



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS
ORGÁNICOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CAMPUS SALACHE”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Ambientales

Autores:

Cruz Herrera Anderson David
Egas Mejia Anthony Josue

Tutor:

Daza Guerra Oscar Rene

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Egas Mejia Anthony Josue, con cédula de ciudadanía No. 0503574766 y Cruz Herrera Anderson David, con cédula de ciudadanía No. 0504438847, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”, siendo el Ingeniero Mg. Daza Guerra Oscar Rene, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 8 de agosto del 2023



Egas Mejia Anthony Josue

Estudiante

CC: 050357476-6



Cruz Herrera Anderson David

Estudiante

CC: 050443884-7



Ing. Daza Guerra Oscar Rene, Mg.

Docente Tutor

CC: 040068979-0

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **EGAS MEJIA ANTHONY JOSUE**, identificado con cédula de ciudadanía **0503574766** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Implementación de un biodigestor a base de residuos orgánicos en la universidad técnica de Cotopaxi campus Salache”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Marzo 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2022.

Tutor: Ing. Daza Guerra Oscar Rene, Mg.

Tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La producción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

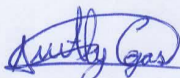
CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 8 días del mes de febrero del 2023.



Egas Mejia Anthony Josue

EI CEDENTE

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CRUZ HERRERA ANDERSON DAVID**, identificado con cédula de ciudadanía **0504438847** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Implementación de un biodigestor a base de residuos orgánicos en la universidad técnica de Cotopaxi campus Salache”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Marzo 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2022.

Tutor: Ing. Daza Guerra Oscar Rene, Mg.

Tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS (EL ESTABLO Y LOCAL DE PAPAS) EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La producción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 13 días del mes de febrero del 2023.



Cruz Herrera Anderson David

EL CEDENTE

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”, de Egas Mejia Anthony Josue y Cruz Herrera Anderson David, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 8 de agosto del 2023



Ing. Daza Guerra Oscar Rene, Mg.

DOCENTE TUTOR

CC: 040068979-0

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes Egas Mejia Anthony Josue y Cruz Herrera Anderson David, con el título del Proyecto de Investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 8 de agosto del 2023

Lector 1 (Presidente)

Ing. Marco Rivera Moreno, Mg.

CC: 050151895-5

Lector 2

Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.

CC: 050220516-4

Lector 3

Lcdo. Jaime René Lema Pillalaza, Mg.

CC: 171375993-2

AGRADECIMIENTO

"A mi querida madre, quien siempre ha sido mi roca y mi apoyo incondicional en los momentos difíciles. Sus consejos y su amor incondicional han sido fundamentales para que pudiera superar las dificultades y completar esta tesis. No podría haberlo hecho sin ella. A mi abuela, quien con su amor y su sabiduría son una gran fuente de inspiración para mí. A mis tíos, quienes han sido un gran apoyo en mi formación académica y en mi camino hacia la realización de esta tesis. Su ayuda y sus consejos han sido fundamentales para lograr este objetivo. A todos ellos, les estoy eternamente agradecido por su apoyo incondicional y su amor durante este proceso. Sin su ayuda, esta tesis no habría sido posible."

Egas Mejia Anthony Josue

AGRADECIMIENTO

" Mi gratitud a toda familia por el apoyo que me han entregado para lograr culminar este proyecto y esta etapa en mi vida, agradezco en especial a mi madre la cual ha sido la luz y la inspiración en este largo camino, gracias por transmitirme tu gran amor y fortaleza, la cual me demostró que nunca hay que rendirse en esta vida, gracias a mi padre y a mi hermano por nunca dejarme solo en este proceso, gracias a mis amigos con los cuales se compartieron buenos momentos de risa y alegría, gracias a mi tutor de tesis y a todos los maestros que supieron impartir sus conocimientos y enseñanzas, infinitamente agradecido con todos y con la vida por permitirme vivir estas gratas experiencias que se quedaran marcas toda una vida, gracias, gracias, mil gracias."

Cruz Herrera Anderson David

DEDICATORIA

"A mi familia, quienes han sido mi sostén y mi inspiración durante todo este proceso. Su amor y apoyo incondicional han sido fundamentales para completar esta tesis. Sin su ayuda y su paciencia, esto no hubiera sido posible. Les agradezco de todo corazón.

A mi tutor, quien ha sido un gran guía y mentor durante todo el proceso de investigación. Su experiencia, sabiduría y dedicación han sido fundamentales para el éxito de esta tesis. Le agradezco por su tiempo, dedicación y paciencia.

A mis amigos, quienes han sido un gran apoyo en los momentos difíciles y han compartido conmigo esta experiencia. Sin su amistad, este proceso hubiera sido mucho más difícil. Les agradezco por su apoyo incondicional.

A todos ellos, dedico con todo mi cariño y gratitud esta tesis."

Egas Mejia Anthony Josue

DEDICATORIA

“Dedico este proyecto a mi familia, a mis amigos, a mis profesores, a todos aquellos que supieron aportar con su granito de arena para la elaboración de esta tesis.”

Cruz Herrera Anderson David

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE.”

Autores: Egas Mejia Anthony Josue
Cruz Herrera Anderson David

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el nivel de eficacia y eficiencia de la implementación de un biodigestor a base de residuos orgánicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache. Se empleó una metodología cuantitativa centrada en la creación de base de datos acerca de la cantidad de residuos orgánicos que se obtuvo en “el establo y local de papas”, la cantidad de residuos orgánicos en 7 días fue de 174.55kg esta cantidad se utilizó para alimentar el biodigestor, obteniendo una generación per cápita de 0.22 kg/hab/día, que es menor al valor estimado de generación en Ecuador (0.58 kg/hab/día). Se construyó un biodigestor discontinuo alimentado por los desechos orgánicos obtenidos, permitiendo generar biogás al cabo de 35 días y obteniendo una cantidad ligeramente mayor a los 42 días donde fue su punto más alto. Para comprobar la eficacia y eficiencia del biodigestor se calculó la eficiencia energética de los residuos ingresados al biodigestor, el resultado mostro que no es viable utilizar un biodigestor a base de residuos orgánicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Palabras clave: biogás, incidencia antrópica, energía renovable y potencial energético.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL
RESOURCES**

**TITLE: "IMPLEMENTATION OF A BIODIGESTER BASED ON ORGANIC
WASTE AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI SALACHE
CAMPUS"**

Authors: Egas Mejia Anthony Josue
Cruz Herrera Anderson David

ABSTRACT

The research work was carried out with the objective of determining the level of effectiveness and efficiency of the implementation of a biodigester based on organic waste at the Technical University of Cotopaxi, Salache Campus. A quantitative methodology was used focused on the creation of a database about the amount of organic waste obtained in "the stable and potato place", the amount of organic waste in 7 days was 174.55kg, this amount was used to feed the biodigester, obtaining a per capita generation of 0.22 kg/inhab/day, which is less than the estimated value of generation in Ecuador (0.58 kg/inhab/day). A batch biodigester fed by the organic wastes obtained was built, allowing the generation of biogas after 35 days and obtaining a significantly higher amount at 42 days, which was its highest point. To check the effectiveness and efficiency of the biodigester, the energy efficiency of the waste entering the biodigester was calculated. The result showed that it is not feasible to use a biodigester based on organic waste at the Technical University of Cotopaxi..

Key words: biogas, anthropic incidence, renewable energy and energy potential.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	x
AGRADECIMIENTO	xi
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORIA.....	xiii
DEDICATORIA.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xvii
INDICE DE TABLAS.....	xxi
INDICE DE FIGURAS	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS DEL ESTUDIO	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. General.....	5
6.2. Específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	7
8.1. Energía.....	7
8.2. Tipos de energía.....	7
8.3. Energías renovables.....	9

8.4. Energías no renovables.....	9
8.5. Biogás.....	10
8.5.1. Tipos de biogás.....	10
8.5.2. La Biogás de estiércol.....	10
8.5.3. Biogás de residuos agrícolas.....	10
8.5.4. Biogás de alimentos y residuos de cocina	10
8.5.5. Biogás de aguas residuales	11
8.5.6. Biomasa	11
8.6. Biodigestores.	12
8.6.1. Tipos de biodigestores	13
8.6.2. Biodigestores de flujo discontinuo	13
8.6.3. Biodigestores de flujo continuo.....	14
8.6.4. Modelo Chino	14
8.6.5. Modelo Indiano.....	16
8.6.5. Modelo Indiano.....	16
8.6.6. Biodigestores Horizontales.....	17
8.7. Microorganismos eficientes.....	18
8.8. Levadura	18
8.8. Sistemas	19
8.8.1. Sistema Cerrado.....	19
9. MARCO LEGAL	19
9.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).....	19
9.2. Código Orgánico del Ambiente	20
9.3. ACUERDO NO. 061: REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA.....	21
10. PREGUNTA CIENTÍFICA.....	21
11. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22

11.1.	METODOLOGÍA GENERAL.....	22
11.1.1.	Tipos de investigación	22
11.1.2.	Métodos.....	22
11.1.3.	Técnicas	23
11.1.4.	Materiales e insumos.....	23
11.2.	ÁREA DE ESTUDIO.....	24
11.2.1.	Localización Geográfica.....	24
11.3	ACTIVIDAD PARA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN LOS CENTROS DE EXPENDIO DE ALIMENTOS (EL ESTABLO Y LOCAL DE PAPAS) EN DEL CAMPUS SALACHE.....	24
11.3.1	CÁLCULO DE GENERACIÓN PER CÁPITA (GPC).....	25
11.4.	METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR.....	26
11.4.2.	Construcción del biodigestor discontinuo.	26
11.4.3.	Funcionamiento.....	27
11.4.5.	Sustratos para la alimentación del Biodigestor	28
11.4.6.	Tipos de residuos que se utilizaron.....	28
11.5.	METODOLOGIA PARA DETERMINAR EL NIVEL DE EFICACIA Y EFICIENCIA DEL BIODIGESTOR.....	28
12.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
12.1.	Análisis de datos.....	29
12.1.1.	Determinación de la recolección de residuos orgánicos producidos en el establo y local de papas en del campus Salache.	29
12.1.2.	Construcción del biodigestor para la generación de energía en el campus Salache.	32
12.1.3.	Determinación del funcionamiento y eficacia del biodigestor.	35
13.	IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	38
13.1.	Impacto social	38
13.2.	Impacto Ambiental.....	38

13.3. Impacto Económico.....	38
14. CONCLUSIONES.....	38
15. RECOMENDACIONES	39
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
17. ANEXOS	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación	4
Tabla 2. Actividades realizadas en función de los objetivos específicos planteados	6
Tabla 3. Composición bioquímica de materias primas.....	12
Tabla 4. Tabla de calorías de alimentos.....	28
Tabla 5. Resultados de la recolección de residuos orgánicos.....	30
Tabla 6. Generación per Cápita de residuos orgánicos.....	32
Tabla 7. Cálculos de las calorías por kilogramos	36
Tabla 8. Energía total en los residuos.....	36

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Uso del biodigestor.....	12
FIGURA 2. Biodigestor modelo chino.	14
FIGURA 3. Biodigestor modelo italiano	17
FIGURA 4. Biodigestor modelo horizontal.....	17
FIGURA 5. Área de estudio.....	24
FIGURA 6. Tabla de calorías de alimentos	28
FIGURA 7. Puntos de recolección.....	29
FIGURA 8. Dimensiones del biodigestor	32
FIGURA 9. Biodigestor Discontinuo.....	35

PROYECTO DE TITULACIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Implementación de un biodigestor a base de residuos orgánicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache.

Fecha de inicio: Septiembre de 2022

Fecha de finalización: Agosto de 2023

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Experimental Salache, Ciudad de Latacunga, provincia Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia: Ingeniería Ambiental

Proyecto de investigación vinculado: Manejo de sostenibilidad ambiental en la provincia de Cotopaxi zona 3

Equipo de Trabajo:

- Tutor de Titulación: Ing. Oscar Rene Daza Guerra, Mg

Estudiantes: Anthony Josue Egas Mejia

Anderson David Cruz Herrera

Área de Conocimiento: Ciencia Naturales, Medio ambiente

Línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera: Sostenibilidad ambiental

Línea de Vinculación: Gestión Integral de Residuos Sólidos, para el desarrollo humano y social.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La importancia de este proyecto radica en resaltar el potencial de los desechos orgánicos como una fuente valiosa de energía renovable. A medida que aumenta la conciencia sobre la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el cambio climático, es crucial explorar y utilizar fuentes de energía alternativas más sostenibles. Los desechos orgánicos, como los obtenidos en los comedores del campus Salache (El Establo y local de papas), representan una fuente abundante y subutilizada de materia prima para la generación de biogás.

El propósito principal de esta investigación es evaluar la efectividad de utilizar un biodigestor discontinuo para aprovechar los residuos orgánicos y ver si es viable generar energía renovable. Al implementar este proyecto en el campus experimental Salache, se busca no solo demostrar la viabilidad técnica de esta tecnología, sino también crear conciencia sobre la importancia de aprovechar los desechos orgánicos y promover prácticas más sostenibles en el manejo de residuos.

Los alcances de este proyecto abarcan desde la recolección de los desechos orgánicos en los comedores seleccionados del campus, para obtener un índice per cápita, el transporte de estos al biodigestor, hasta el proceso de descomposición anaeróbica y verificar que tan viable es su implementación mediante la eficiencia de la generación de biogás.

Esta investigación contribuye a la generación de nuevos conocimientos en el campo de la energía renovable y la gestión sostenible de residuos. Al destacar el potencial de los desechos orgánicos para la generación de energía, se abre la puerta a nuevas oportunidades y perspectivas en la utilización de fuentes de energía alternativas. Además, al implementar un biodigestor discontinuo en el campus Salache, se generan aprendizajes prácticos y se sientan las bases para futuras implementaciones similares a una escala mayor en otros contextos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La generación de desechos sólidos presenta un problema ambiental y de salud pública a nivel mundial. Los vertederos son una opción común para la eliminación de estos desechos, pero se llenan rápidamente y pueden causar contaminación del aire, suelo y el agua.

La presente investigación tiene como objetivo resaltar la viabilidad de implementar un biodigestor discontinuo en la facultad de Caren de la Universidad Técnica de Cotopaxi; con el propósito de aprovechar el potencial energético de los residuos orgánicos, además que se realizó un análisis del índice per cápita en los locales de comida donde fueron recolectados los desechos orgánicos y así se obtuvo un resultado de eficiencia del biodigestor mediante los índices calóricos de los residuos orgánicos.

La realización de esta investigación demuestra que los biodigestores discontinuos no son una alternativa sostenible para el tratamiento de los residuos orgánicos, ya que, se determinó su aprovechamiento para la generación de energía en cantidades limitadas y esto no sería suficiente para abastecer un consumo de energía doméstico, por tal motivo, no es de gran contribución para generar bioenergía que sea suficiente para utilizarla en producción de calor o electricidad.

Los biodigestores discontinuos a base de residuos orgánicos están en constante evolución en términos de diseños, operación y control, por lo tanto, esta investigación aportaría un énfasis en la determinación de viabilidad de los desechos orgánicos al ser sometidos a una digestión anaeróbica, a pesar que el resultado no fue como se esperaba se pudo comprobar en esta investigación no experimental que el biodigestor en cierta manera cumplió con la función de producir biogás pero siendo esta una cantidad muy escasa e insignificante.

El enfoque de esta investigación se centra en analizar la incidencia antrópica en el manejo de residuos orgánicos, así darle un valor de mayor importancia al tratar los desechos orgánicos que tienen mucho potencial para producir energías renovables en escalas mayores, ya que, en escalas menores como la que se realizó en esta investigación no tiene mucha incidencia, además la sensibilización ambiental en los estudiantes de la facultad Caren, particularmente en el uso de biodigestores.

Esperando que los resultados obtenidos sean de gran relevancia para la comunidad universitaria, y sirva de inspiración en proyectos de investigación para buscar nuevas alternativas que funcionen como energías renovables.

4. BENEFICIARIOS DEL ESTUDIO

La Tabla 1 muestra la cantidad de personas beneficiarias en la carrera de Ingeniería Ambiental y en la facultad CAREN. Las personas se clasifican en directas e indirectas y se dividen por género, en hombres y mujeres.

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación

Beneficiarios directos		Beneficiarios indirectos	
Carrera de Ingeniería Ambiental		Facultad CAREN	
Población Académica	330		2050
Total	330	Total	2050

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La falta de políticas y regulaciones precisas puede tener consecuencias significativas en la gestión de residuos orgánicos, generando impactos negativos concretos en el medio ambiente y la salud pública. La carencia de directrices claras podría propiciar la acumulación de residuos orgánicos en vertederos no regulados, donde su descomposición liberaría gases de efecto invernadero, como el metano, agravando el cambio climático. Además, la ausencia de normativas puede impulsar prácticas inapropiadas en la disposición de estos residuos, afectando la integridad de suelos y fuentes de agua. De acuerdo con la información proporcionada por el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos, en nuestra nación se produce cada día una cantidad de 14.000 toneladas de desechos, sumando más de cinco millones de toneladas en el transcurso de un año. Del total, el 56,2% se compone de residuos orgánicos, mientras que el 43,8% restante corresponde a materiales inorgánicos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020).

Es común que la comunidad no esté completamente informada sobre métodos y alternativas disponibles para la gestión adecuada de residuos orgánicos. La falta de conciencia acerca de los beneficios medioambientales y socioeconómicos de la separación y tratamiento adecuado de estos residuos puede propiciar su manejo incorrecto, incluyendo la mezcla con otros tipos de desechos o su destino en vertederos no regulados.

Las restricciones físicas también juegan un papel importante en la implementación de sistemas de segregación de residuos. Esto puede ser resultado de viviendas con espacios

limitados o la carencia de áreas específicas para separar distintos tipos de residuos. La falta de espacio puede complicar la organización y el almacenamiento adecuado de los desechos, lo que a su vez disminuye la eficacia en su separación y manejo responsable. Actualmente el crecimiento demográfico en Cotopaxi del ha creado graves alteraciones en los ecosistemas debido al aumento de actividades antrópicas como la gestión inadecuada de los residuos orgánicos: Muchas veces, los residuos orgánicos, como los desechos de alimentos en comedores o restaurantes, no se manejan de manera adecuada. Estos residuos suelen ser enviados a vertederos o incinerados, lo que puede generar emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes. Además, la falta de una gestión adecuada de los residuos orgánicos impide aprovechar su potencial energético y los recursos que podrían obtenerse a partir de ellos.

La parroquia Eloy Alfaro principalmente se ve afectado por actividades antropogénicas como la gestión inadecuada de los residuos orgánicos generados por las actividades humanas. Estos residuos terminan en vertederos, calles y arboledas donde se descomponen de forma no controlada. Estos impactos incluyen la generación de lixiviados, olores desagradables, emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente metano, y la proliferación de vectores, como insectos y roedores. Además, la falta de una planificación adecuada y educación ambiental puede llevar a la falta de conciencia sobre la importancia de una gestión sostenible de los residuos (ORSU, 2023).

6. OBJETIVOS

6.1. General

Implementación de un biodigestor a base de residuos orgánicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache

6.2. Específicos

- Determinar la producción de residuos orgánicos producidos en el establo y local de papas en del campus Salache.
- Construcción del biodigestor para la generación de energía en el campus Salache.
- Determinar el nivel de eficacia y eficiencia del biodigestor.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la tabla 2, se indican los 3 objetivos específicos planteados para llevar a cabo en el estudio realizado, para los cuales se identifican las respectivas actividades realizadas como parte de la metodología seguida para obtener los resultados registrados y dar el cumplimiento del objetivo general.

Tabla 2. *Actividades realizadas en función de los objetivos específicos planteados*

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar la cantidad de producción de residuos orgánicos producidos por día.	Realización de pesajes directos de los residuos en cada restaurante	Se empleó una recopilación de datos numéricos mediante el uso de un instrumento de medición, como una balanza, y la realización de registros de los pesos obtenidos y del índice per cápita de los residuos orgánicos.	Base de datos
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Construcción del biodigestor para la generación de energía en el campus Salache.	Construcción del biodigestor.	Se implementó un enfoque de prueba y ajuste, donde se construyó un prototipo inicial del biodigestor y se realizan pruebas para evaluar su rendimiento y eficiencia hasta obtener el biodigestor funcional.	Biodigestor.
OBJETIVO 3	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar el nivel de eficacia y eficiencia del biodigestor	Comprobación de la eficacia del biodigestor.	Se usó un enfoque cuantitativo, como la eficiencia de conversión de energía del biogás.	Biodigestor no sostenible.

Elaborado por: Los autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. Energía.

La energía se caracteriza por su capacidad de permitir que un sistema realice trabajo o genere modificaciones en su entorno. Es una propiedad física que se puede manifestar en diferentes formas, como la energía cinética (energía asociada al movimiento), energía potencial (energía asociada a la posición), energía térmica (energía asociada a la temperatura), energía eléctrica (energía asociada a la corriente eléctrica), entre otras (Rodríguez & García, 2011).

8.2. Tipos de energía

a. Energía cinética: Corresponde a la energía vinculada al desplazamiento de un objeto.. Es una forma de energía que un objeto posee debido a su masa y a la velocidad a la que se mueve. Se puede calcular como la mitad de la masa del objeto multiplicada por su velocidad al cuadrado (Varela, 2020).

b. Energía potencial: Es la energía asociada a la posición de un objeto. Puede ser gravitatoria (cuando está en un campo gravitatorio) o elástica (cuando se ha deformado) (Figueredo et al, 2020).

c. Energía térmica: La energía térmica se refiere a la energía que se genera o se transfiere en forma de calor. Es una forma de energía asociada con la temperatura de un objeto o un sistema. La energía térmica puede ser producida por diversas fuentes, como la combustión de combustibles fósiles, la energía solar, la energía geotérmica o incluso el calor residual de procesos industriales. La energía térmica se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como la calefacción de edificios, la generación de electricidad en plantas de energía térmica, el funcionamiento de motores de combustión interna, la producción de vapor para procesos industriales y muchas otras actividades. Es importante destacar que la energía térmica puede ser convertida en otras formas de energía, como la energía mecánica o la energía eléctrica, a través de diversos procesos y tecnologías. Además, la eficiencia en la conversión y el manejo de la energía térmica es un aspecto clave para optimizar su uso y minimizar posibles pérdidas energéticas. La energía térmica desempeña un papel fundamental en nuestra sociedad y economía, y su gestión eficiente es crucial para promover la sustentabilidad y la reducción de impactos ambientales asociados con su producción y uso (. (Núñez et al, 2012).

d. Energía eléctrica: La energía eléctrica se refiere a la forma de energía que se genera a través del movimiento de cargas eléctricas, como electrones, a lo largo de un conductor. Es una forma de energía ampliamente utilizada en nuestra sociedad para alimentar una variedad de dispositivos y sistemas, desde electrodomésticos y equipos electrónicos hasta sistemas de iluminación y maquinaria industrial. En las centrales eléctricas, se produce electricidad utilizando diversos enfoques, que abarcan desde la quema de combustibles fósiles y el uso de energía nuclear, hasta la explotación de recursos como la energía hidroeléctrica, solar fotovoltaica y eólica, entre otros. Estos procesos transforman otras formas de energía, como la térmica, la nuclear o la cinética, en energía eléctrica utilizable (Balcells et al, pág.13, 2010).

e. Energía nuclear: La energía nuclear es una forma de energía que se obtiene mediante procesos nucleares, específicamente a través de la fisión o fusión de núcleos atómicos. La fisión nuclear se refiere a la división de núcleos pesados, como el uranio o el plutonio, en núcleos más pequeños liberando una gran cantidad de energía en forma de calor. Por otro lado, la fusión nuclear se basa en la unión de núcleos ligeros, como el hidrógeno, para formar núcleos más pesados, también liberando una enorme cantidad de energía. La energía nuclear se utiliza principalmente para la generación de electricidad en las plantas nucleares. Estas plantas cuentan con reactores nucleares que controlan las reacciones nucleares y aprovechan el calor liberado para producir vapor, el cual impulsa turbinas conectadas a generadores eléctricos. Una de las ventajas de la energía nuclear es que puede generar grandes cantidades de energía con una pequeña cantidad de combustible nuclear. Sin embargo, también plantea desafíos y preocupaciones, como la gestión segura de los desechos radiactivos y los riesgos asociados con la seguridad de las instalaciones nucleares. Es fundamental garantizar altos estándares de seguridad y aplicar rigurosos controles para minimizar los riesgos y los impactos ambientales (Sánchez, 2010).

f. Energía solar: La energía solar es una forma de energía renovable que se obtiene del aprovechamiento de la radiación solar. Es una fuente de energía abundante y limpia que se utiliza para generar electricidad y proporcionar calor en una variedad de aplicaciones. La radiación solar se captura utilizando paneles solares fotovoltaicos, que convierten la luz solar en electricidad directamente a través del efecto fotovoltaico. Los paneles solares están compuestos por células solares, generalmente hechas de silicio, que absorben los fotones de la luz solar y liberan electrones, generando una corriente

eléctrica. La energía solar también se puede utilizar para generar calor a través de sistemas solares térmicos. Estos sistemas aprovechan la radiación solar para calentar un fluido, como agua o aire, que luego se utiliza para calefacción, calentamiento de agua o aplicaciones industriales (Lamigueiro, 2013).

g. Energía eólica: La energía eólica es una forma de energía renovable que se obtiene del viento. Se basa en la captura y transformación de la energía cinética del viento en energía mecánica y, posteriormente, en energía eléctrica. La energía eólica se obtiene mediante el uso de aerogeneradores, que son grandes estructuras equipadas con hélices o palas giratorias. Cuando el viento sopla, las hélices del aerogenerador capturan la energía cinética del viento y la convierten en energía mecánica de rotación. Esta energía mecánica luego se transforma en energía eléctrica mediante un generador eléctrico conectado al eje del aerogenerador (Maya, 2012).

8.3. Energías renovables

Las energías renovables son fuentes de energía que se regeneran de manera natural y no se agotan. Entre las energías renovables más conocidas se encuentran la energía solar, la energía eólica y la energía hidráulica. El biogás es una forma de energía renovable que se produce a partir de la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de la materia orgánica, como residuos de alimentos, estiércol o restos de cultivos. Durante este proceso, los microorganismos presentes en la materia orgánica producen metano, un gas que puede ser utilizado como fuente de energía. El biogás se puede producir en instalaciones especializadas llamadas plantas de biogás o en unidades más pequeñas, como los biodigestores. Estas instalaciones suelen estar enfocadas en la producción de biogás a partir de residuos orgánicos, pero también pueden utilizar otros materiales como la pulpa de papel o la madera. Una vez producido el biogás, éste puede ser utilizado para generar electricidad, calor o para alimentar vehículos. Además, el biogás también puede ser convertido en biometano, un gas similar al metano natural que se encuentra en el subsuelo, y que puede ser utilizado como combustible en vehículos o para generar electricidad. Existen muchos beneficios en el uso del biogás como fuente de energía. (Venegas & Raj, 2017).

8.4. Energías no renovables

Las energías no renovables son fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas y no pueden ser regeneradas a una velocidad comparable a su consumo. Estas fuentes de energía se formaron durante largos períodos de tiempo a partir de materiales orgánicos o inorgánicos, y su disponibilidad es finita. Ejemplos comunes de energías no

renovables incluyen los combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón, los cuales se formaron a partir de restos de organismos vegetales y animales que se sometieron a procesos geológicos durante millones de años (Vivanco, 2020).

8.5. Biogás

El término "biogás" se refiere a una combinación de gases que se forma cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno. En su mayoría, el biogás está compuesto por metano (CH₄), un gas combustible que puede ser utilizado como fuente de energía. Debido a su alto poder calorífico, el biogás puede ser una alternativa eficaz a los combustibles tradicionales que se utilizan para fines energéticos. Dado que el biogás tiene ventajas similares a otros combustibles, puede ser muy beneficioso en el campo. De esta manera, se puede reemplazar otros combustibles utilizados en la agricultura, lo que puede contribuir a una gestión energética más eficiente y sostenible (Ortega et al, 2015).

8.5.1. Tipos de biogás

Los tipos de biogás que se generan a partir de la descomposición anaeróbica de materia orgánica. Estos tipos pueden variar en función de la composición de la materia prima utilizada y de las condiciones de fermentación. Algunos de los tipos de biogás más comunes son:

8.5.2. La Biogás de estiércol

Se produce a partir de la fermentación anaeróbica de estiércol animal, como el estiércol de vaca, cerdo o pollo. Es una de las fuentes más utilizadas para la generación de biogás.

8.5.3. Biogás de residuos agrícolas

Se genera a partir de la fermentación anaeróbica de residuos agrícolas, como los restos de cosechas, paja, hojas, tallos y otros materiales vegetales.

8.5.4. Biogás de alimentos y residuos de cocina

Se obtiene a partir de la fermentación anaeróbica de residuos de alimentos y desechos de cocina, como restos de frutas, verduras, cáscaras de huevo, posos de café, entre otros.

8.5.5. Biogás de aguas residuales

Se produce a partir de la fermentación anaeróbica de aguas residuales, incluyendo las aguas residuales municipales, industriales o agroindustriales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales a menudo capturan y utilizan el biogás generado en el proceso.

8.5.6. Biomasa

La biomasa es toda sustancia orgánica tanto animal como vegetal.

La energía de la biomasa se origina en la acumulación de energía en los organismos vivos. Inicialmente, las plantas aprovechan la energía solar durante la fotosíntesis para crear compuestos orgánicos. Luego, los animales adquieren y convierten esta energía al consumir plantas. Los subproductos resultantes de esta transformación, que a menudo son considerados desechos, pueden ser empleados como fuentes de energía renovable (Corona, 2007).

8.5.6.1 Tipo de biomasa

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados como recurso energético.

a. Biomasa natural

Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana. El problema que presenta este tipo de biomasa es la necesaria gestión de adquisición y transporte del recurso al lugar de utilización. Esto puede provocar que la explotación de esta biomasa sea inviable económicamente.

b. Biomasa residual (seca y húmeda)

Son los residuos que se generan en las actividades de agricultura (leñosos y herbáceos), y ganadería en las forestales, en la industria maderera y agroalimentaria, entre otras y que todavía puedan ser utilizados y considerados subproductos. Como ejemplo podemos considerar el aserrín, la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, etc.

Se denomina masa residual húmeda a los vertidos llamados biodegradables, es decir, las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines) (Corona, 2007).

c. Naturaleza y composición bioquímica de materias primas.

Las diversas materias primas que se pueden utilizar en la fermentación metanogénica, pueden ser residuos orgánicos de origen vegetal, animal, agroindustrial, forestal, doméstico u otros (Varnero, 2011).

Tabla 3. Composición bioquímica de materias primas

Producto	% Hum	% Base Húmeda		% Base Seca			C/N	
		M.O	Nit	Car	M.O	Nit.		Car.
tomate	85,9	1,1771	0,3453	1,027	12,56	2,4489	7,285	2,9747
jitomate	91,48	2,0975	0,1331	1,2165	26,153	1,6596	15,169	9,1401
rabo de cebolla	84,625	0,496	0,3775	0,2877	3,226	2,4553	1,871	0,7621
papa	68,39	3,416	0,4458	1,9813	10,81	1,4103	6,268	4,4444
col	87,3815	3,7225	0,3258	2,159	29,5	2,5819	17,11	6,6269
chile poblano	85,9199	2,041	0,2624	1,1838	14,494	1,8635	8,407	4,5113
lechuga	82,734	0,501	0,5064	0,2906	2,901	2,9329	1,683	0,5738
manzana	86,6035	1,831	0,0544	1,0619	13,667	0,4061	7,927	19,5216
papaya	89,136	0,862	0,1083	0,4999	7,933	0,9968	4,602	4,6164
plátano	69,3344	1,6445	0,2122	0,9538	5,362	0,6919	3,11	4,4948
sandía	92,4842	1,423	0,125	0,8253	18,923	1,622	10,97	6,6027
naranja	81,4725	2,205	0,1607	1,2789	11,901	0,8673	6,903	7,9583

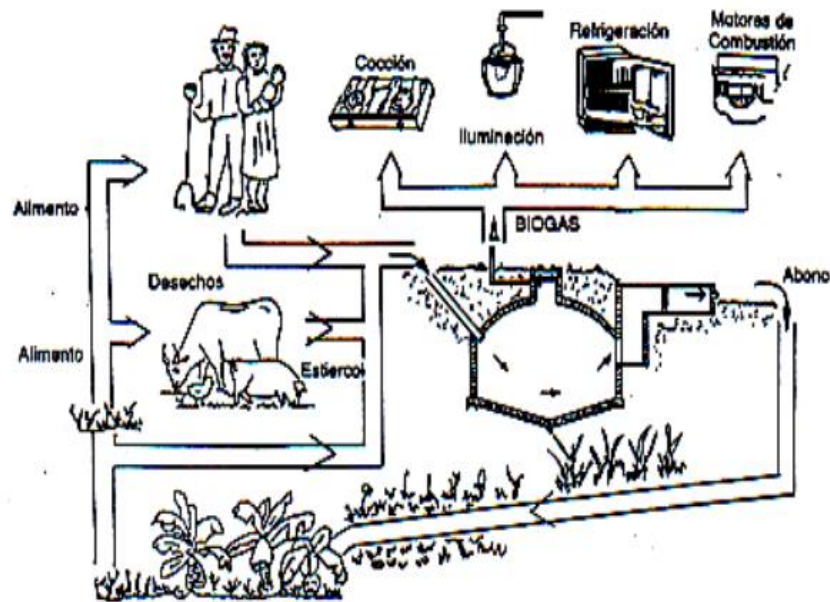
Fuente: (Varnero, 2011)

Elaborado por: Autores

8.6. Biodigestores.

Los biodigestores conocidos también como plantas (productoras o de producción) de biogás, son recintos o tanques cerrados donde la materia orgánica y el agua residual permanecen un periodo de tiempo para lograr su descomposición produciendo biogás y bioabono. (González Salcedo & Olaya Arboleda, 2012)

FIGURA 1. Uso del biodigestor



Fuente: (González Salcedo & Olaya Arboleda, 2012)

8.6.1. Tipos de biodigestores

Los biodigestores se clasifican en Flujo Discontinuo y de Flujo Continuo.

8.6.2. Biodigestores de flujo discontinuo

La introducción de la materia a fermentar ocurre al comienzo del proceso de descomposición, mientras que la eliminación del efluente tiene lugar al término de dicho proceso. Por lo general, este método tiende a necesitar una mayor cantidad de trabajadores y un espacio para mantener la materia prima, especialmente si su producción es constante. También se requiere un reservorio de gas debido a las considerables fluctuaciones en la producción de gas a lo largo del proceso (Alexander & Perdomo Zapata, 2018).

a. Ventajas del biodigestor discontinuo

- Tiene la capacidad de procesar grandes volúmenes de materiales y se puede instalar en áreas abiertas sin que la presencia de materia seca afecte su funcionamiento.
- Permite la incorporación de materiales secos que no absorben humedad (flotantes en el agua), como pasto, cáscaras de frutas y restos de alimentos.
- Ofrece la posibilidad de controlar diversas variables de fermentación, como la temperatura, el tiempo de retención, la carga ingresada, así como los intervalos de carga y descarga.

- No demanda atención diaria en su operación.
- b. Desventajas del biodigestor discontinuo
- La carga inicial del biodigestor implica un esfuerzo considerable y requiere paciencia.
 - El proceso de descarga del biodigestor también puede ser laborioso y tedioso.

8.6.3. Biodigestores de flujo continuo

La introducción de la totalidad del material para fermentación y la extracción del efluente se efectúan de manera constante o en intervalos regulares, como una vez al día o cada 12 horas. Normalmente, esta metodología demanda menos trabajo manual, aunque implica una agitación más fluida o mecanizada de la mezcla y la necesidad de un depósito de gas si no se utiliza de forma ininterrumpida en su totalidad (Alexander & Perdomo Zapata, 2018).

Ventajas y desventajas del biodigestor continuo

a. Ventajas del biodigestor continuo

La digestión necesaria puede ser regulada mediante el control de la cantidad de biomasa añadida diariamente.

Cargar y descargar el biodigestor no requiere de habilidades especializadas.

b. Desventajas del biodigestor continuo

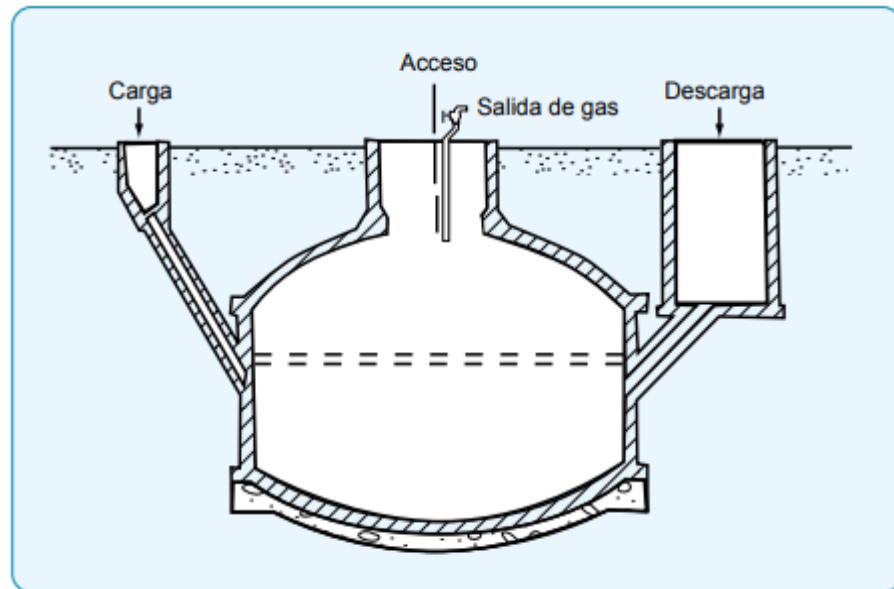
Es capaz de aceptar una baja concentración de sólidos en su interior. • Carece de un diseño adecuado para el tratamiento de materiales más densos que el agua (no flotantes) debido a la falta de un mecanismo de agitación.

Puede enfrentar dificultades relacionadas con la limpieza y la formación de espuma. • Consumo de agua significativamente alto.

8.6.4. Modelo Chino

Al dar comienzo al procedimiento, se introduce una combinación de residuos agrícolas previamente compostados y lodos activos procedentes de otro digestor en el biodigestor. Esta carga se realiza por medio de la tapa superior, que puede retirarse. Una vez completada esta carga inicial, se alimenta diariamente con los residuos disponibles, que provienen tanto de la letrina como de los animales domésticos. Estos residuos son introducidos a través de un conducto de llenado que llega hasta la zona central del digestor (Varnero, 2011)

FIGURA 2. *Biodigestor modelo chino.*



Fuente: (Varnero, 2011).

En esta variante de biodigestores, no se emplea un gasómetro; en su lugar, el biogás se acumula en el sistema. Conforme el gas acumulado en la cúpula del digestor aumenta en volumen, su presión también se eleva, lo que provoca el impulso del líquido a través de los conductos de entrada y salida. Esta acción puede dar lugar a presiones de hasta 100 cm de columna de agua. Se produce una cantidad relativa de biogás que varía entre 0.15 y 0.20 volúmenes por unidad de volumen del digestor al día dentro de campana. Esta fluctuación de presión, que aumenta durante la generación de gas y disminuye al ser consumido, puede afectar la eficiencia de los equipos consumidores.

De manera periódica, se extrae parte del líquido en fermentación a través del tubo de salida mediante el uso de una cubeta. Además, una o dos veces al año, se vacía por completo el digestor, aplicando los residuos sólidos en los campos de cultivo. Aunque el biodigestor chino exhibe una menor eficiencia en la generación de biogás, es altamente efectivo en la producción de bioabono. Esto se debe a que los períodos de retención suelen ser prolongados, proporcionando una abundante cantidad de este material para su uso en la mezcla del suelo antes de la siembra.

Los tiempos de retención operativa en los biodigestores de tipo chino oscilan entre 30 y 60 días, siendo necesario entre 1/2 y 1/3 de ese periodo para alcanzar la misma eficiencia (máximo 50% de reducción de materia orgánica) en los biodigestores de tipo hindú.

8.6.5. Modelo Indiano

En líneas generales, estos tipos de digestores presentan una configuración vertical y se encuentran enterrados, similar a la apariencia de un pozo. Se abastecen por gravedad una vez al día, utilizando un volumen de mezcla que varía en función del tiempo de fermentación o retención. Si las condiciones de operación se mantienen, generan una cantidad diaria de biogás relativamente constante.

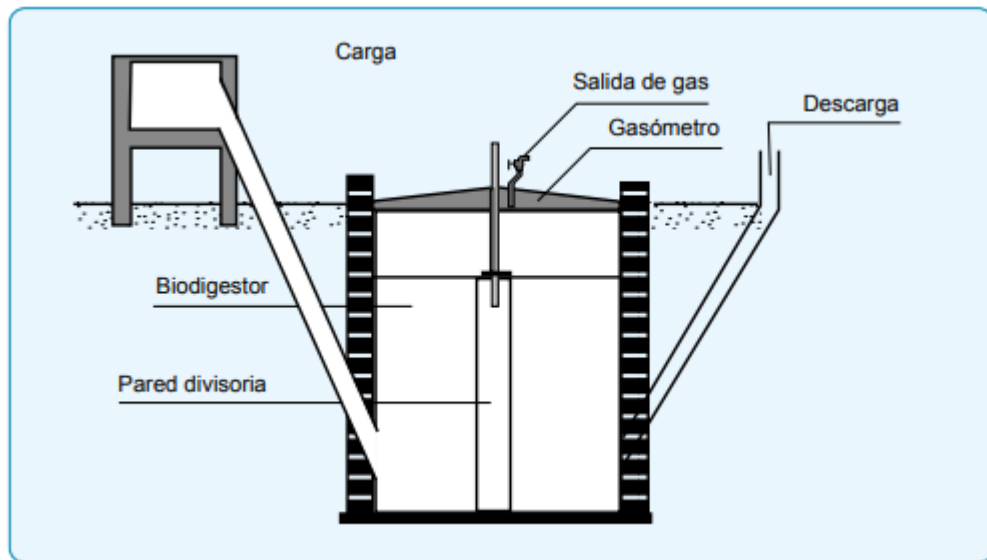
Dentro del sistema se integra un gasómetro, el cual se encuentra en la parte superior del pozo y consta de una estructura con forma de campana que actúa como depósito para el gas. Esta disposición resulta en una presión de gas muy baja en la superficie de la mezcla, aproximadamente alrededor de 30 cm de columna de agua. Además, la campana garantiza una presión constante, lo que favorece un funcionamiento eficiente de los equipos a los que se suministra el gas. Adicionalmente, la campana contribuye a dispersar la formación de espuma que suele presentarse en numerosos biodigestores.

8.6.5. Modelo Indiano

En líneas generales, estos tipos de digestores presentan una configuración vertical y se encuentran enterrados, similar a la apariencia de un pozo. Se abastecen por gravedad una vez al día, utilizando un volumen de mezcla que varía en función del tiempo de fermentación o retención. Si las condiciones de operación se mantienen, generan una cantidad diaria de biogás relativamente constante.

Dentro del sistema se integra un gasómetro, el cual se encuentra en la parte superior del pozo y consta de una estructura con forma de campana que actúa como depósito para el gas. Esta disposición resulta en una presión de gas muy baja en la superficie de la mezcla, aproximadamente alrededor de 30 cm de columna de agua. Además, la campana garantiza una presión constante, lo que favorece un funcionamiento eficiente de los equipos a los que se suministra el gas. Adicionalmente, la campana contribuye a dispersar la formación de espuma que suele presentarse en numerosos biodigestores (Varnero, 2011).

FIGURA 3. *Biodigestor modelo italiano*



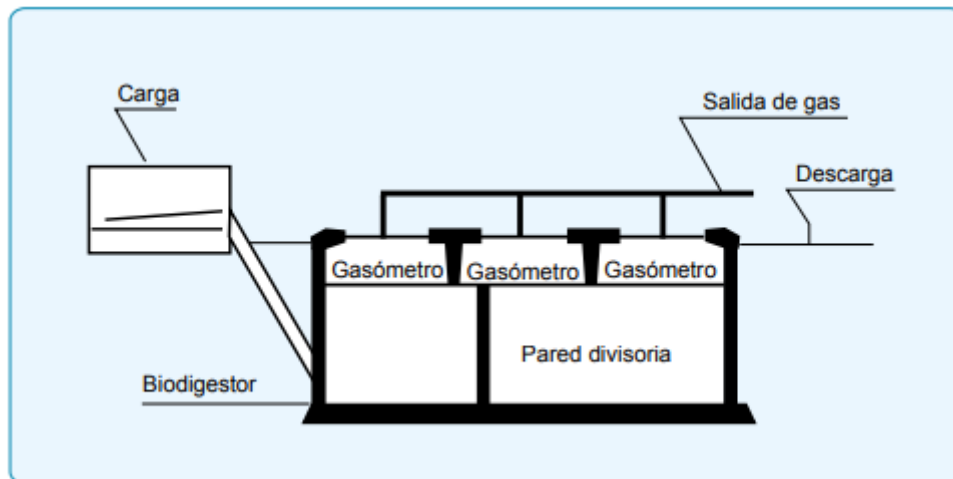
Fuente: (Varnero, 2011).

8.6.6. Biodigestores Horizontales

Usualmente, estos sistemas de digestión se construyen subterráneos, con una estructura poco profunda y alargada que se asemeja a un canal. Tienen relaciones de longitud a ancho que oscilan entre 5:1 y 8:1, con una sección transversal que puede ser circular, cuadrada o en forma de "V". Su operación es de régimen semicontinuo, con la carga ingresando por un extremo y los lodos saliendo por el opuesto. La cúpula puede ser rígida o elaborada con un material flexible que garantice la retención de gas y resistencia a las condiciones climáticas.

Estos tipos de biodigestores se recomiendan especialmente cuando se necesita tratar volúmenes mayores a 15 m³, ya que a partir de ese punto, la excavación de un pozo vertical comienza a presentar dificultades significativas (Varnero, 2011).

FIGURA 4. *Biodigestor modelo horizontal.*



Fuente: (Varnero, 2011).

8.7. Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes son microorganismos que se utilizan en diversas aplicaciones para mejorar la eficiencia de diferentes sistemas y promover procesos biológicos beneficiosos. Estos microorganismos pueden ser bacterias, hongos, levaduras u otros microorganismos unicelulares. Los microorganismos eficientes se caracterizan por su capacidad de llevar a cabo funciones específicas que resultan beneficiosas en diferentes contextos. Se seleccionan y utilizan cuidadosamente por sus propiedades y capacidades útiles.

8.8. Levadura

Las levaduras son un grupo de microorganismos unicelulares pertenecientes al reino Fungí. Son conocidas por su capacidad para llevar a cabo la fermentación alcohólica, convirtiendo los azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Las levaduras son ampliamente utilizadas en diversas industrias, especialmente en la producción de alimentos y bebidas, así como en aplicaciones biotecnológicas.

8.8.1. Procesos de la descomposición anaeróbica

a. Hidrólisis: Las moléculas grandes de la materia orgánica se descomponen en moléculas más pequeñas a través de la acción de enzimas extracelulares liberadas por bacterias y hongos. En esta etapa se forman moléculas como ácidos grasos, azúcares y aminoácidos (Rivas & Vargas 2010).

b. Acidogénesis: En esta etapa, los ácidos orgánicos producidos en la etapa anterior son metabolizados por bacterias acidogénicas, que los convierten en compuestos más simples, como el ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono (León, 2012).

c. Acetogénesis: En esta etapa, los compuestos producidos en la etapa anterior son metabolizados por bacterias acetogénicas, que producen acetato, hidrógeno y dióxido de carbono (Sánchez, 2017).

d. Metanogénesis: En esta etapa, el acetato, hidrógeno y dióxido de carbono son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias metanogénicas. El metano es el componente principal del biogás producido durante la descomposición anaerobia (Villanueva & Gómez, 2016).

8.8. Sistemas

Los sistemas son conjuntos de elementos interrelacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo o desempeñar una función específica. Los sistemas pueden encontrarse en diversos ámbitos, como la física, la biología, la tecnología, la administración, entre otros.

8.8.1. Sistema Cerrado

Un sistema cerrado se puede definir como un conjunto de componentes interrelacionados que operan de manera autónoma sin intercambiar materia o energía con su entorno. En un sistema cerrado, los elementos internos interactúan entre sí siguiendo ciertas reglas o principios establecidos, sin que exista una entrada o salida de sustancias o recursos del sistema. Este tipo de sistema se caracteriza por ser autónomo y tener límites definidos, lo que significa que está aislado del entorno externo y no se ve afectado por influencias externas. Aunque puede haber intercambio de energía dentro del sistema, este se produce únicamente entre los componentes internos.

9. MARCO LEGAL

9.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)

Art. 14.- Se garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas y de bajo impacto.

Art. 14.- Se garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas y de bajo impacto.

Art. 66.- Numeral 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

Art. 264.- Numeral 4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Art. 395.- Numeral 1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. 2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional”.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

9.2. Código Orgánico del Ambiente

Art. 30.- 1. Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible. 2. Establecer y ejecutar las normas de bioseguridad y las demás necesarias para la conservación, el uso sostenible la restauración de la biodiversidad y de sus componentes.

Art. 225 El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente. Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas, las siguientes políticas generales:

Art. 226.- Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad:

5. Disposición final

La disposición final se limitará a aquellos desechos que no se puedan aprovechar, tratar, valorizar o eliminar en condiciones ambientalmente adecuadas y tecnológicamente factibles.”.

Art. 229.- Alcance y fases de la gestión. La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana asociados a cada una de las fases. Las fases de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos serán determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 238.- Responsabilidades del generador: Toda persona natural o jurídica definida como generador de residuos y desechos peligrosos y especiales, es el titular y responsable del manejo ambiental de los mismos desde su generación hasta su eliminación o disposición final, de conformidad con el principio de jerarquización y las disposiciones de este Código.” (COA, 2017).

9.3. ACUERDO NO. 061: REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA

Art. 57.- Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. - Garantizarán el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas; promoviendo la minimización en la generación de residuos y/o desechos sólidos...” "f) Asumir la responsabilidad de la prestación de servicios públicos de manejo integral de residuos sólidos y/o desechos sólidos no peligrosos y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases en las áreas urbanas, así como en las parroquias rurales” (Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental Acuerdo 061, 2015).

10. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Es viable la implementación de un biodigestor a base de residuos orgánicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Experimental Salache?

No es viable la implementación debido a la cantidad limitada de residuos orgánicos disponibles en el campus podría resultar insuficiente para generar una cantidad significativa de biogás que justifique la inversión y los esfuerzos necesarios para implementar y mantener un biodigestor. Además, si la producción de biogás es insuficiente para satisfacer las necesidades energéticas o no puede ser utilizada de manera eficiente, los beneficios económicos y ambientales podrían verse comprometidos.

Otro aspecto a considerar es la eficiencia del biodigestor en sí. Si no se elige un diseño adecuado y eficiente, la cantidad de biogás generado podría ser aún menor. La inversión en

tecnologías más avanzadas y mejor diseñadas podría mejorar la producción de biogás, pero esto también aumentaría los costos iniciales.

Es esencial evaluar cuidadosamente el uso potencial del biogás generado. Si no hay un plan claro para aprovechar y utilizar eficientemente el biogás, los beneficios derivados de su generación podrían ser limitados. La falta de demanda o infraestructura para utilizar el biogás podría afectar la viabilidad de la implementación.

11. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

11.1. METODOLOGÍA GENERAL

Se empleó un enfoque cuantitativo para registrar con precisión la cantidad de residuos orgánicos generados en el establo y local de papas. Utilizando el pesaje sistemático, obtuvimos una medición concreta de la masa de residuos.

Además, aprovechamos este enfoque para calcular el índice per cápita de los residuos generados. Al cuantificar la relación entre la cantidad total de residuos y el número de clientes o pedidos, logramos una métrica objetiva que nos proporcionó una visión clara de la generación de residuos por individuo. Con la recopilación de datos se determinó la eficiencia y eficacia del biodigestor mediante cálculos de eficiencia energética.

11.1.1. Tipos de investigación

a. Investigación documental

La revisión documental se usó para recolectar información en diferentes fuentes de bibliográficas, Bibliotecas, revistas especializadas, repositorios virtuales de universidades nacionales e internacionales, sobre temas como; las leyes y normativas vigentes del Ecuador que regulan la utilización de biomasa como fuente de energía, biodigestores discontinuos, la revisión conceptual de los procesos de la biodigestión.

11.1.2. Métodos

a. Método cuantitativo

Empleamos el método cuantitativo para registrar con precisión la cantidad de residuos orgánicos generados en el establo y local de papas. Utilizando el pesaje sistemático, obtuvimos una medición concreta de la masa de residuos, lo que permitió una evaluación precisa de la producción de desechos en el establo y el local de papas.

Además, se aprovechó este enfoque para calcular el índice per cápita de los residuos generados. Al cuantificar la relación entre la cantidad total de residuos y el número de clientes o pedidos, logramos una métrica objetiva que nos proporcionó una visión clara de la generación de residuos por individuo.

b. Método analítico

Se aplicó el método analítico para interpretar la información recopilada a través de fuentes bibliográficas, lo que permitió identificar la eficiencia del sistema en la generación de biogás.

11.1.3. Técnicas

a. Observación directa

La observación directa me brindó la oportunidad de detectar problemas o limitaciones que podrían surgir durante el funcionamiento del biodigestor, lo cual fue esencial para una implementación exitosa.

11.1.4. Materiales e insumos

- Malla de 10m
- Pala
- Tijeras
- Metro
- Bidón de agua (200L)
- Adaptadores para tanque
- Codo roscable 3/4
- Llave PVC manguera
- Nepló corrido, rosca, tuerca 3/4
- Bushing 3/4 A 1/2
- Tapón hembra roscable 3/4
- Unión roscable 3/4
- Cinta teflón
- Válvula industrial glp/ gasómetro keelg
- Libreta de campo
- Computador
- Celular
- Útiles de oficina

- Vehículo

11.1.5. Software

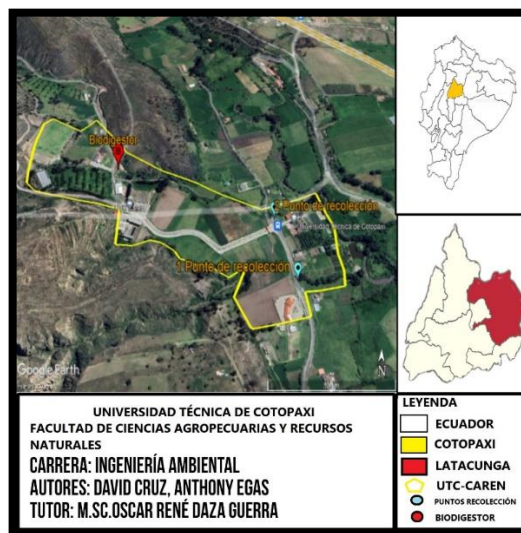
- Arc map
- Autocad
- Excel
- Word

11.2. ÁREA DE ESTUDIO

11.2.1. Localización Geográfica

El presente estudio se encuentra ubicado en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache, provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Eloy Alfaro. Se ubica en las coordenadas 764493.06 en X y 9889400.08 en Y. Se encuentra a una altura de 2777 msnm (GAD Latacunga, 2019).

FIGURA 5. Área de estudio



Fuente: Autores

11.3 ACTIVIDAD PARA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN LOS CENTROS DE EXPENDIO DE ALIMENTOS (EL ESTABLO Y LOCAL DE PAPAS) EN DEL CAMPUS SALACHE.

Según Aguilera (2013) para obtener los datos de residuos, es necesario el desarrollo de un sistema de gestión integral de desperdicios, para ello se realizó una actividad para la recolección de residuos orgánicos, descrita a continuación:

a. Identificación de los puntos críticos

En primer lugar, se debe identificar los puntos donde se generan los residuos orgánicos (Establo y puestos de papas fritas).

b. Diseño de los puntos de acopio

Una vez identificados los puntos críticos, se diseñó los puntos de acopio adecuados, considerando la cantidad de residuos generados y la frecuencia con que se recolectarán. Una vez obtenido el consentimiento de los propietarios, se seleccionó el punto de acopio más conveniente dentro del local. Este punto se ubicó en una zona visible y accesible para el personal del local y para el recolector de residuos. Se utilizó dos baldes como recipientes adecuados y que estén en buenas condiciones para evitar problemas de contaminación y malos olores. Se estableció un balde de 100 litros durante una semana en el establo de la universidad y un balde de 20 litros en el local de papas frente a la clínica veterinaria. Cada balde se llenará con los residuos orgánicos en 7 días.

c. Sensibilización Ambiental

Se impartió charlas con los propietarios de los establecimientos indicándoles el potencial que tienen los residuos orgánicos.

d. Establecimiento de un plan de recolección y transporte

Se estableció un plan de recolección y transporte de los residuos orgánicos, considerando la frecuencia y la capacidad de los baldes, así como el destino final de los residuos que fueron a parar hacia el biodigestor.

e. Pesaje de los residuos

Una vez recolectados los residuos, procedió a pesar los baldes en una balanza. Además que después se pesó individualmente cada desecho orgánico. Se anota el peso registrado en la hoja de registro correspondiente a cada fuente, junto con la fecha y cualquier información adicional relevante, como el tipo de fuente o la ubicación (Cándida et al, 2020).

11.3.1 CÁLCULO DE GENERACIÓN PER CÁPITA (GPC).

Según Cruz, 2016 para obtener el índice per cápita se divide el peso total de los residuos entre el número total de personas.

1. Medición de residuos: Durante una semana, se recolecto y peso todos los residuos orgánicos generados por el establo y el local de papas.

2. **Conteo de clientes:** Se obtuvo el total de cliente de contar las ganancias totales que obtuvieron en el establo y en el local de papas durante un período de 7 días. Luego, se utilizó la relación entre el total de dinero y el precio para calcular el número de clientes o pedidos

Total de dinero/ Precio = Número de Clientes.

3. Se calculó el índice per cápita de residuos sólidos: Dividimos el total de residuos orgánicos generados entre el número de clientes o pedidos (Navas, 2020). Se usó la siguiente formula:

Índice Per Cápita de Residuos Sólidos = Total de Residuos Sólidos / Número de Clientes o Pedidos.

11.4. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR

Se optó por emplear la tecnología del biodigestor discontinuo, también conocido como sistema Batch, debido a su baja demanda de agua, la ausencia de necesidad de agitación diaria o cuidados específicos, su resistencia a fluctuaciones de temperatura, la necesidad de intervención ocasional de mano de obra y su idoneidad para instalación en superficie o semienterrada (Cárdenas et al, 2020). El propósito fue establecer los elementos necesarios para el diseño, determinar las especificaciones y componentes requeridos, con el objetivo de avanzar hacia la creación de un diseño detallado y funcional (Muñoz et al, 2017).

11.4.2. Construcción del biodigestor discontinuo.

- **Implementación de una malla**

- Se midió la longitud y anchura de la zona donde se deseaba colocar la malla.
- Se compró una malla de 10 metros, que se recortó a las medidas, 1,80 cm de ancho y 2.50m de largo adecuadas para cubrir toda la superficie de la zona.
- Se marcaron los puntos donde se colocaron las estacas para sujetar la malla en cada esquina y a lo largo de los bordes si era necesario.
- Se utilizó una pala, para cavar agujeros de unos 15 cm de profundidad en los puntos marcados para las estacas.
- Se insertaron las estacas en los agujeros y se aseguró de que estuvieran firmemente colocadas.
- Se estiró la malla sobre la zona que se deseaba cubrir, colocándola sobre las estacas.
- Se aseguró de que la malla estuviera bien estirada y sujeta a las estacas para evitar que se moviera o se saliera del lugar.
- Se cortó la malla con tijeras para ajustarla a la forma de la zona que se deseaba cubrir.

- **Preparación del tanque colector de gas**

Para empezar, se utilizó un depósito de 220 litros de capacidad, ya que en las revisiones bibliográficas nos recomiendan utilizar un contenedor de 100 o 220 litros según la cantidad de materia orgánica a ingresar dentro del biodigestor.

- **Preparación del tanque digestor.**

Para este proceso se definió con un marcador en donde van a ir las entradas y salidas del biodigestor, con un taladro se realizó los agujeros correspondientes de la entrada en donde se van a depositar los desechos, la salida de fertilizantes y la salida del biogás.

- **Colocar la entrada al tanque digestor**

Se llevó a cabo la colocación para la pila de carga donde será la entrada de la materia orgánica, en la cual se introducirán los residuos orgánicos por caída de gravedad

- **Colocar los materiales de salida al tanque digestor**

Se procedió a ubicar dentro del biodigestor en la parte inferior el nepló corrido, rosca, tuerca $\frac{3}{4}$ y un tapón hembra roscable $\frac{3}{4}$, además también se adaptó una llave PVC para la salida de fertilizantes, todo esto se lo adaptó con cinta teflón para tener una mayor hermeticidad en el biodigestor. Por último, en la parte superior del contenedor se instaló la válvula industrial para la salida del biogás.

- **Instalación de mangueras, llave de paso.**

Una vez realizado toda la adecuación pertinente al biodigestor se procedió a ubicar las mangueras en la válvula de salida del biogás, además se incorporó una llave de paso para regular la salida del gas.

11.4.3. Funcionamiento

1. **Carga de Biomasa:** Se llenó el biodigestor con una mezcla de materia orgánica y agua hasta los $\frac{3}{4}$ de su capacidad y esperar la producción de biogás.
2. **Mezcla y Homogeneización:** La biomasa se mezcló y para crear una mezcla uniforme.
3. **Fermentación Anaeróbica:** El biodigestor se selló herméticamente para evitar la entrada de oxígeno. Los microorganismos anaeróbicos, como bacterias metanogénicas, actuaron sobre la biomasa descomponiéndola en un proceso de fermentación.
4. **Producción de Biogás:** La fermentación anaeróbica produjo biogás en una cantidad muy escasa.

11.4.5. Sustratos para la alimentación del Biodigestor

Se usó material orgánico de origen vegetal como alimento o sustrato para la biodigestión. Se evitó el uso de residuos no orgánicos o aquellos que estén contaminados o puedan obstruir el digestor. Es importante que los residuos no sean demasiado grandes para facilitar la digestión y evitar obstrucciones. Se usó uso residuos orgánicos no sean mayores que media manzana o una cáscara de banana entera. Como los residuos orgánicos ya contienen agua, se agregó más agua durante la alimentación para mantener la proporción adecuada de agua y sólidos dentro del biodigestor y lograr una consistencia similar a un "caldo".

11.4.6. Tipos de residuos que se utilizaron

Se emplearon varios residuos orgánicos procedentes del uso preparación de comida en el establo y local de papas.

11.5. METODOLOGIA PARA DETERMINAR EL NIVEL DE EFICACIA Y EFICIENCIA DEL BIODIGESTOR.

La determinación del nivel de eficacia y eficiencia de un biodigestor es crucial para evaluar su rendimiento y su viabilidad como sistema de tratamiento de residuos orgánicos. A continuación, se describe la metodología utilizada para llevar a cabo esta evaluación.

Tabla 4. Tabla de calorías de alimentos

Alimento	Calorías por cada 100g
Arroz	350 cal
Brócolis	31 cal

Cebollas	47 cal
Coco	646 cal
Dátil	279 cal
Dátil seco	306 cal
Espinacas congeladas	25 cal
Frambuesa	40 cal
Fresas	36 cal
Habas tiernas	64 cal
Hinojo	16 cal
Lechugas	18 cal
Manzanas	52 cal
Nabos	29 cal
Papas	86 cal
Pepino	12 cal
Plátanos	90 cal
Pimientos	22 cal
Tomates	22 cal
Zanahorias	42 cal

Fuente : Leonie Leber, (2021)

Elaborado por : Autores

Calculamos la eficiencia energética: La eficiencia energética del biodigestor se calculó comparando la energía total contenida en el biogás producido con la energía contenida en los alimentos introducidos. La fórmula general para calcular la eficiencia energética es:

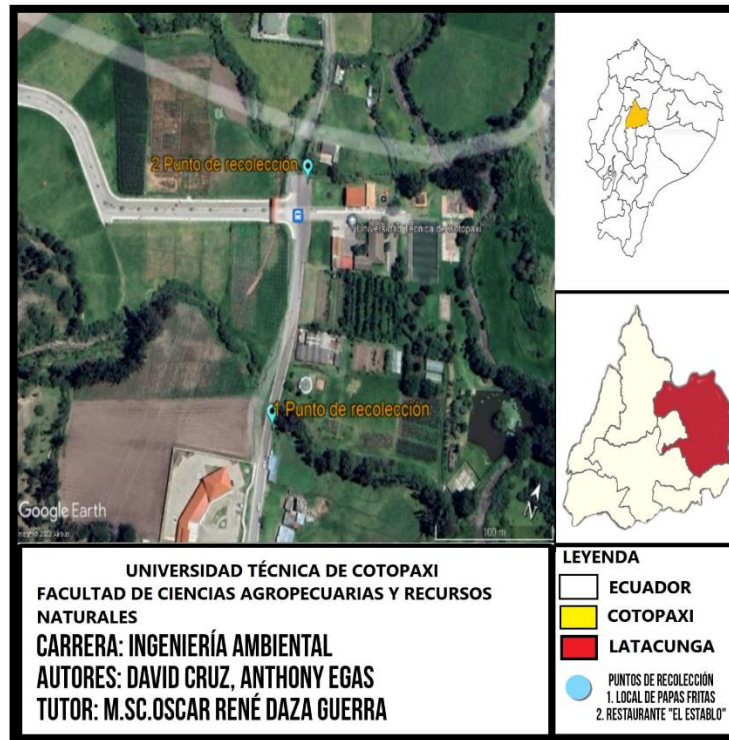
$$\text{Eficiencia} = (\text{Energía en el biogás} / \text{Energía en los alimentos}) \times 100$$

12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

12.1. Análisis de datos

12.1.1. Determinación de la recolección de residuos orgánicos producidos en el establo y local de papas en del campus Salache.

FIGURA 6. *Puntos de recolección.*



Fuente: autores

En la implementación de puntos de acopio para la recolección de los residuos orgánicos se consiguió bastante material esto debido a que existe un desconocimiento del uso que se les puede dar por parte de las personas, estos residuos no están siendo aprovechados dentro de la universidad. Esto permitió que los desechos orgánicos en la facultad de CAREN se recolecten de manera adecuada y se puedan utilizar como materia prima para la producción de biogás.

Se identificaron 2 centros de expendio de alimentos: el establo y local de papas fritas.

Durante un período de 7 días, se realizó la recolección y pesaje de los residuos orgánicos generados en los centros de expendio de alimentos del campus Salache. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 5. Resultados de la recolección de residuos orgánicos

Establo									
Día	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio	Peso Total
Residuos orgánicos	17.55 kg	25 kg	27.1 kg	13kg	30 kg	26 kg	31 kg	23.93 kg/día	167.55 kg
Local de papas									

Día	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio	Peso Total
Residuos orgánicos	0.95 kg	0.55 kg	1.60 kg	0.65 kg	0.45 kg	0.65 kg	1.65 kg	0.93 kg/día	6.50 kg
Total	18.5 kg	25.55 kg	28.70 kg	0.95 kg	30.45 kg	26.65 kg	32.65 kg	0.93 kg/día	174.55 kg

Elaborado por los: autores

Establo: La cantidad promedio de residuos orgánicos generados en el establo durante un período de siete días es 23.93 kg por día. Esta cantidad considerable de residuos orgánicos es una fuente valiosa de materia prima.

Local de Papas: Aunque la cantidad promedio de residuos orgánicos generados en el local de papas es menor en comparación con el establo, aún se presenta una oportunidad para su valorización. Con un promedio de aproximadamente 0.45 kg por día, estos residuos también pueden contribuir al proceso de biodigestión.

Estos resultados indican que hay una cantidad significativa de residuos orgánicos disponibles para su uso como materia prima en un biodigestor. La recolección diaria de residuos orgánicos del establo y el puesto de papas fritas puede ser una fuente sostenible de alimentación para un biodigestor.

11.3.1.1. CÁLCULO DE GENERACIÓN PER CÁPITA (GPC).

1. Medición de residuos:

En el establo se obtuvo un promedio de 23.93 kg por día.

En el local de papas se obtuvo un promedio de 0.45 kg por día.

2. Conteo de clientes o pedidos:

En el establo se obtuvo una ganancia de 102\$ por día dando un total 714\$ en 7 días.

En el local de papas se obtuvo una ganancia de 9\$ por día dando un total de 63\$ en 7 días.

Usamos la siguiente ecuación

Total de dinero/ Precio = Número de Clientes.

Establo $102/1 = 102$ Número de clientes por día (hab/día)

Local de papas $9/1 = 9$ Número de clientes por día (hab/día)

Tenemos que la cantidad de clientes por día es de 111 (hab/día).

3. Cálculo del índice per cápita de residuos orgánicos:

Una vez obtenido el total de clientes continuamos con el cálculo.

Índice Per Cápita de Residuos Sólidos = Total de Residuos orgánicos (kg) / Número de Clientes (hab/día)

Índice Per Cápita de Residuos orgánicos = (23,93 kg + 0,45 kg) /111 hab/día

Índice Per Cápita de Residuos orgánicos = (24,38 kg) /111 hab/día

Índice Per Cápita de Residuos orgánicos = 0,22 kg/hab/día

Tabla 6. Generación per Cápita de residuos orgánicos

Generación Per Cápita								
Día	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
Establo	0,158	0,225	0,244	0,117	0,27	0,234	0,279	0,218339768
Local de papas	0,009	0,005	0,014	0,006	0,004	0,006	0,015	0,008365508
Total	0,158	0,225	0,244	0,117	0,27	0,234	0,279	0,226705277

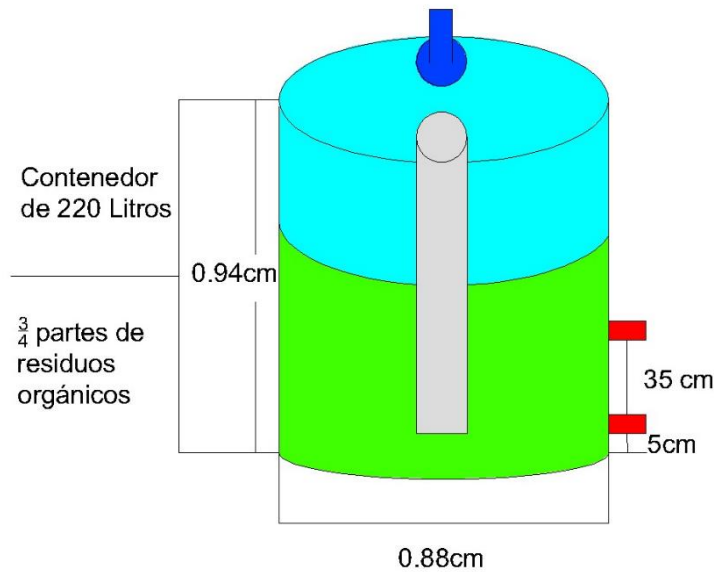
Elaborado por: autores

En la Tabla 5 tenemos el promedio percapita en cuanto a “la estadística de información ambiental económica en GADs Municipales” (INEC, 2018), el indicador 10 de producción per cápita de desechos sólidos (urbanos), se tiene que la producción per cápita en la zona urbana en Cotopaxi es de 0.4 kg/hab/día (promedio de 7 municipios). Si en conjunto el establo y el local de papas se tiene una producción per cápita de 0.22 kg/hab/día, entonces, esta cantidad representa el 55% de los residuos que genera una persona por día en la zona urbana en Cotopaxi.

12.1.2. Construcción del biodigestor para la generación de energía en el campus Salache.

FIGURA 7. Dimensiones del biodigestor

Dimensiones



Fuente: autores

1. Implementación de una malla:

- Se midió y cortó una malla de 10 metros para cubrir la superficie.
- Se colocaron estacas en las esquinas y a lo largo de los bordes para asegurar la malla.
- Se cavaron agujeros para insertar las estacas y mantenerlas firmes.
- La malla fue estirada y asegurada a las estacas, ajustándola a la forma deseada.
- La malla se revisó regularmente para garantizar su sujeción y estado.

2. Preparación del tanque colector de gas:

- Se utilizó un depósito de 220 litros de capacidad para recolectar el gas.

3. Preparación del tanque digestor:

- Se marcaron y perforaron agujeros para las entradas y salidas en el tanque digestor.

4. Colocación de la tubería de entrada:

- Se instaló la tubería para la carga de materia orgánica en el tanque digestor.

5. Colocación de materiales de salida:

- Se colocaron componentes como niple, rosca, tuerca y tapón para la salida de fertilizantes.
- Una válvula industrial se instaló en la parte superior para la salida del biogás.

6. Instalación de mangueras y llave de paso:

- Mangueras fueron conectadas a la válvula de salida del biogás, con una llave de paso para regular la salida.

7. Colocación de una hornilla:

- Se adaptó una hornilla con latas de bebidas y un shiglor para el flujo de gas.

Funcionamiento del biodigestor discontinuo:**1. Llenado inicial y producción de gas:**

- Se agregó carga a través de la tapa superior del digestor.
- Se llenó el biodigestor el 26 de abril con una mezcla de materia orgánica y agua hasta el 3/4 de su capacidad.

2. Salida de efluente líquido:

- El efluente líquido se expulsó a través del tubo de salida una vez concluido todo el proceso de fermentación anaeróbica.

3. Preparativos para uso del biogás:

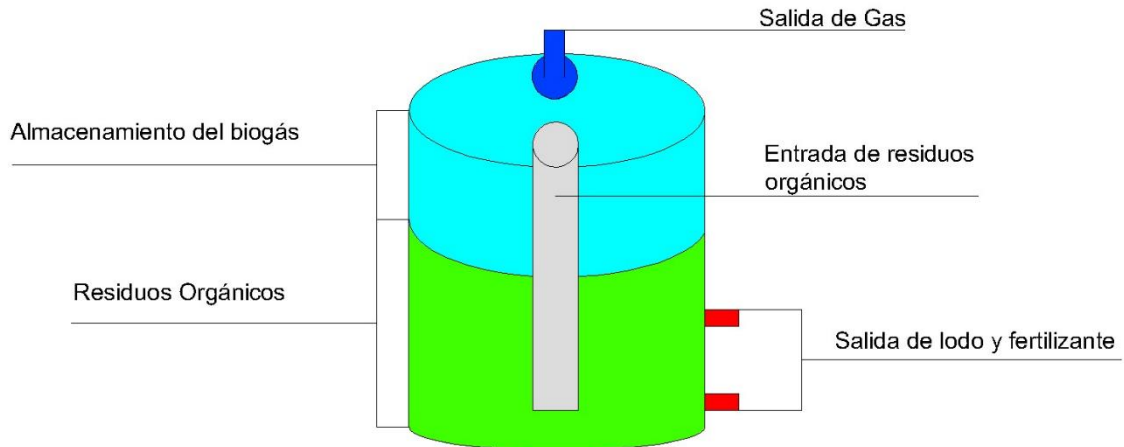
- Se instalaron conexiones, mangueras, válvulas de seguridad, depósito de biogás y quemador.
- Se verificaron las conexiones para evitar fugas de gas o entrada de aire.

4. Alimentación del biodigestor:

- Se utilizaron materiales orgánicos de origen vegetal como frutas y verduras.
- Se evitó el uso de residuos no orgánicos o contaminados.
- Se mantuvo la proporción adecuada de agua y sólidos para facilitar la digestión.

FIGURA 8. Biodigestor Discontinuo

Biodigestor (Discontinuo) a base de residuos orgánicos.



Fuente: autores

Después de la construcción del biodigestor, se llevó a cabo un seguimiento continuo para evaluar su funcionamiento y determinar la producción de biogás. El cual inicio su proceso el 26 de abril, y a los 35 días desde el inicio del proceso de biodigestión, es decir, el 30 de mayo del 2023 se observó el inicio de la producción de biogás en el biodigestor, pero la fuerza del gas producido no fue suficiente para encender una flama.

A medida que transcurrieron los días, se observó un aumento significativo en la generación de biogás en el biodigestor. Específicamente, el 6 de junio del 2023, a partir de los 42 días, se pudo constatar un aumento notable en la cantidad y fuerza de biogás producido. Dando como resultado el poder encender una pequeña flama por escasos minutos, para luego desvanecerse por completo dando a entender que el biodigestor no es viabilidad con residuos orgánicos, ya que, la bioenergía generada es insignificante para producción de calor o electricidad.

12.1.3. Determinación del funcionamiento y eficacia del biodigestor.

Se calculó la eficiencia energética basándonos en los datos calóricos de la **Tabla 5**.

1. Los plátanos tienen 90 calorías por cada 100 gramos
2. Las zanahorias tienen 42 calorías por cada 100 gramos

3. Las lechugas tienen 18 calorías por cada 100 gramos
4. Las manzanas tienen 52 calorías por cada 100 gramos
5. Las papas tienen 86 calorías por cada 100 gramos
6. Las cebollas tienen 47 calorías por cada 100 gramos
7. Los Tomates tienen 22 calorías por cada 100 gramos
8. Pimientos tienen 22 calorías por cada 100 gramos
9. El brócolis tiene 31 calorías por cada 100 gramos
10. El pepino tiene 12 calorías por cada 100 gramos

Tabla 7. Cálculos de las calorías por kilogramos

Alimento	Calorías por 100g	Calorías por kg
Plátanos	90 cal	900 cal
Zanahorias	42 cal	420 cal
Lechugas	18 cal	180 cal
Manzanas	52 cal	520 cal
Papas	86 cal	860 cal
Cebollas	47 cal	470 cal
Tomates	22 cal	220 cal
Pimientos	22 cal	220 cal
Brócolis	31 cal	310 cal
Pepino	12 cal	120 cal

Elaborado por: Autores

En la **TABLA 6** para convertir calorías por cada 100 gramos (cal/100g) a calorías por kilogramo (cal/kg), se multiplica por 10, ya que hay 10 unidades de 100 gramos en un kilogramo.

Convertimos:

Calorías por cada 100 gramos (cal/100g) * 10 = Calorías por kilogramo (cal/kg)

Si las papas tienen 86 calorías por cada 100 gramos:

$86 \text{ cal/100g} * 10 = 860 \text{ cal/kg}$

Por lo tanto, las papas tienen una densidad calórica de 860 calorías por kilogramo.

Tabla 8. Energía total en los residuos

Alimentos	kilogramos	Cal/kg	Calorías
Plátanos	5,2	900	4680

Zanahorias	9,75	420	4095
Lechugas	25,5	180	4590
Manzanas	12,05	520	6266
Papas	23,35	860	20081
Cebollas	19,9	470	9353
Tomates	25,6	220	5632
Pimientos	14,5	220	3190
Brócolis	19,4	310	6014
Pepino	19,3	120	2316
Total	174,55		66217

En la **Tabla 7** multiplicamos la cantidad de kilogramos por las cal/kg de cada alimento obteniendo las calorías, este cálculo es una estimación debido a que existe una pérdida de calorías por parte de cada alimento.

Calculamos la eficiencia energética en este contexto, usamos la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia Energética} = (\text{Calorías útiles} / \text{Calorías proporcionadas}) * 100$$

Donde:

- Calorías útiles son las calorías totales producidas por el biodigestor, es decir, las calorías generadas por la descomposición de los alimentos en el biodigestor y la producción de biogás.
- Calorías proporcionadas son las calorías totales contenidas en los alimentos que se ingresaron al biodigestor.

En este caso, las calorías son (66217 calorías) y las calorías útiles serán la cantidad de calorías generadas por la descomposición y conversión de los alimentos en biogás.

Supongamos que se generaron 1000 calorías útiles a partir de la descomposición de los alimentos en el biodigestor.

Cálculo:

1. Se sustituye los valores en la fórmula de eficiencia energética: $\text{Eficiencia Energética} = (1000 \text{ cal} / 66217 \text{ cal}) * 100$
2. $\text{Eficiencia Energética} = (0.0151) * 100$ $\text{Eficiencia Energética} \approx 1.51\%$

En general, un nivel de eficiencia energética del 1.51% se consideraría relativamente bajo. Esto sugiere que una cantidad muy pequeña de la energía contenida en los alimentos se está convirtiendo en biogás utilizable. Según los biodigestores discontinuos cuando son

cargados hasta que termina su proceso de fermentación está lleno de materia orgánica y al final queda muy poca masa orgánica y bastantes bacterias. Esto provoca que el biodigestor no sea funcional ya que no garantiza un equilibrio entre los residuos orgánicos y las bacterias.

13. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

13.1. Impacto social

Además, el uso de los residuos orgánicos para la producción de biogás puede ser una alternativa más limpia en comparación con otras fuentes de energía, lo que puede ser beneficioso para la comunidad en términos de salud. Además, la implementación de esta tecnología puede servir como una herramienta educativa para estudiantes y la comunidad en general, ya que se puede utilizar para demostrar la importancia de la gestión de residuos y amigables con el medio ambiente.

13.2. Impacto Ambiental

Al utilizar los residuos orgánicos como materia prima para producir biogás, se reduce la cantidad de residuos que se envían a los vertederos y, por lo tanto, se reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Además, la producción de biogás a partir de residuos orgánicos es una fuente de energía renovable y limpia, lo que significa que no emite contaminantes al aire ni al agua.

13.3. Impacto Económico

La implementación de un biodigestor casero a base de residuos orgánicos para generar biogás tiene un impacto económico negativo. Si la fuente de residuos orgánicos es inconsistente en términos de cantidad y calidad, puede afectar la producción de biogás. El biodigestor requiere un mantenimiento regular para asegurar su funcionamiento. Los costos asociados con el mantenimiento, reparaciones y reemplazo de partes se acumulan con el tiempo.

14. CONCLUSIONES

La producción de residuos orgánicos en el establo y local de papas en el campus Salache es significativa y representa una fuente potencialmente valiosa de materia prima para la producción de biogás en un biodigestor. De los resultados obtenidos arroja un Índice Per Cápita de Residuos orgánicos de 0,225 kg.

Se construyó un biodigestor que permitió la producción de biogás a los 35 días, el cual no tuvo la fuerza suficiente para encender una flama, habiendo un aumento significativo a los 42 días, llegando aquí a su punto más alto de producción de bioenergía, generando una cantidad limitada de biogás el cual alcanzó para encender una flama por escasos minutos y luego desvanecerse y dar por terminado la producción de gas, siendo así no viable la implementación del biodigestor discontinuo.

El biodigestor no es eficiente en la generación de biogás debido a su menor capacidad para generar energía calórica, dando un resultado de eficiencia de 1.5% haciendo la implementación no viable.

15. RECOMENDACIONES

Implementar un programa de gestión de residuos orgánicos en el campus Salache, que incluya la instalación de puntos de recolección específicos para los residuos orgánicos en los centros de expendio de alimentos.

Se recomienda evaluar opciones para aprovechar de manera más eficiente el biogás generado. Esto podría incluir la exploración de tecnologías más eficientes de generación de energía, la implementación de sistemas de cogeneración que permitan aprovechar el biogás. Además, se sugiere llevar a cabo un estudio más detallado y una evaluación económica para determinar la viabilidad de las opciones disponibles y tomar decisiones informadas sobre la implementación de sistemas de generación de energía basados en el biogás.

Evaluar la posibilidad de implementar un programa de gestión integral de residuos que incluya la separación y clasificación adecuada de los residuos orgánicos en las fuentes de generación, como los locales de comida y otros establecimientos cercanos. Esto podría aumentar la calidad de los residuos que ingresan al biodigestor y, en consecuencia, mejorar la eficiencia en la generación de biogás. Además, considerar la formación y capacitación del personal involucrado en la recolección y manejo de los residuos para asegurar un flujo continuo y adecuado de materia prima al biodigestor.

Implementar un sistema integral de compostaje en la facultad Caren para el tratamiento de residuos orgánicos, este sería una gran alternativa para manejar de una forma más adecuada los residuos generados por los establecimientos de comida.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Rizzo, C. A. (2015). Fabricación de un prototipo de generador eléctrico de imanes permanentes (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.). Recuperado Noviembre 3, 2022, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16901/1/TESIS%20AGUILAR%20RIZZO%20CARLOS.pdf>
- Aranguren, E. J. A., & Almaso, E. D. C. (2019). Sistema de gestión de energía en instalaciones industriales. Teorías, Enfoques y Aplicaciones en las Ciencias Sociales. Recuperado Noviembre 3, 2022, de <https://revistas.uclave.org/index.php/teacs/article/view/2203/1237>
- Balcells, J., Autonell, J., & Barra, V. (2010). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Marcombo. Recuperado Octubre 26, 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552019000100169
- Cadavid-Rodríguez, L. S., & Bolaños-Valencia, I. V. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. *Energética*. Recuperado Noviembre 3, 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/1470/147043932004.pdf>
- Carhuancho León, F. M. (2012). Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola. Recuperado Octubre 30, 2022, de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1769/P06.C375-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carpio, C., & Coviello, M. (2013). Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio. Recuperado Noviembre 3, 2022, de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/4106>
- COA, (2017)- Código orgánico del Ecuador recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Cruz Cutipa, E. (2016). Estimación de variables de la producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios en función de las características socioeconómicas de la población en la ciudad Macusani-Carabaya.

- Enrique Vivanco (2020). Energías renovables y no renovables Recuperado Octubre 29, 2022, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29102/1/BCN_Energia_renovable_y_no_renovable_ventajas_y_desventajas_final.pdf
- Fátima Rodríguez Marín & J. Eduardo García Díaz (2011). ¿Qué diferencias hay entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico de docentes en formación sobre el concepto de energía? Recuperado Octubre 22, 2022, de <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/37906/Que%20diferencias%20hay%20entre%20conocimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Figueredo, S. F., Ensuncho, A. E., & López, J. M. (2014). Exploración estocástica de las superficies de energía potencial de dímeros cis-trans y trans-trans del ácido fórmico. *Química Nova*. Recuperado el Octubre 30 de 2022 de <https://www.scielo.br/j/qn/a/kMRrdwHHqFbr9WwDw3rFNMc/?lang=es>
- Gámez, C. M., Ruz, T. P., & López, M. A. J. (2013). El problema de la producción y el consumo de energía: ¿Cómo es tratado en los libros de texto de educación secundaria?. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Recuperado Octubre 30, 2022, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285768/373768>
- González-Sánchez, M. E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R., & Yañez-Ocampo, G. (2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista argentina de microbiología*. Recuperado Noviembre 3, 2022, de https://www.portalveterinaria.com/pdfjs/web/viewer.php?file=%2Fupload%2Friviste%2FAlbeitar221_MR.pdf.
- Lamigueiro, O. P. (2013). Energía solar fotovoltaica. *Creative Commons ebook. España*. Recuperado Noviembre 4, 2022, de https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Perpinan-Lamigueiro/publication/249012821_Energia_Solar_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf
- Leonie Leber, (2023) Tabla calórica de los alimentos, recuperado el 27 de julio de 2023 de <https://www.foodspring.es/magazine/author/leonie>
- Martín-Consuegra, F., Alonso, C., Frutos, B., Oteiza San José, I., & Cuerdo-Vilches, T. (2014). Análisis y propuesta de mejoras para la eficiencia energética del edificio

principal del Instituto cc Eduardo Torroja-CSIC. Recuperado Octubre 30, 2022, de [https://digital.csic.es/bitstream/10261/108521/1/Informes%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%2066%20\(536\)%20e043%20\(2014\).pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/108521/1/Informes%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%2066%20(536)%20e043%20(2014).pdf)

Maya Ochoa, C., Hernández Betancur, J. D., & Gallego Múnera, Ó. M. (2012). La valoración de proyectos de energía eólica en Colombia bajo el enfoque de opciones reales. *Cuadernos de Administración*, 25(44), 193-231. Recuperado Noviembre 4, 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35922012000100009

Namay Villanueva, L., Chimoy Gomez, J. G., & Cárdenas Durand, A. G. METANOGENESIS Y BIODIGESTORES. Recuperado Octubre 30, 2022, de https://www.academia.edu/62682187/BIODIGESTORES_y_METANOGENESIS

Núñez, C. A. F., Fajardo, C. A. G., & Vargas, F. E. S. (2012). Producción y uso de pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los modelos del proceso de gasificación. *ITECKNE: Innovación e Investigación en Ingeniería*. Recuperado Octubre 30, 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4991583>

Ortega Viera, L., Rodríguez Muñoz, S., Fernández Santana, E., & Bárcenas Pérez, L. (2015). Principales métodos para la desulfuración del biogás. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Recuperado Noviembre 3, 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382015000100004&script=sci_arttext&tlng=pt

Pereira Blanco, M. J. (2017). Tratamiento jurídico de las energías renovables en Colombia: ahorro energético, eficiencia energética y uso racional de la energía. *Revista Jurídica Mario Alario D' Filippo*. Recuperado Noviembre 3, 2022, de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/8065/1542-3229-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rivas-Solano, O., Faith-Vargas, M., & Guillén-Watson, R. (2010). Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Revista Tecnología en Marcha*. Recuperado Noviembre 4, 2022, de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/132/131

Rojas Párraga, H. R. (2014). Estudio del efecto de la aplicación de microorganismos efectivos (EM) en la calidad de biol en un proceso de biodigestión anaeróbica. Recuperado Noviembre 3, 2022, de

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1878/F04-R633-T.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Rojas-Rodríguez, D. B., & Prías-Caicedo, O. (2014). Herramientas Lean para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001. *Energética*. Recuperado Noviembre 7, 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/1470/147040027005.pdf>

Sánchez Sánchez, V. M. (2017). Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por Ganado Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015. Recuperado Octubre 30, 2022, de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10898/sanchez_sv.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez-Vázquez, L. (2010). La legitimización de la energía nuclear en España: el fórum atómico español (1962-1979).. Recuperado Noviembre 4, 2022, de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/5662/18897368.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Siverio Valle, L., Quintero Cabrera, D. A., & Fariñas Wong, E. Y. (2021). Eficiencia energética en edificios de oficinas mediante tecnología de iluminación LED y parque solar FV. *Ingeniería Energética*. Recuperado Noviembre 15, 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012021000200069&script=sci_arttext&tlng=en

Solís Ávila, J. C., & Sheinbaum Pardo, C. (2016). Consumo de energía y emisiones de CO₂ del autotransporte en México y escenarios de mitigación. *Revista internacional de contaminación ambiental*. Recuperado Noviembre 7, 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000100007

Varela-Chávez, C. (2020). Aplicaciones de energía cinética en electromovilidad autónoma y sostenible. *Revista UIS Ingenierías*. Recuperado el Octubre 22 de 2022, de: <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768213016/553768213016.pdf>

Varnero-Moreno, M. T. (2011). Manual de biogás, recuperado el 3 de septiembre del 2022 de https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_de_Bioga

17. ANEXOS

Anexo 1.

Aval de traducción



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR A BASE DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE"** presentado por: **Egas Mejía Anthony Josue** y **Cruz Herrera Anderson David** egresados de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Septiembre del 2023.

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CC: 0502666514

Anexo 2.*Hoja de Vida del Tutor***DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE****DATOS PERSONALES**

NOMBRES : Oscar René

APELLIDOS : Daza Guerra

NACIONALIDAD: : Ecuatoriano

ESTADO CIVIL: : Casado

CEDULA: : 040068979-0

DIRECCIÓN: Calle Alejandro Villamar 2-17 y Maldonado

TELÉFONO: : 0995058997

EMAIL: : oscar.daza@utc.edu.ec

**ESTUDIOS REALIZADOS Y TITULOS OBTENIDOS**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL CONESUP	CODIGO DE REGISTRO CONESUP
TERCER	INGENIERO FORESTAL	23-09-2002	1015-07-667219
CUARTO	MAGISTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	01-10-2007	1020-03-399385

Anexo 3.*Hoja de Vida de los Estudiantes***HOJA DE VIDA****DATOS PERSONALES**

NOMBRES : Anthony Josue

APELLIDOS : Egas Mejía

NACIONALIDAD: : Ecuatoriano

FECHA DE NACIMIENTO: : 01 de diciembre del 1998

ESTADO CIVIL: : soltero

CEDULA: : 050357476-6

LUGAR DE NACIMIENTO: : *Latacunga, La Matriz*

DIRECCIÓN: : Barrio La merced

TELÉFONO: : 0983988674

EMAIL: : anthonyegas98@gmail.com

**FORMACIÓN ACADÉMICA:**

Escuela " Isidro Ayora"

SECUNDARIA:

Instituto Superior Tecnológico "Vicente León"

SUPERIOR:

Universidad Técnica de Cotopaxi – Egresado de Ingeniería Ambiental

Anexo 3.*Hoja de Vida de los Estudiantes***DATOS PERSONALES**

NOMBRES : Anderson David
APELLIDOS : Cruz Herrera
NACIONALIDAD: : Ecuatoriano
FECHA DE NACIMIENTO: : 02 de enero del 2001
ESTADO CIVIL: : soltero
CEDULA: : 050443884-7
LUGAR DE NACIMIENTO: : *Latacunga, La Matriz*
DIRECCIÓN: : Barrio Brazales
TELÉFONO: : 0999026524
EMAIL: : davidcruzh.021@gmail.com

**FORMACIÓN ACADÉMICA:**

Escuela "Ana Páez"

SECUNDARIA:

Colegio Técnico "Ramón Barba Naranjo"

SUPERIOR:

Universidad Técnica de Cotopaxi – Egresado de Ingeniería Ambiental

Anexo 2.
Ficha técnica de recolección de datos.

TABLA 1. *Resumen de los puntos de recolección de los residuos y sus horarios.*

Lugar de recolección	Peso de los residuos	Inicio de la recolección		Fin de la recolección	
		Día	Hora	Día	Hora
Establo	17.55kg	Lunes 17 de abril	06:00	Lunes 17 de abril	17:00
Puesto de papas fritas	0.95kg	Lunes 17 de abril	06:00	Lunes 17 de abril	17:30
Establo	25kg	Martes 18 de abril	06:00	Martes 18 de abril	17:00
Puesto de papas fritas	0.55kg	Martes 18 de abril	06:00	Martes 18 de abril	17:20
Establo	27.1kg	Miércoles 19 de abril	06:00	Miércoles 19 de abril	17:00
Puesto de papas fritas	1.60kg	Miércoles 19 de abril	6:00	Miércoles 19 de abril	17:10
Establo	13kg	Jueves 20 de abril	6:00	Jueves 20 de abril	17:10
Puesto de papas fritas	0.65kg	Jueves 20 de abril	6:00	Jueves 20 de abril	17:00
Establo	30kg	Viernes 21 de abril	6:00	Viernes 21 de abril	17:00
Puesto de papas fritas	0.45kg	Viernes 21 de abril	6:00	Viernes 21 de abril	17:10

Establo	26kg	Lunes 24 de abril	6:00	Lunes 24 de abril	17:10
Puesto de papas fritas	0.65kg	Lunes 24 de abril	6:00	Lunes 24 de abril	17:00
Establo	31kg	Martes 25 de abril	6:00	Martes 25 de abril	17:10
Puesto de papas fritas	32.65kg	Martes 25 de abril	6:00	Martes 25 de abril	17:00

Anexo 3.

Capacitación sobre los puntos de acopio



Anexo 4.

Recolección de los residuos orgánicos



Anexo 5.
Implementación de una malla



Anexo 7.
Construcción del biodigestor



Anexo 8.

Implementación de las salidas del biodigestor



Anexo 9.

Implementación de una válvula para la salida del biogás.



Anexo 10.

Conexión de la manguera de gas al biodigestor



Anexo 11.

Biodigestor



Anexo 11.

Pesaje de Residuos



Anexo 11.

Pesaje de Residuos



Anexo 12.

Producción de biogás, en cantidades escasas.

