



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE USO DE RESIDUOS GANADEROS PARA  
GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CASERÍO SANTIAGO  
VILLACORTA, MOYOBAMBA, SAN MARTÍN**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO  
ELECTRICISTA

**Autores**

Oblitas Llanos, Neiser (ORCID: 0000-0002-5386-4158)

Ferrer Hermenegildo, Alberto Abimael Aristides (ORCID: 0000-0003-1218-9720)

**Asesor**

Bengoa Seminario, Juan Carlos (ORCID: 0000-0002-7282-0791)

Trujillo – Perú

2019

## **Dedicatoria**

A nuestros padres por su amor infinito  
que nos han dado fuerzas para lograr  
cada meta que nos proponemos.

A nuestros hermanos por su apoyo  
moral que día a día nos han brindado  
para ver de nosotros personas de bien.

## **Agradecimiento.**

A la escuela de la prestigiosa universidad César Vallejo y a su excelente plana docente, por ser ellos los que permiten desarrollarnos académica y profesionalmente con el fin de brindar una enseñanza de calidad a estudiantes y futuros profesionales.

A nuestros docentes, María Elisia Armas Alvarado y Juan Carlos Bengoa Seminario por su apoyo en el asesoramiento de esta investigación, desarrollado en un ambiente de amistad, respeto y buena práctica de valores influyentes que sumaron durante la planificación de esta investigación.

A los docentes de la carrera profesional de ingeniería mecánica eléctrica por transmitirnos sus enseñanzas y sabios consejos que nos brindaron día a día hasta llegar a ser profesionales.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	Realidad problemática.....	1
1.2	Trabajos previos.....	3
1.3	Teorías relacionadas al tema.....	6
1.3.1	Fuentes de biomasa par fines energéticos.....	6
1.3.2	Biodigestor.....	7
1.3.3	Biogás.....	9
1.3.4	Grupo electrógeno a gasolina.....	13
1.4	Formulación del problema.....	15
1.5	Justificación del estudio.....	15
1.6	Hipótesis.....	16
1.7	Objetivos.....	16
1.7.1	Objetivo general.....	16
1.7.2	Objetivos específicos.....	16
<b>II</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>17</b>
2.1	Tipos y diseño de investigación.....	17
2.2	Operacionalización de variables.....	18
2.3	Población y muestra.....	19
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	19
2.5	Procedimientos.....	20
2.6	Métodos de análisis de datos.....	20
2.7	Aspectos éticos.....	20
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
3.1	Determinación la demanda energética por vivienda en el caserío Santiago Villacorta.....	21
3.2	Medición del potencial de biomasa actual en la zona.....	21
3.3	Seleccionar el grupo electrógeno para funcionar a biogás.....	22
3.4	Proceso de conversión de la biomasa.....	23
3.5	Selección de biodigestor.....	25
a)	Biodigestor de globo.....	25
b)	Biodigestor de domo fijo.....	25
c)	Biodigestor de domo flotante.....	25
3.6	Diseño del depósito de almacenamiento.....	31
3.7	Diseño de las líneas de transporte de biogás.....	34
3.8	Acoplamiento del motor de gasolina a biogás.....	37

<b>3.9</b>	<b>Evaluación del costo de la implementación del sistema de uso de residuos ganaderos y retorno a la inversión.....</b>	<b>38</b>
<b>3.9.1</b>	<b>Costos de la inversión.....</b>	<b>38</b>
<b>3.9.2</b>	<b>Análisis costo beneficio.....</b>	<b>40</b>
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>44</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>47</b>
	Anexo 01: Encuestas llenas como evidencias.....	47
	Anexo 02: Validación del instrumento.....	54
	<b>TABLAS.....</b>	<b>57</b>
	Tabla 01: Tabla para selección de grupo electrógeno de acuerdo a su potencia.....	57
	Tabla 02: Ficha técnica del generador seleccionado.....	57
	Tabla 03: Presion maxima.....	58
	<b>PLANOS.....</b>	<b>59</b>
	Plano 01: Sistema de uso de residuos ganaderos.....	59
	Plano 02: Corte isométrico de los componentes del sistema.....	60
	Plano 03: Líneas de transporte de biogás.....	61
	Plano 04: Deposito de almacenamiento.....	62
	<b>ANEXO FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>63</b>
	Foto 01: tanques de polietileno de una capacidad de 10 000 litros.....	63
	Foto 02: Depósito de almacenamiento.....	63
	Foto 03: Líneas de transporte de biogás.....	64
	Foto 04: Válvula de seguridad/alivio.....	64
	Foto 05: Regulador de presión.....	65
	Foto 06: Regulador para alta revoluciones.....	65
	Foto 07: Mesclador de aire / biogás.....	66

## RESUMEN

En el caserío Santiago Villacorta el 100% de los pobladores no cuentan con energía eléctrica, de los cuales aproximadamente el 40% de ellos usan grupos electrógenos a gasolina para iluminarse y conectar algunos artefactos de bajo consumo, el otro 60% por lo general usan leña para iluminarse.

En esta investigación se realizó un sistema de uso de residuos ganaderos que no son usados para algún fin, pudiendo llegar a convertirlo en un tipo de energía, ya que al ser expulsados al medio ambiente incrementan el calentamiento global. Mientras que al ser convertida esta biomasa podemos obtener biogás con las siguientes características; Metano ( $\text{CH}_4$ ) en aproximadamente un 60-70%, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) entre un 30-40%, y pequeñas cantidades de hidrogeno, oxígeno, ácido sulfhídrico, etcétera.

Es por eso que se evaluó la demanda energética y potencial de biomasa del caserío Santiago Villacorta a través de una encuesta realizada a los pobladores de la zona, se analizó del proceso de conversión de la biomasa y el más adecuado fue del proceso de digestión anaeróbica producida en los biodigestores hechos de polietileno de alta densidad, dando como resultado biogás a partir de los residuos ganaderos, el cual en su salida está controlada por un regulador de presión de la marca tomasetto achile, modelo AT07-100 HP, para posteriormente ser regulado el caudal por un regulador manual de biogás, y luego ser inyectada como combustible al motor de combustión interna, el cual transmitirá el movimiento mecánico al generador, y posteriormente esta energía ser usada dependiendo de los fines requeridos por la población, es muy importante recalcar que al realizar el proceso de conversión de un motor de combustión interna a gasolina para funcionar con biogás solo se le adiciona un mezclador y el motor sigue manteniendo su originalidad.

La demanda máxima de energía eléctrica por vivienda en el caserío Santiago Villacorta, es de 665 W, lo cual será generado en un grupo electrógeno alimentado por biogás, que se obtendrá de los 80 kg de estiércol de ganado vacuno que dispone cada vivienda, la conversión de la biomasa se realizó a través del proceso de digestión anaeróbica, considerando la potencia necesaria por vivienda y las pérdidas entre un 20% y un 30% de su potencia nominal, se selecciona un generador modelo invertir 4T káiser portable de una potencia de 1000 W según datos de tabla.

Palabras clave: Generación, residuos ganaderos, biogás, biomasa.

## ABSTRACT

In the hamlet of Santiago Villacorta, 100% of the inhabitants don't have electricity, about approximately 40% of them use gasoline generators to light up and connect some low consumption appliances, the other 60% usually use firewood to light up.

In this research, a system of use of livestock wastes was used that are not used for any purpose, being able to convert it into a type of energy, since when they are expelled to the environment, they increase global warming. While being converted this biomass we can obtain biogas with the following characteristics; Methane (CH<sub>4</sub>) in approximately 60-70%, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) between 30-40%, and small amounts of hydrogen, oxygen, hydrogen sulfide, etcetera.

That is why the energy demand and biomass potential of the Santiago Villacorta farmhouse was assessed through a survey of the area's inhabitants, an analysis was made of the biomass conversion process and the most appropriate was the anaerobic digestion process produced in biodigesters made of high density polyethylene, resulting in biogas from livestock waste, which in its output is controlled by a pressure regulator of the brand tomasetto achile, model AT07-100 HP, to be later regulated flow through a manual regulator of biogas, and then be injected as fuel to the internal combustion engine, which will transmit the mechanical movement to the generator, and later this energy will be used depending on the purposes required by the population, it is very important to emphasize that perform the process of converting an internal combustion engine to gasoline to work with biogas is only added iona a mixer and the engine keeps its originality.

The maximum demand for electric power per house in the hamlet Santiago Villacorta, is 665 W, which will be generated in a generator set powered by biogas, which will be obtained from the 80 kg of livestock manure available in each house, the conversion of the biomass was made through the process of anaerobic digestion, considering the power required per home and the losses between 20% and 30% of its nominal power, a model generator is selected to invest 4T portable Kaiser of a power of 1000 W according to table data.

Keywords: generation, livestock waste, biogas, biomass

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática**

La poca posibilidad de acceso a la electricidad, también combinada con otros servicios, limita el desarrollo económico, social de los pueblos, además obstaculiza el mejoramiento de la calidad de vida de los pueblos alejados del Perú y el mundo. Así mismo limita la atención en centros de salud y disminuye las oportunidades educativas. Hay elevados índices de pobreza en zonas rurales de todo el mundo, es muy importante mencionar que las zonas que padecen de electricidad son lugares que están expuestos a no poder industrializar sus productos, por lo que están sometidos a atrasos y no al desarrollo. (Zapata, 2011 pág. 23)

La energía eléctrica del mundo es obtenida a través de recursos hidráulicos, carbón, petróleo, gas natural y en una escala menor tenemos a energía eólica, solar entre otros, si bien es cierto obtener energía eléctrica a través de recursos hídricos, eólica y solar es una muy buena alternativa, sin embargo, no todos los países del mundo cuentan con estos recursos.

Según Gonzáles (2011) en el mundo hay aproximadamente 1600 millones de personas que no cuentan con acceso a la electricidad y 2400 millones de personas todavía siguen cocinando, iluminándose y calentando sus viviendas con fuentes de energía conocidas tales como carbón, leña, y derivados de petróleo. Aproximadamente, el 85% de todas esas personas vive en zonas rurales. (Gonzáles, 2011 pág. 15)

En la misma revista Gonzáles (2011) también indica que en zonas rurales del África occidental solamente 6% de hogares cuentan con electricidad y que normalmente se abastecen con pequeños grupos electrógenos diésel. (Gonzáles, 2011 pág. 20)

Además, el mismo autor Gonzáles (2011) señala que aproximadamente 1.7 millones de niños menores de cinco años mueren anualmente a causa de la contaminación del medio ambiente a causa de la quema de combustibles tradicionales en los hogares (Gonzáles, 2011). Y que cuantas personas en muchos países pasan varias horas cada día quemando combustibles derivados del petróleo y carbón para generar energía eléctrica. Además, en muchas zonas del mundo, la búsqueda de petróleo y otros minerales ha causado desertificación y contaminación de lagos.

En un aspecto nacional, los autores, según la última encuesta nacional realizada por vivienda, ejecutada por el instituto nacional de estadística e informática (INEI, 2015), el 42% de las

zonas rurales de la selva peruana no cuentan con acceso a la electricidad, en cambio en las zonas rurales de la costa y sierra, cuentan con el servicio eléctrico en un 78.5% y 72.4%, respectivamente. (Mora, y otros, 2016 pág. 1)

En este ámbito, el sector eléctrico resulta de mucha importancia ya que permite el mejoramiento de la calidad de vida de muchas familias, así como también lograr el desarrollo y crecimiento de determinados lugares del país. El costo de energía eléctrica se incrementa en zonas rurales, debido al bajo número poblacional y en gran parte las dificultades geográficas del territorio peruano, por lo cual es dificultoso suministrar la energía eléctrica a estos lugares.

La combustión de fósiles emite gases que perjudican al planeta: Dióxido y monóxido de carbono, entre otros, contribuyendo con el efecto invernadero. Además, estos incrementan en gran escala la lluvia ácida, la contaminación del aire, suelo y lagos.

De acuerdo a lo observado en el caserío Santiago Villacorta el 100% de los pobladores no cuentan con energía eléctrica proveniente del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), de los cuales aproximadamente el 40% de ellos usan grupos electrógenos a gasolina para iluminarse y conectar algunos artefactos de bajo consumo, el otro 60% por lo general queman leña para iluminarse, los cuales emiten gran cantidad de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.

El caserío Santiago Villacorta se caracteriza por ser una zona ganadera y como consecuencia sus excrementos de este ganado siempre es expulsado al medio ambiente siendo muy perjudicial debido que al descomponerse en su composición se encuentra gran cantidad de metano, es por eso que se desea implementar un diseño para usar estos residuos ganaderos y generar biogás para posteriormente usarlo como un combustible en un motor de combustión interna que brindará movimiento a un generador que nos entregará energía eléctrica.

La disminución de habitantes y a las dificultades geográficas hace difícil suministrar la energía eléctrica a este lugar. Además, los pobladores al carecer del servicio eléctrico se encuentran en un estado de atraso social, económico y tecnológico.

## **1.2 Trabajos previos**

### **Antecedentes de estudio**

Escobedo de León (2011), realizó un trabajo de tesis, donde tuvo como objetivo general la generación de biogás por medio del aprovechamiento de estiércol, ya sea de vaca, cabra, cerdo, entre otros animales, para usarlo como combustible en una estufa y un motor de combustión interna. Para la cual se necesitaba descomponer la biomasa y convertir en biogás, para lo cual construyó un biodigestor, lo realizó con polietileno tubular, debido a su bajo costo y fácil implementación, este combustible es obtenido gracias a un proceso denominado descomposición anaeróbica. Ya obtenido el biogás se dio uso en una estufa y por otro lado se realizó pruebas en un motor OTTO de cuatro tiempos (motor marca Raybar de 6.5 HP) de lo cual llegó a la conclusión que el biogás generado puede satisfacer algunas necesidades como calefacción, generación de energía eléctrica, etcétera. Además, el sobrante de la digestión es un excelente fertilizante muy rico en materia orgánica. (Escobedo de León, 2011 pág. 58)

El autor consideró que para los motores gasolineros (ciclo Otto), el carburador original del motor es acoplado por un mezclador de gases. Estos motores tendrán un arranque con gasolina y luego siguen funcionando con un 100% de biogás, con una merma de potencia máxima del 20% al 30%, lo cual lo hace un poco desventajoso. (Escobedo de León, 2011 pág. 60)

Barahona Defaz (2013), realizó una tesis que tuvo como objetivo general el desarrollo, realizar la construcción y pruebas de un sistema de uso de biogás como combustible en un moto generador eléctrico rural, dichas pruebas se realizaron en un motor de la marca Honda G400, con una potencia máxima disponible de 3.5 kW (3 500W) para su funcionamiento se acopló un mezclador de biogás con el aire en la entrada del carburador de gasolina, sin alterar nada y manteniendo su originalidad del motor de gasolina. El autor mencionó que la gasolina tiene mejores características que el biogás, el biogás tiene aproximadamente 60% de metano CH<sub>4</sub>, lo cual es lo único aprovechable en un motor de combustión interna, la otra cantidad es casi en su totalidad CO<sub>2</sub> lo cual diluye al metano haciéndolo menos ventajoso. (Barahona Defaz, 2013 pág. 21)

La utilización del biogás permitió generar 420 kW por mes, esta producción de energía eléctrica disminuyó lo facturado por la empresa equivalente a 33.60 USD mensual, en la cual el costo unitario del kW/h es de 0.19 centavos de dólar. (Barahona Defaz, 2013 pág. 48)

En un aspecto nacional los autores Carlos y Luis (2015), realizaron un diseño y construcción del sistema de alimentación de combustible con regulación automática del caudal de biogás para un grupo electrógeno de 2.5 kW, lo cual tuvieron como objetivo general la generación de energía eléctrica utilizando biogás, durante el desarrollo de la misma llegaron a darse cuenta de dos dificultades, una la baja presión de suministro del biogás al motor de combustión interna (no supera el límite de 60 mbar) y por otro lado el exceso de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) que es altamente corrosivo que degradan las partes internas del motor, el cual lo encontramos en cantidades entre 0.10 – 0.50% en el biogás. (Contreras, y otros, 2015 pág. 9).

Después de haber realizado la presente tesis lograron generar energía eléctrica en dicho generador, llegando a obtener una potencia máxima desarrollada por el motor de aproximadamente 2 kW, lo cual viene a ser un 20% menos que la potencia nominal del motor de 2.5 kW trabajando en gasolina.

El autor Vega, (2015) realizó un proyecto, para el cual tomó una muestra del estiércol de cuy y de conejo para luego ser analizados y saber si califica para el proceso de fermentación.

Se hizo el diseño del biodigestor modelo tipo chino y luego fue construido usando concreto armado, fue construido a partir de los datos obtenidos en el diseño.

Para el diseño se consideró la cantidad de estiércol que se produce diariamente en la granja de la institución educativa BERESHI, siendo 9.8 kg/día. En base a esto se calculó que el volumen del biodigestor sería de  $1.568m^3$ .

El biodigestor es alimentado con el estiércol y agua en proporción 1:1 hasta 1:5 como máximo. Al tratarse del estiércol de cuy y conejo, la mezcla es en proporción de 1:3 respectivamente.

Finalmente se obtuvo  $6m^3$  de biogás, con velocidad de  $0.194m^3/día$ . La composición del biogás alcanzó el 55% de metano. (Vega, 2015 pág. 5)

Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) (2011 – 2015), proyecto ejecutado por SNV (organización holandesa) en la estación experimental “El Porvenir, la misma que cuenta con 120 cabezas de ganado, las cuales producen 500kg de estiércol por día.

Se calculó un biodigestor con capacidad de  $60m^3$  de agua y estiércol para un generador adaptado a biogás de 5 kW.

En este biodigestor se genera  $18\text{m}^3$  biogás/día, permitiendo el suministro de energía a 50 focos de 100W, durante 4 horas. (INIA, 2011)

Ramirez, Velásquez y Veen, (2011), realizó un trabajo con el objetivo de demostrar el funcionamiento de una mejora en la generación de energía eléctrica en zonas alejadas de la amazonia (localidad Santa Rosillo, distrito Huimbayoc, provincia San Martin), los autores elaboraron el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica, con el fin de usar el estiércol y poder abastecer a 2 biodigestores con capacidad de  $75\text{m}^3$  cada uno para poder obtener 16 kW de energía eléctrica a partir del biogás producido.

Para el diseño se consideró 224 habitantes con una tasa de crecimiento de 2.6%, también se consideró el consumo de 400W por cada familia, alumbrado público, etcétera, lo que equivale al consumo de 16 kW, la cual vendría a ser la potencia de diseño. (Ramirez, y otros, 2011 pág. 4)

Un artículo científico nos muestra un estudio con el objetivo de atrapar gases de efecto invernadero (metano) y aprovecharlo para generar energía eléctrica. Además, nos da a conocer el beneficio económico que traería el uso de biogás.

La revista informa que el estado de Chihuahua cuenta con un potencial de biomasa de 58000 cabezas de ganado, lo que equivale a  $2\ 900\ \text{m}^3$  de excretas. La producción de biogás calculada fue  $1.73\ \text{m}^3$  de biogás por cada vaca al día, considerándose una producción total de biogás en toda la región de  $25\ 717\ 352\ \text{m}^3$  al año y  $50\ 722\ 754\ \text{kW}$  al año ahorrándose hasta aproximadamente 45.143 millones de pesos en energía eléctrica. También se estiman reducciones de hasta 361 843 toneladas de  $\text{CO}_2$ . (Rivas, 2012 pág. 15)

En un artículo publicado por la revista, el autor señala que el estado de Chiapas – México cuenta con 39 granjas porcícolas aptas para utilizar sus desechos y producir energía limpia, lo que equivale a  $5\ 381\ 925\ \text{m}^3$  de biogás al año, donde el potencial por cerdo es de  $0.21\ \text{m}^3$  cada día. Con el metano estimado de las 39 granjas, se calculó un potencial de generación de 7 593 MW de energía eléctrica al año.

Las granjas en el estado de Chiapas reducirían aproximadamente 29 167 toneladas de dióxido de carbono al año. (Venegas, 2018 pág. 183)

### 1.3 Teorías relacionadas al tema.

#### 1.3.1 Fuentes de biomasa par fines energéticos.

Como fuentes de biomasa para la obtención de energía se pueden considerar:

##### a) Biomasa natural.

La leña producida por árboles crecidos en tierras fértiles, es usada por el ser humano para generar energía calorífica; sin embargo, esta fuente de biomasa no es la más indicada para su uso energético masivo ya que ello conlleva a destruir los ecosistemas que lo producen. Por otro lado, es posible el aprovechamiento de residuos de restos de podas, pero manteniendo el equilibrio y una estabilidad en los ecosistemas. La biomasa natural es la base del consumo energético de los pueblos en crecimiento y a medida que crece su población y su demanda energética, la presión aumenta sobre los ecosistemas naturales, causando en algunas ocasiones un sobreconsumo, originando situaciones de desertización de los bosques. (Fernández, 2010 pág. 12)

##### b) Biomasa residual.

Es la que se origina como resultado de cualquier proceso que consuma biomasa. Esta se genera en explotaciones agrícolas, ganaderas o forestales, así como residuos orgánicos que se generan en las industrias y en los núcleos urbanos. En muchos casos, podría ser autosuficientes a las instalaciones que usan sus propios residuos tales como industrias papeleras, granjas, serrerías, etcétera. (Fernández, 2010 pág. 13)

En la siguiente imagen se muestra las diferentes formas de donde se obtiene la biomasa capaz de transformarse en energía.

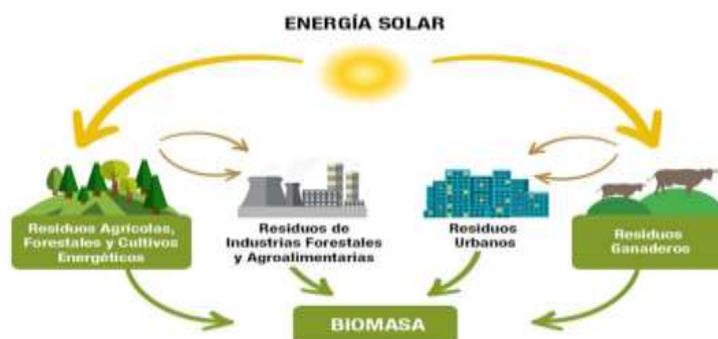


Figura 1: Fuentes de biomasa para fines energéticos

Fuente: (Susana, 2017, pág. 4)

### 1.3.2 Biodigestor.

Es un tipo de biorreactor en una condición anaerobia, que está diseñado para generar un ambiente adecuado a las bacterias que se encargan de degradar los residuos ganaderos, para convertirlo finalmente en biogás y dejar la materia para ser usada como fertilizantes agrícolas.

**Tipos de biodigestores:** La siguiente clasificación es según el periodo de alimentación:

#### a) Sistema discontinuo o de globo.

Denominado también de carga fija por ser cargado sólo una vez en su totalidad y luego ser cerrado herméticamente por unos 20 a 45 días, donde se descarga después de haber producido el gas. A continuación, en la imagen podemos observar las partes de un biodigestor de sistema discontinuo: (Corona, 2007 pág. 20)



*Figura 2: Biodigestor de un sistema discontinuo o globo.*

*Fuente: (Corona, 2007 pág. 20)*

#### b) Biodigestor de domo fijo.

Estos biodigestores consisten en un recipiente fijo e inmóvil para la digestión de la biomasa, la ventaja de estos biodigestores es que tiene una larga vida útil, soporta mayores temperaturas, la desventaja de estos biodigestores es que según el material del que sea realizada una pequeña grieta y habrá fugas del biogás. (Corona, 2007 pág. 23)

A continuación en la imagen podemos observar las partes de un biodigestor de domo fijo.

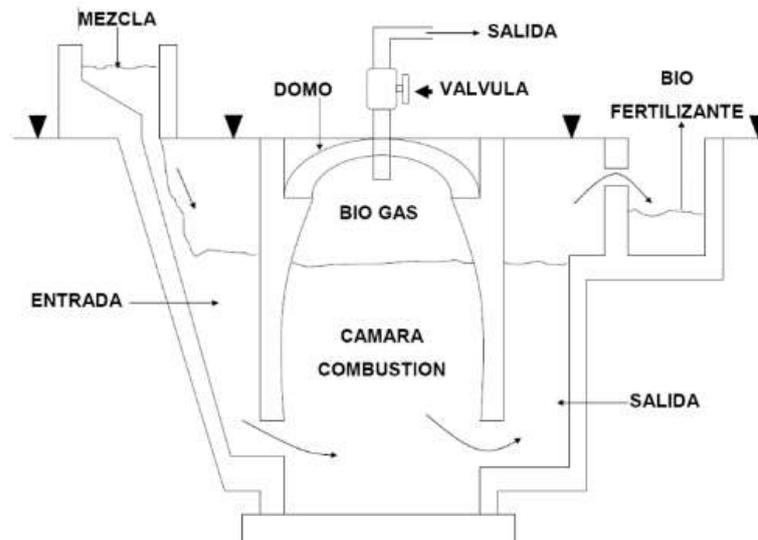


Figura 3: biodigestor de domo fijo.

Fuente: (Pérez, 2010, pág. 19)

**c) Biodigestor de domo flotante.**

Este modelo de biodigestor consiste en un tambor flotante, en sus inicios fabricados a base de acero, pero después fue sustituido por fibra de vidrio homogenizado con plástico (FRP) para evitar el problema de la corrosión. Normalmente se construye la pared del digester y base de concreto, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón, (Corona, 2007 pág. 25)

En la siguiente imagen se ilustra un biodigestor de domo flotante.

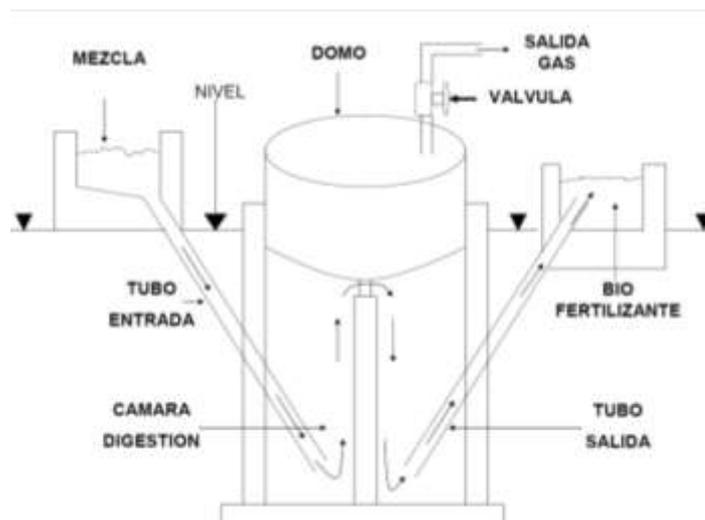


Figura 4: Biodigestor de domo flotante.

Fuente: (Pérez, 2010, pág. 20)

### 1.3.3 Biogás.

Según el autor Fernández (2005) La digestión de la biomasa (excrementos de ganado bovinos) en condiciones anaeróbicas da como resultado al llamado "biogás", con un poder calorífico de unos 3.000 a 5.500 kcal/m<sup>3</sup>. La composición de biogás varía dependiendo del tipo de biomasa, siendo su principal componente el metano (55-70%) y CO<sub>2</sub> (30-45%); y, en menores cantidades, por nitrógeno, (0.3%), hidrógeno (0.1%), oxígeno (0.1%) y ácido sulfúrico (0.1 %). (Fernández, 2005 pág. 9)

*Tabla 01: Composición bioquímica del biogás*

Componente	Fórmula química	% volumen
Metano	CH <sub>4</sub>	55 – 70
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	30 – 45
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0.3
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0.1
Oxígeno	O <sub>2</sub>	0.1
Ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> S	0.1

*Fuente:* (Fernández, 2005, pág. 09)

En el cuadro siguiente se muestra la disponibilidad de excrementos de diferentes animales dispuestas a convertirse en biogás.

*Tabla 02: Obtención de biogás por cada kilogramo de estiércol.*

Estiércol	Disponibilidad (kg/día)	Volumen de biogás (m <sup>3</sup> )
Bovino (500 kg)	10,00	0,04
Porcino (50 kg)	2,25	0.06
Aves (2kg)	0,18	0.08
Ovino (32kg)	1,50	0.06
Caprino (50kg)	2,00	0.05
Equino (450 kg)	10,00	0.04

*Fuente:* (Rodríguez & García, 2017, pág. 40)

#### **a) Digestión anaeróbica:**

Es un proceso de descomposición biológica complejo y degradativo en el cual parte de los residuos ganaderos que luego de ser mezclados con agua son convertidos en biogás (mezcla

de metano y dióxido de carbono con pequeñas cantidades de otros elementos), por un conjunto de bacterias sensibles al oxígeno o sus precursores. (Varnero, 2011 pág. 14)

**b) Productos finales de la digestión anaeróbica.**

Los productos finales del proceso de la digestión anaeróbica, de una carga estequiométrica orgánica, en mezcla totalmente completa, son el biogás y un fertilizante orgánico.

El biogás está compuesto en su mayoría de metano y dióxido de carbono, pero también contiene otras impurezas. La calidad del biogás depende del material utilizado y del funcionamiento del proceso. Cuando el biogás contiene metano en una cantidad mayor al 55% es inflamable. (Varnero, 2011 pág. 16)

A continuación, podemos observar una tabla que nos muestra las propiedades del biogás.

*Tabla 03: características del biogás.*

Composición	55 – 70 % metano (CH <sub>4</sub> ) 30 – 45 % dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m <sup>3</sup>
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
Límite de explosión	6 – 12 % biogás en el aire
Olor	Huevo podrido
Masa molar	16.043 kg kmol <sup>-1</sup>

*Fuente: (Varnero Moreno, 2011, pag.16).*

**c) Uso del biogás en motores de combustión interna.**

La modificación general para un motor de combustión interna (MCI) es la adición de un mezclador que agrega el biogás en la entrada del aire de admisión. Se han utilizado varios tipos de mezcladores de aire/biogás, los cuales se instalan fácilmente entre el filtro y la tubería de admisión de aire, en el caso de los motores gasolineros con chispa de encendido la mezcla contiene alrededor del 15 % de biogás que corresponde a una parte de biogás por cada 6 - 12 partes de aire, para una de mezcla estequiométrica. (Varnero, 2011 pág. 16)

Para conocer cómo funciona un motor de combustión interna se está mostrando la siguiente figura.

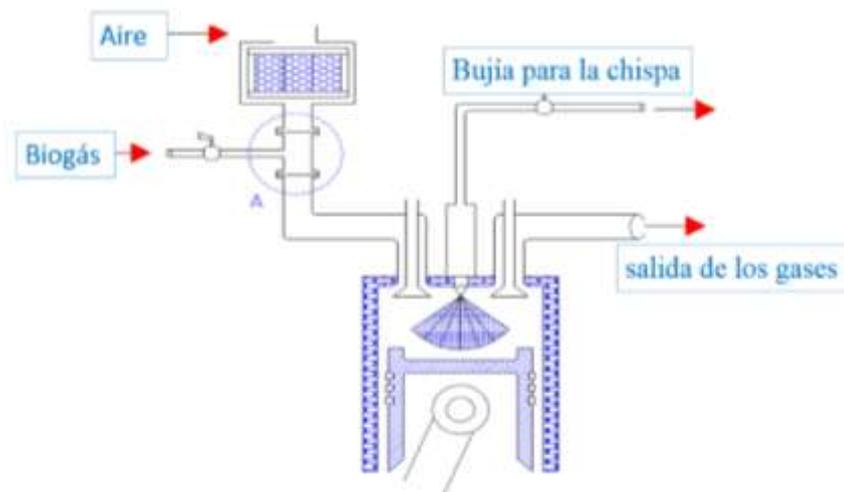


Figura 5: Uso del biogás en motores de combustión interna.

Fuente: (Modificado de Orozco & Bermejo, 2010, pág. 41)

#### d) Valor energético del biogás.

Es muy importante conocer que un  $\text{m}^3$  de biogás con un 60% de metano y un 40% de  $\text{CO}_2$  es equivalente a 0,7 litros de gasolina; 2,4 kW-hora de electricidad; 0,6  $\text{m}^3$  de gas natural o 1,3 kg de madera. (IDESIA, 2016 pág. 2),

Para hacerse una idea básica del valor energético del biogás se muestra la siguiente figura.

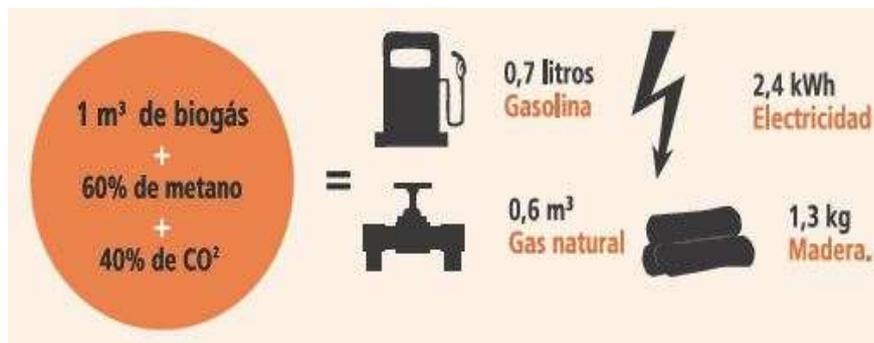


Figura 6: valor energético del biogás.

Fuente: (IDESIA, 2016, pág. 02)

Es importante recalcar que el poder calorífico de un combustible por cada unidad de masa o volumen es muy importante porque brinda un conocimiento del rendimiento que éste tendrá al ser usado. En la siguiente tabla se muestra el poder calorífico de otros combustibles comparados con el biogás.

Tabla 04: Poder calorífico de diferentes combustibles en comparación con el biogás.

Combustible	Poder calorífico (kcal/kg)	Equivalente a 1000m <sup>3</sup> de biogás
Biogás	5,335	1 000
Gas metanol	9,185	581
Metano	8,847	603
Propano	22,052	242
Butano	28,588	187

Fuente: (Borda. C, 2016, pág. 09)

#### e) Parámetros para la producción de biogás.

De acuerdo a los diferentes procesos biológicos involucrados en la producción de biogás, la permanencia de las condiciones de vida de las bacterias es importante, un incremento o disminución en la temperatura, cambios en la temperatura de la biomasa puede llevar a una cancelación o desaceleración del mecanismo de producción de biogás.

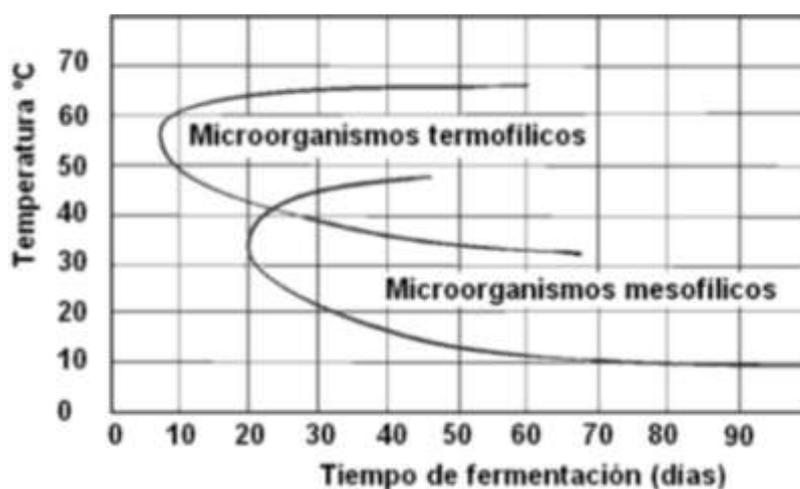
Temperatura: Las bacterias que descomponen la biomasa y tienen incidencia directa en los días de fermentación dependen de los rangos de temperatura para obtener el biogás.

- Psicofísico: Tienen un máximo rendimiento a los 25°C.
- Mesofílico: Tienen mayor rendimiento que el anterior, sobre los 35°C.
- Termofílico: Y por último un mayor rendimiento que los dos anteriores sobre los 60°C.

Según Guillermo, (2017), es muy importante recalcar que los mayores rendimientos de producción de biogás se obtienen cuando la temperatura de digestión esta entre los 30-35°C. Ya que, para alcanzar un estado termofílico, es necesario suministrar calor para poder mantener los 60°C requeridos, lo que conlleva a realizar más trabajo si deseamos alcanzar su máximo rendimiento. Sin embargo, el estado mesofílico puede alcanzar a una temperatura ambiente sin necesidad de tener que agregar calor. (Guillermo, 2017 pág. 22).

En el siguiente cuadro se muestra la relación que hay entre la temperatura y el tiempo de fermentación de la biomasa.

Tabla 05: Diagrama temperatura – tiempo de fermentación de la biomasa.



Fuente: (Guillermo, 2017, pág. 22)

### 1.3.4 Grupo electrógeno a gasolina.

Un grupo electrógeno o generador es un dispositivo que está diseñado para mantener una diferencia de potencial eléctrico entre sus bornes o terminales. Permitiendo la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica. Esta transformación se logra por medio de la acción de un campo magnético, sobre los conductores eléctricos ubicados sobre una armadura, también conocido como estator. Al producirse mecánicamente un movimiento relativo entre el campo y los conductores, generando una fuerza electromotriz (F.E.M.). (Lacoste, y otros, 2011 pág. 5)

Para conocer más de cerca un grupo electrógeno de gasolina se les muestra la figura siguiente.



Figura 7: Grupo electrógeno a gasolina.

Fuente: (Orozco & otros, 2004, pág. 4)

## Partes de un grupo electrógeno

Las partes no cambian dependiendo de cada tipo, hay una diferencia en su estructura entre los generadores comunes y los insonorizados, cuyo principal distintivo es que los insonorizados es que poseen un armazón cerrado con la finalidad de amortiguar el ruido que generan al ponerse en marcha.

Partes que hacen a un generador de alta calidad, potencia y confianza:

### a) Motor

Es la parte más importante del generador, es la fuerza mecánica inicial y sin éste no podría darse la energía eléctrica que se requiere. (Lacoste, y otros, 2011 pág. 5)

El sistema de combustible, Depende del modelo de generador eléctrico ya que éste determina su capacidad, además, la media de autonomía es de 6 a 8 horas.

### b) Generador

Es la máquina encargada de transformar la energía mecánica que recibe del motor de combustión interna en energía eléctrica. El generador tiene su principio de funcionamiento en la inducción electromagnética. Su funcionamiento está basado en la ley de Faraday, mediante la cual, cuando un conductor eléctrico se traslada en un campo magnético y produce una corriente eléctrica a través de él. (generadores.net., 2015)

En la siguiente figura se muestra las diferentes partes de un generador eléctrico.



Figura 8: Partes de un generador eléctrico.

Fuente: (Luna & Hernández, 2011, pág. 8)

### c) Reguladores de presión.

Es el encargado de reducir y regular la presión de un gas, hasta aquí llega el GLP o GNV en estado líquido y a elevadas presiones por conductos de alta presión y tiene una salida en estado gaseoso por otros conductos de baja presión, su función es reducir la presión del GLP y en el caso del GNV ya que este se encuentra a altas presiones, para ello se da a través de un intercambio de calor con el circuito de agua de refrigeración.



*Figura 9: Reguladores de presión.*

*Fuente: (Carranza, 2012, pág. 36)*

## 1.4 Formulación del problema.

¿Cómo generar energía eléctrica a partir de los residuos ganaderos en el caserío Santiago Villacorta, Moyobamba, San Martín?

## 1.5 Justificación del estudio

Sabemos que el metano y el CO<sub>2</sub> son los componentes que contribuyen al calentamiento global, es por eso que el estudio y uso de este combustible para la generación de energía eléctrica es de mucha importancia, ya que en los últimos años se habla de un tema muy preocupante que es la contaminación del medio ambiente.

Además, tenemos a la biomasa en abundancia en nuestro medio (residuos orgánicos, residuos naturales, excremento de animales, etcétera).

## **1.6 Hipótesis**

Es factible diseñar un sistema de uso de residuos ganaderos para generar energía eléctrica en el caserío Santiago Villacorta, Moyobamba, San Martín.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema de uso de residuos ganaderos para generar energía eléctrica en el caserío Santiago Villacorta, Moyobamba, San Martín.

### **1.7.2 Objetivos específicos.**

- Determinar la demanda energética del caserío Santiago Villacorta.
- Medir el potencial de biomasa actual de caserío Santiago Villacorta.
- Selección del grupo electrógeno para funcionar a biogás.
- Evaluar el proceso de conversión de la biomasa.
- Selección y dimensionamiento del biodigestor.
- Diseño y selección del depósito de almacenamiento.
- Diseñar la línea de transporte de biogás.
- Acoplamiento del grupo electrógeno para funcionar a biogás.
- Evaluar los costos de la implementación del sistema de uso de residuos ganaderos y retorno a la inversión.

## **II MÉTODO**

### **2.1 Tipos y diseño de investigación.**

Es una investigación aplicada - descriptiva, porque se aplica de forma directa los conocimientos frente a un problema social, en busca de soluciones para el sector social o productivo.

Investigación cuantitativa, porque se obtiene datos numéricos o datos que pueden ser transformados en valores numéricos para una revisión estadística, este tipo de datos lo obtenemos por medio de una encuesta o cuestionario.

## 2.2 Operacionalización de variables.

Tabla 06: Operacionalización de variables

Variable	Tipo	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Independiente Residuos ganaderos	Aplicada	Mediante un proceso de descomposición anaeróbica obtenemos biogás. 55-70% (CH <sub>4</sub> ) metano, 30-45% (CO <sub>2</sub> ) dióxido de carbono.	Se conoce que en un metro cubico de biogás encontramos entre 3.000- 5.500 kilocalorías.	Se determinará cantidad de residuos ganaderos (excrementos)	Un ganado adulto produce entre aproximadamente 10-15 kilogramos de estiércol al día.	Cada kilogramo de excremento genera aproximadamente 0.04 m <sup>3</sup> de biogás. Al día un ganado genera promedio 0.4m <sup>3</sup> de biogás.
Dependiente Energía eléctrica	Aplicada	Energía que se produce en un generador monofásico, a partir del movimiento entregado por un motor primitivo de combustión interna.	Producto de la potencia y el tiempo de utilización se tiene: $P=V*I* \cos\phi$ $E=V*I*\cos\phi*Tp$	Cantidad posible de energía eléctrica generada.	El consumo promedio en una vivienda rural esta entre 1.5-2kw.	1m <sup>3</sup> de biogás con una composición de: 60% (CH <sub>4</sub> ) y 40% (CO <sub>2</sub> ) produce aproximadamente 2.4 kw.h de electricidad.

### 2.3 Población y muestra.

50 personas del caserío Santiago Villacorta

### 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos variable independiente y dependiente, el instrumento de recolección de datos ha sido validado por tres especialistas. (Ver anexo 02)

#### Técnica utilizada:

Encuesta a pobladores.

#### Instrumentos:

Cuestionario.

Tabla 07: Modelo de encuesta.

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	
05	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	
06	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	
07	¿Qué tiempo permanecería usando una licuadora durante el día?	
08	¿Cuánto tiempo le gustaría tener encendido un TV y un DVD al día?	
09	¿Cuánto tiempo necesita cargar la batería de un celular?	
10	¿Cuántas horas diarias tendría encendido un equipo de sonido?	
11	¿Qué tiempo permanecería cargando una laptop?	

## 2.5 Procedimientos.

El procedimiento de esta investigación tiene como punto de partida la aplicación de una encuesta para evaluar a los pobladores del caserío Santiago Villacorta con la finalidad de conocer su máxima demanda energética y su potencial de biomasa con que cuenta.

## 2.6 Métodos de análisis de datos.

Método deductivo: A partir de los resultados obtenidos por medio de la encuesta podemos llegar a una conclusión.

Método analítico: Se hará un análisis de cada parte que conforma el proyecto (potencial de biomasa, grupo electrógeno y generador)

## 2.7 Aspectos éticos.

*Tabla 08: Aspectos éticos.*

Crterios	Características del criterio
Ambiente	Esta propuesta de solución contribuirá al cuidado del medio ambiente.
Confidencialidad	Se garantiza la protección de identidades de la institución y de las personas que participan como informantes de la investigación.
Objetividad	Al analizar esta situación se basa en criterios técnicos e imparciales.
Originalidad	Se plasmará la fuente bibliográfica de la información mostrada, a fin de constatar que no existe plagio intelectual.
Veracidad	La información que se mostrará será verdadera, manteniendo la confidencialidad de esta.
Derechos laborales	La solución propuesta propiciará el respeto a los derechos laborales en la entidad de estudio.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Determinación la demanda energética por vivienda en el caserío Santiago Villacorta.

Un adecuado dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema de conversión de la biomasa en energía, supone asegurar la fiabilidad de los mismos. Para atender a las necesidades del caserío Santiago Villacorta es fundamental conocer el consumo de energía eléctrica por vivienda y la cantidad de biomasa disponible, en el siguiente cuadro veremos el consumo de artefactos con los que puede contar una vivienda rural, estos datos fueron obtenidos como resultado de una encuesta aplicada a los pobladores. (Ver anexo 01).

En el siguiente cuadro se muestra la potencia consumida.

*Tabla 09: Cantidad de potencia consumida por vivienda.*

Equipos.	Cantidad.	Potencia unitaria. (W)	Potencia. Instalada. (W)	Horas/día.	Consumo. Wh/d
Licuadaora.	1	300	300	1	300
TV.	1	120	120	3	360
Focos ahorradores.	5	20	100	3	360
Laptop.	1	25	25	2	50
Cargadores.	2	10	20	2	40
Equipo de sonido.	1	80	80	3	240
DVD.	1	20	20	3	60
			665		1650

*Fuente: Los datos de esta tabla fueron obtenidos por medio de una encuesta.*

Después de aplicar la encuesta se obtuvo un consumo promedio de 665 W por cada vivienda.

#### 3.2 Medición del potencial de biomasa actual en la zona.

El caserío Santiago Villacorta es una zona donde los pobladores se dedican a la crianza de ganado, es el motivo por el cual se toma la iniciativa de realizar este estudio para generar energía eléctrica a partir de los excrementos de ganado. Para ello es necesario conocer la cantidad de ganado promedio con la que cuenta cada familia y por ende la cantidad de excrementos disponible.

Según estudio realizado a través de una encuesta, (ver anexo 01), cada familia tiene en promedio diez cabezas de ganado vacuno, en base a este dato podemos conocer la cantidad de excrementos, tal y como se muestra en el siguiente cuadro.

*Tabla 10: Cantidad de biogás producido a día.*

Animal.	Excremento/ día (kg)	Nº ganado/ Familia.	Excrementos/ día (kg)	Biogás/ kg (m <sup>3</sup> )	Biogás/día (m <sup>3</sup> )
Ganado adulto.	10	6	60	0.04	2.4
Ganado pequeño	5	4	20	0.04	0.8
TOTAL			80		3.2

*Fuente: (Rodríguez & García, 2017, pág. 40)*

Según resultados obtenidos en la encuesta aplicada se llegó a conocer que cada familia nos suministra 80 kg de excrementos de ganado vacuno al día.

### **3.3 Seleccionar el grupo electrógeno para funcionar a biogás.**

Datos:

Potencia necesaria por vivienda (P<sub>nv</sub>) = 665W

Factor de servicio (F<sub>s</sub>) = 1.2

Potencia de diseño (P<sub>d</sub>) = P<sub>i</sub> \* F<sub>s</sub>.

Potencia de diseño (P<sub>d</sub>) = 665\*1.2 = 798W

Cabe aclarar que el factor de seguridad está basado en un aumento poblacional a futuro. A partir de esta potencia de diseño se realizó la selección del grupo electrógeno que normalmente funciona a gasolina y que será acoplado para funcionar a biogás.

Para esto se tiene en cuenta como referencia uno de los antecedentes de Escobedo de León (2011), donde considera que al acoplar el carburador original del motor por un mezclador de biogás y ponerlo en marcha con este combustible se considera que la potencia reduce entre un 20% y 30%. (Escobedo de León, 2011 pág. 60).

Aplicando un 20% de pérdida de potencia del generador, la potencia de diseño (798 W) viene a ser el 80 %, por lo que para poder seleccionar el generador en la tabla se aplica la siguiente ecuación.

$$80\% \dots\dots\dots 798 \text{ W}$$

$$100\% \dots\dots\dots X$$

$$X = (100 * 798) / 80$$

$$X = 997.5 \text{ W}$$

Estos 997.5 W vendría a ser realmente la potencia con la que se tiene que buscar en tablas de generadores, para esto usaremos la siguiente tabla. (Ver tabla 01), por lo que según tabla el generador adecuado es de 1 000 W.

### **3.4 Proceso de conversión de la biomasa.**

Antes de que podamos usar la biomasa para algún fin energético, se tiene que convertir en una forma más fácil y apropiada para su utilización. La biomasa es convertida en varias formas derivadas tales como carbón vegetal, gas, etanol y electricidad, etcétera.

Las tecnologías de conversión o transformación de la biomasa incluyen desde procesos simples, sencillos y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra, hasta procesos más complejos de alta eficiencia, por lo que realizaremos el estudio de algunas alternativas de solución para ver cuál sería la forma más factible según las necesidades de los pobladores del caserío Santiago Villacorta. Existe el siguiente proceso de conversión de la biomasa.

#### **Conversión Bioquímica.**

Consisten en una forma de transformar la biomasa por acción de microorganismos, que son añadidos a los medios de reacción como catalizadores. Los métodos bioquímicos son más adecuados a biomazas con un alto contenido de humedad, debido a que tanto los microorganismos como las enzimas pueden realizar sus acciones en ambientes húmedos. (Escobar, y otros, 2017 pág. 127).

En los procesos de conversión bioquímica encontramos.

**a) Digestión anaeróbica.**

La digestión anaeróbica es un proceso biológico, complejo y degradativo que se produce en un ambiente cerrado en ausencia de oxígeno, la cual da como resultado el biogás. (Varnero, 2011 pág. 14)

**b) Digestión aeróbica.**

Es un proceso que se realiza por grupos diversos de microorganismos, en su mayoría por bacterias y protozoos que realizan la descomposición orgánica en presencia de oxígeno, dando resultado  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . (Varnero, 2011 pág. 13)

**c) Fermentación alcohólica.**

Es una conversión de hidratos de carbono de la biomasa en alcohol, por la acción de microorganismos en ambiente anaerobio, de los cuales se obtiene etanol y  $\text{CO}_2$ .

Considerando los siguientes valores.

*Tabla 11: Tabla de valor/nivel.*

valor	nivel
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Regular
4	Bueno
5	Muy bueno

Se elige el proceso más adecuado de conversión de la biomasa mediante el siguiente cuadro.

*Tabla 12: Cuadro comparativo de los procesos de conversión de la biomasa.*

Proceso	Factibilidad del proceso	Uso del producto final	Costo	Total
<b>Digestión anaeróbica.</b>	4	5	4	13
<b>Digestión aeróbica.</b>	1	2	3	6
<b>Fermentación alcohólica.</b>	2	2	3	7

Después de haber analizado las diferentes formas de conversiones de la biomasa el más adecuado es el proceso de digestión anaeróbica, puesto que según el análisis realizado obtiene un puntaje de 13 según la tabla anterior mostrada.

### 3.5 Selección de biodigestor.

Para realizar una adecuada selección del biodigestor se tiene que evaluar los siguientes tipos y alternativas de biodigestores.

#### a) Biodigestor de globo.

Este tipo de biodigestores están hechos de polietileno de alta densidad es llenado al 75% de biomasa, quedando en 25% en la parte superior como tanque de almacenamiento de biogás. Sus ventajas son de bajo costo, y fácil instalación. Sus desventajas son que tienen un tiempo de vida relativamente corto, altos riesgos a ser averiados, etcétera. (Corona, 2007 pág. 20)

#### b) Biodigestor de domo fijo.

Estos biodigestores consisten en un recipiente fijo e inmóvil para la digestión de la biomasa, la ventaja de estos biodigestores en que tiene una larga vida útil, soporta mayores temperaturas, la desventaja de biodigestores hechos de concreto es que si se presenta una pequeña grieta habrá fugas del biogás y otro material que mejor reúne las condiciones es de polietileno de alta densidad. (Corona, 2007 pág. 23)

#### c) Biodigestor de domo flotante.

Este tipo de biodigestores tienen un tambor flotante de acero que consiste en un recipiente móvil para gas, el cual está colocado en la parte superior de la mezcla del biodigestor que se sube o baja dependiendo de la cantidad de biogás, tienen la desventaja de que son más difíciles de instalar y el costo de los materiales soy mucho más elevados que los anteriores. (Corona, 2007 pág. 25)

Para poder elegir el biodigestor más adecuado para el proceso de digestión anaeróbica se realiza el siguiente cuadro comparativo, considerando la tabla número 11.

*Tabla 13: Cuadro comparativo de los diferentes tipos de biodigestores.*

<b>Pipo de biodigestor.</b>	<b>Vida útil.</b>	<b>Costo.</b>	<b>Factibilidad de mantenimiento.</b>	<b>Total.</b>
<b>Biodigestor de globo.</b>	2	5	4	11

<b>Biodigestor de domo fijo. (Polietileno).</b>	5	4	4	13
<b>Biodigestor de domo flotante.</b>	3	2	1	6

Después de haber analizado los diferentes tipos y materiales de biodigestores en ésta oportunidad, según el cuadro comparativo el biodigestor que más reúne las condiciones para este diseño es el de domo fijo obteniendo un puntaje de 11 en comparación con los demás tipos analizados, el cual será hecho de polietileno de alta densidad ya que es de fácil implementación, tienen larga vida útil y costos de adquisición son relativamente bajos, para seleccionar la capacidad del biodigestor se tienen que tener en cuenta los siguientes pasos.

**a) Cálculo de biogás en m<sup>3</sup>/día.**

Para este cálculo, se elige la situación más crítica de consumo, es la cantidad total de equipos que funcionan el en día y el tiempo máximo de cada equipo. (Ver tabla 09).

La duración máxima que el grupo electrógeno estará encendido al día serán tres horas, y en cada hora habrá un consumo diferente. Para lograr un cálculo más preciso se calcula el consumo de en cada hora, tal como se muestra a continuación.

*Tabla 14: Cargas en la primera hora.*

<b>Primera hora</b>		
<b>Carga</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia consumida (w)</b>
Licuada	1	300
TV	1	120
Focos ahorradores	5	100
Laptop	1	25
Cargadores	2	20
Equipo de sonido	1	80
DVD	1	20
Total		665

Tabla 15: Cargas en la segunda hora.

<b>Segunda hora.</b>		
<b>Carga.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Potencia consumida (w)</b>
TV.	1	120
Focos ahorradores.	5	100
Laptop.	1	25
Cargadores.	2	20
Equipo de sonido.	1	80
DVD.	1	20
Total.		365

Tabla 16: Cargas en la tercera hora.

<b>Tercera hora.</b>		
<b>Carga.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Potencia consumida (w)</b>
TV.	1	120
Focos ahorradores.	5	100
Equipo de sonido.	1	80
DVD.	1	20
Total.		320

El total de consumo en cada hora es interpretado en función de porcentajes respecto a la potencia nominal del generador (1000W), obteniéndose los siguientes porcentajes:

Primera hora = 66.5%

Segunda hora = 36.5%

Tercera hora = 32%

En la ficha técnica del generador, nos muestra el consumo de gasolina de acuerdo al porcentaje de carga que se da en el generador. (Ver tabla 02)

Tabla 17: Autonomía y consumo de gasolina.

Autonomía (%)	Consumo de gasolina (l/h)
25	0.44
32	X3
36.5	X2
50	0.5
66.5	X1
75	0.66

Dónde: X1 = primera hora.

X2 = segunda hora.

X3 = tercera hora.

Interpolando se calcula la cantidad total de combustible por día, se considera que 1m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0-7 lts. De gasolina (figura 6)

X1 = 0.6056 lts. (Gasolina)  $\approx$  0.87m<sup>3</sup> (biogás)

X2 = 0.4676 lts. (Gasolina)  $\approx$  0.67 m<sup>3</sup> (biogás)

X3 = 0.4568 lts. (Gasolina)  $\approx$  0.65m<sup>3</sup> (biogás)

El consumo máximo calculado de biogás en m<sup>3</sup> durante estas tres horas es de 2.19m<sup>3</sup>/día.

Luego a esta cantidad aplicamos un factor de seguridad para compensar posibles pérdidas y variaciones de producción.

$$Gt = G + (G * Fs) = 2.19 + (2.19 * 0.2) = 2.628m^3/día$$

Dónde:

Fs = factor de seguridad.

G = cantidad de biogás sin factor de seguridad.

Gt = cantidad de biogás definitivo para el diseño. (m<sup>3</sup>/día)

#### b) Cálculo de estiércol (kg/día)

Según estudios realizados 1 kg de excrementos genera aproximadamente 0.04 m<sup>3</sup> de biogás, (ver tabla 02), aplicando un factor de seguridad de 1.20.

Si 1kg.....0.04m<sup>3</sup> de biogás

Ex/d.....2.628m<sup>3</sup>/día

Ex/d = 65.7kg/día X Fs.

Ex/d = 65.7kg/día X 1.20.

Ex/d = 78.84 kg/día

Dónde:

Ex/d = cantidad de excrementos al día.

Fs = factor de seguridad.

### c) Cálculo de cantidad de mezcla (Vm) en kg-mezcla/día.

El biodigestor, para que pueda ser alimentado, requiere de diferentes proporciones para una mezcla homogénea de estiércol y agua según el tipo de residuo orgánico disponible. (Andrade, y otros, 2015 pág. 50)

La cantidad de mezcla es calculada en función de los datos de la siguiente tabla.

Tabla 18: Requerimientos de agua para la preparación de la materia prima según estiércol.

Animal.	Relación estiércol / agua
Aves.	1 : 4
Ovejas.	1 : 5
Conejos.	1 : 5
Cabras.	1 : 5
Cerdos.	1 : 4
Caballos.	1 : 5
Ganado vacuno.	1 : 3

Fuente: (Andrade, y otros, 2015 pág. 50)

El volumen total de la mezcla estiércol/agua se calcula con la siguiente ecuación.

$$vm/día = (1 + m) * Ex = (78.84 * 3) + 78.84 = 315.36 \text{ kg/día.}$$

Dónde:

$V_m/\text{día}$  = cantidad de mezcla en kg-mezcla/día.

$m$  = relación de mezcla.

**d) Cálculo del volumen de la mezcla total.**

Para este cálculo consideramos un rango de temperatura mesofílico (25°C)

$$V_{tm} = V_1 = \frac{(\Theta * Sd)}{1000} = \frac{(30 * 315.36)}{1000} = 9.46 \text{ m}^3$$

$V_{tm}$  = 9 460 litros.

Dónde:

$\Theta$  = tiempo de retención.

$V_{mt}$  = volumen total de la mezcla.

Como ya se llegó a saber la cantidad de mezcla en litros, es que se selecciona el tanque que servirá como biodigestor, para esto recurrimos a una tienda de ventas de estos tanques de polietileno y encontrando uno con una capacidad de 10 000 litros (10m<sup>3</sup>). (Ver anexo fotográfico 01, plano 02)

En la siguiente tabla se muestran las características de un tanque de polietileno de alta densidad (10 000 litros).

*Tabla 19: Características informativas del tanque de polietileno.*

<b>Características</b>	<b>Información</b>
Marca.	Rotoplas.
Material.	Polietileno de alta densidad.
Capacidad.	10 000 lt.
Diámetro.	2.20 m.
Altura.	3.1 m.
Reforzado.	40%, 20% y estándar.

*Fuente: Propia del autor.*

### 3.6 Diseño del depósito de almacenamiento.

Según Robriguez y García (2017), estudios realizados muestran que 1 kg de excremento genera 0.04 m<sup>3</sup> de biogás al día. (Robriguez, y otros, 2017), por lo que la producción de biogás es de 2.628m<sup>3</sup> al día, lo cual se almacenará en el depósito de almacenamiento de biogás. (Ver plano 04).

Para poder elegir o seleccionar el depósito de almacenamiento del biogás, se evaluó algunos materiales hasta llegar al correcto, tal como se muestra a continuación.

#### a) Polietileno de alta densidad.

Este material tiene la ventaja que tiene un bajo costo y su acondicionamiento es muy fácil, se puede instalar en el piso o en el aire, la desventaja de este material es que al no tener un adecuado cuidado puede ser averiado con facilidad.

#### b) Metálico.

Este material tiene la ventaja de soportar altas presiones y soporta mayores impactos, pero tiene la gran desventaja que el biogás contiene ácido sulfúrico el cual es muy corrosivo para las partes metálicas.

#### c) Concreto armado.

Un tanque hecho de este material sería fácil de realizar, pero tendría la desventaja que en ambientes cálidos se tendería a calentar el biogás que contiene, aparte el costo sería un poco elevado.

Para poder elegir el depósito de almacenamiento más adecuado del biogás, se realiza el siguiente cuadro comparativo, considerando los valores de la tabla 11.

*Tabla 21: Cuadro comparativo de los diferentes materiales para el depósito de almacenamiento del biogás.*

<b>Material.</b>	<b>Costo.</b>	<b>Factibilidad de mantenimiento.</b>	<b>Presión de almacenamiento.</b>	<b>Total.</b>
<b>Polietileno de alta densidad.</b>	5	4	3	12
<b>Metálico.</b>	3	1	3	7
<b>Concreto armado.</b>	2	2	3	7

Después de haber visto los diferentes materiales y según el cuadro comparativo obteniendo un puntaje de 12, optamos por el de polietileno de alta densidad ya que es de bajo costo y fácil implementación

Del informe del autor Varnero Moreno, la presión adecuada para la combustión del biogás es de 7-20mbar. (Varnero, 2011 pág. 55)

Así mismo en un informe el autor García (2017), presenta datos y fórmulas (tabla 03) que se usó para realizar el cálculo del depósito de almacenamiento de biogás. (García, 2017 pág. 12)

Usaremos la siguiente ecuación para dimensionar el depósito de almacenamiento:

$$P = \frac{Q1 * t}{r} \rightarrow r = \frac{Q1 * t}{P}$$

Dónde:

r = radio interior del depósito de biogás.

Q1 = esfuerzo tangencial máximo.

t = espesor de pared.

P = presión manométrica del fluido.

Luego de la tabla se seleccionó una bolsa de polietileno de alta densidad de 0.75mm de espesor y con un esfuerzo tangencial máximo de 129mbar, lo cual supera la presión necesaria de biogás.

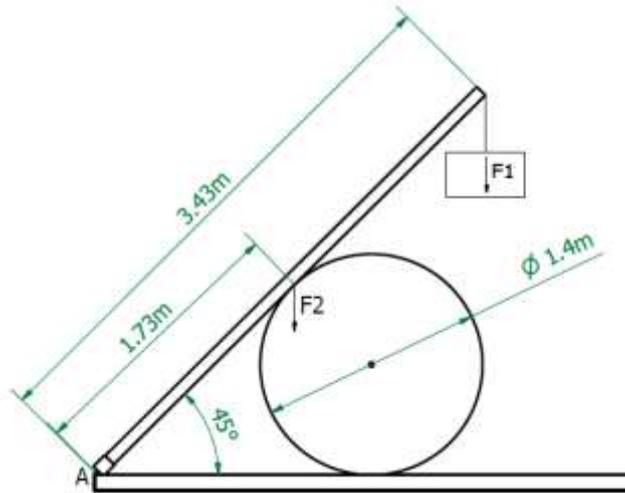
Reemplazando valores:

$$r = \frac{Q1 * t}{P} = \frac{12000Kpa * 0.75 * 10^{-3}m}{12.9Kpa} = 0.7m$$

La longitud del depósito se calculó en base a la cantidad de biogás a almacenar (2,628m<sup>3</sup>), para lo cual se usó el software Autodesk Inventor 2017, el cual nos dio una longitud de 2 215mm. (Ver plano 01).

Además, se diseñó un sistema de palanca que actúa sobre el depósito de almacenamiento de biogás, asegurando una presión requerida de 20 mbar. (Ver plano 04)

Para este diseño se hizo el siguiente cálculo:



Cálculo de F2:

Se consideró un eje de madera de 3" de diámetro, para ello se consideró el área de contacto entre el eje y el diámetro del depósito de biogás:

$$A_{cont.} = \left(\frac{Pm}{2}\right) * L = \left(\pi * \frac{D}{2}\right) * L = \left(\pi * \frac{0.0762m}{2}\right) * 1.4m = 0.1676m^2$$

Para el cálculo de la fuerza requerida para ejercer presión sobre el depósito de polietileno, se usó la formula  $P = \frac{F}{A}$

$$P = 20mbar \approx 203.943242kgf/m^2$$

Conociendo el área en contacto y la presión, se procedió a calcular la fuerza necesaria para mantener la presión requerida (20mbar)

$$F2 = P * A = \left(\frac{203.943242kgf}{m^2}\right) * 0.1676m^2 = 34.181kgf$$

Luego se calculó F1:

$$\sum MA = 0$$

$$(1.73 * 34.181 * \cos 45^\circ) + (3.43 * F1 * \cos 45^\circ) = 0$$

$$F1 = 17.5kgf$$

El cual, por ser de un material flexible, colocando un peso de 17.5 kg sobre él permitiendo que, de acuerdo al consumo del biogás, éste peso por acción de la gravedad estará comprimiendo el depósito de almacenamiento, de esta manera la salida del biogás se mantiene a una presión adecuada. (Ver anexo fotográfico 02, plano 04), el depósito de almacenamiento será de modelo cilíndrico de radio 0.7m y largo 2.215m.

### 3.7 Diseño de las líneas de transporte de biogás.

Para poder realizar el diseño de las líneas de alimentación del biogás tenemos que evaluar algunos materiales que reúnan las condiciones.

#### a) Plástico (PVC).

Este material tiene las ventajas de ser fácil de trabajar, relativamente barato, pero a la vez tiene la desventaja de ser fácil de quebrarse o fracturarse.

#### b) Acero galvanizado.

Este material tiene la ventaja de ser rígido y tiene menos posibilidades de fracturarse, tiene la desventaja de oxidarse, tubería más cara que la de PVC o plástico.

#### c) Manguera plástica.

Tiene la ventaja de conectarse fácilmente a los equipos, tiene la desventaja de averiarse con facilidad.

Para poder elegir el material para las líneas de transporte del biogás, se realiza el siguiente cuadro comparativo, considerando valores de la tabla 11.

*Tabla 22: Cuadro comparativo de los diferentes materiales para las líneas de transporte del biogás.*

<b>Material.</b>	<b>Costo.</b>	<b>Vida útil.</b>	<b>Facilidad de trabajo.</b>	<b>Total.</b>
<b>Plástico (PVC).</b>	5	4	5	14
<b>Acero galvanizado.</b>	2	4	2	8
<b>Manguera plástica.</b>	5	2	5	12

Después de haber analizado los materiales a usar para las líneas de alimentación del biogás, según el cuadro comparativo el puntaje mayor es 14, el cual serían de PVC ya que es un material no corrosivo, liviano además de un material fácil de trabajar. (Ver anexo fotográfico 03, plano 03). Ahora se realiza el cálculo del diámetro de las tuberías de PVC, de acuerdo al caudal consumido y su velocidad del biogás

Considerando el máximo consumo de biogás por hora, se calculó en base a  $0.87\text{m}^3/\text{h} \approx 2.42 \cdot 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$ . Se usó la fórmula  $Q = V * A$

El autor Contreras (2015), sostiene que la velocidad ideal de suministro de biogás es menor de  $2\text{m/s}$ . (Contreras, 2015 pág. 56)

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{2.42 * 10^{-4}}{1} = 2.42 * 10^{-4}\text{m}^2 \approx 242\text{mm}^2$$

Luego:

$$A = \pi * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{242\text{mm}^2}{\pi}} = 8.78\text{mm}$$

$$D_{\text{tubería}} = r * 2 = 17.56\text{mm} \approx 3/4"$$

Así mismo dentro de las líneas se instalará una válvula de seguridad, unos filtros para tratar de eliminar el ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), un regulador de presión del biogás, tal como se describen a continuación.

- **Válvula de seguridad/alivio.**

Este es el primer elemento que se encuentra en la salida del biodigestor. Es necesaria ya que, en caso de no consumirse el biogás existente en el biodigestor, líneas y depósitos de almacenamiento, permitirá que éste escape y a su vez evitará que ingrese aire al sistema. (Andrade, y otros, 2015 pág. 21)

### **Diseño de válvula de alivio de biogás.**

Para liberar el biogás en caso de una sobrepresión, se hizo el siguiente cálculo:

$$P = \rho * g * h$$

Dónde:

P = presión del gas dentro del tanque (20mbar = 2000Pa)

$\rho$  = densidad del agua (997 kg/m<sup>3</sup> = 100Pa)

g = aceleración de la gravedad en la Tierra (9.80665m/s<sup>2</sup>)

h = altura de la columna de agua.

Usando estos datos, se calcula la altura de agua para nuestra válvula de alivio.

$$h = \frac{P}{\rho * g} = \frac{2000}{997 * 9.80665} = 0.204567mca \approx 204.6mmca$$

Este resultado indica que el tubo de la válvula de alivio debe estar sumergido a 204.6mm dentro del agua como mínimo. (Ver anexo fotográfico 04, plano 04).

- **Filtros para ácido sulfhídrico.**

Para el diseño, el ácido sulfhídrico tiene que ser eliminado, ya que el biogás lo utilizaremos como combustible en un motor de combustión interna para posteriormente generar energía eléctrica. De lo contrario después que se produce la combustión el  $H_2S$  se transformará en dióxido de azufre  $SO_2$  y luego junto con el vapor de agua existente en el biogás se oxida siendo muy corrosivo para los metales internas del motor. (Ezequiel, 2017 pág. 24)

Según el autor Ezequiel (2017), para el biogás que se obtiene a partir de excrementos de ganado vacuno, con 1 Kg de viruta oxidada podemos purificar unos 800 m<sup>3</sup> de biogás. Al momento que el hierro entra en contacto con el biogás, el ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno oxida y se forma sulfato ferroso como resultado. Esta es una sencilla forma de eliminar al máximo el ácido sulfhídrico contenido en el biogás, ayudando a poder hacer un mejor aprovechamiento. (Ezequiel, 2017 pág. 25).

Considerando la producción de 2.628 m<sup>3</sup> al día y considerando la teoría de Ezequiel que 1 Kg de viruta oxida 800 m<sup>3</sup>, esta viruta será reemplazada aproximadamente cada 305 días.

### 3.8 Acoplamiento del motor de gasolina a biogás.

- a) Para poner en marcha un motor de combustión interna, en todos los proyectos realizados anteriormente están hechos de forma directa con una llave de paso.
- b) En esta oportunidad se evaluará un regulador de gas natural usado en los automóviles.

Para poder elegir el acoplamiento más adecuado para hacer funcionar el grupo electrógeno, se realiza el siguiente cuadro comparativo, considerando valores de la tabla 11.

*Tabla 23: Cuadro comparativo de las diferentes formas de acoplamiento del electrógeno.*

<b>Acoplamiento</b>	<b>Facilidad de regulación del biogás</b>	<b>Costo</b>	<b>Rendimiento del motor</b>	<b>Total</b>
<b>Modo directo</b>	2	4	2	8
<b>Con regulador de presión</b>	4	4	4	12

Después de analizar estos dos procesos el más adecuado obteniendo un puntaje de 12, utilizaremos un regulador de presión de la marca tomasetto achile, modelo AT07-100 HP, usado en los automóviles para el uso de GNV, al cual realizado una pequeña modificación ya que no necesitamos bajar la presión sino mantenerla lo más constante posible a cualquier margen de revoluciones, los reguladores o reductores de GLP y GNV regulan la presión en dos etapas la primera que es para alta y la segunda para baja presión, para esta trabajo solo será necesario la segunda etapa, por lo que se anula la primera etapa que es de alta presión. (Ver anexo fotográfico 05, plano 03).

En estudios anteriores para controlar la entrada de biogás al motor lo realizaban con una llave de paso manual, lo cual era un poco difícil de poder calibrar una buena regulación biogás/aire, por lo que se utilizará el mismo regulador que se usa en los automóviles convertidos a GLP o GNV. (Ver anexo fotográfico 06)

Ya en la parte final para el acoplamiento del motor de gasolina a biogás se realiza instalando un mezclador en la entrada de aire sobre el carburador. El mezclador de biogás es el encargado de mezclar el biogás con el aire, Para el buen funcionamiento de este motor a biogás se debe tener en cuenta que por una parte de biogás le corresponden 6 a 12 partes de aire, para un motor de combustión interna de mezcla homogénea. (Ver anexo fotográfico 07)

### 3.9 Evaluación del costo de la implementación del sistema de uso de residuos ganaderos y retorno a la inversión.

#### 3.9.1 Costos de la inversión

##### Costos directos: materiales

Tabla 24: Costos directos: materiales

<b>Adquisición de materiales</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo/unitario(s/)</b>	<b>Total (s/)</b>
1	Grupo electrógeno (unid)	1 800	1 500
1	Tanque de polietileno de 10 000 litros	6 000	6 000
1	Tubería de PVC 4" x 6m (unid)	130	130
2	Codos de PCV de 4" a 45° (unid)	8	16
1	Depósito para la mezcla de concreto (unid)	8	8
2	Llaves de paso de 4" (unid)	15	30
3	Tubería de PVC ¾" x 5m (unid)	12	36
5	Niple de ¾" x 100mm (unid)	4	20
1	Unión tipo "T" ¾" PVC (unid)	5	5
2	Pegamento PVC (frasco)	5	10
1	Buje de cabeza exterior de 4" x 3"(unid)	5	5
2	Llaves de paso ¾" PVC (unid)	5	10
1	Regulador de presión (unid)	200	200
1	Regulador de caudal de biogás (unid)	20	20
1	Trampa de agua (unid)	5	5
1	Filtro de ácido sulfhídrico (unid)	20	20
1	Depósito de almacenamiento 2.628m <sup>3</sup> (unid)	60	60
1	Cruz roscada de 2" (unid)	6	6
2	Reductor de PVC de 2" x ¾" (unid)	5	10
4	Niple hexagonal de 2"	4	16
2	Adaptador C x F2x2"	5	10
2	Niple con rosca externa de ¾"	4	8
2	Manguera de ¾"	10	20

		TOTAL	8 145.00
--	--	-------	----------

Tabla 25: Costos de mano de obra

<b>Costo de mano de obra</b>		
<b>Cantidad</b>	<b>Actividad</b>	<b>Costo (s/)</b>
1	Especialista	400
1	Ayudante	200
	TOTAL	600.00

**Costos indirectos:**

Tabla 26: Materiales e instrumentos adicionales

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio p/u (s/)</b>	<b>Total (s/)</b>
01 ciento	Papel A4 de 80g	5.00	5.00
01	Memoria USB de 8GB	30.00	30.00
Global	Útiles de escritorio	15.00	15.00
30 horas	Diseño del proyecto	0.25	7.50
		TOTAL:	57.50

**Servicios**

Tabla 27: Tabla representativa de bienes.

<b>Descripción</b>	<b>Precio p/u (s/)</b>
Internet	50.00
Luz	25.00
Telefonía	40.00
Transporte	50.00
Costo de ingeniería	1200
TOTAL:	1365.00

### Costos totales.

Tabla 28: Costos totales.

Descripción	Costo (s/)
Materiales para construcción del biodigestor	8 145.00
Mano de obra	600.00
Materiales e instrumentos adicionales	57.50
Servicios	1 365.00
TOTAL	10 167.5

### 3.9.2 Análisis costo beneficio.

Este análisis se realizó con el objetivo de dar a conocer el tiempo de retorno de inversión. Se calculó en base a un consumo de gasolina, el cual fue reemplazado por el uso de biogás:

Se calculó que para satisfacer el consumo de energía se consume un promedio de 1.53 litros de gasolina y se consideró el precio de la gasolina en el caserío Santiago Villacorta, siendo el costo de 5 soles por litro.

$$\text{consumo diario} = 1.53 * 5 = 7.65 \text{soles/día}$$

Se consideró la inversión total para el proyecto, siendo 10 167.5 soles. Para lo cual se realizó el cálculo para saber el retorno de inversión en años.

$$\text{tiempo de retorno de inversión (TRI)} = \left( \frac{\text{inversión}}{\text{consumo diario}} \right) * \left( \frac{1 \text{año}}{365 \text{días}} \right)$$

$$TRI = \left( \frac{10\ 167.5}{7.65} \right) * \left( \frac{1}{365} \right) = 3.64 \text{años} \approx 3 \text{años}, 7 \text{meses y } 21 \text{días}$$

#### **IV. DISCUSIÓN**

- a. Se realizó la selección de cada uno de los componentes que conformaran un sistema de uso de residuos ganaderos en el caserío Santiago Villacorta, provincia de Moyobamba, región de San Martín.
- b. Se realizó el cálculo de demanda energética por vivienda para asegurar la factibilidad y confiabilidad del diseño del sistema de uso de residuos ganaderos, para evitar de esta manera que quede en desuso al paso de los años.
- c. El caserío Santiago Villacorta es una zona que a futuro se puede implementar sistemas de uso de residuos ganaderos para la generación de energía eléctrica, debido a que cuenta con una fuente de biomasa capaz de convertirse en biogás.
- d. La selección del grupo electrógeno de 1000W se obtuvo teniendo en cuenta que los motores de combustión interna convertidos a biogás pierden aproximadamente un 20% de su potencia nominal y considerando un factor de servicio de 1.2.
- e. El proceso más adecuado de conversión de la biomasa es el de digestión anaeróbica que descompone la biomasa y da como resultado al biogás que es un combustible capaz de ser usado en un grupo electrógeno.
- f. La selección del biodigestor modelo domo fijo, hecho de polietileno de alta densidad es muy fácil de instalar, adaptable a diferentes condiciones ambientales, existe en el mercado, además su costo es mucho más bajo comparado con un biodigestor hecho a base de concreto armado, además presenta una larga vida útil.
- g. Como se ha visto en estudios anteriores uno de los inconvenientes más importantes en el uso del biogás en los motores de combustión interna era la baja presión del biogás, por lo que en este diseño el depósito de almacenamiento está diseñado para mantener el biogás a presión constante dependiendo de su consumo.
- h. Siendo conscientes de lo altamente corrosivo que es el ácido sulfhídrico se realizó la selección del material de las líneas de alimentación de biogás, seleccionando las de PCV de un diámetro de ¾", ya que este material no es corrosivo y es barato.
- i. Trabajos anteriores basaron un suministro del biogás de forma manual, en este diseño se optó por acoplar un regulador de presión de automóvil para a través de un sistema diafragma-balancín permita regular el biogás acuerdo a la carga del generador.
- j. Los costos de implementación de este sistema son bajos, tiene una larga vida útil, además permite una recuperación de los costos de implementación en corto tiempo.

## **V. CONCLUSIONES**

- a. Nos permitió diseñar un sistema de aprovechamiento de residuos ganaderos para generar energía eléctrica en el caserío Santiago Villacorta.
- b. Nos permitió conocer la demanda máxima de energía eléctrica en el caserío Santiago Villacorta, la cual cada vivienda tiene un consumo promedio de 665 Wh.
- c. Logramos conocer la cantidad de biomasa de ganado existente en la zona, entre ganados adultos y pequeños hay una disponibilidad de excrementos de 80 kg al día, capaz de convertirse en energía eléctrica.
- d. Logamos realizar la selección del grupo electrógeno, considerando una potencia de diseño de 798W, considerando un 20% de pérdida de su potencia nominal, el cual el más adecuado para nuestro trabajo fue un generador de 1000w de potencia.
- e. Se realizó el proceso de conversión de la biomasa, utilizando un biodigestor para que se realice el proceso de digestión anaeróbica, que dará lugar al combustible llamado biogás.
- f. Nos permitió realizar el dimensionamiento de un biodigestor, el cual el más apropiado para esta zona fue el de domo fijo y material de polietileno de alta densidad, ya que es liviano, tiene larga vida útil y costos razonables de adquisición, la capacidad de este es de 10 000 litros.
- g. Nos permitió conocer cómo realizar el dimensionamiento del depósito de almacenamiento de biogás de acuerdo a la producción de biogás diaria, para el cual se realizó un tanque de 2.628 m<sup>3</sup>, con la finalidad de mantener el biogás a presiones estables se colocó un peso de 17.5 kg sobre el depósito.
- h. Logramos realizar el diseño de las líneas de alimentación de biogás, seleccionando las de PCV de un diámetro de ¾”, ya que este material no es corrosivo, es fácil de trabajar y barato.
- i. Logramos conocer la forma de acoplar el motor de gasolina a biogás, para esto se utilizó un regulador de presión de GNV automotriz, un regulador manual de flujo del biogás y un mezclador que es el encargado de distribuir el biogás entre el aire que está ingresando al motor.
- j. Se logró evaluar los costos de la implementación del sistema de uso de residuos ganaderos y retorno a la inversión, teniendo un costo de implementación de 10 167.5 soles que serán recuperados en 3 años, 7 meses y 21 días.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- a. Se debe hacer de conocimiento a las autoridades locales del caserío Santiago Villacorta, antes del inicio de la instalación de los biodigestores, con la finalidad de evitar cualquier tipo de inconvenientes al momento de su ejecución y puesta en marcha.
- b. Antes de realizar la ejecución de un proyecto de esta clase, es importante hacer de conocimiento a todas las personas involucradas, a respetar las medidas de seguridad y protección del medio ambiente, respetando siempre las normas medioambientales, para no producir posteriormente impactos negativos.
- c. Es necesario que nosotros los ejecutores de este proyecto, realicemos capacitaciones a los pobladores de la zona, ya que ellos serán los encargados de efectuar el seguimiento, control y posteriores mantenimientos de este proyecto.

## REFERENCIAS.

**Andrade, Estefania, y otros. 2015.** *Introducción de Biodigestores en Sistemas Agropecuarios en el Ecuador.* Quito : s.n., 2015.

**Barahona Defaz, Freddy armando. 2013.** *desarrollo construccion y pruebas de un sistema de uso de biogas como combustible en un motogenerador electrico rural.* Riobamba : escuela superior politecnica de chimborazo, 2013.

**Contreas, Carlos. 2015.** "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CON REGULACIÓN AUTOMÁTICA DEL CAUDAL DE BIOGÁS PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO DE 2,5 kW". Lima : s.n., 2015.

**Contreras, Carlos y Altamirano, Luis. 2015.** *diseño y construccion del sistema de alimentacion de combustible con regulacion automática de biogás para un grupo electrógeno de 2.5KW.* Lima : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, 2015.

**Corona, Iván. 2007.** *Biodigestores.* Mexico : s.n., 2007.

**Escobar, José, y otros. 2017.** *Procesos biológicos de conversión .* bolivia : s.n., 2017.

**escobedo de leon, josé rodrigo. 2011.** *BIOGÁS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA UNA.* gustemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.

**Escobedo de León, José Rodrigo. 2011.** *BIOGÁS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA UNA.* Guatemala : UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2011.

**Ezequiel, Guillermo. 2017.** *DIMENSIONAMIENTO DE UN DIGESTOR ANAERÓBICO QUE TRATE LOS RESIDUOS GENERADOS EN UNA EXPLOTACIÓN GANADERA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS PARA CONSUMO TÉRMICO Y ELÉCTRICO.* Reconquista : s.n., 2017.

**Fernández, Jesús. 2010.** *Energía de la biomasa.* España : F.de Miguel, 2010.

**Fernández, Jesús. 2005.** *Energía de la biomasa.* Madrid : s.n., 2005.

**—. 2010.** *Energía de la biomasa.* madrid : s.n., 2010.

**García, Luis, y otros. 2011.** *Diseño de un biodigestor de flujo inducido con el uso de corrientes térmicas.* colombia : s.n., 2011.

**generadores.net., venta. 2015.** *¿Qué es un generador eléctrico, cómo funciona y cuáles son sus partes?* Lima : s.n., 2015.

**González, Raúl. 2011.** *UN CUARTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL VIVE SIN ELECTRICIDAD.* [En línea] 2011.

**Guillermo, Dolzani. 2017.** *DIMENSIONAMIENTO DE UN DIGESTOR ANAERÓBICO QUE TRATE LOS RESIDUOS GENERADOS EN UNA EXPLOTACIÓN GANADERA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS PARA CONSUMO TÉRMICO Y ELÉCTRICO.* Reconquista : s.n., 2017.

**INIA. 2011.** Generarán biogas a partir de deshechos de vacas en INIA. *Generarán biogas a partir de deshechos de vacas en INIA.* [En línea] 8 de julio de 2011.

<https://diariovoces.com.pe/web/36930/generaran-biogas-a-partir-de-deshechos-de-vacas-en-inia/>.

**Lacoste, Juan, y otros. 2011.** *GRUPOS ELECTROGENOS.* Argentina : s.n., 2011.

—. 2011. *GRUPOS ELECTROGENOS.* Argentina : s.n., 2011.

**Mora, Isabel, y otros. 2016.** "Plantalámparas" - Plantas que dan Luz. [En línea] 01 de octubre de 2016.

**Ramirez, Benito, Velásquez, Jean y Veen, Martijn. 2011.** *Generación de energía eléctrica en la comunidad.* Tarpoto : soluciones prácticas SNV, 2011.

**Raúl. 2011.** UN CUARTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL VIVE SIN ELECTRICIDAD. *UN CUARTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL VIVE SIN ELECTRICIDAD.* [En línea] 28 de diciembre de 2011.

<https://twenergy.com/a/un-cuarto-de-la-poblacion-mundial-vive-sin-electricidad-193>.

**Rivas, et al. 2012.** Perspectivas de obtención de energía renovable de la biomasa del estiércol del ganado lechero en la región centro-sur de Chihuahua. Mexico : s.n., 2012, págs. 1-15.

**Robriguez, David y García, Andrés. 2017.** *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE.* Bogota : D.C, 2017.

**tecnología, universidad de ingeniería &. 2015.** 42% de las zonas rurales de la selva no cuentan con energía eléctrica. *42% de las zonas rurales de la selva no cuentan con energía eléctrica.* [En línea] 01 de octubre de 2015. <https://peru.corresponsables.com/actualidad/42-de-las-zonas-rurales-de-la-selva-no-cuentan-con-energia-electrica>.

**UTEC. 2015.** 42% de las zonas rurales de la selva no cuentan con energía eléctrica. *42% de las zonas rurales de la selva no cuentan con energía eléctrica.* [En línea] 01 de octubre de 2015. <https://peru.corresponsables.com/actualidad/42-de-las-zonas-rurales-de-la-selva-no-cuentan-con-energia-electrica>.

**Varnero, Maria. 2011.** *MANUAL DE BIOGÁS.* Santiago : s.n., 2011.

**Vega, Jhon. 2015.** "DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UN BIODIGESTOR SEMICONTINUO PARA LA GENERACION DE BIOGAS CON LA FERMENTACION ANAEROBICA DEL ESTIERCOL DE CUY Y DE CONEJO PARA LA INSTITUCION EDUCATIVA PRIVADA CRISTIANA BERESHI". Chimbote : s.n., 2015.

**Venegas, Apolonio. 2018.** *Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas.* Chiapas : s.n., 2018. págs. 1-10.

**Voces, Diario. 2011.** *Generarán biogas a partir de deshechos de vacas en INIA. Generarán biogas a partir de deshechos de vacas en INIA.* [En línea] 8 de julio de 2011.

<https://diariovoces.com.pe/web/36930/generaran-biogas-a-partir-de-deshechos-de-vacas-en-inia/>.

**Zapata, Nancy. 2011.** *electrificación rural.* Lima : s.n., 2011.

## ANEXOS

Anexo 01: Encuestas llenas como evidencias.

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	10
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	7
03	¿En qué medida aumenta tu ganado vacuno anualmente?	4
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	3
05	¿Cuántas horas diarias utilizarías energía eléctrica en artefactos electrodomésticos?	2
06	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	7
07	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	1 año

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	6
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	2
03	¿En qué medida aumenta tu ganado vacuno anualmente?	2
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	3
05	¿Cuántas horas diarias utilizarías energía eléctrica en artefactos electrodomésticos?	4
06	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	5
07	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	1 año

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	9
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	4
03	¿En qué medida aumenta tu ganado vacuno anualmente?	4
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	4
05	¿Cuántas horas diarias utilizarías energía eléctrica en artefactos electrodomésticos?	3
06	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	5
07	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	3 años

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	7
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	5
03	¿En qué medida aumenta tu ganado vacuno anualmente?	3
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	3
05	¿Cuántas horas diarias utilizarías energía eléctrica en artefactos electrodomésticos?	2
06	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	6
07	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	2 años

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	8
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	3
03	¿En qué medida aumenta tu ganado vacuno anualmente?	2
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	2
05	¿Cuántas horas diarias utilizarías energía eléctrica en artefactos electrodomésticos?	3
06	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	4
07	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	2 años

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	5
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	4
03	¿En qué medida aumenta tu ganado vacuno anualmente?	1
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	2
05	¿Cuántas horas diarias utilizarías energía eléctrica en artefactos electrodomésticos?	4
06	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	4
07	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	2 años

ENCUESTA		
	PREGUNTA:	RESPUESTA:
01	¿Con qué cantidad de ganado vacuno adulto cuentas?	11
02	¿Con qué cantidad de ganado vacuno mediano y pequeño cuentas?	6
03	¿En qué medida aumenta tu ganado vacuno anualmente?	3
04	¿Cuántas horas diarias necesitas alumbrarte actualmente?	4
05	¿Cuántas horas diarias utilizarías energía eléctrica en artefactos electrodomésticos?	3
06	¿Cuántas bombillas crees que se debería instalar por vivienda?	3
07	¿En cuánto tiempo te gustaría recuperar tu inversión?	3 años

## Anexo 02: Validación del instrumento.

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4	X		X		X		
5	X		X		X		
6	X		X		X		
7	X		X		X		
<b>Aspectos Generales</b>					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					X		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

#### DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: *Peláez Chávez, Víctor Hugo*

Profesión: *Ingeniero Mecánico*

Especialidad: *Materials*

  
 Víctor Hugo Peláez Chávez  
 ING. MECANICO  
 R. GIP. N° 197130

-----  
 Firma del Experto

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4	X		X		X		
5	X		X		X		
6	X		X		X		
7	X		X		X		
<b>Aspectos Generales</b>					<b>Sí</b>	<b>No</b>	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					X		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**DATOS GENERALES DEL EXPERTO**

Apellidos y nombres: *Juan López, José Escobar*  
 Profesión: *INGENIERO MECÁNICO*  
 Especialidad: *DISEÑO E INVESTIGACIÓN*

  
 -----  
 Firma del Experto  
 C.P. 82348

## CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4	X		X		X		
5	X		X		X		
6	X		X		X		
7	X		X		X		
<b>Aspectos Generales</b>					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					X		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

### DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: *Valderrama Campos, Edwin Ronald*

Profesión: *Ingeniero Mecánico*

Especialidad: *Circuitos Térmicos*

  
 -----  
 CP: 180677  
**Firma del Experto**

## TABLAS

Tabla 01: Tabla para selección de grupo electrógeno de acuerdo a su potencia.

VENTA GENERADORES .NET		TABLA COMPARATIVA GENERADORES INVERTER						
MODELO	POTENCIA	ARRANQUE	AUTONOMÍA	PESO	GASOLINA	DIESEL	MOTOR	DEPÓSITO
INVERTER 1000 W COMPACT	1000W	NO	6'5 HORAS	8,5 K	NO	SI	2 T	3 L
KAISER INVERTER 1200W	1200W	NO	6 HORAS	18 K	SI	NO	2 T	4'1 L
INVERTER 4T KAISER 1000W PORTABLE	1000W	NO	4'1 HORAS	8,5 K	SI	NO	4 T	2'1 L
KAISER INVERTER 1800W	1800W	NO	6 HORAS	18 K	SI	NO	2 T	4'1 L
KAISER INVERTER 2200W	2200W	NO	6 HORAS	18 K	SI	NO	2 T	4'1 L
INVERTER 1200W 4T PROFESIONAL S1	1200W	NO	6 HORAS	22 K	SI	NO	4 T	4'6 L
INVERTER 1500W 4T PROFESIONAL S2	1500W	NO	6 HORAS	24 K	SI	NO	4 T	4'6 L
INVERTER 2500W 4T PROFESIONAL S3	2500W	NO	6 HORAS	29 K	SI	NO	4 T	5'5 L
INVERTER 3500W 4T PROFESIONAL S4	3500W	NO	9 HORAS	35 K	SI	NO	4 T	6'3 L
HONDA INVERTER EU 10 DE 1000W	1000W	NO	4 HORAS	13 K	SI	NO	4 T	2'1 L
HONDA INVERTER EU 20 DE 2000W	2000W	NO	4 HORAS	21 K	SI	NO	4 T	4'1 L
HONDA INVERTER EM 30 DE 3000W	3000W	NO	6 HORAS	34 K	SI	NO	4 T	9'7 L
HONDA INVERTER 4500 DE 4500W	4500W	NO	6'1 HORAS	79'5 K	SI	NO	4 T	24 L
HONDA INVERTER EM 5500 DE 5500W	5500W	SI	7'7 HORAS	96 K	SI	NO	4 T	23'5 L
HONDA INVERTER EU 30 DE 3000W	3000W	SI	7'1 HORAS	59 K	SI	NO	4 T	13'3 L
HONDA INVERTER 30I DE 3000W	3000W	SI	3'5 HORAS	35'2 K	SI	NO	4 T	5'9 L
HONDA INVERTER EU 20 DE 4000W	4000W	SI	4 HORAS	21 K	SI	NO	4 T	4'1 L
HONDA INVERTER EU 70 ISF DE 6500W	6500W	SI	6 HORAS	115 K	SI	NO	4 T	19'2 L

Tabla 02: Ficha técnica del generador seleccionado.

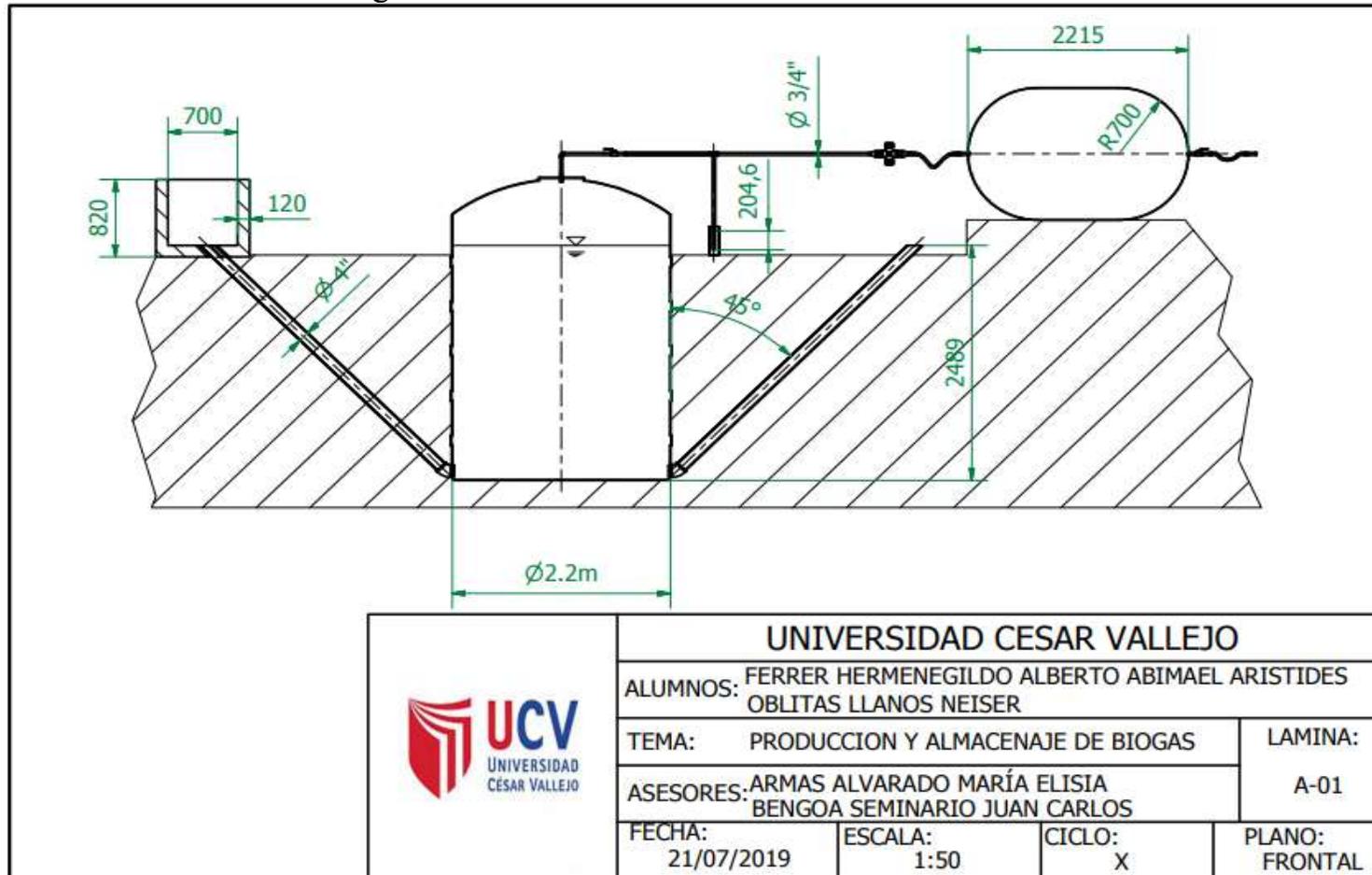
MODELO / MODEL	ISASA
Regulación - Voltaje - Frecuencia / Regulation - Voltage - Frequency	Condensador / Capacitor - 220/240V - 50Hz
AC 230V Máxima / Maximum	1000W
AC 230V Nominal / Rated	850W
Modelo motor/ Engine model	GENERGY SGE30
Cilindrada/ Displacement	97cc
Tipo de motor / Engine type	Gasolina, 4 tiempos OHV refrigeración forzada por aire Gasoline, 4-stroke OHV, air forced cooling
Nivel de presión acústica media a 7Mts LpA / Acoustic pressure level average at 7Mts LpA	65dB (A)
Nivel de potencia acústica garantizada LwA acorde 2000/14/EC enmienda 2005/88/EC Guaranteed sound power level LwA pursuant to 2000/14/EC amended by 2005/88/EC	92dB (A)
Tipo de arranque / Startup type	Manual / Recoil
Capacidad tanque combustible / Fuel tank capacity	4l
Consumo hora - Autonomía al 25% 50% 75% carga / Hourly consumption - Autonomy at 25% 50% 75% loads	(0.44l/h - 9h) (0.50l/h - 8h) (0.66l/h - 6h)
Capacidad de aceite - Tipo aceite / Oil capacity - type of oil	0.4L SAE10W40 - SAE10W40
Kit de transporte / Transportation kit	Asa sin ruedas / Handle without wheels
Dimensiones L x A x Alto (cm) / Dimensions L x W x H (cm)	40 x 34 x 37
Peso máquina / bruto embalaje (Kg) / Machine weight / gross packaging (Kg)	19.5 Kg
Referencia / Reference	2014005

Tabla 03: Presion maxima.

Tipo de geomembrana	Espesor (t) [m]	Presión interna máxima $p = \frac{\sigma_1 \cdot t}{r} [kPa]$
<b>HDPE</b>  Resistencia a la fluencia: $\sigma_1 = 12Mpa$	0.75 x 10 <sup>-3</sup>	12.9
	1.0 x 10 <sup>-3</sup>	17.1
	1.25 x 10 <sup>-3</sup>	21.4
	1.5 x 10 <sup>-3</sup>	25.7
<b>PVC</b>  Resistencia a la fluencia: $\sigma_1 = 15Mpa$	0.5 x 10 <sup>-3</sup>	10.9
	0.75 x 10 <sup>-3</sup>	16.1
	1.0 x 10 <sup>-3</sup>	21.4
	1.25 x 10 <sup>-3</sup>	26.8
	1.5 x 10 <sup>-3</sup>	32.1

**PLANOS**

Plano 01: Sistema de uso de residuos ganaderos.

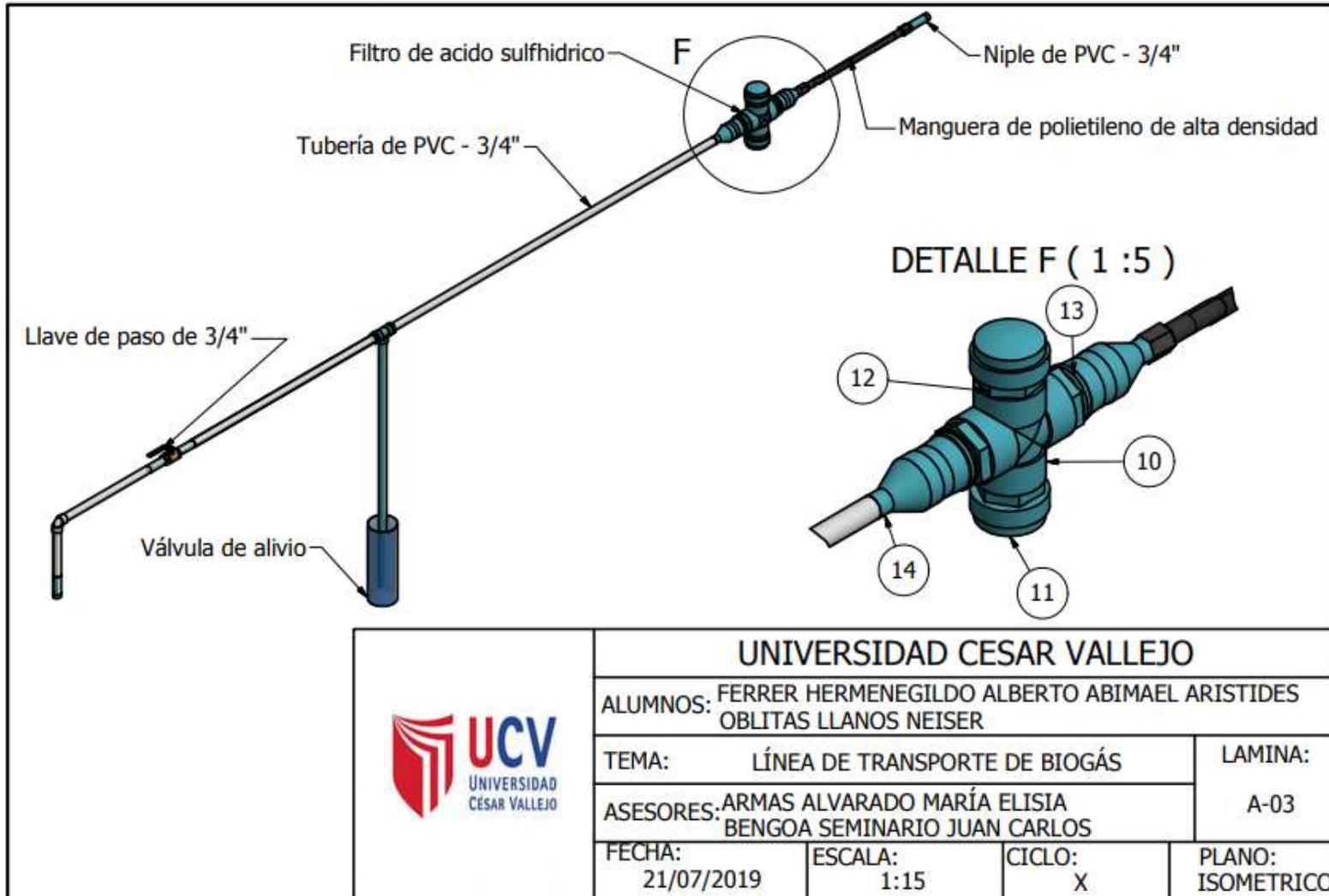


Plano 02: Corte isométrico de los componentes del sistema.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL
1	1	Tanque rotoplas 10000 L.	HDPE
2	1	Deposito de gas 2.628m3	HDPE
3	2	Buje de cabeza exterior de 4" x 3"	PVC
4	2	Codo de 4" x 45°	PVC
5	2	Tubo de 4"	PVC
6	1	Deposito para mezcla 0.7m x 2.215m x 0.7m	Concreto
7	7	Nipple 3/4" x 100	PVC
8	2	Tubería de 3/4"	PVC
9	1	Tee de 3/4"	PVC
10	1	Cruz roscada de 2"	PVC
11	2	Tapón de 2"	PVC
12	4	Niple exagonal de 2"	PVC
13	2	Adaptador C x F 2 x 2"	PVC
14	2	Reductor 2" x 3/4"	PVC
15	2	Niple con rosca externa de 3/4"	PVC
16	1	Tubería de 3/4"	PVC
17	1	Manguera de 3/4"	HDPE
18	1	deposito para valvula de alivio h=30cm	Plástico

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>		
	ALUMNOS: FERRER HERMENEGILDO ALBERTO ABIMAEI ARISTIDES OBLITAS LLANOS NEISER		
	TEMA:	LISTA DE PARTES	LAMINA:
	ASESORES:	ARMAS ALVARADO MARÍA ELISIA BENGOA SEMINARIO JUAN CARLOS	A-02
FECHA:	ESCALA:	CICLO:	PLANO:
21/07/2019	1:70	X	ISOMÉTRICO

Plano 03: Líneas de transporte de biogás.



**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

ALUMNOS: FERRER HERMENEGILDO ALBERTO ABIMAEI ARISTIDES  
OBLITAS LLANOS NEISER

TEMA: LÍNEA DE TRANSPORTE DE BIOGÁS

LAMINA:  
A-03

ASESORES: ARMAS ALVARADO MARÍA ELISIA  
BENGOA SEMINARIO JUAN CARLOS

FECHA:  
21/07/2019

ESCALA:  
1:15

CICLO:  
X

PLANO:  
ISOMETRICO

Plano 04: Deposito de almacenamiento .

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>			
	ALUMNOS: FERRER HERMENEGILDO ALBERTO ABIMAEI ARISTIDES OBLITAS LLANOS NEISER			
	TEMA: SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE			LAMINA:
	ASESORES: ARMAS ALVARADO MARÍA ELISIA BENGOA SEMINARIO JUAN CARLOS			A-04
FECHA:	ESCALA:	CICLO:	PLANO:	
21/07/2019	1:30	X	FRONTAL	

ANEXO FOTOGRÁFICO

Foto 01: tanques de polietileno de una capacidad de 10 000 litros.



Foto 02: Depósito de almacenamiento.



Foto 03: Líneas de transporte de biogás.



Foto 04: Válvula de seguridad/alivio.



Foto 05: Regulador de presión.



Foto 06: Regulador para alta revoluciones.



Foto 07: Mesclador de aire / biogás.

