tipo Taiwán.

### 4.2.1. Necesidades y métricas

#### 4.2.1.1. Necesidad

**Tabla 16. Necesidades**

N°	NECESIDAD		Imp.
1	El Biodigestor tubular	Reduce la contaminación por CO2	5
2	El Biodigestor tubular	Permite el uso de residuos orgánicos como combustible	5
3	El Biodigestor tubular	Permite la generación de biogás	5
4	El Biodigestor tubular	Permite la obtención de biol como abono orgánico	3
5	El Biodigestor tubular	Es fácil de instalar	3
6	El Biodigestor tubular	Es económico	5
7	El Biodigestor tubular	Es duradero	3
8	El Biodigestor tubular	Es del tipo de biodigestores semicontinuos.	1
9	El Biodigestor tubular	Fácil manejo no requiere de conocimiento especializado	2
10	El Biodigestor tubular	Produce combustible (metano) para hogares	3
11	El Biodigestor tubular	Permite la mejora de calidad de vida para los hogares	5
12	El Biodigestor tubular	Ayuda con el cuidado del medio ambiente	5



#### **4.2.2. Criterios para la selección y diseño de los componentes del biodigestor tipo Taiwán**

##### **Función**

El biodigestor procesará anaeróbicamente la materia orgánica (pulpa de café) para producir biogás.

##### **Diseño**

El objetivo del diseño es facilitar el mantenimiento del biodigestor y aumentar la eficiencia de la producción de biogás.

##### **Materiales**

Los materiales a emplearse tienen que ser de buena calidad y de bajos costos.

##### **Tamaño**



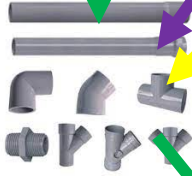
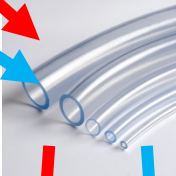


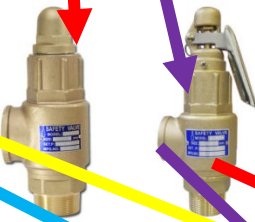





El tamaño del biodigestor dependerá de la producción de pulpa de café y la producción de biogás.

##### **Mantenimiento**

Para que el biodigestor dure de acuerdo a lo establecido se debe tener en cuenta su mantenimiento, esto permitirá garantizar su correcto funcionamiento.

## 4.2.3. Matriz Morfológica

Tabla 19. Matriz morfológica

Parte	Opción 01	Opción 02	Opción 03	Opción 04
<b>Reactor</b>	Geomembrana (PVC) 	Polietileno (PE) 		
<b>Tuberías y mangueras</b>				
<b>Invernadero</b>				
<b>Válvula de seguridad</b>				
<b>Reservorio</b>				

#### 4.2.3.1. Alternativa 01

El reactor de geomembrana de policloruro de vinilo (PVC), las mangueras de PVC que transportan el biogás, un invernadero que protege al reactor de los rayos ultravioletas, una válvula de seguridad mecánica y un reservorio de polietileno (PE) permiten un almacenamiento de biogás seguro y económico.






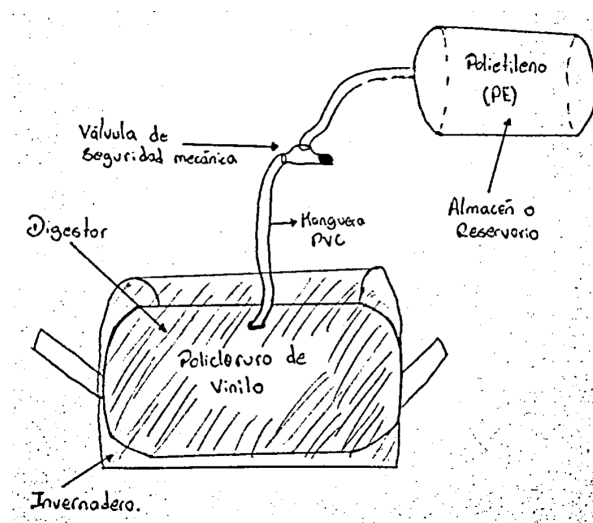
Alternativas	Tipo de línea
Alternativa 01	
Alternativa 02	
Alternativa 03	
Alternativa 04	
Alternativa 05	

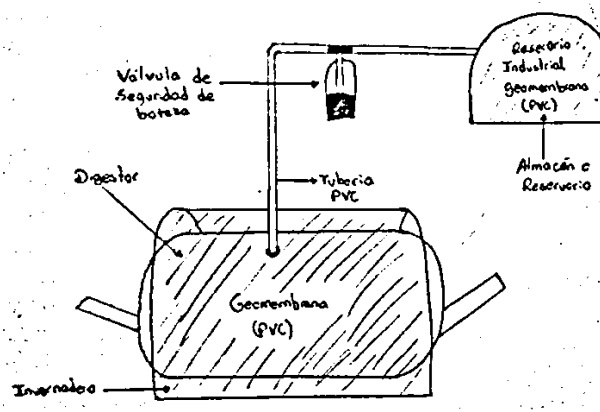
Figura 15. Dibujo a mano alzada de alternativa 01



#### 4.2.3.2. Alternativa 02

Incluye un reactor de geomembrana de policloruro de vinilo (PVC), tuberías de PVC que transportan el biogás, un invernadero que protege al reactor de los rayos ultravioleta, una válvula de botella que sirve como filtro y un reservorio de geomembrana industrial seguro pero costoso.

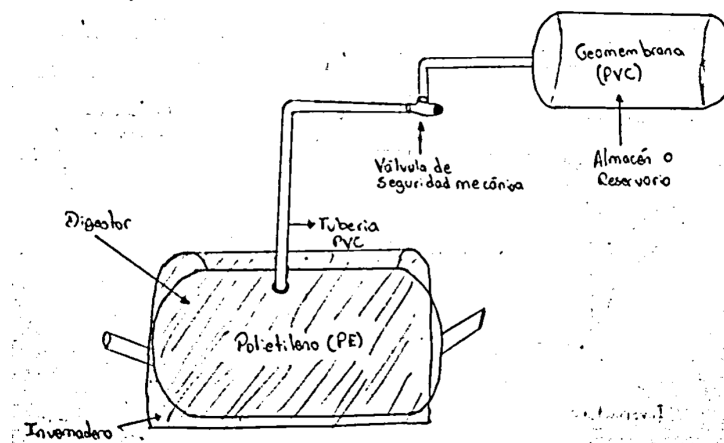
Figura 16. Dibujo a mano alzada de alternativa 02



#### 4.2.3.3. Alternativa 03

Consiste en reactor de Polietileno (PE), tuberías de PVC para el transporte del biogás, un invernadero que protege al reactor de los rayos UV, una válvula de seguridad mecánica, y un reservorio de geomembrana de policloruro de vinilo (PVC) que permite almacenamiento de biogás seguro y duradero pero un poco más costoso que el de polietileno (PE).

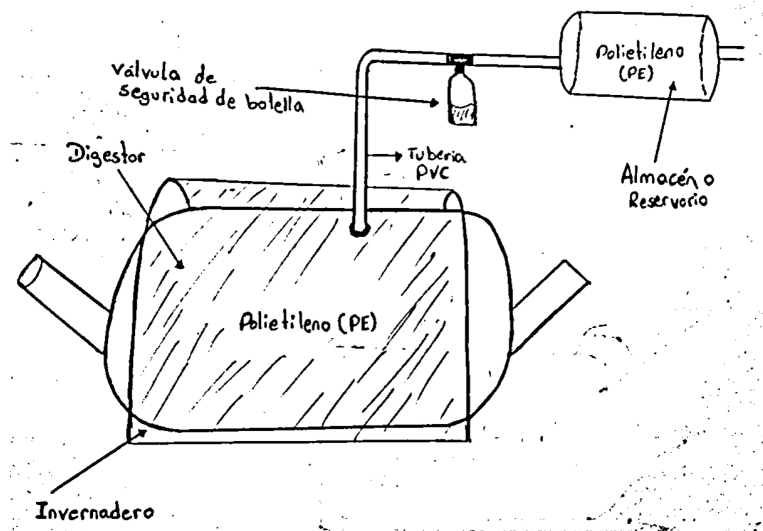
Figura 17. Dibujo a mano alzada de alternativa 03



#### 4.2.3.4. Alternativa 04

Consiste en reactor de Polietileno (PE), tuberías de PVC para el transporte del biogás, un invernadero que protege al reactor de los rayos UV, una válvula de seguridad de botella que sirve como filtro, y un reservorio de Polietileno (PE) que permite almacenamiento de biogás seguro y de bajo costo.

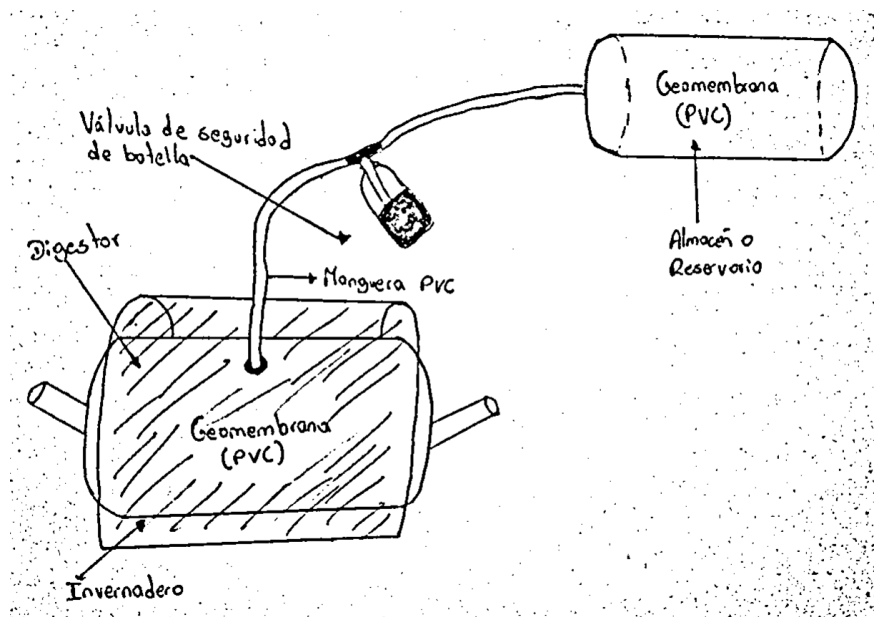
Figura 18. Dibujo a mano alzada de alternativa 04



#### 4.2.3.5. Alternativa 05

Consiste en reactor de geomembrana de policloruro de vinilo (PVC), mangueras de PVC transportadoras del biogás, un invernadero que protege al reactor de los rayos UV, una válvula de seguridad de botella que sirve como filtro, y un reservorio de geomembrana de policloruro de vinilo (PVC) que permite almacenamiento de biogás seguro y duradero pero un poco más costoso que el de polietileno (PE).

Figura 19. Dibujo a mano alzada de alternativa 05



#### 4.2.4. Evaluación de los conceptos de solución

**Tabla 20. Matriz de ponderación**

P = Puntaje														
1 = Muy malo; 2 = Malo; 3 = Regular; 4 = Bueno; 5 = Muy bueno														
Pc = Ponderación de criterio														
Variantes de evaluación			Alternativa 01		Alternativa 02		Alternativa 03		Alternativa 04		Alternativa 05		A. Ideal	
N°	Criterios de evaluación	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc	P	Pc
1	Función	4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	5	20
2	Diseño	4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	5	20
3	Materiales	5	4	20	5	25	4	20	4	20	5	25	5	25
4	Tamaño	4	4	16	3	12	4	16	4	16	4	16	5	20
5	Mantenimiento	4	4	16	3	12	4	16	4	16	4	16	5	20
6	Durabilidad	5	4	20	5	25	3	15	4	15	5	25	5	25
7	Precios	5	3	15	1	5	3	15	5	25	2	15	5	25
Puntaje máximo $\Sigma P$ o $\Sigma Pc$		31	27	119	25	111	26	114	29	124	28	129	35	155
Valor técnico xi		-	0,77		0,72		0,74		0,83		0,80		1,00	
Orden de selección		-	3		5		4		1		2		-	

En la tabla 20 se puede observar como la alternativa 04, es la cual consiguió el mejor puntaje de ponderación, siendo esta la que cumplen los criterios de evaluación.



### 4.3. Diseñar un biodigestor tipo Taiwán para producir biogás mediante la pulpa de café.

#### 4.3.1. Dimensionamiento del biodigestor

##### 4.3.1.1. Reactor

- Tiempo de retención

Tabla 21. Tiempo de retención según altura sobre el nivel del mar [16]

Región	Temperatura ambiente	Altura sobre el nivel del mar (m)	Tiempo de retención (días)
Altiplano	-12 a 20°C	2 900 – 4 500	75
Valle	5 a 30 °C	1 800 – 2 900	37
Trópico	13 a 38 °C	0 – 1 800	25

Considerando que las chacras de café se encuentran a 940 m.s.n.m, se encuentran en un clima trópico, lo que significa que necesitarán 25 días para retener líquidos para que se produzca la digestión anaeróbica.

$$TRH = 25 \text{ días}$$

- Dosis de sustrato diaria

Tomando el valor diario de pulpa de café de la cosecha en mínima producción cuyo valor es 98 kg/día (ANEXO 01); se sabe que el %ST (% sólidos totales) de la pulpa de café es de un 82,10% entonces se podrá hallar los ST [17]:

$$ST = \%ST \times \text{Cantidad de cafe kg/día}$$

$$ST = 82,10\% \times 98 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 80,46 \text{ kg sólidos/día}$$

Las cantidades de sólidos presentes para la carga en kilogramos por día se conoce como sólidos totales (ST). Cuando el % ST es superior al 10%, se tendrá que calcular el agua a añadir. El cálculo se hará encontrando qué parte de los sólidos representa el 10% y el resto será agua [18], entonces teniendo 97,8 kg/día como 10%.

$$98 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{-----} 10\%$$

$$X \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{-----} 90\%$$

$$X = \frac{90\% \times 98 \text{kg/día}}{10\%} = 882 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{ de agua}$$

La densidad de la pulpa de café es de  $442,5 \text{ kg/m}^3$  para calcular la dosis de sustrato se necesita [1], y la densidad de las aguas mieles  $940,9 \text{ kg/m}^3$  [18].

$$\text{Dosis de sustrato} = \frac{\frac{98 \text{kg}}{442,5 \text{ kg/m}^3}}{\frac{882 \text{kg}}{940,9 \text{ kg/m}^3}}$$

$$Ds = 0,24 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Volumen para la adquisición de líquidos

$$V_l = \text{Dosis de sustrato} \times TRH$$

$$V_l = 0,24 \text{m}^3/\text{día} \times 25 \text{ días}$$

$$V_l = 6 \text{ m}^3$$

- Volumen total del reactor

$$V_t = \frac{4}{3} V_l$$

$$V_t = \frac{4}{3} (6) \text{m}^3$$

$$V_t = 8 \text{ m}^3$$

- Dimensionamiento del reactor

La venta del polietileno se da en rollos de 50 metros, y las medidas del ancho estandarizadas de 1; 1,25; 1,50; 1,75 y 2. Este rollo tiene el doble de la circunferencia total del plástico [19].

**Tabla 22. Selección ancho de rollo del Polietileno tubular [19]**

Ancho de rollo (m)	Perímetro de la circunferencia (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Sección eficaz (m <sup>2</sup> )
1,00	2,00	0,32	0,64	0,32
1,25	2,50	0,40	0,80	0,50
1,50	3,00	0,48	0,96	0,72
1,75	3,50	0,56	1,12	0,97
2,00	4,00	0,64	1,28	1,27

Se seleccionará la medida de ancho de rollo estándar de 1,75 m; teniendo estos datos se podrá hallar el largo de la bolsa que se necesitará para el reactor, mediante las siguientes formulas se podrá calcular el largo de la bolsa para el reactor:

$$L = \frac{V_t}{(\pi \times r^2)}$$

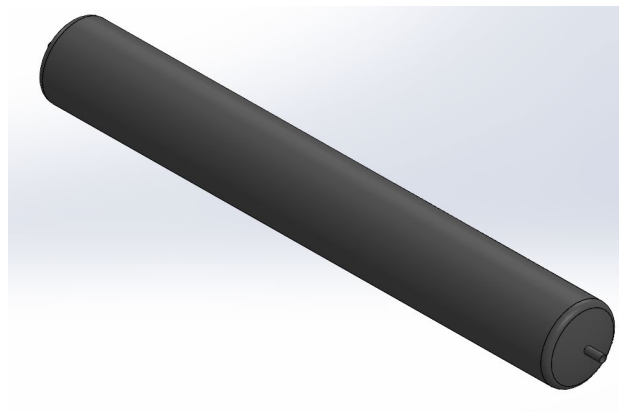
$$L = \frac{8 \text{ m}^3}{0,97 \text{ m}^2}$$

$$L = 8,2 \text{ m}$$

*Figura 20. Dimensiones del tanque digestor*



*Figura 21. CAD Tanque Digestor*



### 4.3.1.2. Zanja del biodigestor

- **Dimensiones de la zanja**

La longitud y su profundidad y ancho dependerán de la simetría del rollo utilizado para el tanque digestor. La figura 22 muestra la forma del perfil de la zanja [16].

Figura 22. Medidas de la zanja según el Ancho de Rollo (AR) [16]

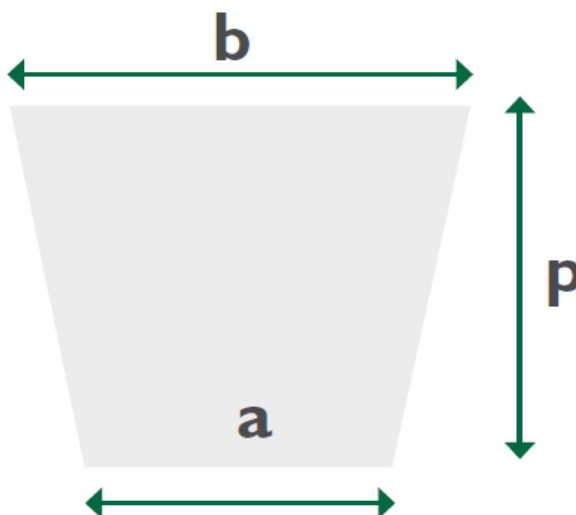
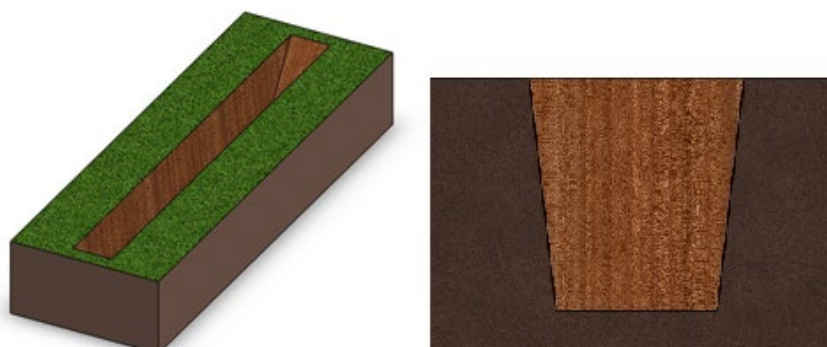


Tabla 23. Medidas de la zanja según el Ancho de Rollo (AR) [16]

AR (m)	a (m)	b (m)	p (m)
1	0,3	0,5	0,6
1,25	0,4	0,6	0,7
1,5	0,5	0,7	0,8
1,75	0,6	0,8	0,9
2	0,7	0,9	1

La dimensión de la zanja para el biodigestor será de 9 m de largo y 0,8 m de ancho con y 0,9 de profundidad, según el ancho del rollo utilizado de 1,75 metros.

Figura 23. Diseño de Zanja del biodigestor



#### 4.3.1.3. Tuberías de captación y transporte de biogás

Debido a su bajo costo y facilidad de manipulación, las tuberías de PVC se utilizarán para el transporte de biogás. Por lo tanto, a mayor recorrido y diámetro menor, mayor es la caída de presión por fricción [19].

La Tabla 24 se puede utilizar para calcular los diámetros de las tuberías para encontrar el caudal máximo.

Tabla 24. Diámetros de tubería en relación de las distancias con la caída de presión [19]

Caudal de biogás (m <sup>3</sup> /h)	Longitud de Tubería de PVC		
	20 m	60 m	100m
0,10	1/2"	1/2"	1/2"
0,20	1/2"	1/2"	1/2"
0,30	1/2"	1/2"	1/2"
0,40	1/2"	1/2"	1/2"
0,50	1/2"	1/2"	1/2"
1,00	1/2"	3/4"	3/4"
1,50	1/2"	3/4"	3/4"
2,00	3/4"	3/4"	3/4"

Entonces para un caudal de 0,1m<sup>3</sup>/h de biogás y una distancia aproximada de 60 metros la tubería que necesitará será de ½" de diámetro. Teniendo entonces la distancia y el diámetro se podrá calcular la cantidad de tuberías las cuales se necesitarán para el diseño, siendo la medida estándar de 5 m por tubería, se necesitaría 12 tuberías para cumplir la distancia de 60 metros y además 03 codos de ½" los cuales irán en el recorrido de la tubería para llegar

del tanque digestor al gasómetro y 01 codo de ½” para el recorrido del gasómetro al domicilio.

#### 4.3.1.4. Depósitos de entrada y de salida

Las conducciones de entrada y salida se construirán con tubos de PVC de diámetro de 4 pulgadas. El tanque de entrada será de 80 x 80 cm y 40 cm de profundidad. Se necesitarán codos de 45° o 90°, y el diseño solo requerirá dos codos. Las aguas residuales deben fluir a través de esta tubería hasta el tanque de salida; se recomienda un contenedor rectangular de ladrillo y cemento. La frecuencia con la que se usa el biol determina su volumen [13]:

$$V_{\text{pozo de salida}} = Ds \times T_{ab}$$

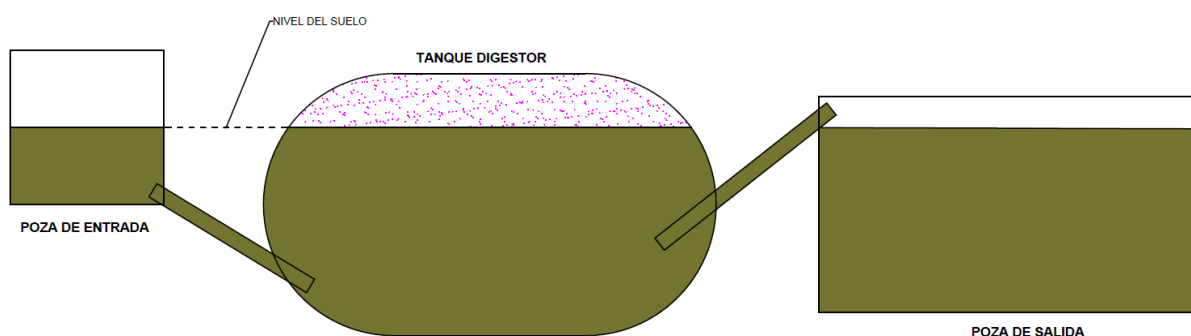
$$V_{\text{pozo de salida}} = 0,24 \frac{m^3}{\text{día}} \times 1 \text{ semana}$$

$$V_{\text{pozo de salida}} = 0,24 \frac{m^3}{\text{día}} \times 7 \text{ días}$$

$$V_{\text{pozo de salida}} = 1,68 m^3 = 1\,680 \text{ litros}$$

Además, se recomienda colocar una placa de metal o plástico en la parte superior del tanque para evitar que objetos extraños lo ingresen. Los niveles de llenado los tanques.

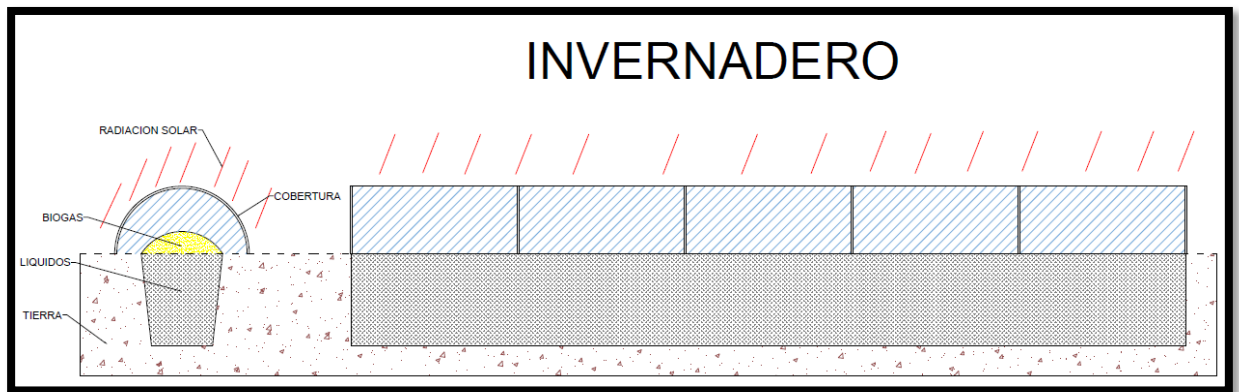
Figura 24. Nivel del sustrato en el pozo de entrada y salida en relación con el digestor



#### 4.3.1.5. Invernadero

La vida útil de las láminas de polietileno a la luz solar directa es de aproximadamente dos años, por lo que deben reemplazarse después. Se utilizan para aumentar la temperatura, llamada invernadero. La lámina tendrá un extendido de 9 m y un ancho de 0,8 m. [19].

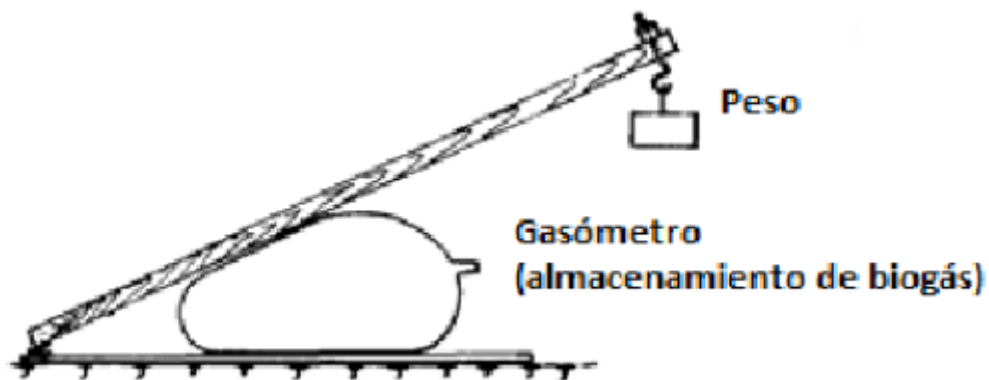
Figura 25. Biodigestor tubular con invernadero



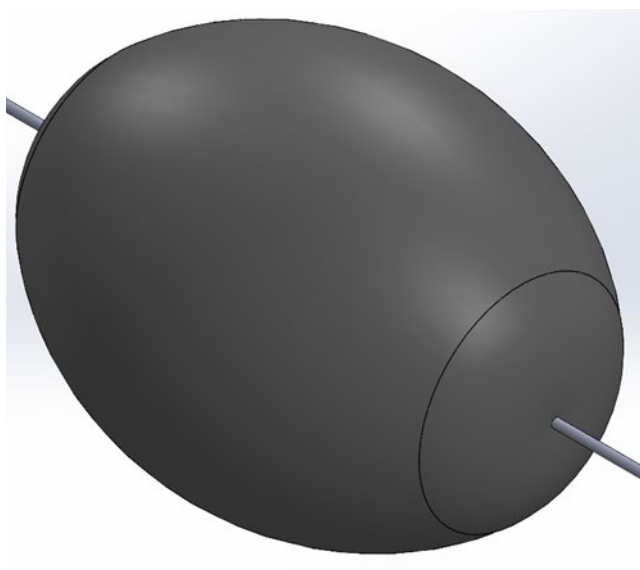
#### 4.3.1.6. Reservorio

La película de polietileno o geomembrana de Policloruro de vinilo de 1 mm de espesor y a 42 mbar de presión son los mismos que se utilizan en el reactor biodigestor. La presión del biogás debe estar entre 7 y 20 cm de tamaño, por lo que es necesario que el gasómetro cuente con un sistema de presión por peso, que permitirá tener biogás constante mientras se descarga. En general, se utilizan contrapesos y bandas alrededor del gasómetro [19].

Figura 26. Mecanismo para mantener uniforme la presión del gasómetro [19]



*Figura 27. Diseño de Reservorio o Gasómetro 3D*

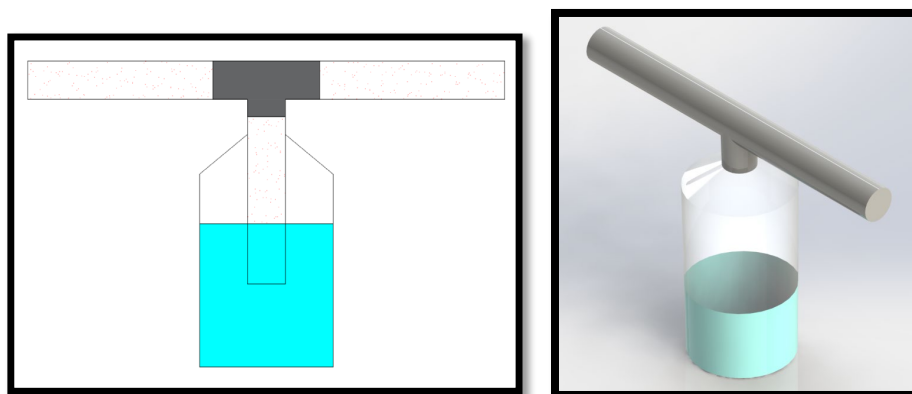


#### **4.3.1.7. Filtro de biogás y válvulas de seguridad**

El filtro de biogás tiene como función eliminar cantidades elevadas de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) en el biogás, muchas veces pudiendo malograr los equipos y hacer que el biogás huelga mal. La válvula de seguridad permitirá que, si no se consume el biogás, tenga un lugar de escape y al mismo tiempo evitará que entre aire del exterior. Esto se hace con una botella de refresco, el tamaño dependerá del diámetro de las tuberías a instalar; para la elaboración solo se hace un agujero en la parte superior para llenar de agua cuando se evapora; luego se agrega una T para que el biogás siga su curso hacia la cocina, en cuanto a la última salida de la T se pieza un tubo donde su longitud estará dado por el tamaño de la botella, esta tubería estará sumergida en agua dentro de la botella en un rango de 8-13 cm. Cuanto mayor sea la altura, menos presión se necesita y menos agua debe sumergirse [19]. Para ello entonces el diseño del biodigestor necesitara una válvula de seguridad tipo botella, teniendo dentro de esta instalación una tubería T, además 02 válvulas reguladoras de presión que servirán para controlar la presión de entrada y salida, así mismo 02 válvulas llave para controlar el paso biogás al gasómetro y al domicilio.



Figura 28. Válvula de seguridad botella y trampa de agua



#### 4.3.2. Presión de operación del biodigestor

El biodigestor cuenta con una presión:

$$\sigma_1 = 2 \cdot \sigma_2 = \frac{p \cdot r}{t}$$

Si se trabaja con un espesor de 0,75 mm entonces la presión será:

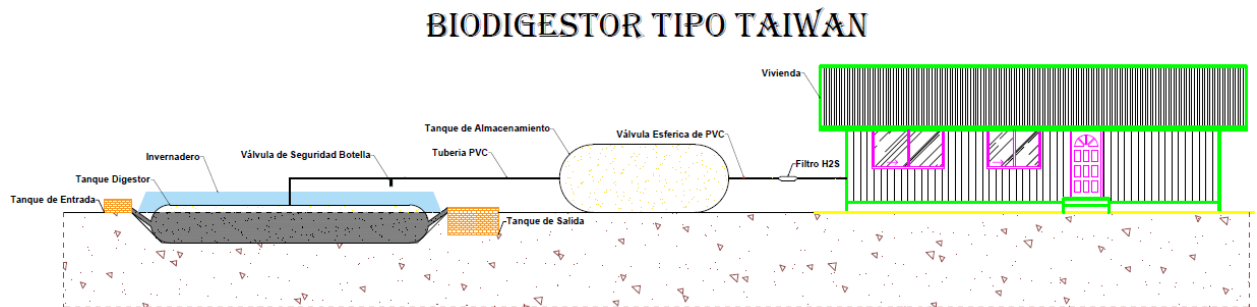
Tabla 25. Presiones de operación de los biodigestores tubulares [19]

Tipo de geomembrana	Espesor (t) [m]	Presión interna máxima $\rho = (\sigma_1 \times t) / r$ [kPa]
<b>HDPE</b> Resistencia a la fluencia: $\sigma_1 = 12$ MPa	$0,75 \times 10^{-3}$	12,9
	$1,0 \times 10^{-3}$	17,1
	$1,25 \times 10^{-3}$	21,4
	$1,5 \times 10^{-3}$	25,7
<b>PVC</b> Resistencia a la fluencia: $\sigma_1 = 12$ MPa	$0,5 \times 10^{-3}$	10,9
	$0,75 \times 10^{-3}$	16,1
	$1,0 \times 10^{-3}$	21,4
	$1,25 \times 10^{-3}$	26,8
	$1,5 \times 10^{-3}$	32,1

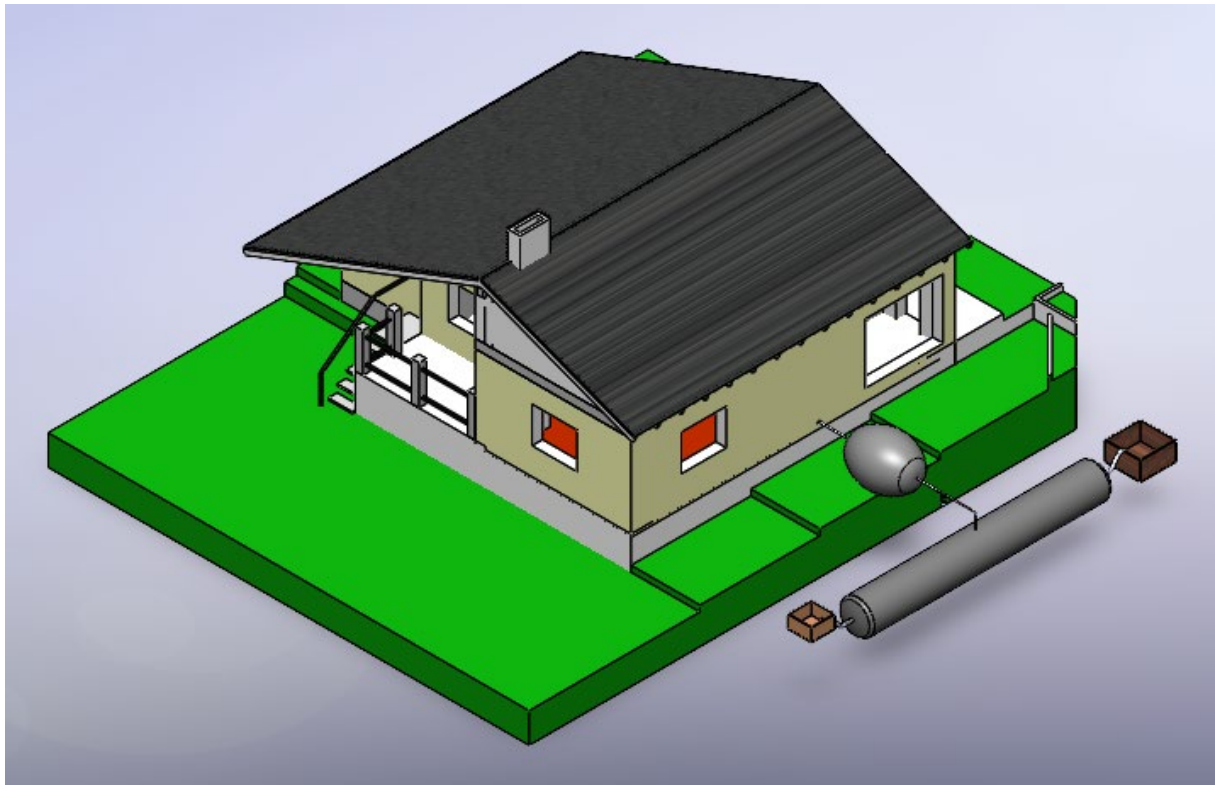
Para el diseño del biodigestor se va a usar el HDPE con un espesor de 0,75 mm; entonces la presión interna máxima de operación del biodigestor será una aproximado de 12,9 kPa.

### 4.3.3. Diseño en CAD

*Figura 29. Diseño del Biodigestor tipo Taiwán 2D*



*Figura 30. Diseño del Biodigestor tipo Taiwán 3D*



En la figura 29 y 30 se muestra, de las partes y el diseño del biodigestor instalado en una vivienda, permitiendo así tener un ejemplo conceptual de como sería la instalación de este en la vivienda unifamiliar.

#### 4.4. Cálculo de la producción de biogás que generara el biodigestor.

##### 4.4.1. Características físico-químicas de la pulpa de café

La caracterización físico-química de la pulpa de café de la variedad Coffea arábica se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 26. Caracterización físico-química de la pulpa de café [17]**

Parámetros	Inicial
C (%)	43,60
H (%)	5,10
N (%)	3,20
S (%)	0,38
R C/N	13,63
ST (%)	82,10±2,51
SV (%)	68,66±0,57
pH	7,90±0,02
DQO <sub>t</sub> (gO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	21,04±1,51
DQO <sub>s</sub> (gO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	3,27±0,12
NTA (mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> L <sup>-1</sup> )	1 834,91±73
NTK (mgL <sup>-1</sup> )	1 124,76±76,28
AP (mgCaO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	3 192±133
AI (mgCaO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	442±142
Relación AI/AP	0,14±0,05

##### 4.4.2. Cantidad de Biogás a producir con la pulpa de café

Se calcularon los valores del tiempo de retención (TRH) de 25 días y los sólidos totales (ST), que fueron 80,46 kg de sólidos por día de la pulpa de café total que se utilizaría. También se calculó la cantidad de agua para la mezcla, que era de 882 kg por día, y la dosis de sustrato (Ds) que se usaría en el biodigestor era de 0,24 m<sup>3</sup>.

- Sólidos volátiles diarios (SV)

$$SV = ST \times \%SV$$

$$SV = 80,46 \frac{\text{kg solidos}}{\text{día}} \times 68,66\%$$

$$SV = 55,24 \frac{\text{kg solidos volatiles}}{\text{día}}$$

- **Producción de biogás**

Se considera la pérdida de 1 m<sup>3</sup> biogás/ kg solidos volátiles eliminados [7], y el tiempo retenido de 25 días se puede calcular la producción de biogás.

$$Pb = \frac{SV}{THR} \times 1 \frac{m^3 \text{ biogás}}{kg \text{ solidos volatiles elim}}$$

$$Pb = 55,24 \frac{kg \text{ solidos volatiles}}{25 \text{ día}} \times 1 \frac{m^3 \text{ biogás}}{kg \text{ solidos volatiles elim}}$$

$$Pb = 2,21 \frac{m^3 \text{ biogás}}{\text{día}}$$

Entonces el biodigestor producirá un total de 2,21 m<sup>3</sup> de biogás al día siendo este un valor que puede aumentar dependiendo del estado de fermentación.

- **Rendimiento del metano**

Teniendo el biogás un poder calorífico entre 18 828 y 25 104 kJ/m<sup>3</sup> dependiendo de la composición de la materia orgánica. Entonces el biogás cuenta con un poder calorífico mayor que la mitad del gas natural. Con una concentración del 60% el biogás tiene un poder calorífico de 21 966kJ/m<sup>3</sup> [12].

- **Energía Térmica**

$$ET = Pb \times PCI \text{ al } 60\% \text{ de concentracio}$$

$$ET = 2,21 m^3 \times 21\,966 \text{ kJ}/m^3$$

$$ET = 2,21 m^3 \times 21,966 \text{ MJ}/m^3$$

$$ET = 48,54 \text{ MJ}$$

- **Potencia Térmica**

$$PT = ET/24$$

$$PT = 48,54/24$$

$$PT = 2,02 \text{ MWt}$$

- **Potencia Eléctrica**

$$PE = PT \times 0.4$$

**0.4 = eficiencia de térmica a eléctrica**

$$PE = 2,02 \times 0,4$$

$$PE = 809 \text{ kW}$$

Los cálculos realizados permitieron calcular el volumen en m<sup>3</sup>/día de biogás que se producirá y el potencial energético que tendrá para satisfacer las necesidades de las viviendas en Bella Florida.

## 4.5. Realización de la evaluación económica del diseño.

### 4.5.1. Egresos:

#### 4.5.1.1. Presupuesto para el biodigestor

La tabla 27 muestra el presupuesto total requerido para la instalación del biodigestor.

**Tabla 27. Presupuesto para el biodigestor**

ITEM	SUMINISTRO	UNIDAD	UNITARIO	METRADO	COSTO
<b>01.01</b>	<b>TANQUE DIGESTOR Y ALMACENAMIENTO</b>				
01.01.01	Rollo Polietileno 1,75 m de diametro color negro	m	S/ 5,00	8,20	S/ 41,00
01.01.02	Rollo Polietileno 2,00 m de diametro color negro	m	S/ 6,00	7,00	S/ 42,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 83,00
<b>01.02</b>	<b>TUBERÍAS</b>				
01.02.01	Tubo PVC 4" de diametro	und	S/ 32,90	1,00	S/ 32,90
01.02.02	Tubo PVC 1/2" de diametro x5 m	und	S/ 10,50	12,00	S/ 126,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 158,90
<b>01.03</b>	<b>ACCESORIOS PARA TUBERÍAS</b>				
01.03.01	Abrazadera para tubo 4"	und	S/ 9,00	2,00	S/ 18,00
01.03.02	Abrazadera para tubo 1/2"	und	S/ 1,40	4,00	S/ 5,60
01.03.03	Codo de PVC 4"	und	S/ 13,00	2,00	S/ 26,00
01.03.04	Codo de PVC 1/2"	und	S/ 2,50	4,00	S/ 10,00
01.03.05	T de PVC 1/2"	und	S/ 3,80	1,00	S/ 3,80
01.03.06	Ancople de PVC 1/2"	und	S/ 1,90	1,00	S/ 1,90
01.03.07	Cinta teflon 1/2"	und	S/ 1,00	2,00	S/ 2,00
01.03.08	Pegamento de PVC	und	S/ 19,90	1,00	S/ 19,90
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 87,20
<b>01.04</b>	<b>VÁLVULAS</b>				
01.04.01	Válvula esférica 1/2" de diametro	und	S/ 7,50	2,00	S/ 15,00
01.04.02	Válvula reguladora de presión	und	S/ 5,00	2,00	S/ 10,00
01.04.03	Filtro de sulfuro de Hidrógeno	und	S/ 64,44	1,00	S/ 64,44
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 89,44
<b>01.05</b>	<b>MATERIALES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>				
01.05.01	Generador eléctrico 3000 W	und	S/ 1 200,00	1,00	S/ 1 200,00
01.05.02	Cable 12 avg TW 80	m	S/ 2,00	150,00	S/ 300,00
01.05.03	Interruptor Termomagnético 20 A	und	S/ 39,90	2,00	S/ 79,80
01.05.04	Interruptor diferencial 30mA	und	S/ 40,00	1,00	S/ 40,00
01.05.05	Interruptor	und	S/ 4,00	4,00	S/ 16,00
01.05.06	Tomacorriente	und	S/ 6,00	6,00	S/ 36,00
01.05.07	Socket para Foco	und	S/ 1,90	4,00	S/ 7,60
01.05.08	Tablero de distribución 6 Polos	und	S/ 26,90	1,00	S/ 26,90
01.05.09	Caja de paso rectangular	und	S/ 2,50	10,00	S/ 25,00
01.05.10	Tubería PVC SAP 1"	und	S/ 8,20	6,00	S/ 49,20
01.05.11	Curvas PVC SAP 1"	und	S/ 1,90	10,00	S/ 19,00
01.05.12	Puesta a tierra	und	S/ 350,00	1,00	S/ 350,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 2 149,50
<b>01.06</b>	<b>INVERNADERO Y ZANJA</b>				
01.06.01	Plástico de polietileno transparente	m	S/ 0,87	20,00	S/ 17,34
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 17,34
<b>01.07</b>	<b>POZA DE ENTRADA Y SALIDA</b>				
01.07.01	Ladrillo pandereta raya	und	S/ 0,71	265,00	S/ 188,15
01.07.02	Cemento	kg	S/ 0,60	100,00	S/ 60,24
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 248,39

ITEM	MONTAJE	UNIDAD	UNITARIO	METRADO	COSTO
<b>02.01</b>	<b>EXCAVACIÓN ZANJA</b>				
02.01.01	Excavación en terreno normal	gib	S/ 50,00	1,00	S/ 50,00
02.01.02	Tendido del plástico polietileno transparente	gib	S/ 15,00	1,00	S/ 15,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 65,00
<b>02.02</b>	<b>POZA DE ENTRADA Y SALIDA</b>				
02.02.01	Excavación en terreno normal	gib	S/ 50,00	2,00	S/ 100,00
02.02.02	Construcción de poza	gib	S/ 50,00	2,00	S/ 100,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 200,00
<b>02.03</b>	<b>MONTAJE TANQUE DIGESTOR</b>				
02.03.01	Instalación del tanque digestor	und	S/ 30,00	1,00	S/ 30,00
02.03.01	Instalación del tanque de almacenamiento	und	S/ 20,00	1,00	S/ 20,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 50,00
<b>02.04</b>	<b>TUBERÍAS DE GAS</b>				
02.04.01	Instalación de tuberías y válvulas	gib	S/ 50,00	1,00	S/ 50,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 50,00
<b>02.05</b>	<b>INVERNADERO</b>				
02.05.01	Instalación de el invernadero	und	S/ 20,00	1,00	S/ 20,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 20,00
<b>02.06</b>	<b>INSTALACION ELECTRICA</b>				
02.06.01	Instalacion electrica para la casa	gib	S/ 75,00	1,00	S/ 75,00
	<b>SUB-TOTAL</b>				S/ 75,00
<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>					<b>S/ 3 271,07</b>

Se tendrá entonces un costo directo total de S/ 3 271,07 soles donde se considera todo el material y la instalación del biodigestor.

#### 4.5.1.2. Costos de operación y mantenimiento

También se toman en cuenta los gastos de operación y mantenimiento del biodigestor, que equivalen al 3,5% anual del costo de inversión del proyecto.

$$\text{operacion y mantenimiento} = 3,5\% \times \text{costo directo total}$$

$$\text{operacion y mantenimiento} = 3,5\% \times 3\ 271,07$$

$$\text{operacion y mantenimiento} = \text{S/} . 114,49 \text{ soles}$$

Por lo tanto, se considerará un monto de S/ 114,49 soles para la operación y mantenimiento del biodigestor.

#### 4.5.2. Financiamiento:

Para el financiamiento de los costos del biodigestor se acudirá a empresas que dentro de su misión empresarial puedan realizar el apoyo social financiero para realización de proyectos, para esto, se buscó las posibles empresas tanto públicas como privadas, las cuales fueron las siguientes: “Cooperativa de Servicios Múltiples Valle de Rioja” que es una cooperativa dedica al apoyo al sector de agricultores cafetaleros de la provincia de Rioja - San Martín a la cual se logró contactar (anexo 2); y la empresa “INGESA” una empresa privada con la que también hubo un contacto con las intenciones ayudar (anexo 3).

#### 4.5.3. Ingresos:

##### 4.5.3.1. Ahorro en gastos de leña

El gasto en recolección de leña para la cocción de alimentos es S/. 30,00 soles al mes, esta cantidad en un año ascenderá a unos S/. 360,00 soles.

##### 4.5.3.2. Ahorro en gastos de energía eléctrica

El costo por la energía eléctrica en la zona distrital es de 0,3879 S/. /kW.h (anexo 4), por lo tanto, se calculará el consumo por año con la potencia de consumo de 2,205 kW.h que tiene la vivienda.

$$\text{Costo energía eléctrica} = 0,3879 \text{ S/. / kW.h} \times 2,205 \text{ kW.h} \times 365 \text{ días}$$

$$\text{Costo energía eléctrica} = \text{S/. 312,19 al año}$$

Se tiene entonces un costo total de S/. 312,19 al año.

##### 4.5.3.3. Huella de carbono

El estado mediante el MEF (Ministerio de Economía y Finanzas), realiza un pago de \$ 7,17 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> que se deje de emitir, en el Perú la quema de biogás reduce las emisiones cada kWh se evita la emisión de 0,452 kgCO<sub>2</sub>e. [9]

CONSUMO DIARIO	12.24	kWh/día
CONSUMO ANUAL	4467.6	kWh/año





AÑO	14	15	16	17	18	19	20
<b>EGRESOS</b>	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49
<b>INVERSIÓN</b>							
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49	-\$/ 114,49
<b>INGRESOS</b>	\$/ 727,21	\$/ 727,21	\$/ 727,21	\$/ 727,21	\$/ 727,21	\$/ 727,21	\$/ 727,21
<b>AHORRO EN GASTOS DE LEÑA</b>	\$/ 360,00	\$/ 360,00	\$/ 360,00	\$/ 360,00	\$/ 360,00	\$/ 360,00	\$/ 360,00
<b>AHORRO EN ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	\$/ 312,19	\$/ 312,19	\$/ 312,19	\$/ 312,19	\$/ 312,19	\$/ 312,19	\$/ 312,19
<b>BONO CO<sub>2</sub></b>	\$/ 55,02	\$/ 55,02	\$/ 55,02	\$/ 55,02	\$/ 55,02	\$/ 55,02	\$/ 55,02
<b>BENEFICIO</b>	\$/ 612,72	\$/ 612,72	\$/ 612,72	\$/ 612,72	\$/ 612,72	\$/ 612,72	\$/ 612,72

VAN	S/ 1 165,74
TIR	18%

Obtenidos los resultados se tiene que el VAN es de S/. 1 165,74 soles y un TIR que supera el 12% con un 18% se confirma que el proyecto si será viable, por lo tanto, se puede llevar a cabo.

## V. CONCLUSIONES

- Para las viviendas unifamiliares en Bella Florida, se evaluó el consumo diario y se encontró que necesitan 2,205 kW-h/día de energía eléctrica, así como 1,29 m<sup>3</sup>/día de biogás para la cocción de alimentos. Además, se realizó una interpolación del crecimiento de la demanda de energía para los siguientes 20 años, basándose en datos de consumo de años anteriores, lo que resultó en un valor energético de 12,76 kW.
- Se realizó la matriz morfológica donde se obtuvo cinco alternativas de diseños, así mismo con la matriz de ponderación se seleccionó la alternativa que fue la que mejor se adaptó a las necesidades, accesibilidad económica y tiempo de vida útil.
- Se diseñó el biodigestor tipo Taiwán, mediante ecuaciones analíticas, y seleccionamiento de cada componente, lo cual permitirá su correcto funcionamiento, así mismo las medidas que se obtuvieron fueron 1,12 m de diámetro por 8,20 m de largo y 8 m<sup>3</sup> de volumen.
- La estimación de la producción de biogás que generará el biodigestor será de 2,21 m<sup>3</sup> al día, pudiendo así obtener una potencia térmica de 2,02MWt y una potencia eléctrica de 809 kW.
- Para la implementación del diseño se necesitará una inversión de S/ 3 271,07 soles, estimando el 3,5% de la inversión total para gastos de operación y mantenimiento; da resultado un VAN (Valor Actual Neto) de S/. 1 165,74 soles con un TIR (tasa interna de retorno) de 18%, y un tiempo de recuperación de 64 semanas o 05 años y 4 meses.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Los biodigestores se pueden utilizar industrialmente, para el uso en centrales de energía térmica que utilicen el combustible energético naturales.
- Se puede utilizar otro tipo de materia orgánica, como los excrementos de animales, pulpas de frutos.
- Se puede también aplicar otros tipos sistemas de biodigestores continuos o semicontinuos.
- Con los datos obtenidos, se puede seleccionar un generador eléctrico el cumpla con los valores de potencia requerido.

## VII. REFERENCIAS

- [1] H. D. Londoño Espinosa, Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón [Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ciencias Naturales y Matemáticas], Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería, 2017.
- [2] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Situación actual del café en el país,» 2015. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3vJRZIZ>.
- [3] D. A. Balseca de la Cadena y J. C. Cabrera Bastidas, Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café, Honduras: Zamorano, Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, 2011.
- [4] M. H. Philipps Paredes, Sistema de postcosecha del café (coffea arabica) en la región de San Martín [Informe de Ingeniería para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial], Tarapoto: Universidad Nacional de San Marín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, 2017.
- [5] N. Rodríguez Valencia, Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas [Tesis Doctoral], Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, 2009.
- [6] S. Soncco Tumpi, Implementación de sistema de generación de energía eléctrica alternativo a partir de la producción de biogas, en el distrito de Yanaoca provincia de Canas [Tesis para optar el grado academico de Doctor en Ciencias y Tecnologías Medioambientales], Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales y Formales, 2019.
- [7] B. E. Ruiz Pinto, Diseño de un biodigesto para generación de energía a partir del estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el CC.PP. Las Canteras del distrito de Pátapo - Chiclayo - Lambayeque [Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico], Chiclayo: Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, 2020.
- [8] M. A. Hernández Gil y M. E. Zapata Vigil, Diseño de un biodigestor con estiércol de ganado vacuno para el caserío La Zanja - Cajamarca [Tesis para optar título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista], Pimentel: Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, 2018.
- [9] N. D. P. García Salazar, Influencia de la pulpa y agua de despulpado del café (coffea arabica) sobre la producción de biogás con estiércol de bovino [Tesis para obtencion del

- título profesional de Ingeniero Agroindustrial], Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, 2014.
- [10] E. A. Armas Flores, N. C. Cornejo Mazariego y K. M. Murcia Zamora, “Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva [Tesis para optar al Título de Ingeniero Industrial], San Salvador: Universidad de el Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2008.
- [11] Gobierno del Perú, «Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/33tnd4L>.
- [12] E. E. Toala Moreira, Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica [Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Biotecnología Ambiental], Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, 2013.
- [13] W. J. O. Arrieta Palacios, Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado [ Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico Eléctrico], Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2016.
- [14] D. García Solache, Adecuación de biodigestor rotoplas para generación de biogás [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Mecánico], México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Aragón, 2016.
- [15] G. A. Del Castillo Velarde, Propuesta de cocina a gas licuado de petróleo de dos hornillas para uso doméstico [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico], Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2019.
- [16] J. M. Herrero, «Biodigestores Familiares Guía de Diseño y Manual de Instalación,» *Cooperación Técnica Alemana \_ GTZ*, p. 85, 2008.
- [17] R. J. Rosa Cruz, Producción de biogás en sustrato sólido mediante la digestión anaeróbica de pulpa de café (Tesis de maestro en ingeniería energética), Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2015.
- [18] E. R. B. Mireia Navaz, «INFORME TÉCNICO: SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL CAFÉ,» Ingeniería sin Fronteras, Cajamarca, 2016.
- [19] R. S. García Zabaleta, M. V. Alamo Viera y M. D. Marcelo Aldana, «DISEÑO DE UN BIODIGESTOR TUBULAR PARA ZONAS RURALES DE LA REGIÓN PIURA,» *XXIV Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXIV- SPES)*, vol. 13, nº 1, pp. 1-22, 2017.

- [20] J. López, «La crisis energética mundial: una oportunidad para Colombia,» Dyna, vol. 72, n° 147, pp. 103-116, 2005.
- [21] Osinergmin, «Encuesta de resultados de uso y consumo de energía,» Gerencia y políticas de análisis económico, Lima, 2017.
- [22] INEI, «Instituto Nacional de Estadística e Informática,» Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1 Enero 2006. [En línea]. Available: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/sector-statistics/>. [Último acceso: 15 Marzo 2022].
- [23] G. Moncayo, «¿Que es el Biogás?,» AQUALIMPIA ENGINEERING, ALEMANIA, 2017.

## VIII. ANEXOS

- **ANEXO 01:**

### **CUESTIONARIO PARA CAFICULTORES SOBRE LA RECOLECCIÓN DE PULPA DE CAFÉ**

DATOS GENERALES:

Nombres:

Apellidos:

Fecha:

**OBJETIVO:** Constatar cuanta pulpa de café se puede recolectar en los dos terrenos de plantaciones de café, según la producción de café que se da en estos terrenos.

**Instrucciones:** Estimado caficultor propietario, como parte de una investigación necesitamos de su colaboración, con su opinión respecto a la cantidad de pulpa de café que se puede recolectar en un día de trabajo de junta de café:

Marque con una cruz (X) donde corresponda en cada ítem, no hay respuestas correctas o incorrectas, debe contestar todas las preguntas, según la escala:

4 = Siempre      3 = Casi siempre      2 = Algunas veces      1 = Nunca



Preguntas			Valoración			
Nº	Dimensiones	Ítems	1	2	3	4
1	Siembra de café	Con que frecuencias siembras café.				
2		La siembra de café lo haces por encima de tres hectáreas.				
3	Cosecha de café	La cosecha de máxima producción (100 - 90 latas de café por hectárea) lo realizas entre enero y junio.				
4		La cosecha de media producción (50 - 40 latas de café por hectárea) lo realizas entre julio y setiembre.				
5		La cosecha de mínima producción (10 - 15 latas de café por hectárea) lo realizas entre octubre y diciembre.				
6	Producción de café por hectárea en las cosechas	En la cosecha de máxima producción te produce de 100 a 90 latas de café				
7		En la cosecha de media producción te produce de 50 a 40 latas de café				
8		En la cosecha de mínima producción te produce de 15 a 10 latas de café				
9	Recolección de café	La cantidad de obreros que pueden realizar la recolección de café en un día, el área de una hectárea ¿son 15?				
10	Usos de la pulpa de café y aguas mieles	¿ A la pulpa de café le da algún uso?				
11		¿ Realiza algún uso a las aguas mieles obtenidas del lavado del café?				

Estos datos obtenidos ayudaran a determinar cuánto es la cantidad de pulpa de café recolectada en un día de trabajo de junta de café. Para ello se ha ordenado la información de la encuesta mediante tablas y graficas donde se muestra la producción de café.

**Tabla 29. Área de los terrenos con plantaciones de café**

TERRENOS	Áreas	Área (m2)
Terreno 01	6 hectáreas	60 000
Terreno 02	3 hectáreas	30 000
<b>TOTAL</b>	<b>9 hectáreas</b>	<b>90 000</b>

**Tabla 30. Área de terreno cosechada en un día**

Terreno	Obreros	Área cosechada en un día (Hectáreas)	Área cosechada en un día (m2)
Terreno 01	15	1	10 000
Terreno 02	8	0,5	5 000
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>1,5</b>	<b>1 5000</b>

Estos resultados dicen que el terreno 01 se realiza con 15 obreros los cuales juntan 1 hectárea de área de terreno con plantación de café, y para el terreno 02 se realiza con 8 obreros los cuales cuentan juntan  $\frac{1}{2}$  hectárea de área de terreno con plantación de café, donde se obtiene un total de 1.5 hectáreas cosechadas en un día de trabajo de junta.

En la siguiente tabla 31 se detallarán las cosechas realizadas durante el año que se realizan en los terrenos 1 y 2, así mismo se detallara la cantidad de producción de café que tienen durante el año.

**Tabla 31. Cosecha y producción durante el año**

Cosechas	Meses	Días de trabajo en un mes	Producción de Café (Latas/Hectárea)
Cosecha de máxima producción	Enero	6 días	100-90 latas de café por Hectárea
	Febrero	6 días	
	Marzo	6 días	
	Abril	6 días	
	Mayo	6 días	
	Junio	6 días	
Cosecha de media producción	Julio	6 días	50-40 latas de café por Hectárea
	Agosto	6 días	
	Setiembre	6 días	
Cosecha de mínima producción	Octubre	6 días	15-10 latas de café por Hectárea
	Noviembre	6 días	
	Diciembre	6 días	

Con estos datos ya se sabe cuanta cantidad de café producen al año los terrenos 01 y 02, así como también en cuantos días se realizan cada junta.

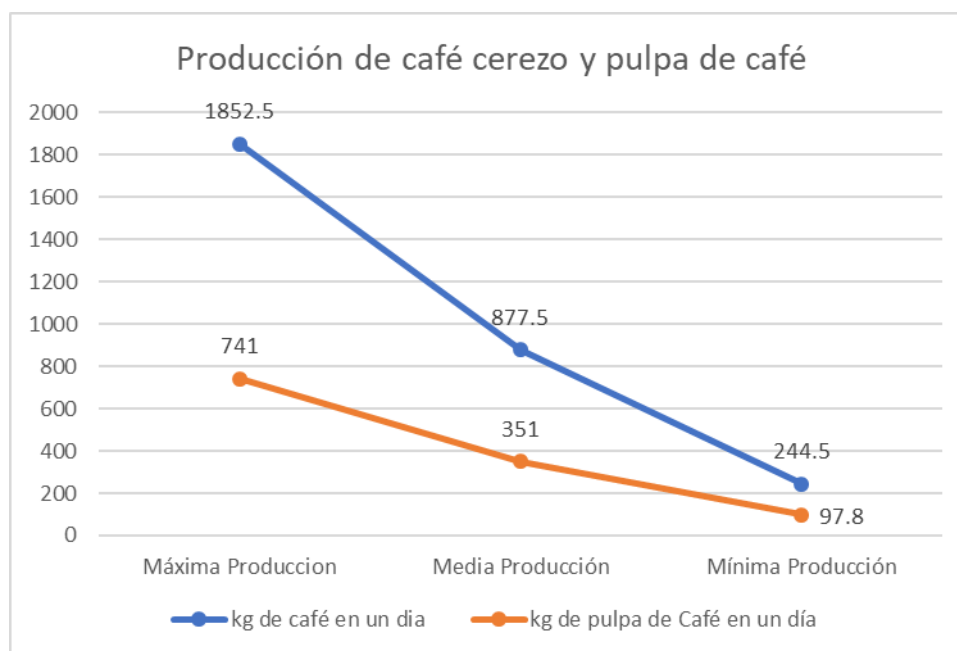
**Tabla 32. Producción de café**

Cosechas	Producción de Café	Promedio de producción por día (kg)	Hectareas totales	TOTAL DE CAFÉ (kg)
Cosecha de máxima producción	1 300 - 1 170 kg de café por Hectárea	1 235	9 Hectáreas	11 115
Cosecha de media producción	650 - 520 kg de café por Hectárea	585	9 Hectáreas	5 265
Cosecha de mínima producción	195 - 130 kg de café por Hectárea	163	9 Hectáreas	1 463


**Tabla 33. Cálculo de pulpa de café en un día**

Cosechas	Área cosechada en un día (Hectáreas)	Promedio de producción en un día (kg)	Porcentaje de pulpa de café	Pulpa de Café (kg/día)
Máxima producción	1,5 hectáreas	1 852,5	0,4	741
Media producción	1,5 hectáreas	877,5	0,4	351
Mínima producción	1,5 hectáreas	244,5	0,4	97,8

*Figura 31. Cálculo de pulpa de café en un día*



## • ANEXO 02:

 ALVA BRAVO, ANDRES EDUARDO  
Para: coopvallerioja@gmail.com 🔗 ↶ ↷ ⋮  
Vie 6/05/2022 09:16


De mi especial consideración:

A través del presente reciba mis cordiales saludos señor WALTER REATEGUI PEÑA, gerente la Cooperativa de servicios Múltiples valle de Rioja.

Soy ANDRES EDUARDO ALVA BRAVO estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, el motivo por el cual le escribo, es para pedir que usted tenga en consideración un apoyo social financiero de un total de 3272 Soles, para poder realizar la ejecución de mi proyecto de Tesis, que lleva por título DISEÑO DE UN BIODIGESTOR TIPO TAIWÁN PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS UTILIZANDO PULPA DE CAFÉ, que está encaminado para ayudar a los habitantes cafetaleros de las zonas rurales del caserío Bella Florida del Distrito de Yorongos, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín.

Espero su pronta respuesta, para poder brindarle toda la información necesaria sobre el proyecto.

Gracias.

 Cooperativa Valle de Rioja <coopvallerioja@gmail.com>  
Para: ALVA BRAVO, ANDRES EDUARDO 🔗 ↶ ↷ ⋮  
Vie 6/05/2022 17:58

Nuestra Organización, "Cooperativa de Servicios Múltiples Valle de Rioja", conformada básicamente por pequeños productores de café y cacao, actividad principal, si cuenta con la ayuda social financiera para realizar estos proyectos, por lo que se tendrá en cuenta evaluar su proyecto, con la finalidad de poder realizar el apoyo financiero que solicita.


Te contactaremos pronto






Walter Reategui Peña  
Gerente "Coop. Valle Rioja"

⋮

↶ Responder ↷ Reenviar

- **ANEXO 03:**

 ALVA BRAVO, ANDRES EDUARDO  
Para: gerenciaingesasac@gmail.com

Vie 20/05/2022 21:31



De mi especial consideración:

A través del presente reciba mis cordiales saludos ING. CARLOS JHONATAN MARQUINA RIOS, gerente la empresa INGESA SAC.


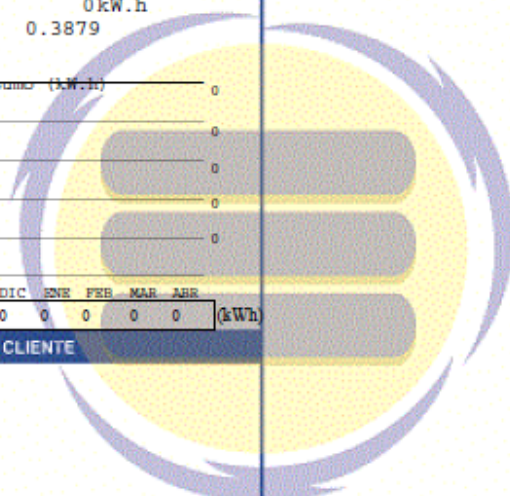
Soy ANDRES EDUARDO ALVA BRAVO estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, el motivo por el cual le escribo, es para pedir que usted tenga en consideración un apoyo social financiero de un total de 3272 Soles, para poder realizar la ejecución de mi proyecto de Tesis, que lleva por título DISEÑO DE UN BIODIGESTOR TIPO TAIWÁN PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS UTILIZANDO PULPA DE CAFÉ, que está encaminado para ayudar a los habitantes cafetaleros de las zonas rurales del caserío Bella Florida del Distrito de Yorongos, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín.

Espero su pronta respuesta, para poder brindarle toda la información necesaria sobre el proyecto.

Gracias.

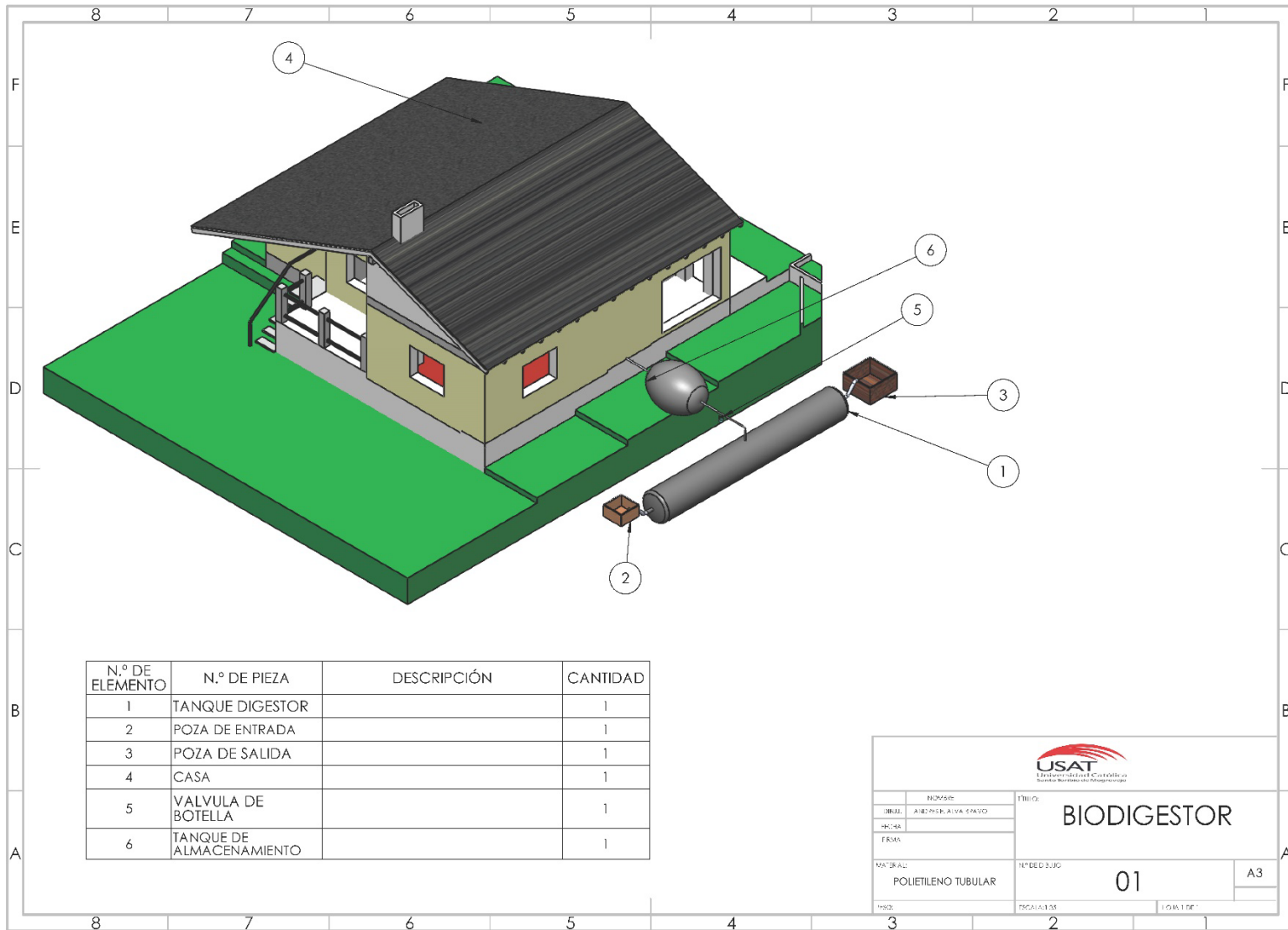
 Responder  Reenviar

- ANEXO 04:

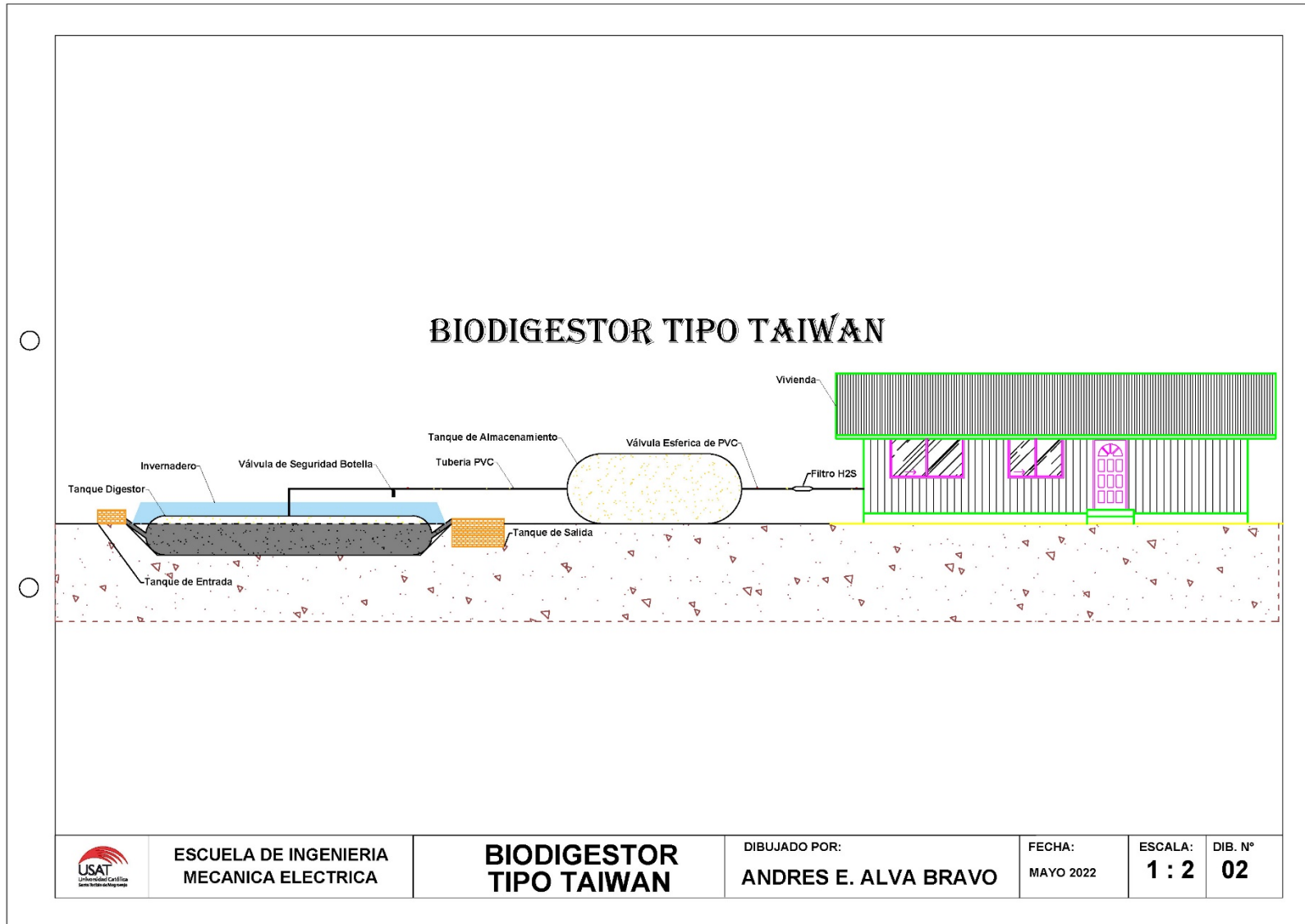
DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO		DETALLES DE LOS IMPORTES FACTURADOS																							
<p>WEBCON 08/05/2022 21:04</p> <p>El importe FOSE está incluido en su Cargo por Energía</p>  <p><b>Electro Oriente</b> Generando Progreso</p> <p>EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD DEL ORIENTE S.A. AV. AUGUSTO FREYRE N° 1168 - IQUITOS - MAYNAS R.U.C. 20103795831</p>		<p>CONTRATO CODIGO RUTA SALIDA - SS.EE.</p>																							
<p>Tarifa BT5B Residencial P.C. 0.5kW Opc. Tarif. Resol. 206-2013-OS/CD del 14.10.2013 Tipo C.I.1 Monofásico-Aéreo Tensión 220 V nroserie 01690365 EN Lectura Actual 112 30/04/2022 Lectura Anterior 112 31/03/2022 Diferencia entre lecturas 0 Factor del nroserie 1.0000 Consumo a facturar 0kW.h Precio unitario S./kWh 0.3879</p>		<p>Cargo Fijo Ajustado 4.30 Cargo por Energía Ajustado 0.00 Alumbrado Publico 0.40 Interes Compensatorio 0.01</p>																							
<p>Variación de su Consumo (kWh)</p> <p>0</p> <p>0</p> <p>0</p> <p>0</p> <p>0</p>																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MAY</th> <th>JUN</th> <th>JUL</th> <th>AGO</th> <th>SET</th> <th>OCT</th> <th>NOV</th> <th>DIC</th> <th>ENE</th> <th>FEB</th> <th>MAR</th> <th>ABR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>(kWh)</p>				MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR														
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														
<p>MENSAJES AL CLIENTE</p> <p>CONSUMO</p> <p>FECHA EMISION</p> <p>FECHA VENCIMIENTO</p> <p>FECHA DE CORTE</p> <p>****DUPLICADO****</p> <p>"LAS TARIFAS DE ELECTRICIDAD SON FIJADAS POR OSINERGMD" SU RECIBO HA SIDO FACTURADO CON TARIFA PLANA (LEY N° 30468)</p> <p>Estimado Cliente, los comunicados y avisos de interés, los encontrará en nuestros canales digitales oficiales: <a href="http://www.elor.com.pe">www.elor.com.pe</a> Facebook: Electro Oriente Oficial</p>		<p>TOTAL FACTURADO</p> <p>Redondeo Mes Anterior</p> <p>Redondeo Mes Actual</p> <p><b>TOTAL S/. *****0.00</b></p>																							
<p>SON: NUEVE con 00/100 nuevos soles</p>																									

BIENES TRANSFERIDOS / SERVICIOS PRESTADOS EN LA REGION DE LA SELVA PARA SER CONSUMIDO EN LA MISMA

• ANEXO 05:

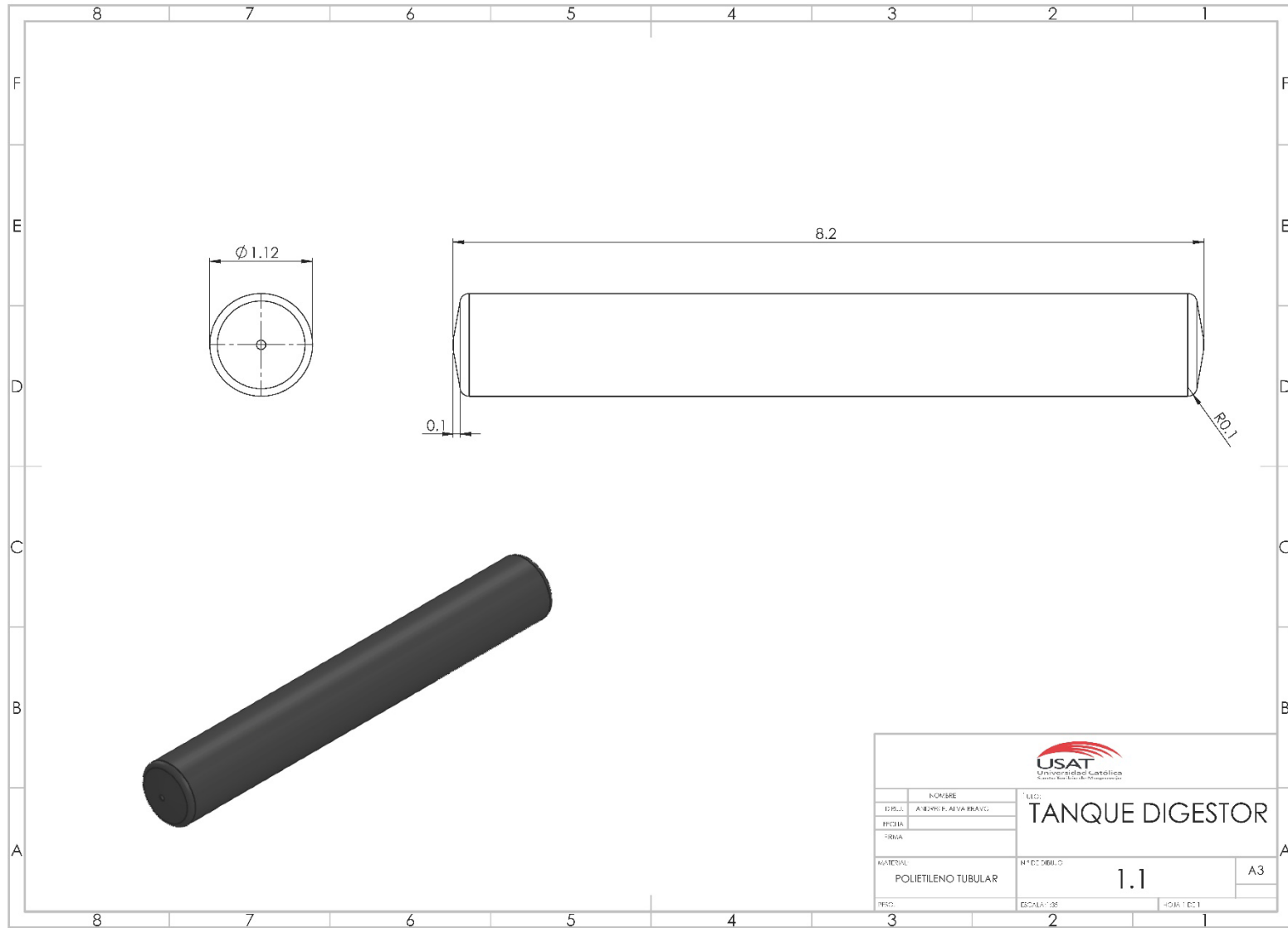


• ANEXO 06





• ANEXO 07:



**ANEXO 08:**

