



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**

Bases teóricas del sistema de biogás de Yanacancha Baja para  
aumento de la capacidad y estabilidad del sistema eléctrico  
nacional

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Infante Victorio, Josue Araon ([orcid.org/0000-0003-0605-0482](https://orcid.org/0000-0003-0605-0482))

Rondoy Sullon, Jean Oswaldo ([orcid.org/0000-0002-4063-7191](https://orcid.org/0000-0002-4063-7191))

**ASESOR:**

Dr. Salazar Mendoza, Anibal Jesus ([orcid.org/0000-0003-4412-8789](https://orcid.org/0000-0003-4412-8789))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres por ser mis principales motivadores y fortaleza, que me impulsan a ser mejor ejemplo para mi familia, a mis hermanos por sus buenos consejos que me han brindado, a mi esposa que es parte fundamental en mi vida y mi tesoro que es mi hijita, que son mi motivo de superación, por ellos es que me esfuerzo dando lo mejor de mí en lo que me he propuesto, con la finalidad de concretar mis objetivos trazados, y llegar a ser un buen profesional.

**Infante Victorio, Josué  
Araón**

Este proyecto de investigación está dedicado a mi madre, que me impulsa a nunca rendirme, que siempre hay una luz al final del túnel, con sus buenos consejos, y valores inculcados ha hecho en mí un hombre de bien y responsable; a mi padre, que, con su ejemplo, me ha enseñado que en esta vida haciendo un trabajo honrado se llega muy lejos, hombre de familia que está en las buenas y en las malas en unión, apoyándome de manera incondicional en todos los aspectos de mi vida, a ser perseverante y a nunca rendirme así nomás; a mis hermanas, que como hermano mayor quiero lo mejor para ellas, a mis amistades, que me han compartido conocimientos en el transcurso de mi vida laboral, brindándome también buenos consejos.

**Rondoy Sullón, Jean  
Oswaldo**

## **AGRADECIMIENTO**

Nosotros como autores de esta tesis de investigación, queremos agradecer primeramente a Dios por brindarnos salud y sabiduría, ser nuestro guía y fortaleza en nuestros caminos del bien. De la misma manera, agradecemos el apoyo constante de nuestros familiares. Agradecer a la plana docente de la Universidad Cesar Vallejo, de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica por su formación en esta grandiosa carrera profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II.MARCO TEÓRICO .....	5
III.METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2. Variables y operacionalización .....	18
3.3. Población, muestra, muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos .....	20
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES .....	54
VII.RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla que resume los límites de emisión para varias sustancias en varias regiones, que se aplican a motores de combustión de biogás .....	8
Tabla 2. Proyección de la Demanda .....	16
Tabla 3. Tipologías del metano .....	21
Tabla 4. Productos de K y Lo por región.....	22
Tabla 5. Factor de corrección del metano (MCF) .....	23
Tabla 6. Potencial energético del biogás por tonelada dispuesta .....	24
Tabla 7. Demanda estimada por vivienda.....	27
Tabla 8. Características del filtro de gas .....	30
Tabla 9. Características del compresor .....	31
Tabla 10. Particularidades de la zona en estudio.....	40
Tabla 11. Precio general del proyecto .....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pozos de recolección de gas producido en vertederos, presentados tanto en formato vertical (izquierda) como horizontal (derecha). ....	6
Figura 2. Elementos primordiales que conforman una instalación destinada a la obtención de biogás. (N., 2013). ....	7
Figura 3. Elementos de la Red de Distribución .....	10
Figura 4. Sistema Eléctrico Nacional de Perú.....	11
Figura 5. Producción de Energía Eléctrica del SEIN.....	12
Figura 6. Intercambios Internacionales de Energía.....	12
Figura 7. Modelo del Mercado Peruano.....	13
Figura 8. Diagrama Unifilar de la Central Cajamarca .....	15
Figura 9. Esbozos de un motor de ignición interna alternativo .....	17
Figura 10. Diagrama Unifilar .....	25
Figura 11. Superficies del Biodigestor.....	28

## RESUMEN

El objetivo del proyecto es proponer las bases teóricas para un método de interconexión de la elaboración de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca. Esto permitiría aumentar la capacidad y estabilidad del sistema eléctrico y contribuiría al desarrollo sostenible de la región. La actual investigación fue de tipo descriptivo documental, que, a través de una lectura general de textos pertinentes a la temática y otros aspectos técnicos fundamentales, de diseño no experimental y de muestra no probabilística. Para ello, se realizó una investigación exhaustiva detallado de la obtención de biogás en Yanacancha Baja, mediante simulación y modelado matemático; se identificaron los requerimientos técnicos y legales para la conexión al sistema eléctrico, se evaluaron los costos asociados al proyecto y se consideraron los aspectos ambientales y sociales relevantes. Además, se buscarán posibles fuentes de financiamiento y se diseñó un plan de acción para la implementación del proyecto, incluyendo un monitoreo y valoración constante del mismo. En resumen, el proyecto busca garantizar la sostenibilidad económica, técnica y ambiental de la conexión de la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de Cajamarca.

**Palabras Clave:** Biogás, Biodigestor, Energía eléctrica, interconexión, calidad de servicio.

## **ABSTRACT**

The objective of the project is to propose the theoretical bases for a method of interconnection of the production of biogas from Yanacancha Baja to the electrical system of the city of Cajamarca. This would make it possible to increase the capacity and stability of the electrical system and would contribute to the sustainable development of the region. The current investigation was of a descriptive documentary type, which, through a general reading of texts relevant to the subject and other fundamental technical aspects, of a non- experimental design and a non-probabilistic sample. For this, an exhaustive detailed investigation of biogas production in Yanacancha Baja was carried out, through simulation and mathematical modeling; The technical and legal requirements for the connection to the electrical system were identified, the costs associated with the project were evaluated, and the relevant environmental and social aspects were considered. In addition, possible sources of financing will be sought and an action plan for the implementation of the project will be designed, including constant monitoring and evaluation of the same. In summary, the project seeks to guarantee the economic, technical and environmental sustainability of the connection of biogas production from Yanacancha Baja to the Cajamarca electrical system.

**Keywords:** Biogas, Biodigester, Electric power, interconnection, quality of service.



## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, debido al incremento de la población, esto conlleva un aumento en la cantidad de energía eléctrica suministrada por los franquiciados. Ante esta situación, han decidido emplear métodos alternativos para generar energía, específicamente mediante la utilización de biogás proveniente de la desintegración anaeróbica de restos en vertederos. El aprovechamiento de este biogás depende en gran medida del momento en que se depositen los desechos, así como de la composición, temperatura y humedad del entorno circundante. Dado su contenido de metano y el flujo recibido, el potencial de este biogás es altamente beneficioso y útil (Blanco, Santalla, Córdova, & Levy, 2017). En un estudio realizado en México, se planteó la sugerencia de que, para disminuir el potencial de emisiones de metano, era necesario realizar una evaluación inicial de las emisiones de referencia, las cuales se comparan con la compensación de energía. Gracias a la implementación de la innovación propuesta para la compensación del metano, se estima que se obtendrían alrededor de 1132248 Kwh/año de energía eléctrica, lo que conllevaría una disminución de 865Tn de CO<sub>2</sub>, similar a una disminución del 21% en los niveles de emisión. (Aguilar Benítez & Blanco, 2018).

El uso de bosta de marrano para forjar energía reversible y solucionar dificultades de profanación ambiental es una opción factible para mejorar la competitividad de las granjas porcinas en Chiapas, ya que se evaluaron posibles soluciones a las reducciones de biogás, electricidad y CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq). (Venegas Venegas, Raj Aryal, & Pinto Ruíz, 2019).

Inicialmente, los primordiales gases que provocan efecto invernadero eran CO<sub>2</sub> y metano, tienen su origen en la fermentación natural u orgánica acelerada de diferentes productos o residuos. La combinación de estos dos gases se conoce como biogás, que tiene un impacto negativo en el clima, pero también posee propiedades energéticas favorables gracias al CH<sub>4</sub>. Para lograr este objetivo, se busca diseñar e implementar una instalación experimental para la generación de biogás, proponer un proceso sencillo y fiable basado en el

balance energético para establecer la viabilidad técnica del uso de biogás y la autonomía energética de los reactores. (Rodrigues Mesquita, Sousa, Antúnez Collares, & Pereira Rosa, 2021).

Para generar electricidad a partir del biogás, se requiere procesar residuos orgánicos mediante la descomposición anaeróbica, que produce gases útiles que permite la producción de electricidad.

En Yanacancha Baja, en Cajamarca, existe una cantidad significativa generado de biogás a raíz de restos orgánicos y agroindustriales que no está siendo aprovechada, lo cual resulta en una falta de aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles. La situación se agrava por deficiencias en el suministro eléctrico de la ciudad, que esto afectó negativamente a los residentes en su calidad de vida, debido a los cortes de energía.

Inicialmente, es necesario examinar la cantidad de biogás disponible en la región de Yanacancha Baja y es necesario determinar el importe de electricidad que puede ser generado a partir esta fuente, además de evaluar la factibilidad económica y técnica de la edificación de una central de obtención de biogás en la zona.

Una vez que se han evaluado la disponibilidad y viabilidad del biogás, es necesario examinar la infraestructura eléctrica actual en la zona y determinar los requisitos de capacidad y tipo de conexión necesarios para la interconexión con el sistema eléctrico de Perú. Además, se deben tener en cuenta las regulaciones y normativas vigentes en cuanto a la interconexión de diferentes redes eléctricas.

En resumen, la integración de sistemas eléctricos de Perú con un sistema alternativo alimentado por biogás en Yanacancha Baja, Cajamarca, es factible. Sin embargo, es obligatorio realizar un análisis técnico y de factibilidad a fin de evaluarla factibilidad del proyecto y los requerimientos obligatorios para su ejecución.

La pregunta de investigación propuesta busca plantear el problema de manera adecuada y precisa de la siguiente manera: ¿Cuál es el estado actual del sistema eléctrico en la ciudad y cuáles son las principales causas de su baja capacidad? Además, ¿cuánto biogás se produce en Yanacancha Baja y cuál es su potencial para contribuir al sistema eléctrico de la ciudad? Igualmente, ¿cuáles son los principales desafíos técnicos y económicos para conectar la producción de biogás al sistema eléctrico de la ciudad, y cómo podrían superarse estos obstáculos? Finalmente, ¿cuáles son los beneficios ambientales y socioeconómicos de conectar la producción de biogás al sistema eléctrico de la ciudad, y cómo se podrían maximizar estos beneficios?

El presente trabajo de investigación se justificó según el criterio de (Arias C., 2017). Dentro del marco actual de la situación energética, las energías renovables se presentan como una atractiva opción para reducir las emisiones contaminantes. Gracias a los avances tecnológicos, las personas pueden aprovechar el potencial de la diversificación energética se logra gracias al uso de fuentes de energía reversible: eólica, biomasa y solar. Estas fuentes energéticas en la calidad de vida y los valores sociales de las personas en el área de estudio tienen un significativo impacto. Además, debido a su relevancia práctica y su potencial de desarrollo, este estudio busca avanzar en el conocimiento sobre las relaciones causales entre variables y guiar a otros investigadores hacia la búsqueda de soluciones alternativas. También se destaca la importancia ambiental de las nuevas formas de energía. Por último, se pone a prueba la utilidad metodológica al emplear técnicas bibliográficas para acceder a nuevos conocimientos en el campo del biogás y definir su gestión.

El objetivo general de esta propuesta es establecer los fundamentos teóricos para conectar la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca.

Los objetivos específicos fueron: Identificar la capacidad de producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca y evaluar su viabilidad técnica y económica para conectarla al sistema eléctrico de la ciudad, diseñar un sistema

de conexión seguro y eficiente entre la producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca y el sistema eléctrico de la ciudad considerando las regulaciones y normativas del sector eléctrico, crear un plan integral para la gestión y operación de la producción de biogás abarcando aspectos como su almacenamiento, transporte y suministro al sistema eléctrico de la ciudad, establecer un modelo de negocio rentable para los productores de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca, que permita recuperar los costos de producción generar ingresos a largo plazo.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel mundial, los usos del biogás van desde el uso como combustible para cocinar, calefacción, electricidad y vehículos, hasta el uso como «gas principal», gas natural que se procesa e inyecta en las tuberías. También, se relacionan con su uso para producir metanol, que ayuda a extender la vida útil de frutas y granos al inhibir la desintegración de ciertos hongos, bacterias e insectos (Mae-Wan, 2008).

El biogás, mayormente se empleó en India, Europa y China. Siendo el último, uno de los países asiáticos adelantados en el uso del biogás, se desarrolló un programa iniciado en la década de 1970 para desarrollar más de 7 millones de fermentadores, pero sufrió algunos contratiempos. (Boyle., 2004). Se origina el biogás haciendo uso de un proceso de fermentado llamado anaeróbica de cuerpo orgánico como residuos de cultivo, estiércol y desechos sólidos, entre otros, siendo éste un principio de energía reversible con alto potencial en áreas rurales y periurbanas, donde se puede aprovechar cantidades significativas de desechos orgánicos.

Cuando se planifica la integración del biogás al sistema eléctrico local, es esencial considerar tanto la cantidad de la energía producida como la calidad. Para asegurar que el biogás cumpla con los estándares técnicos y de calidad requeridos por el sector eléctrico, es necesario realizar un tratamiento previo que elimine cualquier componente no deseado, como el vapor de agua y el sulfuro de hidrógeno (Rodríguez, 2013). Dicho proceso es fundamental para garantizar que el biogás sea apto y compatible con los requisitos de la generación eléctrica.

Al diseñar el sistema de conexión del biogás, es importante enfocarse en la seguridad y la eficiencia para avalar la continuación y la calidad del abastecimiento de electricidad en el sector. Es esencial que se consideren las normativas y regulaciones específicas del sector eléctrico para asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema, así como su capacidad para interactuar con otros sistemas eléctricos.

Se ha visualizado una extensión progresiva en los últimos años en muchas naciones hacia el progreso de sistemas que conectan la producción de biogás con el sistema eléctrico nacional. Esto se debe a los beneficios económicos y ambientales que pueden generar. En este contexto, se han registrado diversos casos de interconexión de sistemas de biogás con el régimen eléctrico nacional en diferentes países:

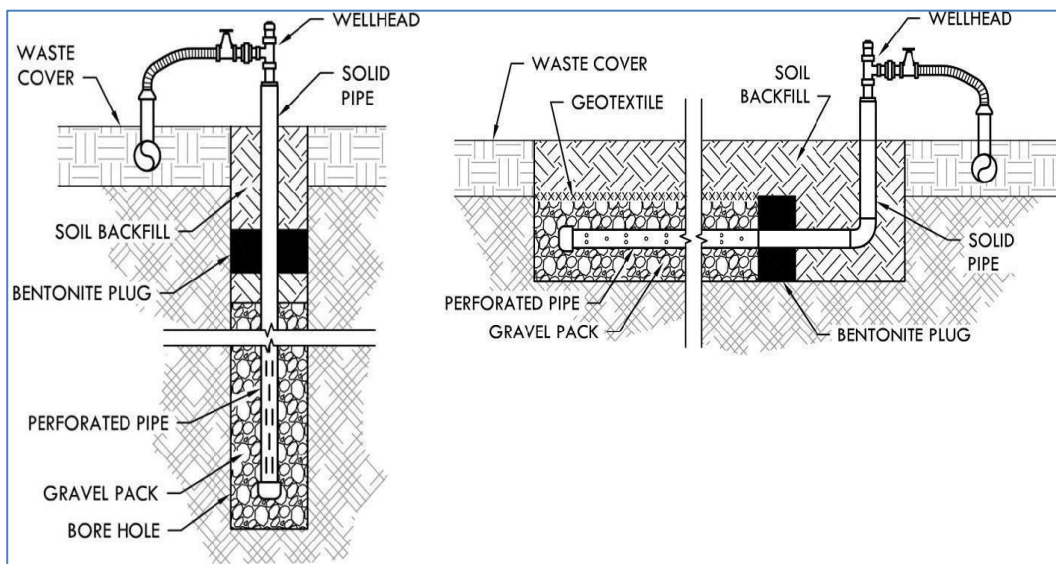


Figura 1. Pozos de recolección de gas producido en vertederos, presentados tanto en formato vertical (izquierda) como horizontal (derecha).

Fuente: (Agency E. P., 2020).

Gracias al empleo de estos sistemas de recolección, se estima que se recupera aproximadamente entre 50 y 60  $\mu$ l de gas, aunque alrededor del 30% se pierde a través de la superficie del vertedero.

Existe una alternativa adicional para generar biogás que consiste en utilizar reactores fabricados específicamente para la digestión anaeróbica de los residuos. Este proceso se realiza en las conocidas «plantas de biogás», donde se logra un mayor control de la operación, iniciando con la elección oportuna de cuyas materias primas y la monitorización de las variables relevantes. El uso cada vez más extendido del cobio degradación de desechos orgánicos se debe a la particularidad de cada tipo de materia prima para producir biogás o metano, así como a las dificultades propias y las

limitaciones operativas asociados a cada una.(Agency E. P., 2020).

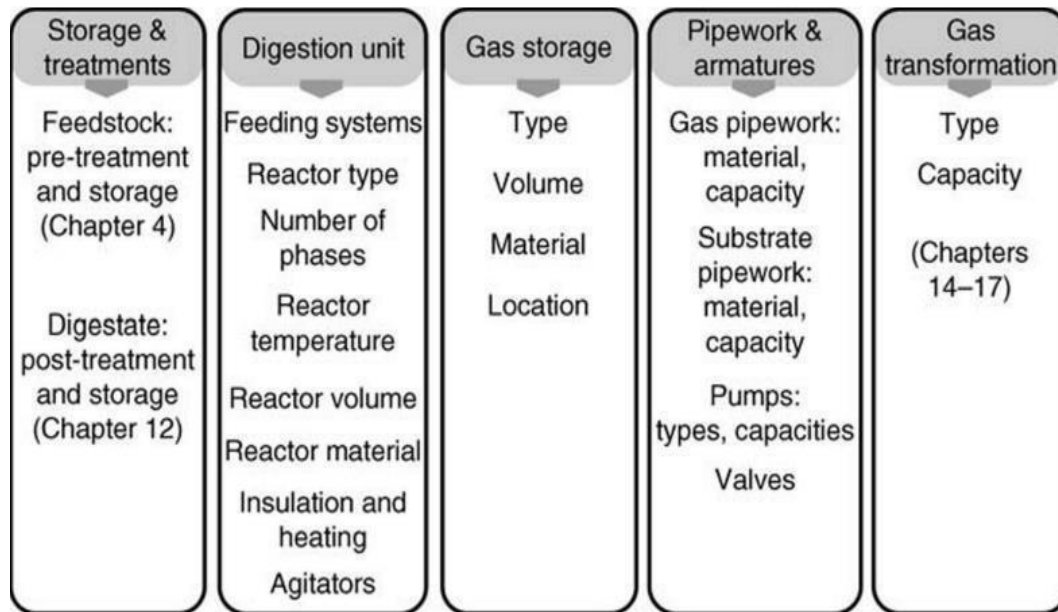


Figura 2. Elementos primordiales que conforman una instalación destinada a la obtención de biogás. (N., 2013).

Fuente: (Agency E. P., 2020).

En la Figura 2 se representan varios elementos de suma importancia en las plantas de biogás, siendo la bodega uno de ellos. Su funcionamiento puede ser intermitente o continuo, dependiendo del tipo de material que se procese. Los reactores continuos más comunes son el agitador y el recipiente de flujo pistón. La descomposición del material puede llevarse a cabo a diferentes temperaturas, y esto determina las bacterias responsables del proceso: bacterias psicrófilas, bacterias mesófilas y bacterias termófilas. (Agency E. P., 2020).

El motivo principal de esto se debe al hecho de que los MCI que utilizan gas pueden fabricarse para producir energía en un amplio rango de potencia, que va desde algunos kilovatios hasta varios megavatios, lo que coincide con la cantidad de gas producido en vertederos y plantas de biogás. Un motor de biogás en su construcción de 2 MW puede ser justificada debido a que se encuentra dentro del rango de potencia adecuado para aplicaciones a gran escala a corto y mediano plazo. Es posible además instalar múltiples motores de 2 MW en plantas de gran escala para satisfacer la capacidad total.

Esto ofrece una ventaja en términos de flexibilidad operativa en comparación con el uso de una sola turbina o un motor de mayor tamaño, ya que la cantidad de grupos que operan a plena carga puede ajustarse según la disponibilidad de las materias primas. Además, el motor de biogás de 2 MW permite una operación altamente eficiente al tener la capacidad de realizar mantenimiento rotativo en el motor sin interrumpir la producción de energía. (Agency E. P., 2020).

Los contaminantes generados en gran mayoría durante la combustión surgen debido a que existe una interacción entre el oxidante y el combustible. Esto significa que el SO<sub>2</sub> se produce como resultado de la oxidación del azufre que se encuentra en el biogás, se originan de la carbonización las partículas, y el CO y los COV se forman cuando no todo el carbono se transforma en CO<sub>2</sub> debido a una combustión incompleta. (Agency E.P., 1999).

Tabla 1. Tabla que resume los límites de emisión para varias sustancias en varias regiones, que se aplican a motores de combustión de biogás.

País/Zona geográfica	NO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	CO [mg/Nm <sup>3</sup> ]	THC [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Partículas [mg/Nm <sup>3</sup> ]
Unión Europea	190	40	f	-	-
Alemania	500	-	650	1300	-
Austria	500	-	400	150	-
República Checa	500	-	650	-	-
Suiza	100	-	300	-	10
Bélgica	190	-	500	60	-
Finlandia	175	-	-	-	-
Italia	500	-	650	-	130
Holanda	340	200	-	-	-
Estados Unidos	250	-	763	80 <sup>g</sup>	-
India	1200	-	150	100	75
Japón	310/940 <sup>h</sup>	-	-	-	38
Rusia	600	-	7650	2040	-
Brasil	-	8770/21926	-	-	526/1535
Corea del Sur	50	-	-	-	-
Protocolo de Gotemburgo	190	-	-	-	-
Banco Mundial	200	-	-	-	-

Fuente: (Jung C, 2015).



En la Tabla 1, se observó que, debido a su peligrosidad como contaminante y su importancia, el NOx es el único contaminante que se regula en la mayoría de las leyes de combustión. Generalmente, las naciones desarrolladas cuentan con un límite de emisión de NOx en promedio de 500 mg/Nm<sup>3</sup> para gas seco porcentuado en O<sub>2</sub> del 5% (equivalente a 190 mg/Nm<sup>3</sup> al 15% y 570 mg/Nm<sup>3</sup> al 5%). Este límite es considerado modelo para que sean evaluados los motores de combustión de biogás, pero las regulaciones sobre emisiones contaminantes son cada vez más estrictas y es probable que los límites sean similares a los de países más rigurosos en la actualidad, como Alemania, Suiza, Países Bajos o Corea del Sur. Por esta razón, la mejora del motor de biogás de dos megavatios presentado en esta investigación de grado se centralizará en realizar un análisis de los parámetros que permiten su funcionamiento, para valores de emisiones que van desde el estándar (500 mg NOx/Nm<sup>3</sup>) hasta restricciones más estrictas (250 mg NOx/Nm<sup>3</sup>) a un 5% de O<sub>2</sub>.

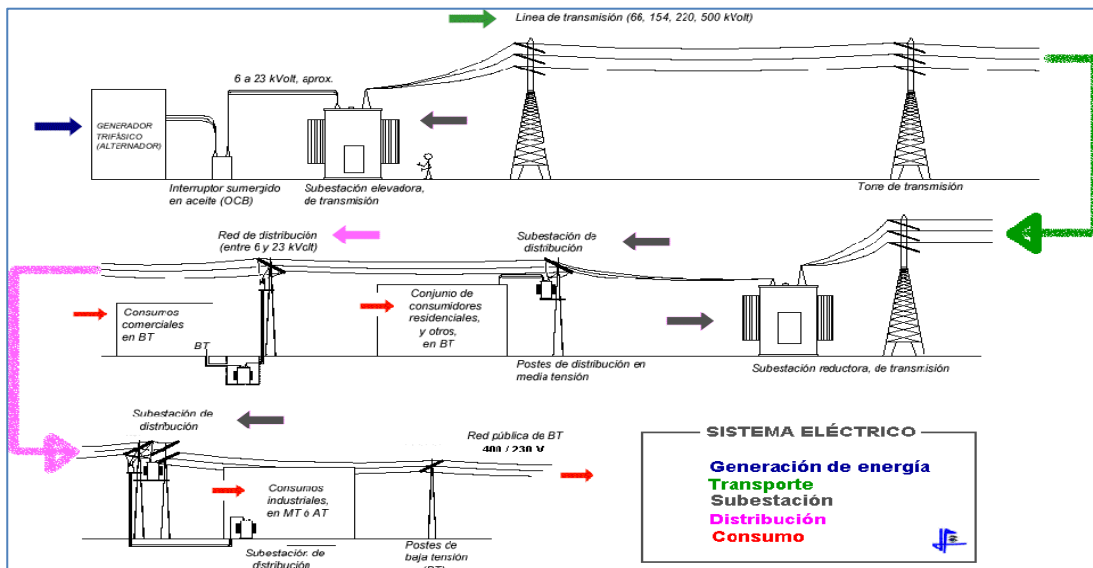


Figura 3. Elementos de la Red de Distribución.

Fuente: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, 2021.

El SEIN, siglas del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, es la red eléctrica más grande del Perú, y cubre aproximadamente el 85% de la población peruana. En los últimos años se ha ampliado para mejorar su confiabilidad, extender su alcance a más personas y conectar nuevas plantas de generación.

Tipologías de los Elementos del Sistema Eléctrico.

- Un productor de tensión alterna es un módulo que cumple la función de convertir la energía mecánica en energía eléctrica. Esto se logra mediante un mecanismo que utiliza la energía de un movimiento mecánico para producir un flujo de corriente eléctrica alterna.
- Los buses de una subestación eléctrica se apoyan en aisladores que pueden sufrir deterioro debido a diversas causas, como contaminación, defectos en la elaboración, materiales de baja calidad y degeneración. Por lo tanto, es importante monitorizar con frecuencia su resistencia de aislamiento para evaluar su condición y prevenir problemas.



Figura 4. Sistema Eléctrico Nacional de Perú.

Fuente: SINAC C. I., 2023.

Según el reporte, la elaboración de electricidad en el año 2022 incrementó en un 8,5% en comparación con el año previo, llegando a una cifra de 48.326,4 GWh. La matriz de generación de energía eléctrica del sistema muestra una marcada presencia de energía hidroeléctrica y térmica, las cuales en conjunto representan aproximadamente el 95% de la producción eléctrica total, como se puede observaren la Figura 8 (SINAC C. I., 2023).

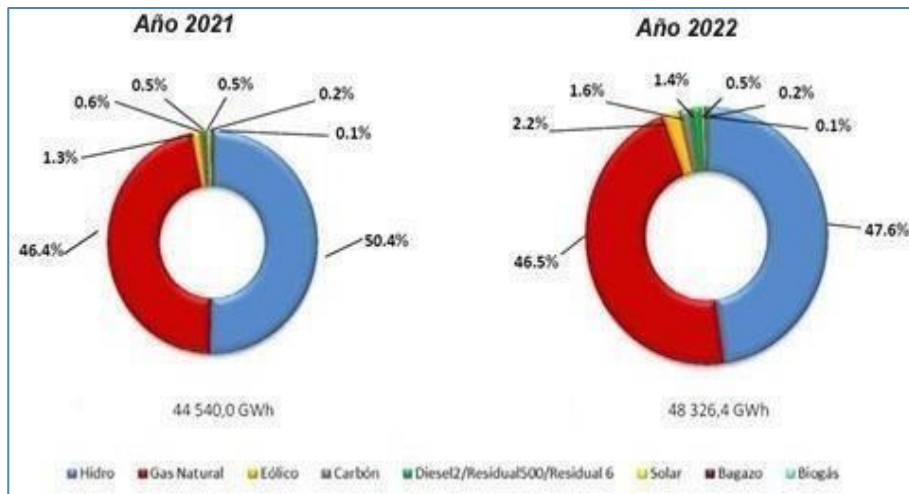


Figura 5. Producción de Energía Eléctrica del SEIN.

Fuente: SINAC C. I., 2023.

La figura 5 previamente presentada muestra incrementos en la producción tanto de energía termoeléctrica como hidroeléctrica. En el periodo entre 2021 y 2022, la obtención de energía eléctrica a través de fuentes de agua aumentó en un 2,5%, mientras que la generación basada en combustibles experimentó un aumento del 13%. Además, la energía eólica registró un incremento del 78%, y la energía solar aumentó en un 5%. A pesar de estos aumentos en la producción de energía, estas fuentes todavía no logran tener una presencia significativa en el sistema eléctrico. (SINAC C. I., 2023).

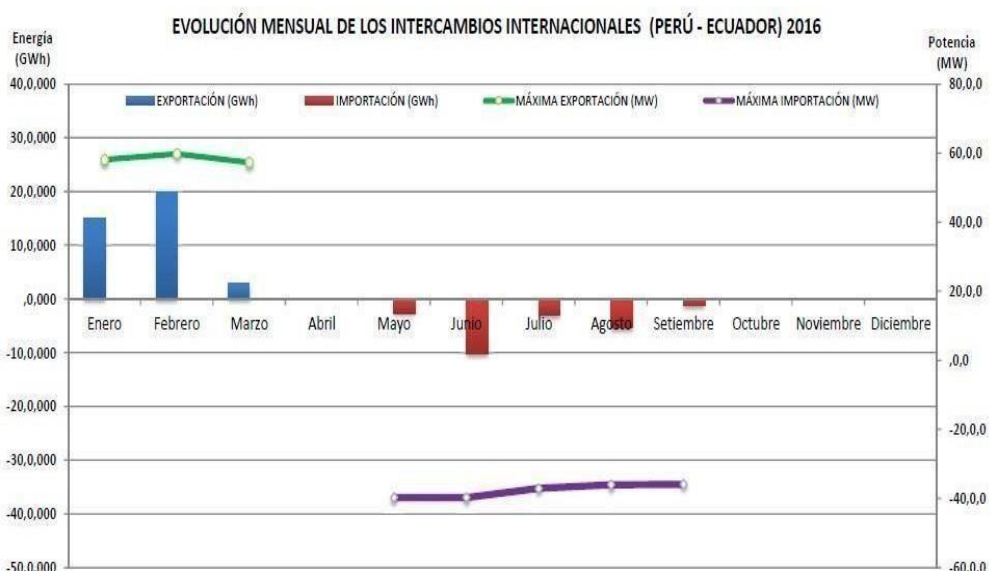


Figura 6. Intercambios Internacionales de Energía.

Fuente: SINAC C. I., 2023.

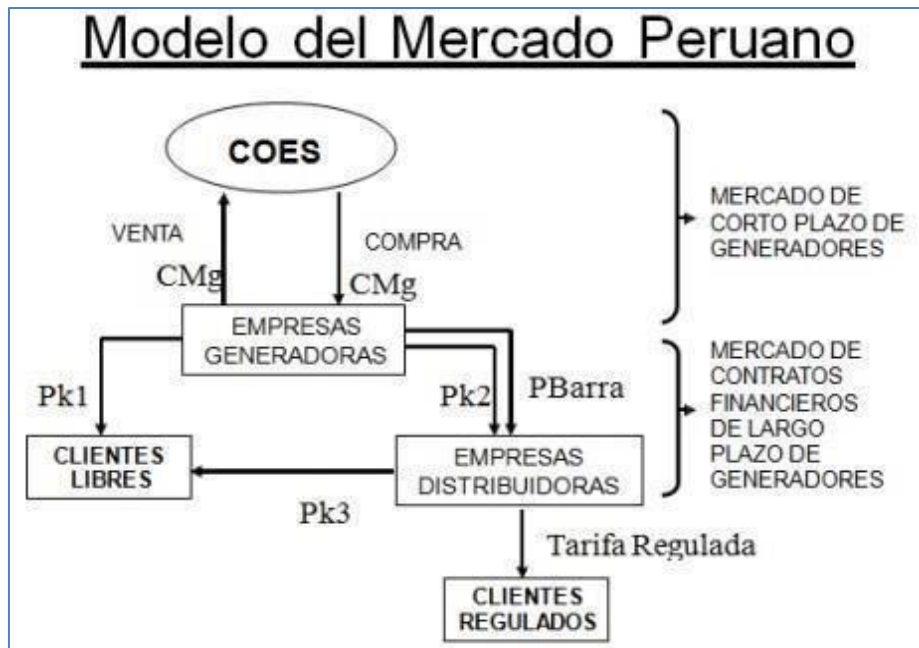


Figura 7. Modelo del Mercado Peruano.

Fuente: SINAC C. I., 2023.

En el mercado eléctrico peruano a corto plazo, los generadores tienen la oportunidad de participar en un tipo de mercado conocido como "pool", donde venden la energía al costo marginal, y los clientes la adquieren al mismo precio. La determinación de estos precios se realiza mediante un programa en tiempo real llamado Perseo. El COES es el organismo responsable de establecer los precios básicos de generación de energía en el SEIN, los cuales se deben comunicar a la Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria (GART) del Organismo Supervisor de Inversiones en Energía y Minería (OSINERGMIN) para su aprobación. Estos precios se establecen en función de la ubicación en el sistema eléctrico, conocida como "barra" (Suzuki, 2015).

En el Sistema Eléctrico Peruano se pueden identificar cuatro tecnologías principales: termoeléctricas, hidroeléctricas, solares y eólicas. Sin embargo, las termoeléctricas e hidroeléctricas son las que generan la mayor parte de la energía, representando alrededor del 95% de la producción total del sistema. En el modelo PLP, las centrales térmicas deben cumplir con ciertas especificaciones, como costos variables, eficiencia, la ubicación en una barra

específica y su potencia neta y bruta. Para el estudio de interconexión en Perú, se utilizaron datos sobre el rendimiento, ubicación en la barra y potencia de cada central, los cuales no requirieron ajustes, ya que eran similares a los valores encontrados en informes y estudios anteriores realizados por el COES. El estudio de costos variables de centrales termoeléctricas realizado por el COES detalla los diferentes costos variables que contienen los costos variables de los combustibles y otros costos variables que no están relacionados con los combustibles, como es el caso del biogás. (SINAC C. I., 2023).

Para calcular los costos variables de las centrales, se tomará como referencia el precio del combustible. Este precio se obtendrá de la base de datos del PDDE y se considerará un factor determinante para los costos variables de las centrales. Es importante tener en cuenta que, aunque las centrales pertenezcan a la misma tecnología, los costos del combustible pueden variar debido a su origen. Para las centrales térmicas futuras se utilizará como referencia el costo variable promedio actual de la misma tecnología.

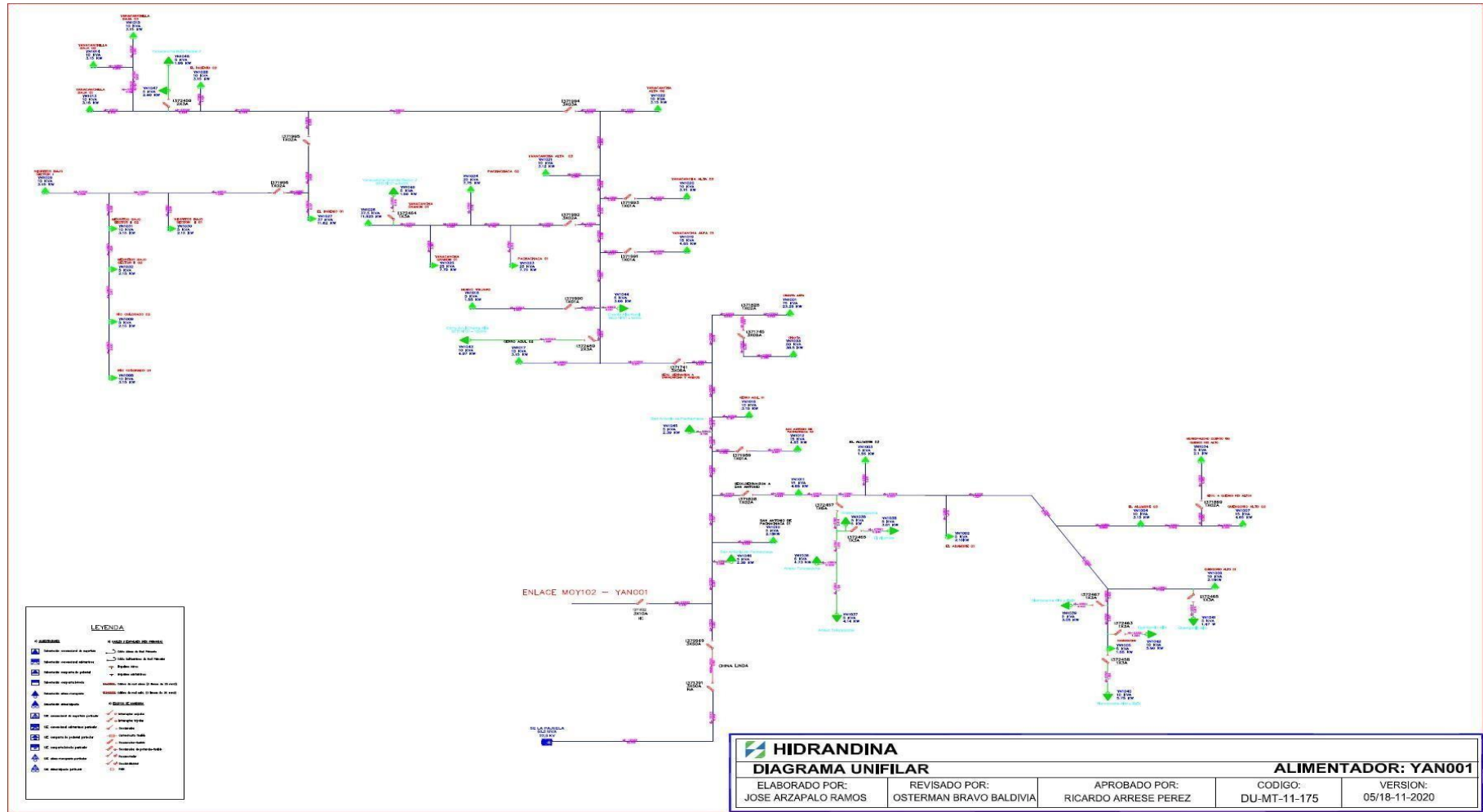


Figura 8. Diagrama Unifilar de la Central Cajamarca.

Fuente: SEIN, 2022.

El análisis del plan de transmisión del SEIN se realizó utilizando el Plan de Transmisión de hasta el año 2028, contrastándolo con la base de datos del PDDE del Perú. Es importante destacar que este estudio solo abarcó hasta el año 2030, lo que impidió comparar la transmisión de los últimos dos años con otros informes de proyección a largo plazo. Se supuso que las empresas dentro del mismo sistema eléctrico serían capaces de resolver los problemas de transmisión. En el modelo PLP, se establecen ciertos requisitos para garantizar el correcto funcionamiento de las líneas, como barras de conexión, flujo máximo, propiedades de la línea, tensión de la línea y área de ubicación. En cuanto a las nuevas líneas del sistema, se consideró que ya estaban creadas desde el inicio de la simulación, debido a que el modelo PLP no permite la creación de nuevas demandas en barras nuevas. Es necesario incorporar las barras futuras desde el inicio de la simulación para que tengan una demanda. También se asumió que las líneas ya están construidas desde el inicio de la simulación, incluyendo su flujo máximo incrementado para considerar los problemas de transmisión en el sistema. Estos aspectos serán descritos con más detalle en la sección de Validación.

Tabla 2. Proyección de la Demanda.

<b>GWh (totales)</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>
Muy Pesimista	62.64	64.35	66.19	67.49	68.77	69.85	71.01
Pesimista	64.76	66.82	69.04	70.78	72.54	74.11	75.81
Aprovechado	63.83	65.71	67.67	69.21	70.75	71.94	73.6

Fuente: SEIN, 2022.

Se puede decir que, en lo que se refiere a los principios teóricos de los Motores Alternativos de Combustión Interna (ACM), estos motores utilizan la combustión para cambiar la energía química del combustible en calor, convirtiendo después ese calor en energía mecánica mediante los mecanismos del motor. Se pueden observar algunos diagramas esquemáticos básicos de los MCIA, los cuales se definen como motores en los que la combustión ocurre en la propia mezcla de aire



y combustible líquido, generando un trabajo sobre una superficie que se desplaza en línea recta.

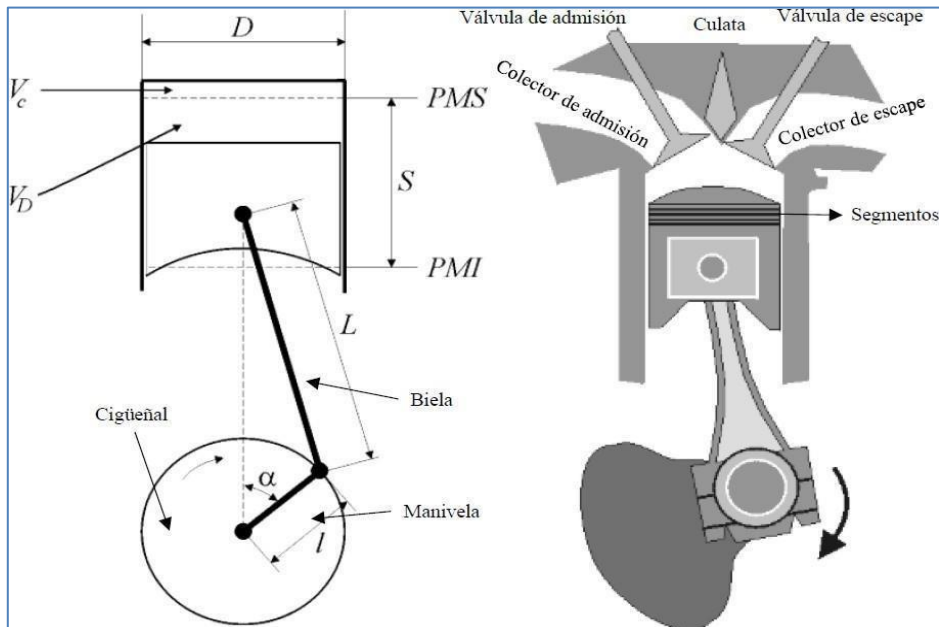


Figura 9. Esbozos de un motor de ignición interna alternativo.

Fuente: (Payri F, 2017).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

**3.1.1.** Tipo de investigación: Aplicada.

**3.1.2.** Diseño de investigación: Diseño no experimental.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Variable independiente: Bases teóricas del sistema de biogás de Yanacancha Baja.

Variable dependiente: aumento de la capacidad y estabilidad del sistema eléctrico nacional.

#### **3.3. Población, muestra, muestreo**

**3.3.1. Población:** Todo el sector de Yanacancha Baja de acuerdo con el último censo del año 2021 presentado de 295 viviendas y se utilizó una selección limitada de relaciones para ahorrar tiempo y recursos en este estudio.

**3.3.2. Muestra.** Coincide con la población.

**3.3.3. El muestreo:** no probabilístico por conveniencia.

#### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos Técnica**

##### **Técnicas de recolección de datos**

Se emplearon la técnica de la observación y del Análisis Documental. La técnica de la observación consistió en observar los registros de la información de la necesidad energética de Yanacocha, a fin de verificar su contenido de sales disueltas.

La técnica de análisis de datos consistió en verificar las teorías del aprovechamiento del gas.

Entre los instrumentos de recolección de información, se empleó la ficha de registro, en el cual se registró los requerimientos de energía en Yanacocha Baja.

### **3.5. Procedimientos**

En esta investigación se trataron cuatro fases definidas a continuación:

La primera fase de nuestra investigación se enfocó en evaluar el potencial de la biomasa como fuente de producción de biogás.

Técnica empleada: Se llevaron a cabo estudios documentales y conversatorios con profesionales del sector ganadero, como ingenieros agrónomos y otros expertos en el campo.

En la fase 2, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los diferentes tipos de biodigestores disponibles en el mercado, con el objetivo de analizar sus características y determinar su idoneidad para el proyecto en cuestión.

En la fase 3 se analizó el tamaño y la estructura necesarios para implementar una planta de biogás adecuada. Se consideraron diferentes factores y especificaciones para determinar el tamaño de la planta y la estructura requerida para su correcto funcionamiento.

En la cuarta fase se determinará el tamaño y la selección del generador de energía adecuado. Se considerarán diferentes factores y especificaciones para determinar el tamaño óptimo del generador de energía y se hará una selección cuidadosa para asegurar que cumpla con los requerimientos necesarios para la central eléctrica.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En este estudio se utilizó la estadística descriptiva como método de análisis de los datos obtenidos a través de nuestras herramientas. Entre ellos, el análisis cuantitativo, que se refiere al estudio, a medir, es útil a la hora de desarrollar un análisis estadístico de los cambios que trae en algún aspecto que puede ser cuantificado fácilmente.

### **3.7. Aspectos éticos**

Con lo que respecta a los autores referenciados, se respetó la autoría, citando cada uno de los mismos, sin incurrir en plagio, del mismo modo fue sometido al software anti-plagio Turnitin.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Descripción de las propiedades de metano como las precauciones necesarias para su correcto manejo y seguridad.**

Es fundamental el empleo de fuentes de energía reversible para promover la sustentabilidad del planeta y comprimir de alguna manera las emisiones de vapores que provocan efecto invernáculo. En base a esto, el biogás es presentada como una elección renovable que se obtiene a través del proceso de descomposición de materia orgánica y que puede ser empleado para la producción de electricidad y calor.

El propósito de este estudio consiste en determinar la posibilidad de generar biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca y analizar su factibilidad económica y técnica para suministrar electricidad a la ciudad. El proceso de investigación va a implicar un completo análisis de la cantidad de materia orgánica presente y las especificaciones técnicas requeridas para obtener biogás, además de una evaluación financiera que permita determinar la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

El objetivo de este estudio es generar no solo una fuente de energía limpia y renovable, sino también impulsar el desarrollo económico y social de la región, todo ello teniendo en cuenta la sostenibilidad medioambiental. Los datos obtenidos a través de esta investigación son de gran valor para futuros proyectos similares en distintas regiones y para tomar decisiones bien informadas en cuanto a políticas y estrategias de energía renovable a nivel local y nacional.

Para dar respuesta al primer objetivo específico el cual dice Identificar la capacidad de producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca y evaluar su viabilidad técnica y económica para conectarla al sistema eléctrico de la ciudad, se procede de la siguiente manera.

Tabla 3. Tipologías del metano.

<b>Ficha internacional de seguridad química datos generales y propiedades del metano IC SC:0291</b>	
Fórmula molecular	CH <sub>4</sub>
Estado físico	Inodoro e incoloro
Punto de fusión	90.6 K
Densidad	0.717 kg/m <sup>3</sup>
Punto de inflamabilidad	85.15 K
Punto de ebullición	111.55 K
Riesgos para los humanos	Congelación, asfixia
Vías de exposición	Absorción por inhalación

Fuente: Diaz, 2019.

- Es esencial que el personal a cargo tenga la formación adecuada para manejarlo.
- La máxima prioridad es prevenir fugas en la planta, y se deben utilizar sistemas de extracción dimensionados adecuadamente siempre que sea posible.
- Se recomienda utilizar dispositivos para detectar la presencia de gases peligrosos para el sistema respiratorio, para poder detectar acumulaciones peligrosas a tiempo.
- Se deben tener equipos de respiración autónomos disponibles en todo momento.

Dimensionamiento de la cámara de Biodigestión (Ali MM, 2020) Por tonelada, proporción de volumen de residuos orgánicos.

$$1\text{m}^3=0.6\text{ ton} \wedge 50\text{m}^3=30\text{ ton}$$

### Ecuación para el cálculo de Biogás

Mediante esta fórmula, es posible calcular la cantidad de biogás producida a partir de la cantidad de residuos sólidos que se acumulan durante un año. En caso de hacer proyecciones que superen el plazo de un año, se realiza una estimación anual ajustada. La cantidad de biogás generado se obtiene a partir de la generación calculada de metano multiplicada por dos, según el modelo establecido para la composición del biogás, que incluye una combinación de 50% de metano (CH<sub>4</sub>) y 50% de otros gases contenidos en los residuos, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y pequeñas proporciones de otros compuestos. (Achinas S, 2017).

Tabla 4. Productos de K y L<sub>o</sub> por región.

Grupo de residuo	k	L <sub>o</sub>	K	L <sub>o</sub>	<b>k</b>	<b>L<sub>o</sub></b>	K	L <sub>o</sub>
Comida y otros Orgánicos (Estiércol)	0.3	69	0.220	69	<b>0.160</b>	<b>69</b>	0.150	69
Papel higiénico y poda	0.130	115	0.100	126	<b>0.075</b>	<b>138</b>	0.070	138
Papel y textil 1	0.050	214	0.040	214	<b>0.032</b>	<b>214</b>	0.030	214
Madera, caucho y piel	0.025	202	0.020	202	<b>0.016</b>	<b>202</b>	0.015	202

Fuente: Díaz, 2019.

En la tabla 5 se encuentran reflejados los valores del Factor de Corrección de Metano (MCF), el cual se utiliza para ajustar la estimación de la cantidad de biogás que se produce, tomando en cuenta el nivel de degradación anaeróbica de los residuos. La variación en los valores del MCF se debe principalmente al tipo de administración del biodigestor y a la profundidad en la que se encuentran los residuos, según se indica en el modelo. (Achinas S, 2017).

Tabla 5. Factor de corrección del metano (MCF).

Manejo del sitio	Profundidad $d < 5m$	Profundidad $d \geq 5m$
Desconocida	0.4	0.8
Con manejo	0.8	1.0
Semi-aerobico	0.4	0.5
Sin manejo	0.4	0.8

Fuente: Díaz, 2019.

De acuerdo con diversas investigaciones, es viable efectuar cálculos para calcular cuál es la capacidad de producción de biogás en instalaciones de gran tamaño, tales como vertederos y rellenos sanitarios. La información correspondiente a dichos cálculos se puede ver reflejada en la Tabla 6.

Tabla 6. Potencial energético del biogás por tonelada dispuesta.

Autor	Cantidad de biogás m <sup>3</sup>	Equivalencia KWh/MJ	Observaciones
	1	7Kwh	Electricidad producida por la recuperación de gas en relleno administrados por la empresa SITA, Europa
Poitel Dominique	1	4.5 kWh o 16.2 MJ	50% de metano
Poitel Dominique	150 a 300	680 a 1360 kWh o 6.3 a 12.62 GJ	50 % de metano

Fuente: Díaz, 2019.

En 1m<sup>3</sup> de biogás existe 48.5 % de metano (CH<sub>4</sub>).

Valor calorífico en el metano es 10kWh / m<sup>3</sup>.

Precipitación promedio anual 635 mm/año.

Temperatura anual media: 21.6°C.

Los motores de combustión interna son la tecnología más accesible y empleada para transformar el biogás en energía, gracias a su capacidad de alcanzar elevados niveles de eficiencia.



## Esquema Unifilar de Interconexión del Biodigestor con la fuente proveedora.

GENERAC es una marca de Generador Automático de Transferencia que proporciona las características fundamentales para regular la oferta de electricidad entre la red eléctrica regular y la de emergencia. Este dispositivo es capaz de enviar las señales apropiadas a los interruptores correspondientes que deben estar operativos durante el proceso de transferencia energética. (Pérez, 2018).

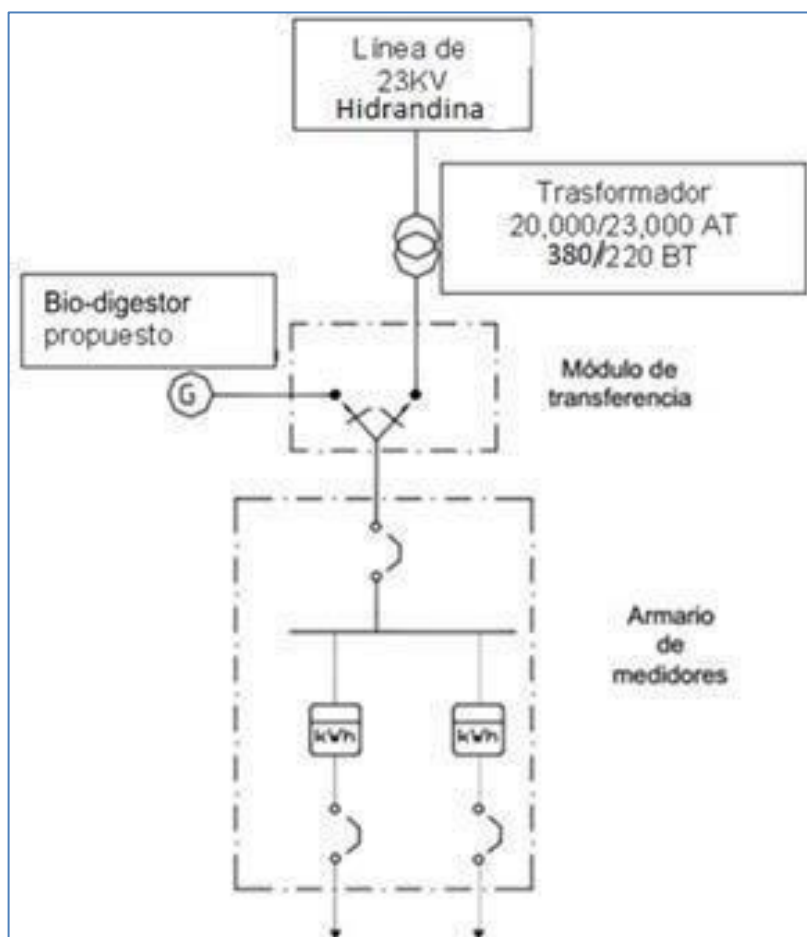


Figura 10. Diagrama Unifilar.

Fuente: Díaz, 2019.

La generación de energía renovable a través de la producción de biogás es obtenida a partir de la descomposición de materia orgánica, y puede ser aprovechada tanto para la producción de electricidad como calor. El uso eficiente de biogás representa una alternativa necesaria y atractiva para la producción de energía, puesto que contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y fomenta la sostenibilidad ambiental.

#### **4.2. Plan de gestión y operación para la producción de biogás en Yanacancha Baja – Cajamarca.**

Como objetivo específico, se busca desarrollar un plan de gestión y operación para la producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca, el cual abarcará aspectos como el almacenamiento, transporte y suministro de biogás al sistema eléctrico de la ciudad. El objetivo de este plan es garantizar una fuente consistente y duradera de energía, que cumpla con los criterios de seguridad y calidad de energía establecidos, y que además fomente la sostenibilidad energética.

A fin de alcanzar este propósito, se requiere considerar todos los aspectos que guardan relación con la gestión y operación de la producción de biogás. Esto incluye la selección de tecnologías apropiadas para el almacenamiento y transporte, el diseño de la infraestructura de conexión y control, y la creación de procedimientos operativos estándar para la administración de la producción de biogás.

Asimismo, es importante establecer planes de contingencia y mantenimiento preventivo que aseguren la continuidad de la producción de biogás. También se deben considerar los requisitos y normativas específicas del sector eléctrico para una integración adecuada de la energía renovable en el sistema eléctrico de la ciudad.

La elaboración de un plan de gestión y operación de producción de biogás es fundamental para asegurar una fuente de energía estable y sostenible, que catalice la transición hacia un modelo energético más sustentable y amigable con el medio ambiente. Asimismo, este plan puede funcionar como punto de

partida para futuras iniciativas de energía renovable, y como guía para la implementación de políticas y estrategias de energía sostenible a diferentes escalas, tanto locales como nacionales.

### Consumo promedio de energía.

Las viviendas y propiedades rurales ubicadas en la zona central exhiben variaciones en sus dimensiones, las cuales están relacionadas con el tamaño del terreno propiedad de cada propietario. Principalmente, estas propiedades enfocan en cultivar hortalizas y frutas para su producción, así como a la cría de ganado. En términos de consumo eléctrico, las viviendas están equipadas con tres lámparas compactas de bajo consumo energético, con una potencia de 20W y un voltaje de 220V, siendo este el principal consumo de electricidad. Dado que las actividades desarrolladas en estas viviendas no requieren grandes cantidades de energía eléctrica, el consumo promedio por vivienda es de 0.653 kW/h, según se detalla en la tabla 15.

Tabla 7. Demanda estimada por vivienda.

Carga por vivienda			
Cantidad	Concepto	Consumo	Total
3	Lámparas ahorradoras	20W	60W
1	Refrigerador	380W	380W
1	Televisión	45W	45W
1	Radio / Grabadora	18 W	18 W
	Otros	150W	150W
	Total, carga por vivienda		653W

Fuente: INEI, 2022.

## Superficies del aparato del Biodigestor

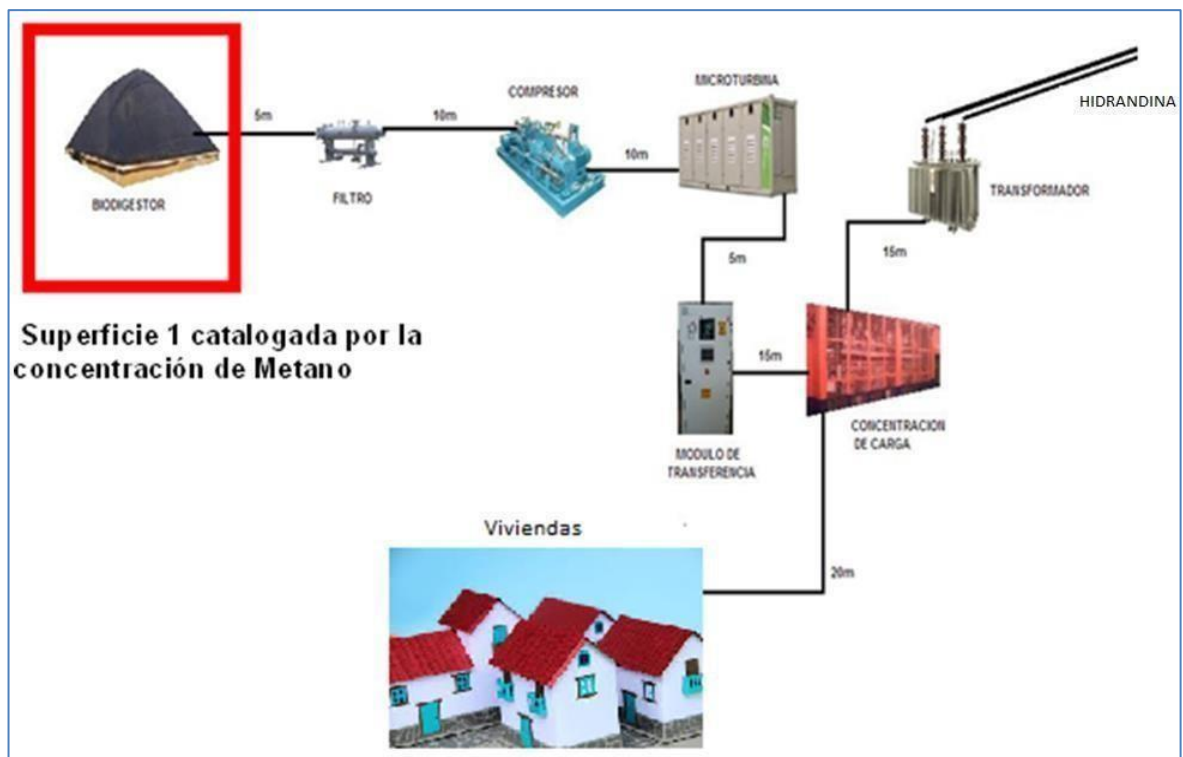


Figura 11. Superficies del Biodigestor.

#### **4.3. En la obtención de biogás y la generación de energía eléctrica se han escogido ciertos componentes específicos.**

Cada uno de estos componentes fue elegido por sus características y capacidades de construcción específicas para aprovechar el gas metano.

##### Filtro de Gas

Para garantizar la limpieza y la eliminación de residuos del gas que se utiliza en este proyecto, es necesario contar con filtros de gas. En este caso en particular, se utiliza un filtro de la marca VIOGAZ [Fig.45], el cual tiene la función específica de eliminar el sulfuro de hidrógeno que se encuentra en el biogás. El filtro funciona gracias a un sustrato sólido que ha sido diseñado especialmente para trabajar con biogás y que se vale de la reacción química que se produce entre el óxido de hierro y el sulfuro de hidrógeno. (Achinás S, 2017).

Hay tres motivos fundamentales para la limpieza del H<sub>2</sub>S del biogás, tres motivos principales para eliminar el H<sub>2</sub>S del mismo:

- Corrosión: el ácido sulfhídrico puede provocar daños internos en generadores, microturbinas y otros equipos eléctricos.
- El sulfuro de hidrógeno es peligroso para la salud debido a su toxicidad, lo que puede traducirse en malestar agudo, así como en asfixia y, en el peor de los casos, la muerte por exposición prolongada.
- La posible contaminación ambiental es una de las preocupaciones por no eliminar el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) generado por la combustión del gas. Si este dióxido de azufre se libera en la atmósfera, puede causar lluvia ácida y resultar tóxico e irritante para el sistema respiratorio humano.

Tabla 8. Características del filtro de gas.

Características del filtro de gas	
Presiones de trabajo	5 a 16 bar
Sustrato	Reacción de óxido de hierro con sulfuro de hidrogeno
Duración del sustrato y eficiencia	1 año con eficiencia del 95%

Fuente: Alvarado, 2020.

### Compresor

Aunque los compresores tienen como función principal incrementar la presión de los gases, su aplicación más extendida es la compresión del aire. No obstante, en la industria, es común tener la necesidad de comprimir otros tipos de gases (Achinas S, 2017).

Debido a su característico diseño, los compresores de pistón o émbolo son muy populares en su uso, ya que son capaces de producir altas presiones en espacios reducidos. Son comúnmente empleados en aplicaciones industriales y domésticas. El compresor ofrecido por la empresa Andreas Hofer-Hochdrucktechnik (Figura 46) representa una opción confiable y potente para el sector en constante crecimiento del biogás. Una de sus características distintivas es su diseño hermético, esto implica que, en este tipo de compresor de pistón, no son habituales las pérdidas comunes en otros diseños, como la fuga de gas al aire libre o las fugas por donde pasa el pistón. En su lugar, las fugas detectadas se acumulan para ser procesadas y recicladas hacia la línea de aspiración.

Tabla 9. Características del compresor.

<b>Tipo de compresor</b>	<b>De pistón</b>
<b>Aplicación</b>	<b>Biogás</b>
<b>Presiones de trabajo</b>	<b>5 bar aspiración y 15 bar de impulsión</b>

Fuente: Alvarado, 2020.

### **Microturbina**

Las microturbinas, son equipos que comparten similitudes con las turbinas convencionales, aunque presentan ciertas particularidades en su funcionamiento. El proceso de operación de una microturbina implica la aspiración de aire, el cual se somete a un filtrado de partículas y posterior compresión antes de ser. (Agency I. E., 2020) En la etapa de generación de energía, se efectúa la mezcla del biogás con una inyección adecuada en la cámara de combustión, lo cual genera su combustión. Para que las turbinas funcionen de forma correcta, es imprescindible contar con una presión del biogás entre 3 y 5 bar. La energía térmica producida en la combustión permite el movimiento de la turbina, la cual, al rotar, impulsa tanto al compresor como al alternador eléctrico. En este proyecto se decidió utilizar la microturbina fabricada por la compañía Capstone.

#### **4.4. Diseñar un sistema de conexión seguro y eficiente entre la producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca y el sistema eléctrico de la ciudad.**

El objetivo específico de este estudio es diseñar un sistema de conexión seguro y eficiente entre la producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca el sistema eléctrico de la ciudad. Este diseño debe considerar las regulaciones y normativas del sector eléctrico, garantizando el cumplimiento de los patrones de seguridad y eficacia de energía.

Con el propósito de alcanzar esta meta, es fundamental considerar la armonización técnica entre los dispositivos de generación de biogás y el sistema eléctrico, y planear cuidadosamente la infraestructura de enlace y control para garantizar la seguridad y la eficacia del sistema. Además, es importante considerar los requisitos y normativas específicas del sector eléctrico, como los requisitos técnicos para la conexión de generadores y los procedimientos para la conexión a la red eléctrica.

El éxito de un proyecto de generación de energía renovable depende en gran medida del diseño adecuado de un sistema de conexión seguro y eficiente, el cual juegan un papel fundamental en asegurar la estabilidad y confiabilidad del suministro de energía eléctrica. En este sentido, es importante cumplir con las regulaciones y normativas del sector eléctrico para garantizar una integración adecuada de la energía renovable en el sistema eléctrico de la ciudad, contribuyendo a la transición hacia un modelo energético más sostenible.

##### **4.4.1. Requisitos de construcción del Biodigestor**

###### **Trabajo Civil del Biodigestor**

Antes de iniciar cualquier actividad, es fundamental realizar una evaluación preliminar del terreno con el fin de determinar las características del suelo, los materiales presentes y la composición del subsuelo en la zona. Esta valoración se trasladará a cabo a través de un estudio de mecánica de suelos. (Agency., 2014).



## **Excavaciones**

Para comenzar el proceso de construcción, se deberán llevar a cabo labores de preparación de suelo, incluyendo la nivelación del terreno y la identificación de las líneas de entrada y salida. En caso de que se detecte que el nivel de agua subterránea se encuentra a una profundidad inferior a 7 metros, se restringirá la excavación. En situaciones en las que se detecte una concentración de materia orgánica elevada en el suelo, como en el caso de edificar sobre una laguna desazolvada, se requerirá la instalación de un sistema de recolección de gases debajo de la membrana de la estructura de biodigestión. Este sistema incluir un drenaje que se extenderá a lo largo y ancho del biodigestor, desembocando en la parte superior de su corona (Agency E. P., 1999).

## **Construcción de Taludes**

Es fundamental garantizar la estabilidad a largo plazo de los bordes conformados según lo prescrito en el examen de la mecánica de suelos. Es recomendable que los bordes de las paredes del biodigestor tengan una proporción de 1:3, sin exceder una proporción de 1:1, ya que una relación mayor puede causar inestabilidad en las paredes. Si la proporción es menor de 1:3, se requerirá un espacio innecesario adicional. Es esencial construir la parte superior del biodigestor evitando esquinas con forma de medios círculos para mejorar la calidad de las conexiones de la geomembrana. Los bordes se compactarán utilizando equipos y técnicas adecuadas al tipo de terreno, evitando la presencia de piedras o bordos que puedan dañar la geomembrana durante la instalación.

## **Corona del Biodigestor**

Es necesario compactar las coronas del digestor para que ocupen entre el 85% y el 90% de su capacidad máxima. La corona debe medir al menos 3 metros a cada lado, sin obstrucciones como tuberías, registros o salidas de gas, para permitir el acceso de maquinaria. Una vez que se construya el sistema, se deben evitar maniobras con maquinaria pesada sobre la corona del Biodigestor. Se requerirá hacer una excavación de 50x90 cm aproximadamente a lo largo

de todo el perímetro del Biodigestor, a una distancia de alrededor de un metro desde el inicio de la pendiente del interior para fijar y asegurar la geomembrana de la fosa y su cubierta. Los materiales utilizados para asegurar la geomembrana deben ser estables. Para evitar que la corona tenga vegetación, se seguirá un método específico. Este procedimiento solo se llevará a cabo una vez que el digestor esté completamente sellado y los registros hayan sido finalizados. (Agency I. E., 2020).

### **Sistemas de Tuberías**

Para asegurar que el flujo volumétrico establecido en el diseño del Biodigestor pueda pasar correctamente, se instalará una tubería desde el tanque de mezcla hasta la entrada de alimentación del Biodigestor para el influente. El tamaño de la tubería dependerá de las propiedades termodinámicas y físicas del flujo diario del influente ( $m^3/hr$ ,  $l/hr$ ), incluyendo el tamaño de las partículas, y se seleccionará el diámetro adecuado en consecuencia. La tubería estará hecha de PVC de tipo norma o alcantarillado para garantizar su eficacia en el transporte del flujo diario del influente. (Agency., 2014).

### **Tubería de conducción de biogás**

Es crucial elegir una tubería que tenga un espesor de pared apropiado para soportar la presión de diseño del Biodigestor y cualquier carga externa planificada. Cada componente de la tubería debe estar diseñado para resistir tanto la presión operativa como las propiedades termodinámicas del gas, asegurando que el transporte de biogás funcione de forma óptima incluso durante la etapa de máxima demanda. La conducción de biogás se realizará con materiales como PVC, polietileno de alta densidad, polipropileno u otros materiales resistentes a la corrosión, en diámetros de 3" a 12", en función del volumen de biogás y del trayecto que recorra. La tubería deberá contar con soportes adecuados para evitar cualquier movimiento indeseado, y en áreas con tráfico elevado de personal o equipos, se deberán instalar tuberías subterráneas y señalizarlas de manera correcta. Además, la tubería deberá ser identificada por el color amarillo y mostrar la dirección del flujo del biogás. Es importante instalar trampas de humedad en puntos bajos o en las salidas verticales del conducto

para prevenir la acumulación de agua. (Agency., 2014).

### **Conducto de extracción de sólidos**

Para prevenir la posible obstrucción y la reducción del volumen de operación del Biodigestor, es necesario instalar una tubería de extracción de sedimentos. Esta tubería deberá ubicarse a una profundidad de 60 cm desde la corona y a una distancia de 1 metro desde el inicio del talud. Para su fabricación, se utilizará PVC hidráulico de cédula 40 o RD 26.5, con un diámetro de 4". La tubería deberá colocarse de forma paralela a la pared interior del Biodigestor y extenderse hasta la plantilla, permitiendo la extracción de sólidos desde la parte inferior. Todas las tuberías de extracción de sedimentos tendrán soportes que no afecten la geomembrana de la base. Además, se dejará una conexión roscada en la corona para la instalación de una bomba (preferiblemente eléctrica) con la capacidad adecuada para extraer el volumen de lodo requerido. (Agency., 2014).

### **Colocación de la Geomembrana**

Se precisa que la membrana empleada para el sellado a prueba de aire en el tanque del Biodigestor cumpla con los estándares GM13 y GM17 del Instituto de Investigación de Geo-sintéticos (GRI). El espesor mínimo de la geomembrana que cubrirá tanto la cubierta como la base del Biodigestor debe ser de 60 milésimas de pulgada (1.5 mm) para garantizar su resistencia a la presión del biogás. Se asegurará una calidad garantizada durante al menos una década y una duración del material no menor a los 20 años. (Agency., 2014).

## **Contadores de biogás**

Se colocarán medidores de biogás entre el Biodigestor y los diferentes sistemas encargados de eliminar el gas, como quemadores o motores generadores. Es recomendable que estos medidores se instalen después de los filtros de biogás para prevenir la corrosión provocada por el ácido sulfhídrico. Su objetivo es supervisar el flujo de biogás hacia los sistemas de quemado o uso en todo momento mientras el digestor funciona. La elección del medidor depende de la ubicación del Biodigestor, la cantidad de biogás que produce, y la concentración de metano en el biogás. Se sugiere la instalación de medidores digitales que puedan transferir datos a las computadoras, especialmente en proyectos en los que se comercializan bonos de carbono. (Agency., 2014).

## **Tamiz de conservación de Ácido Sulfhídrico**

En los sistemas donde se use biogás para producir energía eléctrica o térmica, se deberá instalar un filtro que tenga la capacidad de retener el ácido sulfhídrico. Esto se debe a que el mencionado ácido puede convertirse en ácido sulfúrico, lo que provoca la corrosión de piezas metálicas y reduce la vida útil de los equipos.

## **4.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

### **Lugar del Quemador**

Se sugiere instalar los abrasadores en una plataforma estable, ya sea de metal o concreto, que esté ubicada a una distancia segura del Biodigestor y de cualquier cable o tubería suspendida. Se recomienda que la distancia mínima entre el quemador y el digestor sea de 30 metros. (Association., 2017).

### **Seguridad en el Sistema de Tuberías**

Para prevenir fugas de gas del biodigestor debido a la disminución del nivel de volumen y al contacto directo de la tubería con el gas, es esencial instalar dispositivos de sellado hidráulico en las tuberías de entrada y salida de residuos.

Además, se debe realizar un mantenimiento periódico en el sistema de tuberías para asegurar la completa visibilidad de la señalización e identificación, incluyendo los colores utilizados. Los letreros de seguridad e higiene deben ser colocados en lugares bien visibles y claramente comprensibles para los trabajadores, y deben estar libres de obstrucciones.

### **Establecimiento de Obturadores de Alivio**

Es necesario instalar válvulas de alivio para permitir la liberación automática del gas hacia la atmósfera cuando se alcance una presión determinada dentro del biodigestor. Esto es vital para prevenir el riesgo de desgarro de la membrana o el desanclaje del sistema, protegiendo así la integridad del biodigestor. Aunque esta medida puede resultar en una pérdida de gas, es esencial para garantizar la estabilidad y seguridad del biodigestor. (F., 2004).

### **Prevención y Control de Incendios**

Es necesario seguir las normas establecidas en la NOM-002-STPS-2000 para llevar a cabo una evaluación de riesgos de incendio, con el objetivo de determinar las áreas donde se deben colocar extintores. En el caso específico del biodigestor, es fundamental instalar equipos contra incendios de tipo A, mientras que para las zonas eléctricas se deben usar equipos de tipo C, en concordancia con las especificaciones establecidas en la NOM-002.

Si se va a trabajar en zonas cercanas al biodigestor, tuberías o quemador, utilizando herramientas que puedan generar chispas, es esencial ubicar el equipo en dirección contraria al viento y lo más lejos posible de la zona de trabajo. Adicionalmente, se debe evitar cualquier derrame de líquidos peligrosos que puedan dañar la membrana de la cubierta, lo cual podría causar una fuga de biogás y representar un riesgo de incendio. (F., 2004).

## **Equipos de Protección y Seguridad Personal**

Es imprescindible garantizar la seguridad de los trabajadores que operan en las instalaciones del biodigestor y en las áreas donde se utiliza la energía proporcionándoles los implementos necesarios para protegerlos. Para las áreas de servicio, como calderas y la planta generadora de energía, se exige que suministren cascos, overoles y zapatos de seguridad adecuados. Además, para prevenir los riesgos con gases y vapores, se requiere una indumentaria específica como overol y respirador o, en su defecto, mascarilla, para evitar el contacto directo con dichas sustancias. También es importante el uso de guantes y zapatos apropiados para realizar las tareas de operación y mantenimiento del biodigestor. (F., 2004).

## **Trabajos sobre la geomembrana**

Es importante que se hagan las tareas en la superficie de la geomembrana del biodigestor en parejas para garantizar la seguridad de los trabajadores. Esto es particularmente importante en actividades como la remoción de agua de lluvia u otras tareas similares. Para llevar a cabo estas actividades de manera segura, los trabajadores deben contar con el equipo adecuado, como chalecos salvavidas, arneses, cuerdas de salvamento, y otros. Se aconseja no subir a la geomembrana inflada con calzado inapropiado que pueda ocasionar daños. Por lo tanto, al trabajaren la cubierta del biodigestor, es importante usar zapatos con suela lisa o de goma, y ropa antiestática recomendada, como prendas de algodón. (F., 2004).

## **MANTENIMIENTO**

- De forma regular, se deben realizar inspecciones de la membrana del biodigestor para identificar posibles fugas, rasgaduras u otros daños.
- Es necesario llevar a cabo la limpieza de basura y escombros que puedan haber sido acarreados por el viento.
- Es importante retirar cualquier depósito de agua en la cobertura de manera inmediata.

- De manera periódica, se ejecutará la erradicación de los limos que se hayan acumulado en la parte inferior del biodigestor para prevenir obstrucciones y asegurar un funcionamiento adecuado del sistema.
- El mantenimiento programado de los equipos, incluyendo la moto generadora, bombas, sopladores y otros, se realizará siguiendo las comisiones de las empresas.
- El rediseño o reemplazo de los tamices se llevará a cabo según las instrucciones del provisor o montador, de acuerdo con las especificaciones técnicas del sistema de biodigestión.
- Se debe realizar una intervención cotidiana de los conductos, válvulas y equipos de comprobación para descubrir posibles daños y, en caso necesario, realizar las reparaciones correspondientes de manera inmediata.
- Es necesario comprobar que la instalación de manejo del biogás hacia la moto generadora no tenga pérdidas.

#### 4.6. Tratamiento de la información de carga eléctrica y volumen para la construcción de la cámara del Biodigestor.

Se llevó a cabo una investigación para determinar la necesidad de energía en la región seleccionada para el proyecto de producción de energía eléctrica. Se realizó un análisis de la cantidad de residuos generados que se presentan en la tabla 11, los cuales se utilizarán como materia prima para la producción de biogás. (F., 2004).

Tabla 10. Particularidades de la zona en estudio.

Zona en estudio	
Dimensiones	4750 m <sup>2</sup>
Cantidad de viviendas	100
Dimensión p/casa	160 m <sup>2</sup>
Cantidad de focos en cada vivienda	3 lámparas compactas de 20 W/220 V
Consumo eléctrico por casa	653 W/h
Consumo eléctrico promedio	80 lámparas de 25W/220V 48 kW/h en un día
Consumo de las bombas de agua kW	2 bombas de 750W 2.250 kW/h en un día
Consumo eléctrico total de la zona	964.45kW/h en un día
Desecho casa/día	50 kg
Desechos de la zona al día	5t
Desechos anuales	1820 t

Fuente: Empresa Yanacocha, 2019.



Cálculo del volumen de obtención del metano para Porcino.

$$Q_{LFG} = (2) (0.160) (69) \left[ \frac{780}{10} \right] (e^{-(0.160)(0.5)}) (0.8) (21.6)$$
$$= 21474.72 \text{ m}^3\text{CH}_4/6 \text{ meses}$$

Esta información sugiere que el Biodigestor propuesto será capaz de producir metano anualmente únicamente a partir de los residuos orgánicos de estiércol (F., 2004).

### **Requerimientos y condiciones para la interconexión eléctrica.**

Se realizó un análisis para determinar la cantidad de energía necesaria en la región seleccionada para implementar un proyecto que genera energía eléctrica. El análisis incluyó un cálculo detallado de la cantidad de residuos generados, presentados en la tabla 11, y se determinó que estos residuos podrían ser utilizados como materia prima para la producción de biogás. (F., 2004).

### **Equipo de Producción de Energía.**

Se refiere a la producción de electricidad y sistemas de distribución que generan energía eléctrica utilizando una fuente de energía distinta a la suministrada por la empresa proveedora. (F., 2004).

### **Localidad de ensambladura común.**

La interconexión es el punto donde la red de producción y distribución de energía se conecta con la red del consumidor, formando un sistema interactivo. Por lo general, este punto se encuentra en el lado de carga del medidor de energía en la red. (F., 2004).

### **Aprobación del equipo.**

Cada equipo utilizado debe contar con la aprobación correspondiente para su uso específico. En el caso de inversores interactivos para sistemas interconectados, es necesario que estén aptos e reconocidos para dicha prestación de interconexión. (F., 2004).

### **Disposición de Métodos.**

La instalación de fuentes de generación de energía eléctrica complementarias a la fuente primaria de electricidad debe ser realizada únicamente por personal capacitado y calificado. (F., 2004).

## **4.7. Modelo de negocio viable para los productores de biogás en Yanacancha Baja de la región de Cajamarca.**

El desarrollo de proyectos de energía renovable no solo es vital para proteger el medio ambiente, sino que también puede tener un impacto positivo en la economía y desarrollo social de las comunidades del entorno. Por esta razón, uno de los objetivos concretos de este proyecto es establecer un modelo de negocio viable para los productores de biogás en Yanacancha Baja de la región de Cajamarca, que apoye tanto el progreso económico y social como la sostenibilidad ambiental.

Es necesario establecer un modelo de negocio viable para los productores de biogás en Yanacancha Baja de la región de Cajamarca que permita la recuperación de los costos de producción y genere ingresos a largo plazo, contribuyendo al desarrollo económico y social de la zona. Este modelo debe

considerar la factibilidad técnica y económica de la producción de biogás, así como cumplir con las regulaciones y normativas vigentes en el sector eléctrico.

Con el fin de alcanzar esta meta, se requiere llevar a cabo una revisión exhaustiva de los costos y beneficios asociados a la producción de biogás en Yanacancha Baja – Cajamarca. El análisis debe identificar las posibles fuentes de ingresos y gastos relacionados con la producción, almacenamiento, transporte y suministro de biogás al sistema eléctrico de la región.

Junto con lo anterior, es necesario detectar las viabilidades de financiamiento para el desarrollo del proyecto y concebir un esquema de negocios que permita la amortización de los costos y generación de ingresos sostenibles a largo plazo, por medio de la comercialización de energía renovable y otros servicios vinculados con la producción de biogás.

Es por ello que para dar respuesta al último objetivo, establecer un modelo de negocio rentable para los productores de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca, que permita recuperar los costos de producción y generar ingresos a largo plazo, la implementación de este esquema comercial no solo va a posibilitar que los productores de biogás recuperen los costos de producción y produzcan ingresos, sino que, además, es capaz de influir positivamente en la economía local, al fomentar la creación de nuevas empresas y empleos en la zona. Asimismo, puede resultar un modelo para proyectos futuros de energía renovable en otras partes del país.

### **Precio de la oferta.**

El valor de la iniciativa considera las consideraciones previas mencionadas, y se calcula una vez que se determina el tamaño de la cámara.

Dimensiones de la cámara:

Ancho 20 metros, largo 35 metros, altura 8 metros.

### Precio de obra del proyecto y despacho eléctrica.

Tabla 11. Precio general del proyecto.

Concepto	Costo
Escombros retirados por la excavación	S/. 2 222. 012
Equipos para la obtención de biogás	S/. 526 436. 66
Paredes de la cámara	S/. 106 977. 2
Polímero cubierto del Biodigestor	S/. 5 290.00
Mano de obra excavación	S/. 10 800
Renta de excavadora	S/.2122.80
Canalizaciones y conexiones	S/ 5 255. 70
Elementos de seguridad	S/ 3 209.36
<b>Total</b>	<b>S/ 662 313.732</b>

Fuente: Autoría Propia.

Facturación económica de producto del proyecto :

$$310922.20 \text{ kW/h en medio año} * 0.62 = S/192771.764 \text{ medio año}$$

$$=S/. 385543.528 \text{ en un año}$$

Perdidas en el tiempo de espera para la generación de biogás Tiempo

de espera: 30 días

$$964.45 \frac{\text{kw}}{\text{h}} * 30 \text{ días} = 28 933.5 \frac{\text{kw}}{\text{h}}$$

## **Evaluación del regreso de inversión**

Es crucial tener en cuenta un factor determinante, al considerar los datos obtenidos en los cálculos del consumo eléctrico, fabricación de biogás a través de residuos orgánicos y montaje de una instalación para obtener energía, a la hora de efectuar la propuesta.

Determinar la rentabilidad del proyecto retorno de inversión, factoring en los costos de los materiales, los componentes eléctricos necesarios para su instalación, el presupuesto de construcción y los gastos en mano de obra. Se considera que el proyecto no es rentable si tarda más de cinco años en recuperar la inversión, lo que puede sumar pérdidas extras en su mantenimiento. Por otro lado, si se recupera la inversión en un período menor de tiempo, se considera que el proyecto es rentable y cubre los gastos eficazmente. (Uribe, 2020).

Considerando los 2.33 años mencionados anteriormente, se deben incluir los gastos de operación asociados al manejo de los residuos orgánicos. (Uribe, 2020).

2.41 < 5 años

Se considera que el proyecto es rentable ya que se estima que se recupere la inversión en un tiempo menor a los 5 años estimados, concretamente en aproximadamente 2.5 años.

## V. DISCUSIÓN

El objetivo de esta propuesta es establecer los fundamentos teóricos para conectarla producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca.

En este sentido, la propuesta de desarrollar las bases teóricas para conectar la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca es una iniciativa prometedora que puede generar beneficios significativos para la región en términos de fortalecimiento y estabilidad del sistema eléctrico.

Este objetivo no solo busca abordar la necesidad de integrar fuentes de energía renovable en el suministro eléctrico de la ciudad, sino que también representa un paso significativo hacia la sostenibilidad y la autonomía energética en la comunidad.

La conexión entre la producción de biogás y el sistema eléctrico es esencial para diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de fuentes no renovables. La discusión final se centra en la importancia de esta integración, destacando cómo esta iniciativa puede contribuir a la mitigación de impactos ambientales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo así un enfoque más sostenible y amigable con el medio ambiente. Además, se destaca cómo este objetivo puede impulsar el desarrollo local, proporcionando una solución energética eficiente y sostenible para la comunidad. La propuesta busca no solo mejorar el acceso a la energía en Yanacancha Baja, sino también sentar las bases para un modelo replicable en otras comunidades interesadas en adoptar prácticas energéticas más sostenibles.

En resumen, la conexión de la producción de biogás al sistema eléctrico de Cajamarca no solo aborda la urgencia de transitar hacia fuentes de energía más limpias, sino que también establece un precedente para el desarrollo sostenible en la región, promoviendo la resiliencia, la autonomía y la protección del medio ambiente.

Los resultados obtenidos a través de los objetivos específicos mencionados son de gran importancia para el proyecto de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca.

En primer lugar. Esto es crucial para evaluar la factibilidad del proyecto desde una perspectiva técnica y económica. El objetivo específico de identificar la capacidad de producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca y evaluar su viabilidad técnica y económica para su conexión al sistema eléctrico de la ciudad representa un paso crucial hacia la implementación exitosa de esta propuesta integral.

En términos de la identificación de la capacidad de producción de biogás, la discusión final destaca la importancia de comprender la realidad local de Yanacancha Baja en cuanto a la disponibilidad de materiales orgánicos para la producción de biogás, así como las condiciones climáticas y ambientales que podrían influir en el proceso. Este análisis detallado es esencial para determinar la escala adecuada de la planta de biogás, garantizando una producción constante y sostenible.

La evaluación de la viabilidad técnica y económica constituye una fase crítica del proyecto. Se destaca la necesidad de considerar los aspectos técnicos relacionados con la infraestructura necesaria, los equipos requeridos y la eficiencia del proceso de conversión de residuos orgánicos a biogás. Además, la discusión aborda los aspectos económicos, resaltando cómo la viabilidad financiera es clave para la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

En el contexto de la viabilidad económica, se profundiza en la importancia de considerar los costos de instalación, operación y mantenimiento, así como los posibles ingresos generados a través de la venta de electricidad al sistema. La discusión también aborda estrategias potenciales para financiar el proyecto, como asociaciones público-privadas, financiamiento gubernamental o incluso la participación de inversionistas locales.

Finalmente, la discusión resalta cómo la viabilidad técnica y económica no solo se traduce en el éxito del proyecto, sino que también tiene implicaciones directas en la aceptación y participación de la comunidad local. La inclusión de la comunidad en el proceso de toma de decisiones y la consideración de sus necesidades y preocupaciones son aspectos esenciales para garantizar el apoyo y la sostenibilidad a largo plazo.

En resumen, este objetivo específico no solo busca recopilar datos técnicos y económicos, sino que también establece las bases para un enfoque participativo y sostenible en la implementación de la conexión de la producción de biogás al sistema eléctrico de Cajamarca. La discusión final resalta cómo esta fase crítica del proyecto no solo es un paso técnico, sino también una oportunidad para construir relaciones sólidas con la comunidad y crear un modelo replicable para iniciativas futuras.

En segundo lugar, el diseño de un sistema de conexión seguro y eficiente entre la producción de biogás y el sistema eléctrico, cumpliendo con las regulaciones y normativas del sector eléctrico, garantiza el cumplimiento de los estándares de seguridad y las regulaciones aplicables. Esto asegura la viabilidad legal del proyecto y su sostenibilidad a largo plazo.

El objetivo de diseñar un sistema de conexión seguro y eficiente entre la producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca y el sistema eléctrico de la ciudad representa un paso fundamental en la implementación de la propuesta. La discusión final destaca la importancia de este proceso de diseño en la creación de una infraestructura sólida y en cumplimiento con las regulaciones y normativas del sector eléctrico.

En el análisis de este objetivo, se considera primordial la seguridad y eficiencia del sistema de conexión. La discusión resalta la necesidad de un diseño que garantice la integridad de la infraestructura y minimice los riesgos asociados con la producción y transporte de biogás. Se explora la utilización de tecnologías y prácticas seguras en la industria para mitigar posibles problemas relacionados con la combustión y manipulación del biogás.

La consideración de las regulaciones y normativas del sector eléctrico se convierte en un punto central en la discusión final. Se analiza cómo el diseño del sistema debe cumplir con los estándares establecidos por las autoridades locales y nacionales en términos de seguridad eléctrica, calidad de la energía y conexión a la red. Además, se destaca la importancia de la transparencia y comunicación con las autoridades reguladoras para obtener los permisos necesarios y garantizar el cumplimiento normativo.

En el contexto de la eficiencia del sistema de conexión, la discusión aborda cómo el diseño debe optimizar la generación y distribución de electricidad a partir del biogás producido. Se consideran tecnologías avanzadas de conversión y



almacenamiento de energía para maximizar la eficiencia y garantizar un suministro constante y confiable a la red eléctrica de Cajamarca.

La implementación de prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en el diseño del sistema se destaca en la discusión final. Se explora la posibilidad de utilizar materiales y tecnologías eco amigables, así como estrategias de diseño que minimicen el impacto ambiental.

En resumen, el diseño del sistema de conexión entre la producción de biogás y el sistema eléctrico es un proceso complejo que requiere un enfoque integral. La discusión final enfatiza cómo este diseño no solo busca cumplir con criterios técnicos, sino también contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar de la comunidad. La inclusión de aspectos de seguridad, eficiencia, cumplimiento normativo y sostenibilidad ambiental son fundamentales para el éxito y la aceptación del proyecto.

En tercer lugar, la implementación de un plan de gestión y operación adecuado para la producción de biogás, incluyendo su almacenamiento, transporte y suministro al sistema eléctrico, es fundamental para asegurar una fuente confiable sostenible de energía. Un plan de gestión y operación adecuado permite una producción constante y estable de biogás, lo que contribuye a la estabilidad del suministro energético en la región.

El objetivo de crear un plan integral para la gestión y operación de la producción de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca representa un componente crucial en la implementación de la propuesta. La discusión final destaca la importancia de este plan para asegurar una gestión eficiente y sostenible de la producción de biogás, abordando aspectos clave como almacenamiento, transporte y suministro al sistema eléctrico de la ciudad.

En el análisis de este objetivo, se enfatiza la necesidad de un plan que aborde de manera integral la gestión de la producción de biogás desde su generación hasta su entrega al sistema eléctrico. La discusión resalta cómo un enfoque holístico garantiza una coordinación efectiva de todas las etapas del proceso, maximizando la eficiencia y minimizando posibles inconvenientes operativos.

El almacenamiento de biogás se convierte en un punto central en la discusión

final. Se exploran diferentes tecnologías de almacenamiento que aseguren una capacidad adecuada y la disponibilidad constante de biogás para la generación de electricidad. Además, se consideran prácticas seguras para el manejo almacenamiento del biogás, minimizando riesgos potenciales asociados con la combustión y la manipulación de este gas renovable.

La logística y el transporte del biogás desde el lugar de producción hasta la conexión con el sistema eléctrico de la ciudad son aspectos críticos que se abordan en la discusión. Se examinan diferentes opciones de transporte, evaluando su eficiencia y sostenibilidad. Además, se considera la infraestructura necesaria para el transporte seguro y eficiente del biogás a través de la red de distribución.

En cuanto al suministro al sistema eléctrico de la ciudad, la discusión final destaca la importancia de una planificación estratégica. Se analizan los mecanismos de conexión y la integración efectiva del biogás en la red eléctrica existente. Además, se consideran posibles sinergias con otras fuentes de energía renovable para garantizar un suministro equilibrado y confiable.

La implementación de prácticas sostenibles y seguras en todas las etapas del plan integral se destaca en la discusión. Se explora la posibilidad de utilizar tecnologías y estrategias que minimicen el impacto ambiental y que promuevan la seguridad en todas las operaciones relacionadas con la producción de biogás. En resumen, la creación de un plan integral para la gestión y operación de la producción de biogás es esencial para el éxito y la sostenibilidad del proyecto. La discusión final resalta cómo este plan no solo busca cumplir con criterios operativos, sino también contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar de la comunidad. La inclusión de aspectos de almacenamiento, transporte y suministro de biogás de manera eficiente y segura es fundamental para garantizar el éxito a largo plazo de la propuesta.

Por último, el desarrollo de un modelo de negocio rentable para los productores de biogás en Yanacancha Baja - Cajamarca es esencial para el éxito del proyecto y para fomentar el desarrollo económico y social de la región. Si los productores pueden recuperar los costos de producción y generar ingresos a largo plazo, podrán invertir en mejorar la producción y en otras áreas de la comunidad. Además, la producción de biogás a partir de residuos orgánicos locales puede generar empleo y promover el desarrollo económico en la región.

ingresos sostenibles a lo largo del tiempo.

#### Identificación de Ingresos:

Definir las fuentes de ingresos, que podrían incluir la venta de biogás a la red eléctrica, la comercialización de subproductos derivados del proceso y posibles incentivos o créditos relacionados con energías renovables.

#### Costos de Producción:

Evaluar detalladamente los costos asociados con la producción de biogás, incluyendo inversiones iniciales, mantenimiento, salarios del personal, costos de materiales y cualquier gasto operativo relacionado.

#### Precios y Tarifas:

Establecer precios competitivos para la venta de biogás, considerando tarifas del mercado, políticas gubernamentales, incentivos fiscales y cualquier regulación relacionada con la energía renovable.

#### Socios y Alianzas Estratégicas:

Identificar posibles socios y aliados estratégicos que puedan contribuir al éxito del modelo de negocio, como empresas energéticas, entidades gubernamentales, ONG y otras organizaciones relevantes.

#### Plan de Marketing y Promoción:

Desarrollar un plan de marketing efectivo para promocionar el biogás producido en Yanacancha Baja, destacando sus beneficios ambientales y económicos. Esto puede incluir campañas publicitarias, participación en eventos y colaboraciones con medios de comunicación.

#### Gestión de Riesgos:

Evaluar y abordar posibles riesgos asociados con el modelo de negocio, como fluctuaciones en los precios del mercado, cambios en regulaciones gubernamentales y posibles interrupciones en la cadena de suministro.

#### Evaluación Financiera:

Realizar proyecciones financieras detalladas para evaluar la viabilidad a largo plazo del modelo de negocio. Esto incluirá análisis de flujo de efectivo, estados de resultados y balances financieros.

#### Discusión del Modelo de Negocio:

El modelo de negocio propuesto se centra en la sostenibilidad financiera a largo plazo, garantizando que los productores de biogás en Yanacancha Baja no solo recuperen sus costos de producción, sino que también generen ingresos significativos. La diversificación de fuentes de ingresos, como la venta de subproductos y la búsqueda de incentivos gubernamentales, contribuirá a la estabilidad financiera del modelo.

La fijación de precios competitivos y la identificación de socios estratégicos fortalecerán la posición del modelo en el mercado energético. El plan de marketing se enfocará en resaltar los beneficios ambientales del biogás, aprovechando las crecientes preocupaciones sobre la sostenibilidad y las energías renovables.

La gestión proactiva de riesgos garantizará la capacidad del modelo para adaptarse a cambios en el entorno empresarial. La evaluación financiera proporcionará una visión clara de la rentabilidad y permitirá ajustes estratégicos según sea necesario. En resumen, el modelo de negocio se concibe como un enfoque integral que buscan no solo cumplir con los objetivos financieros, sino también contribuir al desarrollo sostenible de Yanacancha Baja y la región de Cajamarca. La discusión resalta cómo este modelo no solo es rentable sino también ético y alineado con los principios de responsabilidad ambiental y social.

## VI. CONCLUSIONES

La propuesta para conectar la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca ha sido abordada a través de objetivos específicos que han guiado la investigación y el diseño estratégico. En este sentido luego de analizar los resultados del estudio para evaluar la factibilidad de implementar un sistema de producción de biogás y generación de energía en Yanacancha, se puede concluir que existe una oportunidad valiosa para aprovechar los residuos orgánicos de la zona como materia prima para la producción de biogás y generación de electricidad.

Establecer los Fundamentos Teóricos para la Conexión, este objetivo sirvió como punto de partida para comprender la viabilidad y relevancia teórica de conectar la producción de biogás al sistema eléctrico. La discusión detallada de aspectos teóricos respaldó la necesidad de explorar opciones sostenibles y contribuir a la matriz energética de Cajamarca.

A partir de los cálculos realizados, se puede determinar la cantidad de gas metano que se puede producir con base en los desechos orgánicos, y evaluar su capacidad de generar electricidad. Esta opción sostenible y rentable puede proporcionar energía a Yanacancha en Cajamarca.

Identificar la Capacidad de Producción y Evaluar Viabilidad, la evaluación de la capacidad de producción de biogás en Yanacancha Baja reveló datos prometedores. La viabilidad técnica y económica se sustentó en un análisis detallado de costos y beneficios. Concluimos que la conexión al sistema eléctrico es factible desde un punto de vista práctico y económico.

La puesta en marcha de esta alternativa sostenible puede brindar beneficios económicos a la localidad, al disminuir los gastos energéticos, fomentar la creación de empleo y mejorar el bienestar de la población.

Diseñar un Sistema de Conexión Seguro y Eficiente: El diseño de un sistema de conexión seguro fue un paso crucial para garantizar la integridad y eficiencia de la operación. Se concluyó que la atención meticulosa a las regulaciones y

normativas del sector eléctrico es esencial, y el diseño propuesto aborda adecuadamente estos aspectos.

Se eligieron los equipos y dispositivos eléctricos requeridos para la producción de energía eléctrica en base a la cantidad de metano producido y se evaluó la cantidad de energía eléctrica necesaria para satisfacer las necesidades de la zona bajo análisis. Crear un Plan Integral para la Gestión y Operación: El desarrollo de un plan integral para la gestión y operación de la producción de biogás se basó en principios de sostenibilidad y eficiencia. Concluimos que la implementación de prácticas de almacenamiento, transporte y suministro bien planificadas contribuir a la continuidad exitosa del proyecto.

A partir de los descubrimientos realizados, se puede llegar a la conclusión de que, al comparar el gasto y consumo de la tarifa ofrecida por HIDRANDINA SA con la energía generada a través del biodigestor, se evidencia que la implantación de este sistema permitiría una reducción notable en los costos de electricidad y cubrir adecuadamente las necesidades de consumo energético de la zona seleccionada. Establecer un Modelo de Negocio Rentable: La creación de un modelo de negocio rentable es esencial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. Se concluyó que la diversificación de fuentes de ingresos, la colaboración con socios estratégicos y la atención a factores de riesgo son fundamentales para el éxito financiero y operativo.

La evidencia indica con claridad que la producción de electricidad a través de la utilización del biogás obtenido a partir de los desechos orgánicos de la zona es una opción viable y sostenible que puede colaborar de manera significativa a disminuir los costos energéticos y mejorar el bienestar de la población.

También es posible que esta propuesta contribuya de manera positiva a la economía local, al disminuir la necesidad de recurrir a fuentes de energía no renovables y al fomentar el progreso sostenible en la zona.

De igual manera, el análisis llevado a cabo evidencia que la implantación de un sistema que permita obtener biogás y generar energía eléctrica en la zona elegida podría ser una opción factible y sostenible para proveer electricidad, lo que se presenta como una oportunidad relevante de progreso para la región.

De acuerdo con los hallazgos del estudio de retorno de la inversión, se concluye

que la propuesta de implantación de este sistema es económicamente factible y sostenible, con una duración estimada de recuperación de la inversión de alrededor de tres años. Esto comprueba que el proyecto es viable financieramente y está en capacidad de producir beneficios económicos en un plazo relativamente corto.

En síntesis, los resultados del análisis de retorno de inversión señalan que la propuesta de implantación de un sistema que permita obtener biogás y generar energía eléctrica a partir de los desechos orgánicos de Yanacancha en Cajamarca es financieramente viable y sostenible, lo que se perfila como una alternativa atractiva para abastecer de electricidad y una significativa ocasión de progreso para la zona.

En conjunto, estas conclusiones apuntan a la viabilidad y pertinencia de la propuesta para conectar la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de Cajamarca. La integración de aspectos teóricos, técnicos, económicos y operativos se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible y contribuye positivamente a la matriz energética regional. Este proyecto no solo representa una oportunidad para aprovechar los recursos locales de manera sostenible, sino que también ofrece un modelo replicable para otras comunidades.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se puede sugerir varias recomendaciones para la propuesta de "crear las bases teóricas para un sistema que conecte la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca".

Estas recomendaciones podrían implicar realizar un análisis detallado de la producción de biogás en Yanacancha Baja para establecer la cantidad de energía que se puede generar y su potencial para suplir la demanda energética de la ciudad de Cajamarca.

También, resulta importante identificar los requerimientos legales y técnicos necesarios para conectar la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca, considerando las normas y regulaciones aplicables. Asimismo, es necesario realizar una evaluación de los costos asociados con la implantación del sistema de conexión, incluyendo los costos de la infraestructura, equipos necesarios, y los costos de la operación y mantenimiento a largo plazo.

Igualmente, debe considerarse los aspectos ambientales y sociales relevantes, como la gestión de residuos y la contribución del proyecto al desarrollo sostenible de la región.

También es conveniente identificar potenciales fuentes de financiamiento para el proyecto, que comprendan fondos gubernamentales y privados, así como incentivos y programas de financiamiento específicos para proyectos de energías renovables.

Por otro lado, es imprescindible desarrollar un plan de acción para la implantación del proyecto, que incluya la definición de responsabilidades y roles de los diferentes involucrados y un calendario de ejecución. Por último, es vital realizar un monitoreo y evaluación continuo del proyecto para garantizar su eficiencia y eficacia, y aplicar ajustes necesarios en caso de ser necesario.

En resumen, la propuesta para conectar la producción de biogás de Yanacancha Baja al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca requiere una planificación y análisis detallados para asegurar su viabilidad técnica, financiera y ambiental.



## REFERENCIAS

- A.C., M. (2001). Metodología: Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación (3ª ed.) Bogotá, Colombia: Editorial Universidad del Rosario.
- Achinas S, A. V. (2017). A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste.
- Obtenido de A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste.:<https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.03.002>.
- Agency, E. P. (1999). Nitrogen Oxides (NOx), why and how they are controlled. Agency, E. P. (2020). LFG Energy Project Development Handbook.
- Agency, I. E. (MARZO de 2020). <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables>.
- Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables>:  
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables>
- Agency., E. P. (2014). Biogas Opportunities Roadmap. Voluntary Actions to Reduce Methane Emissions and Increase Energy Independence.
- Aguilar Benitez, I., & Blanco, P. (2018). Recuperación de metano y reducción de emisiones en PTAR Nuevo Laredo, Tamaulipas, México. ProQuest. doi:10.24850/j-tyca-2018-02-04
- Ali MM, N. M. (2020). Mapping of biogas production potential from livestock manures and slaughterhouse waste: A case study for African countries. J Clean Prod. Obtenido de Mapping of biogas production potential from livestock manures and slaughterhouse waste: A case study for African countries. J Clean Prod: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.120499>.
- Amigun B, v. B. (2010). Capacity-cost and location-cost analyses for biogas plants in Africa. Obtenido de Capacity-cost and location-cost analyses for biogas plants in Africa.: <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2010.07.004>.
- Anyaoku CC, B. S. (2018). Decentralized anaerobic digestion systems for increased utilization of biogas from municipal solid waste. Renew Sustain Energy. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.03.009>:  
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.03.009>

- Arias C., F. (2017). Energías Renovables del nuevo siglo 5a ed. México: Edit. Prentice -Hall.
- Asofenix. (2008). Instalación de Biodigestores en Comunidades de Teustepe y San Jose de los Remates. Managua : Asofenix. Recuperado Octubre de 2022.
- Association, E. B. (2019). EBA Statistical Report: European Overview.
- Association., T. M. (2017). Exhaust Emission Legislation Diesel and Gas Engines.
- Ayodele T., A. M. (2020). Ogunjuyigbe AS. Effect of collection efficiency and oxidation factor on greenhouse gas emission and life cycle cost of landfill distributed energy generation. Obtenido de Ogunjuyigbe AS. Effect of collection efficiency and oxidation factor on greenhouse gas emission and life cycle cost of landfill distributed energy generation.: <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101821>.
- B., C. (2012). Investigation of engine design parameter on the efficiency and performance of the high specific power downsized SI engine.
- Barrera, J. H. (2008). Metodología Holística.
- Biogas, A. M. (2020). <https://www.energiaestrategica.com/>. Obtenido de <https://www.energiaestrategica.com/tag/asociacion-mexicana-de-biomasa-y-biogas/>
- Blanco, G., Santalla, E., Córdova, V., & Levy, A. (2017). Generación de Electricidad a partir de Biogás capturado de Residuos Sólidos Urbanos. Argentina: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Boyle. (2004). Renewable Energy. New York: Oxford University Press.
- Breaux B, H. C. (2015). The Effect of In-Cylinder Turbulence on Lean, Premixed, Spark Ignited Engine Performance. Obtenido de The Effect of In-Cylinder Turbulence on Lean, Premixed, Spark Ignited Engine Performance.: <https://doi.org/10.1115/ICEF2015-1007>.
- C., R. (2019). Analisis del sistema electrico basado en Biogas en Inglaterra . University of Cambridge.
- Castellón Centeno, F., Martínez Rugama, J., & Gutiérrez Martínez , Y. (2018). Evaluación de la Producción de Biogás de tres sustratos (Estiércol de ganado, Bovino y porcino, y la pulpa de café).

- COES-CENACE. (Agosto de 2012). Interconexión Perú-Ecuador Suministro de la Carga de el Oro desde Perú. Lima, Perú: COES SINAC,
- Cuesta MJ, M. F. (2009). Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento.
- Cycles., Z. G. (2008). Jorgensen SE, Fath BD, editors. *Encycl. Ecol.*, Elsevier B.V.; 2008,
- p. 2335–41. Obtenido de Jorgensen SE, Fath BD, editors. *Encycl. Ecol.*, Elsevier B.V.; 2008, p. 2335–41.: <https://doi.org/978-0-444-52033-3>.
- Divya D, G. L. (2015). A review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means. Obtenido de A review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means.: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.10.055>.
- Energía, E. V. (2001). *Tecnologías Avanzadas de Generación Eléctrica: Plantas de Valorización de Biogás de Vertedero*.
- Española, F. d. (2019). *Energía 2019*.
- Europea., E. P. (2018). Directiva 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- F., B. (2004). *Sistemas de energía eléctrica*.
- Fidas, A. (2019). *Normas Para la Elaboración y Presentación de los Trabajos de Grado*".
- G., R. (2018). *Quality of Landfill Gas*. Obtenido de *Quality of Landfill Gas*.: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407721-8.00021-8>.
- Hernández, F. y. (2010). *Metodología de la Investigación* .
- Hosseini SE, W. M. (2014). Development of biogas combustion in combined heat and power generation. Obtenido de *Development of biogas combustion in combined heat and power generation*.: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.07.204>.
- J., K. (2007). The road to obtaining the ultimate performance of gas engines -opportunities and challenges.
- JL., L. (1999). *Flow in the cylinder*. *Engines*, Cambridge University Press. Obtenido de *Flow in the cylinder*. *Engines*, Cambridge University Press: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139175135.007>.

- Jung C, P. J. (2015). Performance and NOx emissions of a biogas-fueled turbocharged internal combustion engine. Obtenido de Performance and NOx emissions of a biogas-fueled turbocharged internal combustion engine.: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2015.03.122>.
- León Torres, C., Nomberto Rodríguez, C., Mendoza Avalos, G., Bardales Vásquez, C., Cabos Sánchez, J., & Barrena Gurbillón, M. (2019). Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol. Scielo Perú.
- Li M, W. H. (2020). A comprehensive review of pilot ignited high pressure direct injection natural gas engines. Obtenido de A comprehensive review of pilot ignited high pressure direct injection natural gas engines: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.109653>.
- Lima RM, S. A. (2018). Spatially distributed potential of landfill biogas production and electric power generation in Brazil. Obtenido de Spatially distributed potential of landfill biogas production and electric power generation in Brazil: <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2017.12.011>.
- Long H, L. X. (2013). Biomass resources and their bioenergy potential estimation: A review. Renew Sustain Energy. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2013.05.035>.: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2013.05.035>.
- Lou XF, N. J. (2009). The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. Obtenido de The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review.: <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2008.12.006>.
- Mae-Wan, H. (2008). Biogas bonanza for third world development. Institute of science in society.
- Martins, P. y. (2006). Metodología de la investigación cualitativa.
- Mo H, H. Y. (2016). Investigations on the Potential of Miller Cycle for Performance Improvement of Gas Engine.
- N., B. (2013). Design and engineering of biogas plants. Obtenido de Design and engineering of biogas plants.: <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857097415.2.191>.
- Nations., U. (2012). Protocol to the 1979 Convention on long-range

transboundary air pollution to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone.

- Oregui I, G. E. (2018). Achieving best-in-class OPEX and Emissions with Siemens E-Series Gas Engine. Viena.
- OSINERGMIN. (marzo de 2016). RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO
- OSINERGMIN Fijación de Tarifas en Barra. Lima, Perú: OSINERGMIN.
- Payri F, D. J. (2011). Motores de combustión interna alternativos. Reverte.
- Pérez Guevara , P., & Ramón Sarantes, Y. (2019). La codigestión anaerobia, como alternativa de los residuos sólidos orgánicos generados en los mercados municipales.
- Pérez, R. A. (2018). Dialnet. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=2143851>
- Porto, P. (2020).
- [https://scholar.google.co.ve/scholar?q=Porto+et+al.,+2020&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_v is=1&oi=scholart](https://scholar.google.co.ve/scholar?q=Porto+et+al.,+2020&hl=es&as_sdt=0&as_v is=1&oi=scholart). Obtenido de [https://scholar.google.co.ve/scholar?q=Porto+et+al.,+2020&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_v is=1&oi=scholart](https://scholar.google.co.ve/scholar?q=Porto+et+al.,+2020&hl=es&as_sdt=0&as_v is=1&oi=scholart)
- Quezada, R., Salas, N., Arguedas, M., & Botero, R. (2007). Generación de energía eléctrica a partir de biogás.
- Real Decreto 1042/2017 , 34/2007 (sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas y por el que se actualiza el anexo IV de la Ley 34/2007 de calidad del aire y protecci 2017).
- Real Decreto 1042/2017 sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas y por el que se actualiza el anexo IV de la Ley 34/2007 de calidad de la ire y protecci, 34/2007 (2017).
- Rehman, D. (1997). Biogas: the Indian NGO experience. AFPRO-CHF network programme. EEUU.
- Reyes Aguilera, E. (s.f.). Producción de biogás a partir de Biomasa. Para el Centro de investigación de Energías Renovables (CIER).
- Rittc, F. (2020). Generacion de Energia a traves de sistemas alternativos.

- Rodrigues Mesquita, T., Sousa, I., Antunes Collares, M., & Pereira Rosa, A. (2021).
- Propuesta simple y confiable para determinar la factibilidad técnica del uso de biogás y la autosostenibilidad energética en plantas de tratamiento de aguas servidas en la UASB. ProQuest. doi:10.2166/wst.2021.189
  - Rodriguez, M. (2013). Historia del biogás , primeros pasos. Ciencia y sociedad, 72-77.
  - RT., B. (2011). Vapor and Gas Power Cycles. Mod. Eng. Thermodyn. Obtenido de Vapor and Gas Power Cycles. Mod. Eng. Thermodyn.: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374996-3.00013-0>.
  - Sandoval Salas, F., Rosa Cruz, R., Méndez Carreto, C., Solano Rentería, M., & CuevasSuárez, C. (2018). Producción de biogás en sustrato sólido a partir de pulpa de café y aserrín de madera. Perote-Veracruz: Subdirección de Investigación.
  - SINAC, C. I. (febrero de 2017). Obtenido de Periodo 2019-2028. COES SINAC,.SINAC, C. I. (enero de 2023). SINAC.
  - Suzuki, P. A. (octubre de 2015). El Mercado Mayorista de Electricidad en el Perú. Lima,Perú: COES SINAC, .
  - T., G. O. (2007). Gas fuelled engine applications in ships - experience with different shiptypes and development of rules and international regulations.
  - Transmisión, P. d. (noviembre de 2019). Taller: El ABC del Plan de Transmisión. Lima, Perú . Obtenido de Dirección de Planificación de Transmisión.
  - Uribe, D. D. (2020). Analisis Finaciero para factibilidad de proyecto.
  - Venegas Venegas, J. A., Raj Aryal, D., & Pinto Ruíz, R. (2019). Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas.Scielo.
  - Wägar N, Ö. M. (2012). Smart Power Generation with flexible Gas Engine concepts.
  - Xue S, S. J. (2020). A systematic comparison of biogas development and related policiesbetween China and Europe and corresponding insights. Obtenido de A systematiccomparison of biogas development and related policies between China and Europe and corresponding insights:

<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.109474>.

- Yadav SD, K. B. (2013). Characteristics of Biogas Operated Automotive SI Engine to Reduce Exhaust Emission for Green Development. Obtenido de Characteristics of Biogas Operated Automotive SI Engine to Reduce Exhaust Emission for Green Development.: <https://doi.org/10.4271/2013-26-0012>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Operacionalización de Variables.

Tabla 18 Matriz de operacionalización de la variable sistema de biogás

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE: Sistema de biogás</b>	El biogás de vertedero es producido a partir de la digestión anaeróbica; Mucho depende de cuándo se depositan los residuos, así como de la composición, temperatura y humedad del entorno circundante. Por su contenido en metano y el flujo recibido, su potencial es muy útil (Blanco, Santalla, Córdova, & Levy, 2017).	El tipo de muestra retenida para este estudio fue la muestra “no probabilística” o dirigida. Incluso con la muestra no probabilística, no es posible hacer inferencias sobre todo el conjunto definido; fue seleccionado para este estudio por las siguientes razones: Recolectar información sobre fincas o propiedades con características específicas de manera controlada, en lugar de buscar información para ser representativa de todas las fincas en una población definida sin importar el tipo de proceso de producción.	Energía Solar	Biodigestor irradiación solar	Nominal
			Biomasa	Residuos orgánicos ganaderos (Insumos) Energía promedio diario (w.h) Costo promedio por día	Nominal



Tabla 19 Matriz de operacionalización de la variable de aumento de la capacidad y estabilidad del sistema eléctrico nacional

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>DEPENDIENTE: Aumento de la capacidad y estabilidad del sistema eléctrico Nacional.</b>	La energía eléctrica es un tipo de energía que consiste en el movimiento de los electrones entre dos puntos cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, lo cual permite generar la llamada corriente eléctrica Autor: Electricidad McGraw Hill. Circuitos Eléctricos. 5ta Edición.	El tipo de muestra retenida para este estudio fue la muestra “no probabilística” o dirigida. Incluso con la muestra no probabilística, no es posible hacer inferencias sobre todo el conjunto definido; fue seleccionado para este estudio por las siguientes razones: Como estudio descriptivo, el objetivo fue determinar qué medir y cómo lograr la precisión para obtener energía eléctrica de un motor alimentado con biogás.	Producción	Energía promedio diario (w.h)	Nominal
				Costo promedio (w.h)	
			Demanda	Máxima demanda (w)	

## Anexo 2 Página Empresa Capstone



CPST (NASDAQ) 0,56 | +0,02 | 05 de mayo 2015 | 16:00 ET

Búsqueda

Casa Nuestra Compañía **Productos y Soluciones** Relaciones con Inversores En Las Noticias

Contáctenos

### Productos y Soluciones

## Productos

Productos

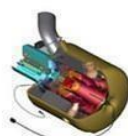
Soluciones

Servicio

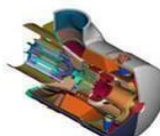
Estudios Globales de casos

Tecnología de Información

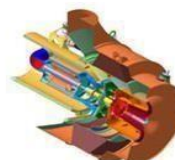
Capstone hace varios tamaños de microturbinas: 30kW, 65kW y 200kW. Los productos basados en la turbina de 200 kW también están disponibles en configuraciones de 600kW, 800kW y 1MW. Para obtener más información acerca de nuestros productos, descargue el catálogo de productos de Capstone.



C30 (30 kW)



C65 (65kW)



C200 (200kW)

Todas las microturbinas Capstone operan:

- Continua o bajo demanda
- Independiente o de conectores de red
- Individualmente o Multi-pack
- Ejecutar en una variedad de combustibles
  - Baja o Alta Presión de Gas Natural
  - Biogás (vertederos, centros de tratamiento de aguas residuales, anaeróbico)
  - Gas de antorcha
  - Diesel
  - Propano
  - Queroseno

Model	Fuels	Power Output <sup>(1)</sup>	Electrical Efficiency	Exhaust Gas Flow		Exhaust Temperature		Net Heat Rate		Dimensions <sup>(2)</sup> (W x D x H)	
		kW	%	kg/s	lbm/s	C°	F°	MJ/kWh	btu/kWh	m	in
<b>GASEOUS FUELS<sup>(3)</sup></b>											
C30 LP	NG	28	25	0.31	0.68	275	530	13.8	13,100	0.76 x 1.5 x 1.8	30 x 60 x 70
C30 HP	NG, P, LG, DG	30	26	0.31	0.68	275	530	13.8	13,100	0.76 x 1.5 x 1.8	30 x 60 x 70
C30 HZLC <sup>(4)</sup>	NG	30	26	0.32	0.70	275	530	13.8	13,100	0.87 x 2.9 x 2.2	34 x 112 x 85
C65	NG, P	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 1.9 x 1.8	30 x 77 x 76
C65 ICHP	NG, P, LG, DG	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 2.2 x 2.4	30 x 87 x 93
C65 CARB	NG	65	28	0.51	1.13	311	592	12.9	12,200	0.76 x 2.2 x 2.6	30 x 87 x 103
C65 CARB	LG, DG	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 2.2 x 2.6	30 x 77 x 85
C65 HZLC <sup>(4)</sup>	NG	65	29	0.50	1.09	325	617	12.9	12,200	0.87 x 3.2 x 2.3	35 x 128 x 90
C200 LP	NG	190	31	1.3	2.9	280	535	11.6	11,000	1.7 x 3.8 x 2.5	67 x 150 x 98
C200 HP	NG, P, LG, DG	200	33	1.3	2.9	280	535	10.9	10,300	1.7 x 3.8 x 2.5	67 x 150 x 98
C200 HZLC <sup>(4)</sup>	NG	200	33	1.3	2.9	280	535	10.9	10,300	1.9 x 3.2 x 3.1	74 x 126 x 122
C600 LP	NG	570	31	4.0	8.8	280	535	11.6	11,000	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C600 HP	NG, P, LG, DG	600	33	4.0	8.8	280	535	10.9	10,300	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C800 LP	NG	760	31	5.3	11.7	280	535	11.6	11,000	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C800 HP	NG, P, LG, DG	800	33	5.3	11.7	280	535	10.9	10,300	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C1000 LP	NG	950	31	6.7	14.7	280	535	11.6	11,000	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C1000 HP	NG, P, LG, DG	1000	33	6.7	14.7	280	535	10.9	10,300	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
<b>LIQUID FUELS<sup>(5)</sup></b>											
C30	D, A, K	29	25	0.31	0.69	275	530	14.4	13,700	0.76 x 1.5 x 1.9	30 x 60 x 70
C65	D, A, K	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 1.9 x 1.8	30 x 77 x 76
C65 ICHP	D, A, K	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 2.2 x 2.4	30 x 87 x 93
C200	D	190	30	1.3	2.9	280	535	10.9	10,300	1.7 x 3.8 x 2.5	67 x 150 x 98

<sup>(1)</sup> Nominal full power performance at ISO conditions: 59° F, 14.696 psia, 60% RH

<sup>(2)</sup> Height dimensions are to the roofline. Exhaust outlet can extend up to 7 inches above the roofline.

<sup>(3)</sup> Models available to operate on these different fuels: NG – Natural Gas; P – Propane; LG – Landfill Gas; DG – Digester Gas

<sup>(4)</sup> Hazardous Location units suitable for use in potentially explosive atmospheres (UL Class I, Division 2 or Atex Class I, Zone 2)

<sup>(5)</sup> Models available to operate on these different fuels: D – Diesel; A – Aviation; K – Kerosene

Specifications are not warranted and are subject to change without notice.

## Anexo 3 Página Empresa Viogás



### Biodigestores VIOGAZ

Los Biodigestores VIOGAZ son un novedoso sistema que sustituye los biodigestores convencionales de plástico, por una unidad prefabricada lista para instalar. Estos biodigestores, son fabricados a base de geomembrana de PVC de 1 mm de grosor. Ofrecemos cerca de 20 modelos diferentes desde 2m<sup>3</sup> hasta 120 m<sup>3</sup> de capacidad líquida, adaptados para todo tipo de fincas e industrias.

**Biodigestores prefabricados listos para instalar**

**Biodigestores prefabricados** de fácil instalación. Incluye garantía, servicio técnico especializado en biodigestores y apoyo durante 1 año.

**Accesorios:** Kit de reparación, filtros de biogás (H<sub>2</sub>S), estufas domésticas e industriales, lamparas, crias-foras de lechones y bombas de biogás.

**Beneficios:**

- Genera energía limpia para cocinar, calefacción o hasta electricidad.
- Produce biofertilizante para sus cultivos.
- Cumple con regulaciones ambientales.
- Reduce y elimina los malos olores.
- Reduce los gases de efecto invernadero contribuyendo con Carbono Neutralidad.
- Visita de diagnóstico GRATIS.

- **Vida útil** de 5 a 8 años
- **Servicio** personalizado y **asistencia técnica** post-venta.
- Lista de modelos y **precios**.
- **Garantía** de 2 años por el biodigester y 1 año de asistencia técnica.

**ASESORIA VIOGAZ** Más de 40 proyectos en operación, acumulando más de 25.000 m<sup>3</sup> de biogás.

**TESTIMONIAL**

"Con mi biodigester Viogaz tengo una producción más limpia, cumplo con la ley y me genera ahorro en energía y fertilizantes"  
— Anselmo / Continúa

**Biodigestores**

"Los desechos del pasado, son los recursos del presente"

**CONTACTO**

E-mail: info@viogaz.com  
Tel: +506 2705-4499  
Web site: www.viogaz.com  
Costa Rica

## Anexo 4 Página Empresa Tecnosa



[Volver](#)

### Catálogo de productos

- ▶ Compresores de membrana
- ▶ Compresores de pistón lubricado
- ▶ Compresores de pistón no lubricado
- ▶ Compresores de pistón no lubricado hidráulico
- ▼ Aplicaciones
  - Compresor para biogas
  - Compresores para células solares
  - Hidrogenera - Estación de servicio de

### Compresor para biogas

Andreas Hofer Hochdrucktechnik demuestra una vez más su liderazgo tecnológico en la construcción de compresores. Podemos ofrecerles un compresor fiable y potente para el sector creciente del biogas.

Nuestro nuevo compresor es técnicamente hermético: las típicas fugas a través de los anillos de pistón o las empaquetaduras en los compresores de pistón y el escape de gas al exterior no existen en el compresor de Andreas Hofer. Las fugas se recogen y se envían a la línea de aspiración.

Podemos ofrecerles compresores para sus estaciones de biogas para 300 - 1400 Nm<sup>3</sup>/h de aspiración y presiones de impulsión de 25 bar hasta 75 bar. La carcasa antideflagrante está inicialmente calculada



## Anexo 5: Ficha Técnica del Proyecto de Conexión de Producción de Biogás a la Red Eléctrica de Cajamarca.

Aspecto	Descripción:
Nombre del Proyecto	
Ubicación	Yanacancha Baja, Cajamarca, Perú
Fecha de Inicio	
Fecha de Culminación	
Objetivo Principal	Conectar la producción de biogás al sistema eléctrico de la ciudad de Cajamarca, contribuyendo a la matriz energética sostenible de la región.
Objetivos Específicos	1. Establecer fundamentos teóricos. 2. Identificar capacidad de producción y evaluar viabilidad. 3. Diseñar sistema de conexión seguro y eficiente. 4. Crear plan integral de gestión y operación. 5. Establecer modelo de negocio rentable.
Responsables del Proyecto	
Participantes Clave	Comunidad de Yanacancha Baja.
Recursos Necesarios	- Financieros - Técnicos:
Metodología de Trabajo	Investigación, diseño técnico, consulta con expertos locales, implementación piloto.
Regulaciones y Normativas	Cumplimiento con regulaciones del sector eléctrico, normativas ambientales y de seguridad.
Riesgos Potenciales	- Cambios en regulaciones. - Variabilidad en producción de biogás. - Factores climáticos. - Aspectos económicos.
Indicadores de Éxito	- Conexión exitosa a la red eléctrica. - Cumplimiento de regulaciones. - Rentabilidad del modelo de negocio.

**Anexo 6: Ficha de Registro de Viviendas para Proyecto de Biodigestores en Yanacancha Baja, Perú.**

Número de Vivienda	Dirección	Propietario	Número de Habitantes	Electrodomésticos y Equipos	Consumo Estimado (kWh/mes)	Observaciones
1				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
2				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
3				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
4				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
5				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
6				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
7				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
8				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
9				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
10				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		
n				- 1 nevera - 3 bombillos - 1 televisor - 1 licuadora		



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "BASES TEÓRICAS DEL SISTEMA DE BIOGÁS DE YANACANCHA BAJA, PARA AUMENTO DE LA CAPACIDAD Y ESTABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL", cuyos autores son RONDOY SULLON JEAN OSWALDO, INFANTE VICTORIO JOSUE ARAON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 03 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS <b>DNI:</b> 16720249 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 03- 07-2023 10:36:10

Código documento Trilce: TRI - 0565872