

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA UTILIZANDO BIOGÁS PRODUCIDO POR
ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PARA LA HACIENDA EL
POTRERO BELLAVISTA – JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autores : Bach. Dante César Castañeda Silva

Bach. Jorge Luis Herrera Garcia

Asesor : MSc. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado

JAÉN – PERÚ, SETIEMBRE, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA UTILIZANDO BIOGÁS PRODUCIDO POR
ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PARA LA HACIENDA EL
POTRERO BELLAVISTA – JAÉN

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA

Autores : Bach. Dante César Castañeda Silva

Bach. Jorge Luis Herrera Garcia

Asesor : MSc. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado

JAÉN – PERÚ, SETIEMBRE, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 11 de setiembre del año 2019, siendo las 8:00 pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez

Secretario: Mg. Lenin Quiñones Huatangari

Vocal: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez; para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
(☒) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO BIOGÁS PRODUCIDO POR ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PARA LA HACIENDA EL POTRERO BELLAVISTA – JAÉN, presentado por los Estudiantes /Egresados o Bachilleres Dante César Castañeda Silva y Jorge Luis Herrera Garcia de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

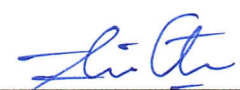
(☒) Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

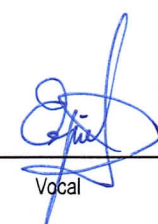
Con la siguiente mención:

- | | | |
|---|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| ☒ b) Muy bueno | 16, 17 | (16) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 9:00 pm horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

Esta tesis lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Dedico la presente tesis a mis padres Gonzalo Castañeda Delgado y Consuelo Silva Palomino por brindarme su apoyo incondicional, a mi hermana Diana Castañeda Silva por ser una buena compañera en el transcurso de mi formación universitaria, a mi sobrinita Kamila por ser un motivo a lograr mis metas.

Y además dedico mi tesis a todos mis familiares y amigos que de alguna otra manera me brindaron apoyo para culminar mis estudios.

Dante César Castañeda Silva

Dedico principalmente a Dios por todas sus bendiciones, a mi abuela Gloria Dávila Asenjo, que desde el cielo me protege y sé que está muy orgullosa de este nuevo logro, a mi abuelo Fidel García Quispe que ha sabido darme su ejemplo de valorar la vida, la entrega, respeto y honradez; a mis padres Carlos Herrera Quiroz y María García Dávila, a mis hermanos, a mi tía Charito García Dávila quien es para mí como una segunda madre, a mis tíos a quienes considero mis hermanos Dennis, Fanny, Edison, Fidel, Diana, a mis primos y a mis amigos que compartimos etapas de desarrollo dentro y fuera de las aulas, aquellos amigos de vida que siempre me dieron ánimos de superación y aquellos que serán mis colegas, gracias por su apoyo y diversión.

Jorge Luis Herrera García

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, por ser los pilares principales en nuestra formación, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo nos han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en nosotros el ejemplo de esfuerzo, valentía y de no temer las adversidades.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

A nuestro asesor; MSc. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado por la confianza y el apoyo en nuestra investigación.

A Requejo Astochado Jonatan, gerente general de la Hacienda el Potrero SAC. Por brindarnos su apoyo, orientación y dedicación durante los días de investigación dentro de su establecimiento.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Problemática	2
1.2.	Antecedentes.....	2
1.3.	Formulación del problema	3
1.4.	Hipótesis.....	3
1.5.	Justificación e importancia.....	4
1.5.1.	Justificación Técnica.....	4
1.5.2.	Justificación Ambiental.....	4
1.5.3.	Justificación Económica	4
1.5.4.	Justificación Social	4
II.	OBJETIVOS	5
2.1.	Objetivo General.....	5
2.2.	Objetivos específicos	5
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	6
3.1.	Materiales	6
3.1.1.	Equipos.....	6
3.1.2.	Software	6
3.1.3.	Material de campo	6
3.1.4.	Materiales de gabinete	6
3.2.	Hacienda el Potrero S.A.C	7
3.2.1.	Localización geográfica.	8
3.3.	Metodología.....	9
3.3.1.	Demanda de energía eléctrica de la Hacienda el Potrero S.A.C.	9

3.3.2.	Producción de estiércol de la Hacienda el Potrero S.A.C	11
3.3.3.	Sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén.	15
IV.	RESULTADOS.....	31
4.1.	Estimación de la producción del estiércol de ganado vacuno.	31
4.2.	Diseño del biodigestor.	32
4.3.	Sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén.	34
4.4.	Generación de Energía eléctrica del sistema.	36
4.5.	Valor de la inversión total del Sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén. 37	
V.	DISCUSIÓN	40
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
VIII.	ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficiente de simultaneidad	10
Tabla 2 Máxima demanda eléctrica	10
Tabla 3 Producción de estiércol de ganado en la Hacienda el Potrero	13
Tabla 4 Tiempos de retención recomendados para el diseño de digestores.....	17
Tabla 5 Dimensiones de la zanja	20
Tabla 6 Estimación de la proporción de sólidos totales contenidos en la carga diaria.	24
Tabla 7 Factores de producción de biogás	25
Tabla 8 Características del Biogás	26
Tabla 9 Datos técnicos del desulfurador de biogás.....	29
Tabla 10 Generador a biogás	30
Tabla 11 Resumen de las diferentes dimensiones del Biodigestor	33
Tabla 12 Costo de biodigestor	37
Tabla 13 Costo del sistema.....	38
Tabla 14 VAN y TIR del proyecto	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de estudio.....	8
Figura 2. Recolección de estiércol.....	12
Figura 3. Dimensiones del balde	14
Figura 4. Zanja del Biodigestor	20
Figura 5. Producción del estiércol de reses.	31
Figura 6. Biodigestor tubular.....	32
Figura 7. Zanja para el Biodigestor	32
Figura 8. Gráfico del flujo de sistema de generación a biogás.....	34
Figura 9. Ubicación de componentes del Sistema de generación de energía eléctrica	35
Figura 10. Estimación de Energía eléctrica a partir del sistema.....	36
Figura 11. Producción del estiércol	50
Figura 12. Hacienda el Potrero	51
Figura 13. Generador a biogás.....	52
Figura 14. Filtro a biogás	53
Figura 15. Ubicación del sistema de generación	54
Figura 16. Vista superior del biodigestor.....	55
Figura 17. Caja de salida del biodigestor	56
Figura 18. Caja de entrada del biodigestor.....	57
Figura 19. Vista superior del sistema de generación de energía eléctrica	58

RESUMEN

Esta investigación diseña un sistema energético a partir de la producción de biogás. Tiene como finalidad demostrar que el estiércol producido por reses contiene un gran potencial energético, por lo cual se propone como objetivo el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista– Jaén. La caracterización de estiércol promedio por res es de 10 kg. Se calculó la potencia instalada de la hacienda dando como resultado 10,04 kW y una máxima demanda de 8,966 kW. Seguido diseñamos un biodigestor tipo tubular por ser fácil de instalación y de bajo costo el cual produce $3,35 \text{ m}^3/\text{hora}$ de metano el cual cubrirá la demanda eléctrica. Se seleccionó un filtro marca Diybiogas, modelo ES-50L de acero inoxidable, con forma de cilindro para la purificación de biogás y eliminar el ácido sulfhídrico H_2S , CO_2 . El generador de biogás tiene una potencia eléctrica de 10 kW y un flujo de trabajo de $3,3 \text{ m}^3/\text{hora}$. El costo del sistema de generación es de S/. 33 030 soles, el cual se recuperará aproximadamente en 6 años.

Palabras clave: Estiércol, biogás, biodigestor, demanda eléctrica.

ABSTRACT

This research designs an energy system from the production of biogas. Its purpose is to demonstrate that manure produced by cattle contains great energy potential, which is why the design of an electric power generation system using biogas produced by cattle manure for Hacienda el Potrero Bellavista– Jaén is proposed. The average manure characterization per beef is 10 kg. The installed power of the farm was calculated, resulting in 10,04 kW and a maximum demand of 8,966 kW. We then design a tubular type digester because it is easy to install and low cost which produces $3.35 \text{ m}^3/\text{hour}$ of methane which will cover the electricity demand. Diybiogas brand filter, model ES-50L stainless steel, cylinder-shaped for the purification of biogas and eliminating the hydrogen sulphide H_2S , CO_2 was selected. The biogas generator has an electrical power of 10 kW and a workflow of $3.3 \text{ m}^3/\text{hour}$. The cost of the generation system is S /. 33 030 soles, which will recover in 6 years.

Keywords: Manure, biogas, biodigester, electricity demand.

I. INTRODUCCIÓN

Un sistema de generación de energía eléctrica es la transformación de una materia prima que se obtienen de fuentes naturales (el agua, el sol, los animales, las personas, etc.), en energía eléctrica. Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 2012, en el Perú el total de emisiones/remociones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) son de 171,31 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO_2eq). En el Perú el total de emisiones producido por el estiércol son de 1319 mil Giga gramos de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Gg CO_2eq) (MINAM, 2016).

Al inicio de esta investigación se caracterizó el estiércol, teniendo una muestra de 133 de un total de 500 reses obteniendo un promedio de producción de 10 kg de estiércol por res, posteriormente se estimó la máxima demanda de la hacienda por lo que obtuvimos 8,966 kW, seguidamente se diseñó un biodigestor tipo tubular para excremento de reses dentro las consideraciones para el diseño del biodigestor se obtuvo que el número adecuado de reses es de 270 lo cual producirá $3,35 m^3/hora$ de metano el cual se utilizó para la generación de energía eléctrica y así cubrir la demanda máxima de la hacienda, por consecuente el biodigestor tiene un diámetro de 4,58 m y una longitud de 27,93 m. Una vez diseñado el biodigestor se seleccionó un filtro de biogás marca Diybiogas, modelo ES-50L, así mismo un generador a biogás de Marca YDNPOWER, modelo YDNYD de potencia de salida de 10 kW su flujo de trabajo es de $3,3 m^3/hora$. Esto conlleva a mejorar la economía de la hacienda, la disminución de gases de efecto invernadero, plagas por insectos, etc. Esta investigación permitió aprovechar el estiércol de ganado vacuno como fuente de generación de energía eléctrica, que puede ser aprovechado por personas, comunidades rurales y ampliar nuevas tecnologías que nos ayuden a crecer como sociedad.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista– Jaén.

1.1. Problemática

El distrito Bellavista, perteneciente a la Provincia de Jaén, cuenta con una elevada contaminación ambiental debido al desperdicio del estiércol del ganado vacuno. Por otra parte la demanda de energía eléctrica de la hacienda se abastece de la empresa concesionaria de energía eléctrica privada Electro Oriente S.A, debido a la carga consumida y a las tarifas elevadas que brinda dicha empresa encarece seriamente dicha instalación privada.

Para iniciar esta investigación se diseñará un biodigestor para excremento de ganado vacuno del cual se obtendrá un biocombustible gaseoso denominado biogás; el cual se utilizará para la generación de energía eléctrica y además será aprovechado en parte para alimentar de biogás a las cocinas de la Hacienda y así reemplazar la leña por biogás, los residuos del proceso (bioabono) serán utilizados como biofertilizante para mejorar la producción de los cultivos en la hacienda como los pastizales para alimentar el ganado, arroz, yuca, ente otros.

1.2. Antecedentes

(MARM, 2010): “El sector del Biogás Agroindustrial en España afirma que en Alemania, existen más de 4000 plantas de biogás siendo la mayoría de ellas pequeñas, es decir, con una potencia instalada comprendida entre 50 y 500 kW y con una potencia eléctrica instalada total de unos 1.500 MWh y una reducción en las emisiones de CO₂, de 6,4 millones de toneladas en el año 2007”

La investigación de (Narvaez & Saltos, 2007): “Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor tipo piloto para la obtención de Biogás y bioabono a partir de la mezcla de estiércol vacuno y suero de queso concluye que en China, India y Sudáfrica, debido a la escasez de recursos económicos estos métodos fueron difundidos y desarrollándose de tal manera que hoy en la actualidad estos países cuentan con más de 30 millones de Biodigestores funcionando, además desarrollaron técnicas de generación gaseosa a pequeña y gran escala”

La presente investigación de (Ayasta, 2016): “ Diseño de un biodigestor con energía fotovoltaica para generar gas metano de uso doméstico, establo san Antonio - Monsefú

afirma que a nivel nacional existen 106 biodigestores en 15 departamentos que abarca entre modelos artesanales y chinos, que son prematuras tecnologías que se aprovecha con los sistemas de biodigestión para producir energía eléctrica a base de biogás, el cual es una descomposición de materia orgánica y se usa como combustible para cocinar alimentos, cabe mencionar las múltiples aplicaciones de que se puede dar uso”

La investigación de (Tedejo & Yopán, 2014): “Rendimiento de biogás como combustible en un grupo electrógeno de 1 kW. Fundo San Isidro, Colcamar cuyo objetivo fue se determinar el rendimiento de biogás como combustible en un grupo electrógeno de 1 kW con motor de combustión interna de 2,4 hp”

En el proyecto de investigación de (Chonlón, 2016): “Estudio de factibilidad de producir de biogás con residuos orgánicos ganaderos para satisfacer la demanda energética, Caserío El Tambo - Motupe, tuvo como objetivo determinar si es factible producir energía eléctrica producida por el biogás para suplir la demanda energética, concluyendo que se llegar a producir un equivalente energético de 105.505 kW-h, es decir suficiente energía para suplir la demanda energética del Caserío El Tambo a media que cada año sigue aumentando su población”

1.3. Formulación del problema

El problema de investigación es diseñar un sistema de generación de energía eléctrica a biogás para aprovechar el excesivo desperdicio de estiércol de ganado vacuno en la Hacienda El Potrero – Bellavista, Jaén, Cajamarca, Perú; con el fin de reducir la contaminación ambiental y los costos por consumo de energía eléctrica en parte o en su totalidad de acuerdo a la producción de biogás. Por consiguiente, la pregunta de investigación será ¿El diseño de un sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la hacienda el Potrero Bellavista – Jaén podrá cubrir la demanda eléctrica?

1.4. Hipótesis

El diseño del sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno cubrirá la demanda eléctrica de la hacienda el Potrero.

1.5. Justificación e importancia

1.5.1. Justificación Técnica

El estiércol de ganado vacuno para producir biogás como fuente de generación de energía renovable es una salida para cubrir la demanda de energía eléctrica en la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén. La obtención de energía eléctrica a base de biogás le permitirá a la Hacienda y los pobladores obtener grandes mejoras disminuyendo así la contaminación que se da por el desperdicio del estiércol.

1.5.2. Justificación Ambiental

La presente investigación surge con la necesidad de disminuir la contaminación ambiental que se da con el desperdicio de excretas (estiércol) en el sector ganadero a través de procesos anaeróbicos, aprovechando así el estiércol de ganado como materia prima para la producir biogás y generar electricidad para abastecer la Hacienda el Potrero Bellavista - Jaén.

1.5.3. Justificación Económica

Se ve la necesidad de apoyar el abastecimiento de uso de energía eléctrica y uso de biogás para las cocinas, el estudio de este proyecto logrará reducir costos de demanda de energía eléctrica y uso de GLP que será generará utilizando estiércol producido en la misma Hacienda para beneficiar la economía de la misma, los residuos de la digestión anaeróbica serán utilizados como biofertilizante reduciendo los gastos en este tipo de insumos.

1.5.4. Justificación Social

El objetivo de este trabajo de investigación es promover técnicas que permitan provechar el estiércol de su ganado para reducir costos en la Hacienda por medio de la generación de biogás, energía eléctrica y biol, Conjuntamente presenta una solución para reducir los problemas higiénicos ocasionado por el estiércol mejorando la calidad de vida de los pobladores del distrito, además puede ser aprovechado por personas, instituciones públicas de comunidades rurales y ampliar nuevas metodologías que los ayuden a crecer como sociedad.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén.

2.2. Objetivos específicos

- Calcular la demanda de energía eléctrica de la Hacienda el Potrero Bellavista- Jaén.
- Determinar la producción de estiércol en la Hacienda el Potrero Bellavista- Jaén.
- Dimensionar el equipamiento fundamental para la generación de energía eléctrica utilizando el biogás (metano) que podrá producir el sistema.
- Evaluar económicamente el proyecto.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Los materiales y equipos utilizados en la siguiente tesis son los siguientes.

3.1.1. Equipos

Calculadora

Laptop

Cámara fotográfica

Balanza

3.1.2. Software

Microsoft Word 2016

Microsoft Excel 2016

AutoCAD 2016

3.1.3. Material de campo

Lapiceros, lápiz, libreta de apuntes, tabla de apuntes, botas, guantes, mascarillas de protección respiratoria, palanas, baldes.

3.1.4. Materiales de gabinete

Libros

Útiles de escritorio

3.2. Hacienda el Potrero S.A.C

La Hacienda el Potrero S.A.C. se ha especializado en la crianza del ganado raza Brahman, con pastos naturales, potreros con pastos cultivados y corrales con suplemento alimenticio. Funciona desde 1998 en la zona en Santa Cruz, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, región Cajamarca. Así se dedica a la siembra y explotación de árboles maderables, como el Algarrobo y el Samán, con los cuales ha logrado generar un equilibrio ambiental en la zona. (Potrero, 2018). La Hacienda el Potrero, ha enfocado sus potenciales y esfuerzos en la mantención de pasturas mejoradas y en modernización genética, mediante inseminación artificial.

Se recolectó datos de fuentes confiables, artículos de investigación, libros.

3.2.1. Localización geográfica.

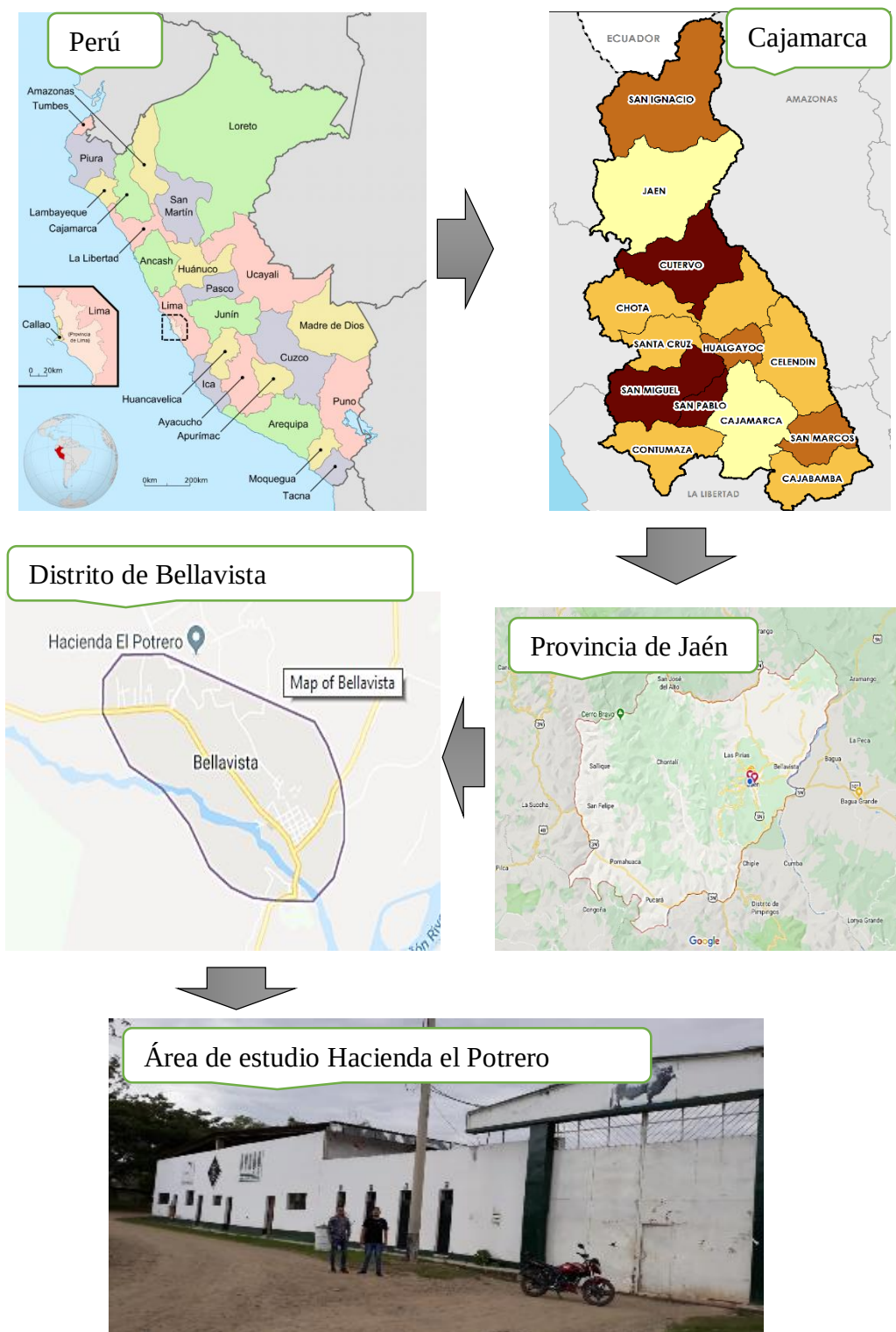


Figura 1. Mapa de ubicación de estudio

Fuente: Google Maps

3.3. Metodología

3.3.1. Demanda de energía eléctrica de la Hacienda el Potrero S.A.C.

Se realizó un inventario energético de equipos consumidores de energía con la finalidad de calcular la máxima demanda como se muestra a continuación:

3.3.1.1. Inventario de equipos en la Hacienda el Potrero S.A.C.

Realizamos la inspección a la Hacienda el Potrero recolectando datos detallados sobre los equipos eléctricos y electrónicos consumidores de energía para así obtener la máxima demanda.

3.3.1.1.1. Coeficiente de simultaneidad.

Es la división del cociente entre la potencia eléctrica máxima que puede entregar una instalación eléctrica, y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que pueden conectarse a ella. Por ejemplo, la suma de todos los receptores eléctricos de una vivienda es la de la potencia del lavavajillas, más la de la lavadora, de la secadora, de los televisores, de los ordenadores, de la cocina eléctrica, del microondas, de todas las lámparas, de las batidoras, etc. (Quintela, 2019). Los valores del coeficiente de simultaneidad se determinan en la tabla 1.

3.3.1.1.2. Factor de demanda

El factor de demanda es la relación entre la suma de la demanda máxima de un sistema (o parte de un sistema) y la carga total conectada en el sistema (o parte del sistema) bajo consideración. (Electricaplicada, 2018)

En la tabla 1, muestra los valores del coeficiente de simultaneidad.

Tabla 1
Coficiente de simultaneidad

Grado de electrificación	Coficiente de simultaneidad
Mínimo	1
Mediano	0,9
Elevado	0,8
Superior	0,7

Fuente: (Electrificación, 2011)

En la tabla 2, muestra resultados de la máxima demanda eléctrica, realizando un inventario energético de los equipos.

Tabla 2
Máxima demanda eléctrica

Descripción	Cantidad	Potencia unitaria W	Potencia instalada kW	Factor de demanda	Factor de simultaneidad	Máxima demanda kW
Televisor	6	150	0,9	0,9	0,9	0,729
Licuada	2	200	0,4	1	1	0,4
Equipo de sonido	2	80	0,16	1	1	0,16
Refrigerador	1	300	0,3	1	1	0,3
plancha	2	1000	2	1	0,9	1,8
Reflectores led	4	120	0,8	1	1	0,48
Foco ahorrador	50	20	1	0,9	0,9	0,81
Celulares	100	7	0,7	1	0,8	0,56
Ventilador	2	50	0,1	1	1	0,1
Motor 5 Hp	1	3730	3,73	0,9	1	3,357
Laptop	2	35	0,07	1	1	0,07
Computadora	1	200	0,2	1	1	0,2
Total			10,04			8,966

Fuente: Elaboración propia

El factor de demanda siempre cambia para el tiempo o las horas de uso y no será constante; por lo tanto, cuando menor sea el factor de demanda, menos capacidad del sistema necesaria para servir a la carga conectada; el factor de demanda es siempre ≤ 1 .

El factor de simultaneidad “Relación, expresada como un valor numérico o como porcentaje, de la potencia simultanea máxima de un grupo de artefactos eléctricos o clientes durante un periodo determinado; y la suma de sus potencias individuales máximas durante el mismo periodo”.

Lo valores calculados corresponden a datos recolectados en la Hacienda el Potrero basado en formatos ya definidos por los tesisistas para estimar la máxima demanda de 8,9 kW.

3.3.2. Producción de estiércol de la Hacienda el Potrero S.A.C

3.3.2.1. Estimación de producción de estiércol

El establo cuenta con una totalidad de 500 reses. Para realizar los estudios de producción de estiércol de ganado, consideramos separar las reses para empezar con la recolección de estiércol de ganado vacuno, dicha recolección fue durante quince días.

El total de reses para calcular la producción de estiércol fueron de 133 durante los quince días.

La caracterización se realizó de la siguiente manera:

- i. Se contabilizo 500 reses en el establo.
- ii. Se seleccionó un grupo de 133 reses para la caracterización
- iii. Posteriormente se realizó la recolección de estiércol día por día como indica la figura 2.

En la figura 2, representa la recolección de estiércol.

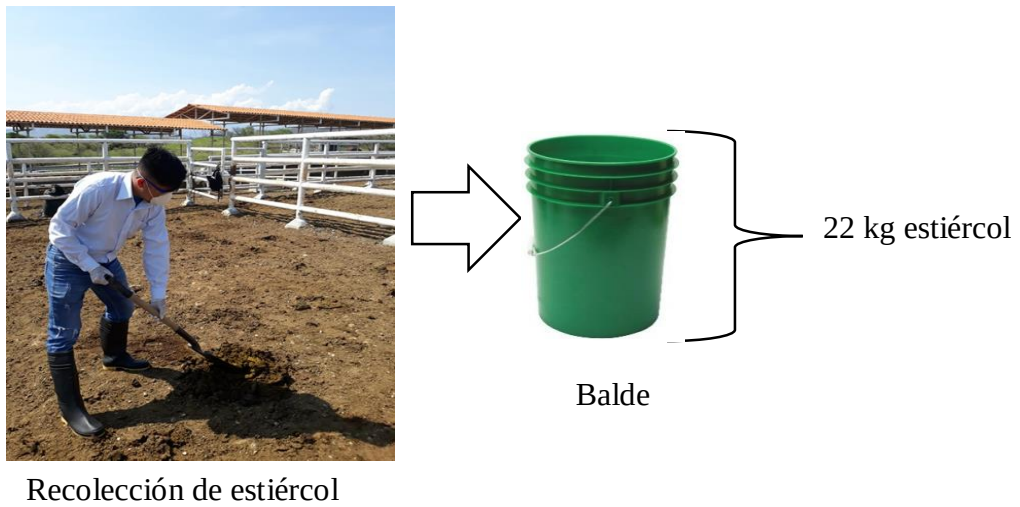


Figura 2. Recolección de estiércol

Para la recolección de estiércol, se tomaron todas las medidas adecuadas de protección y seguridad; de esa forma se recolectó el estiércol para estimar la producción diaria. En la figura 2 se muestra un balde el cual fue llenado completamente de estiércol llegando a alcanzar un peso total de 22 kg. Este proceso se realizó de manera continua durante 15 días, para determinar la producción de estiércol lo representamos en la tabla 3.

Tabla 3
Producción de estiércol de ganado en la Hacienda el Potrero

FECHAS	JUNIO														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Reses	3	3	3	6	6	6	8	8	10	10	10	15	15	15	15
Peso del estiércol (kg)	30,98	29,89	30,10	60,24	59,97	60,88	80,04	81,15	101,56	99,93	100,12	151,48	151,98	150,41	149,95
Promedio al día	10,32	9,96	10,03	10,04	9,99	10,14	10,00	10,14	10,15	9,99	10,01	10,09	10,13	10,02	9,99
Promedio por res al día(kg)	10,00	kg/res/día													

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 muestra la estimación de la recolección diaria de estiércol durante 15 días; el peso del estiércol y el promedio por res al día en kg.

3.3.2.2. Estimación de la densidad del estiércol.

Para la caracterización de estiércol se eligió un balde el cual nos da como resultado un peso total de 22 kg, para calcular el volumen del balde se calcula mediante la ecuación 1.

Volumen del balde utilizado.

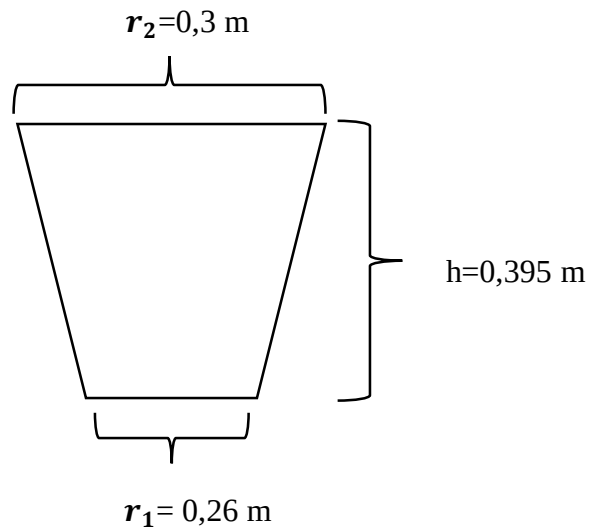


Figura 3. Dimensiones del balde

$$V_{balde} = \pi/3 * h * (r_1^2 + r_2^2 + r_1 * r_2) \quad (1)$$

$$V_{balde} = 0,097 \text{ m}^3$$

Para poder obtener el volumen del estiércol dentro del balde se calcula con la ecuación 2.

$$V_{estiércol} = V_{balde} \quad (2)$$

$$V_{estiércol} = 0,097 \text{ m}^3$$

Finalmente, para medir la cantidad de masa que hay en el volumen calculado y poder obtener la densidad del estiércol se calcula con la ecuación 3.

$$\rho_{estiércol} = \text{masa estiércol} / \text{volumen estiércol} \quad (3)$$

$$\rho_{estiércol} = 22 \text{ kg} / 0,097 \text{ m}^3 = 226,80 \text{ kg/m}^3$$

3.3.3. Sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén.

3.3.3.1. Diseño del Biodigestor

3.3.3.1.1. Parámetros para el diseño del biodigestor

A. La producción diaria de estiércol para el biodigestor:

Para estimar la producción diaria de estiércol se determinó en base al promedio de estiércol que produce una res en un día y también el número total de reses empleadas en dicha investigación representado en la ecuación 4.

$$Pe = \text{Promedio por res al día} * \text{Numero de reses} \quad (4)$$

$$Pe = 10 \text{ kg/día res} * 270 \text{ reses} = 2\,700 \text{ kg/día}$$

La producción diaria total de estiércol en m^3 se estimó de la siguiente manera, teniendo base en antecedentes previos.

$$Pe = P_e / \rho_{\text{estiércol}} = 2\,700 \text{ kg} * 1 / 226,80 \text{ kg/m}^3 = 11,90 \text{ m}^3$$

B. Dimensionamiento del tanque anaeróbico.

Este tanque realiza un proceso de digestión anaeróbica, fermentativo en la que la materia orgánica (biomasa) biodegradable proveniente del estiércol de reses más un porcentaje de agua se descompone por medio de microorganismos anaerobios obteniéndose así un biocombustible gaseoso denominado biogás compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Varnero, 2011). Para lograr este objetivo se seguirá los siguientes pasos.

a. Estimación de la relación de estiércol-agua en kg para conocer el valor de la carga diaria o biomasa.

Según Pautrat (2010), “Si se usa primordialmente estiércol como alimento para el digestor, entonces la razón de biomasa a agua debe estar entre 1:1 y 1:2. Si el material de alimento consta principalmente de residuos vegetales, se requiere de más agua, en una razón de 1:3” (p.17).

La cantidad de agua diaria en kg está determinada por la siguiente ecuación 5.

$$H_2O(kg) = 2 * Pe(kg) \quad (5)$$

$$H_2O(kg) = 2 * 2\,700\,kg/día$$

$$H_2O(kg) = 5\,400\,kg * 1m^3/1000\,kg = 5,4\,m^3/día$$

El agua diaria que se utilizara es de $5,4\,m^3/día$

Donde:

Pe : Cantidad de biomasa diario disponible en kg.

H_2O : Cantidad de agua diario en kg.

b. Una vez estimada el agua diaria que se utilizará se calculará la cantidad diaria de la mezcla con la siguiente ecuación.

La carga diaria es la mezcla de la producción de estiércol y el agua necesaria para producir biogás y está representado en la ecuación 6.

$$Cd = Pe(kg) + H_2O(kg) \quad (6)$$

$$Cd = 11,9\,m^3 + 5,4\,m^3$$

$$Cd = 17,3\,m^3$$

Ahora calculamos la carga diaria estiércol - agua en kg

$$Cd = 2\,700\,kg + 5\,400\,kg$$

$$Cd = 8\,100\text{ kg}$$

La cantidad diaria que alimenta al biodigestor en un día es de 17,3 $m^3/día$ o 8 100 $m^3/día$.

Donde

Cd : Carga diaria estiércol - agua en m^3

H_2O : Cantidad de agua diario en m^3

c. Volumen del líquido que alimenta al biodigestor

Una vez obtenido la cantidad diaria de la mezcla, estimaremos el volumen total de la mezcla. Los rangos de temperaturas dependen de los micro organismos que se dejará proliferar y tienen incidencia directa en los días de fermentación para obtener el biogás. El tiempo de retención recomendado para el diseño de digestores se representa en la tabla 4.

Tabla 4

Tiempos de retención recomendados para el diseño de digestores.

Temperatura de Funcionamiento °C	Tiempo de retención hidráulico, (días)	Tiempo de retención recomendado, (días)
18	11	28
24	8	20
30	6	14
35	4	10
40	4	10

Fuente: (Pérez M. J., 2010)

Para poder realizar los cálculos se tomará un valor de 20 días según la tabla 4 para una temperatura de 24 °C recomendado para climas trópicos. Para obtener el volumen líquido de la mezcla se calcula con la ecuación 7.

$$Vl = Cd * T_{RH} \quad (7)$$

$$Vl = 8\,100 \text{ kg/día} * 20 \text{ días}$$

$$Vl = 162\,000 \text{ kg}$$

Así mismo el Vl se puede expresar en metros cúbicos, resultando 346 m^3 .

$$Vl = 17,3 * 20 \text{ m}^3$$

$$Vl = 346 \text{ m}^3$$

Donde

Vl : Volumen líquido

Cd : Carga diaria en kg

T_{RH} : Tiempo de retención hidráulica en días.

d. Volumen de la parte gaseosa

El volumen gaseoso es un porcentaje del volumen líquido, para efectos de diseño se considera que el 33 % es lo que se convierte en parte gaseosa, a través de la digestión anaeróbica. El biodigestor tubular se compone de un tubular en material plástico (polietileno, PVC, plastilina, entre otros, y una combinación de éstos) completamente sellado, la entrada y la salida están sujetas directamente a las paredes de la planta. La parte inferior de la planta, en un 75% del volumen constituye la masa de fermentación, y en la parte superior, el 25% restante, se almacena el biogás. Lo que resulta que la fase gaseosa será el 33 % del volumen líquido (Olaya y

González, 2009). Para determinar el valor de la fase gaseosa se realiza con la ecuación 8.

$$Vg = 33\% * Vl \quad (8)$$

$$Vg = 33\% * 346 \text{ m}^3 = 114,18 \text{ m}^3$$

Donde:

Vg : Volumen que ocupa la fase gaseosa

Vl : Volumen líquido

e. Volumen total del biodigestor

El volumen del biodigestor se determina a partir del volumen líquido y el volumen del biogás producido; los cálculos se realizan con la ecuación 9.

$$VTd = Vl + Vg \quad (9)$$

$$VTd = 346 \text{ m}^3 + 114,18 \text{ m}^3 = 460,18 \text{ m}^3$$

Donde:

VTd : Volumen total del biodigestor

Vl : Volumen líquido

Vg : Volumen del biogás producido

f. Dimensiones del biodigestor

La longitud de la zanja queda determinada por la longitud del biodigestor y la profundidad y ancho de la misma dependerán del ancho de rollo empleado en la construcción del biodigestor.

El diseño del biodigestor es tubular, por lo que primero estimamos las dimensiones de la zanja donde reposara el tanque digestor. Se utilizará la tabla 5.

Tabla 5
Dimensiones de la zanja

Dimensiones de la zanja según el Ancho de Rollo (AR)					
AR (m)	2,86	3,44	4,01	4,58	5,16
a (m)	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15
b (m)	2,25	2,7	3,15	3,6	4,05
P (m)	2,5	3	3,5	4	4,5

Fuente: (Martí, 2008)

Las dimensiones de la zanja serán descritas de la siguiente manera.

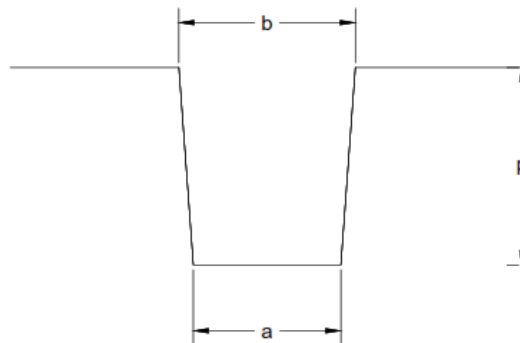


Figura 4. Zanja del Biodigestor

Con los datos de la tabla 5, obtenemos las dimensiones de la zanja del biodigestor y del diámetro del material de plástico. Las dimensiones del biodigestor están determinadas por la siguiente ecuación 10.

$$D = P/\pi \quad (10)$$

$$P = 2,8 \, m + 3,6 \, m + 2 * 4 \, m = 14,4 \, m$$

$$D = 14,4 \, m/\pi$$

$$D = 4,58 \text{ m}$$

Donde:

D : diámetro

P : perímetro es igual a la suma de a + b + 2p

Estimamos la longitud del biodigestor, con la ecuación 11.

$$VTd = \pi * D^2 / 4 * L \quad (11)$$

$$L = 4 * VTd / \pi D^2$$

$$L = 4 * 460,18 \text{ m}^3 / \pi (4,58 \text{ m})^2$$

$$L = 27,93 \text{ m}$$

La longitud del biodigestor es de 27,93 metros.

Donde:

VTd : Volumen total del biodigestor

L : Longitud del biodigestor

El diseño del biodigestor se realizó en AutoCAD, por los propios tesisistas y sus conocimientos adquiridos en su etapa universitaria.

g. Presión Hidrostática presente en el interior del biodigestor

La presión que se va a calcular es la generada en el punto más bajo, dicho esto tenemos que la presión generada en el interior del biodigestor será igual a la suma de presión generada por el gas más la presión generada por el fluido. (Yauyo,2016)

Siendo P_0 la presión ejercida por el gas la cual es igual a la longitud del tubo sumergido en la válvula de seguridad (botella) expresado como mm de columna de agua, más la presión atmosférica que existe en la válvula de seguridad la cual depende de la altitud del lugar. Debido a que el lugar en el que se realizó el proyecto está ubicado a una altitud de 421 m.s.n.m la presión atmosférica es 101 469 Pa. La Presión hidrostática presente en el interior del biodigestor se calcula con la ecuación 12.

$$P_0 = 130 \text{ mm de columna de } H_2O + P_{Atmosferica} \quad (12)$$

$$P_0 = 130 * 9,81Pa + 101\,469,7 \text{ Pa}$$

$$P_0 = 102\,745Pa = 102,745 \text{ KPa}$$

Donde:

P_0 : Es la presión ejercida por el gas producido dentro del digestor sobre el fluido (Pa).

Para obtener la densidad del fluido se aplicó la ecuación 13.

$$\rho = m_{agua} + m_{estiércol} / v_{agua} + v_{estiércol} \quad (13)$$

$$\rho = 5\,400 \text{ kg} + 2\,700 \text{ kg} / 5,4 \text{ m}^3 + 11,9 \text{ m}^3$$

$$\rho = 468,2 \text{ kg/m}^3$$

Donde:

m : masa en (kg)

v : volumen en (m^3)

La presión que un fluido en reposo ejerce va a ser la misma en todas las direcciones (de forma horizontal), ya que con respecto a la profundidad (dirección vertical) esta presión va irse incrementando debido a que el fluido soporta más presión mientras más cerca esta del fondo y menos mientras más cerca de la superficie se encuentra. Para determinar se aplicó la ecuación 14.

$$P = \rho * g * h + P_o \quad (14)$$

$$P = 468,2 \text{ kg/m}^3 * 9,8 \text{ m/s}^2 * 4\text{m} + 102\,745\text{Pa}$$

$$P = 107\,333,36 \text{ Pa}$$

$$P = 107,33 \text{ kPa}$$

Donde:

P : presión hidrostática

ρ : densidad del fluido $468,2 \text{ kg/m}^3$

g : aceleración de la gravedad $9,8 \text{ m/s}^2$

h : altura del fluido 4 m

P_o : $102\,745 \text{ Pa}$

h. Sólidos totales

El rango puede variar de 13 a 20 %. Los sólidos totales representan el peso del estiércol de las reses una vez seco y por tanto es la carga real de materia sólida que se estará introduciendo en el biodigestor. (Yauyo, 2016). Para calcular los sólidos totales que introducimos diariamente en el biodigestor tubular se toma en consideración la tabla 6.

Tabla 6
Estimación de la proporción de sólidos totales contenidos en la carga diaria.

Material	Sólidos Totales
Estiércol fresco	17
Mezcla 1:4	3,4
Mezcla 1:3	4,25

Fuente: (Yauyo, 2016)

Basándose en la tabla 6, para estimar los sólidos totales que ingresan al biodigestor se calcula con la ecuación 15.

$$ST = Cd * 0,17/VL * (kg/m^3) \quad (15)$$

$$ST = 2\,700 * 0,17/346\,m^3 * (kg/m^3)$$

$$ST = 1,33\,kg/m^3 * día$$

Donde:

ST : Sólidos totales

VL : Volumen líquido en m^3

Cd : Carga diaria en kg.

i. Sólidos volátiles

Yauyo (2016), afirma: “ Los sólidos volátiles representan la parte de los sólidos totales del estiércol que están sujetos a pasar a la fase gaseosa. Su valor corresponde de forma general al 77% del sólido introducido por día” (p.72). Determinado por la ecuación 16.

$$SV = ST * 0,77\, (kg/m^3 * día) \quad (16)$$

$$SV = 1,33 \text{ kg/m}^3 * 0.77 \text{ día}$$

$$SV = 1,02 \text{ kg/m}^3 * \text{ día}$$

Donde:

ST : Sólidos totales.

SV : Sólidos volátiles.

C. Producción de biogás

La producción de biogás diaria depende de la cantidad de sólidos volátiles que haya en la carga de estiércol. Por ello, para conocer la producción de biogás es necesario conocer previamente la cantidad de estiércol que se va a introducir diariamente al biodigestor, se debe determinar la cantidad de sólidos totales que hay en el estiércol (multiplicando kg de estiércol por 0.17), y a partir de ese resultado, se estima los sólidos volátiles (multiplicando los sólidos totales por 0.77). Conocidos los sólidos volátiles, dependiendo del tipo de estiércol que se esté empleando, la producción de biogás será mayor o menor.

La tabla 7 muestra los factores de biogás en diferentes animales.

Tabla 7
Factores de producción de biogás

Residuo Orgánico	<i>biogas</i> $\left(\frac{m^3}{kg_{sv}}\right)$
Res	0,35
Desecho municipal	0,2
Cerdo	0,45
Gallina	0,39
Aguas negras	0,406

Fuente: (Yauyo, 2016)

De la tabla 7 se toma en consideración el factor de producción de biogás para res y se estimó con la ecuación 17.

$$PB = 0.35 \text{ biogás } (m^3/kg_{SV}) * SV * VI \quad (17)$$

$$PB = 0,35 \text{ biogás } m^3/kg * 1,02 \text{ kg}/m^3 * \text{día} * 346 \text{ m}^3$$

$$PB = 123,52 \text{ m}^3 \text{ biogás}/\text{día}$$

Donde:

PB :Producción de biogás ($m^3 \text{ biogás}/\text{día}$).

SV :Sólidos volátiles ($kg/m^3 * \text{día}$).

VI :Volumen líquido (m^3)

D. Producción de metano (CH_4)

Arrieta (2016), afirma: “la composición del biogás es de 65% Metano (CH_4) y 35% Dióxido de carbono CO_2 ” (p.90). La composición química del biogás la describe la tabla 8.

Tabla 8
Características del Biogás

Composition	55-70% methane (CH_4) 30-45% carbon dioxide (CO_2) Traces of other gases
Energy content	6.0-6.5 $kWhm^{-3}$
Fuel equivalent	0.60-0.65 $Loil/m^3 \text{ biogas}$
Explosion limits	6-12% biogas in air
Ignition temperature	650-750 $^{\circ}C$ (with the above-mentioned methane content)
Critical pressure	75-89 bar
Critical temperature	-82,5 $^{\circ}C$
Normal density	1,2 $kg m^{-3}$
Smell	Bad eggs (the smell of desulfurized biogas is hardly noticeable)
Molar Mass	16 043 $kg kmol m^{-1}$

Fuente: (Núñez, 2017)

Tomamos la composición de producción de metano de 65 %, determinada en la ecuación 18.

$$PCH_4 = PB \text{ m}^3 \text{biogás/día} * 65/100 \quad (18)$$

$$PCH_4 = 123,52 \text{ m}^3 \text{biogás/día} * 65/100$$

$$PCH_4 = 80,29 \text{ m}^3 \text{metano CH}_4/\text{día} * 1 \text{ día}/24 \text{ h}$$

$$PCH_4 = 3,35 \text{ m}^3 \text{metano CH}_4/\text{hora}$$

E. Potencia eléctrica generada con el poder calorífico del metano

Debido a su contenido en metano, el biogás, también llamado gas pobre o de baja energía tiene un poder calorífico que está entre 4.5 y 7 kWh/m³. Este valor, como se mencionó antes, depende de su contenido de metano. Si se considera un biogás con un contenido en metano del 60%, este tendrá un poder calorífico inferior de una 5 500 kcal/m³ o 6.4 kWh/m³ (Arrieta, 2016). La Potencia eléctrica generada con el poder calorífico se calcula con la ecuación 19.

$$PEG_{\text{poder calorífico}} = PCH_4 * \text{poder calorífico} \quad (19)$$

$$PEG_{\text{poder calorífico}} = 3,35 \text{ m}^3 \text{metano CH}_4/\text{hora} * 6,4 \text{ kWh/m}^3$$

$$PEG_{\text{poder calorífico}} = 21,44 \text{ kW}$$

F. Potencia eléctrica generada por el generador a biogás

Para calcular la potencia del generador está estimada en función a la eficiencia del motor y la eficiencia del generador. Los cálculos se realizaron con la ecuación 20.

$$PEG_{\text{generador a biogás}} = PEG_{\text{poder calorífico}} * \eta_m * \eta_g \quad (20)$$

$$PEG_{\text{generador a biogás}} = 21,44 \text{ kW} * 0.50 * 0.925$$

$$PEG_{\text{generador a biogás}} = 9,91 \text{ kW}$$

Donde:

η_m : *eficiencia del motor*

η_g : *eficiencia del generador*

G. Producción de biofertilizante por día.

Los sólidos totales representan el peso del estiércol una vez seco y por tanto es la carga real de materia sólida que se estará introduciendo en el biodigestor. En el proceso de la fermentación se perdió una fracción de sólidos totales. El estiércol fresco tiene entorno a un 17% de sólidos totales. El rango puede variar de 13 a 20% (Yauyo, 2016). Los cálculos se realizaron con la ecuación 21.

$$\text{Biofertilizante} = \text{Carga EF} - (\text{Carga EF} * 0,2) \quad (21)$$

$$\text{Biofertilizante} = 2\,700 - 2\,700 * 0,20 = 2\,160 \text{ kg/día}$$

Donde:

EF : estiércol fresco (kg)

H. Selección del filtro de biogás

Son filtros que se utilizan para la purificación del biogás, el principal elemento a eliminar es el ácido sulfhídrico (H_2S) ya que es un componente natural del biogás altamente corrosivo para los equipos, por lo tanto, su eliminación es importante para garantizar una mayor vida útil de los equipos (Varnero, 2011). El filtro seleccionado es un desulfurador de biogás que funciona cuando el biogás se produce a partir de una unidad de fermentación anaeróbica, transporta una gran cantidad de H_2 , especialmente a fermentación a media o alta temperatura. Debido a la gran cantidad de vapor de agua presente en el biogás, el agua interactúa con H_2S en el biogás para acelerar la corrosión y el bloqueo de tuberías metálicas, válvulas y caudalímetros. Además, causa contaminación al medio ambiente Atmosférico y afecta a la salud humana. Por lo tanto, H_2S debe eliminarse antes de usar biogás. Se seleccionó este filtro debido a que su flujo es igual al que proporciona el biodigestor.

Tabla 9
Datos técnicos del desulfurador de biogás

Marca:	DIYBIOGAS
Número de modelo:	ES-50 L
Lugar del origen:	China, Guangdong
Uso:	La industria de combustible
Contenido de hidrógeno (%):	5
Contenido de metano (%):	65
Contenido de nitrógeno (%):	1
Contenido de azufre (%):	1
Material:	De acero inoxidable
Óxido férrico de contenido:	25-33%
Dimensiones:	273*750 cm
Forma:	Cilíndrico
El uso de:	El biogás de instalación
Tratamiento de biogás:	3 000 m^3
Tasa de flujo de consumo:	> 100 m^3 /día
Nombre del producto:	Desulfurador de biogás y deshidratador para eliminar el H ₂ S

Fuente: (Alibaba, 2019)

I. Selección del generador a biogás.

El biogás puede ser utilizado como combustible para motores de combustión interna, turbinas, micro turbinas, motores a gas que se encuentren acoplados a un generador para producir energía eléctrica. (Baculima y Rocando, 2015). El generador a biogás ha sido a seleccionado de acuerdo al flujo generado por el biodigestor y además por la potencia eléctrica estimada. Los datos técnicos del generador a biogás se presentan en la tabla 10.

Tabla 10
Generador a biogás

Biogás generador 10 kW de cogeneración		
Grupo electrógeno modelo	YDNYD-10	
	Potencia nominal (kW/kVA)	10/12,5
	Corriente nominal (A)	18
	Dimensión (mm)	1 450 x 700 x 1 100
	Voltaje nominal	400/220
	Frecuencia	60 Hz
	Peso bruto (kg)	510
Biogás motor	Marca	YDNPOWER
	Configuración	Refrigerado por agua, 4 tiempos, 4 cilindros en línea
	Potencia nominal (kW/kVA)	15
	Velocidad nominal (rpm)	1 500
	Cilindro No	4
	Método de enfriamiento	De enfriamiento de agua
	El consumo de petróleo (g/kWh)	2
	El consumo de Gas (m ³ /h)	3,3
	Eficiencia Térmica	45-50%
	Método de arranque	12 V DC
Alternador	Marca	FARRAND
	Modelo	FLD-10
	Potencia nominal (kW/kVA)	10/12,5
	La eficiencia	92.50%
	Clase de aislamiento	H
Sistema de Control	Marca	SMARTGEN
	Tensión de Trabajo	DC8.0V A DC35.0v, continuo
	Dimensiones totales (mm)	197*152*47
	De recorte de Panel (mm)	186*141
	Condiciones de trabajo	Temperatura: (-25 ~ 70) °C; humedad: (20 ~ 90) %
	Peso	0,56 kg

Fuente: (Alibaba, 2018)

IV. RESULTADOS

4.1. Estimación de la producción del estiércol de ganado vacuno.

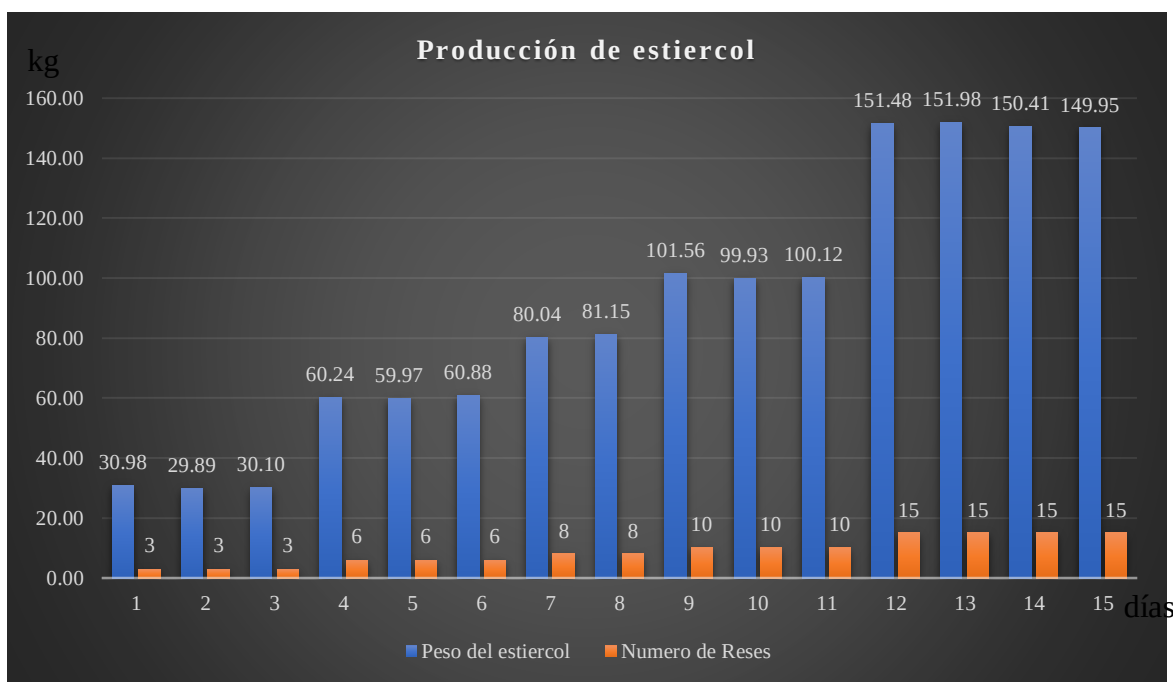


Figura 5. Producción del estiércol de reses.

Para la estimación de la producción de estiércol, se recolectaron muestras reales, realizadas por los propios tesistas, durante 15 días consecutivos. En la figura 5 se muestra que los días 1,2 y 3 se realizaron con 3 reses; los días 4,5 y 6 con 6 reses; los días 7 y 8 con 8 reses; los días 9,10 y 11 con 10 reses y finalmente los días 12,13,14 y 15 se realizaron con 15 reses. Obteniendo así un promedio final de estiércol por res al día de 10 kg.

4.2. Diseño del biodigestor.

Las dimensiones del biodigestor han sido seleccionadas de acuerdo a la potencia generada por el generador a biogás seleccionado, donde tenemos que el diámetro del biodigestor es 4,58 m y la longitud es de 27,93 m. Se realizó el diseño siguiendo la propuesta de (Martí, 2008). El diseño del biodigestor se presenta en la figura 6, y el diseño para la zanja del biodigestor se presenta en la figura 7.

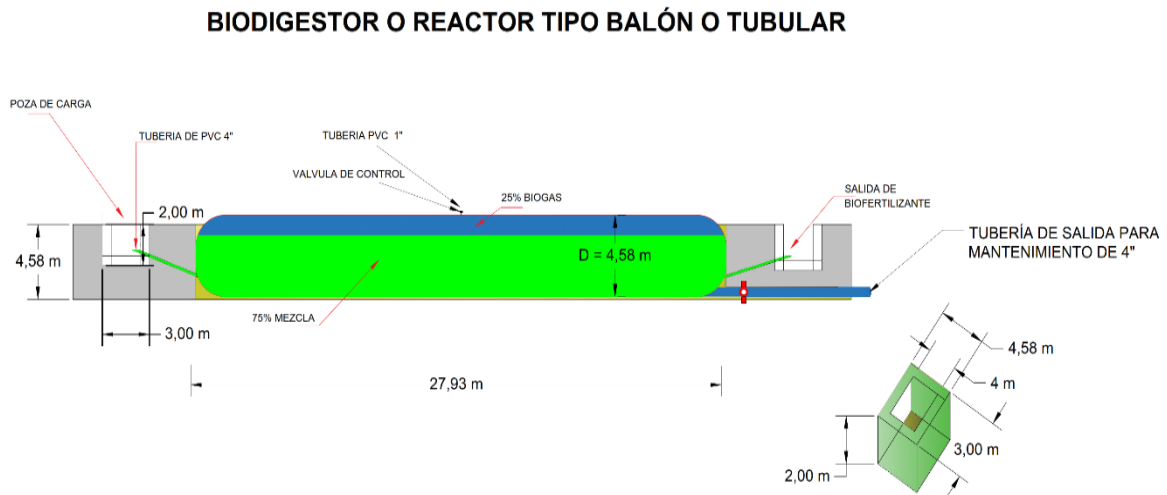


Figura 6. Biodigestor tubular

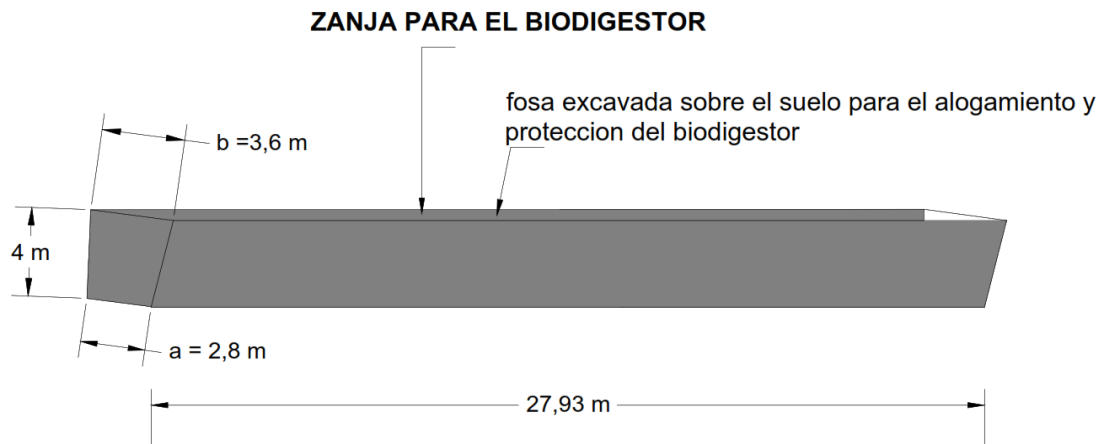


Figura 7. Zanja para el Biodigestor

Para dimensionar el biodigestor se tomó en consideración la tabla 11

Tabla 11
Resumen de las diferentes dimensiones del Biodigestor

Número de reses	Volumen total biodigestor (m^3)	Longitud del Biodigestor (m)	Diámetro (m)	Producción de biogás (m^3/h)	Producción de metano($CH_4/m^3/h$)	Potencia kW
200	369,22	57,47	2,86	3,81	2,48	7,34
220	406,08	43,69	3,44	3,44	2,73	8,08
250	256,27	39,89	4,01	2,85	1,85	8,94
270	460,18	27,93	4,58	5,15	3,35	9,91
300	553,82	26,48	5,16	5,72	3,72	11,01

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 resumimos las diferentes dimensiones que pueden aplicarse para el diseño correcto del biodigestor, en nuestra investigación hemos tomado 270 reses, obteniendo así un volumen total para el biodigestor de 460,18 m^3 ; longitud de 27,93 metros; diámetro 4,58; producción de biogás 5,15 m^3/h ; Producción de metano 3,35 $CH_4/m^3/h$ y una potencia de 9,91 kW.

4.3. Sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén.

El sistema de generación de energía consta de componentes detallados en la figura 8.

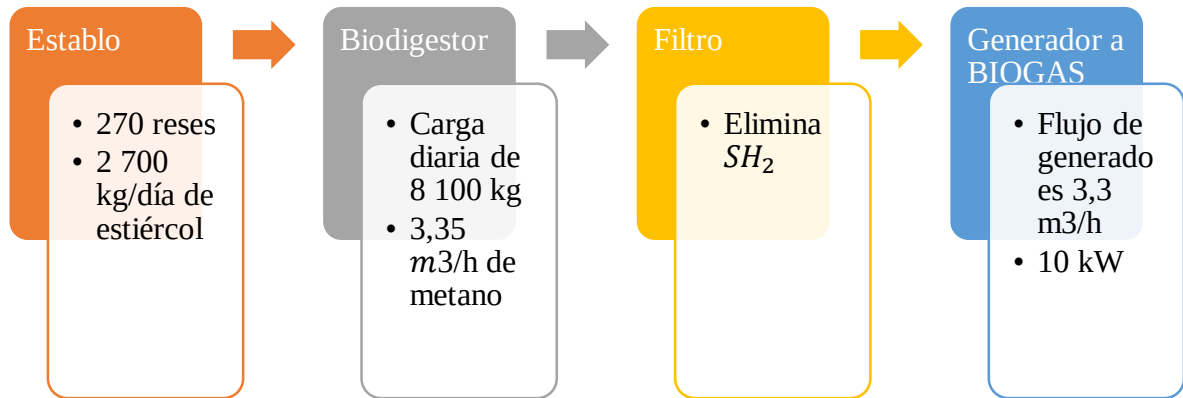


Figura 8. Gráfico del flujo de sistema de generación a biogás

Para nuestro estudio se tomó del establo 270 reses, lo cual producirán 2 700 kg/día de estiércol; en cuestión del biodigestor la carga diaria será de 8 100 kg, produciendo un total de 3,35 m^3/h de metano; para dicho proceso se eligió un filtro que eliminara el SH_2 ya que es un componente altamente corrosivo para los equipos. Finalmente se eligió el generador a biogás de acuerdo al flujo generado de 3,3 m^3/h por el biodigestor y además por la potencia eléctrica estimada.

En la figura 9, se representa la ubicación de componentes del sistema de generación del sistema de generación de energía eléctrica en la Hacienda el Potrero.

VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

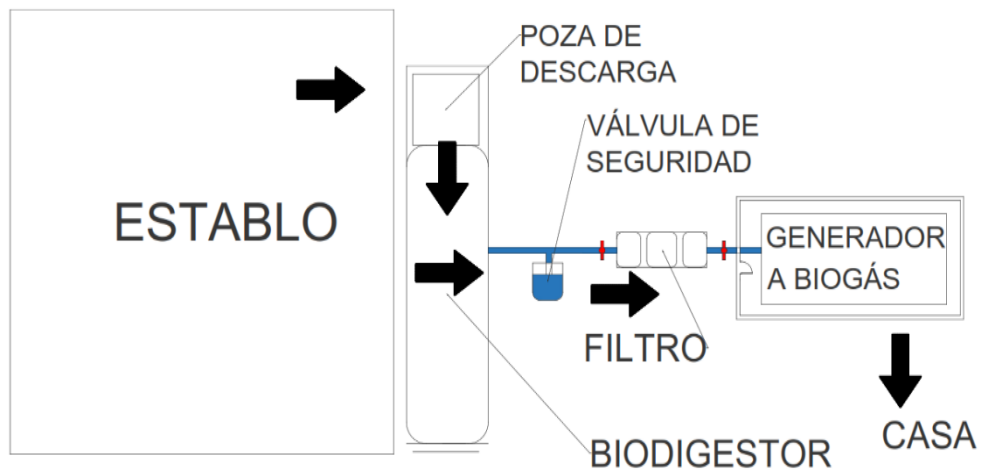


Figura 9. Ubicación de componentes del Sistema de generación de energía eléctrica

El sistema de generación de a biogás, está ubicado en la misma Hacienda, en la figura 9 se muestra la vista superior del sistema de generación, representado y detallado también en la figura 8.

4.4. Generación de Energía eléctrica del sistema.

Para estimar la potencia eléctrica generada por el metano, se calculó la potencia generada por el poder calorífico del metano; el rendimiento del motor y generador a biogás, obteniendo así una potencia eléctrica estimada de 9,91 kW. La estimación de energía eléctrica se representa en la figura 10.

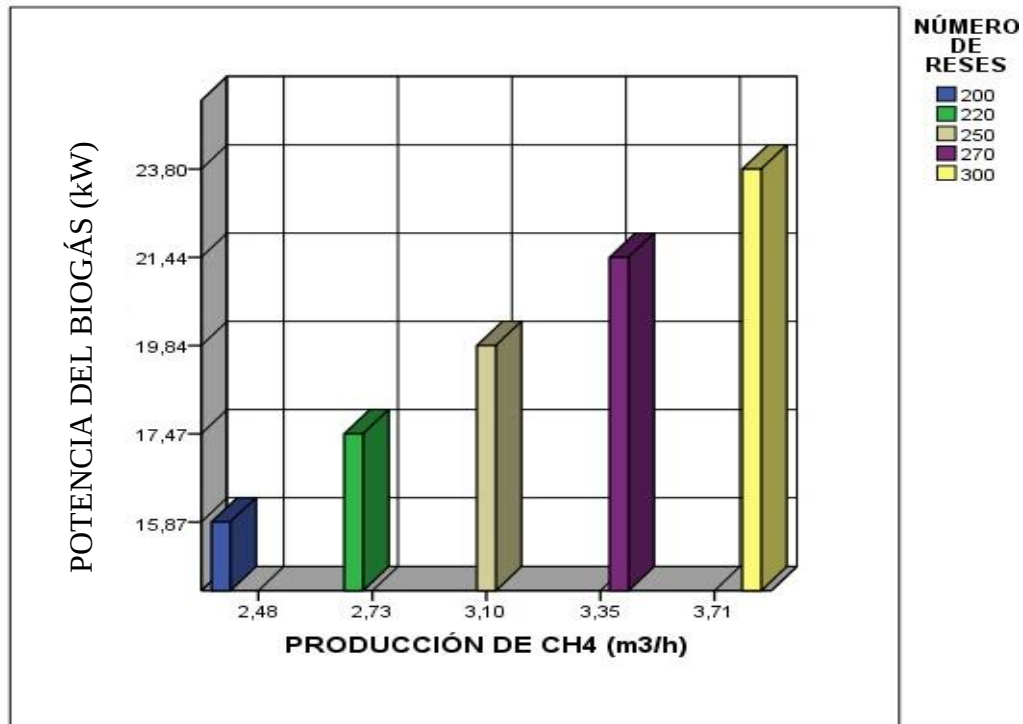


Figura 10. Estimación de Energía eléctrica a partir del sistema

Para la estimación de energía eléctrica, realizamos la siguiente figura que indica que con 200 reses producen $2,48 \text{ m}^3/\text{h}$ de metano lo cual genera 15,87 kW, lo mismo ocurre con 300 reses que producen $3,71 \text{ m}^3/\text{h}$ de metano lo cual genera 23,80 kW.

4.5. Valor de la inversión total del Sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén.

Tabla 12
Costo de biodigestor

Ítem	Materiales	Unidades	Metrado	Precio/unit	Precio/parcial
C1-1	Manga de polietileno transparente grueso de 2 metros de ancho	m	50,00	36,00	1 800,00
C1-2	Tubos De PVC de 4" para entrada y salida de biodigestor	Und	4,00	10,00	40,00
C1-3	Cámaras de llanta de camioneta para cortalas en fajas de 25 cm	Und	2,00	15,00	30,00
C1-4	Union de rosca de PVC de 1 "	Und	1,00	10,00	10,00
C1-5	Placas de PVC de 4"x4" con un agujero de 1" en el centro	Und	2,00	12,00	24,00
C1-6	Placas de cámara de llanta de 4"x 4" con un agujero de 2" en el centro	Und	2,00	10,00	20,00
C1-7	Tubo de PVC de 1 " para agua	Und	5,00	20,00	100,00
C1-8	Galón de pegamento para tubería de PVC	Galón	2,00	20,00	40,00
C1-9	Campana de reducción de embone de 4" a 2" de PVC para agua	Und	2,00	8,00	16,00
C1-10	Uniones universales de PVC de 4"	Und	2,00	15,00	30,00
C1-11	Codos DE PVC de 4" x 90°	Und	2,00	10,00	20,00
C1-12	Adaptadores de rosca y embone de PVC de 4"	Und	2,00	10,00	20,00
C1-13	Rollo de cinta teflón	Und	8,00	4,00	32,00
C1-14	Clavos de 2"	kg	5,00	12,00	60,00
C1-15	Llaves de paso de pvc de 4" una de embone la otra de rosca	Und	3,00	50,00	150,00
C1-16	Llave estilson	Und	1,00	30,00	30,00
C1-17	Destornillador plano	Und	1,00	12,80	12,80
C1-18	Palana recta	Und	1,00	30,00	30,00
C1-19	Llave check antirretorno	Und	2,00	40,00	80,00
C1-20	Bolsas de cemento para entrada y salida de biodigestor	Bolsa	12,00	23,00	276,00
C1-21	Hormigón	m3	3,00	43,40	130,20
	Costo Total(C1)				S/. 2 951,00

Fuente: Elaboración propia

El costo de la construcción del biodigestor será de aproximadamente de S/. 2 951 soles

Tabla 13
Costo del sistema

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
C2-1	Obras Jornales				1 980
C2-1.1	Limpieza Del Terreno Manual		150	2,00	300
C2-2	Excavación de la Zanja	m3	240	7,00	1 680
C2-3	Concreto				600
C2-3.1	Fosa De Alimentación	Und	1,00	300	300
C2-3.2	Fosa De Descarga	Und	1,00	300	300
C2-4	Casa Para El Filtro	Conjunto	1,00	150	150
C2-5	Filtro De Biogás	Und	1,00	8 000	8 000
C2-6	Generador A Biogás	Und	1,00	19 200	19 200
C2-7	Tablero Eléctrico	Und	1,00	100	100
	Costo Total (C2)				33 030

Fuente: Elaboración propia

El costo general del sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para para La Hacienda el Potrero Bellavista–Jaén, se estima un monto de S/. 33 030 soles.

El costo de operación y mantenimiento del sistema será aproximadamente de S/. 2 000 anuales y en nuestra investigación la Hacienda el Potrero paga por su consumo mensual de energía eléctrica es S/. 700 soles.

De los resultados obtenidos en la rentabilidad del proyecto, el flujo de caja calculado resulta un VAN de S/. S/4 344,23 y un TIR de 13 %, con un índice de recuperación de toda la inversión de 6 años. Que se presentan en la tabla 14.

Tabla 14
VAN y TIR del proyecto

Descripción		Año "0"	Año "2020"	Año 2021"	Año "2022"	Año "2023"	Año "2024"	Año "2025"	Año "2026"	Año "2027"	Año "2028"	Año "2029"
A. Caja Inicial		S/ -	-S/ 33 301	-S/25 221	-S/17 141	-S/ 9 061	-S/ 981	S/ 7 099	S/ 15 179	S/ 23 259	S/ 31 339	S/39 419
B. Total Ingresos												S/ -
Ingreso Ahorro Energía	Por De	S/ -	S/ 8 400	S/ 8 400	S/ 8 400	S/ 8 400	S/ 8 400	S/8 400	S/ 8 400	S/ 8 400	S/ 8 400	S/ 8 400
C. Egresos												
Costos Materiales	De	S/ 2 951	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Limpieza Terreno Manual	Del	S/ 300	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Zanja		S/ 1 680	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Fosa Alimentación	De	S/ 300	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Fosa Descarga	De	S/ 300	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Casa Para Filtro	El	S/ 150	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Filtro De Biogás		S/ 8 000	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Generador Biogás	A	S/ 19 200	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Tablero Eléctrico		S/ 100	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Operación Y Manteniendo		S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000
C. Total Egresos	De	S/ 34 981	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000	-S/ 2 000
D. Económico	Saldo	-S/ 34 981	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400	S/ 6 400
Saldo Acumulado		-S/ 34 981	-S/ 28 581	-S/ 22 181	-S/ 15 781	-S/ 9 381	-S/ 2 981	S/ 3 419	S/ 9 819	S/ 416 219	S/ 2 619	S/ 29 019
Tasa Descuento	De	10 %										
VAN		S/ 4 344,23										
TIR		13%										

Fuente elaboración propia

V. DISCUSIÓN

- Para poder evaluar la producción del estiércol existen múltiples métodos; en esta investigación elegimos la recolección durante un tiempo establecido y también se realizó los pesos correspondientes, procesos clave y fundamentales para dar inicio con la investigación con lo que se obtuvo la producción de estiércol promedio por res es de 10 kg, Jaramillo(2016) “determinó por observación directa que en la I.E San Pablo el ganado cumple con las estadísticas teniendo un promedio de 12,2 kg por res diario de excremento, por consiguiente decimos que nuestro método utilizado es más preciso”
- La potencia instalada en la Hacienda El Potrero es de 10,04 kW y la máxima demanda es de 8,966 kW, para poder determinar se realizó un inventario energético de equipos consumidores de energía, a comparación de la investigación de Chonlón (2016) la demanda de energía eléctrica se diagnosticó tomando con referencia al código nacional de electricidad 2006 y encuestas realizadas donde se determinó que el Caserío El Tambo que cuenta con 15 viviendas de 5 x 10 metros, ya que su consumo de energía total podría ser aproximadamente de 25 $kW-h$ lo cual resulta beneficioso ya que así podría solventar otras fuentes de energía.
- En nuestra investigación, el diseño y la producción de metano están interrelacionadas con la demanda de energía de la Hacienda El Potrero; sin embargo, es preciso señalar que la consistencia del uso de estiércol de reses, está en función a la crianza del ganado.
- El diseño del biodigestor seleccionado es el de forma tubular, porque este tipo es más económico y además eficiente comparado con la investigación de Arrieta (2016) concluye que, de los tipos de biodigestores domésticos evaluados, se concluye que el más adecuado, por ser el más económico y el que menos dificultades presenta, tanto para su instalación como para su operación, es el biodigestor tubular de plástico.

- Debido a la gran cantidad de ganado que posee la Hacienda El Potrero se puede redimensionar dicha investigación, por ello en el presente trabajo consideramos un total de 270 reses que producirá $3,35 \text{ m}^3/h$ de metano, Jaramillo(2016) en su investigación estima una producción de $1,3 \text{ m}^3/h$ de biogás con 64 reses, lo que es muy parecido a nuestra investigación y además utiliza biodigestor tipo tubular.
- El proceso de selección de equipos adecuado fue elegido a detalle y en comparación con nuestros cálculos obtenidos, cabe indicar que en el mercado encontraremos muchos equipos de producción de biogás adecuados para cada necesidad e incluso se pueden automatizar en estudios posteriores.
- La producción de metano que se obtuvo cubrió la demanda energética de la Hacienda El Potrero, en su pico más alto de consumo, para ello también se podrán tomar diferentes tipos de población para obtener mayores demandas.
- Los resultados que se presentaron en la generación de biogás, fueron los más idóneos, siendo esta relación de 1:2 lo que indica que por cada unidad de estiércol se tiene que agregar dos unidades de agua.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

Se puede concluir lo siguiente:

- La Hacienda el Potrero tiene una potencia instalada de 10,04 kW y la máxima demanda es de 8,966 kW.
- La producción de estiércol promedio ganado vacuno es de 10 kg al día; de acuerdo al promedio recaudado de estiércol al día; se opta por diseñar el biodigestor tubular; por ser fácil de instalación y de bajo costo, el biodigestor se diseñó de una capacidad que satisface la máxima demanda eléctrica y a partir de la disponibilidad de biomasa, producida por 270 reses. Sus dimensiones son: diámetro 4,58 m, longitud 27,93 m; volumen total del biodigestor es de $460,18 \text{ m}^3$ que producirá al día $123,52 \text{ m}^3/\text{día}$ de biogás o $3,35 \text{ m}^3/\text{hora}$ de metano.
- Para el equipamiento fundamental del sistema se eligió el filtro marca Diybiogas, modelo ES-50L de acero inoxidable, con forma de cilindro su utilización consta en la purificación de biogás, su principal elemento a eliminar es el ácido sulfhídrico (H_2S), se realizó la selección de un generador de gas de marca YDNPOWER, modelo YDNYD-10 de potencia de salida de 10 kW su flujo de trabajo es de $3,3 \text{ m}^3/\text{hora}$.
- El costo de inversión del proyecto es de S/. 33 301 soles. El análisis de los indicadores dinámicos de la inversión muestra un VAN de S/. 4 344,23 y un TIR de 13%, con un índice de recuperación de toda la inversión de seis años, lo cual se considera favorable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a estudiantes de pregrado, egresados y municipalidades este tipo de estudio por ser una muy buena alternativa para las zonas ganaderas del Perú ya que tiene grandes ventajas para el tratamiento de desechos orgánicos, además de disminuir la carga de contaminantes de los mismos; generación de biofertilizante y control de manera cuantiosa los malos olores.
- El sistema de generación a biogás (Biodigestor y Generador), está ubicado en la misma Hacienda ganadera, por lo que el costo económico mayor estaría relacionado con la inversión inicial y los gastos de transporte y recolección se verían reducidos. También sería indispensable un estudio de factibilidad para proyectos de este tipo, teniendo una finalidad de vender y construir un biodigestor para demandas industriales en la provincia de Jaén - Cajamarca.
- Se recomienda a futuros tesisistas automatizar el sistema para corregir posibles problemas en su funcionamiento.
- Para el personal encargado del sistema se recomienda por seguridad revisar los componentes antes de poner en marcha el biodigestor ya que se estará manipulando gas y este combustible es de alto poder calorífico y muy volátil.
- Los proyectistas y ejecutores del proyecto se les recomienda optar por invernaderos para evitar variaciones de temperatura, para un mejor funcionamiento del biodigestor.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acciona. (Noviembre de 2015). *Energías Renovables*. Obtenido de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?gclid=Cj0KCQiAuP7UBRDiARIsAFpxiRLB6Z_eu4BxqatcnIJQ9uCmdcp3V5zaIqVVJAUB66oh3TE23p1QgMkaAhJUEALw_wcB

ACHhe. (2013). *50001, Gestión de la energía e ISO*. Obtenido de http://www.duoc.cl/sustentable/pdf/ACHEE_MichelDeLaire.pdf

Alcázar, Q. A. (Noviembre de 2017). *Producción de biogás para el desarrollo sustentable: experiencias en municipios cubanos*. Obtenido de <http://www.congresouniversidad.cu/revista/index.php/rcu/article/download/982/907/>

Alibaba. (2018). Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/biogas-generator-10kw-cogeneration-60800010330.html>

Alibaba. (2019). *Alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/oem-odm-stainless-steel-industrial-biogas-desulfurizer-and-dehydrator-tower-filter-facility-to-remove-the-h2s-62226885876.html?spm=a2700.8699010.normalList.7.32ca26a9XB0DgHys=p>

Arrieta, P. W. (Junio de 2016). *Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado*. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2575/IME_200.pdf

Ayasta, C. R. (2016). *Diseño de un biodigestor con energía fotovoltaica para generar gas metano de uso doméstico, establo San Antonio - Monsefú 2016*. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/8700/ayasta_cr.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Baculima, P. M., y Rocando, T. G. (Enero de 2015). Estudio para la determinación de la producción de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del Biogás de una granja

porcina en la ciudad de Azogues. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7907/1/UPS-CT004750.pdf>

Blanco, G., Santalla, E., Córdoba, V., y Levy, A. (Mayo de 2017). *Generación de electricidad partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Generaci%C3%B3n-de-electricidad-a-partir-de-biog%C3%A1s-capturado-de-residuos-s%C3%B3lidos-urbanos-Un-an%C3%A1lisis-te%C3%B3rico-pr%C3%A1ctico.pdf>

Carmona, F. A., Orozco, J. E., Botero, B. R., y Hernández, C. (08 de Agosto de 2007). Utilización de biogás para motores gasolina y diesel. Obtenido de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/utilizacion-biogas-operar-motores-t26821.htm>

Cersso, M. H., y Ortiz, D. A. (2012). Estudio de pre-factibilidad para la recuperación y producción de energía en la región a través de un sistema de biogás. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/308986079/TESIS-BIODIGESTOR-1-pdf>

Chonlón, V. R. (2016). Estudio de factibilidad de producir de biogás con residuos orgánicos ganaderos para satisfacer la demanda energética, caserío el Tambo, Motupe 2016. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/8748/chonlon_vr.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Electricaplicada. (2018). Obtenido de *Electricaplicada*: <https://www.electricaplicada.com/diferencia-factor-diversidad-factor-demanda/amp/>

Elías, C. X. (2012). *Biomasa y Bioenergía*. Madrid: Días de Santos. Obtenido de <http://www.editdiazdesantos.com/libros/elias-castells-xavier-biomasa-y-bioenergia-energia-agua-medioambiente-territorialidad-y-sostenibilidad-C27001240106.html#contenido>

Epec. (2009). *Energía Renovable: La Biomasa*. Obtenido de <https://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/biomasa.pdf>

Feim. (2013). *Certificación en gestión energética*. Obtenido de http://www.feim.org/docs/sis_geseneg.pdf

Garay, G. O. (Mayo de 2011). *Análisis Técnico-Económico de una planta de generación eléctrica en base a biogás*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104119/cf-garayog.pdf?sequence=3>

Hidalgo, B. J., Maravilla, C. V., y Ramírez, C. W. (OCTUBRE de 2010). *Aprovechamiento energético del biogás en el salvador*. Obtenido de http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/aprovechamiento_energetico_del_biogas_en_El_Salvador.pdf

Jaramillo, H. J. (2016). *Generado por estiércol de ganado vacuno para cocinas de la I E San Pablo*. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/8910>

MARM, M. d. (Septiembre de 2010). *El sector del Biogás agroindustrial en España*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-la-produccion-ganadera/DOCBIOGASVersion21-09-2010_tcm30-110139.pdf

Martí, H. J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/282156621_Biodigestores_familiares_Guia_de_diseño_y_manual_de_instalación

Martinez, S. N. (Enero de 2012). Desarrollo de proceso eficiente en la generación de electricidad mediante el uso de biogás en proyectos del sector agropecuario. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/11361/1/8.pdf>

Motta, Y. (2 de Noviembre de 2013). *Ácidos grasos volátiles*. Obtenido de https://es.slideshare.net/yormanmotta/cidos-grasos-voliles?from_action=save

Nagamani, B., y Keshav, C. D. (2012). *Avances Tecnológicos en la Producción de Biogas*. Sevilla: <https://www.eae-publishing.com/>.

Narvaez, G. Y., y Saltos, P. A. (2007). Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor tipo piloto para la obtención de biogás y bioabono a partir de la mezcla de

estiércol vacuno y suero de queso. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1611/1/997.pdf>

Navarro, S. R. (Julio de 2016). *Obtención de biogás a partir de residuos agrícolas y de producción de biodiesel*. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/2927/OBTENCION%20DE%20BIOGAS%20A%20PARTIR%20DE%20RESIDUOS%20AGRICOLAS%20Y%20DE%20PRODUCCION%20DE%20BIODIESEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Núñez, P. L. (Marzo de 2017). *Repositorio Institucional PIRHUA*. Obtenido de Repositorio Institucional PIRHUA: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2922>

Olaya, A. Y., y Gonzáles, S. L. (Julio de 2009). *Fundamentos para el diseño de biodigestores*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7967/4/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf>

Pautrat, G. J. (2010). *Diseño de biodigestor y producción de biogás con excremento en la granja agropecuaria de Yauris*. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2939/Pautrat%20Guerra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, M. J. (Marzo de 2010). *Estudio y diseño de un biodigestor para la aplicación en pequeños ganaderos y lecheros*. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103926/cf-perez_jm.pdf?sequence=3

Pérez, R. M. (Febrero de 2006). *Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos*.

Quintela. (Agosto de 2019). *Universidad de Salamanca*. Obtenido de Universidad de Salamanca : <http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Diccionario/Diccionario.php?b=id:405>

Redondo, Q. F., Redondo, M. R., Redondo, M. M., y Redondo, M. N. (Abril de 2013). *Grupos de generación de energía eléctrica, grupos electrógenos*. Obtenido de <http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Comentarios/Temas/GruposGeneracion.pdf>

Serrato, M. C., y Lesmes, C. V. (2016). *Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3687/1/Documento%20final%20Metodolog%C3%ADa%20Potencial%20Energ%C3%A9tica%20Biomasa.pdf>

Tedejo, S. E., y Yopán, C. E. (2014). *Rendimiento de biogás como combustible en un grupo electrógeno de un 1 KW. fundo San Isidro, Colcamar*. Obtenido de http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/647/FIA_164.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toala, M. E. (2013). *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol ganado en el rancho Verónica*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/236T0100.pdf>

Varnero, M. M. (2011). *Manual de biogás*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Vásquez, G. N., y Riveros, J. D. (2013). *Diseño y construcción de un prototipo biodigestor tipo mixto para la producción y almacenamiento de gas metano*. Obtenido de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/72493.pdf>

Vega, A. J. (2015). *Diseño, construcción y evaluación de un biodigestor semicontinuo para la generación de biogás con la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo para la institución educativa privada cristiana bereshi*. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2000/30744.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yauyo, R. L. (2016). *Elaboración de un biodigestor piloto tubular para el manejo de estiércol porcino, en una de las viviendas de la asociación de agropecuaria los Lúcumos de Pachacamac*. Obtenido de http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/163/1/Yauyo_Luz_Trabajo_Profesional_2016.pdf

Zúñiga, P. Á. (Septiembre de 2010). *Evaluación Técnico Económica y Diseño de una Planta Generadora de Electricidad a partir del Biogás*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/248257090/Produccion-de-biogas>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Caracterización del estiércol



Recolección de Estiércol establo



Llenado de estiércol



Recolección de Estiércol establo



Llenado de estiércol

Figura 11. Producción del estiércol

Anexo 2. Hacienda el Potrero



Figura 12. Hacienda el Potrero

Anexo 3. El generador a biogás es el siguiente:



Figura 13. Generador a biogás

Anexo 4. El desulfurador de biogás



Figura 14. Filtro a biogás

Anexo 5. Sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén.

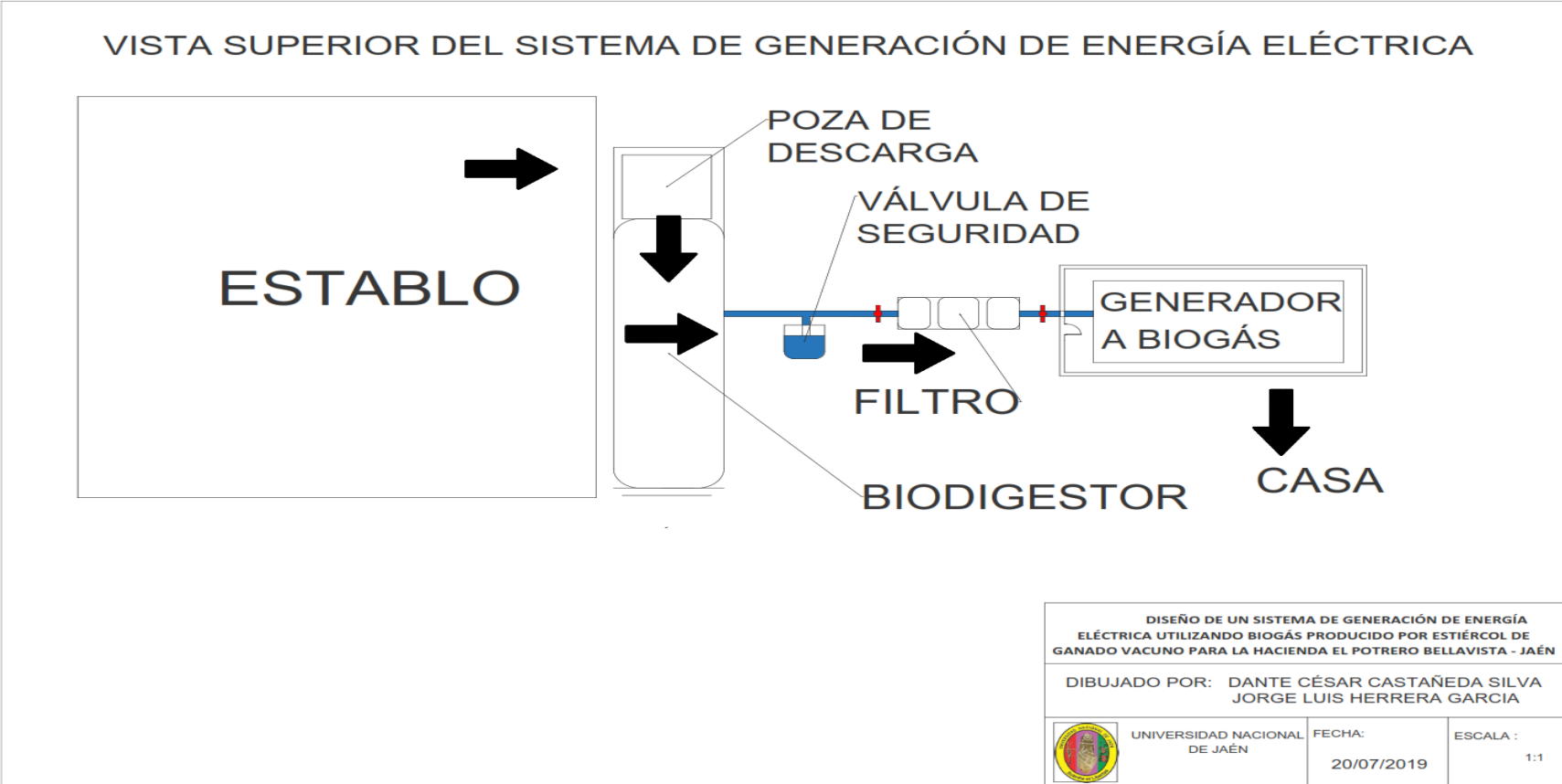


Figura 15. Ubicación del sistema de generación

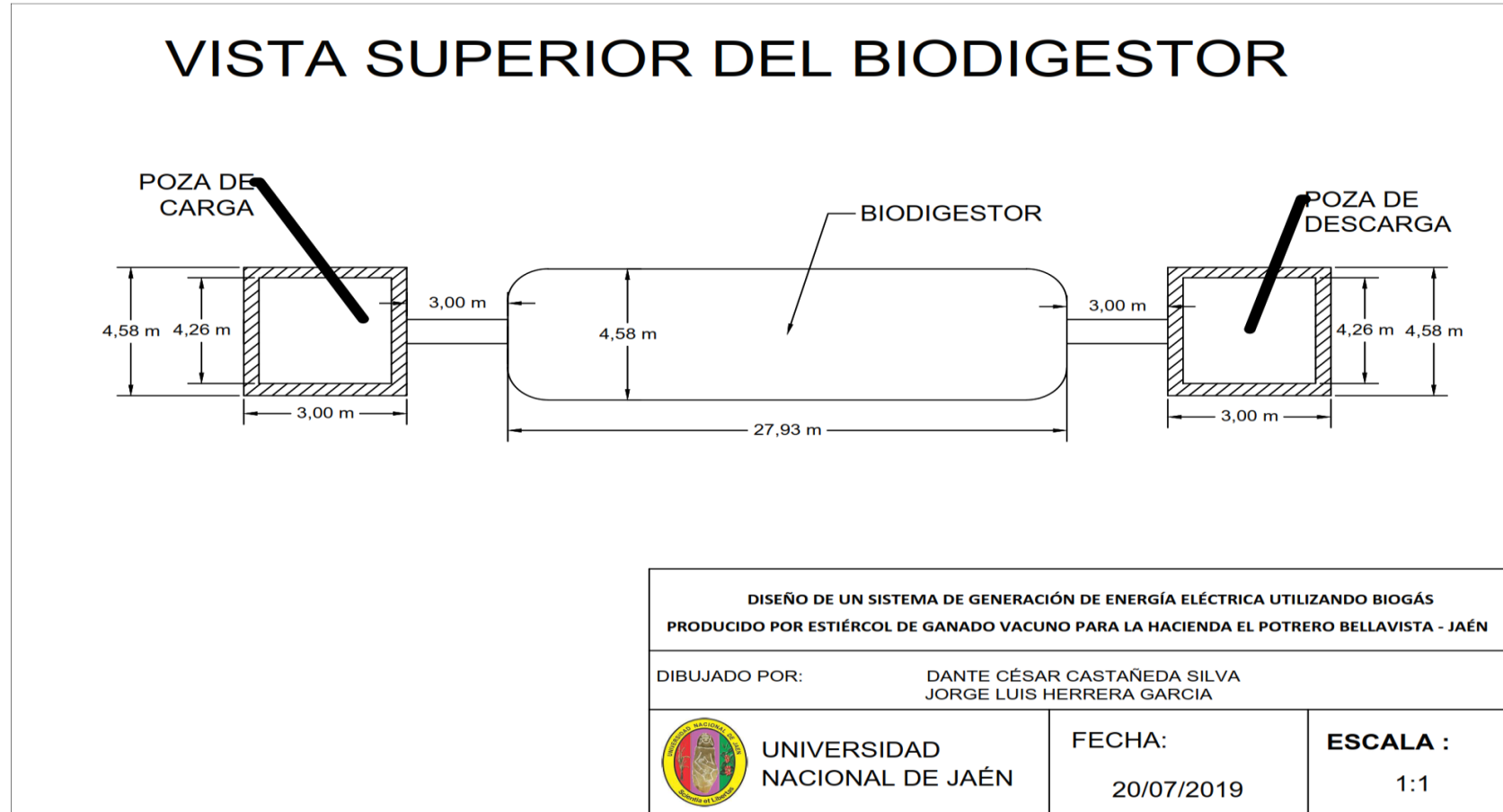
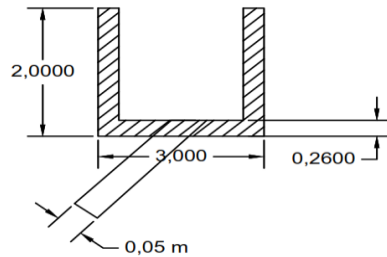


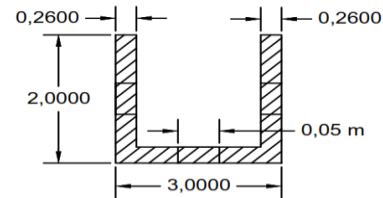
Figura 16. Vista superior del biodigestor

CAJA DE SALIDA DEL BIODIGESTOR

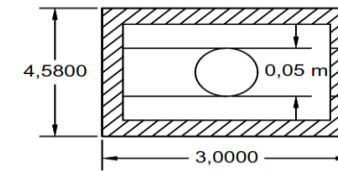
VISTA FRONTAL O TRANSVERSAL



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO BIOGÁS
PRODUCIDO POR ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PARA LA HACIENDA EL POTRERO BELLAVISTA - JAÉN

DIBUJADO POR: DANTE CÉSAR CASTAÑEDA SILVA
JORGE LUIS HERRERA GARCIA



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
JAÉN

FECHA :
20/07/2019

ESCALA :
1:1

Figura 17. Caja de salida del biodigestor

Anexo 8. Caja de entrada del biodigestor

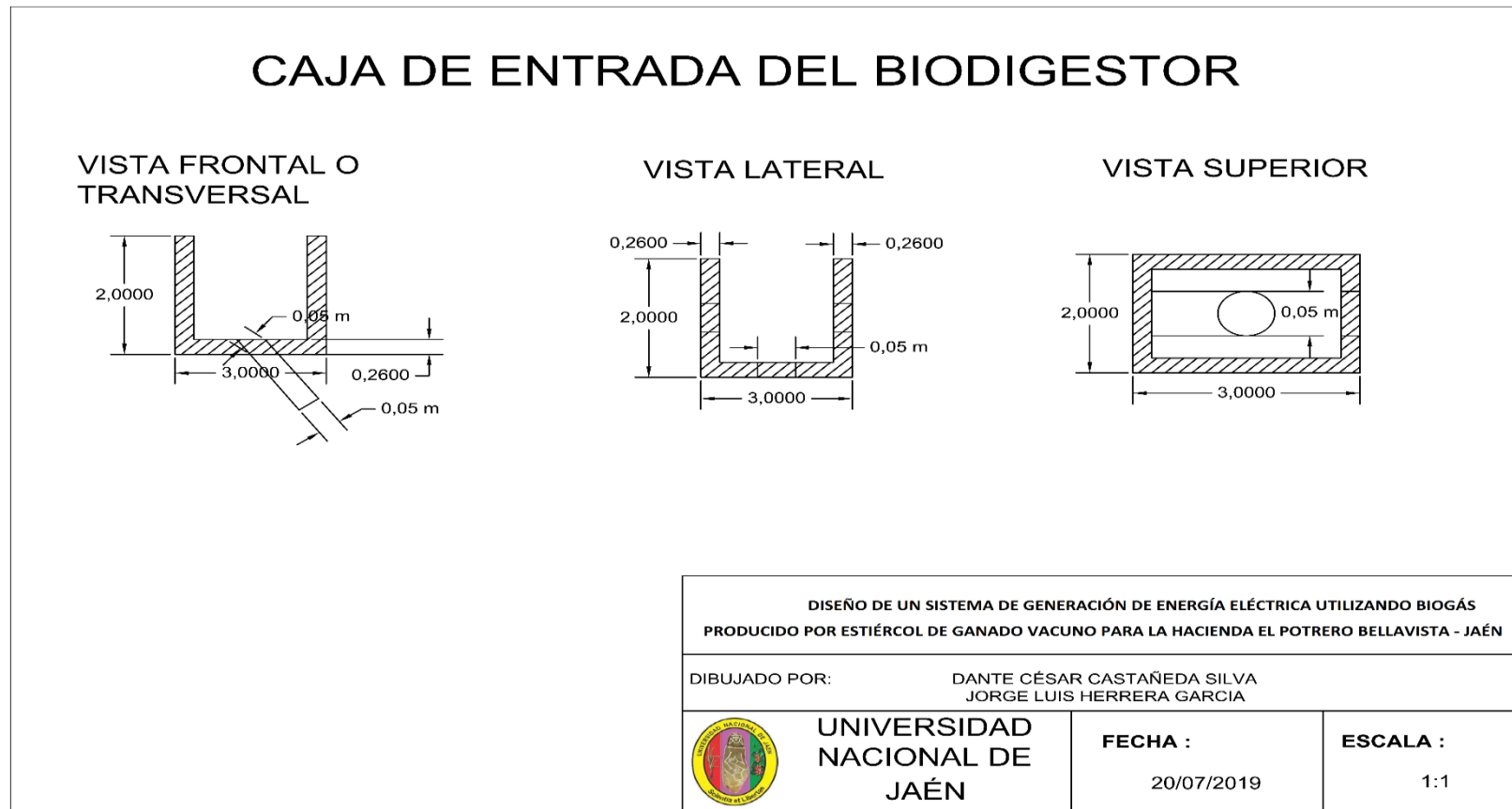


Figura 18. Caja de entrada del biodigestor

Anexo 9. Vista superior del sistema de generación de energía eléctrica.

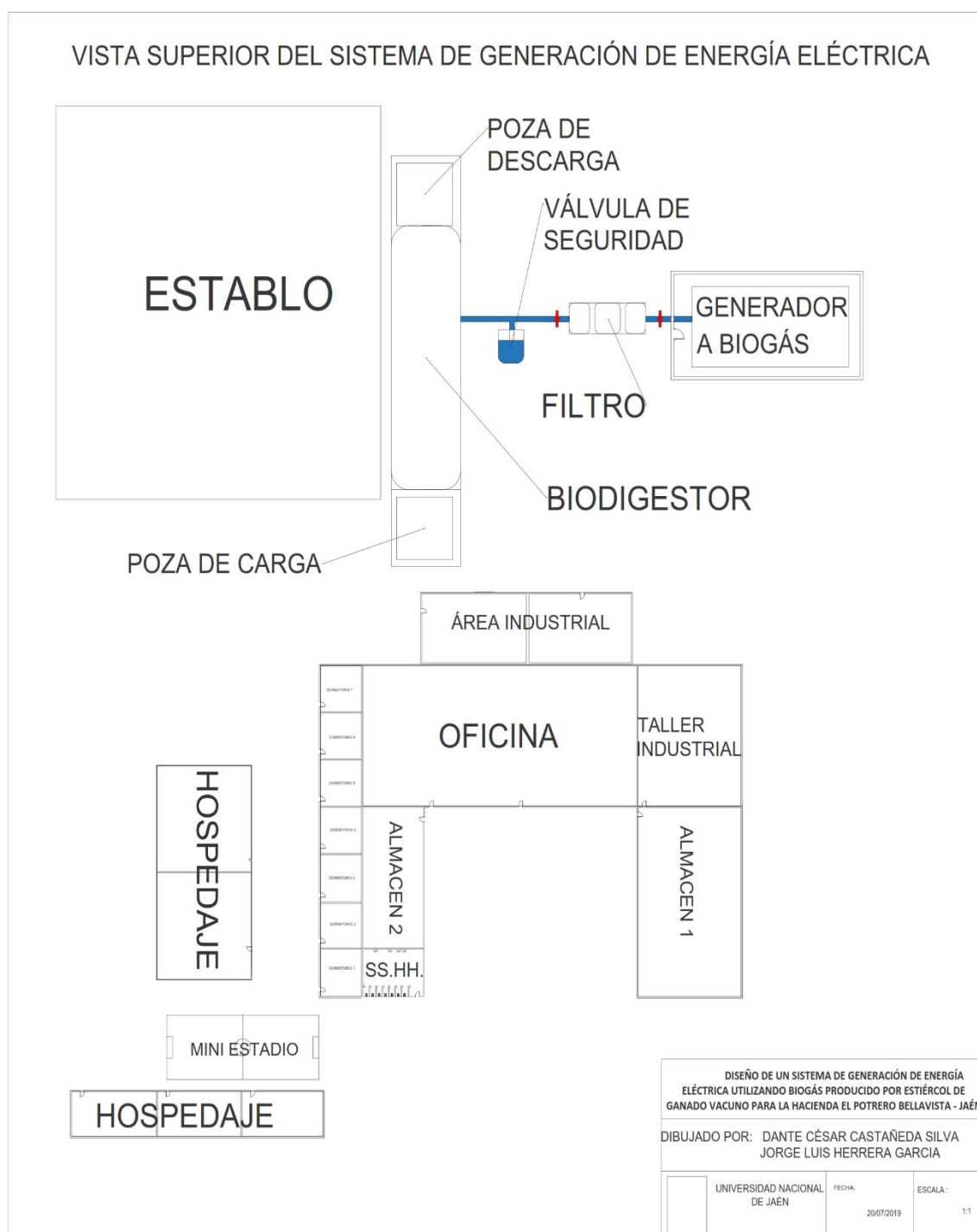


Figura 19. Vista superior del sistema de generación de energía eléctrica