UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

PROYECTO DE UN BIODIGESTOR PARA VIVIENDA RURAL

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en CONSTRUCCIÓN

Alumnos:

Esteban Andrés Chamorro Carrasco

Diego Alfonso Echeverria Echeverria

Profesor guía:
Sr. Sergio Monroy Morales

2018

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, hermanos/as, parejas e hija por su apoyo constante e incondicional que nos brindan cada día, son nuestra fuente de motivación y uno de los pilares fundamentales de nuestras vidas.

Agradecer a los docentes del departamento de Construcción y Prevención de Riegos de nuestra querida Universidad Técnica Federico Santa María, en especial a nuestro profesor guía Sergio Monroy Morales y a los profesores Patricio y Fernando, quienes fueron de gran ayuda en este último proceso.

RESUMEN DEL PROYECTO

Esta propuesta pretende lograr conocer los distintos tipos de biodigestores, en el cual se eligió un biodigestor que fuera el más adecuado para una vivienda rural, ubicada en la comuna de Hualqui. Además, hacer un cálculo estimativo de los cilindros de GLP que necesita esta vivienda según la cantidad de artefactos que posea y por las normas que establece la SEC.

También conocer la demanda que se necesita de biogás según los artefactos de la vivienda y calcular si la cantidad de animales que se disponen, pueden cubrir la necesidad que se requiere de consumo real de biogás, siguiendo los pasos del “Manual de Biogás”.

Por último, evaluar el presupuesto del biodigestor propuesto conociendo el valor de los materiales y herramientas que se necesitaran para la construcción de este; Elaborar un flujo de caja para el gasto anual del gas licuado y del biodigestor, acción realizada para conocer el más conveniente en el abastecimiento de gas, además de observar el porcentaje de ahorro y el tiempo en que se recuperaría la inversión.

INDICE

INTRODUCCION **1**
FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA **2**
JUSTIFICACION DEL PROYECTO **3**
OBJETIVOS **4**
OBJETIVO GENERAL: 4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 4
METODOLOGIA **5**
MARCO TEORICO **6**
DEFINICION GAS 6
DEFINICION BIOGAS 7
DEFINICION BIODIGESTOR 8
DEFINICION DIGESTION ANAERÓBICA 9
DEFINICION BIOMASA 10
MARCO NORMATIVO **11**
CAPITULO 1: **12**
TIPOS DE BIODIGESTORES, VOLUMEN DE BIOGÁS Y PODER CALORÍFICO DE LOS PURINES **12**
1.1 RESEÑA HISTÓRICA 13
1.2 BIODIGESTOR 15
Características del biodigestor 15
1.3 CLASIFICACION DE BIODIGESTORES, SEGÚN SU CONSUMO 15
Consumo Continuo 16
Consumo Semi-continuo 16
Consumo Discontinuo o régimen estacionario 17
1.4 TIPOS DE BIODIGESTRORES, SEGÚN SU CONSUMO 17
Biodigestores de consumo continuo 17
Bidigestor doe consumo discontinuo o estacionario 20

Biodigestores de consumo semi-continuo 22
1.5 CONSIDERACIONES AL INSTALAR UN BIODIGESTORES 28
Lugar de instalación general de un biodigestor 28
Instalación solo para biodigestores industriales 28
Criterios al instalar un biodigestor 29
1.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS PURINES DE ANIMAL 30
Características generales de los purines 31
Clases de los sustratos orgánicos 31
1.7 VOLUMEN Y PODER CALORÍFICO DEL BIOGÁS 33
1.8 RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO DE LAS MATERIAS PRIMAS 34
CAPITULO 2: 36
ESTIMACION DEL CONSUMO DE GAS EN VIVIENDA RURAL UBICADA EN CAMINO EL ÁGUILA, PARCELA LA RICONADA, HUALQUI 36
2.1 DATOS DE LA VIVIENDA 37
2.2 ANIMALES A DISPOSICIÓN 39
2.3 PURINES DE LOS ANIMALES 40
2.4 ESTIMACION DEL CONSUMO DE CILINDROS DE GAS LICUADO 41
2.5 TABLAS DE CÁLCULO DE CILINDRO GLP 41
Potencia Aproximada de los Artefactos Domésticos para Gas, de Uso Común 41
Razón de Vaporización 42
Clasificación de los Consumidores según la Superficie Construida de la Vivienda 42
Consumo diario (kW/día) según clase de artefactos. Nivel de consumo y temperatura de cálculo 43
Temperatura ambiente: Localidad 44
Calculo de número de cilindros 45
2.6 TABLAS DE CÁLCULO PARA BIOGÁS 47
2.7 ESTIMACIÓN REAL DE BIOGÁS 49
CAPITULO 3: 50
PROPUESTA DE BIODIGESTOR MÁS PERTINENTE PARA VIVIENDA RURAL CAMINO EL ÁGUILA, PARCELA LA RICONADA, HUALQUI 50
3.1 PROPUESTA DE BIODIGESTOR 51
¿Por qué esta propuesta? 51

3.2 BIODIGESTOR DE ESTRUCTURA FLEXIBLE 52
3.3 COMPONENTES PRINCIPALES 52
Instalación 53
Mantenimiento 54
Ventajas del biodigestor 54
Desventajas: 54
3.4 CONSIDERACIONES CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTOR 55
3.5 PROCEDIMIENTO 56
3.6 PROTECCIONES PARA EL BIODIGESTOR 60
3.7 MATERIALES 61
3.8 HERRAMIENTAS 65
CAPITULO 4: 66
EVALUACION ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO Y EL AHORRO QUE CONLLEVA PARA LA VIVIENDA 66
4.1 PRESUPUESTO 67
4.2 FLUJO DE CAJA 68
Porcentaje de Equivalencia 69
CONCLUSIÓN 70
BIBLIOGRAFIA 71
LINKS 71

INTRODUCCION

Abastecerse de elementos esenciales en zonas rurales o de pocos recursos es necesario para el diario vivir, como por ejemplo alimentos, vestimenta, agua, gas, luz, entre otras cosas. Es por esto que es necesario trabajar o rodearse con animales de granja, ya sea ovinos, porcinos, bovinos, equinos, aves, etc. que proveen una gran cantidad en algunos de estos recursos que son importantes para poder continuar cómodamente el día a día sin necesidades.

Además de que los animales proporcionan alimentos o vestimentas, también pueden ofrecer gas y luz eléctrica mediante sus heces o purines; El biodigestor es una innovación creada por el hombre para deshacerse del estiércol fructuosamente y producir biogás, esto se logra mediante un proceso químico anaeróbico que ocurre en el interior de este.

A continuación, se investigará el proceso de producción de biogás a partir de las heces de animal; elaborando una amplia búsqueda de los tipos de biodigestores que existen, ya sean continuos, discontinuos o semi-continuos, luego se formulara una estimación de consumo de GLP de una vivienda rural que tiene a disposición animales de granja, y así proponer uno de estos anteriores biodigestores, para poder lograr la cantidad de producción de biogás necesaria para la vivienda.

Al elegir adecuadamente la propuesta, se continuará a la construcción de esta analizando detalladamente los caracteres económicos, como presupuestos y flujos de cajas; por si es conveniente y fructífero elaborar este biodigestor o seguir utilizando el gas licuado comercial.

FORMULACION GENERAL DEL PROBLEMA

En la actualidad, el consumo de combustibles fósiles, en Chile, aumentó considerablemente en los últimos 20 años, de acuerdo con un informe señalado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Uno de estos combustibles fósiles es el petróleo, materia prima para la elaboración del gas licuado; su consumo ha sido demasiado excesivo provocando el agotamiento de la elaboración de este gas; logrando así una rebaja en la producción y un alza en el costo en la comercialización del GLP para el país y sus regiones, sobre todo para las localidades rurales.

En base a lo anterior, es de vital importancia poder generar energías renovable no convencionales, para el consumo de gas. En las zonas rurales hay gran cantidad y variedad de animales, así se pueden encontrar bovinos, ovinos, porcinos, cabríos y equinos. Que son utilizados en las grandes industrias lecheras, ganaderas y que también son usados por pequeños agricultores para su uso diario.

Estos animales, ya sea un bovino o un porcino pueden llegar a producir alrededor 20 Kg de estiércol y orina al día. Estos desechos atraen plagas como roedores y moscas, además de malos olores que afectan el entorno, generando molestias y enfermedades, así como también pueden provocar multas o clausuras en los casos de las industrias.

Es por esto que se elaboran métodos para el abastecimiento de gas sin depender del gas licuado comercial, además de deshacerse de los purines de estos animales; estos métodos son los biodigestores, unos contenedores herméticamente sellados sin oxígeno que producen biogás a base de las heces de animal mediante un proceso químico que se crea con agua; el biogás producido puede ser utilizado para generar electricidad o calor para los procesos de producción de las empresas transformando y efectuando un cambio de residuos contaminantes por energías limpias y sustentables. (Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, 2018, http://www.minenergia.cl)

JUSTIFICACION DEL PROYECTO

En los últimos años la actual crisis energética por causa del agotamiento de los combustibles fósiles ha cobrado gran interés por nuevas propuestas sustentables como por ejemplo la de un biodigestor, debido a su bajo costo de su implementación, su sencilla construcción, su fácil manejo, cuidado y disposición de los residuos orgánicos.

Esta propuesta, para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en zonas rurales se considera una alternativa para que las actividades antrópicas desarrolladas en este sector, como la ganadería, se realicen de manera sostenible y que el sector reincorpore la materia orgánica generada por los animales en forma de combustible limpio y sostenible, como el biogás.

Con este biocombustible se puede lograr un manejo responsable y eficiente con los residuos, ya que con la digestión anaeróbica de las heces de animal que se genera en el biodigestor al recibir estos desechos, se procesa por bacterias que descomponen los purines generando el biogás.

El biogás producido por 36 bovinos puede generar 180 kWh al mes, energía para abastecer mensualmente el consumo eléctrico de una casa, esto según el tamaño del plantel, ya que los grandes ganados de las industrias generan suficiente electricidad o calor para los procesos de producción de estas mismas empresas transformando los contaminantes en energía sustentable, y así obteniendo ganancias extras en el proceso.

Los digestatos, residuos tras la producción del biogás, son perfectos fertilizantes, que aplicados en las praderas o cultivos mejoran su crecimiento sin dejar malos olores.

La propuesta pretende lograr una evaluación técnica y económica, sobre la implementación de un biodigestor en una zona rural, con el fin de sustituir el gas licuado, por combustibles de energía limpia y renovable como el biogás; el resultado, planteles limpios, una comunidad a salvo de contaminación alguna y ahorros o ingresos extras para las empresas ganaderas del país. (Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, 2018, http://www.minenergia.cl)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Elaborar una propuesta técnica y económica de un biodigestor para una vivienda rural en la comuna de Hualqui.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Señalar de los distintos tipos de biodigestores, volumen de biogás y poder calorífico de los purines de animal.

- Estimar el consumo de gas de una vivienda rural ubicada en Camino El águila, parcela la riconada, Hualqui.

- Proponer un diseño de biodigestor que sea el más pertinente para la vivienda ubicada en la comuna de Hualqui.

- Evaluar económicamente la construcción de la propuesta dada y el ahorro que conlleva esta para la vivienda.

METODOLOGIA

- Consultar en libros con información viable de diferentes temas de biodigestores y rescatar las ideas en las que nos desarrollaremos.

- Investigar en sitios web con contenidos verídicos que nos ayuden a entender más del tema.

- Estudio de caso en un campo, averiguando datos específicos de una vivienda rural en la comuna de hualqui para proponer un biodigestor.

MARCO TEORICO

DEFINICION GAS:

Es una mezcla de gases hidrocarburos y no hidrocarburos, que se generan naturalmente y que se encuentran en formaciones geológicas porosas bajo la superficie de la tierra, a menudo asociada con petróleo. Su constituyente principal es el metano (CH4). (Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2018, http://www.sec.cl)

Conjunto de átomos o moléculas que se mueven libremente sin interacciones, que produce presión debido a los choques con las paredes del recipiente que lo contiene. (Químico Germán Fernández, 2010, http://www.quimicafisica.com)

Fluido que tiende a expandirse indefinidamente y que se caracteriza por su pequeña densidad, como el aire. (Diccionario de la lengua española, 2018, real academia española (RAE)).

FIGURA 1

DEFINICION BIOGAS:

Gas obtenido por procesos de digestión anaeróbica de materia orgánica, cuyos componentes principales son metano (CH4), y dióxido de carbono (CO2), con presencia de otros componentes tales como nitrógeno (N2), oxígeno (O2), ácido sulfhídrico (H2S), vapor de agua y otros en menor proporción. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2018, http://www.sec.cl)

El biogás es una mezcla de gases producto de la descomposición microbiológica que se puede encontrar, habitualmente, en la superficie de pozos o lagunas con deposición de desechos orgánicos (por ejemplo: hojas de árboles, plantas o restos de origen animal) durante meses o años. (Ministerio de Agricultura (INDAP), 2014-2018, https://www.goredelosrios.cl)

Es un gas rico en metano producido de la descomposición de la materia orgánica en un medio exento de aire generado por la actividad microbiana, fundamentalmente bacterias anaeróbicas. (Claudio Matta Morales Ing. Porf. UTFSM, 2013-2018, Manual digestores y biogás usm editorial).

Gas obtenido por la degradación anaerobia de residuos orgánicos mediante bacterias, que se puede utilizar como combustible. (Diccionario de la lengua española, 2018, real academia española (RAE)).

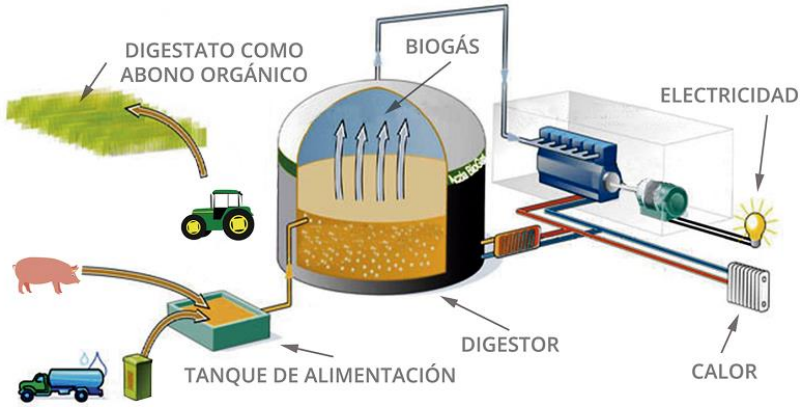

FIGURA 2

DEFINICION BIODIGESTOR:

Un digestor de desechos orgánicos o biodigestor es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales, etcétera) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2018, http://www.sec.cl)

Un biodigestor es un estanque o contenedor cerrado, hermético e impermeable (también llamado Reactor), dentro del cual se deposita el sustrato (material orgánico a fermentar como excrementos de humanos y animales, purines, hojas, pasto, frutas y desechos vegetales) agregando agua a la mezcla. (Ministerio de Agricultura (INDAP), 2014-2018, https://www.goredelosrios.cl)

Contenedor en el que se produce la degradación anaeróbica de la materia orgánica, conocido también como digestor, reactor o fermentador. (Univ. de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Depto. de Ing. Mecánica, 2010-2018, http://repositorio.uchile.cl).

FIGURA 3

FIGURA 4

DEFINICION DIGESTION ANAERÓBICA:

Corresponde a una transformación bioquímica, donde microorganismos, a través de reacciones metabólicas, llevan a cabo en una atmósfera anóxica, la destrucción molecular que libera metano y dióxido de carbono como principales productos. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2018, https://www.4echile.cl).

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (e.g. H2 O2). (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), 2018, http://www.fao.org).

La digestión aeróbica consiste en procesos realizados por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular. (Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, 2018, Manual de Biogás)

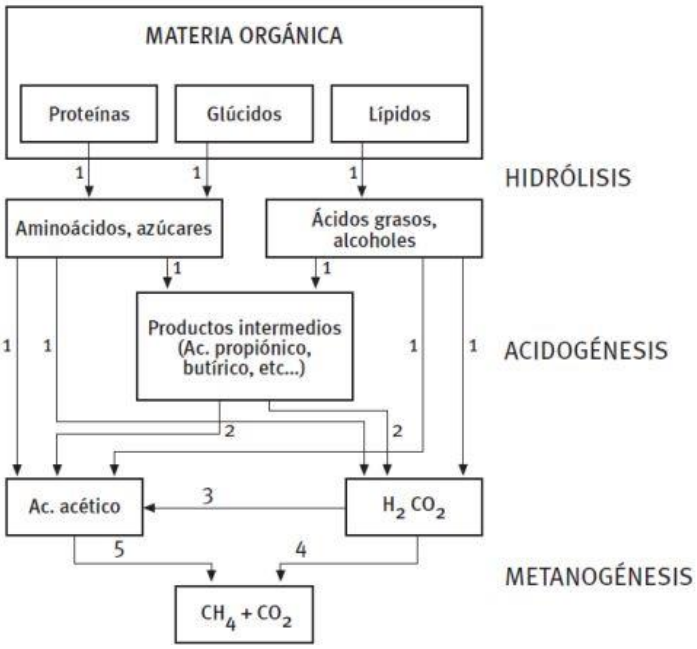

FIGURA 5

DEFINICION BIOMASA:

La biomasa es materia orgánica utilizada como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza.

En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de las industrias.

La valoración de la biomasa puede hacerse a través de cuatro procesos básicos mediante los que puede transformarse en calor y electricidad: combustión, digestión anaerobia, gasificación y pirólisis. (Asociación de Empresas de Energías Renovables, 2018, https://www.appa.es/appa-biomasa)

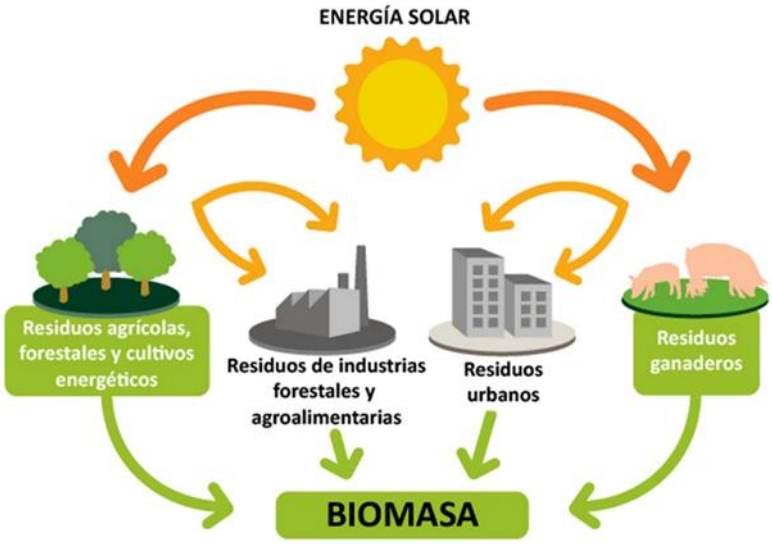

FIGURA 6

MARCO NORMATIVO

Actualmente no existe normativa que señale explícitamente el deber de tratar los purines, sin embargo, su acumulación y disposición puede provocar daños a los suelos o los cursos superficiales y subterráneos, con lo cual se infringen algunas normas de la legislación chilena, esto incentiva indirectamente a que las empresas agropecuarias implementen algún sistema de tratamiento para tratarlos. A continuación, se describen las principales normas y decretos relacionados con esta actividad.

- ***Decreto Ley Nº 3.557 de 1980 del Ministerio de Agricultura***, que establece Disposiciones sobre Protección del Suelo, Agua y Aire. Este decreto establece los requerimientos que deben tener los envases de fertilizantes que son utilizados en la agricultura.

- ***Ley 19.300 "Bases Generales del Medio Ambiente***". Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Diario Oficial, 09.04.94. La Ley de Bases del medio ambiente reconoce el derecho de las personas de vivir en un ambiente libre de contaminación, por lo que cualquier tipo de empresa debe respetar el derecho de las personas, incluyendo las pequeñas y medianas empresas, evitando la contaminación y degradación del medio ambiente.

- ***Decreto Supremo Nº 30 de 1997*** del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

CAPITULO 1:

TIPOS DE BIODIGESTORES, VOLUMEN DE BIOGÁS Y PODER CALORÍFICO DE LOS PURINES

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

A final del siglo XVIII el físico italiano Alessandro Volta (Figura 7) identificó por primera vez el metano (CH4) como el gas inflamable en las burbujas que emergían de los pantanos, no se pudo imaginar la importancia que este gas podría llegar a tener para la sociedad humana en los siglos venideros.

FIGURA 7

El metano alcanzó una especial importancia durante la segunda guerra mundial debido a la escasez de combustibles. Con el fin de la guerra y la fácil disponibilidad de combustibles fósiles, la mayoría de las instalaciones fueron cesando en su funcionamiento. Sin embargo, en India, a comienzos de la década de los 60, se impulsó notablemente la tecnología de producción de biogás a partir de estiércol bovino con el doble propósito del aprovechamiento energético y la obtención de un biofertilizante.

En China, a inicios de la década de los 70, se ha fomentado la construcción de digestores (Figura 8 y Figura 9), mediante programas de ámbito nacional. En los países industrializados la historia de la tecnología de biodigestión ha sido diferente y el desarrollo

ha respondido más bien a motivaciones medioambientales que puramente energéticas, constituyendo un método clásico de estabilización de lodos activos de las plantas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias.

Durante la década de los ochenta, volvió a adquirir cierta importancia como forma de recuperación energética en explotaciones agropecuarias y agroindustriales.

FIGURA 8

FIGURA 9

1.2 BIODIGESTOR

Un biodigestor de desechos orgánicos o biodigestor es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales, etcétera) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2018, http://www.sec.cl)

Características del biodigestor:

Para que un digestor de residuos orgánicos opere en forma correcta, deberá reunir las siguientes características:

- Ser hermético con el fin de evitar la entrada de aire, el que interfiere con la digestión anaeróbica y a la vez, impedir las fugas del biogás producido.
- Estar térmicamente aislado para evitar cambios bruscos de temperatura, lo que usualmente se consigue construyéndolos enterrados.
- Aun no siendo en recipiente de alta presión, el contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad.
- Contar con medios para efectuar la carga y descarga del sistema.
- Tener acceso para el mantenimiento.
- Contar con un medio para romper las natas o costras que se forman.

1.3 CLASIFICACION DE BIODIGESTORES, SEGÚN SU CONSUMO

Los biodigestores varían ampliamente de acuerdo con su complejidad y utilización. Los más sencillos caen dentro de la clasificación de digestores discontinuos o de cargas por lotes y los más complejos se caracterizan por poseer dispositivos que permiten alimentarlos, proporcionándoles calefacción y agitación. Resulta conveniente clasificarlos según su modo de operación con relación a su alimentación o carga en los siguientes tipos:

Consumo Continuo: Cuando la alimentación del digestor es un proceso ininterrumpido, el efluente que descarga es igual al afluente o material de carga (que entra al digestor), con producciones de biogás, uniformes en el tiempo. Son utilizados principalmente para el tratamiento de aguas negras. Corresponde a plantas de gran capacidad, tipo industrial, en la que se emplean equipos comerciales para alimentarlos, proporcionándoles calefacción y agitación, así como para su control. Dado que se genera una gran cantidad de biogás, habitualmente, éste se aprovecha en aplicaciones industriales.

FIGURA 10

Consumo Semi-continuo: Cuando la primera carga que se introduce al digestor consta de una gran cantidad de materias primas. Posteriormente, se agregan volúmenes de nuevas cargas de materias primas (afluente), calculados en función del tiempo de retención hidráulico (TRH) y del volumen total del digestor. Se descarga el efluente regularmente en la misma cantidad del afluente que se incorporó. Este proceso es usado en el medio rural, cuando se trata de sistemas pequeños para uso doméstico. Los diseños más populares son el digestor indio y chino.

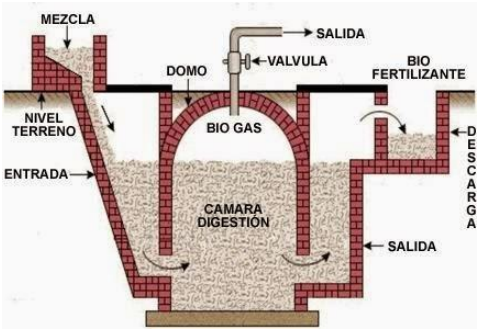

FIGURA 11

Consumo Discontinuo o régimen estacionario: Los digestores se cargan con las materias primas en una sola carga o lote. Después de un cierto período de fermentación, cuando el contenido de materias primas disminuye y el rendimiento de biogás decae a un bajo nivel, se vacían los digestores por completo y se alimentan de nuevo dando inicio a un nuevo proceso de fermentación. Esto se conoce también como digestores Batch o Batelada.

FIGURA 12

1.4 TIPOS DE BIODIGESTRORES, SEGÚN SU CONSUMO

Biodigestores de consumo continuo

Biodigestor de laguna cubierta: El esquema general de una planta de biogás con un digestor de laguna cubierta (ver figura 13). Tal como su nombre lo indica, consiste en una excavación en el suelo en forma de laguna, la cual se protege con una membrana, generalmente de PVC (ver figura 14). Después del llenado completo de la laguna con la mezcla (agua y estiércol), se procede a cubrirla con dicha membrana.

Está cubierta permite la captura de biogás que se produce durante la descomposición de la materia orgánica, por lo general estiércol de porcinos o vacunos. Para la cubierta (donde se almacena el biogás) se deben utilizar membranas de material elongable y resistente a los rayos UV. (Moncayo Romero, 2013) recomienda utilizar membranas de caucho EPDM (etileno, propileno, dieno, monómer), como las AQFlex fabricadas por el Grupo AquaLimpia, y no utilizar membranas de PVC o de HDPE porque su tiempo de vida es de

pocos años. Esto debido a que el PVC no es resistente a los rayos UV y es permeable al biogás, y las membranas de HDPE, además de no resistir los rayos UV, no son flexibles y cuando se estiran se alargan y no regresan a su estado normal, por lo que se debilitan y rajan.

Estos dos materiales deben usarse solo en el fondo de los digestores. De acuerdo con Tauseef, Premalatha, Abbasi, & Abbasi (2013), los digestores de lagunas cubiertas trabajan mejor con estiércol líquido con sólidos totales menores al 2%. Ellos también afirman que, debido a que la tasa de producción de metano en estos digestores depende de la temperatura ambiente, éstos no son productores eficientes de biogás en climas fríos. Sin embargo, son menos costosos que otros tipos de digestores y son efectivos reduciendo olores, aún en climas fríos. La exigencia de una gran superficie de tierra y pobres procesos de control son los principales inconvenientes de estos digestores.

FIGURA 13

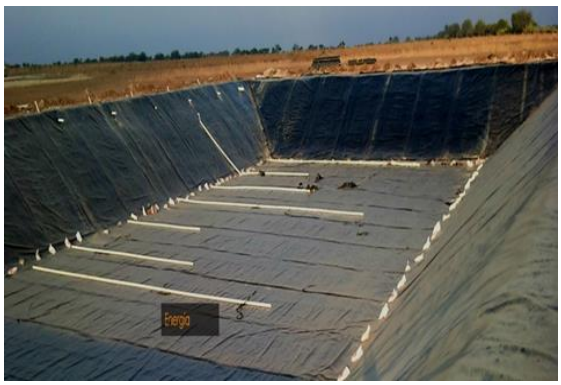

FIGURA 14

Biodigestor con tanque de almacenamiento: Otro tipo de planta de producción de biogás que ha logrado disminuir los costos hasta 30% con respecto a los prototipos tradicionales, es la que se caracteriza por tener una estructura semiesférica de polietileno de película delgada en sustitución de la campana móvil y la cúpula fija y un tanque de almacenamiento de piedra y ladrillo como los empleados en los prototipos tradicionales.

Este tipo de instalación posee a su favor que resulta más económica que los sistemas tradicionales; por ejemplo, una instalación de 4 m3 de estructura de polietileno flexible puede llegar a alcanzar hasta diez años de vida útil.

FIGURA 15

Digestor de flujo pistón: Este tipo de reactor es el más sencillo de todas las tecnologías de digestión anaerobias, por lo que su coste de construcción y operación es notablemente menor. Tienen una geometría alargada donde la mezcla circula en “flujo pistón o tapón” (ver figura 16). Básicamente consiste en un túnel largo o cámara rectangular en mampostería u hormigón armado donde la mezcla fluye de un extremo al otro, con una cubierta estanca al aire. A veces este digestor tiene forma de U, con la entrada y la salida en el mismo extremo. La cubierta

superior puede ser fija, construida mediante una bóveda de ladrillos, o mediante una losa en hormigón armado. También se puede colocar una cubierta flexible, utilizando alguna geo membrana (por ejemplo, polietileno de alta densidad PEAD), lo suficientemente durable y que no presente fugas.

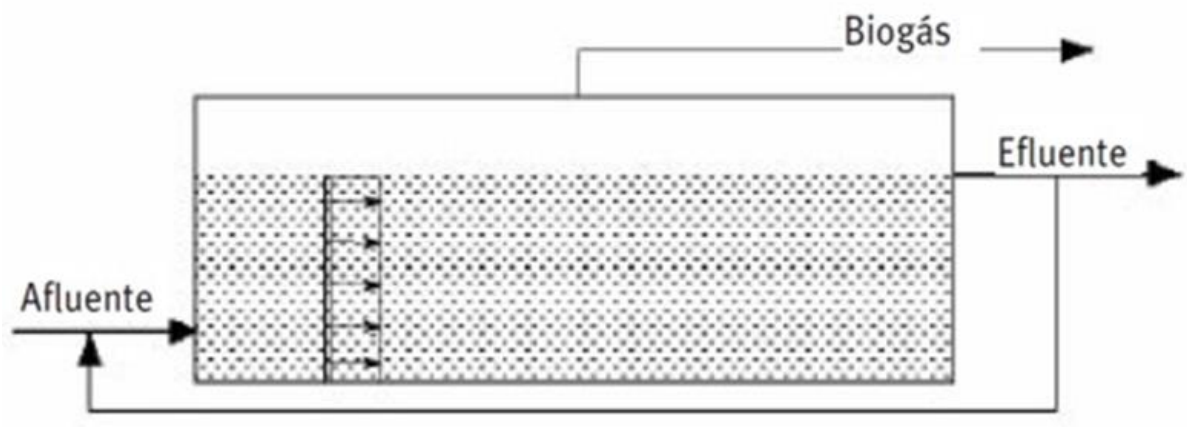

FIGURA 16

Biodigestor de consumo discontinuo o estacionario

Es el más simple ya que consiste básicamente en un tanque de proceso, en el que una vez que se añade la mezcla de residuos se espera el tiempo de retención para que, luego de finalizada la reacción cuando se ha degradado la totalidad de la materia orgánica y ya no se produce biogás, se retira el efluente (se vacía completamente) y se procede a añadir material nuevamente. De acuerdo con (Flotats, Campos, & Bonmatí, 1997) en este tipo de digestores el concepto de tiempo de retención no tiene sentido, sino que se habla de tiempo de digestión. Se pueden cargar una vez en forma total o por intervalos durante varios días. Para conseguir una producción de biogás cercana a la continuidad deben combinarse varios reactores

discontinuos con puestas en marcha intercaladas, de esta manera cuando se acaba la producción de biogás en un reactor se puede conectar a otro.

Este modelo es adecuado cuando existen limitaciones operativas como la falta de personal, o cuando la materia orgánica no existe en forma continua. Su ventaja es que puede procesar gran variedad de sustratos que, aunque tengan tierra u otro inerte mezclado, no entorpecerán la operación del biodigestor, además de no requerir prácticamente ninguna atención diaria. Estos reactores han sido aplicados para la digestión anaeróbica de residuos con una alta concentración de sólidos, como los residuos de ganado vacuno con cama de paja, que dificultarían la adopción de sistemas de bombeo. Sin embargo, su desventaja es que su carga y descarga requiere de un considerable y paciente trabajo (Moncayo Romero, 2013). Además, la ausencia de sistemas de 61 agitación y mezclado disminuye la completa digestión anaerobia de los sustratos introducidos. En la figura 17 se presenta una fotografía de un biodigestor discontinuo cilíndrico horizontal.

FIGURA 17

Biodigestores de consumo semi-continuo

Pozos sépticos: Es el más antiguo y sencillo digestor anaerobio que se conoce, utilizado normalmente para la disposición de aguas residuales domésticas. Se cree que de allí deriva el uso potencial de los gases producidos por la fermentación anaeróbica, para el uso doméstico.

Para la correcta operación de estos pozos es requisito indispensable aislar las aguas servidas que caen en él, de las que contienen jabón o detergentes. El efecto de los jabones y en especial los detergentes, inhibe la acción metabólica de las bacterias, razón por la que los pozos se colmatan con rapidez y dejan de operar, haciendo necesario destaparlos frecuentemente para recomenzar la operación.

Cuando no es posible separar las aguas negras de las jabonosas, como en el alcantarillado urbano, es necesario hacer un tratamiento químico con Polímetros a esta agua a fin de solucionar el problema antes de iniciar la fermentación anaeróbica.

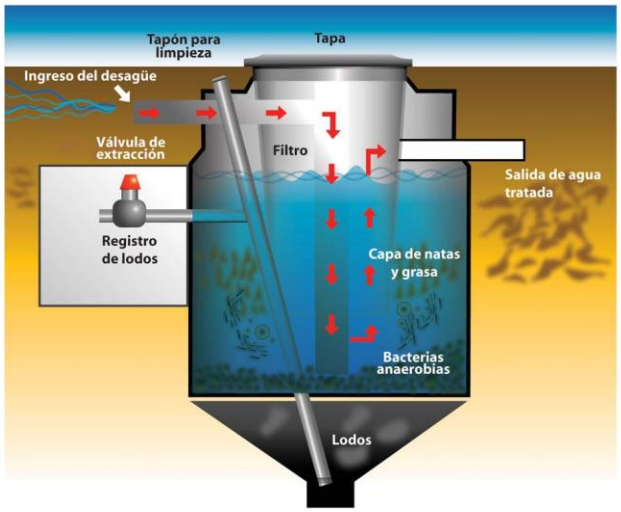

FIGURA 18

Biodigestor de estructura flexible (Biodigestor de polietileno): La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto motivó a ingenieros en la Provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos. Inicialmente se usaron nylon y neopreno, pero ellos demostraron ser relativamente costoso. Un desarrollo mayor en los años 70 era combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio producto llamado "el barro rojo PVC."

Esto fue reemplazado después por polietileno menos costoso que es ahora el material más comúnmente usado en América Latina, Asia y África. Desde 1986, el Centro para la Investigación en Sistemas Sustentables de Producción Agrícola (CIPAV), ha estado recomendando biodigestores de plástico económico como la tecnología apropiada por hacer mejor uso de excrementos del ganado, reduciendo la presión así en otros recursos naturales.

En este digestor el gas se acumula en la parte superior de la bolsa, parcialmente llena con Biomasa en fermentación; la bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja, pues no se puede exceder la presión de trabajo de la misma.

FIGURA 19

Biodigestor del domo flotante (India): Este biodigestor consiste en un tambor, originalmente hecho de acero, pero después reemplazado por fibra de vidrio reforzado en plástico (FRP) para superar el problema de corrosión. Normalmente se construye la pared del reactor y fondo de ladrillo, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón. Se entrampa el gas producido bajo una tapa flotante que sube y se cae en una guía central. La presión del gas disponible normalmente varía entre 4 a 8 cm. de columna de agua. El reactor se alimenta (semi-continuamente) a través de una tubería de entrada. Este modelo se observa en la figura 20.

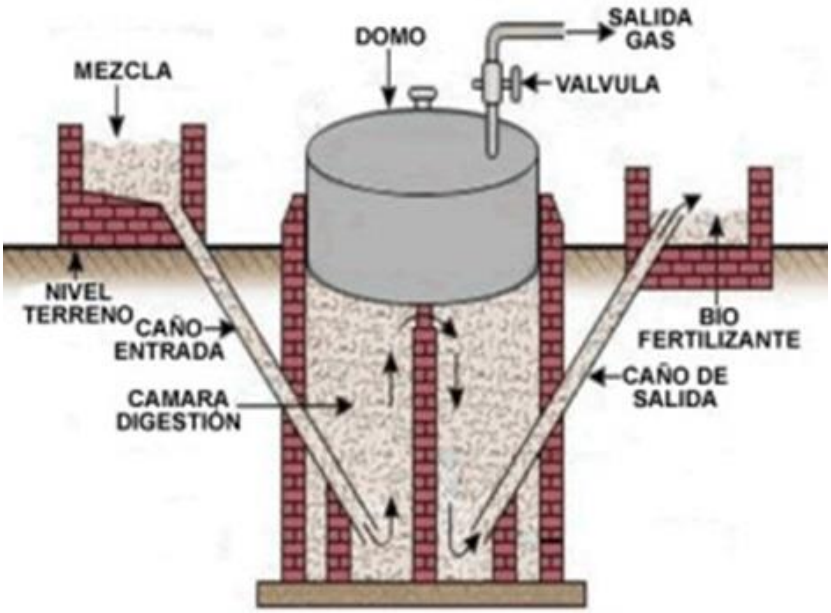

FIGURA 20

Biodigestor de domo fijo (China): Consiste en una firme cámara de gas construida de ladrillos, piedra u hormigón. La tapa y la base son semiesferas y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas para hacerlo firme. Hay un tapón de inspección en la cima del digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo con presiones entre 1[m] y 1.5 [m] de columna de agua. Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la forma semiesférica. Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de biodigestor. Más de cinco millones de biodigestores se han construido en China y ha estado funcionando correctamente, pero, la tecnología no ha sido popular fuera de este país.

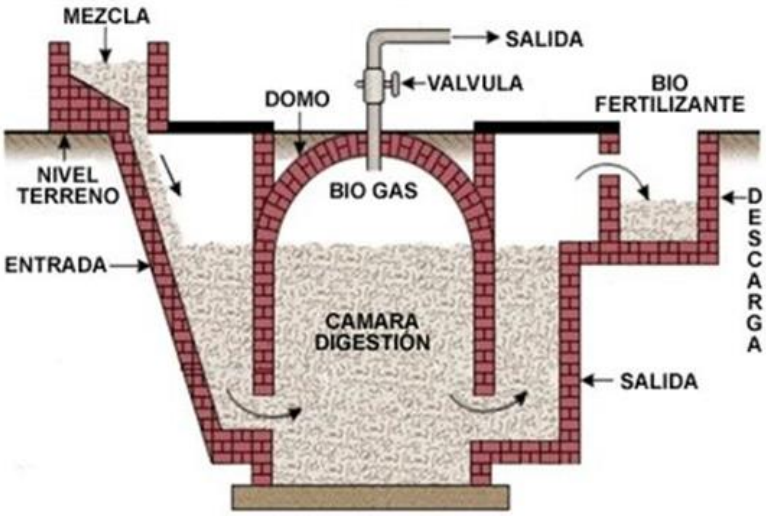

FIGURA 21

Biodigestores Horizontales: Estos digestores se construyen generalmente enterrados, son poco profundos y alargados, semejando un canal, con relaciones de largo a ancho de 5:1 hasta 8:1 y sección transversal circular, cuadrada o en "V". Se operan a régimen semi continuo, entrando la carga por un extremo del digestor y saliendo los lodos por el extremo opuesto. La cúpula puede ser rígida o de algún material flexible que no presente fugas de gas y que resista las condiciones de la intemperie.

Este tipo de digestores se recomiendan cuando se requiere trabajar con volúmenes mayores de 15 m3, para los cuales, la excavación de un pozo vertical comienza a resultar muy problemática.

FIGURA 22

Biodigestor artesanal: Biodigestor de carácter domestico continuo, utilizado en viviendas pequeñas con poca cantidad de animales (de 2 a 4), permitiendo abastecer con ningún problema el hogar con suficiente biogás para utilizarlo para cocinar y/o la calefacción.

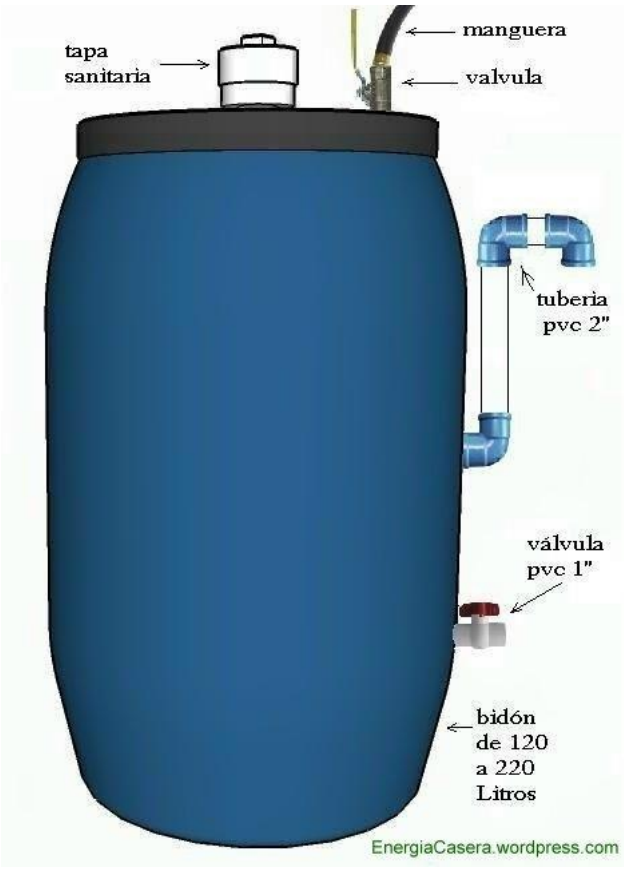

FIGURA 23

1.5 CONSIDERACIONES AL INSTALAR UN BIODIGESTORES

Lugar de instalación general de un biodigestor

La elección del sitio donde se ubicará el digestor es de gran importancia pues incidirá en el éxito o fracaso de la operación del sistema. Hay que tener en cuenta las siguientes premisas para escoger el lugar adecuado:

- Debe estar cerca del lugar donde se consumirá el gas, pues las tuberías son caras y las presiones obtenibles no permiten el transporte a distancias mayores de 30 metros.
- Se debe encontrar cerca del lugar donde se recogen los desperdicios para evitar el acarreo que tarde o temprano atentará contra una operación correcta del biodigestor, e implicara mayores costos.
- Debe estar en un lugar cercano al de almacenamiento del efluente y con una pendiente adecuada para facilitar el transporte y salida del mismo.
- Debe estar a por lo menos 10 – 15 metros de cualquier fuente de agua para evitar posibles contaminaciones.
- Debe ubicarse preferentemente protegido de vientos fríos y donde se mantenga relativamente estable la temperatura, tratando de que reciba el máximo de energía solar.

Instalación solo para biodigestores industriales

Las instalaciones industriales de producción de biogás emplean tanques de metal que sirven para almacenar la materia orgánica y el biogás por separado.

Este tipo de planta, debido al gran volumen de materia orgánica que necesita para garantizar la producción de biogás y la cantidad de biofertilizante que se obtiene, se diseña con grandes estanques de recolección y almacenamiento construidos de ladrillo u hormigón.

Con el objetivo de lograr su mejor funcionamiento se usan sistemas de bombeo para mover el material orgánico de los estanques de recolección hacia los biodigestores, y el

biofertilizante de los digestores hacia los tanques de almacenamiento. También se utilizan sistemas de compresión en los tanques de almacenamiento de biogás con vistas a lograr que éste llegue hasta el último consumidor.

Para evitar los malos olores se usan filtros que separan el gas sulfhídrico del biogás, además de utilizarse válvulas de corte y seguridad y tuberías para unir todo el sistema y hacerlo funcionar según las normas para este tipo de instalación.

La tendencia mundial en el desarrollo de los biodigestores es lograr disminuir los costos y aumentar la vida útil de estas instalaciones, con el objetivo de llegar a la mayor cantidad de usuarios de esta tecnología.

Criterios al instalar un biodigestor

Esta decisión debe tomarse teniendo en cuenta algunos criterios tales como:

- Inversión que se está dispuesto a realizar.
- Energía que se quiere obtener.
- La biomasa con que se cuenta para alimentar el digestor.
- El tamaño requerido del digestor
- Las características del lugar en cuanto a profundidad del nivel freático o mantos rocosos.

FIGURA 24

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS PURINES DE ANIMAL

Llamamos purín a una mezcla heterogénea formada por las deyecciones sólidas y líquidas de los animales, unido a restos de materiales utilizados en su alimentación y, dependiendo de situaciones particulares, agua procedente de los abrevaderos, aguas pluviales, aguas de limpieza, efluentes de ensilados, etc.

El purín incluye en su composición una serie de elementos válidos para la nutrición vegetal por lo que, gestionando correctamente su manejo, se tienen las oportunidades de alimentar a nuestros cultivos, disminuir la dependencia de compras fertilizantes exteriores a la explotación y reciclar un residuo de la actividad ganadera minimizando su impacto ambiental. En definitiva, la gestión correcta de este residuo, hará transitar a las explotaciones hacia una producción más sostenible.

FIGURA 25

Características generales de los purines

Materia prima	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Celulosa hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Ceniza (%)
Bovino	3,23	9,05	32,49	35,57	19,66
Porcino	11,50	10,95	32,39	21,49	23,67
Aves	2,84	9,56	50,55	19,82	17,23
Equino	2,70	5,00	40,50	35,00	17,80
Ovino	6,30	3,75	32,00	32,00	25,95
Caprino	2,90	4,70	34,00	33,00	26,40

Tabla N°1: Composición química de diversos residuos de origen animal (Manual del Biogás).

Materia prima	C (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	CaO (%)	MgO (%)
Bovino	17,4 – 40,6	0,3 – 2,0	0,1 – 1,5	0,10	0,35	0,13
Porcino	17,4 – 46,0	1,1 – 2,5	0,4 – 4,6	0,30	0,09	0,10
Caprino	35,0 – 50,0	1,0 – 2,0	2,0 – 1,5	2,30		
Equino	35,0 – 52,0	0,3 – 0,8	0,4 – 1,6	0,35	0,15	0,12
Ovino	35,0 – 46,0	0,3 – 0,6	0,3 – 1,0	0,15	0,33	
Conejos	23,0 – 35,0	1,0 – 1,9	0,9 – 1,8	2,10	0,45	0,15
Aves	28,0 – 35,0	1,4 – 2,0	2,0 – 2,8	1,40	0,80	0,48
Patos	29,0 – 41,0	0,6 – 0,8	1,0 – 1,5	0,40	0,80	
Pavos	17,4 – 41,0	0,6 – 0,8	0,5 – 0,8	1,10	0,80	
Humanas	2,5	0,8 – 1,0	0,5	0,30		

Tabla N°2: Rango de niveles de nutrientes en diversos residuos de origen animal (Manual del Biogás).

Clases de los sustratos orgánicos

En términos generales, se pueden clasificar los sustratos en cuatro clases en función de su apariencia física, nivel de dilución, grado de concentración y características cuantitativas, como el porcentaje de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y demanda química de oxígeno (DQO), como puede apreciarse en la siguiente tabla.

- Los **sustratos de clase 1** pueden degradarse eficientemente en digestores tipo Batch o por lotes.
- Los **sustratos de la clase 2** son degradados de manera eficiente en digestores mezcla completa de operación continua.
- Por presentar una dilución mayor y en consecuencia una DQO menor, los **sustratos de clase 3** deben tratarse con digestores de alta eficiencia, como los de filtro anaerobio.
- En cuanto a los **sustratos de clase 4**, debido a su alto contenido de DQO deben ser degradados en digestores aerobios intensivos para mayor eficiencia.

Características	**Clase**	**Tipo de sustrato**	**Características cuantitativas**
Solido	1	Basura domestica	>20 % ST 40 – 70 % Fracción Orgánica
		Estiércol solido	
		Restos de cosechas	
Lodo altamente contaminado, alta viscosidad	2	Heces Animales	100 – 150 g/l DQO 5% - 10% ST 4% - 8% SV
Fluidos con alto contenido de solidos suspendidos (SS)	3	Heces Animales de cría y levante diluido con agua de lavado	3 – 17 g/l DQO 1 – 2 g/l SS
		Aguas residuales de mataderos	
Fluidos muy contaminados, sólidos en suspensión	4	Aguas residuales de agroindustrias	5 – 18 g/l DQO
		Aguas negras	4 – 500 g/l DQO

Tabla N°3 Clasificación de sustratos para la digestión anaeróbica (Manual del Biogás)

1.7 VOLUMEN Y PODER CALORÍFICO DEL BIOGÁS

El estiércol genera gases, además del problema físico que representa la suciedad en los pastizales, el estiércol no enterrado es un foco de contaminación ambiental.

Un bovino puede cubrir casi 0.67 m2 de suelo con estiércol por día. Si se multiplica por 365 días se tendría aproximadamente 250 m2 de suelo sucio de estiércol al año, suficiente materia orgánica para abastecerse de biogás, que tiene un poder calorífico de 5500 Kcal/m3, un tanto menos que el gas natural que tiene 9300 Kcal/m3.

Estos purines liberan variados gases, siendo el 80% de nitrógeno que se pierde como amoniaco (NH3) que se volatiliza. Otro gas que también se pierde desde el estiércol es el metano (CH4). Dicho anteriormente, un kilo de estiércol de vacuno puede producir entre 37 a 170 ml de gas metano, durante un periodo de 10 a 18 días, lo que puede considerarse poco, a diferencia de los 250 a 500 litros por día que puede producir cada bobino como producto de su digestión.

Estiércol	**Disponibilidad Kg/día***	**Relación C/N**	**Volumen de biogás**	
			m^3/kg húmedo	m^3/día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Tabla N°4 Producción de biogás por tipo de residuo animal (Manual del Biogás).

* El dato se refiere a la cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto.

1.8 RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO DE LAS MATERIAS PRIMAS

Materiales	% C	% N	C/N
Residuos animales			
Bovinos	**30**	**1.30**	**25:1**
Equinos	**40**	**0.80**	**50:1**
Ovinos	**35**	**1.00**	**35:1**
Porcinos	**25**	**1.50**	**16:1**
Caprinos	**40**	**1.00**	**40:1**
Conejos	**35**	**1.50**	**23:1**
Gallinas	**35**	**1.50**	**23:1**
Patos	**38**	**0.80**	**47:1**
Pavos	**35**	**0.70**	**50:1**
Excretas humanas	**2.5**	**0.85**	**3:1**

Tabla N°5 Valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno de algunos residuos de animal disponibles en el medio rural (Manual del Biogás).

El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1.

La descomposición de materiales con alto contenido de carbono, superior a 35:1, ocurre más lentamente, porque la multiplicación y desarrollo de bacterias es bajo, por la falta de nitrógeno, pero el período de producción de biogás es más prolongado. En cambio, con una relación C/N menor de 8:1 se inhibe la actividad bacteriana debido a la formación de un excesivo contenido de amonio, el cual en grandes cantidades es tóxico e inhibe el proceso.

En términos generales, se considera que una relación C/N óptima que debe tener el material “fresco o crudo” que se utilice para iniciar la digestión anaeróbica, es de 30 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir, C/N = 30/1. Por lo tanto, cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptimas.

CAPITULO 2:

ESTIMACION DEL CONSUMO DE GAS EN VIVIENDA RURAL UBICADA EN CAMINO EL ÁGUILA, PARCELA LA RICONADA, HUALQUI

2.1 DATOS DE LA VIVIENDA

- **Dirección:** Camino El águila, parcela la riconada, Hualqui.
- **Coordenadas:** Latitud: -36.9606667 / Longitud: -72.93925
- **Propietario:** Sr. Miguel Ángel González Jerez

Localidad Vista Aérea (Google Maps):

FIGURA 26

Entrada Parcela Rinconada:

FIGURA 27

Domicilio:

FIGURA 28

2.2 ANIMALES A DISPOSICIÓN

En el lugar físico en el que se desarrollara este trabajo de título, para analizar y cumplir con todos los objetivos ya nombrados anteriormente; hay a disposición 12 bovinos (vacas) para la producción de biogás con sus purines o desechos orgánicos.

Bovinos:

FIGURA 29

FIGURA 30

FIGURA 31

2.3 PURINES DE LOS ANIMALES

FIGURA 32

FIGURA 33

FIGURA 34

2.4 ESTIMACION DEL CONSUMO DE CILINDROS DE GAS LICUADO

Artefactos de consumo de gas:

- 1 Cocina a gas
- 1 Calefón 10 lt

2.5 TABLAS DE CÁLCULO DE CILINDRO GLP

Potencia Aproximada de los Artefactos Domésticos para Gas, de Uso Común

Artefacto	Consumo Térmico Nominal	
	(Mcal/h)	(kW)
Cocina	8	9,3
Encimera	4	4,7
Horno	5	5,8
Calefón :		
- 5 (l/min)	11	13
- 10 (l/min)	20	23
- 13 (l/min)	26	30
- 16 (l/min)	30	35
Termo :		
- 130 (l)	9	10,5
- 200 (l)	9	10,5
- 260 (l)	12	14
- 330 (l)	12	14
Estufa :		
- Mural chica.	3	3,5
- Mural grande.	5	5,8
- Ambiental.	12	14
Secadora de ropa	17	20

Tabla N°6

Razón de Vaporización

Razón de Vaporización, según:

- Tipo de cilindro: de 15 kg o 45 kg
- Temperatura ambiente: Localidad
- Frecuencia del consumo:

  Intermitente: Domestico

  Continuo: Industrial o Comercial

Temperatura de cálculo (°C)	Cilindro tipo 45 (kW/h)		Cilindro tipo 15 (kW/h)	
	Consumo Intermitente	Consumo Continuo	Consumo Intermitente	Consumo Continuo
15	44	38	20	17
10	41	35	19	16
5	37	31	17	14
0	34	28	16	13
- 5	30	24	15	12
- 10	28	21	14	10
- 15	23	16	12	8
- 20	17	10	9	6

Tabla N°7

Clasificación de los Consumidores según la Superficie Construida de la Vivienda

Superficie construida	Nivel de consumo
Bajo 50 (m^2)	Bajo
Desde 50 (m^2) a 75 (m^2)	Medio
Sobre 75 (m^2)	Alto

Tabla N°8

Consumo diario (kW/día) según clase de artefactos. Nivel de consumo y temperatura de cálculo.

Artefacto	Nivel	Temperaturas de cálculo en (°C)						
		10	5	0	-5	-10	-15	-20
Estufa	Bajo	1,7	3,5	7,0	10,5	14,0	17,4	20,9
	Medio	3,5	10,5	20,9	31,4	41,9	52,3	62,8
	Alto	3,5	14,0	27,9	41,9	55,8	69,8	83,7
Calefón	Bajo	2,3	3,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
	Medio	7,0	10,5	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
	Alto	7,0	14,0	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
Cocina	Bajo	3,5	4,6	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
	Medio	4,6	5,8	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Alto	7,0	8,1	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
Calefón y Cocina	Bajo	5,8	8,1	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
	Medio	11,6	16,3	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
	Alto	14,0	25,7	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2
Estufa, Calefón y Cocina	Bajo	7,6	11,6	17,4	20,9	24,4	27,9	31,4
	Medio	15,1	26,7	41,9	52,3	62,8	73,3	83,7
	Alto	17,4	36,0	58,2	72,1	86,1	100,0	114,0
2 Calefón y una Cocina	Medio	15,1	21,5	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9
	Alto	17,4	29,1	40,7	40,7	40,7	40,7	40,7
Estufa, 2 Calefón y Cocina	Medio	18,6	32,0	48,8	59,3	69,8	80,2	90,7
	Alto	20,9	43,0	68,6	96,1	96,5	110,5	124,4
2 Estufa, Calefón y Cocina	Medio	16,9	32,0	52,3	68,0	83,7	99,4	108,2
	Alto	19,2	43,0	72,1	93,0	114,0	134,9	155,8
2 Estufa, 2 Calefón y Cocina	Medio	20,4	37,2	59,3	75,0	90,7	106,4	115,1
	Alto	22,7	50,0	82,6	103,5	124,4	145,4	166,3

Tabla N°9

Temperatura ambiente: Localidad

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Chillán	0	La Cisterna	5
El Bosque	5	La Florida	5
El Monte	5	La Granja	5
El Teniente	- 15	La Pintana	5
Estación Central	5	La Reina	0
Farellones	- 20	La Serena	5
Huara	10	Lampa	5
Huasco	10	Las Condes	0
Huechuraba	5	Lebu	0
Illapel	5	Linares	0
Independencia	5	Lo Barnechea	0
Iquique	10	Lo Espejo	5
Isla Juan Fernández	10	Lo Prado	5
Isla de Maipo	5	Lonquimay	-15
Isla de Pascua	10	Los Andes	0

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Quintero	0	Talca	0
Rancagua	0	Taltal	10
Recoleta	5	Tocopilla	10
Refresco	10	Tomé	0
Renca	5	Talcahuano	0
San Antonio	5	Talagante	5
San Bernardo	5	Til - Til	5
San Felipe	5	Valdivia	0
San Joaquín	5	Valparaíso	5
San José de Maipo	0	Vallenar	5
San Miguel	5	Vicuña	5
San Pedro (Stgo.)	5	Viña del Mar	5
San Ramón	5	Vitacura	0
Santiago	5		

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Los Vilos	5	Pirque	0
Macul	0	Pisagua	10
Maipú	5	Potrerillos	- 15
Malloco	5	Pozo Almonte	10
María Pinto	5	Providencia	5
María Elena	10	Pudahuel	5
Melipilla	5	Pueblo Hundido	5
Ñuñoa	5	Puente Alto	0
Ovalle	5	Puerto Montt	0
Paine	5	Puerto Natales	- 5
Pedro Aguirre Cerda	5	Punta Arenas	- 5
Peñaflor	5	Quilicura	5
Peñalolen	0	Quillagua	10
Pichilemu	5	Quinta Normal	5

Comunas de:	Temperatura de cálculo °C	Comunas de:	Temperatura de cálculo °C
Ancud	- 5	Cerrillos	5
Antofagasta	10	Cerro Navia	5
Arauco	0	Colina	5
Arica	10	Combarbalá	5
Aysen	- 5	Concepción	0
Balmaceda	- 20	Conchalí	5
Baquedano	10	Constitución	5
Batuco	5	Copiapó	5
Buin	5	Coquimbo	5
Calama	- 5	Coronel	0
Caldera	10	Coyhaique	5
Calera de Tango	5	Curacaví	5
Castro	- 5	Curicó	0
Catalina	10	Chanco	5
Cauquenes	0	Chañaral	10

Tabla N°10

Calculo de número de cilindros

<u>Razón de vaporización</u>

N°= PIT/ RV

ARTEFACTOS	**PIT MCAL/H**
COCINA	8
CALEFON 10 LTS	20

Total, PIT= 28 Mcal/h = 24.07 KW/H

RV= Temperatura de cálculo= 0°C

Consumo= Intermitente

Cilindro= 15 KG

RV = 16 KG/ H

$$N^{o} = \frac{PIT}{RV} = \frac{24{,}07\ KW/H}{16\ KW/H}$$

N°= 1,5 Cilindros

N°= 2 Cilindro

N°=Cantidad de cilindros

PIT=Potencia total de artefactos

RV= Razón de vaporización

<u>Por consumo diario</u>

Artefactos: Cocina + Calefón 10 lts.

Superficie de vivienda: 65 mts^2

Localidad: Hualqui, Concepción; T°= 0°

Nivel de Consumo: Medio

Tipo cilindro: 15 Kg

N = Cantidad de cilindros, se aproxima al entero superior.

Cd = Consumo diario, de acuerdo a la citada Tabla XVII.

20 = Período estimado para el reemplazo de cilindros, en días.

13,96 = Poder calorífico del Propano, (kW/kg).

P = Contenido del cilindro, (kg).

$$N° = \frac{CD * 20 \text{ días}}{13{,}96 * \text{tipo cilindro “p”}} = \frac{20.9 \text{ KW/día} * 20 \text{ días}}{13.96 * 15 \text{ Kg}} = 1.996 \text{ cilindros}$$

N°= 2 cilindro

- ***Se requieren instalar 4 cilindros, dos de servicio y dos de reserva.***

2.6 TABLAS DE CÁLCULO PARA BIOGÁS

Estiércol	Disponibilidad Kg/día	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m3/kg húmedo	m3/día/año
Bovino (500 kg)	**10.00**	**25:1**	**0.04**	0.400
Porcino (50 kg)	**2.25**	**13:1**	**0.06**	0.135
Aves (2 kg)	**0.18**	**19:1**	**0.08**	0.014
Ovino (32 kg)	**1.50**	**35:1**	**0.05**	0.075
Caprino (50 kg)	**2.00**	**40:1**	**0.05**	0.100
Equino (450 kg)	**10.00**	**50:1**	**0.04**	0.400
Conejo (3 kg)	**0.35**	**13:1**	**0.06**	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Tabla 11: Producción de biogás por tipo de residuo animal (Manual del Biogás)

Fermentación	Mínimo	Óptimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psicrofilica	**4-10 °C**	**15-18°C**	**20-25°C**	Sobre 100 días
Mesofilica	**15-20 °C**	**25-35°C**	**35-45°C**	30-60 días
Termofilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Tabla 12: Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica. (Manual de Biogás)

	Cocina a biogás	**Consumo biogás: 0,20 - 0,42m3/hr**
	Calentador de agua	**Consumo de biogás: 2,2 m3/hr** **Presión ingreso del agua: 0,025 – 0,8MPa** **Presión de gas requerida: 1,6KPa**

Tabla 13: Principales equipos para consumo de biogás. (Manual de Biogás)

Tipo animal	**Estiércol: agua**
Bovino	**1:1**
Porcino	**1:3**
Aves	**1:3**

Tabla 14: Razón Kg Estiércol : Litros de agua

2.7 ESTIMACIÓN REAL DE BIOGÁS

Calculo para una familia de 4 personas (manual de biogás ministerio de energía de chile)

DEMANDA

ARTEFACTOS	CONSUMO BIOGAS	M3/DIA
COCINA	0.3 M3/H/DIA X 2 HRS USO	0.6 M3/ DIA
CALEFON 10 LTS	2.2 M3/H/DIA X 1.5 HRS USO	3.3 M3/DIA
	TOTAL	3.9 M3/DIA

PRODUCCION DEL BIOGAS

N° Animales = 12
Tipo Animal = Bovino
Kilo De Estiércol = 10 Kg/Día
Volumen De Biogás = 1 Kg = 0.04 M3/Día

12 Animales * 10kg Estiércol = 120 Kg Estiércol

120 Kg Estiércol = X M3/Biogás/Día
1 Kg Estierco = 0.04 M3/Día

VOLUMEN BIOGÁS= 4.8 M3/Día

VOLUMEN DEL BIODIGESTOR

VOLUMEN BIODIGESTOR= (KG DE ESTIÉRCOL+ KG DE AGUA) * TR

Mezcla razón 1:1 según tabla manual de biogás ministerio de energía chile

TR= Tiempo de retención que demora la según tabla de manual de biogás varía entre 30 a 60 días

VOLUMEN DE BIO DIGESTOR= (120 KG ESTIERCOL+120 KG AGUA) * 30
240 LTS * 30
7200 LTS
7.2 M3

VOLUMEN DE CAMARA DE FERMENTACION

VCF= VD (75%-80%)
VCF=7.2 M3 X (75%)
VCF=5.54 M3

CAPITULO 3:

PROPUESTA DE BIODIGESTOR MÁS PERTINENTE PARA VIVIENDA RURAL CAMINO EL ÁGUILA, PARCELA LA RICONADA, HUALQUI

3.1 PROPUESTA DE BIODIGESTOR

¿Por qué esta propuesta?

Se propone el Biodigestor de estructura flexible, por las condiciones que posee la vivienda estudiada en la comuna de Hualqui, que cumple con los requisitos para lograr el proyecto deseado; como teniendo a su disposición una pequeña cantidad de animales y una reducida implementación de artefactos de consumo de gas. También, por la fácil construcción y adquisición de materiales y herramientas, además de la sencillez al momento de la instalación en la vivienda, logrando conectarse y abastecer de gas a los artefactos hogareños.

Este biodigestor cumple con todos los requisitos para la producción de biogás, mediante a una comparación con los cálculos provistos por el Manual de Biogás, se consiguió comprobar que al calcular el volumen de biogás que producen las heces de los 12 bovinos, si abastece la demanda que requieren los artefactos a disposición; pero, cuyo volumen de biodigestor sea el indicado según matemáticamente, calculo que si logra la propuesta dada teniendo el volumen del contenedor perfecto para mantener la producción de biogás suministrado por los purines de bovinos.

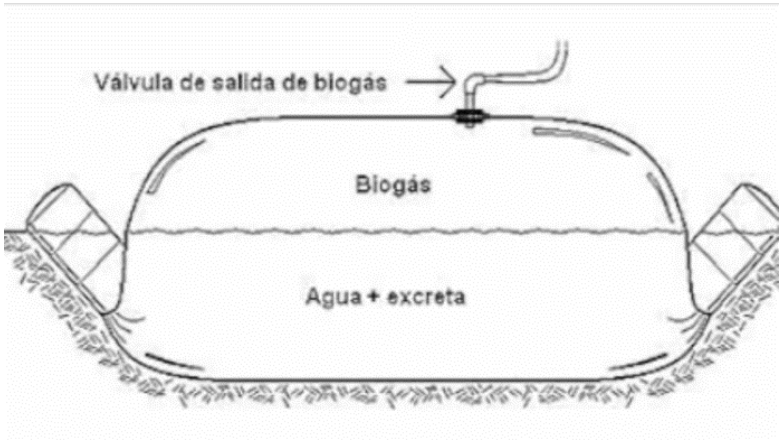

FIGURA 35

3.2 BIODIGESTOR DE ESTRUCTURA FLEXIBLE

La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto motivó a ingenieros en la Provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos y común mente más usado en América latina como es el polietileno.

En este digestor el gas se acumula en la parte superior de la bolsa, parcialmente llena con Biomasa en fermentación; la bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja, pues no se puede exceder la presión de trabajo de la misma.

3.3 COMPONENTES PRINCIPALES

Tubo de admisión: es un tubo de plástico de 20 a 30 cm de diámetro, que debe usarse para la admisión de desechos y debe sumergirse en los residuos al menos a 15 cm de profundidad, lo cual previene el escape del metano, es necesario utilizar un pozo para limpiar le material celulítico antes de ingresar al biodigestor, porque este puede obstruir con facilidad la entrada de este.

Fermentador y bolsa de almacenamiento: este es el principal componente del biodigestor y la bolsa de almacenamiento está en la parte superior del biodigestor. El tamaño del fermentador depende de la cantidad de desechos a fermentar por 0.3 m3, pero este no debe ser muy grande, si la cantidad de desechos a tratar en elevada se pueden conectar cámaras múltiples por medio del tubo plástico este sistema posee una mayor área superficial es muy eficiente, su limitante es que puede resultar muy costoso. Es deseable que el biodigestor este aislado y cuente con un dispositivo de calentamiento y de agitación. Un mecanismo bueno sería la construcción de una pared de tierra en la parte norte del biodigestor para prevenir el enfriamiento a causa de los vientos, en el lado sur un colector solar simple para la calefacción esto con el fin de mantener la temperatura del fermentador constante. La bolsa de almacenamiento de gas puede incorporarse al digestor o estar independiente y puede instalarse cerca de la cocina.

Tubo del afluente: el diámetro del tubo debe ser de 4 a 6 pulgadas de material de plástico, este se localiza por debajo del tubo de entrada en el lado opuesto del digestor, el tubo del afluente también debe ser sumergido a 15 cm de profundidad del fermentador para prevenir el escape del gas, se debe mantener el flujo constante.

Tubo de metano: este tubo se ubica en la parte de la bolsa de almacenamiento de metano, este tubo debe tener 2 pulgadas de diámetro y se usa para transportar el biogás a su lugar de uso, el tubo posee una salida que está sumergida en agua y que drena la humedad condensada.

Dispositivo de seguridad: este se utiliza para prevenir la ruptura del fermentador debido a presiones altas de la fermentación anaeróbica de los desechos. Consiste en una botella de al menos 10 cm de profundidad insertada el tubo de salida, cuando la presión del digestor es mayor a la del agua, se libera el biogás.

Tubo de limpieza: el lodo que se sedimenta en el fondo del biodigestor debe ser removido cada dos años, la tubería sirve para evacuar estos lodos por mecanismos como bombeo, se pueden disponer cuando el biodigestor es muy largo de un tubo en un extremo del biodigestor y otro tubo en la mitad del mismo.

Instalación

Lo primero que se debe hacer es preparar un foso que debe ser un poco más grande que el biodigestor, luego se procede a instalar el biodigestor y los tubos de admisión y de afluentes. Después de tres o cuatro días se llena el foso con agua, se descargan los desechos de animales, el agua que rodea el digestor puede ayudarle a expandirse completamente y disminuye la tensión que ejerce en los tubos de entrada y de salida. Dependiendo de la época del año en la que se haga la instalación el proceso de fermentación se hace más rápido en verano y más lento en invierno.

Mantenimiento

Estos biodigestores pueden tener una durabilidad de 20 años, en el caso de presentarse rupturas de este pueden ser fácilmente reparadas del mismo material del biodigestor usando un adhesivo fuerte, la parte reparada debe permanecer seca hasta su endurecimiento por completo. Cuando se necesita el metano solo se ejerce una pequeña presión sobre la bolsa de almacenamiento moviendo de esta forma el biogás a donde se necesita.

Ventajas del biodigestor:

- Este tipo de digestor es muy económico y fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso.
- Al ser hermético se reducen las pérdidas.
- Una reducción del trabajo físico.
- Una reducción de la presión en los recursos naturales como combustible y carbón de leña.
- Producción de energía barata.
- Mejora el sistema de cultivo reciclando estiércol a través del biodigestor, producción de gas para cocinar y fertilizante (una vez el estiércol ha atravesado un biodigestor se vuelve un fertilizante orgánico excelente).
- Reducción de la polución, sobre todo en áreas urbanas.

Desventajas:

Entre las desventajas del biodigestor de plástico se halla su bajo tiempo de vida útil, lo que hace necesario montar una nueva instalación cada tres años. También es muy vulnerable a sufrir roturas por condiciones climáticas adversas, por las acciones del hombre y los animales.

3.4 CONSIDERACIONES CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTOR

- Para construir un biodigestor de esta clase, hay que cavar un hoyo primero.
- El hoyo deberá guardar las mismas dimensiones que el biodigestor.
- Se recomienda realizar la base en forma de U o V
- Luego de haber cavado el hoyo, en caso de encontrarse en zonas frías por debajo de 10ºC, construir un cerco alrededor del biodigestor para preservar la temperatura.
- En caso de zonas con temperaturas mayores a 10 º C, sólo basta el hoyo en donde se colocará el biodigestor.
- Los cercos alrededor de biodigestor, pueden ser de tapial o adobe. En el caso de construcciones de adobe y de acuerdo a su longitud (mayores a 7 m.), considerar en la estructura soportes de seguridad cada cierto tramo
- La diferencia de alturas en la estructura, esto se debe a que esta diferencia hará la semejanza de techo a desnivel, que soportará bastidores sobre los cuales se colocará el polietileno para causar el efecto invernadero.
- Deben cavarse dos zanjas, una para el tubo de entrada y otra para el tubo de salida. La zanja de entrada se debe cavar a un ángulo de unos 45°, entrando el tanque tan cerca del fondo posible, dejando no más de 30 centímetros entre el punto de la entrada y el fondo del tanque. El tubo de entrada debe estar por encima del tanque por lo menos unos 40 centímetros. El tubo de salida se debe cavar a un ángulo de 30°.
- Una vez lista la estructura que contendrá el biodigestor se procederá a la instalación del biodigestor y la colocación de recipientes que faciliten la carga del material y la descarga del abono.

3.5 PROCEDIMIENTO

Recortar el polietileno de acuerdo a las dimensiones establecidas. Este deberá ser de doble ancho a fin de conformar una capa más resistente. Se recomienda precaución en el manejo de polietileno, resguardarlo de hendiduras producidas por piedras u otro material, para este fin pueden extenderse sobre sacos de rafia o superficies limpias.

FIGURA 36

Instalación de válvula de salida gas: para la instalación de esta válvula, se utiliza un "pasa muros" de ½" y se requiere hacer una hendidura de un diámetro aproximado de 1 cm. Está se ubicará a 30 cm de donde se colocará la tubería de entrada. Esta brida debe instalarse por capas, introducir el dispositivo desde el interior del biodigestor junto a una goma de sujeción y un pedazo de caucho por dentro y fuera de las dos capas del biodigestor y ajustar con el soporte de plástico.

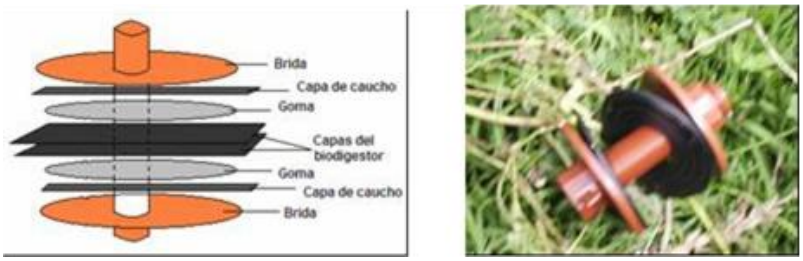

FIGURA 37

FIGURA 38

Instalar la manguera y la válvula para la salida de gas, se recomienda utilizar una válvula de bola. Esta válvula permitirá controlar la salida de gas hasta una válvula de seguridad, construida con una botella descartable, llena de agua, abierta lateralmente unos 5 cm. o colocando un tubo adicional para el paso de gas hasta su contacto con el agua.

FIGURA 39

Proceder a instalar los tubos de entrada y salida. Las longitudes de los tubos oscilan entre 1 y 1.20 m de largo. Es necesario forrar los tubos por fuera con una cinta de jebe de unos 3 o 4 cm. de espesor, con el fin de proteger el biodigestor de las astillas producidas por el corte del tubo.

FIGURA 40

La instalación de los tubos se realiza introduciendo unos 50 cm. de tubo a cada lado del biodigestor, doblar las esquinas en forma envolvente y sujetarlos bien con la cinta de jebe, sin dejar hendiduras a fin de evitar el ingreso de oxigeno

FIGURA 41

Trasladar el biodigestor hasta la estructura en la cual se montará el biodigestor. Antes de colocarlo sobre la superficie, deberá cubrirse con capas de material aislante y de protección a hendiduras. Por ejemplo, se puede colocar primero una cubierta con sacos de rafia en los laterales y el fondo, además de una capa de paja.

FIGURA 42

Instalado el biodigestor, medir el grado de inclinación de cada tubo con un nivel de carpintero u otra herramienta, se recomienda que el ángulo de inclinación deberá oscilar entre 30º y 45º, cuidando siempre de colocarlo de tal forma que, al llenar el biodigestor con la mezcla, buena parte de ambos tubos quede cubierta y se cree un sello que no permita el paso de oxígeno. Una vez lograda la ubicación, sujetar los tubos a postes de madera, haciendo pasar por el centro del tubo un cordel o alambre, a fin de mantener esta posición.

FIGURA 43

Posterior a este proceso, colocar los recipientes para entrada de mezcla y salida de los digestatos. Existen muchas formas de realizar este proceso, que van desde hacer una entrada con cubierta de cemento, hasta colocar un embudo hecho de sobras de polietileno. Para la salida de material, puede cavarse un hoyo y colocar un recipiente para colectar los digestatos, inclusive cavar un canal hasta el sistema de regadío y utilizarlo de forma directa.

Finalizado el proceso de colocación de aditamentos, se deberá instalar la tubería de conexión del biodigestor hasta el recipiente de recolección de gas, y de ahí hasta el punto de consumo. Se sugiere prever una distancia no mayor a 20 m. La cantidad de válvulas y codos dependerá de la distribución del uso: cantidad de hornillas para cocción, iluminación, etc.

FIGURA 44

Colocar los soportes de palo y luego la capa de polietileno, cubrir completamente la estructura, tratando de evitar las hendiduras por los lados, colocando en los extremos una mezcla de barro y piedras a fin de evitar que sean arrancados por vientos fuertes. No olvidar dejar los tubos de entrada y salida para poder realizar la carga y descarga.

FIGURA 45

Una vez instalado el biodigestor, se puede proceder a realizar la carga. Las cargas deberán realizarse llenando el biodigestor en razón 1:1 cantidad de agua = a cantidad de estiércol - La ventaja de este tipo de instalación es su versatilidad a modificaciones en la construcción y el uso de aditamentos y la facilidad para la operación (carga) y el mantenimiento.

3.6 PROTECCIONES PARA EL BIODIGESTOR

- Construya a todo lo largo de la bolsa o biodigestor, utilizando madera o similares, cercos de protección contra animales y niños que podrían dañar el sistema.
- Instale techos de protección que evite la llegada directa de rayos de sol y la caída de animales al foso.
- En épocas de lluvia tape las bocas de entrada y salida del biodigestor, para evitar que penetre el agua.
- Evite también el paso de piedras o sobrantes de pasto al biodigestor.

3.7 MATERIALES

- **Sachet polietileno negro 3X20 mt**

- **Tubo alcantarillado cemento 40x100 cm**

- **Tubo de PVC 1” 6 m**

- **Salida de estanque de PVC 1”**

- **Codo de PVC 1”x ½”**

- **Tee de PVC ½”**

- **Tubería de PVC ½” 6 m**

- **Bidón para agua 20 lt**

- **Llave de paso de PVC ½”**

- **Terminal HE/SO de PVC ½”**

- **Adhesivo PVC**

- **Terminal HI/SO de bronce ½”**

- **Cañería de cobre ½”**

- **Tee SO/SO/SO de bronce ½”**

- **Terminal HE/HI de bronce ½”**

- **Manómetro**

- **Codo SO/SO de bronce ½”**

- **Terminal HE/SO de bronce ½”**

- **Llave de paso Bolón para gas ½” de bronce**

- **Flexible**

- **Teflón para gas**

- **Estaño para soldar**

- **Pasta para soldar**

3.8 HERRAMIENTAS

- **Pelicano**

- **Llave francesa**

- **Corta tubo/cañería**

- **Soplete**

- **Pala cuadrada de acero Negro**

- **Picota acero**

CAPITULO 4:

EVALUACION ECONÓMICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO Y EL AHORRO QUE CONLLEVA PARA LA VIVIENDA

4.1 PRESUPUESTO

SODIMAC	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Sachet polietileno negro 3X20 mt	**2**	**UN**	$ 9.590	$ 19.180
Tubo alcantarillado cemento 40x100 cm	**2**	**UN**	$ 10.590	$ 21.180
Tubería de PVC 1" 6 m	**1**	**UN**	$ 1.960	$ 1.960
Salida estanque de PVC 1"	**1**	**UN**	$ 1.690	$ 1.690
Codo de PVC 1"x1/2"	**1**	**UN**	$ 590	$ 590
Tee de PVC 1/2"	**1**	**UN**	$ 230	$ 230
Tubería de PVC 1/2" 6 m	**1**	**UN**	$ 1.590	$ 1.590
Bidón para agua 20 lt	**1**	**UN**	$ 3.500	$ 3.500
Llave de paso de PVC 1/2”	**1**	**UN**	$ 4.390	$ 4.390
Terminal HE/SO de PVC ½”	**1**	**UN**	$ 830	$ 830
Adhesivo PVC	**1**	**UN**	$ 2.175	$ 2.175
Terminal HI/SO de bronce ½”	**1**	**UN**	$ 910	$ 910
Cañería de cobre ½” 6 mt	**1**	**UN**	$ 16.490	$ 16.490
Tee SO/SO/SO de bronce ½”	**2**	**UN**	$ 890	$ 1.780
Terminal HE/HI de bronce ½”	**1**	**UN**	$ 990	$ 990
Manómetro	**1**	**UN**	$ 7.290	$ 7.290
Codo SO/SO de bronce ½”	**4**	**UN**	$ 679	$ 2.716
Terminal HE/SO de bronce ½”	**2**	**UN**	$ 570	$ 1.140
Llave de paso Bolón para gas ½” de bronce	**2**	**UN**	$ 4.890	$ 9.780
Flexible	**1**	**UN**	$ 6.290	$ 6.290
Teflón para gas	**1**	**UN**	$ 890	$ 890
Estaño para soldar	**1**	**UN**	$ 7.116	$ 7.116
Pasta para soldar	**1**	**UN**	$ 900	$ 900
			TOTAL =	**$ 104.701**

HERRAMIENTAS				
Pelicano	**1**	**UN**	$ 2.990	$ 2.990
Llave francesa	**1**	**UN**	$ 4.390	$ 4.390
Corta tubo/cañería	**1**	**UN**	$ 4.609	$ 4.609
Soplete	**1**	**UN**	$ 11.090	$ 11.090
Pala cuadrada de acero Negro	**1**	**UN**	$ 6.490	$ 6.490
Picota acero	**1**	**UN**	$ 13.490	$ 13.490
			TOTAL=	**$ 43.059**

4.2 FLUJO DE CAJA

CILINDROS GLP

CILINDRO GLP 15KG AL MES = $ 18.700 aprox.

CILINDRO GLP 15KG AL AÑO = $ 224.400 aprox.

COSTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO3
2 CILINDROS GLP 15 KG AL MES	$ 448.800	$ 448.800	$ 448.800

$$\textbf{CAN=} \frac{\text{COSTO}}{(1+i)^1} \rightarrow \frac{448.800}{(1+0{,}1)^1} \rightarrow \frac{448.800}{1{,}1}$$

CAN= 408.000

$$\textbf{CAE=} \text{CAN} * \frac{(1+i)^1 * i}{(1+i)^1 - i} \rightarrow 408.000 * \frac{(1+0{,}1)^1 * 0{,}1}{(1+0{,}1)^1 - 1} \rightarrow 408.000 * \frac{0{,}11}{0{,}1}$$

CAE= 448.800

BIODIGESTOR BIOGÁS

MATERIALES = $ 104.701

HERRAMIENTAS = $ 43.059

COSTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO3
INSUMOS TOTALES	$ 147.760	/	/

$$\textbf{CAN=} \frac{\text{COSTO}}{(1+i)^1} \rightarrow \frac{147.760}{(1+0{,}1)^1} \rightarrow \frac{147.760}{1{,}1}$$

CAN= 134.327,3

$$\textbf{CAE=} \text{CAN} * \frac{(1+i)^1 * i}{(1+i)^1 - i} \rightarrow 134.327{,}3 * \frac{(1+0{,}1)^1 * 0{,}1}{(1+0{,}1)^1 - 1} \rightarrow 134.327{,}3 * \frac{0{,}11}{0{,}1}$$

CAE= 147.760

Porcentaje de equivalencia

$$\frac{\textbf{CAE BIOGÁS}}{\textbf{CAE GLP}} \textbf{* 100} \rightarrow \frac{\textbf{147.760}}{\textbf{448.800}} \textbf{* 100} \rightarrow \textbf{32,9 \%} \rightarrow \textbf{33\%}$$

El biodigestor se expresa como un 33% del costo anual del GLP, por ende, el ahorro al año seria de un 67%, además de recuperar la inversión a los 3 meses una vez iniciada la elaboración de biogás.

CONCLUSIÓN

Se pude concluir que el proyecto propuesto contribuye aportando a la creación de energías limpias y sustentables, tratando de minimizar combustibles fósiles como el GLP.

Este proyecto beneficia a zonas rurales o agricultores que cuentan con una cierta cantidad de animales en la cual a través de los purines de animal se puede obtener biogás, electricidad o calor de manera muy fácil y práctica.

Al investigar los distintos tipos de biodigestores, el volumen de gas y el poder calorífico de los purines de animales, se escogió el biodigestor más adecuado para la vivienda ubicada en la comuna de hualqui, según los animales con los que se contaba, el volumen de biogás que producen y cuanto económicamente es más factible que el gas licuado.

La propuesta fue diseñada para una vivienda en la cual la familia está compuesta por 4 integrantes, donde su consumo mensual de gas licuado para la alimentación de una cocina y un calefón de 10 lts es de 2 galones de 15 kg, y que anualmente el gasto en la compra de estos galones de GLP es de $448.800.

Para la producción de biogás se contaba con 12 bovinos, en donde cada animal origina 10 kg de estiércol diario y cuyo volumen de biogás producido por estos animales en sus desechos orgánicos es de 4.8 m3/día. La demanda que se necesita para abastecer los artefactos disponibles con biogás es de 3.9 m3/día, por lo tanto, la producción de biogás generada, cubre la demanda que se necesita para abastecer la vivienda.

Concluyendo, se determina que este proyecto es factible por el bajo costo de sus materiales, y por la sencillez de la construcción, poseyendo una totalidad de $147.760 en su inversión, permitiendo dejar fuera de opción al gas licuado cuyo gasto anual es de $448.800. Al momento de hacer el flujo caja de “GLP y biogás” se determinó que el biodigestor propuesto cubre completamente las expectativas económicas siendo un 67% más ahorrativo al año que el gas licuado, y recuperando la inversión a los 3 meses aproximadamente desde su producción de biogás.

BIBLIOGRAFIA

- Manual digestores y biogás, usm editorial, Claudio Matta Morales Ing. Porf. UTFSM 2013-2018
- Manual de Biogás, Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, 2018

LINKS

- http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103926/cf-perez_jm.pdf?sequence=3
- https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/308/9/T-ESPE-026444-5.pdf
- http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007
- http://www.bdigital.unal.edu.co/7967/4/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf
- http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia39/HTML/articulo04.htm
- http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/8bib_arch.pdf?fbclid=IwAR3xjBppSGTYjDP4zTZmiMSHbUSWWuNJwqE_QntiTUszohmfWFOH2znj_qg
- https://ecocosas.com/energias-renovables/biodigestor/?cn-reloaded=1&fbclid=IwAR0GCQWCjc-C0P4Qktc79sFbEe02GdUMXfxQsH3OGiOENN3keQXiLVAB-BE
- https://www.4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2017/11/Biogas-modulo2-Diseno-Plantas-Pequenas-11-2017.pdf?fbclid=IwAR3YT6TybwcJPtSpXPPe44XOeXRJL1FHISoKrSkLHOeZ5f-BL6ME4-p_0kM
- https://energiacasera.wordpress.com/2009/11/19/biodigestor-casero-de-bidon/?fbclid=IwAR0HNOneepGgAqDg3E5-GXFQdo5GkqQ83pUh6WBnhUiQjWbChIVL5vJntJc
- https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2575/IME_200.pdf?sequence=1&fbclid=IwAR3D5amYSBvDxEs1xvjdcsGCZTfZLR39daX38YBnPiGqO178hkr0SCXpFYc

- http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007&fbclid=IwAR2R2wZYunfEg00FjUyjL4y1Z473pTks4MN7df3Qs1fBGKwODLh6lKASztw
- https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/1/?ui=2&ik=acc66bedb9&attid=0.1&permmsgid=msg-f:1616318666318621673&th=166e51436dc12be9&view=att&disp=inline&saddbat=ANGjdJ8J70KVNDabjFFGkCENKCOwXAaC3kr7WUVmTgnXNw6BhwdkplkJOu1Z4znmbYV8NqqR3ci5e7I-GCXX1TrSu1-h8b3LNnzKeKElkOayj0ru-8bf1Ud0kJ7zxG7M7M38mGYZXZynB9FBFtIevZcoBk5E2VfHjnzIFvM-KlEfEFB7bInOn-G2y1E9-GVI0q42YyZVHJqdakjaw_XXF4cAatqSqhgII-Uayh9CJ_8dtO2TDtGCLjYN9JmBTE2NqZ4Umo6saxjf7Y2wSz7hwwIR_HjfrydrShu5nhGEw2Ny4I6kDWhQbpijat7aPo3DnmZvw48CAr_UdX8DB3-8htlNX5WOe5YKYGKqX1Ak6MUZVY-wZm5f-uc3H88Cxi2BpY1ELfhbkEnRUq_bFV0bLiDVa8RwmYwNwC84F2cuDo9U4BAzglXZzdMQNrzBiUNHk8s524t7-sR7wRKhZjnHxaFz6uFEQoNsDNpiXRO-Pii4qTWao6JmSd0D4DZLeuJijlz8ql85KnIfHDjejKAJe-Nb51kFZyvOIrIbOLLBksjvFjqs6x9WH4j-FrcuPoCo_yWEBTKuI0I_gNi7yQ_Ln9btdOK0BBrupVxJDGebFPfZY98QD4a4ddwZ8aOO3ChzyimA60V7zpXxCy2Gc9-i
- https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/1/?ui=2&ik=acc66bedb9&attid=0.2&permmsgid=msg-f:1616318666318621673&th=166e51436dc12be9&view=att&disp=inline&saddbat=ANGjdJ8-neUlktkZauHC71jEJa_CWVU9FaMD3Y7jifg0M3P0X0pNWeWM1Sr0b92_kI2NMXNDxYHIuPHHdSpqUw1MJaPKJvtjwuIbJTUgSZBXod6sER9xQRro8bSujZ0GbKdsd1gbamHEfGCED1KwkmBzKKQO_Xu3a3ALNf2J2YwF8ZGwDAqehzRGs0KOYM_e4Hs6D1O4FA7OdnDR2UvppcqAFj3QthWK7q65sF7WwofISAFNs3OPRjzfFJm3k5h8At51d2Ugb9fog4xf_pyndjOHcpJKq7HVnG0S6n_qff3t1GlwsF3R1v7JLb5AJRbqViQndFcHE0g7goZMX2hvtU5YTNyibEc47CrQ09ybdXoXiTudVw

WS3_tb_7h_AXDnG43t5q5WmHYH_QDsgjXtL1dWt7pO_2FDdPNWrKMk7HF8hHibGhIb2YoR8uJOj3Qd8DKYxr5jsXCFp-3CqeA2WTiPCpyQgpPVyCNuvOKQM_E8EMVVoDmhJIJ4RLRshsYbV4Ucbz-BEb5oXldZPeQGF-F23KixvPLlohKgY8GK6o0KzuKUeMs-OiVeXi7gIbez_Bl8bO54HppGB_pDBPpEMk3MwgWkN_azqPumejTXDR6Eq5CiyQeOvgbHt1PvUB6eCdN74sqbbtgFgJVjU304

- https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/1/?ui=2&ik=acc66bedb9&attid=0.3&permmsgid=msg-f:1616318666318621673&th=166e51436dc12be9&view=att&disp=inline&saddbat=ANGjdJ-8AyAT_q0mIMDsRTeeCumtoP2BPif0h-T1JRPC3RFVOGwfMD-dxomFQIM4Xe1OQVfQvZD2DE9uYGTEqjIk6MSsNlSr1tf3NEvCEQrUAeqtxT_au5h1MLlKxYyV-GRzQYpeCIsBATme3eEw-rHtR3q8gN5U1olxdOT110HA3ADNmo6zC5Xnepn7dmX23DhASck-iTj1c7UI0zEVsF7wZ2XhbGAu_kNUIsdR3SBUG3jef1qhfPPODh-ylrICz6kzASE60nvPc_xqhOYjkxvbYC4z1l98EPoxtTKnwcf3aL1DZTMe2UNZ4QzDm0Hal67G8NCSAVZYv_DhDqyZDOWj_RFJ_zXJN5HAI1pCzFgpnd4ciPvvAkCAeDLywF2SydfOerOPY6wJw76OPIpp2qNGLivXSFD7SErLb2csy53r4zW2pGrYffmMTP5C0wb21UKf-2qcp_l6HCD9pCNPhO0b7UNRNGBi1195CiBGNawvJSACHLIdaThmSiRIVJ_2BynTyobiM4oqm5z_3mUyK_rDrW_DUmLjNk1-47xuYspntUlS1y2WdulFT2gq_ZXMCPZ5wWISsQnLbTxNyBCqZ_FmF1ppx34Nd4msu6KwBKd8sN7_nqZZjg13q1X9vAzL-WbH1h45zDNRxFnFcyLQ
- https://www.youtube.com/watch?v=2LgyAwbLXIs&t=861s
- https://www.youtube.com/watch?v=0gR1V2qn1cM&t=297s
- https://www.youtube.com/watch?v=5fL1HLEqutU
- https://www.youtube.com/watch?v=YRu2Hsdfoj0