



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE AVES GENERADA EN LA GRANJA AVÍCOLA PUJILÍ PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA INCUBANDINA UBICADO EN EL SECTOR DE CHAN CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI, 2022. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Gestión de Energías

Autor:

Ing. Cesar Gonzalo Bastidas Moreno

Tutor:

MsC. León Segovia Marco Aníbal

LATACUNGA –ECUADOR

2022

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE AVES GENERADA EN LA GRANJA AVÍCOLA PUJILÍ PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA INCUBANDINA UBICADO EN EL SECTOR DE CHAN CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI, 2022. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión de Energías; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

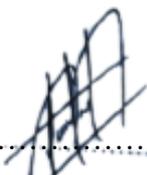
Latacunga, Octubre, 04, 2022



.....
PhD. Secundino Marrero Ramírez
1757107907
Presidente del tribunal



.....
MsC. Pacheco Mena Carlos Francisco
0503072902
Lector 2



.....
MsC. Toaza Iza Jimmy Xavier
1717621062
Lector 3

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico principalmente a dios por darle la vida y haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida estudiantil inspirado en el apoyo incondicional de mi familia en especial de mis padres y de mi hermano, que ha sido, impulso a seguir adelante y superarme cada día más

Cesar Bastidas

AGRADECIMIENTO

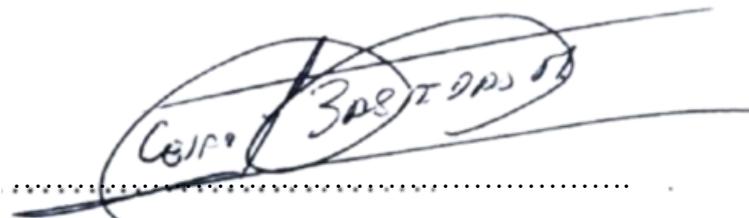
El presente trabajo agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por su apoyo incondicional en mi crecimiento profesional, A TODOS LOS DOCENTES por verter en mí, sus conocimientos, para mi formación integral.

Cesar Bastidas

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, Octubre, 04, 2022

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is cursive and appears to read 'Cesar Gonzalo Bastidas Moreno'. The signature is enclosed within a hand-drawn oval shape.

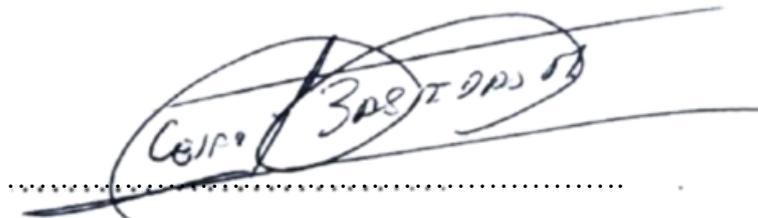
Ing. Cesar Gonzalo Bastidas Moreno

C.C. 050272359-6

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Octubre, 04, 2022

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is cursive and appears to read 'Cesar Gonzalo Bastidas Moreno'. Below the signature is a dotted line.

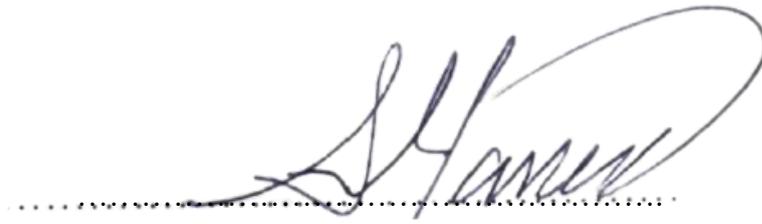
Ing. Cesar Gonzalo Bastidas Moreno

C.C. 050272359-6

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE AVES GENERADA EN LA GRANJA AVÍCOLA PUJILÍ PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA INCUBANDINA UBICADO EN EL SECTOR DE CHAN CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI, 2022. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, Octubre, 04, 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Secundino', written over a horizontal dotted line.

PhD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ

C.C. 1757107907

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

Título: *“ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE AVES GENERADA EN LA GRANJA AVÍCOLA PUJILÍ PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA INCUBANDINA UBICADO EN EL SECTOR DE CHAN CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI, 2022. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS”*

Autor: ING. CESAR GONZALO BASTIDAS MORENO

Tutor: ING. LEÓN SEGOVIA MARCO ANÍBAL. MsC

RESUMEN

El Ecuador es uno de los países de Latino América donde se puede desarrollar varias energías por su situación geográfica, comportamiento climático de las cuatro regiones , sin embargo una de las energías que aún no ha sido explotada es la biomasa, por el desarrollo agrícola, que existe en las cuatro regiones como es costa, sierra, oriente y región insular donde gran parte del territorio nacional están enfocados a la producción agrícola en la cual repunta en la zona centro del país la producción avícola decir la crianza de aves de postura y aves para luego ser faenadas. Es por eso que este proyecto se enfoca a realizar un estudio del potencial energético que existe de la gallinaza o gallinaza, como la materia prima para transformarla en energía que es un gas, en nuestro caso el metano y luego en un poder calorífico de combustión y finalmente en energía eléctrica es por eso que en este trabajo de titulación se efectuara la caracterización de la gallinaza , cuanto de metano podemos obtener de dicha granja y cuanto de energía disponible podemos tener mediante un biodigestor planteado.

PALABRAS CLAVE: biomasa, potencial energético, metano, gallinaza, combustión

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

Title: ANALYSIS OF THE ENERGY POTENTIAL OF THE POULTRY MANURE GENERATED IN THE PUJILÍ POULTRY FARM FOR THE GENERATION OF ENERGY OF THE INCUBANDINA COMPANY LOCATED IN CHAN NEIGHBORHOOD PUJILÍ CANTON COTOPAXI PROVINCE, 2022. DESIGN OF A BIODIGESTOR FOR BIOGAS GENERATION”

Author: CESAR GONZALO BASTIDAS MORENO

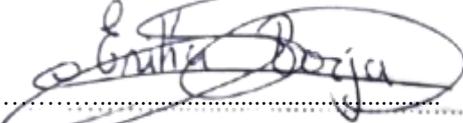
Tutor: ING. LEÓN SEGOVIA MARCO ANÍBAL. MsC

ABSTRACT

Ecuador is one of the Latin American countries where several energies can be developed due to its geographical location, and climatic behavior of the four regions, however, one of the energies that has not yet been exploited is biomass, due to agricultural development, which exists in the four regions such as the coast, highland, Amazon and insular region where a large part of the national territory is focused on agricultural production in which poultry production picks up in the center of the country, that is, the raising of laying birds and birds for then be slaughtered. That is why this project focuses on conducting a study of the energy potential that exists in chicken manure or poultry manure, as the raw material to transform it into energy that is a gas, in our case methane, and then into a calorific value of combustion and finally in electrical energy that is why in this research project the characterization of chicken manure will be carried out, how much methane could be obtained from that farm and how much available energy could have through a proposed biodigester.

KEYWORD: biomass, energy potential, methane, chicken manure, combustion

Erika Cecilia Borja Salazar con cédula de identidad número: 0502161094 Licenciada en: Ciencias de la Educación especialización Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-07-747814; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “ANÁLISIS DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE AVES GENERADA EN LA GRANJA AVÍCOLA PUJILÍ PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA INCUBANDINA UBICADO EN EL SECTOR DE CHAN CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI, 2022. DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE BIOGÁS” de: **Cesar Gonzalo Bastidas Moreno**, aspirante a Magíster en **Gestión de Energías**


Erika Cecilia Borja Salazar, Mg.
CI: 0502161094



Latacunga, Septiembre, 2022

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

Antecedentes:

Planteamiento del problema

Formulación del problema

Objetivo General

Objetivos Específicos

Sistemas de tareas en relación con los objetivos específicos:

Justificación

Hipótesis

CAPÍTULO I _____ 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA _____ 1

1.1 Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado de arte. __ 1

1.2 Fundamentación teórica _____ 2

1.2.1 Energías renovables _____ 2

1.2.2 Energías no renovables _____ 3

1.2.3 Biomasa _____ 3

1.2.4 Clasificación de la biomasa _____ 3

1.2.5 Biomasa en el Ecuador _____ 4

1.2.6 Producción de biogás _____ 5

1.2.7 Gallinaza _____ 6

1.2.8 Composición de la gallinaza _____ 6

1.2.9 Biogás _____ 13

1.2.10 Biol _____ 16

1.2.11 Factores influyentes en la degradación anaeróbica _____ 20

1.2.12 Características generales del biogás _____ 25

1.2.13 Biodigestor _____ 25

1.2.14	Clasificación de los Biodigestores _____	28
1.2.15	Estructura de los Biodigestores _____	33
1.2.16	Modelo Horizontal de un biodigestor _____	36
1.2.17	Generación de energía eléctrica basada en biomasa _____	37
1.2.18	Ubicación Geográfica del Lugar de la Investigación _____	43
1.2.19	Instrumentos de la investigación _____	44
1.2.20	Análisis Químicos de la Gallinaza de Incubandina _____	44
1.2.21	Producción de la gallinaza en la Empresa Incubandina _____	45
1.2.22	Generación de desecho en la Empresa Incubandina _____	45
1.2.23	Estimación del potencial energético de la gallinaza de los galpones de Incubandina _____	46
1.2.24	Dimensionamiento del biodigestor _____	48
1.3	Fundamentación Metodológica _____	62
1.3.1	Enfoque _____	62
1.3.2	Tipo de investigación _____	63
1.3.3	Técnica de recolección de la Información _____	63
1.4	Conclusiones Capítulo I _____	65
	CAPÍTULO II. _____	66
2.1	Título del proyecto _____	66
2.2	Objetivos del proyecto _____	66
2.3	Descripción de la propuesta _____	66
2.4	Recolección de datos para la evaluación del potencial energético de la gallinaza _____	66
2.5	Capacidad productiva de la granja avícola de Incubandina _____	67
2.6	Resultados de los cálculos realizados para la generación de biogás _____	67
2.7	Resultado de la densidad promedio de aves en el galpón _____	68
2.8	Resultados del potencial energético de la gallinaza de los galpones de Incubandina _____	68
2.9	Dimensionamiento de biodigestor Incubandina _____	69
2.9.1	Masa Húmeda: _____	69
2.9.2	Masa seca: _____	69

2.9.3	Masa volátil: _____	70
2.9.4	Producción de biogás: _____	70
2.9.5	Dimensionamiento del biodigestor _____	70
2.10	Producción de biogás _____	70
2.11	Verificación del contenido de solidos _____	71
2.12	Verificación de la carga orgánica volumétrica _____	71
2.13	Volumen de agua por adicionar _____	71
2.14	Tiempo de retención _____	72
2.15	Potencia del generador _____	72
2.16	Análisis de carga _____	72
2.17	Análisis de la viabilidad técnica según el estudio de carga realizado en el galpón	73
2.18	Diseño de biodigestores tropicalizados tipo laguna _____	74
2.19	Dimensionamiento del tanque de mezcla y alimentación _____	76
2.20	Dimensionamiento laguna del biodigestor _____	77
2.21	Dimensionamiento de la laguna de descarga _____	79
2.22	Dimensionamiento de lecho de secado _____	79
	Conclusiones Capítulo II.- _____	80
	<i>CAPÍTULO III</i> _____	82
3	<i>APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA</i> _____	82
3.1	Análisis e interpretación de resultados _____	82
3.2	Demanda de la empresa Incubandina _____	86
3.3	Dimensionamiento del generador _____	86
3.4	Costos de Construcción _____	89
3.5	Análisis del TIR y el VAN _____	91
3.6	Conclusiones Capitulo III _____	95

Conclusiones Generales	96
Recomendaciones	97
Referencias	98

INTRODUCCIÓN

Según la definición contenida en la norma CEN TS 14774-3 [1] se denomina “biomasa” a todo material biológico, excluido aquel que se localiza dentro de formaciones geológicas, haya sufrido o no un proceso de mineralización. Obviamente esta definición hace referencia al hecho de que potencialmente todo material biológico puede ser apto para la producción de energía, si bien, en sentido estricto, sólo se consideran “biomasa”, entendida como recurso energético, aquellos que están en un momento dado disponibles para su uso energético.

De acuerdo a dicha definición, todos los productos que componen la biomasa provienen de la energía solar que, mediante el proceso de fotosíntesis llevado a cabo por las plantas verdes, se ha captado y transformado en energía del enlace químico de las moléculas que componen los materiales biológicos. Esta energía solar transformada se libera en forma de calor en los procesos de oxidación asociados a la conversión energética de la biomasa. Por otra parte, al estar integrada por materiales biológicos de origen próximo, es decir, que se han formado en la atmósfera actual, la biomasa es un recurso renovable ya que, a diferencia de los combustibles fósiles, los elementos que entran a formar parte de su composición provienen del ciclo actual de dichos elementos.

En el proceso fotosintético y asociada a la transformación de la energía solar está la producción del material biológico que se realiza a partir del CO_2 de la atmósfera y del agua y sales minerales del suelo que absorben las raíces. En este sentido, la biomasa es el único combustible cuya producción está asociada a un sumidero de emisiones de efecto invernadero y su utilización energética por combustión directa es fundamentalmente neutra respecto a esta emisión porque en dicho proceso se devuelve a la atmósfera la misma cantidad de CO_2 que previamente la planta utilizó para producir la biomasa utilizada. Obviamente el proceso no resulta absolutamente neutro debido a que en las etapas de producción, recolección, transporte y utilización de la biomasa se utilizan productos fósiles que desprenden emisiones netas de CO_2 .

La biomasa en forma de lo que se conoce con los términos "leña" y "madera" ha sido el primer y único recurso energético utilizado por el hombre hasta el advenimiento del carbón y después fue la principal energía hasta principios de la era industrial, a comienzos del siglo XIX. Aún en nuestros días la biomasa sigue constituyendo una de las principales fuentes energéticas de la humanidad y en los últimos sesenta años a su uso tradicional para producción de calor se han unido aplicaciones eléctricas y de combustibles de transporte. Se denominan "biocombustibles" a los productos intermedios en las cadenas energéticas de la biomasa que se obtienen de las materias primas que componen este recurso mediante su tratamiento por procesos físicos, químicos o biológicos.

Dependiendo de su naturaleza cabe distinguir entre biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos. En la actualidad, los biocombustibles sólidos y gaseosos se emplean, por lo general, para la producción de calor y electricidad, mientras que los de naturaleza líquida (biodiesel y bioetanol) encuentran su principal aplicación en el sector transporte y se refieren con el nombre de "biocarburantes".

Antecedentes:

En el trabajo de " Basurto Cusme Carlos Antonio y Corrales Molina Jonatan Gabriel "; Latacunga 2017(1) se elaboró un estudio con el tema "Diseño y construcción de un biodigestor para la generación de energía térmica y demostración de generación de energía eléctrica en el criadero porcino la bonita" dicha investigación tiene como objetivo "Implementar una mini planta para el tratamiento de las excretas porcinas, la generación de biogás para satisfacer las necesidades térmicas, demostración eléctrica y disminuir la contaminación ambiental en el criadero porcino "La Bonita". Los pequeños proyectos de biomasa son una alternativa para el desarrollo de la población en áreas rurales, nuestro proyecto busca incentivar la utilización de las excretas de porcinos como una fuente de generación de biogás y al mismo tiempo convertirla en energía eléctrica. En el trabajo de "Garzón Cují Marco Vinicio", Ambato 2011(2), se elaboró un estudio con el tema "Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono orgánico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato" La energía por biomasa se genera utilizando la energía a partir del

biogás; tomando en cuenta que la planta de biogás suministra energía y abono, mejora las condiciones higiénicas y no daña el medio ambiente, es una fuente de energía moderna que en el caso de las viviendas rurales, pueden ser montada en el lugar donde se consumirá la energía, evitando los extensos y caros tendidos eléctricos rurales, es renovable y con un mínimo mantenimiento. No se necesita un alto grado de capacitación para operarla

Planteamiento del problema

El incremento desmesurado de la población mundial hace evidente el incremento de la demanda de alimentos, al ser los huevos junto a la carne de pollo la proteína más barata en los mercados se hace evidente el incremento de su demanda. Todo esto conlleva al incremento de planteles avícolas con grandes capacidades de producción de aves de postura o pollos de carne que luego saldrán a los mercados de Ecuador, pero aquí nace un problema de carácter ambiental al tener gran cantidad de gallinas tenemos gran cantidad de estiércol que lo conocemos como la gallinaza.

En el Ecuador por tener las cuatro regiones se desarrolla la avicultura a gran escala, y es aquí donde nace el problema, el hecho de tener 30.000 aves por galpón, tenemos toneladas de gallinaza que tendrán que ser almacenadas en algún lugar si no son tratadas a tiempo antes que entren en descomposición y emanen olores putrefactos que seguro alcanzarán algunas cuadras a la redonda.

En el país no existe aún una política agrícola sobre el tratado que darán las avícolas y otras empresas encargadas de la crianza de animales en tratar las excretas de una manera diferente, es decir que puedan tener un proceso adecuado de descomposición y se pueda sacar provecho de esto como una forma diferente de tratar o procesar la biomasa orgánica que en nuestro caso es abundante, por ello es importante el dimensionamiento de un biodigestor y poder tratar la gallinaza de una forma técnica y sobre todo con un propósito de la producción de gas con fines de generación eléctrica.

Las excretas si no son tratadas de una manera adecuada estas causan enfermedades tanto a la parte operativa trabajadores, operarios como a las propias aves esto causa grandes pérdidas cuando no se pueden controlar dichas

enfermedades propias del estiércol de las aves ya sea por el porcentaje de humedad que contienen o por los sólidos propios de la gallinaza, es por eso que se plantea el biodigestor como un sistema para tratar de muy buena manera las excretas de las gallinas obteniendo el abono líquido que es el biol y el gas fruto de la descomposición anaeróbica el metano como un gas para luego ser transformado en electricidad.

Es así que de esta manera las excretas de los planteles avícolas del Ecuador tomarían un rumbo diferente para ya no ser usado como abono para los cultivos de diferentes pastos, frutas o verduras sino más bien como un abono líquido para fertilizar los suelos y no ocupar grandes espacios de las avícolas con aires contaminados por su descomposición propia de la gallinaza, siendo así una de las mejores soluciones que podemos brindar a los avicultores de la zona centro del país

Formulación del problema

En el Ecuador no existe un tratamiento adecuado de la gallinaza que producen los planteles o granjas avícolas, por años ha sido utilizado como un abono directo para la agricultura en la zona centro del país o a su vez han ocupado espacios considerables en las avícolas sin destino alguno por la gran cantidad de gallinaza que producen los galpones, llegando a contaminar el aire por su descomposición propia y por otro lado los lodos exiliados propios de la gallinaza por el porcentaje de humedad que tienen, es por eso que se plantea como una solución el diseño e implementación de un biodigestor y se pueda tratar de mejor manera las excretas de aves con un fin de conservar el medio ambiente y no contaminar suelos y fuentes de agua que existen en los alrededores de dichas granjas avícolas.

Objetivo General

Evaluar el potencial energético de la gallinaza en la avícola mediante el diseño de un biodigestor para la incorporación a futuro de un sistema de generación de energía eléctrica, como una fuente renovable no convencional en la empresa Incubandina

Objetivos Específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre el proceso de generación de biogás mediante el estiércol de las aves (Gallinaza).
2. Determinar la cantidad de biomasa que puede ser transformada en metano en la empresa Incubandina.
3. Diseñar un biodigestor para el volumen de biomasa y el potencial energético disponible.
4. Analizar la viabilidad de implementación de un biodigestor para la empresa Incubandina enfocado a la generación de electricidad.

Sistemas de tareas en relación con los objetivos específicos:

Estas son actividades que se realizarán para dar cumplimiento a cada objetivo específico planteado.

Objetivos	Tareas/Actividades	Descripción de la metodología por actividad
Realizar una revisión bibliográfica sobre el proceso de generación de biogás mediante el estiércol de las aves (Gallinaza).	<ul style="list-style-type: none">- Describir acerca de los diferentes tipos de residuos orgánicos para la generación de biogás.- Investigar los métodos de generación de biogás.- Analizar la composición de la gallinaza en la generación de biogás.	Investigación Bibliográfica
Determinar la cantidad de biomasa que puede ser transformada en metano en la empresa Incubandina.	<ul style="list-style-type: none">- Recopilar información de la materia prima.- Revisar los datos existentes en la Avícola de la cantidad que se produce al día de la materia prima (Gallinaza).- Analizar los valores para el cálculo del potencial energético producido por la gallinaza.	Investigación de Campo
Diseñar un biodigestor para el volumen de biomasa y el potencial energético disponible.	<ul style="list-style-type: none">- Ejecutar un modelo de biodigestor que permita captar toda la biomasa y esta pueda ser transformada en gas mediante un diseño eficiente del biodigestor.	Investigación de campo Investigación de Campo

<p>Analizar el potencial de energético de la gallinaza que dispone la empresa Incubandina para ser aplicado a un sistema de generación eléctrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar mediante un software CAD los elementos del biodigestor. - Detallar las características de los materiales para un correcto diseño. - Especifico cada uno de los elementos para el diseño del biodigestor. 	<p>Investigación Experimental</p>
--	--	-----------------------------------

Elaborado por o fuente: Resistas

Justificación

El crecimiento de la población mundial y la búsqueda de mejores estándares de vida, muestran un crecimiento en la demanda de energía eléctrica para sostener a la sociedad moderna, la cual se incrementa exponencialmente y como medida para neutralizar este exceso de demanda, se ha optado por la explotación de fuentes de energía alternativas y renovables, para la generación de energía eléctrica y de esta manera disminuir la dependencia de los combustibles fósiles por ende la contaminación del medio ambiente.

El gobierno a través de sus ministerios está implementando nuevas políticas para el cambio de la Matriz Energética Nacional hacia el 2020 mediante estrategias, proyectos y acciones tendientes a desarrollar y aplicar planes de energía renovable y el uso eficiente de la misma, en todo el país.

La ventajosa localización geográfica del Ecuador permite el desarrollo de empresas destinadas a la agricultura y ganadería como el sustento alimenticio de una nación asegurando la alimentación como está establecido en la constitución de la República del Ecuador Art: 27-8 A sobre los recursos naturales que pueden ser transformados en una nueva forma de energía para ser utilizados en los mismos.

Evaluando el potencial de energía que existe en las granjas avícolas se ha determinado poseer un volumen considerado como poder desarrollar la transformación de esta masa hacia un proceso de descomposición microbiana y luego poder transformarlo en gas y posteriormente acoplarlo a ciertos sistemas de combustión o generación de electricidad.

El estudio de las energías limpias se viene dando e implementando ya en varios países, se requiere para ello de recursos, que costeen los gastos de

implementación, pero debemos tomar en cuenta que a largo plazo una inversión de este tipo puede representar un sistema eficiente, de la misma manera podemos contribuir con el medio ambiente ya que con estas energías la contaminación es mínima.

El artículo 5, ~~literal~~ K de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico menciona, “Fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, las universidades y las instituciones privadas”.

El artículo 63, de la LRSE “El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas.

El ARCONEL asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características” por ello es factible la ejecución del presente proyecto”.

Por razones tanto económicas (agotamiento del recurso hidrocarburífero) como ecológicas (alteración de la atmósfera y el suelo), es imperativo el desarrollo de nuevas alternativas energéticas que sean menos agresivas contra el ambiente.

Por todo ello, es conveniente apostar por las Energías Renovables No Convencionales, un recurso limpio, inagotable, de fácil instalación y que se adapta perfectamente al ámbito rural y urbano.

Hipótesis

El análisis del potencial energético de la gallinaza permitirá determinar la cantidad de biogás que se puede extraer y transformar en energía eléctrica.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA

1.1 Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado de arte.

En el trabajo de " Basurto Cusme Carlos Antonio y Corrales Molina Jonatan Gabriel

Latacunga 2017(1) se elaboró un estudio con el tema “Diseño y construcción de un biodigestor para la generación de energía térmica y demostración de generación de energía eléctrica en el criadero porcino la bonita” dicha investigación tiene como objetivo “Implementar una mini planta para el tratamiento de las excretas porcinas, la generación de biogás para satisfacer las necesidades térmicas, demostración eléctrica y disminuir la contaminación ambiental en el criadero porcino “La Bonita”.” Los pequeños proyectos de biomasa son una alternativa para el desarrollo de la población en áreas rurales, nuestro proyecto busca incentivar la utilización de las excretas de porcinos como una fuente de generación de biogás y al mismo tiempo convertirla en energía eléctrica.

En el trabajo de "Garzón Cují Marco Vinicio", Ambato 2011(2), se elaboró un estudio con el tema “Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono orgánico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato” La energía por biomasa se genera utilizando la energía a partir del biogás; tomando en cuenta que la planta de biogás suministra energía y abono, mejora las condiciones higiénicas y no daña el medio ambiente, es una fuente de energía moderna que en el caso de las viviendas rurales, pueden ser montada en el lugar donde se consumirá la energía, evitando los extensos y caros tendidos eléctricos rurales, es

renovable y con un mínimo mantenimiento. No se necesita un alto grado de capacitación para operarla”

1.2 **Fundamentación teórica**

La Universidad Técnica de Cotopaxi en base al diagnóstico situacional de la zona 3 (Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza) y a las prioridades institucionales de mejora de los procesos de investigación científica y tecnológica se propone actualizar las líneas de investigación de energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental. Esta línea de investigación abarca tres grandes ejes para su accionar investigativo, que están en correspondencia con los objetivos nacionales e internacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en esta área. Se integran todas aquellas investigaciones que busquen promover el aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía (Eficiencia Energética) en los diferentes sectores (Industrial, Residencial, Público, Transporte y Agrícola), y reducir el impacto medioambiental derivado de la utilización de los recursos energéticos.

Este proyecto de investigación aplicado a la avicultura mediante energías alternativas tiene un enfoque cualitativo, ya que consiste en determinar la cantidad de biomasa que se dispone en la empresa Incubandina y cuanto es la cantidad de biogás que se podría obtener mediante la implementación de un biodigestor, para luego el gas producido transformarlo en electricidad.

1.2.1 **Energías renovables**

Según [6] define que: “Se conoce como energía renovable a toda aquella energía que se la obtiene de fuentes naturales prácticamente inagotables. Se las denomina renovables ya que están en permanente renovación por medios naturales. La renovación de estas energías es posible ya que dependen de ciclos cerrados, los cuales a su vez dependen de factores externos a la corteza terrestre, que es la capa terrestre donde se aprovechan las energías renovables”.

Otro tipo de energía renovable es la geotérmica, este tipo de energía se la obtiene del calentamiento interno de la tierra. Es la energía que se emite desde el centro del planeta tierra hacia sus capas exteriores.

1.2.2 Energías no renovables

Según [7] definen como las fuentes de energía que se encuentran de forma limitada en el planeta y que se pueden agotar o “su regeneración es muy lenta” para poder volver a ser utilizada. Dentro de este tipo se encuentran los combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados). Estas fuentes son las más comunes y las más utilizadas por el hombre como fuente principal de energía, las cuales impulsan incluso la economía de muchos países como el Ecuador, provocando muchos daños ambientales por su combustión y por los desechos creados a partir de sus derivados.

1.2.3 Biomasa

Los recursos de biomasa en el Ecuador son bastante grandes y extensos al ser un país con gran capacidad de recursos agrícolas y forestales los cuales pueden generar gran cantidad de desechos estos se los puede usar en la generación de energías alternativas.

La definición más apropiada de lo que es la biomasa la da Ana Hidalgo en su publicación “*Valoración de residuos de biomasa en la industria de la construcción*” donde dice lo siguiente:

“La biomasa es la materia orgánica de origen animal o vegetal, o procedente de cualquier transformación de estas, considerando tanto las que se producen de forma natural como artificial” [13].

1.2.4 Clasificación de la biomasa

Teniendo en cuenta el punto de vista ecológico se puede ordenar a la biomasa en tres órdenes:

a) **Biomasa primaria:** es la materia orgánica constituida directamente por los seres autótrofos, (algas, plantas verdes y demás productores fotosintéticos). A este grupo comprende toda la biomasa vegetal, incluidos los residuos agrícolas, así como residuos forestales.

b) Biomasa secundaria: es la materia producida por los seres heterótrofos, que usan en su alimentación a partir de la biomasa generada por los autótrofos (biomasa primaria).

c) Biomasa terciaria: es la materia producida por los seres que se alimentan de biomasa secundaria, como el caso de los depredadores que generalmente se alimentan de la carne de animales herbívoros (biomasa secundaria) [14].

d) Biomasa avícola: Esta biomasa es aquella que se genera en la crianza y reproducción de aves de postura y pollos que están destinadas para las diferentes áreas de la avicultura y crean su masa con la gallinaza que vienen a ser los excrementos que producen diariamente en las granjas [15].

- Gallinaza
- Residuos sólidos avícolas balanceados
- Residuos sólidos pollos muertas
- Residuos sólidos avícolas huevos rotos
- Residuos líquidos avícolas agua de bebederos desperdiciada.

1.2.5 Biomasa en el Ecuador

El Ecuador al tener una posición geográfica y un clima privilegiado para su sector agrícola y forestal éste se aprovecha de la mejor forma en la producción de plátano (en todas sus variedades), palma africana, caña de azúcar, maíz y varias de sus especies se cultivan en todo su territorio. Al momento de la cosecha, preparación y utilización de estos productos se generan grandes cantidades de residuos orgánicos lo que conlleva una gran cantidad de biomasa residual.

En la actualidad en el Ecuador no se utiliza de forma eficiente y continua toda la biomasa que se produce por la agroindustria con excepción de ciertos proyectos puntuales donde los desperdicios se los utiliza para la generación de energías alternativas, por ejemplo, en uno de estos proyectos se usa el bagazo de la caña de azúcar para la generación de energía eléctrica.

Para poder conocer más afondo la realidad de los residuos sólidos del Ecuador, el MAGAP, a través de su filial, SIGAGRO ha realizado un levantamiento detallado de los diferentes cultivos en el territorio nacional

En la Figura 1.1 se presenta el mapa de residuos sólidos producidos por cantones, en el mismo se pueden apreciar cifras en toneladas métricas de biomasa residual que se genera. Como se observa, en Santo Domingo, está ubicada la mayor cantidad de avícolas que es la costa del Ecuador y en la sierra está en Tungurahua.

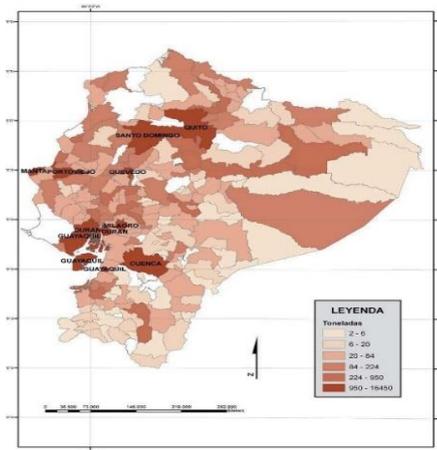


Figura 1.1: Toneladas de residuos producidas por cantones.

Fuente: [16].

1.2.6 Producción de biogás

La gallinaza que producen todos galpones de aves se deposita en grandes cantidades, es considerado un birreactor en el que se generan gases (biogás) y líquidos huecos, debido a que estos caen de las mallas directo donde están las excretas de las aves esta entra a la descomposición que sufre la materia orgánica contenida en dicha gallinaza. Sin embargo, esto dependerá de una serie de factores, como las características de la gallinaza depositada, el lugar donde se deposite, el tipo de compactación, el clima del lugar, entre otros.

La cantidad de biogás que se produce la gallinaza depende de la composición de los desechos contenidos como huevos pollos o pollos muertos y desperdicios de comida para las aves balanceado, en éstos y es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica degradable disponible. Generalmente, la cantidad de

materia orgánica contenida en la gallinaza no es conocida, pero se puede considerar un 50 a 70% de éstos.

La composición estimada de los desechos en el Ecuador, tal como se expone en la Figura 1.2 muestra que residuos poseen un tiempo de degradación diferente, por ejemplo, los alimentos se descomponen más rápido que los productos de papel [17].

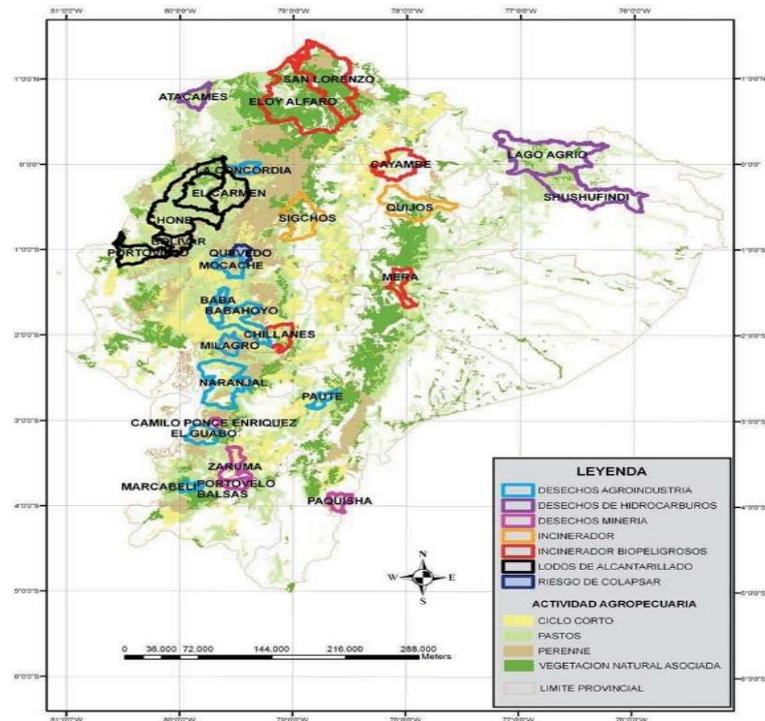


Figura 1.2: Composición de los residuos sólidos urbanos en el Ecuador.

Fuente: [17].

1.2.7 Gallinaza

Según [analista Incubandina] en las granjas de pollos de engorde se define a la gallinaza como “El material compuesto de heces, cama, orina, restos de alimento, mucosa intestinal descamada, secreciones glandulares, microorganismos de la biota intestinal, sales minerales, plumas, insectos, pigmentos, trazas de medicamentos, entre otros.

1.2.8 Composición de la gallinaza

Un elemento de importarte consideración dentro de la composición química de las excretas de aves, como se puede apreciar en la tabla 1.1, y que también se aprecia

en los datos mostrados en esta sección, es su alta variabilidad, la cual ha sido atribuida a los numerosos factores que alteran su composición.

En el caso de la cama de pollos se destacan principalmente el tipo de material que se use como cama, la densidad de aves en el galpón, grosor de la cama y el intervalo de recolección o edad de la cama [8].

Es cada vez mayor la escasez de cama en los grandes centros avícolas del país, lo que influye en su acaparamiento y eleva los costos de producción. Entre los tipos de cama utilizados tenemos la cascarilla de arroz, viruta o aserrín, paja molida de trigo, avena o sorgo, cascarilla de grano de café, papel en tiras o pliegos, etc., o bien casetas sin cama.

Tabla 1.1: Composición de la gallinaza

Proteína Bruta	31.3%
Proteína Verdadera	26.7%
Proteína Digestible	23.3%
Fibra Cruda	19.0%
Grasa Cruda	2.0%
Cenizas	15.0%
Calcio	2.5%
Fósforo Total	1.6%
Fósforo Disponible	1.0%
Hierro	451 ppm
Cobre	225 ppm
Zinc	235 ppm

Fuente: [22].

a) Composición química de la gallinaza en función del material usado como cama

Las excretas de pollo o gallinaza, se encuentra mezclada con los materiales de la cama que se utiliza para la crianza en piso. Los materiales de cama comúnmente utilizados son la cascarilla de arroz, cascarilla de café, aserrín y viruta de madera.

Sin embargo, por su amplio periodo de disponibilidad y bajo costo, la cascarilla de arroz es el de uso más frecuente. En el caso de la viruta de madera, la oferta en el

mercado ecuatoriano no alcanza a cubrir la demanda de los productores avícolas, por lo que su empleo no es habitual.

La publicación “Agronomía Costarricense”, en el año 2,000, mostró valores de los contenidos de materia seca en la gallinaza, correspondientes a 85.5% en cama de cascarilla de arroz, para 19 muestras analizadas; y de 80.2% en cama de viruta de madera, para el análisis de 7 muestras. [8].

b) Aspectos de la gallinaza

Entre los residuos generados en granjas de pollos avícolas, el más importante por su cantidad y características, es la gallinaza. Entendida, como la mezcla entre cama y las excretas de los pollos.

El material de cama varía dependiendo de la disponibilidad, entre granza de arroz, cascarilla de café y ocasionalmente viruta de madera.

Las principales funciones de las camas son:

- Actuar como aislante de la temperatura
- Regular y absorber la humedad
- Diluir las deyecciones, a fin de minimizar el contacto de los pollos con estas.
- Captar las excretas, facilitando su secado y posterior manejo.
- Proteger a las aves de la dureza del suelo evitando, la formación de callosidades en patas y pechugas de los pollos.

A pesar de que hay varias alternativas para el material de cama, ciertos criterios deben aplicarse. La cama debe ser absorbente, liviana, barata y no tóxica. Las características de la cama también deben permitir su uso en compostaje, fertilizante o combustible una vez que ha sido utilizada por las aves.

La gallinaza se acumula en los galpones, durante todo el ciclo productivo, para luego ser dispuesta o bien, preparada (mediante un tratamiento térmico, que garantice la eliminación de patógenos) para cumplir su función con un lote más [9].

c) Usos potenciales de la gallinaza

En el Ecuador, los sistemas de producción aviar generan serios problemas ambientales, debido a la cantidad de sustancias contaminantes procedentes de estos residuos. Con referencia a lo anterior, es conveniente implementar tecnologías de digestión anaerobia, que permitan aprovechar y manejar adecuadamente los diferentes tipos de residuos, transformándolos en una fuente de energía alternativa. Actualmente en el país no existe una entidad gubernamental que proporcione una información real con respecto a la producción de gallinaza, por ende, no se ha logrado establecer con exactitud el valor anual de dicha producción [11].

Entre las aplicaciones potenciales de la gallinaza se destacan el uso como fertilizante obteniéndose a partir de la implementación de un método adecuado de compostaje, el uso pecuario como alimento para rumiantes y el uso como recurso energético.

La gallinaza tiene varios usos alternativos. Tradicionalmente se la ha aplicado directamente al suelo como fertilizante y mejorador de suelos con buenos resultados prácticos para los agricultores. Sin embargo, por su alto contenido de nitrógeno puede servir de sustrato a la cría de moscas y generar malos olores, por lo que de acuerdo con la legislación vigente debe ser tratada previo a su uso agrícola [10].

Utilizar la gallinaza como un componente para la fabricación de abonos orgánicos (compost) constituye una excelente alternativa. Este es un material con alto contenido de nitrógeno y otros nutrientes, tiene un bajo contenido de humedad si se le compara con residuos agroindustriales; con todo esto ayuda a balancear las fórmulas de compost [10].

d) Compostaje de la gallinaza

El compostaje, es el resultado de un proceso natural, en el cual ciertos organismos beneficiosos (hongos y bacterias) reducen y transforman desperdicios orgánicos en un producto útil y de alto valor económico (fertilizante).

El estiércol de pollo debe ser primeramente fermentado para reducir la cantidad de microorganismos como bacterias, que en alta concentración pueden ser nocivas. Los microorganismos contenidos en el estiércol de pollo sin tratar pueden incluso competir por los nutrientes de las plantas, lo cual al final resulta en un daño y en resultados adversos.

La elaboración del compostaje está basada en la mezcla de aves muertas, gallinaza, hojarasca y agua, todo colocado en cajones adecuados para tal fin. Las bacterias degradan las aves muertas utilizando el nitrógeno de la gallinaza y los carbohidratos de la hojarasca como sustrato o nutriente.

Se requiere un medio que favorezca la proliferación bacteriana, que debe tener las siguientes características: 25 - 30 % de oxígeno, una proporción adecuada de nutrientes (por ejemplo 15 a 35 partes de carbón por una parte de nitrógeno), humedad de 45 a 55 %, una temperatura entre 85 a 95 grados centígrados, y un tiempo que incluye dos períodos consecutivos. El material del período inicial (30 días), se llama compostaje del primer tratamiento, en cuya masa comienzan a proliferar los primeros microorganismos que inician la degradación de los cadáveres y del material utilizado como sustrato. Al final del período se voltea completamente el producto. Durante el segundo tratamiento (25 días), el volumen se ha reducido, la temperatura se hace más uniforme y estable; la población de patógenos se reduce. El buen almacenamiento y la operación de los dos períodos de tiempo son esenciales para controlar microorganismos patógenos y la aparición de insectos. El efecto combinado del tiempo y la temperatura destruyen las larvas de moscas, bacterias patógenas y virus. Pruebas con pollos utilizados en cajones de compost demostraron que hay destrucción completa del virus del New Castle en la fase uno de fermentación.

Para realizar el compostaje, se debe tomar en cuenta que los cadáveres siempre deben quedar cubiertos con gallinaza. En forma práctica, las proporciones a emplear son: por cada kg de mortalidad 2-3 kg de gallinaza, 0.1 kg de cáscara de arroz, pasto seco, paja o viruta seca (cualquiera), 200 cm³ de agua.

Las mezclas de materias para producir compost deben formularse en principio de acuerdo a los contenidos de nitrógeno, carbono y humedad. Sin embargo, el aporte

total de nutrientes de los diferentes ingredientes influye sobre la composición del producto final. La relación carbono: nitrógeno para la mezcla inicial de un compost debe hallarse en forma ideal entre 25:1 a 30:1, aunque es aceptable entre 20:1 hasta 40:1. La gallinaza tiene una relación carbono: nitrógeno de aproximadamente 13:1. El reciclaje de materiales orgánicos para su aplicación al suelo podría traer múltiples beneficios tanto por su aporte de materia orgánica al suelo como por el suministro de nutrientes a los cultivos y contribuir parcial o totalmente a la sustitución de fertilizantes químicos y sustratos agrícolas importados. Sin embargo, se necesita de más información para lograr productos de buena calidad de acuerdo a una óptima mezcla de materiales.

La utilización de la gallinaza como abono para cultivos resulta ser una opción muy recomendable debido al bajo costo que representa, y a lo rico de la mezcla en nutrientes. Entre los beneficios del uso de compostaje, cabe resaltar:

- No genera olores, ni atrae moscas.
- Mínima mano de obra diaria
- Económico en su diseño
- Construcción a muy bajo costo
- Amable con el medio ambiente
- Producción de un fertilizante orgánico con alto valor económico.

Las excretas de aves son recursos abundantes, económicos y se muestran como una alternativa en la alimentación de los rumiantes. Presentan contenidos elevados de proteína cruda y son fuente de minerales, pero tienen algunas limitantes como son presencia de objetos extraños y residuos tóxicos, elevado contenido de minerales y nivel de humedad, emisión de olores, entre otros.

En la alimentación de rumiantes es posible la inclusión de excretas de aves hasta niveles de 50- 60% sin afectar el consumo de la dieta, incluso cuando se combinan con recursos económicos como tusa de maíz o melaza. Las ganancias de peso obtenidas en corderos tropicales alimentados con altos niveles de excretas de aves varían entre 56,9 y 167,3 g/día. Su uso mejora la rentabilidad del sistema de producción al reducir costos de producción, pero podría afectar la salud de los

animales, al alterar los niveles de enzimas relacionadas con el funcionamiento hepático y producir lesiones leves en el hígado. Sin embargo, no se han señalado alteraciones en la calidad de la carne obtenida de estos animales.

A pesar del amplio uso de este recurso en rumiantes, este se hace de manera empírica ya que la información publicada sobre este tema se encuentra dispersa. Esto genera potenciales riesgos en la producción animal y en la salud humana, siendo conveniente legislar su uso de acuerdo con los resultados experimentales obtenidos [9].

e) Gallinaza como recurso energético

El procesamiento térmico de la biomasa puede definirse como descomposición de esta por acción del calor en atmósfera oxidante o reductora, en productos de conversión sólidos, líquidos y gaseosos con la simultánea o subsiguiente producción de calor.

Estos productos pueden utilizarse directamente como biocombustibles en procesos de combustión para la producción de energía térmica y/o eléctrica y en algunos casos como materias primas en la Industria Química [12]. Los sistemas de procesamiento térmico pueden clasificarse en tres funciones de sus requerimientos de oxígeno en:

1.- Combustión: La combustión puede definirse como una operación unitaria que emplea la descomposición térmica vía oxidación de la materia orgánica, cuando utiliza oxígeno en cantidades exactamente necesarias se conoce como combustión estequiometría, la combustión suele realizarse con oxígeno en cantidades superiores a las estequiometrías. El proceso es de naturaleza exotérmica.

2.- Gasificación: Es la combustión parcial de la materia orgánica en condiciones sub estequiométricas, para generar un gas combustible formado fundamentalmente por monóxido de carbono (CO), hidrógeno e hidrocarburos (HC). El proceso se auto mantiene térmicamente.

3.- Pirólisis: Es el procesamiento térmico de la biomasa en ausencia total de oxígeno. Es un proceso endotérmico.

Aunque la combustión no es un proceso de transformación para obtención de biocombustibles, sino el tratamiento final al que se someten dichos combustibles para su producción energética, su estudio se incluye en este capítulo, como sistema de valorización energética.

Gasificación y Pirólisis no son procesos terminales, los productos obtenidos deben valorizarse energéticamente mediante combustión o utilizarse en la Industria Química para la obtención de nuevos productos.

En la tabla 1.2, se resumen las eficiencias obtenidas en la práctica, en el aprovechamiento térmico y eléctrico de la biomasa a través de los diferentes procesos de termo conversión.

Tabla 1.2: Eficiencia de los procesos de termo conversión de la biomasa.

CONTENIDO ENERGÉTICO RESPECTO A LA BIOMASA DE PARTIDA			
Proceso	Combustible intermedio	Calor	Electricidad o trabajo mecánico
Combustión		65-95	20-35
Pirólisis	70-75	60-70	22-30
(Carbonización)			
Gasificación	65-80		22-27

Fuente: [12].

1.2.9 Biogás

El biogás es un gas combustible generado artificialmente mediante un proceso biológico constante en la digestión anaeróbica (en ausencia de oxígeno), por medio de un tipo de bacterias específicas, que degradan la materia orgánica. Del resultado de la digestión se obtiene un residuo orgánico (biofertilizante) y biogás [18].

El biogás puede proporcionar una fuente limpia de energía, y permite el aprovechamiento de residuos que por falta de una cultura ambiental se tienden a desechar, como el caso de desechos orgánicos, por lo que se genera una energía renovable, se puede obtener a nivel informal como en casas, granjas o a niveles industriales dependiendo la cantidad de materia presente y la mano de obra, es una alternativa viable que sustituye los combustibles fósiles (que cada vez son más caros así como la oferta y demanda). En el proceso de conversión de la materia

orgánica a biogás, los niveles de patógenos se reducen y los nutrientes de las plantas se hacen más fácilmente disponibles [19].

a) Características del biogás

El biogás tiene menor densidad que el aire, por lo que es un poco más liviano que el aire y cuenta con una temperatura de inflamación de cerca de 700° C, y la temperatura de su llama alcanza los 870° C. El biogás está compuesto por alrededor de 60% de Metano (CH₄) y 40% de Dióxido de Carbono (CO₂), en la tabla 1.3 podemos apreciar la producción de biogás por tipo de residuo animal el cual vemos de las aves en un porcentaje del 0,014 por año de m³ de gas. El biogás contiene la mínima cantidad de otros componentes, entre otros, 0.1% de ácido sulfhídrico (H₂S).

La cantidad de metano presente en el biogás depende principalmente de la temperatura de fermentación, a bajas temperatura de fermentación se obtiene un alto porcentaje de gas metano, pero las cantidades de gas son menores [23].

El porcentaje de metano además depende del material de fermentación llegando a alcanzar, en diferentes sustratos los siguientes valores aproximadamente:

Estiércol de gallina.....60%
 Estiércol de cerdo.....67%
 Estiércol de establo.....55%
 Pasto.....70%
 Desperdicios de cocina.....50%.

Tabla 1.3 : Producción de Biogás por tipo de residuo animal

Estiércol (Peso de Animal Vivo)	Disponibilidad kg/Día	Volumen de Biogás	
		m ³ /kg húmedo	m ³ /día/año
Bovino (500kg)	10,0	0,04	0,400
Porcino (50kg)	2,25	0,06	0,135
Aves (2kg)	0,08	0,08	0,014
Ovino (32kg)	1,5	0,05	0,075
Caprino (50kg)	2,0	0,05	0,100
Equino (450kg)	10,0	0,04	0,400
Conejo (3kg)	0,35	0,06	0,021
Excretas humanas	0,40	0,06	0,025

Fuente: [22].

b) Composición del biogás

La composición del biogás está determinada de acuerdo al tipo de biomasa utilizada y las condiciones ambientales en que se produce, sin embargo, todos los biogases tienen como principales componentes el metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), como se muestra en la tabla 1.4. El metano es el principal compuesto del biogás y este le otorga las características inflamables que posee, es un gas muy combustible, incoloro e inodoro, cuya combustión genera una llama de color azul, además emite elementos prácticamente no contaminantes [20].

Tabla 1.4: Composición Química del Biogás

Componentes	Fórmula Química	Porcentaje
Metano	CH ₄	60-70
Dióxido de Carbono	CO ₂	30-40
Hidrógeno	H ₂	Hasta el 1,0
Nitrógeno	N ₂	0,5-3
Monóxido de Carbono	CO	0,1
Oxígeno	O ₂	0,1
Ácido Sulhídrico	H ₂ S	0,1

Fuente: [21].

c) Usos potenciales del biogás

El biogás al ser industrializado puede ser utilizado como una forma de energía alternativa al ser quemado como combustible en un amplio rango de artefactos, la ventaja principal es que al realizarse su combustión llega a descomponerse en CO₂ y H₂O.

Entre los diferentes usos para el biogás producido por digestión anaerobia, están:

- La generación de calor o electricidad mediante una caldera
- Generar electricidad mediante el uso de motores y turbinas.
- En pilas de combustible, previa realización de una limpieza de H₂S y otros contaminantes de las membranas.
- Uso como material base para la síntesis de productos de elevado valor añadido como es el metanol o el gas natural licuado.

- Combustible de automoción [24].

d) Factores que afectan la producción del biogás

Existen varios factores que influyen en la producción del biogás, en el proceso que implica la actividad metabólica de los microorganismos, estos factores pueden alterar su conversión anaeróbica [22].

Entre ellos tenemos factores importantes que deben ser tomados en cuenta, los cuales son:

- Tipo de sustrato (materia prima).
- Temperatura del sustrato.
- Tiempo de retención.
- Nivel de pH.
- Relación C/N.
- Concentración del sustrato.
- Presencia de compuestos inhibidores del proceso.

1.2.10 Biol

El biol es un abono orgánico en estado líquido, se origina a partir de la degradación de la materia orgánica, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, el proceso para su transformación se realiza en ausencia de oxígeno (proceso anaerobio). Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas, brindándoles más resistencia y fertilidad. La técnica que se emplea para obtener biol es por medio de biodigestores.

Al ser generado en un biodigestor, atraviesa un proceso en el que luego de la degradación de la materia orgánica y la obtención de biogás, el mismo que empuja el abono líquido hacía fuera de la cámara de digestión, tras salir del biodigestor, este material ya no tiene un aroma fuerte, y no atrae vectores (insectos, ratas) como el caso del estiércol sin procesar. El biol como abono es una fuente de fitorreguladores que ayudan a las plantas a tener un óptimo desarrollo, generando mayor productividad a los cultivos [25].

a) Ventajas del biol

El biol es un producto biológicamente estable, rico en humus y con una carga baja de patógenos, tiene actividad biológica muy buena, ayuda al desarrollo de fermentos nitrosos y nítricos, a la microflora, hongos y levaduras que serán un excelente complemento a suelos improductivos o desgastados.

El biol tiene un alto contenido de materia orgánica, una vez agregado al suelo suministra materia orgánica que resulta fundamental en la formación y evolución de los suelos, además constituye una reserva de nitrógeno. La cantidad y calidad de la materia orgánica tendrá un papel influyente en procesos físicos, químicos y biológicos lo que demuestra el rol que tiene en la fertilidad de los suelos. La mezcla de estos efectos producirá un mejor rendimiento en los cultivos que se aprovechen en ese suelo. Las propiedades de fertilización del biol son mayores a la del estiércol fresco y al estiércol procesado por compostaje, debido a que el nitrógeno es convertido en amonio (NH_4), el cual es transformado a nitratos.

El biol mejora y aumenta la reserva de nutrientes del suelo, aumenta la capacidad hídrica, y crea un microclima adecuado para las plantas. Debido a su contenido de fitoreguladores promueve actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas, favorece su enraizamiento, alarga la fase de crecimiento de hojas (quienes serán las encargadas de la fotosíntesis), mejora la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas. Todos estos factores resultaran en mayor productividad de los cultivos y generación de material vegetal.

- El biol puede aumentar la producción agrícola desde un 30 hasta un 50%, además que protege de insectos y recupera los cultivos afectados por heladas [25].

b) Desventajas:

- El tiempo desde la preparación hasta la utilización es largo.
- En extensiones grandes se requiere de una mochila para aplicar.
- Cuando no se protege de la radiación solar las mangas (biodigestores rústicos), tienden a malograrse disminuyendo su periodo de utilidad [25].

c) Descomposición Anaeróbica

Según [26] habla acerca de “La digestión anaerobia es la degradación biológica u oxidación del material orgánico, donde interviene microorganismos específicos en ausencia de aire (oxígeno molecular). Durante este proceso el material a degradar (sustrato) se transforma en dos productos utilizables, el uno en un producto estable e inerte llamado biol y el otro en biogás con un alto contenido de metano, ambos productos de este proceso poseen cualidades energéticas”.

En el proceso de degradación anaerobia interactúan diferentes grupos microbianos, convirtiéndolo en un proceso complejo de degradación de materia orgánica, de manera estructurado y secuencial.

La intensidad y la duración del proceso varía de acuerdo con las condiciones en las que se desarrollan las bacterias, entre estos destacan la temperatura tiempo de retención la concentración de los residuos y el pH de la materia orgánica a ser degradada.

d) Etapas de la descomposición Anaeróbica

La digestión anaeróbica es un ciclo que está formado por etapas, en la figura 1.3, se puede observar cómo de la digestión anaerobia es el proceso donde actúan diferentes tipos de bacterias, en cada etapa se realizan transformaciones de la materia orgánica en diferentes compuestos [27].

Las etapas se dividen en:

- Hidrólisis
- Acetogénesis
- Metanogénesis.

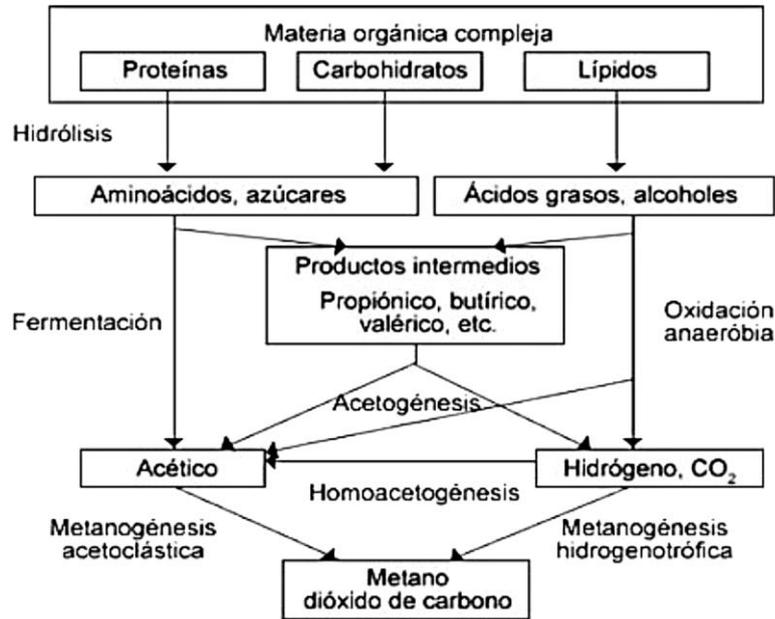


Figura 1.3: Etapas de la digestión anaerobia.

Fuente: [26].

e) **Hidrólisis**

Esta es la etapa donde los compuestos de mayor peso molecular son transformados o degradados en compuestos de menor peso molecular o menos complejos (monómeros), como el caso de la transformación de azúcares, alcoholes, ácidos grasos, entre otros; las proteínas, carbohidratos y grasas son transformados en compuestos solubles por acción de bacterias proteolíticas, celulíticas y lipolíticas, respectivamente. Esta etapa es importante en la estabilización anaeróbica ya que suministrar los compuestos orgánicos necesarios, que pueden ser utilizados por las bacterias responsables de las etapas posteriores [28].

f) **Acetogénesis**

En esta etapa los monómeros de la etapa anterior son transformados, generándose ácidos grasos, principalmente ácido acético, propiónico, butírico y valérico; además las bacterias acetogénicas interactúan con las archaeas metanogénicas ayudándose entre sí, con el fin de transformar los ácidos grasos resultantes en los sustratos propios de la metanogénesis [29].

g) Metanogénesis

En esta última etapa, entran en acción las bacterias metanogénicas, el hidrogeno y parte de los acetatos, son transformados en metano (CH_4) y Dióxido de Carbono (CO_2). El amoniaco (NH_3) se estabiliza en forma de sales de amonio, permaneciendo por medio de esta forma todo el contenido inicial de nitrógeno original de la materia orgánica, que se ha sometido al proceso de biodegradación anaeróbica. Durante esta etapa el metabolismo bacteriano es más lento, y las bacterias son más sensibles a las condiciones ambientales a las que están expuestas [29].

1.2.11 Factores influyentes en la degradación anaeróbica

La degradación anaeróbica presenta factores que deben ser controlados, debido a que la digestión anaeróbica es sensible a las diferentes variaciones físicas químicas y bioquímicas que ocurren dentro del biorreactor [28].

a) Temperatura

La temperatura es un parámetro fundamental para la digestión anaeróbica en promedio se ha demostrado que la temperatura dentro del proceso oscila entre los $20^\circ\text{-}40^\circ\text{C}$, en los cuales el proceso no sufre de alteraciones absolutas, por consiguiente, se trabaja en tres tipos de rangos de temperatura, en la figura 1.4, se puede ver la producción de biogás en función a la temperatura.

Es recomendable que se mantenga una temperatura entre los 30 y 38°C , ya que la actividad metabólica de las bacterias es mayor, lo que provoca un menor tiempo de retención [22].

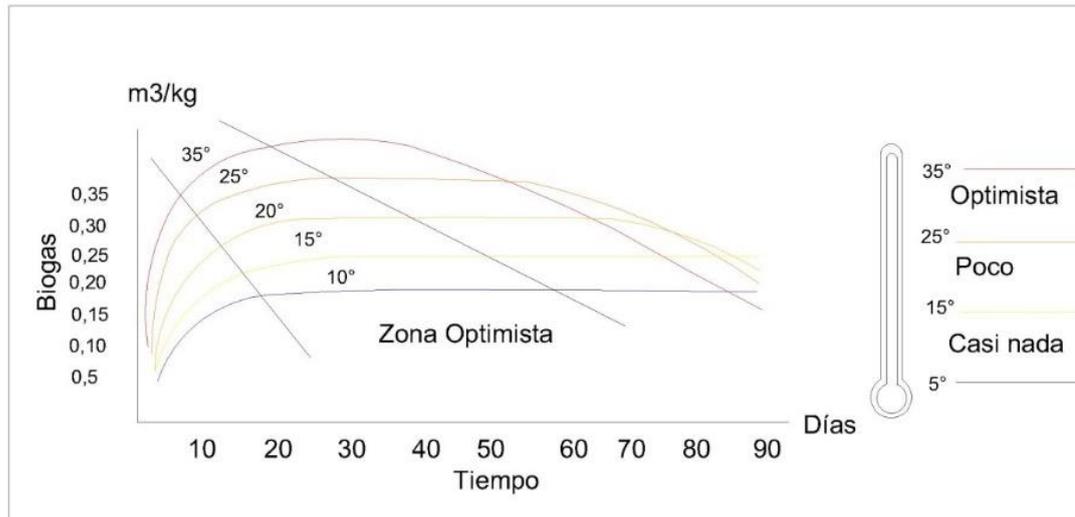


Figura 1.4: Producción de biogás en función de la temperatura.

Fuente: [22].

Si la temperatura supera los 60°C provoca la inhibición de las bacterias o su muerte, tampoco la temperatura debe ser menor a los 20°C ya que provocaría, que el tiempo de retención hidráulica se prolongue demasiado, dando lugar a que las bacterias puedan ser expulsadas fuera del sistema cerrado por lo cual hay que tomar en cuenta los rangos de temperaturas utilizadas en dicho proceso acorde a la tabla 1,5 en un mínimo un máximo y un óptimo [30].

Tabla 1.5: Tabla de rangos de temperaturas de acuerdo con el tipo de bacteria.

Temperatura °C	Mínimo	Máximo	Óptimo
Psicrofilico	4-10	25-30	15-18
Mesofilico	15-20	35-45	28-33
Mesofilico	25-45	75-80	50-60

Fuente: [30].

b) Humedad (pH)

Para que el proceso de degradación sea estable recomienda controlar el pH en un intervalo de 6 a 7.5, si el pH aumenta más de lo debido las bacterias se ven afectadas siendo inhibidas incluso llegando a la muerte, mientras que al disminuir el pH las cantidades de gas disminuyen, o el biogás generado es pobre en metano con mayor cantidad de dióxido de carbono, a la vez tiende a generar malos olores

por el aumento de la producción de ácidos como el ácido sulfhídrico, por lo tanto las cualidades energéticas son bajas, si la situación no se corrige, el proceso eventualmente fallará [31].

Una de las primeras opciones para resolver el problema es reducir la tasa de carga orgánica volumétrica, (COV) hasta el punto en el cual los Ácidos Grasos Volátiles se consuman más rápido de lo que se generan. Una vez que el exceso de AGV ha disminuido, el pH del sistema recupera los rangos normales de operación y la metanogénesis comienza a repuntar.

La COV puede incrementarse gradualmente hasta completar la capacidad de carga. En circunstancias extremas, además de la disminución de la carga orgánica volumétrica se puede suplementar algún químico para ajustar el pH.

El nivel de pH deseado del digestor se puede alcanzar ajustando el pH de las materias que entran al digestor o controlando el pH en el digestor por sí mismo, para conseguir el pH deseado, se debe conocer el tipo de químicos y la cantidad necesaria a adicionarse a las materias primas que ingresan al digestor, mientras que, en el otro caso, no se requiere ese conocimiento [22].

c) **Relación Carbono/Hidrógeno**

Para que la producción de biogás sea eficiente, las bacterias metanogénicas presentes en el sustrato deben tener los nutrientes, suficientes para su desarrollo, principalmente se debe tener en cuenta que el Carbono y el Nitrógeno deben estar proporcionados de manera adecuada, ya que son elementos importantes en su metabolismo, siendo el Carbono utilizado como una fuente de energía, mientras que el nitrógeno contribuyendo durante el proceso, a la formación de nuevas bacterias.

Idealmente se busca una relación C/N de 30:1 hasta 20:1, estos valores se dan ya que, si el nitrógeno se encuentra en cantidad menor a la necesaria, la velocidad de producción de biogás por parte de las bacterias metanogénicas se verá reducida, mientras que si éste se encuentra en exceso podría existir una excesiva producción de amoníaco el cual a más de ser tóxico para el sistema actúa como inhibidor del proceso.

Cabe recalcar que los residuos orgánicos vegetales cuentan con gran cantidad de carbono, pero una cantidad baja de nitrógeno, mientras que, si hablamos de desechos de excretas animales, estos contienen grandes cantidades de nitrógeno en su estructura, conteniendo carbono en mucha menor cantidad; por lo cual es necesario mezclar ambos tipos de residuos a fin de obtener una relación C/N para una óptima producción de biogás en el digestor [32].

d) Contenido de Sólidos

Toda la materia orgánica tiene dos fracciones, una fracción de agua y una fracción sólida llamada sólidos totales (ST). El porcentaje de sólidos totales presentes en la mezcla con que se carga el digestor es un factor importante que debe ser considerado para asegurar que el proceso se efectúe satisfactoriamente. El crecimiento de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato se ve limitada a medida que se aumenta el contenido de sólidos, por lo tanto, la eficiencia y producción de gas puede verse afectada.

Experimentalmente se ha demostrado que una carga en digestores semicontinuos no debe tener más de un 8% a 12 % de sólidos totales para asegurar el buen funcionamiento del proceso, a diferencia de los digestores discontinuos (tipo Batch), que tienen entre un 40 a 60% de sólidos totales, en la tabla 1.6 se puede apreciar los valores característicos del estiércol de algunos animales siendo un valor importante para los cálculos lo de las aves con un 17% de sólidos orgánicos.

Para calcular el volumen de agua que se debe mezclar con la materia prima para dar la proporción adecuada de sólidos totales, es necesario conocer el porcentaje de sólidos totales de la materia prima fresca [22].

Tabla 1.6 : Valores y características del estiércol de algunos animales.

Clase de animal	% por peso vivo:		% del material de digestión		Relación C/N P	Producción de biogás (m ³ de gas / 1 kg ST)	Relación Agua-Estírcol
	PE - Estírcol	PO - Orina	% ST Sólidos Totales	% SO Sólidos orgánicos			
Vacunos	5	4	15-16	13	20	0.250	1:01
Cerdos	2	3	16	12	13	0.350	1:02
Caprinos, ovejas	3	1.5	30	20	30	0.200	1:02
Caballos	5	4	25	15	20	0.250	1:02
Avícolas, gallinas	4.5	4.5	25-65	17	5-8	0.200	1:01
Humanos	1	2	20	15	8	0.300	1:01

Fuente: [33].

e) Tiempo de reacción

El tiempo de retención, se refiere al tiempo (normalmente dado en días) que la biomasa permanece dentro del biodigestor, permitiendo su degradación y transformación en bio abono y biogás.

El tiempo de retención se relaciona directamente con la velocidad a la cual la materia orgánica es degradada, y esta a su vez con la temperatura a la cual se realice dicho proceso (a mayor temperatura existirá una velocidad de degradación de materia orgánica más rápida y por tanto el tiempo de retención de biomasa requerido será menor).

En un sistema de carga diaria (régimen semicontinuo), el tiempo de retención va a determinar el volumen diario de carga que será necesario para alimentar al digestor, conocida como carga orgánica volumétrica, en la tabla 1.7 se puede ver las características generales de Biogás en porcentajes considerados dentro de su composición.

“La Carga Orgánica Volumétrica es la cantidad de materia orgánica introducida diariamente en el reactor por unidad de volumen, siendo directamente dependiente de la concentración de sustrato y del tiempo de retención fijado” [22].

1.2.12 Características generales del biogás

Tabla 1.7: Características generales de Biogás

Composición	55 – 70% metano (CH ₄) 30 – 45% Dióxido de Carbono (CO ₂), entre otros.
Contenido Energético	6 – 6,5 kW/h
Equivalente de combustible	0,60 – 0,65 L petróleo/m ³
Límite de Explosión	6 – 12% de Biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750 °C
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82,5 °C
Densidad Normal	1,2 kg/m ³
Masa Molar	16,043 Hg/kmol

Fuente: [40]

1.2.13 Biodigestor

El Biodigestor es un depósito cerrado de manera hermética, en donde gracias a la acción de bacterias anaeróbicas los residuos orgánicos vegetales o animales, como el estiércol se fermentan, generando biogás (metano) y un residuo o líquido espeso, que se utiliza como abono (biol).

El funcionamiento básicamente consiste en alimentar el biodigestor con biomasa, como el estiércol y una proporción de agua, en un período de 35 a 45 días aproximadamente, dentro de estos días, la acción metabólica de las bacterias produce reacciones bioquímicas, que se van desarrollando a lo largo del proceso, siempre y cuando se realice en condiciones ambientales, químicas y físicas favorables; en el proceso se descompone la materia orgánica hasta producir biol y biogás (metano) que luego puede ser usado como combustibles (generación de calor y/o electricidad entre otros) [34].

Los biodigestores modernos tienen cubiertas fijas o flotantes, cuya misión es impedir que escapen olores, conservar la temperatura, evitar la entrada de oxígeno y recoger el gas producido. Se pueden construir de diferentes materiales, desde adobe, polietileno, mampostería, concreto hasta acero inoxidable.

a) Objetivo de un Biodigestor

Transformar residuos orgánicos en gas aprovechable con el propósito de obtener energía y ayudar a reducir las emisiones de gases nocivos a la atmósfera, contribuyendo a un bienestar económico, social y ambiental [20].

b) Ventajas del uso de un Biodigestor

- Producen biogás naturalmente, que se puede utilizar como combustible.
- Ahorra los recursos económicos y energéticos, al aprovechar el biogás generado.
- Ayuda a evitar la deforestación, mitigando el uso de leña.
- Permite aprovechar los residuos orgánicos, que se desechan normalmente.
- Se obtiene fertilizante como subproducto del proceso.
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero.
- Elimina problemas sanitarios: evita malos olores, aparición de vectores como insectos y reduce los microorganismos patógenos.
- Protege los mantos acuíferos de la contaminación por exceso de químicos.
- Facilita el trabajo del campesino, principalmente de niños y mujeres que buscan y transportan leña desde lugares lejanos.
- Saneamiento ambiental por medio del aprovechamiento y la transformación de desechos orgánicos que pueden resultar perjudiciales para el ambiente, como el caso de las excretas de animales (en su mayoría bovinos) que tienden a contaminar el ambiente y producir enfermedades tanto en seres humanos como en animales [24].

c) Desventajas del uso de un Biodigestor

- Se debe ubicar cerca a la fuente en donde se origina y se almacena la materia orgánica.
- Demanda un trabajo constante y diario, específicamente en cuanto a la carga de la materia

- orgánica dentro del biodigestor.
- La temperatura debe estar entre el rango de 15 y 60°C, lo que aumenta el tiempo de retención durante el proceso en climas fríos.
- Dentro de la composición del biogás se encuentra el subproducto sulfuro de hidrógeno (H₂S), que es un gas corrosivo y tóxico para animales y plantas.
- Requieren de mucho cuidado dependiendo el material con el que son elaborados, especialmente si son construidos de plástico (polietileno), ya que pueden cortarse, desgastarse y quedar inutilizados.
- Debido a la velocidad baja de desarrollo de los microorganismos durante el proceso de obtención de biogás, la puesta en marcha es lenta [24].

d) Criterios para el diseño de un biodigestor

Los aspectos que se deben tener en cuenta al momento de planificar, diseñar y construir un biodigestor son:

- Debe existir un compromiso de participación y responsabilidad por parte de las personas que van a implementar un biodigestor.
- Compromiso en el tiempo para el mantenimiento, recursos económicos para la compra de materiales de construcción, mano de obra, área disponible para la construcción.
- Disponibilidad de materia prima, desechos pecuarios o domésticos.
- Cercanía de la materia prima con el lugar en donde se instalará el biodigestor
- Debe estar a por lo menos 10 – 15 metros de cualquier fuente de agua para evitar posibles contaminaciones.
- Se debe ubicar en un lugar en donde esté protegido de vientos fríos y donde se mantenga relativamente estable la temperatura, procurando que reciba los rayos solares.
- El diseño del biodigestor debe ser adaptado a cada una de las realidades locales [29].

1.2.14 Clasificación de los Biodigestores

Los digestores anaeróbicos pueden clasificarse como de baja velocidad o de alta velocidad de acuerdo con la tasa de estos.

A continuación, se detalla cada uno de ellos:

a) **Reactor anaeróbico de alta velocidad**

Los digestores anaeróbicos de alta velocidad se fundamentan principalmente en un reactor continuo que tiene agitación (mezcla), este opera en condiciones mesofílicas o termofílicas. El desarrollo de fermentadores para la metanogénesis presenta extremados problemas en comparación con la mayoría de los fermentadores para otros procesos. Los efectos del fallo del proceso podrían ser grandes, especialmente si la operación de la planta debe terminar cuando el efluente no tiene un tratamiento continuo y satisfactorio [22].

b) **Reactor anaeróbico de baja velocidad**

Los reactores anaeróbicos de baja velocidad a diferencia de los anteriores, no se encuentran mezclados o en agitación. La temperatura, el tiempo de retención y otras condiciones no están controlados. Esta configuración de biorreactor no es la más apropiada para la producción de bioenergía (biogás). En la figura 1.5 se puede apreciar la clasificación de los tipos de digestores anaeróbicos. A pesar de esto, algunos tanques y lagunas de fermentación se cubren y se mezclan para contribuir a la obtención de biogás [22].



Figura 1.5 : Clasificación de los reactores anaeróbicos.

Fuente: [22].

c) Modelo de Biodigestores

Pozos sépticos. Es el digestor anaeróbico más antiguo y simple que se conoce, se utiliza habitualmente para la disposición de aguas residuales domésticas. Se cree que de este tipo deriva el uso potencial que se le puede dar a los gases producidos por la fermentación anaeróbica, para un uso doméstico en la figura 1.6 en la parte superior se puede ver las dos tapas de revisión, una entrada y una trampa de grasa y líquidos y un área de filtración como uno de los pozos sépticos [35].

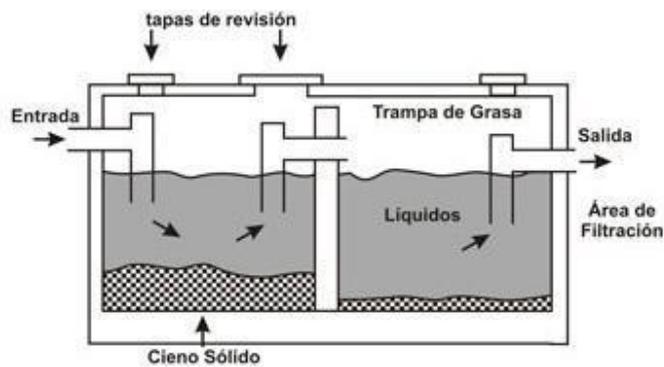


Figura1 .6: Biodigestor de pozo séptico.

Fuente: [24].

d) Digestor del domo flotante

Estos digestores por lo general se encuentran enterrados y verticales, de igual manera que un pozo. Su carga se realiza por gravedad una vez al día, su volumen de carga depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás si se mantienen las condiciones de operación. Consta de un domo o campana flotante que sirve como depósito de almacenamiento del biogás generado en la cámara de digestión. La campana puede flotar directamente en la masa de fermentación o en un anillo de agua cilíndrico.

El gas se acumula en la campana, haciéndola subir y luego vuelve a bajar cuando se extrae el gas a través de un tubo instalado en la campana misma, además genera una presión constante, lo que permite un funcionamiento eficiente de los equipos que son alimentados por el biogás, en la figura 1.7 podemos observar un biodigestor tipo Hindú donde está configurado por dos tanque a sus extremos como el ingreso y la salida y un domo dentro de sus características principales.

La campana también ayuda al rompimiento de la espuma que se forma en muchos biodigestores, existen métodos para evitar que la campana se ladee, cómo la construcción de un soporte de hierro como guía [22].

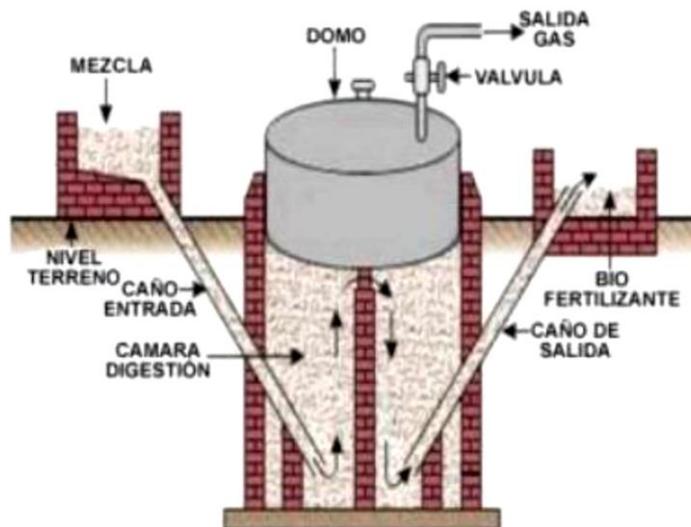


Figura1.7: Biodigestor hindú.

Fuente: [36].

e) Digestor de domo fijo

Este digestor consiste en una cámara de gas firme o fija construida de ladrillos, bloques u hormigón. El fondo y la cúpula son hemisféricos y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por capas delgadas de cemento para hacerlo firme.

Para dar marcha al proceso, el digestor es llenado con residuos agrícolas o pecuarios mezclados con agua, esto a través de un tubo de entrada. Una vez cargado, es alimentado diariamente con los restos disponibles, provenientes de los animales, a través del tubo de carga el cual llega a la parte media del digestor (cámara de digestión).

En este tipo de digestores no existe gasómetro, almacenándose el biogás dentro del sistema. A medida que aumenta el volumen del gas almacenado en el domo del digestor, aumenta su presión forzando al líquido, en los tubos de entrada y salida.

Se extrae un sobrante del líquido que sale de la cámara de digestión, por medio del tubo de salida, esto se realiza con una cubeta y se aplica como abono, el digestor debe ser vaciado una o dos veces al año completamente para limpiarlo y los residuos del fondo (sólidos) deben ser aplicados en las tierras de cultivo, como se puede ver en el grafico 1.8 este digestor no tiene la misma eficiencia para generar biogás como el modelo hindú, pero es excelente en la producción de bio abono, ya que sus tiempos de retención son en general largos, por lo que proporciona una gran cantidad de este material, que se mezcla con los suelos antes de la siembra [22].

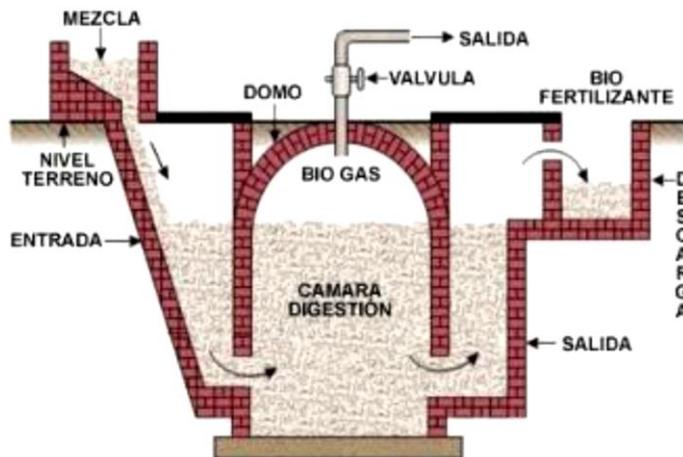


Figura 1.8 : Biodigestor Chino.

Fuente: [36].

f) Biodigestores Horizontales

Estos digestores generalmente se construyen enterrándolos, tienen poca profundidad y son alargados, semejando un canal o una salchicha, con relaciones de largo a ancho de 5:1 hasta 8:1, y además consta de una sección transversal circular, cuadrada o en “V”.

Se operan a régimen semicontinuo, la carga se realiza por un extremo del digestor y por el extremo opuesto sale el residuo. La cúpula puede ser rígida o de algún material flexible que no presente fugas de gas y que resista las condiciones de la intemperie, en la figura 1.9 se puede observar un digestor horizontal donde es recomendable cuando los volúmenes son mayores a 15 m³, en los cuales excavar un pozo vertical resulta muy problemático se puede observar los gasómetros. [22].

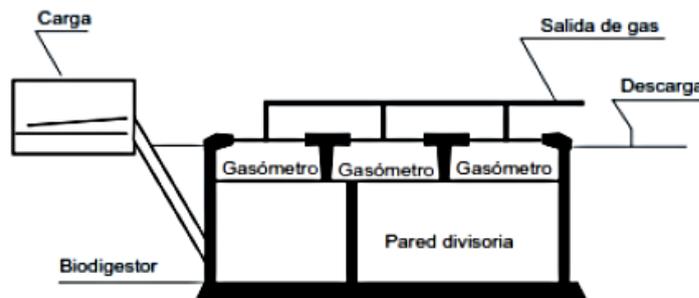


Figura1.9 : Digestor Horizontal.

Fuente: [22].

1.2.15 Estructura de los Biodigestores

En la estructura básica de un biorreactor podemos considerar los siguientes elementos principales:

a) Cámara de mezclado: Esta cámara es muy importante ya que por aquí ingresan los residuos orgánicos hasta la siguiente cámara denominada cámara de fermentación o cámara de digestión. El diseño de esta cámara depende de la cantidad diaria de producción de los residuos orgánicos, la función que cumple es la de mezclar los residuos orgánicos con el agua para obtener una mezcla homogénea se recomienda suministrar un equipo motorizado que ayude a cumplir este cometido, ya que se necesita de mucha fuerza para su mezclado [35].

b) Cámara de fermentación o digestión: La cámara de fermentación o digestión es muy importante ya que aquí es el lugar donde la materia orgánica se descompone o fermenta, por medio de bacterias que convierten la materia orgánica en biogás, para que esto sea posible la cámara debe cumplir con las siguientes características [37].

- Debe ser impermeable para evitar la salida y el ingreso de oxígeno o agua, no debe tener fugas de gas en el interior del tanque, ya que si esto no se cumple contaminaría el lugar y reduciría la eficiencia de producción, además volver al lugar peligroso por la presencia de gas inflamable.
- Evitar zonas freáticas en donde va a ubicarse el tanque, para evitar y reducir el deterioro de este.
- La vida útil va a depender de los diferentes materiales con los que es construido, entre ellos se acostumbra a utilizar: cemento, metal, mampostería, plástico.
- Se recomienda incluir un mecanismo de agitación entre los principales aquellos que tienen forma de paletas hélices y tornillos.

c) Cámara de descarga: Esta cámara es el lugar por donde sale la materia orgánica ya procesada, las dimensiones que se recomiendan para esta cámara es

de 2 veces a la de la cámara de mezclado, debido a que el efluente que va a salir va a ser proporcional al volumen que ingresa [37].

d) Cámara de almacenamiento de biogás: Es el espacio dentro de la cámara de digestión que comprende el espacio entre el gas (25%) y los residuos orgánicos (75%).

e) Sistema de control de temperatura: Este tipo de sistemas son costosos y se utilizan a nivel industrial, su función principal es mantener la temperatura estable en un rango óptimo en el interior del digestor para un crecimiento máximo de las bacterias.

Un sistema de control de temperatura normalmente consta de:

f) Serpentín: Es un sistema de tuberías, por las cuales el calor es transmitido al fluido que está al interior del tanque, el tubo del serpentín preferiblemente debe ser delgado para que la conducción de calor sea garantizada desde los tubos hasta el sustrato.

g) Intercambiador de calor: es un dispositivo que cumple la función de transferir calor entre dos fluidos, o entre un sólido y un fluido en movimiento.

h) Controlador de temperatura: Es un sistema cuya función es regular el motor que controla las válvulas encargadas de hacer circular el líquido frío (refrigerante) así como el líquido caliente.

i) Sensor de temperatura: Se puede utilizar un termómetro para medir la temperatura dentro del tanque, pero se recomienda la utilización de una termocupla.

j) Tuberías de conducción de agua: Son tuberías que deben ubicarse en el interior de las paredes del reactor, deben sujetarse o fijarse a fin de que actúen como conductores de un fluido térmico que absorba el calor excedente que pueda presentarse en el interior del tanque, ayudando así a enfriar y regular la temperatura del sustrato en el cultivo interno [38].

k) Sistema de agitación: Se puede aplicar un sistema interno de agitación, como también un sistema que inyecte aire al interior, cuando así requiera el digestor.

Un sistema de agitación está formado por cuatro hasta seis deflectores, que cumplen la función de generar y aumentar la turbulencia y por ende facilita el mezclado del sustrato en el interior del tanque o la cámara de digestión.

Normalmente cuenta de cuatro partes mecánicas que son:

- Puerto de entrada del biorreactor: Se conoce como puerto al espacio sobre el cual se puede instalar un mecanismo de entrada o salida del digestor; por medio de este se pueden realizar ajustes o fijar dispositivos en la superficie o pared del tanque de digestión.
- Motor impulsor: El motor abastece la potencia al eje de transmisión que girará y proporcionará la agitación, este motor preferiblemente debe ser de inducción ya que si las condiciones requieren una agitación continua es la mejor opción, para que el digestor opere continuamente. Se recomienda que el motor sea resguardado bajo una protección de acero inoxidable, para evitar su corrosión.
- Eje transmisor de potencia: Es una barra cilíndrica, que facilita la unión con el motor, normalmente tiene un diámetro entre $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", esta barra debe ser de acero inoxidable y su longitud depende de la profundidad del tanque.
- Acople del eje: Fija y ajusta el eje transmisor al motor [38].

l) Tubería de gas: La tubería de gas debe ser una tubería que soporte altas presiones, de materiales como: cobre acero inoxidable, o de polietileno. Esta última tiene una resistencia a la corrosión y al desgaste químico y además es muy económica.

m) Válvulas de seguridad: Las válvulas de seguridad cumplen la función de regular la presión del gas con el fin de evitar accidentes, debido a que puede haber momentos en que el biodigestor llegue a su máxima capacidad de producción de biogás establecidos en el diseño, por ello la implementación de estas válvulas permite regular la presión del biogás, liberando y aliviando la presión excesiva, se constituye uno de los dispositivos o elementos más indispensables de seguridad en el digestor [28].

n) **Purificador de gas:** La formación de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en el proceso de generación de biogás es inevitable, por lo que es necesario eliminarlo a través de un purificador, debido a que este componente es altamente corrosivo y venenoso para personas y animales, tiene un olor característico a huevo podrido [30]

1.2.16 Modelo Horizontal de un biodigestor

Modelo horizontal o digestor anaeróbico tubular de polietileno. Se caracterizan por tener la cámara de digestión alargada, donde el material orgánico recorre a lo largo del biodigestor produciéndose la degradación anaerobia, en cuyos extremos se sitúan la cámara de carga y la cámara de descarga del sistema. [17]. En el digestor anaerobio tubular de polietileno, también conocido como digestor “modelo taiwanés”, la construcción y la mano de obra son fáciles y es de bajo coste ya que los materiales son muy sencillos”, [14]. En la figura 1.10 se puede ver un modelo de un digestor anaeróbico tubular con cada una de sus partes es utilizado para grandes cantidades de biomasa y por lo general la mitad de su cuerpo viene enterrada en piscinas de tierra o de hormigón armado

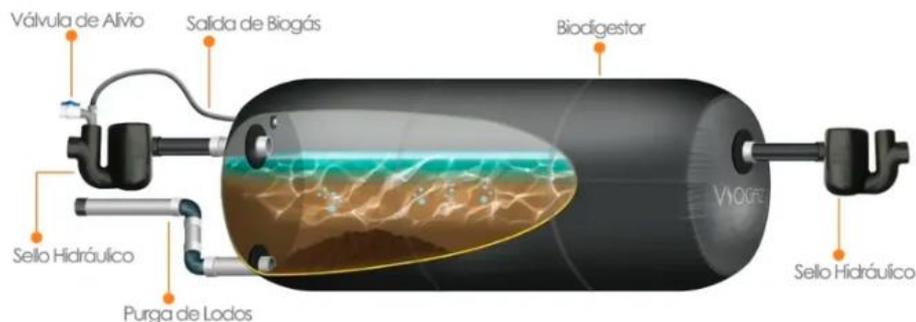


Figura 1.10: Modelo horizontal de digestor anaeróbico

Fuente: [22].

Ventajas

- La vida útil es de 5 años.
- Bajo costo de construcción.
- Fácil de construir y transportar.
- Se pueden instalar en todos los climas.

Desventajas

- La presión es muy baja, es necesario colocar sobre peso.
- El polietileno está muy expuesto a roturas (se requiere protección extra) [14].

1.2.17 Generación de energía eléctrica basada en biomasa

Al obtener combustibles líquidos a partir de la biomasa se emplean máquinas de combustión interna, para generación eléctrica, con la descomposición de la biomasa se obtiene el gas metano, el cual se puede liberar con procesos de descomposición de la materia orgánica, una de las maneras de acumular el gas producido es de encaminarlo por tuberías que transportan el gas hacia un punto donde se producirá la conversión de energía [10].

Para generar energía eléctrica con biogás se alimenta una microturbina o motor de combustión interna a un generador, el sistema de transformación microturbina o motor se elegirá en función de la potencia que se va a generar de acuerdo con la cantidad de estiércol se va a obtener tomando en cuenta el promedio de animales que se estima tomar en cuenta tal como se ve en la tabla 1.8 las equivalencias energéticas de biogás como la madera, bosta seca, alcohol, gasolina, gas – oil, gas natural, carbón y finalmente la electricidad [19].

Tabla 1.8. Equivalencias energéticas de biogás

1000 litros (1 m ³) de biogás equivale a:	
Madera	1.3 kg
Bosta seca	1.2 kg
Alcohol	1.1 litros
Gasolina	0.75 litros
Gas-oil	0.65 litros
Gas natural	0.76 m ³
Carbón	0.7 kg
Electricidad	2.2 Kw/h

Fuente: [19]

1.2.17.1 Ventajas energéticas

En si se puede decir que la biomasa es de gran importancia debido a que nos

permite obtener grandes ventajas energéticas de la misma, entre las cuales se destacan dos principalmente:

- Proceso neto de la producción de energía en base a la biomasa.
- Generación de un combustible renovable y amigable de gran calidad

1.2.17.2 Aspectos de la Producción de Electricidad por Biogás

De la energía consumida por el motor, combustible, aproximadamente el 30% se convierte en energía eléctrica, alrededor del 60% es energía térmica útil aprovechable y el resto es energía que se pierde en forma de radiación y gases de escape calientes [20].

La generación de energía eléctrica se realiza mediante la combustión del biogás para lo cual se utiliza un generador, por este método la electricidad generada puede alimentar las instalaciones agrícolas o venderse a la red eléctrica general [10].

a) Producción de Biogás por día (PG).

Para determinar la cantidad total de energía que se puede utilizar, debemos conocer la producción de biogás que produce 1 kg. De estiércol de cada tipo de animal así como se detalla en la tabla 1.9 [21].

Tabla 1.9. Productividad de biogás

Cantidad de estiércol por animal	Productividad del biogás
1 kg de estiércol de Ave	0,035 m ³ de biogás

Fuente: [21]

b) Ciclos útiles para la utilización de biogás.

Existen diversos ciclos termodinámicos en los que se utiliza los gases como principal fuente de funcionamiento, estos ciclos termodinámicos se llevan a cabo en máquinas térmicas en las que se convierte la energía térmica en trabajo. Entre los que se enfocan más para la utilización de gas como fuente de combustible son los ciclos, Brayton, ciclo Rankine, ciclo Otto [22].

c) Ciclo Brayton

En la FIGURA 1.11 se puede ver el ciclo Brayton que es un proceso que consta

diferentes etapas, la primera es el ingreso de aire en condiciones normales a un compresor que se encarga de elevar la temperatura así como también la presión.

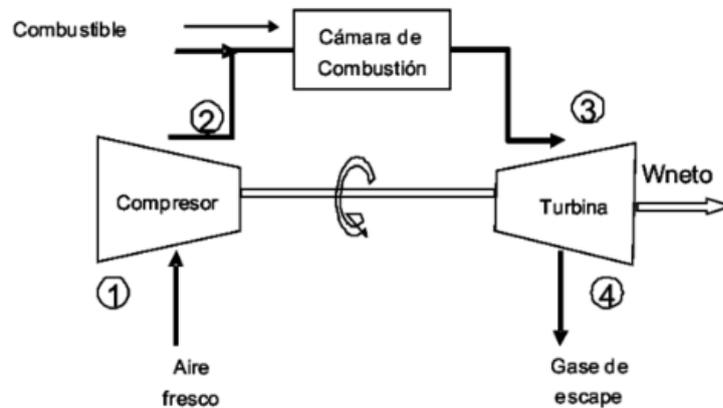


Figura 1.11: Motor de turbina de gas a ciclo abierto

Fuente: [22]

Una vez completa esta etapa el aire pasa al siguiente proceso donde ingresa a un cámara de combustión donde se mezcla con el gas (combustible) este proceso se lo realiza a presión constante, del resultado de este proceso se obtiene gas con una gran cantidad de energía y sobretodo presión [22].

d) Ciclo Rankine

El ciclo Rankine es característico de las máquinas a vapor, las cuales están formadas por cuatro elementos, bomba, caldera, turbina, condensador. La bomba mantiene el sistema en funcionamiento, es el encargado de mover el líquido que atraviesa por él, pero cuando este fluido se trata de un gas en lugar de ocupar una bomba se utiliza un compresor, así como se ven la figura 1.12 [22].

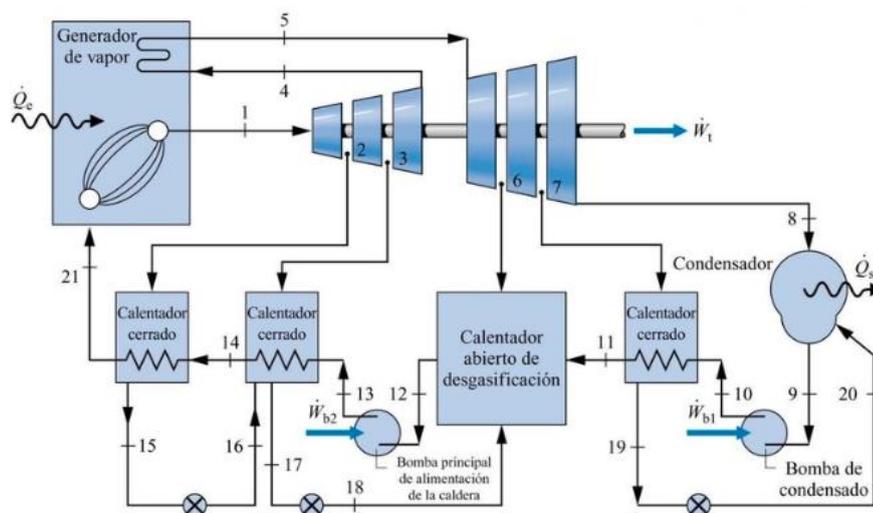


Figura 1.12: Máquina de Vapor (ciclo de Rankine)

Fuente: [22]

La caldera es el lugar donde el agua cambia su estado de líquido a gaseoso, con la ayuda del ingreso de una cierta cantidad de calor, cuando el calor que es proporcionado a la caldera desde el exterior se dice que se tiene una caldera de combustión externa y cuando el calor es producido en su propia cámara se dice que se trata de una máquina de combustión interna [22].

e) Ciclo Otto

El ciclo Otto es el utilizado en las llamadas máquinas encendidas por chispa, este ciclo consiste en una máquina exitosa de cuatro tiempos, llamada máquinas de combustión interna, este proceso radica en que inicialmente las válvulas de la admisión y de escape están cerradas [22].

En la figura 1.13 se ve que el ciclo comienza durante la carrera de compresión en donde el aire y el combustible se mezclan empujadas por el émbolo que se encuentra en carrera hacia arriba, momentos antes que alcance su posición más alta la bujía produce una chispa que genera la combustión de la mezcla, haciendo que los gases aumenten en temperatura y presión [22].

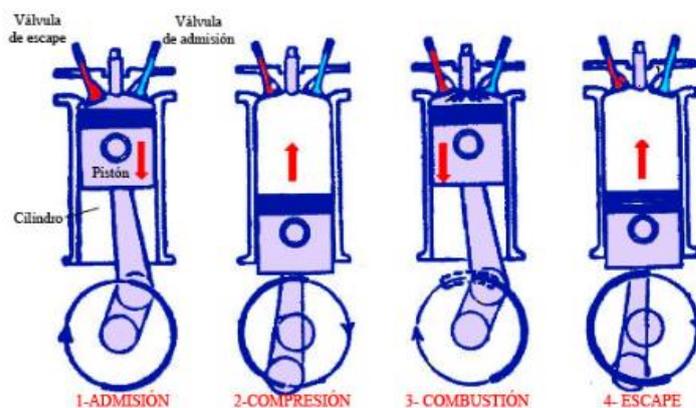


Figura 1.13: Motor encendido por chispa de cuatro tiempos

Fuente: [22].

1.2.17.3 Generadores a gas Versátiles.

En la ilustración 1.14 se ve cómo funciona con biogás y otros gases alternativos es necesario tomar en cuenta algunos parámetros importantes como (al funcionar con biogás se pierde un 10% de eficiencia en el motor) lo que conlleva el mismo nivel de pérdidas en la generación de electricidad.



Figura 1.14: Generador con motor para Biogás

Fuente: [18]

1.2.17.4 Generadores de diésel adaptados

Para funcionar con biogás se utiliza el biogás como combustible en un generador y se tienen dentro de estas turbinas motores con combustible dual (si se tiene más de un tipo de combustible reaccionando intermitentemente) y especiales para

interactuar con el biogás exclusivamente, las cuales ya tienen un sistema de pre tratamiento del gas integrado tal como se ve en la figura 1.15 [18].



Figura 1.15: Generador con motor Diésel adaptado

Fuente: [18]

1.2.17.5 Generadores a Gas con motor Diésel

En el caso de los motores diésel, el biogás puede reemplazar hasta el 80% de diésel. La baja capacidad de ignición del biogás no permite reemplazar la totalidad del diésel en este tipo de motores que carecen de bujía para la combustión así como se ve en la ilustración 1.16 [18].

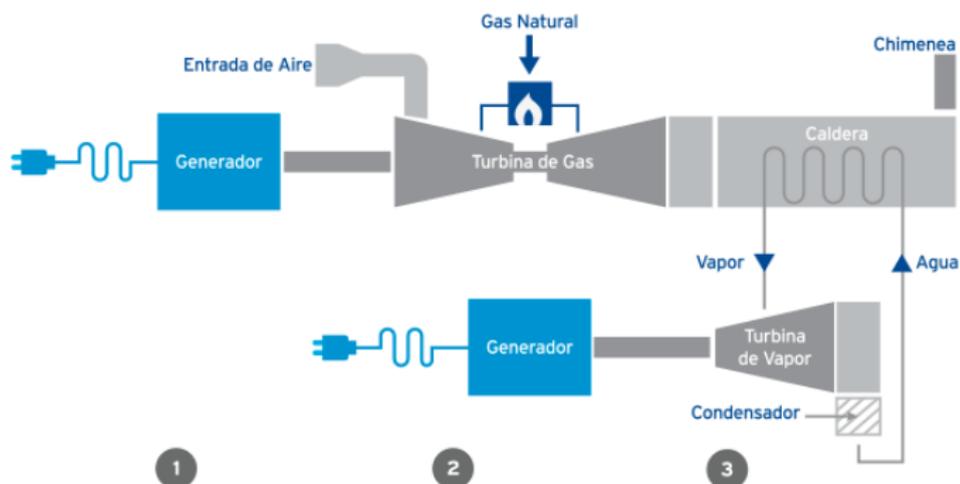


Figura 1.16: Generadores a gas con motor diésel

Fuente: [18]

1.2.17.6 Generadores a biogás

Son turbinas especialmente diseñadas para trabajar con biogás ofreciendo un mejor rendimiento del combustible al ser un diseño dedicado de acuerdo con las características del biogás. Además, cuentan con un sistema de pre tratamiento del combustible [18].

Dispositivos para adaptar los motores para la utilización de biogás:

- Filtro para la captación del sulfuro de hidrógeno en el biogás
- Sistema de encendido electrónico
- Sistema de tratamiento de gases de escape
- Control de combustión.
- Mezclador de Aire-Biogás [18].

1.2.18 Ubicación Geográfica del Lugar de la Investigación

La presente investigación se llevará a cabo en el Barrio del Chan, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga; en las instalaciones de la Granja Avícola “Pujilí” perteneciente a la empresa Incubandina, en la gráfica 1.19 se puede ver de forma satelital la ubicación de los galpones y sus vías de acceso.

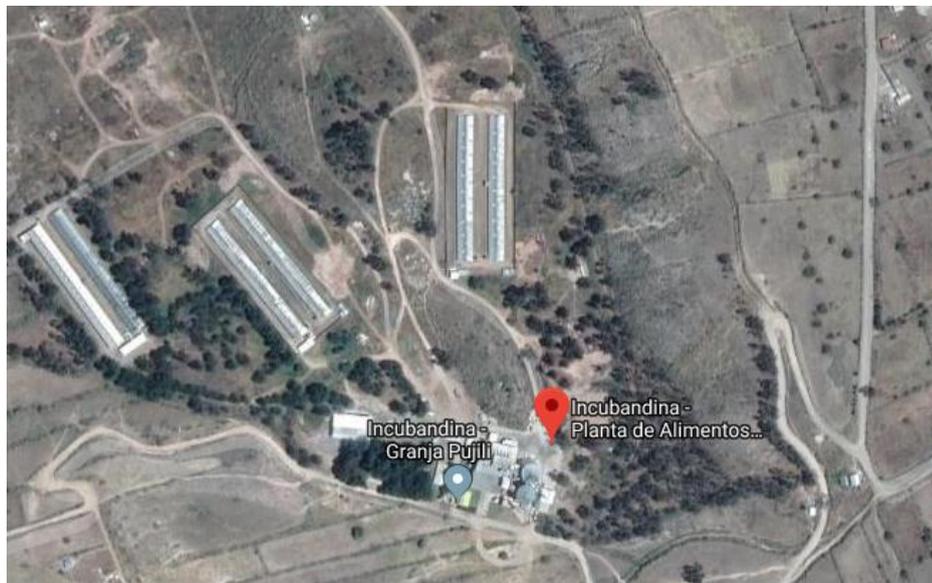


Figura1.17 : Ubicación de la Empresa Incubandina.

Fuente: El Autor.

1.2.19 Instrumentos de la investigación

La recolección de la información fue por observación y trabajos de campo, se utilizó datos estadísticos de la empresa que manejan sobre los porcentajes de gallinaza que existen diariamente, semanal, mensual y anual in situ y bases de datos que permitieron evaluar el potencial energético de las fuentes de energía de la masa que existe en los galpones de la empresa Incubandina como se muestra en la tabla 1.10.

Tabla 1.10: Instrumentos de medida utilizados en la tesis

Instrumento de Medida	Detalle de la Medición
Balanza	Peso de la gallinaza
Multímetro	Voltajes
Pinza Amperimétrica	Corriente
Cámara termografía	Temperatura

Fuente: El Autor.

1.2.20 Análisis Químicos de la Gallinaza de Incubandina

Se realizó un análisis químico para las muestras, correspondientes a cada uno de los estratos establecidos. Las muestras fueron inicialmente sometidas a secado a temperaturas de 105 °C, a fin de impedir la descomposición del material volátil. Los análisis fueron desarrollados por el Laboratorio de MAGAP. Los datos se presentan en la tabla 1.11. Donde podemos ver el porcentaje de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

Tabla 1.11: Análisis químico de la gallinaza proveniente de los galpones de Incubandina.

	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Azufre (%)	FND (%)
GPE-01	2.00	0.356	1.405	0.29	67.08
GPE-02	2.09	1.196	1.564	0.51	49.48
GPE-03	1.98	0.418	1.106	0.30	61.51

GPE-04	3.17	1.337	2.433	0.64	43.39
GPE-05	3.04	1.434	2.249	0.6	41.69
GPE-06	2.44	0.837	1.378	0.42	58.07
GPE-07	2.56	1.275	2.142	0.44	52.36

Fuente: El Autor.

1.2.21 Producción de la gallinaza en la Empresa Incubandina

En el Cuadro 1.12 se detalla el número de aves que han de procesarse por granja en el año 2022, según la capacidad productiva de cada una.

Tabla1.12: Capacidad productiva de aves en cada una de las granjas avícolas en estudio.

	GPE-01	GPE-02	GPE-03	GPE-04	GPE-05	GPE-06	GPE-07
Número de aves por lote	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Número de lotes por cada dos años	1	1	1	1	1	1	1
Número de aves al año	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

Fuente: El Autor.

1.2.22 Generación de desecho en la Empresa Incubandina

Es importante conocer de primera mano cuanto de estiércol gallinaza está produciendo cada uno de los galpones de la empresa Incubandina, ya que cada galpón tiene una capacidad de 30.000 aves y dentro de la alimentación cada ave se alimenta diario en un promedio de 115 gramos de la cual el 70 % de este consumo se convierte en desecho es cada ave tendrá un desecho de 80.5 gramos dando un total de 2.415 gramos diarios

En la tabla 1.13 se muestra la generación de gallinaza de cada uno de los galpones con humedades:

Tabla 1.13: Capacidad de generación habitual de gallinaza de Incubandina para pollos en estudio

	GPE-01	GPE-02	GPE-03	GPE-04	GPE-05	GPE-06	GPE-07
Cantidad de gallinaza generada por galpón al día (kg/galpón)	881.457 kg						

Fuente: El Autor.

No se puede asumir que exista una densidad homogénea de las aves, y por tanto de las deyecciones a lo largo del galpón. Los manejos inadecuados, tales como corrientes de aire, altas intensidades luminosas, ruidos y temperaturas extremas en el galpón, provocan aglutinamientos de las aves, afectando directamente la concentración de deyecciones. La densidad de aves puede variar entre un galpón y otro, sin embargo, las densidades que habitualmente se manejan en los galpones de Incubandina en estudio, se presentan en la tabla 1.14.

Tabla 1.14: Superficie de crianza y densidad de Incubandina para pollos a evaluar.

	GPE-01	GPE-02	GPE-03	GPE-04	GPE-05	GPE-06	GPE-07
Superficie de galpón (m ²)	960m ²						

Fuente: El Autor.

1.2.23 Estimación del potencial energético de la gallinaza de los galpones de Incubandina

Para la determinación de las cantidades de residuos generados, se utilizaron los resultados que maneja la empresa Incubandina e el cual tienen ciertos porcentajes por semana sobre la gallinaza que producen cada uno de los galpones, en la figura 1.18 se puede apreciar los galpones de la empresa Incubandina donde se puede ver la magnitud de estos.



Figura 1.18. Galpones de pollos y gallinas de postura de la Empresa Incubandina.

Fuente: El Autor.

El objetivo de esta determinación es evaluar el potencial en oferta energética que representa este tipo de residuos como fuente de energía primaria, en función de su poder calorífico y de la cantidad de residuos generados.

Las cantidades de gallinaza generada dependen de factores sumamente específicos, tales como la política empresarial de Incubandina para el recuso de la cama, la capacidad productiva de la granja y las dimensiones de los galpones.

A fin de calcular las cantidades de residuos generados en la empresa Incubandina en un año, se retomó el índice de generación de gallinaza por unidad de superficie para cada uno de los estratos evaluados, presentado por m² como se puede ver en la tabla 1.15

a) Tabla de valores aproximados de biogás con respecto a otros combustibles

Tabla1.15: Valores de combustibles con respecto al biogás

1 m ³ de Biogás	0,6 L de Gasoil
	0,7 L de Gasolina
	0,3 kg de Carbón
	0,6 m ³ de Gas Natural

Fuente: [39].

1.2.24 Dimensionamiento del biodigestor

El volumen necesario del bio digestor depende del tipo y la cantidad de biomasa, de la temperatura de medio ambiente y de la carga volumétrica aplicada que tenemos en Incubandina Para el dimensionamiento del biodigestor es importante conocer la temperatura ambiente que tenemos en el sector y dicha información se debe recopilar y analizar las temperaturas mínimas, medias y máximas del medio ambiente, El tipo de bio masa que vamos a utilizar es la gallinaza y la temperatura tienen gran influencia en la selección del COV (carga orgánica volumétrica) y en consecuencia el tiempo de retención hidráulica TRH

Para poder alcanzar una elevada producción de bio gas en un biodigestor lo más importante es no sobredimensionar el volumen del biodigestor, de disponer de una superficie y cantidad y de buena calidad de biomasa para que produzca metano con altas concentraciones en la figura 1.19 podemos ver como se desarrollara el proyecto del biodigestor y su operacionalidad desde el ingreso de la biomasa hasta la salida del gas.

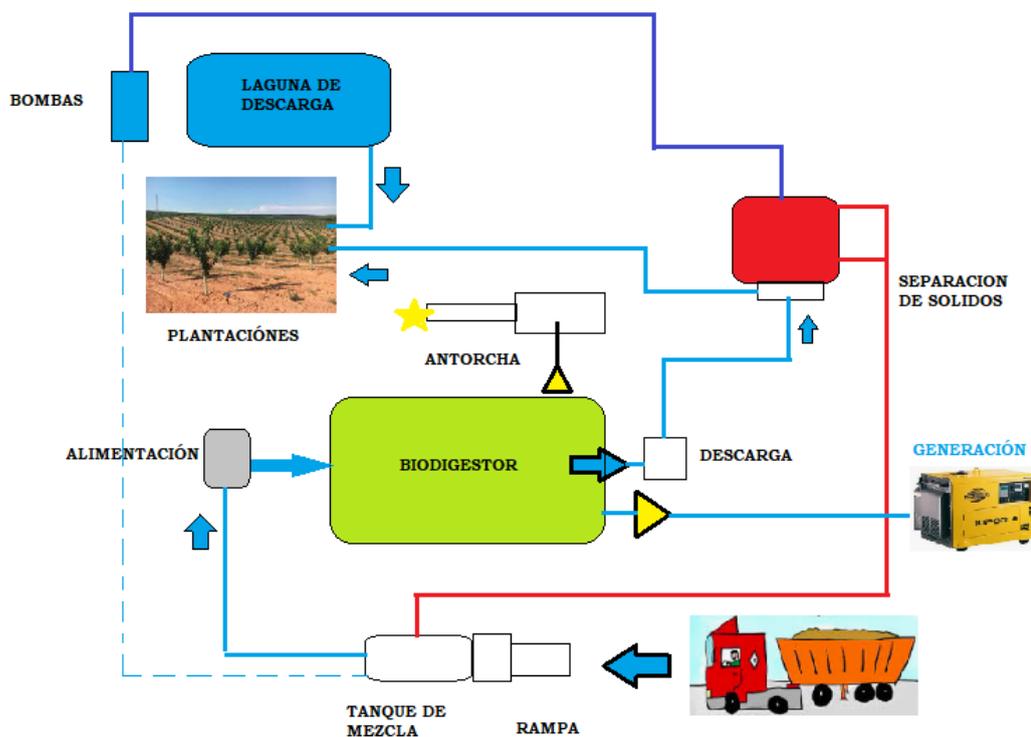


Figura1.19 : Diagrama de funcionamiento de un biodigestor

Fuente: [Autor].

Para poder alcanzar una elevada producción de biogás en un biodigestor lo más importante es no sobredimensionar el volumen del biodigestor, sino de disponer de una suficiente cantidad y de buena calidad de la biomasa para que produzca metano con altas concentraciones. El tipo de materia orgánica, el control y cuidado del proceso afectara directamente la cantidad y composición del biogás.

El principal objetivo para la construcción de un biodigestor es obtener una alta producción de biogás y una elevada reducción de la materia orgánica por unidad de volumen del biodigestor.

El proyecto va a ser diseñado en base a la biomasa disponible y a los requerimientos de biogás y/o energía de la empresa Incubandina. Se deben determinar los requerimientos de biogás para la producción de energía eléctrica, de calor y los usos o forma de aprovechamiento del fertilizante (efluentes del biodigestor).

El dimensionamiento del biodigestor comprende el cálculo del volumen de las siguientes estructuras y potencias de equipos los mismos que los vamos a dimensionar para la empresa Incubandina

- Tanque de alimentación
- Biodigestor
- Tanque o laguna de descarga del biodigestor
- Lecho de sacado de lodos
- Sistemas de aprovechamiento (generador, caldera, entre otros) y combustión del bio gas

1.2.24.1 Recopilación de información

El proyecto de diseño y construcción de biodigestores se ejecutan para la producción de biogás para aprovecharlo como combustible en la generación de energía eléctrica o calorífica. Previo al dimensionamiento de los digestores es necesario conocer los reales requerimientos de energía eléctrica y determinar la energía eléctrica o calorífica. Previo al dimensionamiento de los digestores es necesario conocer los reales requerimientos de energía eléctrica y determinar la potencia instalada en kW

o MW requerida del proyecto. Para la determinación de la potencia a instalar en kW o MW se deben analizar los requerimientos de energía de todos los equipos eléctricos. Se deben verificar los consumos con las planillas de pago de energía eléctrica y a través de consultas a la empresa que presta el servicio de suministro de energía eléctrica.

En algunos casos la base del dimensionamiento del proyecto es la obtención de una determinada cantidad de biogás para producir una cierta cantidad de energía eléctrica (MWh) requerida en la instalación. En este caso, se debe determinar primeramente, la cantidad de biomasa requerida, su disponibilidad, la biomasa adicional que debería adquirirse y el volumen de biodigestores necesario para producir esta cantidad de biogás.

En muchas ocasiones el requerimiento de energía eléctrica es mayor que la que se puede obtener con la biomasa disponible. En este caso el diseñador deberá buscar otras alternativas de biomasa en las instalaciones o cerca de ellas, para aumentar la producción de biogás, de tal forma que el biodigestor pueda suplir el 100 % de la producción de biogás requerida para generar la energía eléctrica que necesita el proyecto.

Por otro lado y cuando se requiere biogás para uso en calderas u otros sistemas de combustión es necesario determinar la cantidad de energía calorífica en BTU o MWh o los consumos de GLP, GP, bunker u otro combustible. De esta forma se puede determinar la cantidad de biogás que se requiere para que sea producida en los digestores.

Se debe analizar la situación real de cada instalación y presentar recomendaciones para la separación de efluentes del lavado de pisos o aguas de proceso para que no sean descargadas totalmente a los digestores. Parte de estas aguas se pueden descargar a los tanques o lagunas de descarga y pueden servir como agua de mezcla para que la biomasa alcance la dilución estimada para el proceso de digestión.

Muchas veces las aguas de lavado se mezclan con el estiércol y se diluye demasiado la biomasa. Si se utiliza esta biomasa demasiado diluida se corre el riesgo de sobre dimensionar el biodigestor, reducir el tiempo de retención de la

biomasa, y también de no producir el biogás requerido (el agua no produce biogás).

Otro aspecto que hay que tener en consideración es que la cantidad de residuos producidos en las instalaciones está directamente relacionada al número de animales existentes. Se tiene una mayor producción de biogás si los residuos son frescos y si se alimentan al biodigestor con regularidad y con una cantidad mínima de contaminantes.

Por lo tanto la cantidad de animales (ganado vacuno, porcino. etc.) que existan en una instalación constituye el indicador de la potencial producción de biogás. Además del número de animales productores de residuos (vacas. cerdos. caballos. etc.), las instalaciones deben mantener esta población relativamente constante en el año, lo cual asegurará que una cantidad consistente de materia orgánica esté disponible. De lo contrario, las bacterias en el digestor morirán por falta de alimento. La cantidad de residuos recolectados es crítica para el funcionamiento del digestor. Si la cantidad de residuos producidos diariamente es mayor que la capacidad de diseño se reducirá el tiempo de retención disminuyendo la producción de biogás y si es menor la población bacteriana disminuirá por la falta de alimento.

Para los cultivos energéticos es importante analizar los requerimientos de biomasa y la logística de transporte desde los cultivos hacia el sitio donde se construye la planta de biogás. También es necesario verificar las áreas de silos para el almacenamiento de la biomasa. Los cultivos se cosechan en un periodo determinado del año, pero la demanda de biomasa de los digestores es constante. No se puede dimensionar los digestores para una determinada cantidad de biomasa imaginaria, si es que no se garantiza su disponibilidad.

Siempre hay que tener en cuenta que todo lo que entra al biodigestor también sale ya que en el biodigestor únicamente se aprovecha la materia orgánica volátil contenida en la biomasa. El agua, inorgánicos y los residuos de la biodigestión son frecuentes del biodigestor. Por lo tanto hay que analizar la disposición de áreas para la disposición de los frecuentes del biodigestor y su uso como fertilizante orgánico.

1.2.24.2 Parámetros requeridos para el dimensionamiento

En los casos en que la biomasa sea estiércol, desechos orgánicos agropecuarios o agroindustriales (verduras, desechos de restaurantes, restos de cosechas o cultivos energéticos, etc.) se determina previamente el porcentaje (%) de masa seca (MS) y de masa volátil (MV).

Es este % de masa seca y masa volátil el que tiene mayor influencia en el dimensionamiento de los digestores. La masa volátil determina la producción de biogás. Si se aprovechan estiércoles de animales se debe analizar in situ, si parte de aguas de lavado de establos o aguas de proceso se descargan en los mismos canales o fosas de los desechos.

Estas aguas diluyen la biomasa y se obtiene valores errados de la masa seca (MS) y por consiguiente también de la masa volátil (MV).

La actividad biológica y por lo tanto la producción de biogás aumenta con la temperatura pero altas temperaturas mayores a 40°C matan las bacterias. El cuidado en el mantenimiento del biodigestor también debe extremarse a medida que se aumenta la temperatura dada la mayor sensibilidad que presentan las bacterias a las pequeñas variaciones térmicas.

La temperatura ambiental está íntima mente relacionada con los tiempos que debe permanecer la biomasa dentro del digestor para completar su degradación (tiempo de retención hidráulica TRH). A medida que se aumenta la temperatura disminuyen los tiempos de retención y en consecuencia se necesitará un menor volumen de digestor para digerir una misma cantidad de biomasa.

El parámetro más predominante para el cálculo del volumen del biodigestor es la selección de la carga orgánica volumétrica, para dimensionar los biodigestores se consideran los siguientes parámetros.

a) Carga orgánica volumétrica COV

La COV se define como la cantidad de masa I/volátil en kg con la que se alimenta diariamente por cada m³ de biodigestor. La carga orgánica volumétrica es un factor determinante para el dimensionamiento del biodigestor. A mayor COV mayor es el riesgo de inhibir el proceso ya que se carga demasiada biomasa orgánica para las bacterias existentes en el biodigestor, en este caso el proceso se

torna muy inestable, tiene que ser muy controlado y se debe analizar los parámetros de proceso con más frecuencia.

Para evitar problemas de acidificación en el biodigestor se debe seleccionar una COV en rangos de 2,0 - 2,5 kg.MV/m³.día. Para estar del lado seguro se recomienda trabajar con valores que no excedan los 2,5 kg.MV/m³.día, en la tabla 1.16 se puede observar la producción de biogás de pollos y gallinas.

Tabla 1.16. Producción de biogás pollos - gallinas

Sustrato	MS %	MV %	Biogás M3/t MH	Biogás m3/kg MV	CH4 %
Pollos tiernos (en jaula), gallinaza	22	76	120	0,38-0,40	63%
Gallinas Ponedoras (en jaula), gallinaza	30-40	85	100-130	0,48-0,55	65%
Pollos engorde (en suelo) gallinaza seca	70	75	80-120	0,45-0,50	62%
Pavos engorde (suelo) gallinaza seca	65	80	75-130	0,40-0,50	62%
Pollos tiernos (en suelo) gallinaza seca	70	75	80-110	0-45-0,50	62%
Gallinas ponedoras (suelo) gallinaza seca	70	75	75-100	0.40-0,50	62%
Pollos gallinaza húmeda	10-29	75-77	65-90	0,28-0,35	0,60

$$COV = (Kg * \frac{MV}{m^3} * d)$$

$$COV = (Kg \frac{85}{m^3} * d)$$

En donde:

Kg = biomasa disponible

v = volumen de biodigestor en m³

MV = Masa volátil en kg

d = día

La COV depende de la MV y del volumen de biomasa degradable y es un valor específico para cada tipo o mezcla de biomasa y debe determinarse para cada proyecto. De esta manera se evita sobrecargas de alimentación de materia orgánica biodigestor que pueden Inhibir el proceso. El tiempo de retención (TRH) de la biomasa se determina en base a la COV, a valores de COV > 2,5 kg/m³ se debe controlar constantemente el proceso y observar si no hay una disminución de la producción de biogás ocasionada por principio de acidificación, valores de

COV seleccionadas alrededor de $2.0 \cdot 2.5 \text{ kg.MV/m}^3$ no causan ningún problema operativo.

Se recomienda que los biodigestores tipo laguna se carguen o alimenten con una COV de máximo $2.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{día}$. En base a la selección de la COV y determinando el volumen del biodigestor se calcula el tiempo de retención hidráulica (TRH). En la práctica el TRH para estiércol de aves y ganado vacuno es de generalmente 20 a 30 días. El tiempo mínimo de retención para lograr una adecuada producción de biogás debe ser de 15 días dependiendo de las temperaturas ambientales y del tipo de biomasa.

b) Masa seca (MS)

Se define como la cantidad de sólidos que contienen la biomasa. Es el contenido de biomasa orgánica más la masa inorgánica que contiene un sustrato. Este valor se define también como la biomasa seca con la que se alimenta diariamente al biodigestor. Se requiere conocer el contenido de masa seca para el cálculo de la cantidad de agua que debe adicionarse a la biomasa previa a su alimentación al biodigestor. Se requiere conocer el contenido de masa seca para el cálculo de la cantidad de agua que debe adicionarse a la biomasa, previa a su alimentación al biodigestor.

El porcentaje óptimo de sólidos en la mezcla que se alimenta un biodigestor debe ser del 8-12 %. En la práctica, se ha generalizado utilizar un porcentaje de dilución del 10%. Se logra esta dilución mezclando la biomasa con agua o recirculando el afluente del biodigestor (biol o bio abono) o agua en la tabla 1.17 se puede ver la masa seca de diferentes sustratos.

Sustrato	Contenido de masa seca (%)
Vinazas	3-5
Cereales	80-85
Estiércol de cerdo	3-5
Gallinaza	25-50
Forraje de maíz	80-85
Estiércol de ganado	4-8
Frutas - verduras	85-95

Tabla 1.17 Masa seca de diferentes sustratos

Fuente: [39].

La masa seca o sólidos totales (ST en aguas residuales) de los residuos agroindustriales, puede ser muy variable. Algunos sustratos, como el suero de leche los purines de cerdo pueden tener un porcentaje de 1 – 5 % de ST mientras que otros como la gallinaza superan un 25% el agua contenida en los residuos no produce biogás y por lo tanto no ocupa un volumen no aprovechado en el digestor. Sin embargo, el agua (humedad) resulta imprescindible para que el proceso de digestión se desarrolle óptimamente. En biodigestores alimentados con estiércol de ganado, los valores óptimos de masa seca oscilan entre el 8 y 10%. La dilución de la biomasa es importante para establecer un mejor contacto de las bacterias con el sustrato.

Los residuos con un alto contenido de sólidos pueden ocasionar en el digestor problemas de bombeo, agitación, sedimentación, formación de costras, etc. Por ello, se debe instalar equipos de agitación y extracción de sedimentos. Estos componentes, deben ser diseñados y seleccionados adecuadamente.

Las mezclas de biomasa con porcentajes de masa seca mayores al 10%, son difíciles de bombear por las tuberías de alimentación al biodigestor y también son muy difíciles de agitar en el biodigestor o se requiere de grandes cantidades de energía para la agitación. Diluciones muy espesas de biomasa tienden a formar costras y espumas.

La determinación de la masa se realiza de acuerdo al método “2540 E de Estándar Methods for Examination of Water and Wastewater (ApHA, 1995)” o similar.

Para la determinación de la masa seca, se toma una muestra, se la pesa y se seca a 105°C en un horno o mufla de laboratorio durante 48 horas.

El cálculo de la humedad contenida en la biomasa se realiza en base a la siguiente ecuación

$$\text{Humedad (\%)} = ((P1 - P2) * 100) / P1$$

P1= Peso inicial de la muestra en gramos

P2= Peso después de secado en gramos

Masa Seca (%) = 100% - humedad (%)

c) Masa volátil (MV)

Los sólidos volátiles, es el contenido de masa orgánica que tienen la biomasa, La masa volátil (MV) es el componente que se volatiliza después de la incineración de la masa seca durante 6 horas a 550 grados centígrados. Las cenizas restantes que quedan después del secado corresponden al componente inorgánico de la masa seca.

El porcentaje de sólidos volátiles respecto a la masa seca (% de sólidos volátiles o MV) suelen considerarse “buenos sustratos para la digestión anaeróbica.

El conocimiento de la MV es importante ya que solo este porcentaje es el contenido real de masa orgánica en la biomasa. El resto es humedad, trazas inorgánicas y otras materias que no producen biogás durante la digestión anaeróbica en el biodigestor, el contenido de humedad (agua) no produce biogás, pero facilita el proceso de digestión.

Este valor es también necesario para el cálculo de la carga orgánica volumétrica COV (kg.MV/m³.día), con la cual se alimenta al biodigestor.

La masa volátil se calcula en base a la siguiente ecuación

$$MV(\%) = (MS^{35}(g) - \text{Ceniza}(g)) * 100 / MS(g)$$

En la práctica hay que tener en cuenta que no toda la masa volátil se degrada en el biodigestor. Teóricamente sería posible una degradación al 100% si se considera un sistema de una sola carga – descarga (batch) con un tiempo de retención elevado que puede alcanzar los 150 días

d) Tiempo de retención hidráulica (TRH)

El TRH es el tiempo de permanencia de la biomasa en el biodigestor, no existe un criterio unificado para determinar el tiempo de retención.

Este valor depende de la temperatura ambiental, del tipo de biomasa y de la carga orgánica volumétrica seleccionada para el biodigestor, estos dos valores determinan el volumen del biodigestor.

El TRH determinado para una biomasa y de carga orgánica volumétrica seleccionada para el biodigestor. Estos dos valores determinan el volumen del biodigestor.

El TRH determinado para una biomasa específica depende de la degradabilidad de la materia orgánica. Materia orgánica de fácil degradación requiere de un menor TRH en la figura 1.20 se puede observar la producción acumulada de biogás versus la línea de color azul la producción específica.

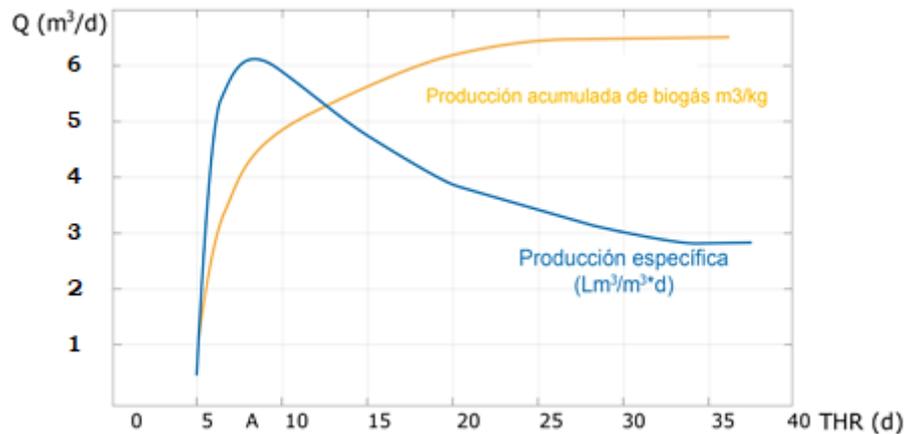


Figura 1.20. Diagrama: Producción de biogás – TRH

Fuente: [25].

A escala industrial los tiempos de retención se ajustan para aprovechar los picos de producción de biogás, lo que sucede generalmente con porcentajes de eliminación de sólidos volátiles entre el 60 y el 75%. El TRH se selecciona tomando en un valor óptimo en funcionamiento de criterios técnicos y económicos.

El TRH sólo puede ser claramente definido en los biodigestores batch (Una carga – una descarga) donde el THR contienen coincide con el tiempo de permanencia del sustrato dentro del biodigestor. En los biodigestores continuos y semi continuos el tiempo de retención se define como el valor en días del cociente entre el volumen del biodigestor y el volumen diario de alimentación.

El TRH está también íntimamente ligado con la COV y la temperatura. La selección de una mayor temperatura de proceso implicara una disminución en los tiempos de retención y consecuentemente serán menores los volúmenes del biodigestor necesarios para digerir un determinado volumen de biomasa como se puede apreciar en la figura 1.21 el diagrama relación COV- biogás

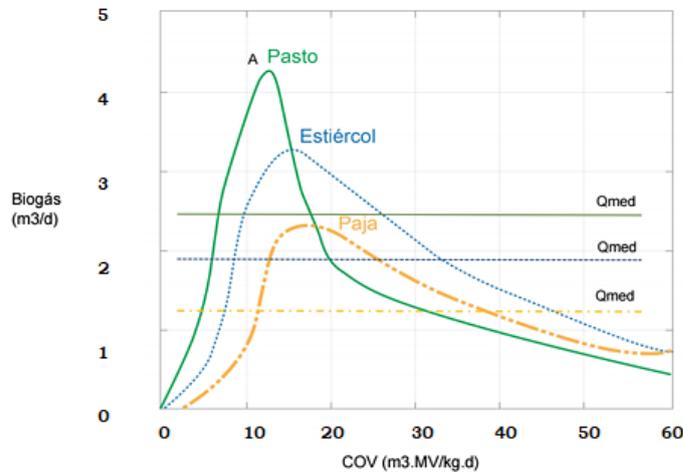


Figura 1.21 Diagrama Relación COV – Biogás

Fuente: [25].

Con relación al tipo de sustrato, generalmente la biomasa con mayor proporción de carbono en moléculas resistentes como la celulosa demandaran mayores tiempos de retención para ser totalmente digeridos. En el diagrama anterior se

muestra la influencia del TRH en la producción de biogás para varios sustratos dependiendo de la COV.

La tasa de producción de biogás aumenta proporcionalmente a mayor COV del biodigestor hasta alcanzar un punto máximo (A) por causas de la creciente carga de biomasa por unidad de tiempo, no se puede degradar la materia orgánica y decae la producción de biogás. Si se sigue acortando el TRH se extrae materia orgánica sin que esta se haya degradado en el biodigestor. Por estas razones expuestas hay que tener muy en cuenta durante la puesta en marcha y operación de los biodigestores que la alimentación con biomasa vaya aumentando paulatinamente (baja COV) y que no se exceda los volúmenes máximos de biomasa con las que se puede alimentar al biodigestor.

En la práctica nunca se alcanza una máxima producción de biogás, el proceso se mueve cerca de la derecha del punto A. En este punto el proceso es robusto y no se ve afectado por variaciones en la calidad de la biomasa con la que se alimenta el biodigestor, es conveniente encontrar un punto de equilibrio entre la COV – estabilidad del proceso y la producción de biogás.

En países de clima frío y con alta experiencia en la construcción de biodigestores como Dinamarca se dimensiona los biodigestores basados en sistemas CSTR para un TRH de 16 – 20 días mientras que en Alemania se dimensiona para TRH de 45 – 60 días. En estos dos países hay que considerar que la temperatura promedio anual es de 9°C con un promedio de 70 días de verano con temperaturas mayores a 21 °C

Si se selecciona un TRH demasiado corto las bacterias no tienen tiempo de formarse y crecer. Las bacterias necesitan aunque sea los días necesarios para duplicarse, por tal razón se considera un límite inferior un TRH de 15 días como mínimo para la producción de bacterias metano genéticas. El límite superior del TRH es muy elevado y que la producción de biogás es muy baja y por tanto baja la rentabilidad en la instalación por sus altos costos de construcción.

La fracción de materia orgánica degradada se incrementa al aumentar el TRH sin embargo, la producción volumétrica de metano (producción por unidad de digestor) disminuye una vez superado el óptimo. Es por tanto necesario

determinar para cada tipo de residuo y de digester el tiempo de retención que optimiza el proceso. Es necesario que el TRH se elija considerando el aspecto económico equivalente al monto de la inversión.

El límite mínimo de los TRH está dado por la tasa de reproducción de bacterias metanogénicas debido a que la descarga continua del biodigestor extrae una determinada cantidad de bacterias que se encuentran en el sustrato. Esta extracción debe ser compensada por la multiplicación de bacterias que permanecen dentro del biodigestor

La mejor manera de lograr un buen dimensionamiento del volumen del digester es seleccionar un TRH con el que se obtenga con $COV \leq 2,5 \text{ KG/m}^3$ la relación costo beneficio es el factor que finalmente determina la optimización entre la temperatura y el TRH y la COV resultante.

e) Estimación de la producción de biogás de gallinaza

La producción de biogás de la gallinaza se determina por el % de MV. La masa seca de la gallinaza está en el orden de 20-55 %. La MV es aproximadamente 50-80% de la MS. La producción de biogás está entre 350-550 m^3 biogás/t.MV.

Por lo tanto por carga kg de MV se puede obtener un promedio de 0,45 m^3 de biogás, el porcentaje de degradación de la gallinaza dependerá del % de dilución, de la COV aplicada y de la temperatura de proceso. Este % fluctúa entre el 60 – 75 %. Un valor de 65% se debe considerar como aceptable.

En la literatura alemana se encuentra datos de producción de biogás por tonelada de masa húmeda de gallinaza en el orden de 70 – 120 m^3 /t.MH y de 250 – 450 m^3 /t.MV.

En la tabla 1.18 y 1.19 siguiente se expone los resultados obtenidos en Alemania durante la realización de ensayos para determinar los % de MS., MV, producción de biogás y % de gas metano en varios tipos de gallinaza.

Tabla 1. 18 Producción de biogás de pollos y gallinas

Sustrato	MS %	MV %	Biogás M3/t MH	Biogás m3/kg MV	CH4 %
Pollos tiernos (en jaula), gallinaza	22	76	120	0,38-0,40	63%
Gallinas Ponedoras (en jaula), gallinaza	30-40	85	100-130	0,48-0,55	65%
Pollos engorde (en suelo) gallinaza seca	70	75	80-120	0,45-0,50	62%
Pavos engorde (suelo) gallinaza seca	65	80	75-130	0,40-0,50	62%
Pollos tiernos (en suelo) gallinaza seca	70	75	80-110	0,45-0,50	62%
Gallinas ponedoras (suelo) gallinaza seca	70	75	75-100	0,40-0,50	62%
Pollos gallinaza húmeda	10-29	75-77	65-90	0,28-0,35	0,60

Tabla 1.19 Ensayos de producción de biogás de gallinaza

Parámetros	Ensayos		
	Gallinaza de piso	Gallinaza 2 días	Gallinaza 6 días
Contenido de nutrientes de la biomasa			
Masa seca (%) en relación a MH	90,84	29,60	31,11
Masa volátil (%) en relación a MH	65,12	18,8	20,34
Nitrógeno (%) en relación a la MS	3,64	1,24	2,27
Amonios (g/kg .MH)	2,48	3,29	4,57
pH medido durante los ensayos (promedio)	7,49	7,18	7,44
Contenido de nutrientes después de los ensayos			
Masa seca (%) en relación a MH	1,91	1,87	2,21
Masa volátil (%) en relación a MH	1,05	1,05	1,05
Biogás			
Concentración de metano (%)	53	47	43
H ₂ S (ppm)	374	331	219
Hidrogeno (ppm)	669	662	537
Producción de biogás			
Producción específica de biogás (lN/1000kg.MV)	521,7	484,3	676,7
Producción específica metano (lN/1000kg.MV)	275,0	227,6	293,6

MH = Masa húmeda



Laboratorio de Química Agrícola
 Km. 33 1/2 carretera a Santa Ana
 Tel.: 2302-0200 ext. 269

San Andrés, 20 de noviembre de 2012

Señores: AQUA LIMPIA

Por este medio tenemos el agrado de comunicarle el resultado obtenido en los análisis de:
GALLINAZAS

Fecha de recolección de muestra: 09/11/2012
 Fecha de recibido: 09/11/2012

No Análisis: 537-539

**RESULTADO
BASE SECA**

No. De muestra	Identificación de Muestra	% HUMEDAD	% MATERIA SECA	% NITROGENO TOTAL N	% PROTEINA	% GRASA	% CENIZAS	% CARBOHIDRATOS
537	GALLINAZA Estado deshidratado	7.97	92.03	3.39	21.19	3.38	41.78	33.65
538	GALLINAZA Jaula 3 (36 semanas)	75.02	24.98	6.11	38.19	2.95	28.79	30.07
539	GALLINAZA Jaula 4 (65 semanas)	75.15	24.85	3.90	24.37	2.82	34.48	38.33

Nota: Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad del interesado.

Químicos Analistas: Lic. Liza Yanira Estrada
 Lic. Héctor Shunico
 Lic. Luis Reyes Valiente
 Lic. Mirian Álvarez de Amaya

Los valores expuestos en las tablas anteriores deben servir como datos referenciales para determinar los % de MS, MV, entre otros para proyectos de dimensionamiento y diseño de plantas de biogás. Para proyectos de construcción de plantas de biogás con volúmenes de gallinaza mayor o iguales a 10t/d es recomendable que realicen los análisis de laboratorios respectivos tal como se muestra en la imagen expuesta.

1.3 Fundamentación Metodológica

1.3.1 Enfoque

En este sentido, la tesis presenta un enfoque mixto puesto que se consideran enfoques de tipo cuantitativo y cualitativo. Sampieri (2014) refiere que la investigación mixta tiene bondades como una perspectiva más amplia y profunda, mejor exploración y explotación de datos sobre la biomasa y la producción de biogás e implica recolección, análisis e integración de los datos cuantitativos y cualitativos de la empresa Incubandina, presentes en esta investigación.

El alcance del proyecto es una implementación a futuro y correlacionar debido a que se analizan diferentes tipos de variables desde los potenciales, los sólidos que contienen la humedad y la cantidad de agua que tienen y social y económica mediante un diagnóstico de La cantidad de biogás de la Empresa Incubandina que puede producir desarrollado en el primer objetivo, realizar una revisión bibliográfica sobre el proceso de generación de biogás mediante el estiércol de las aves (Gallinaza) la misma que servirá para determinar la cantidad de biomasa que puede ser transformada en metano en la empresa Incubandina, mediante el cual nos permite, diseñar un biodigestor para el volumen de biomasa y el potencial energético disponible el mismo que se tienen que analizar la probabilidad de implementación de un biodigestor para la empresa Incubandina enfocado a la generación de electricidad.

1.3.2 Tipo de investigación

a) **Exploratoria.** - Debido a que se seleccionará la biomasa de algunos galpones en donde se encuentran alojadas las gallinas y a su cantidad de estiércol generado poder obtener los datos para realizar un pre diseño y el diseño final de nuestro biodigestor.

b) **Descriptiva.** - Se dará a conocer cada una de las partes constitutivas del generador de biogás de una forma tal que sea entendible por todos los lectores que sean afines a este tema.

c) **Explicativa.** - Se identificarán las variables en las cuales nos vamos a centrar para el desarrollo de nuestra investigación. - Orientada a la comprobación. - Porque tiene que verificarse si se llega a cumplir con cada uno de los objetivos planteados en la investigación.

1.3.3 Técnica de recolección de la Información

Dentro de este parámetro a realizar para el desarrollo de nuestra tesis es importante conocer la capacidad instalada de aves que tienen la empresa

Incubandina, como la cantidad de estiércol que se puede obtener de cada una de las aves, esto es muy importante dentro de la información que se necesita para poder determinar la cantidad de biogás en función a la masa que en este caso es la gallinaza.

a) Técnicas e instrumentos para utilizar

La instrumentación del biodigestor permite analizar la dinámica de su comportamiento con relación a la temperatura del proceso, con el propósito de poder indicar los instrumentos que vamos a utilizar para la caracterización en la tabla 1.10 se puede apreciar los instrumentos que se utilizaran para la toma de datos dentro de las variables que podemos obtener de un biodigestor.

b) Definición de hipótesis o supuestos de partida

Es importante recalcar que para el desarrollo de este tipo de energía es fundamental el análisis y diseño de un biodigestor que permitirá transformar la materia prima en gas metano en nuestro caso de la gallinaza y luego la misma en energía eléctrica.

c) Procedimientos empleados para la obtención y análisis de la información

La información que se necesita para el análisis de la biomasa y la capacidad de generación de estiércol ha sido proporcionada por la empresa Incubandina ya que dicha empresa lleva un registro sobre cuánto de alimento surten a los galpones y cuanto de este es devuelto en forma de estiércol.

d) Nivel de investigación.

Teniendo en cuenta las acciones claves del objetivo general y los objetivos específicos, se puede decir que esta investigación alcanza hasta el nivel comprensivo propositivo y de implementación en vista de que la propuesta de esta investigación es la implementación de un sistema independiente de generación de electricidad para dotar de energía eléctrica continua y con parámetros estables hacia el sistema de crianza y reproducción de aves en la empresa Incubandina.

e) **Alcance de la investigación.**

La presente investigación se centra en realizar un estudio del potencial energético existente en la empresa, para luego realizar la implementación de un biodigestor el cual servirá para dotar de biogás que luego será transformado en un suministro energético continuo y confiable, ya que dicho estudio se analizara con la utilización de equipos que permitan obtener datos que luego serán tabulados para proceder a la selección e implantación del biodigestor mediante la masa que es la gallinaza. Considerando que un sistema de biodigestor deberá tener la suficiente masa para que esta luego pueda ser transformada en biogás.

1.4 Conclusiones Capítulo I

La digestión anaerobia es útil para tratar y depurar aguas residuales y residuos, siempre y cuando tengan un elevado contenido en materia orgánica este es el caso de granjas avícolas donde la materia prima es la gallinaza.

La tecnología del biogás no ha sido totalmente desarrollada en las zonas rurales del país, en parte porque no se han realizado las inversiones como tampoco se ha suministrado una tecnología lo suficientemente aceptable para el usuario ya que la utilidad que se le da al estiércol en el Ecuador son con fines agrícolas colmo abono fertilizante para la agricultura.

Cuando la tecnología no está desarrollada, hay que seguir un exhaustivo procedimiento, puesto que los errores en las fases iniciales de diseño comportan un fracaso para el diseño de los biodigestores por el potencial que se puede obtener y la descarga residual.

CAPÍTULO II.

2.1 Título del proyecto

“Análisis del potencial energético del estiércol de aves generada en la granja avícola Pujilí para la generación de energía de la empresa Incubandina ubicado en el sector de chan cantón Pujilí provincia de Cotopaxi, 2022. Diseño de un biodigestor para la generación de biogás”

2.2 Objetivos del proyecto

Analizar el potencial energético del estiércol de aves de la empresa Incubandina para la generación de electricidad.

2.3 Descripción de la propuesta

Es importante recalcar que nuestro país al tener diferentes comportamientos climáticos por estar en la línea ecuatorial, se pueden desarrollar diferentes tipos de cultivos, como la crianza a gran escala de animales en nuestro caso de planteles avícolas donde la Zona centro del país se ha caracterizado por las condiciones climáticas para el desarrollo de esta actividad y como luego sus excrementos es transformado en biogás, por tal motivo la propuesta es analizar el potencial energético que tienen la gallinaza y cuál de gas (metano) se puede transformarlo cuando ingresa a un biodigestor.

2.4 Recolección de datos para la evaluación del potencial energético de la gallinaza

El objetivo primordial de esta investigación es el de evaluar el potencial energético de la gallinaza, como uno de los principales residuos en los sistemas avícolas. La utilización de los recursos de alto poder calorífico, que contienen los residuos, se convierte en una excelente oportunidad de revalorización de estos. Para el aprovechamiento energético, es importante obtener información cualitativa

y cuantitativa acerca de la generación de estos residuos que producen los galpones de Incubandina en la provincia de Cotopaxi cantón Pujilí.

Para la recolección de información, se evaluarán la granja avícola de pollos, codificada, según la tabla 2.1, a partir de los resultados obtenidos en esta sección, se pretende extrapolar al contexto nacional. La selección de las granjas de aves de pollos las avícolas, se realizó en función de la disponibilidad para el acceso, dado que los estrictos controles en bioseguridad que caracterizan a estos tipos de explotación impiden el acceso de particulares a las mismas.

Tabla 2.1: Codificación de la granja Incubandina de pollos a ser evaluadas.

Nº DE GALPONES	CODIFICACIÓN
GALPON 1	GPA-01
GALPON 2	GPB-02
GALPON 3	GPC-03
GALPON 4	GPD-04
GALPON 5	GPE-05
GALPON 6	GPF-06
GALPON 7	GPF-07

Fuente: El Autor.

2.5 Capacidad productiva de la granja avícola de Incubandina

En el Cuadro 2.2 se detalla el número de aves que han de procesarse por granja en el año 2010, según la capacidad productiva de cada una.

Tabla 2.2: Capacidad productiva de cada una de las granjas avícolas en estudio.

	GPE-01	GPE-02	GPE-03	GPE-04	GPE-05	GPE-06	GPE-07
Número de aves por lote	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
	+_ 5%	+_ 5%	+_ 5%	+_ 5%	+_ 5%	+_ 5%	+_ 5%
	por mortalidad						

Fuente: El Autor.

2.6 Resultados de los cálculos realizados para la generación de biogás

Resultado del cálculo del Coeficiente de la generación de gallinaza de la muestra 1 (GP1-01)

Tabla 2.3: Promedio muestra de generación anual de gallinaza por unidad de superficie

Estrato	Generación anual de gallinaza por unidad de superficie (kg/m²)
GPE-01	0.918 kg

Fuente: El Autor.

2.7 Resultado de la densidad promedio de aves en el galpón

En la tabla 2.4 se muestra la densidad promedio para los estratos evaluados.

Tabla 2.4: Promedio muestral de densidad de aves en el galpón

Estrato	Densidad de aves en el galpón (aves/m²)
Por galpón	31 aves * m ²

Fuente: El Autor.

2.8 Resultados del potencial energético de la gallinaza de los galpones de Incubandina

El cálculo del potencial energético consiste en el producto del poder calorífico promedio por estrato y la cantidad de residuos generados. El poder calorífico se tomó de los resultados presentados en la tabla 2.5, mientras que la generación anual de gallinaza para cada uno de los galpones.

Tabla 2.5: Potencial energético de la gallinaza de los galpones de Incubandina

Estrato	Poder Calorífico Superior Promedio (kcal/kg)	Generación total de gallinaza (kg/año)	Potencial energético (kcal/año)	Rendimiento del bio gas m³/kg	Potencial energético (MWh/año)
GPE-01	4,39	881.475	7.88	0,35	2 kW

Fuente: El Autor.

2.9 Dimensionamiento de biodigestor Incubandina

La granja avícola Pujilí perteneciente a la granja Incubandina se encuentra ubicada en el sector chan del cantón Pujilí provincia de Cotopaxi. El bio digestor se encontrará ubicado en la región andina del Ecuador con un promedio de altura promedio de 2800 mts sobre el nivel del mar con temperaturas que oscilan de los 7 a los 26 grados centígrados existiendo registros que las temperaturas llegan a los 0 grados centígrados.

2.9.1 Masa Húmeda:

La cantidad de masa húmeda MHa por animal producida se puede determinar mediante

MHa = **Cantidad** de alimento consumido * conversión de raza animal

$$MHa = 115 \text{ gramos} * 0.70$$

$$MHa = 80.5 \text{ gramos}$$

De igual manera se puede determinar la cantidad de masa húmeda por día

$$MH = MHa * \# \text{ de aves en el galpón}$$

$$MH = 80.5 \text{ gramos} * 30000$$

$$MH = 2415 \text{ Kg/día}$$

En la tabla 2.6 se indica la cantidad de (kg/día) que se va a obtener de 30.000 aves, conociendo la raza animal, el factor de conversión animal del alimento en excretas.

Tabla 2.6 Datos obtenidos de la gallinaza

Raza - Pollo	# AVES	Masa húmeda (t/día)
Lohmann Brown	30000	2.42 t/día

2.9.2 Masa seca:

El contenido presente en la MH en las excretas de gallinas en jaula es, MS es del 30% y del MV del 85 %.

$$MS = 0.3 * 2.42 \text{ t/día}$$

$$MS = 0.7 \text{ t/dia}$$

2.9.3 Masa volátil:

Generalmente, la gallinaza tiene bastantes impurezas por lo que se reduce el contenido de MV. A continuación se calcula el contenido de MV de la biomasa

$$MV = MS * 30\% * 85\%$$

$$MV = 2.415 * 0.3 * 0.85$$

$$MV = 0.62 \text{ t/dia}$$

2.9.4 Producción de biogás:

La producción de biogás en base al volumen de masa húmeda y la masa volátil se calcula bajo conociendo que la producción de biogas es de 65 m³ por cada tonelada de masa húmeda se tiene que el biogás producido es de.

$$\text{biogas} = 156,96 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

2.9.5 Dimensionamiento del biodigestor

Para el cálculo del volumen se conoce que

$$V = \frac{MV}{COV}$$

Para evitar problemas de acidificación en el bio digestor se debe seleccionar una carga orgánica volumétrica (COV) en rangos de 2,0 -2,5 kg.MV/m³.dia. En proyectos en los cuales se aprovecha la gallinaza pura se debe seleccionar una COV más baja. Para este proyecto se realiza con un COV= 2,5 kg.MV/m³.dia

$$V = \frac{615,825}{2,5}$$

$$V = 246,33$$

Para el volumen de diseño se debe considerar un 20% más de seguridad adicional como volumen de seguridad para soportar picos de carga orgánica

$$Vd = 295,6 \text{ m}^3$$

2.10 Producción de biogás

La producción de biogás por cada metro cuadrado de biodigestor construido es de 0,67m³, por lo que producción estimada de nuestro sería de:

$$\text{Producción de gas} = Vd*0,67$$

$$\text{Producción de gas} = 198,05 \text{ m}^3$$

2.11 Verificación del contenido de solidos

$$MS(\%) = \frac{MS}{MH(kg)}$$

$$MS(\%) = 30\%$$

2.12 Verificación de la carga orgánica volumétrica

$$COV = \frac{MV}{V}$$

$$COV = \frac{615,83}{295,6}$$

$$COV = 2.08$$

Este valor es adecuado y está dentro de los rangos recomendados.

2.13 Volumen de agua por adicionar

El contenido de solidos es igual a 724.5 kg, el mismo que debe representar el 30% dl total de la materia húmeda. Por lo tanto la masa total de llenado total de la mezcla (masa húmeda más la adición de agua) con la que se alimente el biodigestor debe ser 7.25 m³.

Por lo tanto se tiene que adicionar un volumen de agua de

$$\text{Agua} = MT - (MH - MS)$$

$$\text{Agua} = 7.25 \text{ t} - (2.42 - 0.72) = 4,11 \text{ t/d}$$

Donde MT es la masa total de llenado

2.14 Tiempo de retención

El tiempo de retención hidráulico disponible viene dado por

$$TRH = \frac{Vt}{MT} = \frac{295,6}{7,25} = 41 \text{ dias}$$

Esto es producto que la gallinaza tiene un alto contenido de MS y por tanto, requiere un tiempo de retención hidráulico mayor para lograr una óptima degeneración de la biomasa

2.15 Potencia del generador

Para el cálculo de la potencia del generador se considera el poder calorífico promedio del biogás estimado generalmente en 6,25 kW/m³ y el rendimiento o eficiencia del generador. En términos generales la eficiencia para transformar energía calorífica a energía eléctrica en un generador es del 0,35 %. El rendimiento térmico para producir calor es del 50 % en promedio.

De manera aproximada, se puede asumir que 1 m³ de biogás puede producir un estimado de 2,2 - 2,3 kWh de electricidad.

$$\text{kWh} = 156.96 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 2.2 \text{ kWh} = 345.35 \text{ kWh}$$

Si esta energía se quiere aprovechar en 24 horas se requiere un generador con la siguiente potencia.

$$P_{el} = 345.35 \text{ kWh} / 24 \text{ horas} = 14,39 \text{ kW}$$

Se recomienda la instalación de un generador de 25 kW.

2.16 Análisis de carga

Los equipos eléctricos se utilizan de acuerdo con el proceso de cuidado de las gallinas, en el cual la iluminación se utiliza para la alimentación vespertina y nocturna, de igual forma, el calentador es utilizado en horas fijas según requieran, por otro lado están las alarmas que son las más requeridas en todo momento.

En la tabla 2.7 se detalla el número, tipo de equipos eléctricos y el factor de utilización, necesario para determinar la potencia utilizable y la energía de consumo diario.

Tabla 2.7. Análisis de la carga instalada en la avícola

N°	Equipos	Potencia C/U (W)	Cant	Pot (W)	Pot Utilizada (W)	Pot Utilizada en (kW)	Horas de función	Energía Kwh/día
1	Foco led 3000 k	20	26	520	520	0.52	8	4.16
2	Motor de extracción de alimento de silo	373	1	373	373	0.37	2	0.75
3	Línea de antipicaje	20	18	20	20	0.2	24	4.8
4	Bomba desinsectadora	746	1	746	746	0.74	1	.74
total				1.659	1.659	1.83	35	10.45 kwh/día

En la tabla 2.8 se calcula el volumen necesario de biogás en horas, días, mes, según la carga obtenida después de realizar un determinado análisis de carga en la avícola.

$$V = \frac{E(kwh)}{B}$$

B =Constante (kWh)/m³ de biogás

Tabla 2.8 Volumen necesario de biogás

	Volumen necesario biogas m ³	Energía de la Carga del galpón kW
Hora	0,20	0,44
Día	4,75	10,45
Mes	142,50	313,50

2.17 Análisis de la viabilidad técnica según el estudio de carga realizado en el galpón

En la tabla 2.9 se indica el análisis de la carga producida según el biogás obtenido de 30.000 vs carga requerida según el análisis de carga para el galpón.

Tabla 2.9. Análisis de carga producida con los cerdos vs carga requerida en la avícola

	Carga producida por la gallinaza del galpón gp1		Carga requerida	
	biogas producido (m ³)	kw generados (kw)	volumen requerido (m ³)	potencia instalada (Kw)
hora	6,54	14,39	0,20	0,44
día	156,98	345,35	4,75	10,45
mes	4709,25	10360,35	142,50	313,50

La energía obtenida por el gas generado gracias a la pollinas de las gallinas en jaula y el volumen de gas generado en base a al ganado porcino es muy baja; tomando en cuenta que de la necesidad energética que se tiene en la avícola y el volumen de gas generado en base a la necesidad energética; es más alta se puede manifestar que no se alcanzara a abastecer de energía eléctrica a la avícola debido a la baja producción de biogás obtenida, motivo por el cual se va a realizar el diseño del biodigestor tubular continuo de acuerdo a mi necesidad.

2.18 Diseño de biodigestores tropicalizados tipo laguna

Un biodigestor tropicalizado en una estructura adaptada a las condiciones climatológicas, de espacio, disponibilidad de materiales de construcción y clima existente en los países tropicales. En zonas tropicales se pueden construir biodigestores sin calefacción debido a las altas temperaturas existentes durante todo el año. Solo en contadas excepciones y en sitios fríos ubicados a alturas mayores de 2.500 m.s.n.m se debe calefaccionar este tipo de biodigestor.

Un biodigestor tipo laguna se compone básicamente de una laguna revestida con membrana o un material impermeable, sistema de alimentación, de descarga, captación de biogás, estructuras auxiliares para el aprovechamiento del biogás y tratamiento o aprovechamiento de los efluentes.

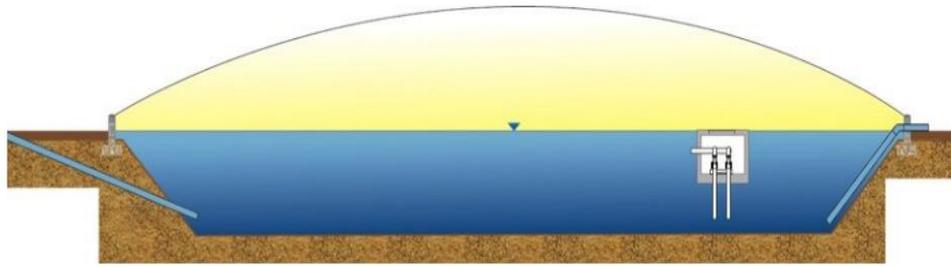


Figura 2.1: Concepto básico de diseño de biodigestor tropicalizado

El concepto básico de diseño de biodigestor tropicalizado consiste de una laguna con taludes 1:1 (en lo posible), profundidad de 3 - 5 m, con un muro perimetral de hasta 2 m de alto, instalación de bombas para succión de lodos, agitadores para mezclar la biomasa, almacenamiento de biogás en el biodigestor, control de proceso, revestimiento del fondo de la laguna con un material impermeable (membrana EPOM, HOPE, PVC, etc.) y cubierta de una membrana flexible y resistente a los rayos UV.

Un biodigestor tropicalizado se compone de las siguientes estructuras y componentes.

- Tanque de alimentación
- Laguna del biodigestor
- Sistema de agitación
- Extracción de lodos
- Captación de biogás
- Control de proceso
- Válvulas de seguridad
- Antorcha combustión de biogás en exceso.
- Equipos para el aprovechamiento y combustión del biogás.
- Lagunas de descarga

2.19 Dimensionamiento del tanque de mezcla y alimentación

En el tanque de mezcla se homogeniza el sustrato y se mezcla con agua para reducir la concentración de sólidos como en el caso de la gallinaza. En casos cuando se alimenta el biodigestor con gallinaza en el tanque de mezcla se hidroliza la biomasa y se retira el carbonato de calcio y las plumas. El tanque de mezcla se puede dimensionar para que almacene y se hidrolice la biomasa por varias horas (3-4). Todo dependerá del tipo de biomasa y del contenido de masa seca e impurezas. Generalmente el tanque de mezcla se dimensiona para un 20-25% del volumen diario de alimentación del biodigestor.

En algunos casos se dimensiona el tanque de alimentación para que almacene la mezcla de biomasa con agua requerida en un periodo de 1-2 horas. Es decir se mezcla cada vez solo la biomasa requerida para este periodo. Una desventaja de esta alternativa es que hay que realizar mezclas de biomasa varias veces al día. La ventaja es que se reduce el volumen (Tamaño) del tanque de alimentación.

Es recomendable que para caso se analice la alternativa más factible y económica. El llenado horario del tanque significa una reducción de los volúmenes del tanque pero aumenta los costos de personal y la logística de transporte de biomasa. Implica altos costos operativos.

Siempre es necesario que en el tanque de alimentación se instale un mezclador para homogenizar la biomasa y obtener una mezcla óptima. La potencia del mezclador debe ser de por lo menos 4 kW. pero su potencia dependerá de las dimensiones del tanque y el tipo de biomasa.

$$V_{ta}=V_{tm}=V_T*1,2$$

$$V_{tm}=295,6*1,2$$

$$V_{tm}= 369,50 \text{ m}^3$$

La profundidad del tanque de mezcla no debe exceder los 2 m. Se debe prever un borde libre de mínimo 0,30 m. Las paredes del tanque tienen que ser repelladas con una capa de cemento de buena calidad para evitar que con el paso del tiempo

se deterioren las paredes debido a la agresividad de las mezclas de sustrato con agua.

El tanque de alimentación se debe ubicar preferiblemente en un sitio más elevado que el biodigestor para que la alimentación sea por gravedad y de esta manera se reduzcan los costos operativos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se determinan las medidas del tanque de mezclado y alimentación

$$V_{ta} = \pi r^2 h$$

$$h = 2\text{m} - 0.3\text{m} = 1,7\text{m}$$

$$r = \sqrt{\frac{V_{ta}}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{369,50}{\pi \cdot 1,7}} = 8,31\text{m}$$

El tanque de alimentación será el mismo tanque de mezclas para el total de la producción diaria de gallinaza con una altura de 2m y un radio de 8,5m

2.20 Dimensionamiento laguna del biodigestor

La laguna es la parte más importante de un biodigestor tropicalizado, la geometría de la laguna es siempre de forma rectangular, alargada, con una relación largo: ancho $\geq 4:1$. La profundidad debe ser mayor a 3 m y menor o igual a 5 m. En raras ocasiones se construyen lagunas con una profundidad mayor a 5 m. Los taludes de la laguna deben tener una inclinación de 45° o más empinados, dependiendo del tipo de suelos y de su estabilidad. El volumen de un biodigestor tipo laguna no debería ser mayor a 6.000 m³. Los biodigestores de mayor volumen son difíciles de agitar y no permiten una eficiente extracción de lodos.

Dependiendo de tipo de suelo habrá necesidad de reforzar los taludes para evitar erosiones o derrumbes. La estabilización, se la puede realizar colocando una simple malla de gallinero revestida con una mezcla pobre de cemento con tierra. Este tipo de revestimiento se puede realizar siempre y cuando el suelo no sea tan arenoso y suelto. El espesor del revestimiento será de 3 - 5 cm. En todo caso, es importante

que se realicen las pruebas en sitio para seleccionar cuál método de estabilización es el más adecuado para asegurar los taludes.

Hay otros casos que requieren más atención, cuando se trata de suelos arenosos bastante inestables. En este caso, es necesario revestir los taludes con una capa gruesa de hormigón reforzado con malla electrosoldada. En estos casos el revestimiento puede ser de hasta 10 cm. En la fotografía siguiente se presenta una laguna revestida con una capa de suelo cemento de 10 cm de espesor.

En varios de los biodigestores que se han construido en países tropicales. se sujeta la membrana de cubierta en una zanja perimetral. Esta forma de sujetar la membrana es muy rudimentaria e incorrecta ya que no impide la infiltración de aguas lluvias hacia los taludes de la laguna y la membrana no está firmemente sostenida. Debido a que no existe un muro perimetral. se tienen que instalar las tuberías de captación de biogás agujereando la membrana con el peligro de rasgado y no se forma un gasómetro para el almacenamiento de biomasa.

a) Cálculo de la altura de la laguna del biodigestor

$$hcf = \frac{Vt \text{ pollinaza} * 20\% \text{ seguridad}}{\text{largo} * \text{ancho}}$$

$$hcf = \frac{383.85 * 1.2 \text{ seguridad}}{16 * 10}$$

$$hcf = 2.87 \text{ m}$$

b) Cálculo de la altura del domo la laguna del biodigestor

$$hdag = \frac{VT * \text{Factor de seguridad} * 4}{L * \text{Ancho} * \Pi}$$

$$hdfg = \frac{127.92 * 1.2 * 4}{16 * 10 * \Pi}$$

$$hdfg = 1.22\text{m}$$

2.21 Dimensionamiento de la laguna de descarga

Para el vertido de los efluentes del biodigestor se debe construir una laguna de descarga que almacene por lo menos 10 días de efluentes, siempre tomando en cuenta que el volumen del efluente es igual al volumen del afluente del biodigestor .

La laguna de descarga se planifica en forma rectangular. Además que se debe asegurar que los pisos sean completamente herméticos así como debe poseer una cubierta para que en caso de lluvia no sean arrastrados. Deben contar con una acera alrededor de este.

$$V_{ld}=10*V_{bio\ digestor}=10*295,6=2956\ m^3$$

Por la disponibilidad de espacio se planifica utilizar un área de 400 m²

$$V_{ld}= area*h$$

$$H=V_{ld}/a=2965/160= 7,5\ m$$

2.22 Dimensionamiento de lecho de secado

El dimensionamiento de los lechos de secado se lo realiza en base a la cantidad de los lodos que se extraen diaria o semanalmente de los digestores y a la tasa de aplicación de lodos TAL que se aplica en kg/m² de área de celda. La tasa de aplicación de lodos depende de la temperatura del medio ambiente y la evaporación, ambiente y de la evaporación.

Para climas fríos con temperaturas promedios ambientes promedio menores a 21 grados centígrados la tal es aproximadamente de 25 kg/m². Para temperaturas mayores a los 21 grados centígrados y que alcanzan picos de hasta 30 grados centígrados la tal puede llegar a ser de 50-100 kg/m²

Tabla 2.10 Densidad del biogás

Masa húmeda (t/día)	2,42
producción de biogás(m ³ /día)	156,98
MS (kg/día)	724,5
MV (kg/día)	615,83
Densidad del biogás (kg/m ³)	1,25

De donde podemos analizar

Peso(biogás)= producción del bio gas*densidad =156,98*1,25=196,23 kg/día

A este peso de bio gas hay que restarle un 10 de humedad en forma de agua

Peso real =196,23/1,1 =178,37

Contenido de MV remanente en el biodigestor = MV-peso real biogás=615,83-178,37=437,44 kg/día

Lodo seco en el bio digestor=MS-peso(biogás)=724,5-196,23=528,27

Ya que el promedio de las temperaturas es inferior a los 21 grados centígrados se selecciona un TAL de 25 kg/m².

Extracción de lodos semanal = 528,27*7=3697,83 kg/semana

Los lodos que se extraen del fondo del biodigestor tienen una concentración de sólidos máximos el 4%, por lo tanto semanalmente se debe extraer:

lodos= extracción de lodos semana /0.04 = 3697,83/0,04=92448,12 Kg por semana (lodos mezclados con agua)

Área de lecho de sacado de lodos

A= extracción de lodos semanal /TAL =3697,83/25= 147,92 m²

Conclusiones Capítulo II.-

En el Ecuador es aventajado por tener diferentes climas por las cuatro regiones que posee, en las cuales en la costa se desarrolla de mejor manera la avicultura por el clima, pero existe un gran inconveniente por su temperatura elevada la descomposición es mucho mayor ya que la temperatura está por encima de los 28 °C.

En el país aún no se ha implantado una política agrícola sobre el tratamiento de las excretas de las aves, aun es un mito el desarrollo de los biodigestores con fines de generación de electricidad, en la actualidad existen contadas empresas que tratan la gallinaza o pollinaza con una responsabilidad y cuidado al medio ambiente.

La tasa de producción de biogás aumenta proporcionalmente a mayor COV del biodigestor hasta alcanzar un punto máximo por causas de la creciente carga de biomasa por unidad de tiempo, no se puede degradar la materia orgánica y decae la producción de biogás.

Si se sigue acortando el TRH se extrae materia orgánica sin que esta se haya degradado en el biodigestor, por estas razones expuestas hay que tener muy en cuenta durante la puesta en marcha y operación de los biodigestores que la alimentación con biomasa vaya aumentando paulatinamente (baja COV) y que no se exceda los volúmenes máximos de biomasa con las que se puede alimentar al biodigestor.

CAPÍTULO III

3 APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 Análisis e interpretación de resultados

Luego de la interpretación de los resultados es importante determinar la interpretación del dimensionamiento del biodigestor en función a la cantidad de la biomasa y la potencia generada e instala para la empresa Incubandina

Tabla 3.1 Cálculos varios

CÁLCULOS			
Alimento consumido por las aves (gr/día)		115,00	
Producción de gallinaza 70% del alimento consumido (gr)	70%	80,50	
Número de aves		30000,00	
Total de gallinaza al día por galpón (kg/día), masa húmeda (MH)		2415,00	
MS masa seca es 30% de la MH (kg/día)	30%	724,50	
MV masa volátil, es 70% de la MS (kg/día)	70%	507,15	
		70 m ³ /t MH	120 m ³ /t MH
Biogás (m ³ /día) (70-120 m ³ /t MH)		169,05	289,80
		250 m ³ /t MV	450 m ³ /t MV
Biogás (m ³ /día) (250 - 450 m ³ /t MV)		126,79	228,22
% ch ₄ - es el 65% biogás	65%	82,41	148,34
CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA (COV) kg.MV/m ³		2,00	2,50
Volumen del biodigestor (V)(m ³) (MV/COV) +20%seg	20%	304,29	243,43
producción de biogás es por 1m ³ de biodigestor es 0,67 m ³ de biogás	0,67	203,87	163,10
Materia total de alimentación del biodigestor (MT)(kg/día) debe contener 10% MS	10%	7245,00	
Volumen de agua por adicionar (VA) (kg/día) MT –(MH-MS)		5337,15	
equivalencia MT a m ³ (m ³) 1 metro cúbico de agua equivale a 1000 kilogramos		7,25	

Tiempo de retención de húmedos (TRH) (días) V/(MHen t)		126,00	100,80
		máx.	min
Potencia generada por m ³ (1m ³ de bio gas genera de 2,2 a 2,5kWh)	2,2	669,44	535,55
Potencia generada (Pel)(kWh/24h) (kw)	24	27,89	22,31
Potencia generada por m ³ (1m ³ de bio gas genera de 2,2 a 2,5kwh)(kWh)	2,2	669,44	535,55

Tabla 3.2 Dimensionamiento del tanque de mezclado y alimentación

Dimensionamiento del tanque de mezclado y alimentación		
Volumen	%	Dimensión
Volumen tanque mezclado V _{tm} = Volumen tanque de alimentación V _{ta} = VT(m ³)+25%	25%	9,06m

Tabla 3.3 Dimensionamiento de la laguna de descarga

Dimensionamiento de la laguna de descarga		
Volumen	%	Dimensión
Volumen de la laguna descarga V _{ld} =10 veces VT (m ³)	10%	72,45m

Tabla 3.4 Dimensionamiento de la laguna de descarga

Dimensionamiento de lecho de secado			
Tasa de aplicación de lodos TAL (kg/m ²)	25	50-100	
Densidad del biogás kg/m ³		1,25	
		min	max
Peso del bio gas = producción bio gas * densidad (kg/día)		158,48	362,25
Vapor de agua presente en el biogás	10%	15,85	36,23
Peso real del Biogás (Pr)		142,64	326,03
Contenido de remanentes MV= MV-Pr biogás (kg/día)		364,51	181,13
Lodo seco=MS -Pr biogás (kg/día)		581,86	398,48
Extracción de solidos por el número de días	7	4073,05	2789,33
Q lodos= extracción de solidos / concentración de solidos máxima	30%	13576,83	9297,75
Área=extracción de solidos /TAL		162,92	111,57
Agitadores eléctricos= 1000m ³ de biodigestor se instala un agitador de 18,5kw	2	5hp	

Tabla 3.5 Dimensionamiento del volumen de alimentación

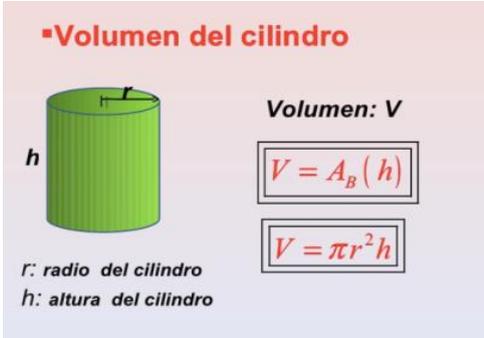
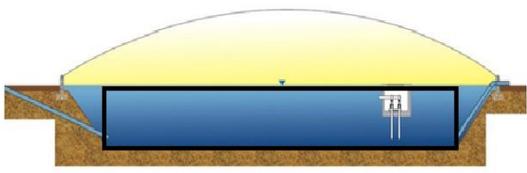
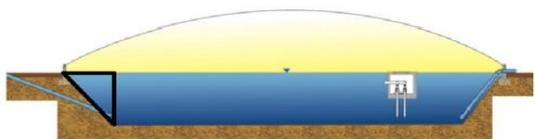
Volumen tanque	Dimensiones
VTA volumen del tanque de alimentación un 25% más del MT (m3)	25%
cilindro	9,06, m3
 <p>Volumen del cilindro</p> <p>Volumen: V</p> $V = A_B (h)$ $V = \pi r^2 h$ <p>r: radio del cilindro h: altura del cilindro</p>	3.1416
	$V = 9,06, m^3$
	9,06, m3
	Pi= 3.14 16
	Este valor se determina acorde a la disponibilidad del equipo
La altura no debe exceder los dos metros	$h = 1.28, m$

Tabla 3.6 Dimensionamiento laguna del biodigestor

Volumen del biodigestor m³	304,29, m	320, m
Forma rectangular, alargada, con una relación largo: ancho $\geq 4:1$	L, m	16, m
La profundidad debe ser mayor a 3, m y menor o igual a 5, m		
	A, m	4, m
	P, m	4, m
	VOLUME N m ³	256, m ³
Área =(base*h altura)/2	b	1, m
	h	4, m
	área	2, m
	volumen 2, m ³	32, m ³
	Volumen	Volumen de

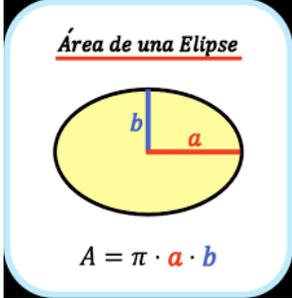
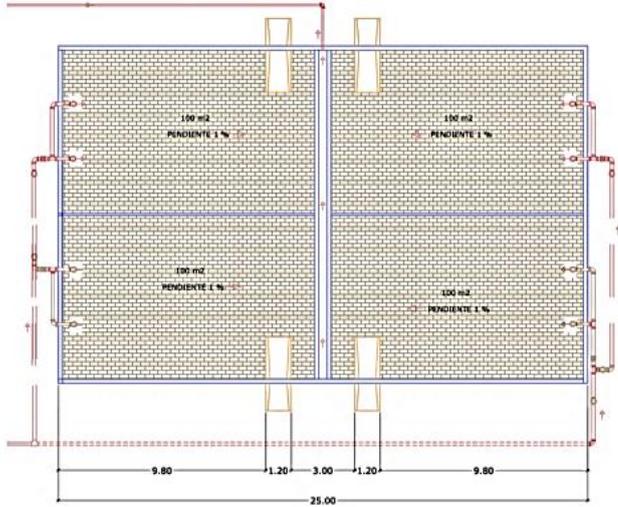
		diseño
Volumen de la cúpula m ³	203,87m	203,58m
	pi	
	3,14	
	a	3, m
	b	2,7, m
	ÁREA	12,72, m

Tabla 3.7 Dimensionamiento de la Laguna de descarga

Volumen de la laguna	86,94 m ³	
	L, m	9,66, m
	A, m	3, m
	P, m	3, m
	Volumen 1	86,94, m ³
Área de lecho de secado		162,92, m ²
Número de CELDAS	20	8,14609688, m
Área		
	L, m	18,1024375, m
	A, m	9, m

3.2 Demanda de la empresa Incubandina

Es muy importante conocer la carga a la cual vamos a alimentar en una potencia de 1.659 W y una potencia total de 6,132 kWh/día para el dimensionamiento de nuestro generador en la tabla 3.7 se puede ver los consumos de las cargas conectadas

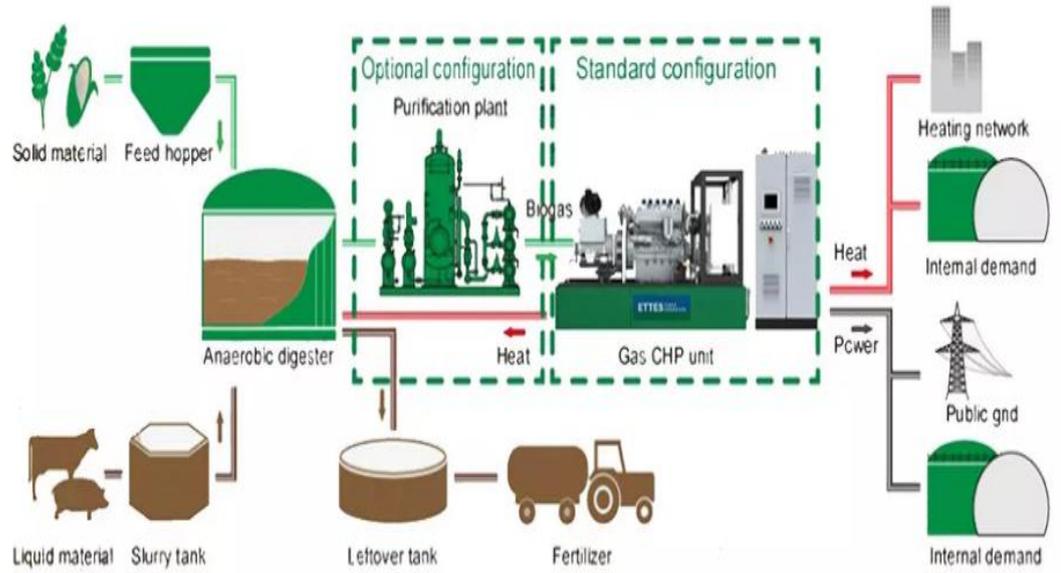
Tabla 3.7 Demanda de Incubandina

N ^o	Equipos	Potencia C/U (W)	Cantidad	Potencia(W)	Potencia Utilizada en (kW)	Horas de función h/día	Energía Kwh/día
1	Foco led 3000 k	20	26	520	0,52	8	4,16
2	Motor de extracción de alimento de silo	373	1	373	0,373	2	0,746
3	Línea de anticipaje	20	18	20	0,02	24	0,48
4	Bomba desinfectadora	746	1	746	0,746	1	0,746
total				1.659	1,659		6,132

3.3 Dimensionamiento del generador

El dimensionamiento del generador se efectuó en función a la cantidad de biogás disponible de nuestro biodigestor y a la carga de la empresa Incubandina a continuación mostramos en el grafico 3.1 el proceso en cual cuentan todas las etapas de la generación de biogás hasta su resultado final que es la electricidad.

Figura 3.1 Etapas de generación de un biodigestor



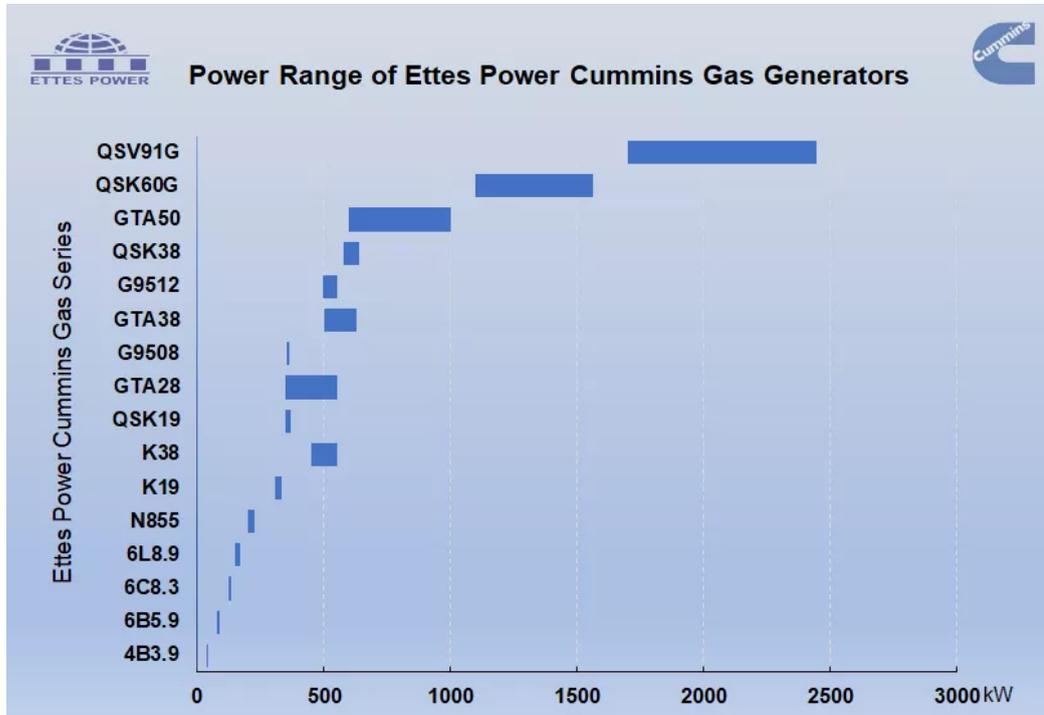
Fuente: [23].

Tabla 3.8 Valores calculados para la generación en función al dimensionamiento del biodigestor

poder calorífico del biogás (kW) (Dato tomado de la tabla 1.18 del capítulo 1)		6,25	
tasa de transformación de biogás en electricidad		1/3	
producción de 1m ³ de bio digester de energía eléctrica kWh		2,2	
		max	min
producción de bio gas m ³ /día		289,80	126,79
producción de bio gas m ³ /h	24%	12,08	5,28
% ch ₄ - es el 65% biogás (m ³ /día) (Dato tomado de la tabla 1.18 – 1.19 del capítulo 1)	65%	188,37	82,41
poder calorífico del metano (kW/m ³)	10%		
Eficiencia del generador	32%		
E=energía CH₄ *poder calorífico*Eficiencia gen (kWh/día)		602,78	824,12
P=E/24 h		25,116	34,34

En el siguiente grafico 3.2 se puede ver la curva de operación en función a la cantidad de bio gas producido dentro del biodigestor es importante seleccionar en función a la carga establecida dentro de la empresa Incubandina

Figura 3. 2 Power Range of ettes power Cummins Gas Generators



Fuente: [22].

Tabla 3. 9 Placa de características del generador calculado

Composition	Abbr.	Limits	Remarks
Methane number	MN	> 100 for biogas	For Lower value, please consult ETTES POWER
Calorific value	Hμ, N	Lower value of 6kw.h/Nm ³	Standard Calorific Value for Ettes Datasheet as per ISO8528/1, ISO3046/1 and BS5514/1.
Chlorine	CL	< 80 mg / Nm ³ CH ₄	For higher value, please consult ETTES POWER

Fluoride	F	<40 mg / Nm ³ CH ₄	For higher value, please consult ETTES POWER
Total-chlorine Fluoride	∑(Cl,F)	<80 mg / Nm ³ CH ₄	For higher value, please consult ETTES POWER
Dust	/	<5µm or <10 mg / Nm ³ CH ₄	For higher value, please consult ETTES POWER
Oil Vapor	/	<400 mg / Nm ³ CH ₄	No condensation may occur in the mixture section
Silicon Element	Si	<2 mg / Nm ³ CH ₄	For higher value, please consult ETTES POWER
Sulphur	S	<200 mg / Nm ³	For higher values, please consult ETTES POWER
Hydrogen Sulphide	H ₂ S	<200 ppm or <304 mg / Nm ³	For higher value, please consult ETTES POWER
Ammonia	NH ₃	<40 ppm or <30 mg / Nm ³	For other values, please consult ETTES POWER
Gas Pressure Range	/	5kPa~20kPa	For other values, please consult ETTES POWER
Gas Temperature	/	<30°C	For other values, please consult ETTES POWER

Fuente: [19].

3.4 Costos de Construcción

Tabla 3.10 Costos de construcción y montaje del biodigestor y generador

Tanque de alimentación	
Área m ²	7,07
Costo por m ² obra civil	\$ 320,00
Puente con agitador	\$ 3.500,00
TOTAL	\$ 5.761,95

Laguna del biodigestor	
Área m ²	108,00
Costo por m ² obra civil	\$ 320,00
Costo por m ² domo hermético	\$ 220,00
2 agitadores 1Hp inox	\$ 2.400,00
2 bombas de lodos	\$ 6.400,00
TOTAL	\$ 67.120,00
Laguna de descarga	
área m ²	28,98
costo por m ² obra civil	\$ 320,00
costo por m ² techo tipo invernadero	\$ 80,00
TOTAL	\$ 11.592,00

Lecho de secado	
Área m ²	162,92
Costo por m ² obra civil	\$ 200,00
Costo por m ² techo tipo invernadero	\$ 80,00
TOTAL	\$ 45.618,14

Tuberías	
Alimentación de materia prima	\$ 2.300,00
Descargas	\$ 1.800,00
Recolección de gas	\$ 1.700,00
TOTAL	\$ 5.800,00

Sistema de análisis de gases	
Analizador de gases	\$ 23.400,00
TOTAL	\$ 23.400,00

Antorcha quemadora de gas abierta FAI 20-350, auto, máx. 24 m³/h	
Antorcha quemadora de gas abierta	\$ 15.600,00
TOTAL	\$ 15.600,00

Compresor de biogás 74 m³/h	
---	--

Compresor de biogás de una etapa con un solo impulsor y una capacidad máxima de 74 m ³ /h.	\$ 1.300,00
TOTAL	\$ 1.300,00

Enfriador de gas	
Enfriador de gas 100 m ³ /h (35-10) Temperatura del gas en la entrada/a la salida: 35/10.	\$ 33.800,00
TOTAL	\$ 33.800,00

Filtro de carbón activado	
Filtro de carbón activado 100 m ³ /h El filtro elimina el hidróxido de azufre de los niveles de varios miles de ppm a 0 ppm.	\$ 14.300,00
TOTAL	\$ 14.300,00

Generador de gas	
Generador de biogás Man 32 kW	\$ 62.400,00
total	\$ 62.400,00
Costo total de la propuesta	\$ 286.692,09

3.5 Análisis del TIR y el VAN

En la parte final es importante determinar la inversión realizada y el tiempo en el cual se puede recuperar la inversión en función al cálculo real de la generación versus la demanda a continuación se muestra en la tabla 3.11

Tabla 3.11 Energía requerida – energía generada

Energía requerida kWh/día	6,13
Energía generada kWh/día	22,31
Costo actual del kW	0,09
Periodo de análisis (días)	365
Producción de abonos orgánicos kg/día	398,48
Producción de sacos 45 kg abonos orgánicos / día	8,86
precio aproximado en el mercado/gal	4
Producción de biol m ³	7,25
Producción de biol gl	1913,93
precio mercado/ gal (\$)	0,1

COSTO PERSONAL / MES (\$)	490
NUMERO DE PERSONAS	3
COSTO TOTAL DEL PERSONAL / DÍA (\$)	49,00

Tabla 3.12 Cálculo del valor actual neto

Cálculo del valor actual neto (van)				
TASA DESCUENTO	16%			
PERIODOS	FLUJO	FACTOR DE ACTUALIZACIÓN	FLUJO ACTUALIZADO	RECUPERACIÓN
0	\$ (286.692,09)	1,000000	\$ (286.692,09)	\$ (286.692,09)
1	\$ 65.433,20	0,862069	\$ 56.407,93	\$ (230.284,16)
2	\$ 65.433,20	0,743163	\$ 48.627,53	\$ (181.656,63)
3	\$ 65.433,20	0,640658	\$ 41.920,28	\$ (139.736,34)
4	\$ 65.433,20	0,552291	\$ 36.138,18	\$ (103.598,17)
5	\$ 65.433,20	0,476113	\$ 31.153,60	\$ (72.444,57)
6	\$ 65.433,20	0,410442	\$ 26.856,55	\$ (45.588,02)
7	\$ 65.433,20	0,353830	\$ 23.152,20	\$ (22.435,82)
8	\$ 65.433,20	0,305025	\$ 19.958,79	\$ (2.477,03)
9	\$ 65.433,20	0,262953	\$ 17.205,86	\$ 14.728,83
10	\$ 65.433,20	0,226684	\$ 14.832,63	\$ 29.561,46
11	\$ 65.433,20	0,195417	\$ 12.786,75	\$ 42.348,22
12	\$ 65.433,20	0,168463	\$ 11.023,06	\$ 53.371,28
13	\$ 65.433,20	0,145227	\$ 9.502,64	\$ 62.873,92
14	\$ 65.433,20	0,125195	\$ 8.191,93	\$ 71.065,85
15	\$ 65.433,20	0,107927	\$ 7.062,01	\$ 78.127,86
16	\$ 65.433,20	0,093041	\$ 6.087,94	\$ 84.215,80

17	\$ 65.433,20	0,080207	\$ 5.248,22	\$ 89.464,03
18	\$ 65.433,20	0,069144	\$ 4.524,33	\$ 93.988,36
19	\$ 65.433,20	0,059607	\$ 3.900,29	\$ 97.888,64
20	\$ 65.433,20	0,051385	\$ 3.362,31	\$ 101.250,96
21	\$ 65.433,20	0,044298	\$ 2.898,55	\$ 104.149,51
22	\$ 65.433,20	0,038188	\$ 2.498,75	\$ 106.648,25
23	\$ 65.433,20	0,032920	\$ 2.154,09	\$ 108.802,35
24	\$ 65.433,20	0,028380	\$ 1.856,98	\$ 110.659,32
25	\$ 65.433,20	0,024465	\$ 1.600,84	\$ 112.260,16
26	\$ 65.433,20	0,021091	\$ 1.380,04	\$ 113.640,20
27	\$ 65.433,20	0,018182	\$ 1.189,69	\$ 114.829,89
28	\$ 65.433,20	0,015674	\$ 1.025,59	\$ 115.855,48
29	\$ 65.433,20	0,013512	\$ 884,13	\$ 116.739,61
30	\$ 65.433,20	0,011648	\$ 762,18	\$ 117.501,79
VAN			\$ 117.501,79	

Tabla 3.13 Cálculo de la tasa interna de retorno

FUNCIÓN DE TANTEO Y ERROR		
VAN=0=1/(1+TIR)^0+FEO/(1+TIR)^1+...FEO/(1+TIR)^n		
	TIR	5,84%
PERIODOS	FLUJO ACTUALIZADO	
0	\$ (286.692,09)	\$ (286.692,09)
1	\$ 56.407,93	\$ 53.295,18
2	\$ 48.627,53	\$ 43.408,79
3	\$ 41.920,28	\$

		35.356,35
4	\$ 36.138,18	\$ 28.797,66
5	\$ 31.153,60	\$ 23.455,62
6	\$ 26.856,55	\$ 19.104,54
7	\$ 23.152,20	\$ 15.560,60
8	\$ 19.958,79	\$ 12.674,07
9	\$ 17.205,86	\$ 10.323,00
10	\$ 14.832,63	\$ 8.408,06
11	\$ 12.786,75	\$ 6.848,34
12	\$ 11.023,06	\$ 5.577,96
13	\$ 9.502,64	\$ 4.543,23
14	\$ 8.191,93	\$ 3.700,45
15	\$ 7.062,01	\$ 3.014,01
16	\$ 6.087,94	\$ 2.454,90
17	\$ 5.248,22	\$ 1.999,51
18	\$ 4.524,33	\$ 1.628,60
19	\$ 3.900,29	\$ 1.326,49
20	\$ 3.362,31	\$ 1.080,42
21	\$ 2.898,55	\$ 880,00
22	\$ 2.498,75	\$ 716,76
23	\$ 2.154,09	\$ 583,80
24	\$ 1.856,98	\$ 475,50
25	\$ 1.600,84	\$ 387,30
26	\$ 1.380,04	\$ 315,45

27	\$ 1.189,69	\$ 256,93
28	\$ 1.025,59	\$ 209,27
29	\$ 884,13	\$ 170,45
30	\$ 762,18	\$ 138,83
		\$ 0,00

3.6 Conclusiones Capítulo III

La construcción de los biodigestores está estructurada de tal forma que tiene tanques de ingreso de las excretas como tanques de los lodos cuando ya han cumplido su proceso de descomposición cave recalcar que siempre serán sobredimensionados un 25% en función al agua que se añade para su descomposición.

La cúpula de los biodigestores es importante que sea de la altura no mayor a 2 metros ya que el domo cumple una función impórtate de crear una especie de cámara para que se mantenga una temperatura promedio de 37 °C que es lo óptimo para su descomposición.

Es importante recalcar que los biodigestores deben poseer un agitador que es fundamental la mezcla homogénea de la materia organiza que se encuentra cargado en el biodigestor, para que su descomposición se uniforme, conforme a su humedad que es el 70%.

Dentro del análisis de la densidad del biogás es importante recalcar la densidad de la masa húmeda en (t/día) de 2,42, de la MS (t/día) 724,5 y su MV de 615,83 (kg/día)

Conclusiones Generales

Se ha determinado mediante una extensiva revisión bibliográfica la transformación de la materia prima en nuestro caso la gallinaza y los diferentes análisis e interpretaciones que se han desarrollado para determinar el potencial energético que posee la materia prima de la empresa Incubandina el cual es nuestro caso de estudio con fines de generar electricidad.

En función a los cálculos desarrollados con datos reales de la empresa avícola se determinó la cantidad de biomasa de 30.000 aves es de 2415,00 kg de masa húmedas por cada galpón con una masa seca MS del 30% que equivale a 724,50 Kg/día y una masa volátil de del 705 que es equivalente a 507,15 kg/día en un alimento que recibe cada ave que es de 115 gr/día.

Se logró diseñar un biodigestor de carga orgánica volumétrica COV en kg.MV/m³ de 2 a 2.5 y con un volumen del biodigestor $V \text{ m}^3 \text{ MV/COV} + 20\%$ un total de 304,29 m³ y una producción de biogás es de 1 m³ de biodigestor es de 0,67 m³ de biogás.

El cálculo de la potencia del generador se considera el poder calorífico promedio del biogás estimado generalmente en 6,25 kW/m³ y el rendimiento o eficiencia del generador. En términos generales la eficiencia para transformar energía calorífica a energía eléctrica en un generador es del 0,35 %. El rendimiento térmico para producir calor es del 50 % en promedio, de manera aproximada, se puede asumir que 1 m³ de biogás puede producir un estimado de 2,2 - 2,3 kWh de electricidad.

Recomendaciones

Se recomienda realizar áreas amplias para la ubicación de las excretas de las aves de los 7 galpones por ser volúmenes completamente elevados y evitar daños ambientales como olores de su propia descomposición.

Es importante realizar una infraestructura de recolección de biol de materia orgánica que ya paso por el proceso

Se recomienda realizar un estudio del comportamiento del generador a utilizar para el remplazo con biogás, con el fin de determinar las condiciones necesarias que requiere el generador.

Es necesario analizar correctamente la distribución eléctrica que se va a realizar para la iluminación y calefacción debido a que los pollos tienen un nivel de calor específico para su crianza.

Referencias

- [1] Hilbert, Manual para la Producción de Biogás, Argentina-Castelar, 2008.
- [2] J. C. S. Rodríguez, Energías Renovables y Eficiencia Energética, Canarias: ISBN, 2008.
- [3] D. Saldarreaga, «El metano es 23 veces más fuerte que el dióxido de carbono,» *El Comercio*, 8 Agosto 2012.
- [4] K. Chungandro, Diseño y construcción de un biodigestor para pequeñas y medianas granjas, Quito: EPN, 2010.
- [5] IDAE, «Digestores Anaeróbicos,» *BESEL, S.A. (Departamento de Energía)*, pp. 6-7, 2007.
- [6] J. M. Casas Úbeda y F. Gea Lopez, Educación Medioambiental, Primera ed., Madrid: Club Universitario, 2015.
- [7] J. Jiménez Ortega, Método para desarrollar hábitos y técnicas de estudio, Primera ed., Madrid: La Tierra Hoy, 2010.
- [8] C. Tobía y E. Vargas, «Evaluación de las Excretas de Pollos de Engorde (Gallinaza) en la alimentación Animal,» *Agronomía Costarricense*, San Jose, 2011.
- [9] D. Ortez Sandoval y M. Zelada Quán, «Evaluación del Potencial Energético de Desechos Sólidos de Granjas de Engorde Avícolas en El Salvador,» Ciudad Universitaria, El Salvador, 2013.
- [10] S. Valle Ramírez, *ALTERNATIVAS DE FERTILIZACIÓN EN LOS CULTIVOS DEL MAÍZ Y LA PAPA CHINA EN SUELOS DEL ORDEN INCEPTISOLES DEL CANTÓN PASTAZA*, Puyo: Universidad Estatal Amazónica, 2009.
- [11] G. Montesdeoca Zambrano y A. Salazar Chanalata, *EVALUACIÓN DE RELACIONES ENTRE GALLINAZA Y AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA GRANJA AVÍCOLA “ZAMBRANO PONCE” DEL CANTÓN CHONE*, Calceta: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ, 2017.
- [12] O. Maserá, «Estimación del Recurso y Prospectiva Tecnológica de la Biomasa Como Energético Renovable en México,» Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Mexico D.F., 2005.
- [13] A. Hidalgo López, «Valorización de residuos de biomasa en la industria de la Construcción,» *Energía Sostenible para todos*, vol. I, nº 01, pp. 1-2, 2012.
- [14] C. L. Méndez, «Biomasa: Alternativa Sustentable para la Producción de Biogás,» 27 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa.html>. [Último acceso: 14 Agosto 2019].
- [15] Ministerio de Energía del Ecuador, «Ministerio de Electricidad y Energías Renovables,» 04 Enero 2010. [En línea]. Available: www.meer.gob.ec. [Último acceso: 10 Agosto 2019].

- [16] M. F. Solíz, *Metabolismo del desecho en la determinación social de la salud Economía política y geografía crítica de la basura en el Ecuador 2009-2013*, Quito: Universidad Andina Simón Bolívar, 2014.
- [17] MIDUVI, «Censo de Agua Potable y Residuos Sólidos,» 02 Enero 2009. [En línea]. Available: www.miduvi.gob.ec. [Último acceso: 12 Julio 2019].
- [18] Sofos Energia, «Planta de Biogás,» 20 Julio 2010. [En línea]. Available: <http://www.sofos.es/plantas-de-biogas/>. [Último acceso: 23 Julio 2019].
- [19] P. Harris, *Begginers Guide to Biogas*, Austria: Adelaide, 2014.
- [20] H. Revolorio, «Diseño de un biorreactor de membrana para la regeneración de las aguas residuales en un establecimiento hotelero,» Universidad de San Carlos de Guatemala, San Carlos, 2010.
- [21] D. Albarracín, *Biblioteca del campo: Granja integral autosuficiente; Manual de la Granja Integral*, Bogota: Disloque, 2005, pp. 140-147.
- [22] M. T. Varnero, «Manual de biogás,» *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, vol. I, nº 1, p. 119, 2011.
- [23] E. Diblaci, «Biogás,» 13 Febrero 2004. [En línea]. Available: www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/otras_energias/biogas/Index_biog.htm. [Último acceso: 12 Septiembre 2019].
- [24] Biodigestores, «Biodigestores: Una Alternativa Tecnologica Para El Futuro,» 22 Junio 2012. [En línea]. Available: <http://bio-digestores.blogspot.com/2012/06/ventjas.html>. [Último acceso: 02 Septiembre 2019].
- [25] M. d. BIOL, «Sistema Biobolsa,» 12 Marzo 2016. [En línea]. Available: http://sistemabiobolsa.com/wp-content/uploads/2016/03/12.-MANUAL-DEL-BIOL_16.pdf. [Último acceso: 23 Octubre 2019].
- [26] K. García, *Codigestión Anaeróbica de Estiércol y Lodos de Depuradora para Producción de Biogás*, Madrid: Universidad de Cadiz, 2009.
- [27] E. Metcalf, *Fundamento de los tratamientos Biológicos del agua residual, tratamiento y rehuso.*, New York: McGraw-Hill, 2003.
- [28] M. E. Montes, *Estudio técnico-económico de la digestión anaerobia conjunta de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora para la obtención de biogás*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2008.
- [29] E. Toala , *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica*, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013.
- [30] H. Finck, «El biogás y sus aplicaciones,» Presenca, La Paz, 2009.
- [31] M. Vargas, «Introducción a las energías alternativas con experimentos sencillos,» *Ciencia Facil*, vol. I, nº 1, pp. 1-8, 2006.
- [32] D. Alkalay , *Aprovechamiento de desechos agropecuarios para la producción de energía*, Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María, 2014.
- [33] GTZ. Corporación Autónoma Regional del Cauca, *Difusión de la tecnología del biogás en Colombia*, Cáli: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, 2015.

- [34] E. Lara y M. Hidalgo, *Diseño de un bioreactor y conducción del biogás generado por las excretas de ganado vacuno, estación Tunshi- Espoch*, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011.
- [35] R. Perry, *Manual del Ingeniero Químico*, New York: McGraw-Hill, 2014.
- [36] D. Pontón , *Diseño de un sistema para la obtención de biol mediante los residuos sólidos orgánicos generados en el Cantón Joya de Los Sachas*, Orellana: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010.
- [37] Y. Oyala y L. Gonzales, *Fundamentos para el diseño de Biodigestores*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- [38] A. Paredes, *Diseño de un biorreactor para la obtención de biogás y bioabono a partir de residuos orgánicos en el Cantón Patate*, Ambato: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.
- [39] PROBIOMASA, *Futuro Renovable: Biogás como fuente de energía*, Buenos Aires: Energia firme, 2017.
- [40] Universidad Pontificia Bolivariana, *GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DEL BIOGAS A PARTIR DE BIOMASA AGRÍCOLA*, Bogotá: Centro de Investigación para el desarrollo y la innovación, 2015.

ANEXOS



■ Superior Engine Generation
Drive a Better World

一站式發電系統及分佈式能源解決方案



COGENERATION

We Produce Green Energy ...



埃特斯动力设备有限公司
ETTES POWER MACHINERY CO LTD

Web: www.ettesgenerator.com
Tel: +86-22-23796980
Fax: +86-22-23796811
E-mail: info@ettespower.com
Add: No.188, Anshan West Road, Tianjin, China

Technical data is subject to change without prior notice. For more information, please contact Ettes Power or your local agent.

More information



@Copyright Ettes Power.
All Rights reserved.



CHP

Power Range : 50-1000KW

Power, Heat, Bio-energy

■ Superior Engine Generation
Drive a Better World



About Combined Heat and Power-CHP

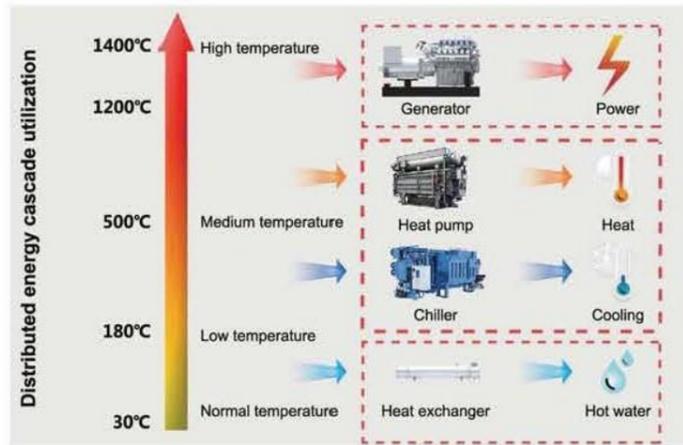
Advanced power supply equipment providing both power and heat

- High-efficiency
- Environmentally friendly
- Energy saving
- Powerful



Efficient and environmentally friendly energy utilization technology

- Achieve the energy cascade utilization of heat, power and cooling with up to 90% overall energy utilization rate
- No need to transport and distribute and no distribution loss
- Compared with traditional fuel coal and fossil energy, reduce the emission of NOx and CO2 by 60%-80% with nearly zero SO2 and dust emission
- Fuel can be natural gas or some special gases such as biogas, coal mine gas, oil associated gas and landfill gas



High-quality Product Design System



The Functions of CHP

Efficient CHP equipment with green energy to lower cost

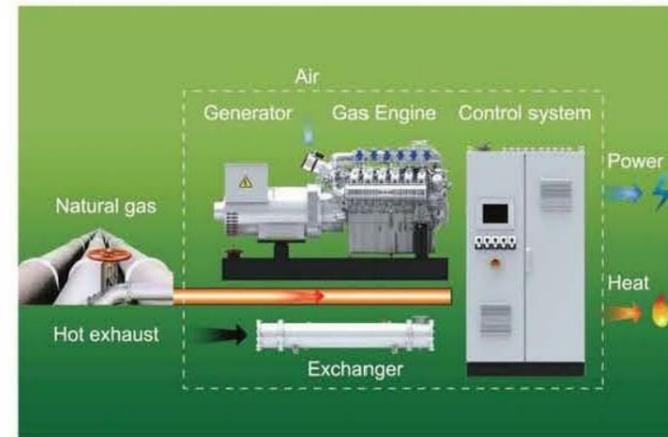
- Independent on-site energy with small footprint
- Suitable for different gas compositions and types with output meeting the standard of natural gas set
- Intelligent control system achieving comprehensive and effective monitor
- Instead of diesel oil saving long-distance transportation cost
- Durable parts for continuous 50,000 service hours
- Containerized CHP unit for quick installation and running



Commercial CHP

Safe and reliable distributed energy

- Cooling system, heating system and power system are put into module and distributed around users, making energy utilization safe and reliable
- Main elements of the product: gas engine, generator, heat exchange system and intelligent control system
- Suitable for large commercial communities, hotels, residential buildings etc



Distributed Energy

Perfect Product Manufacturing System



Technical Features of CHP

► Many advanced technologies integrated

- Highly efficient gas engine with stable and strong power
- Lean combustion technology with high air/fuel ratio
- Automatic oil refilling system
- Natural and forced ventilation integration technology
- Frequency conversion control technology for fans



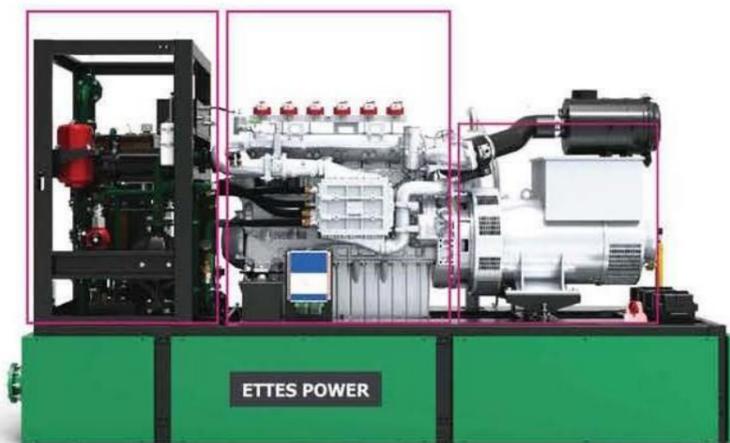
► Intact configuration and control

- Touch-screen operation control system
- Electronic ignition control system based on microprocessor
- Exact speed control system for high stability of frequency
- Power output through air cooled synchronous generator
- Heat recovery through coolant and exhaust exchangers
- Integrated control cabinet with comprehensive monitor, control and protection



► Module design

- Fuel input system, power output system and heat output systems all adopt module design for convenient and fast installation and use
- Access doors is easily dismountable
- Outdoor type units can be used directly outdoors without engine rooms



Power output: 50-1000kW
Heat output: 79-1091kW



- 1 Gas engine
- 2 Synchronous alternator
- 3 Gas train
- 4 Heat exchanger-exhaust gas/water
- 5 Daily oil tank
- 6 Control cabinet
- 7 Ventilation duct

► Paralleling functions

- Several units can run in paralleling mode for heavy-duty demand and automatically parallel or disconnect according to the changes of load
- Paralleling with mains can output power to mains, replace it or operate for peak shaving

► Multiple working modes and control methods

- All power control switch, oil filling control switch, fan modes control switch can be operated easily
- Operation of fans can be controlled automatically or manually

► Frequency conversion control technology for fans

- No need to start fans in low temperature
- Start several fans in medium temperature to both supply power and lower gas consumption

► Advanced waste heat recovery system

- The power produced during the unit operation can meet the demand of users, at the same time a mass of heat in the jacket water and exhaust gas can be recovered through heat exchangers, heat recovery boilers and chillers to provide users heat and cooling



Humanized Design and Intelligent Control

► Automatic operation system with touch screen

- 10-inch colored touch display screen for easy data reading
- Intact parameter monitor and control of fuel, engines and generators
- Monitor and control of pumps, valves and fans
- Local or remote monitor and control
- Automatic oil refilling system for continuous unit running
- Extensible input and output control meeting the users' localization demands

► Paralleling and control cabinet

- Integrated paralleling and control cabinet as standard configuration with IP54 protection
- Internal integrated controller and electrical equipment
- Paralleling function with other units or mains and control and protection functions
- Master control system for whole unit with interface to higher level control unit
- Easy paralleling with mains in peak shaving mode, output to mains mode or isolated mode

► Automatic charging system

- Automatically check the voltage of the battery ensuring the voltage in the applicable range and the unit can start at any time

► Power switch cabinet

- With IP54 protection and internal integrated electrical components such as main breaker, CT, VT and busbar, the cabinet control output of power



► Lighting system

- Interior lighting system provides sufficient lighting for convenient daily maintenance and service

► Controller communication interface

- For remote monitor and other communication functions

► Automatic oil refilling system

- The oil level controller monitors the engine oil at any time. When the level is lower than the set point, daily auxiliary oil pump will fill automatically until reaching the set point. With big-size inspection window, the oil level controller is convenient to check the oil level

► Support OSC (online and offline service center) service system

- Easy connection to the computer for convenient data share and control
- Achieving remote monitor and inspection, inspection aid and faults diagnosis
- Running status monitored and parameter feedback of all units which have been delivered



High Safety

Products are fitted with many kinds of sensors and safety valves, integrating control, measurement and protection functions

► Cylinder temperature protection system

-Cylinder temperature sensors or exhaust manifold temperature sensors can measure the combustion or exhaust gas temperature and send signals to the control system to monitor engine's operation condition and ensure normal operation



► Detonation control system

-Based on the signals from sensors, the controller sends out analog signals to ignition system after processing so as to adjust ignition timing, reduce load or shutdown to avoid detonation

► Gas leakage protection device

-This avoids gas leakage and once the gas leaks, gas pipeline will be turned off and alarms will be sent out



► Lightning protection device

-The device can introduce lightning into the earth and protect personnel and equipment from lightning stroke



► Smoke alarm system

-Internal smoke status is detected in time and once excessive smoke is detected, the system would send out a warning to prevent fire spreading or explosion

► Electrical inlet and outlet shutter

-The shutters control inlet and outlet automatically, i.e. close shutters when CHP unit stops or open them when CHP unit starts, thus these achieve automatic adjustment and prevent small animals entering into the unit when it stops. Once gas leakage happens, they are closed automatically to isolate internal air and prevent explosion

► Air circuit breaker

-Well-known brand breaker is integrated into breaker cabinet with control and various protection functions against overload, short circuit, under voltage etc

► Emergency radiator

-When the heat load is lower, the radiator is used to cool jacket water and turbocharged mixture to keep coolant and suction mixture temperature in permissible range

► Separation of heavy current and light current

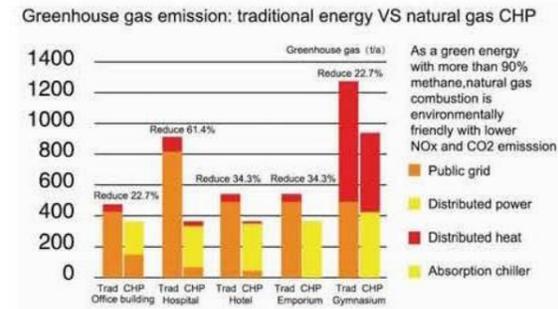
-All the cables have protective covers with support and fixation device



High Durability

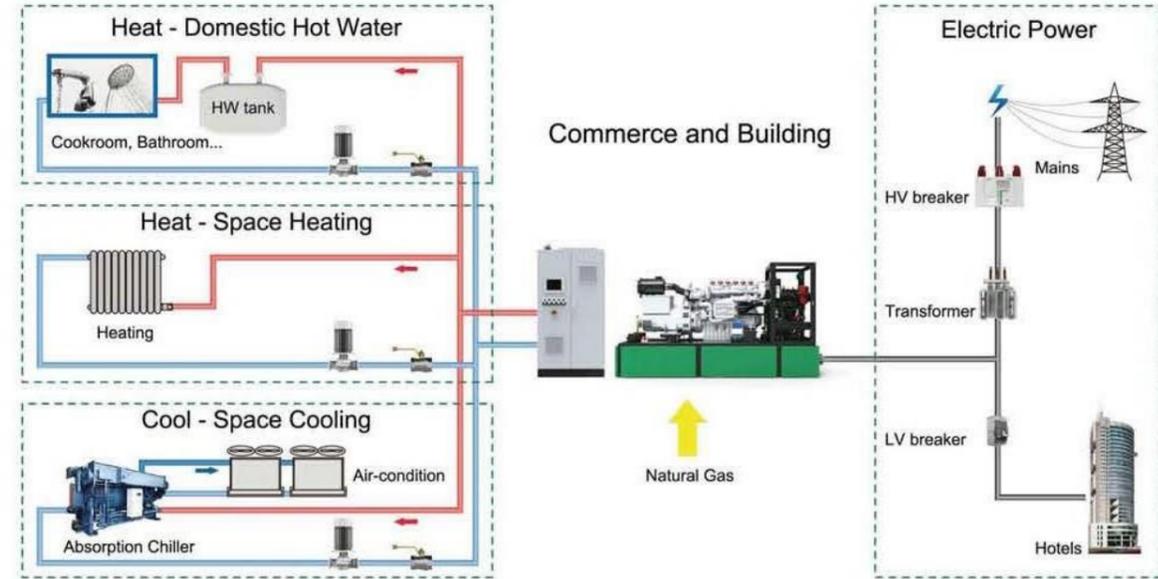
- ▶ **Coupling connection**
-Coupling between engine and alternator dampens rotational vibrations and load surge, and limits torque to protect the actuator from overload
- ▶ **Integrated oil filtration system**
-Equipped filters separate dust, metal scraps, carbon deposit etc. efficiently and restrain abrasion of engine parts for example crankshaft to prolong the unit's lifetime
- ▶ **Standard container frame**
-Made of corten steel,the container is manufactured as ISO standard container and accordant with shipping regulations and CSA certificate.Stainless steel bolts and locks are installed on the exterior of container for corrosion resistance and long life
- ▶ **High-strength base frame**
-High quality steel monocoque base frame with reinforcement design is manufactured with advanced welding technology
- ▶ **Flexible exhaust bellows**
-Bellows installed between exhaust manifold and silencer keeps exhaust assembly in flexible connection, depresses vibration and noise and prolongs the service life of exhaust system

- ▶ **Vibration isolators**
-Vibration isolators with high capability are installed between engine/alternator and base frame, and anti-vibration capability of CHP unit is in accordance with GB/T2820.9
- ▶ **Accordant with emission requirement**
-Advanced gas engine emission control lower NOx and CO2 by 60-80% and SO2 and dust to nearly zero compared with coal and fossil energy.Baseframe adopts waterproof design to avoid leakage of coolant and lube oil



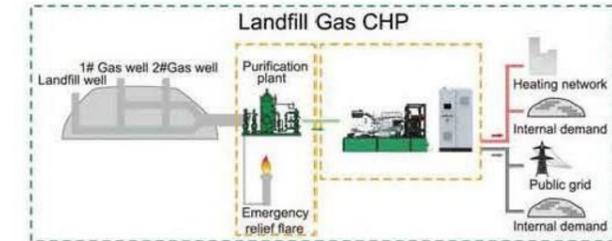
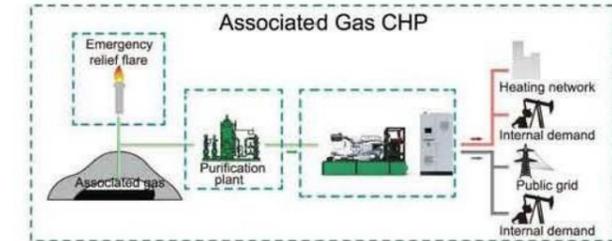
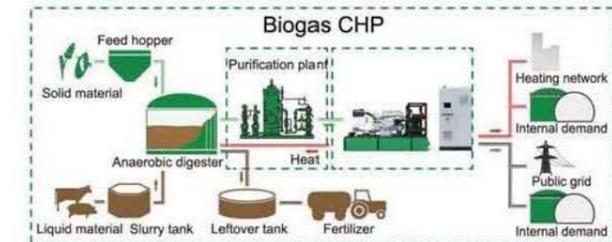
- 1 High-strength base frame
- 2 Coupling
- 3 Stainless steel pipes
- 4 Oil filtration system
- 5 Vibration isolator

Product Application of Natural Gas



Application of Special Gas

- CHP solves the problem of waste disposal and protects the environment. Electricity produced meets the local demand and public grid. Heat produced is recovered to optimize the living condition.
- With purification treatment, associated gas can be used as the fuel of CHP units to supply continuous power and heat for oil field drilling and guarantee the normal production.
- About 100~200m³ landfill gas with the heat value of 3.5~5.5kWh/m³ is produced per 1 ton landfill. It is a high-quality fuel used on the CHP units, and so this saves energy and protects the environment.





Cummins Series Products Overview

-50Hz / 60Hz

Open/Soundproof Type CHP Natural Gas



Model	RP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff	Elec. Eff	Tot. Eff.
EC-40N	40	4BTA3.9-G	L4	48.00%	32.00%	80.00%
EC-80N	80	6BTA5.9-G	L6	47.00%	32.30%	79.30%
EC-120N	120	6CTA8.3-G	L6	47.20%	32.50%	79.70%
EC-180N	180	NTA855-G	L6	46.70%	35.20%	81.90%
EC-200N	200	NTA855-G	L6	46.90%	35.20%	82.10%
EC-280N	280	KTA19-G	L6	47.20%	37.40%	84.60%
EC-300N	300	KTA19-G	L6	47.30%	37.50%	84.80%
EC-500N	500	KTA38-G	V12	47.10%	38.20%	85.30%

CNPC Series Products Overview

-50Hz / 60Hz

Open/Soundproof Type CHP Natural Gas



Model	RP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff	Elec. Eff	Tot. Eff.
EJ-400N	400	12V190ZL	V12	46.50%	35.60%	82.10%
EJ-500N	500	12V190ZLT	V12	47.00%	36.20%	83.20%
EJ-500N	500	G12V190ZLT	V12	47.00%	37.50%	84.50%
EJ-550N	550	G12V190ZLT	V12	48.00%	37.60%	85.60%
EJ-600N	600	G12V190ZLT	V12	48.20%	38.00%	86.20%
EJ-800N	800	H16V190ZLT	V16	47.80%	38.10%	85.90%
EJ-1000N	1000	H16V190ZLT	V16	47.50%	38.30%	85.80%
EJ-1200N	1200	H16V190ZLT	V16	46.80%	38.50%	85.30%

- Power output is based on ISO3046/1 conditions
- Natural gas:methane number:MN>80; lower calorific value:LHV>36MJ/Nm3 or 10kWh/Nm3
- Electrical efficiency is based on pf=0.8 and ISO3046/1 conditions. Heat is recovered from jacket water and exhaust gas @120°C
- Ambient temperature:-25~25°C and latitude: less than 1000m



Cummins Series Products Overview

-50Hz / 60Hz

Open/Soundproof Type CHP Special Gas



Model	RP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff	Elec. Eff	Tot. Eff.
EC-30B	30	4BTA3.9-G	L4	48.50%	31.30%	80.00%
EC-60B	60	6BTA5.9-G	L6	48.20%	31.60%	79.30%
EC-100B	100	6CTA8.3-G	L6	47.70%	31.80%	79.70%
EC-160B	160	NTA855-G	L6	47.30%	35.50%	82.80%
EC-180B	180	NTA855-G	L6	47.50%	35.00%	82.50%
EC-250B	250	KTA19-G	L6	46.50%	37.10%	83.60%
EC-280B	280	KTA19-G	L6	47.10%	37.20%	84.30%
EC-500B	500	KTA38-G	V12	47.10%	38.00%	85.10%

CNPC Series Products Overview

-50Hz / 60Hz

Open/Soundproof Type CHP Special Gas



Model	RP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff	Elec. Eff	Tot. Eff.
EJ-400B	400	12V190ZL	V12	45.50%	35.50%	81.00%
EJ-500B	500	G12V190ZLT	V12	45.00%	36.50%	81.50%
EJ-600B	600	G12V190ZLT	V12	46.50%	37.50%	84.00%
EJ-800B	800	H16V190ZLT	V16	46.20%	37.60%	83.80%
EJ-1000B	1000	H16V190ZLT	V16	45.40%	37.80%	83.20%

- CNPC Engines are more suitably for island operations in oilfields and mines
- Special gases: biogas, coal mine gas, associated gas, landfill gas and sewage gas
- Power output is based on ISO3046/1 conditions
- Special gas: MN>100;lower calorific value:LHV>21.6MJ/Nm3 or 6kWh/Nm3
- Electrical efficiency is based on pf=0.8 and ISO3046/1 conditions. Heat is recovered from jacket water and exhaust gas @120°C
- Ambient temperature:-25~25°C and latitude: less than 1000m



MAN Series Products Overview

-50Hz

Open/Soundproof Type CHP Natural Gas



Model	COP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff	Elec. Eff	Tot. Eff.
EM-50N5	50	E0834E302	L4	53.50%	36.50%	90.00%
EM-66N5	66	E0834LE302	L4	53.10%	38.40%	91.50%
EM-70N5	70	E0836E302	L6	52.20%	36.80%	89.00%
EM-100N5	100	E0836LE302	L6	49.60%	36.80%	86.40%
EM-130N5	130	E2676E302	L6	54.20%	36.70%	90.90%
EM-210N5	210	E2676LE202	L6	46.80%	40.67%	87.47%
EM-260N5	260	E3262E302	V12	54.00%	39.60%	93.60%
EM-350N5	350	E3268LE212	V8	52.50%	41.90%	94.40%
EM-420N5	420	E3262LE232	V12	49.30%	42.10%	91.40%
EM-520N5	520	E3262LE202	V12	48.30%	38.80%	87.10%

Open/Soundproof Type CHP Special Gas

Model	COP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff.	Elec Eff.	Tot. Eff.
EM-66B5	66	E0834LE302	L4	52.00%	38.30%	90.30%
EM-100B5	100	E0836LE302	L6	49.30%	36.50%	85.80%
EM-210B5	210	E2676LE212	L6	49.10%	39.30%	88.40%
EM-350B5	350	E3268LE222	V8	50.50%	39.60%	90.10%
EM-420B5	420	E3262LE242	V12	48.90%	40.10%	89.00%
EM-520B5	520	E3262LE202	V12	48.20%	38.30%	86.50%

- Power output is based on ISO3046/1 conditions
- Natural gas:methane number:MN>80; lower calorific value:LHV>36MJ/Nm³ or 10kWh/Nm³
- Electrical efficiency is based on pf=0.8 and ISO3046/1 conditions. Heat is recovered from jacket water and exhaust gas @120°C
- Ambient temperature:-25~25°C and latitude: less than 1000m



MAN Series Products Overview

-60Hz

Open/Soundproof Type CHP Natural Gas



Model	COP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff.	Elec Eff.	Tot. Eff.
EM-60N6	60	E0834E302	L4	52.50%	35.30%	87.80%
EM-66N6	66	E0834LE302	L4	51.90%	37.60%	89.50%
EM-80N6	80	E0836E302	L6	53.60%	37.00%	90.60%
EM-100N6	100	E0836LE302	L6	50.80%	33.70%	84.50%
EM-150N6	150	E2676E302	L6	54.10%	38.00%	92.10%
EM-240N6	240	E2676LE202	L6	49.10%	39.40%	88.50%
EM-290N6	290	E3262E302	V12	54.90%	38.70%	93.60%
EM-375N6	375	E3268LE212	V8	47.70%	40.00%	87.70%
EM-420N6	420	E3262LE232	V12	52.30%	38.40%	90.70%
EM-560N6	560	E3262LE202	V12	49.90%	38.20%	88.10%

Open/Soundproof Type CHP Special Gas

Model	COP/kW	Engine Model	Configuration	Heat Eff.	Elec Eff.	Tot. Eff.
EM-66B6	66	E0834LE302	L4	52.50%	37.20%	89.60%
EM-100B6	100	E0836LE302	L6	53.70%	35.10%	88.80%
EM-220B6	220	E2676LE212	L6	46.40%	40.30%	86.70%
EM-360B6	360	E3268LE222	V8	50.50%	37.50%	88.00%
EM-420B6	420	E3262LE242	V12	52.30%	38.40%	90.70%
EM-560B6	560	E3262LE212	V12	51.50%	37.40%	88.90%

- Special gases: biogas, coal mine gas, associated gas, landfill gas and sewage gas
- Power output is based on ISO3046/1 conditions
- Special gas: MN>100;lower calorific value:LHV>21.6MJ/Nm³ or 6kWh/Nm³
- Electrical efficiency is based on pf=0.8 and ISO3046/1 conditions. Heat is recovered from jacket water and exhaust gas @120°C
- Ambient temperature:-25~25°C and latitude: less than 1000m

Product Types and Main Application Fields

Natural gas CHP

-As one of main applications of CHP products, natural gas CHP is widely used in industry and commercial fields. The CHP core parts are four-stroke gas engine, heat recovery and utilization system, safety protection and monitor system, and humanized operation interface.

-Due to the compositions of natural gas benefit sufficient combustion, it's not necessary to fit gas treatment device like filters.



Biogas and other special gases CHP

-Biogas and other special gases CHP units generate power and heat saving the costs, protecting the environment and reducing pollution.

-Biogas and bio-natural gas can be generated on site with easy operation, low costs and environment protection.

-As biogas is one of best fuels used on CHP, PowerLink is committed to design and offer users customized solutions to supply power and heat with the fuel of biogas.



Optimum Solutions for You

-New CHP units is designed to supply and reliable onsite energy with high efficiency, accordant with current emission standards, convenient to install and open type, soundproof type and containerized type are optional. The CHP products are suitable for all industries and fields, such as renewable gas/useable waste gas, distributed energy/waste heat utilization and oil field power.

Renewable gas/usable waste gas

-Biogas, landfill gas, sewage gas, coal mine gas, special gas (steel gas, wood gas and special processed gas) are available

-Replace fossil fuel

-Reduce the emission of CO₂ and NO_x, and lower SO₂ and dust emission to nearly zero.

-Long service intervals and low operation costs during its service life

Distributed energy and waste heat utilization(natural gas)

-Supply reliable energy in the distant area

-Meet local demand for electricity

-Avoid the loss during transportation

-Increase overall efficiency

Oil field power(associated gas)



Industry

Industry heating
Food, chemical and feed processing
Paper mill
Pharmacy
Woodware

Commercial

House/apartment/public heating
Hotel/conference center/airport/restaurant
Rest home/nursing home/hospital
Administration/municipal building
Supermarket/shop/commercial building
Sports center/school/parking lot
Indoor or outdoor swimming pool/holiday resort
Regional/centralized heating (large scale)
Community or street/refrigerated warehouse

Agriculture

Modern farm
Stock yard/hennery
Gardening center





BIODIGESTORES TROPICALIZADOS

AQUALIMPIA ENGINEERING e.K. Es una empresa alemana especializada en el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de biomasa y desechos orgánicos (producción de biogás y fertilizantes orgánicos) y saneamiento ambiental.

En los países tropicales no es recomendable construir el mismo tipo de biodigestores que se construyen en países de clima frío.

AQUALIMPIA ENGINEERING ha desarrollado un tipo de biodigestor tropicalizado apropiado para las condiciones climáticas, de espacio y materiales de construcción existentes en países de clima caliente.

Los biodigestores tropicalizados se diseñan de acuerdo a normas alemanas de dimensionamiento y seguridad.

El biodigestor tropicalizado tiene los siguientes componentes básicos:

- ◆ **BIODIGESTOR TIPO LAGUNA**
- ◆ **SISTEMA DE AGITACIÓN**
- ◆ **EXTRACCIÓN DE LODOS**
- ◆ **CONTROL DE PARAMETROS DE PROCESO**
- ◆ **TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA REDUCCION DE H₂S**





COMPONENTES DE UN BIODIGESTOR TROPICALIZADO

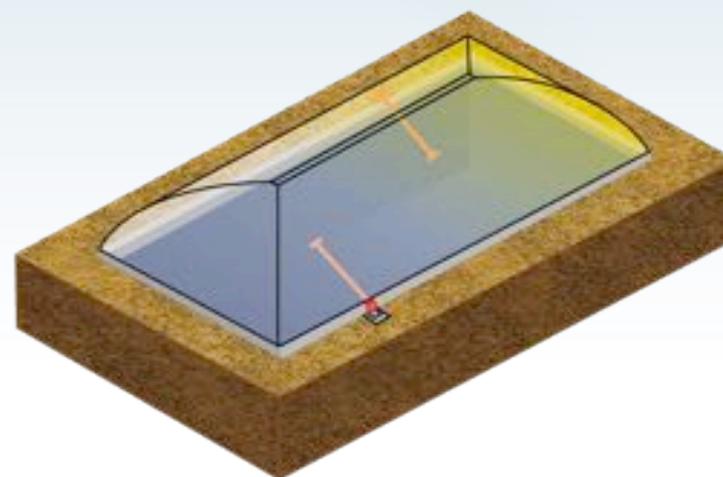
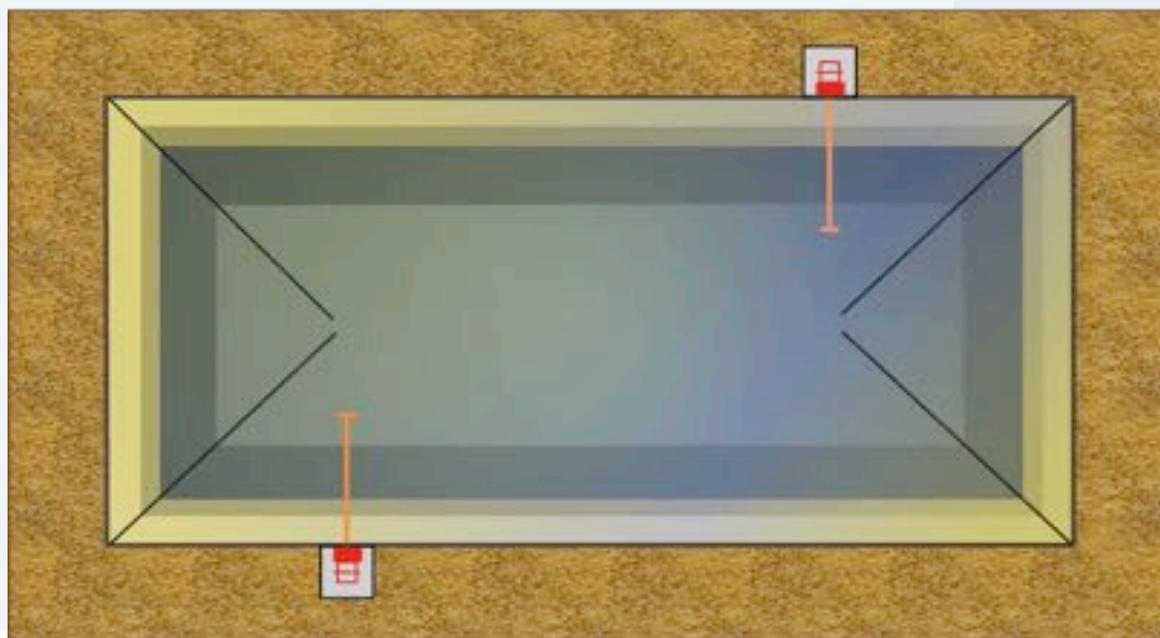
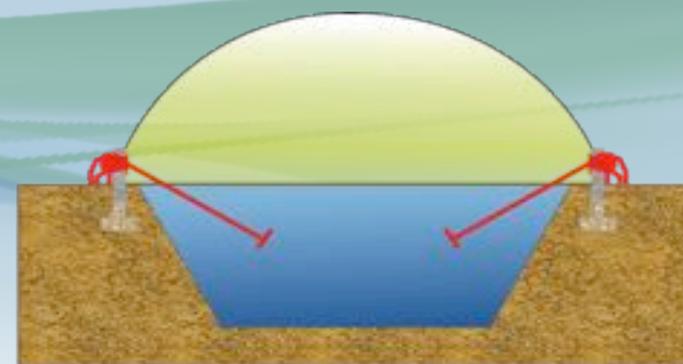
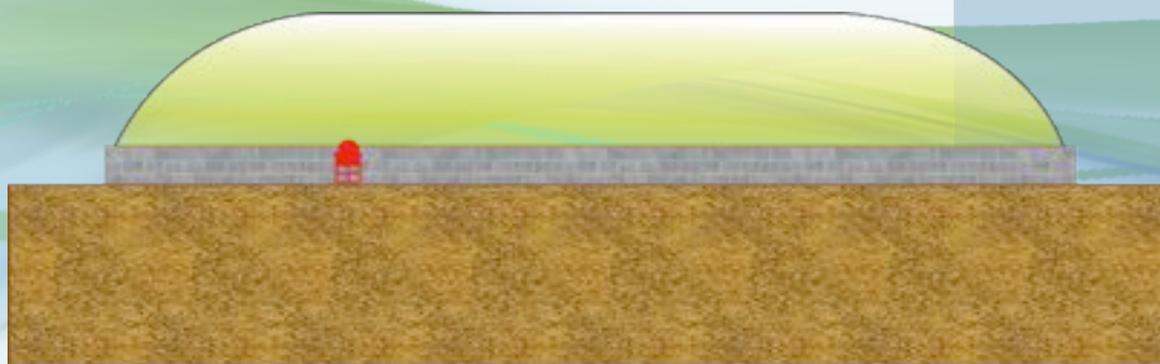
- ◆ Biodigestor tipo laguna semienterrada o enterrado. Fondo y cubierta de membrana flexible de caucho.
- ◆ Sistema de agitación para evitar la formación de costras y maximizar la producción de biogás.
- ◆ Sistema de extracción de lodos para evitar que el biodigestor se llene de lodos y se reduzca el volumen útil.
- ◆ Control de proceso para la medición y monitoreo de parámetros operativos como REDOX, pH, TEMPERATURA, FOS/TAC
- ◆ Laguna de descarga y extracción de lodos

BIODIGESTORES TROPICALIZADOS





DISEÑO CONCEPTUAL





SISTEMA DE AGITACIÓN





VENTAJAS DE LOS AGITADORES

- ◆ EVITAN LA FORMACIÓN DE COSTRAS
- ◆ MEJOR DEGRADACIÓN Y PRODUCCIÓN DE BIOGAS
- ◆ MEJOR DESPRENDIMIENTO DE LAS BURBUJAS DE BIOGAS
- ◆ BIOMASA MAS HOMOGENIZADA
- ◆ MEJOR DISTRIBUCIÓN DE CALOR AL INTERIOR DEL BIODIGESTOR

BIODIGESTOR SIN AGITACIÓN

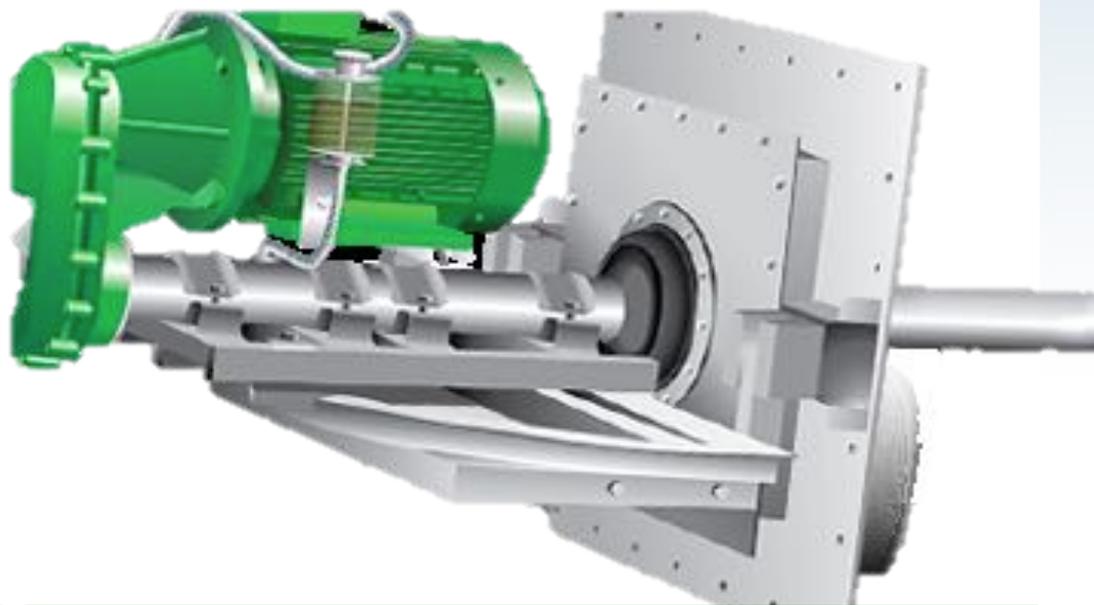
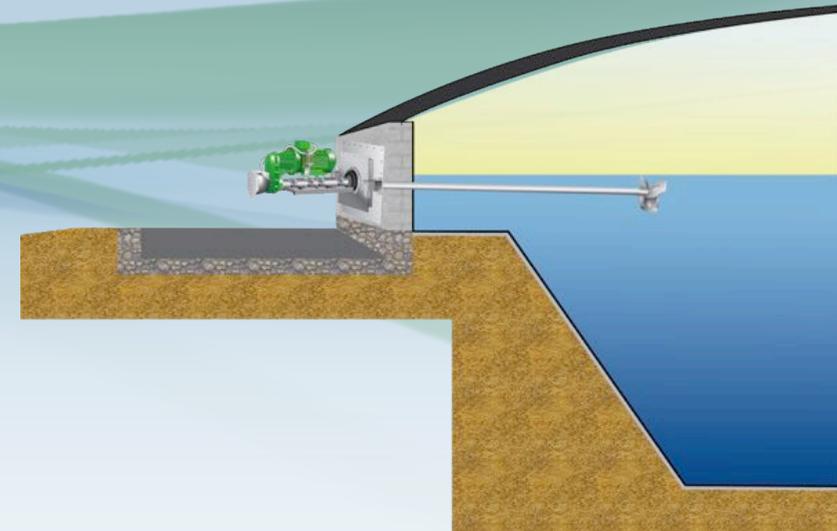
- ◆ FORMACIÓN DE COSTRAS
- ◆ BAJA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS





SISTEMAS DE AGITACIÓN PARA BIODIGESTORES

Los biodigestores tropicalizados de Aqualimpia Engineering tienen sistemas alemanes de agitación con potencias desde 1 kW hasta 100 kW.



Sistema de agitación



BOMBAS DE LODOS – EXTRACCIÓN DE SEDIMENTOS

Aqualimpia Engineering e.K. suministra e instala bombas alemanas para la extracción y recirculación de lodos en biodigestores. Se trata de bombas excéntricas de bajo caudal y baja carga hidráulica. Son bombas con un diámetro de succión de hasta 200 mm





VENTAJAS DE EXTRACCIÓN DE LODOS

- ◆ EVITAN LA REDUCCIÓN DE VOLUMEN DE BIODIGESTOR
- ◆ PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO
- ◆ EVITA LA COLMATACIÓN DEL BIODIGESTOR
- ◆ EVITA LA ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS

BOMBAS EN BIODIGESTOR





Tren de
calibración

Pozo de
bombas



VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN

Aqualimpia Engineering e.K. instala válvulas alemanas para el control de presiones máximas y de vacío en biodigestores y plantas depuradoras UASB.



Válvula de seguridad en reactor UASB en Venezuela



Válvula de seguridad en biodigestor en Venezuela



SENSORES PARA EL CONTROL DE PROCESO

Aqualimpia Engineering e.K. instala sensores para el control de proceso anaeróbico en biodigestores y plantas depuradoras UASB. Los sensores miden y controlan el pH, temperatura, redox, conductividad, oxígeno disuelto, etc.

Los sensores se fabrican a mano en una de las fábricas mas antiguas de mas prestigio y de alta precisión en ALEMANIA.

Estos equipos se instalan en todos los biodigestores que construye Aqualimpia Engineering.

Actualmente se han instalado sensores para el control de proceso en biodigestores construidos en **EL SALVADOR, HONDURAS, NICARAGUA y VENEZUELA.**





Control de
proceso



TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA
REDUCCIÓN DE H₂S.

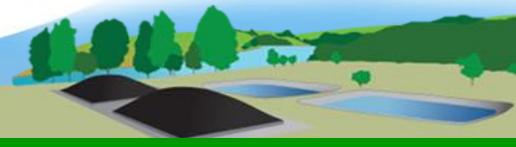
Reducción biológica en el biodigestor para la reducción
del sulfuro de hidrogeno



TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA
REDUCCIÓN DE H₂S.

Reducción biológica en filtros antes del aprovechamiento
de biogás en calderas o generadores





VENTAJAS DE LOS BIODIGESTORES AQUALIMPIA

- ◆ **CONSTRUIDOS CON ESTANDARES Y NORMAS ALEMANAS**
- ◆ **SEGUROS Y CONFIABLES (CONTROL DE PROCESO)**
- ◆ **NO SE COLMATAN**
- ◆ **PRODUCEN MAS BIOGÁS**
- ◆ **PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE ORGANICO**
- ◆ **PRODUCCIÓN CONFIABLE DE ENERGÍA**







SERVICIOS DE AQUALIMPIA ENGINEERING

- Estudios de factibilidad y diseño detallado para la construcción de biodigestores y plantas depuradoras.
- Aprovechamiento de lagunas de oxidación existentes para su transformación en biodigestores (suministro e instalación membranas de fondo y cubierta).
- Aprovechamiento del biogás para la producción de electricidad o en remplazo del bunker en calderas.
- Suministro e instalación de componentes y equipos para biodigestores y aprovechamiento del biogás (agitadores, generadores, antorchas, válvulas de seguridad, etc.).



www.aqualimpia.com
www.aql-software.com
www.aqualimpia.de
www.aqualimpia-engineering.com

✉ aqua@aqualimpia.com

📍 AquaLimpia Engineering e.k.
Niendorferstr. 53b
29525 Uelzen
Alemania

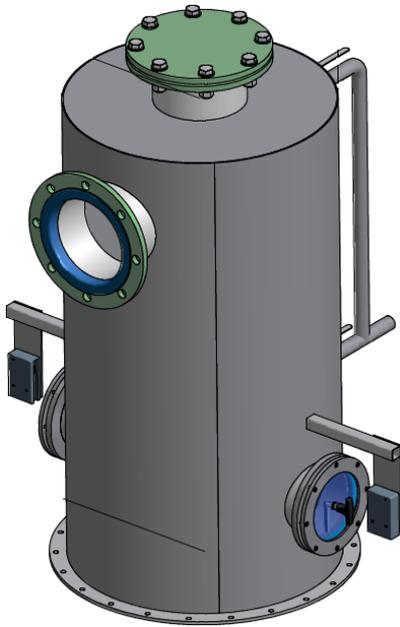
☎ Tel.:(00049) 581-3890550/2305522

OFICINAS / REPRESENTACIONES

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 📍 Alemania | 📍 El Salvador |
| 📍 Austria | 📍 Nicaragua |
| 📍 Ecuador | 📍 Bolivia |
| 📍 Honduras | 📍 Argentina |
| 📍 Brasil | 📍 Guatemala |



SEPARADOR DE ESPUMAS



- Detection and suppression of foam formation inside the gas take-off dome
- Prevents foam ingress into the gas system
- Foam return to the reactor chamber
- Integrated cleaning nozzles
- Optional fully automated equipment
- ATEX-compliant sensors
- Entirely made from 1.4571 stainless steel
- Connection option for positive/negative pressure

FOAM TRAP FOR GAS TAKE-OFF DOME

During the operation of fermentation vessels it is possible for foam to form (e.g. during mixing processes inside the reactor, charging of pressurised gas, disadvantageous composition of the sewage slurry, temperature effects, etc.). The modern foam trap facilitates the timely detection of the build-up of foam and the effective prevention of this foam entering the gas take-off system.

The interior of the foam trap is continually monitored by a photo-optical system. When the foam formed inside the gas chamber rises to the monitored section, this is immediately detected and the cleaning nozzles are

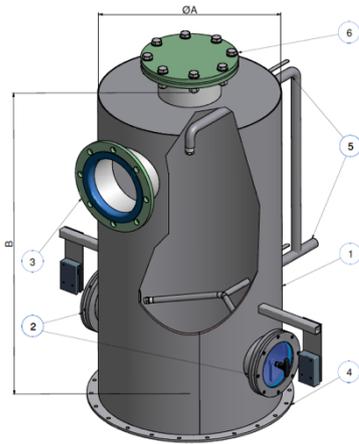
automatically activated. The foam in the foam trap is kept down by a spray veil preventing it from entering into the gas pipeline system. The suppressed foam falls directly back into the reactor chamber.

The foam trap is available in different specifications (basic specification, semi and fully automatic as well as incl. signal output to a control system).

The foam traps are entirely made from 1.4571 stainless steel and fitted with high-quality components/fittings.

APPLICATIONS AND SPECIFICATIONS

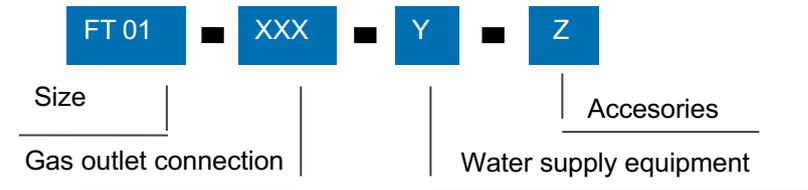
- Gas purification by removal of solid particles and condensate vapours
- Filtration rating: $\geq 8 \mu\text{m}$
- Optionally available with differential pressure gauging, water level indication and condensate drainage



1. Foam trap body
2. Sight glasses with light barrier sensors
3. Gas outlet pipeline
4. Connection to gas take-off dome
5. Free flange connection

Model size	Diameter	Height	Flow rate	Gas connection
	A in mm	B in mm	Nm ³ /h	DN
AQL 01	306	800	< 200	80
AQL 02	506	1000	200-400	125
AQL 03	606	1200	400-750	200
AQL 04	955	1400	750-1200	250

TYPE SPECIFICATION



Y Basic) __basic specification water connections and ball valve
mv) __incl.magnetic valve for automatic water supply supply
auto) __incl. magnetic valve and controller

Z 0 __blank lid
1 __mechanical pressure relief valve
2 __mechanical pressure and vacuum relief valve