

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Análisis sobre la posible reutilización de los desechos biológicos humanos  
generados en una vivienda.



**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR:**

Miguel Ángel Flaquer Espailat

**PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE INGENIERO CIVIL**

**ASESOR:**

Ing. María Cristina Sánchez

SANTO DOMINGO, D.N.  
2018

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios que me ha permitido gozar de buena salud, e iluminación en mis momentos de confusión hasta el día de hoy.

A mi padre, el cual desde niño me ha enseñado la mayoría de mis habilidades utilizadas para poder llegar hasta este punto de mi vida y lo más importante, ayudarme a ser la persona que soy.

A mi madre, que en cada momento de flaqueza me dio ese consejo necesario para poder pararme y seguir adelante.

A mi hermana Hilca Flaquer, que a pesar de la distancia que nos separa, día a día se empeña en mantener un contacto constante y demostrarme que está conmigo a través del amor y la felicidad que irradian sus palabras. Mi consejera favorita, siempre apoyándome con su fe, sus buenas vibras y sobre todo ayudándome a ser la mejor versión de mí.

A mi hermana Valentina Flaquer, que con un apoyo incondicional siempre mostró su entrega y dedicación en ayudarme a resolver mis inquietudes y a convertir cada situación y cada obstáculo, a mi favor, haciendo de esos momentos, más llevaderos.

A mi abuela paterna Casilda Ceballo, con la cual siento un gran compromiso ya que siempre se mantuvo dándome un arduo seguimiento apostando su energía, cada recurso y cada palabra en ayudarme a cumplir mis logros, lo cual me fue de gran ayuda para mantener un norte y esa chispa motivacional que te impulsa a querer llegar hasta la meta.

A mi abuela materna Hilda Peña, con la cual siento una afinidad muy profunda ya que durante toda mi vida se ha hecho sentir con su presencia y amor incondicional, siempre pendiente a mi bienestar y dispuesta a formar parte de mi integridad tanto física como emocional.

#### A MIS PROFESORES:

María Cristina Sánchez, porque a pesar de que siempre estaba riéndome y comportándome de forma inusual ella vio ese potencial en mí, y estuvo ahí para ayudarme en todo momento.

Ramón Tavares, desde que empecé mi carrera me enseñó los pasos correctos como profesional, y me ayudó en los momentos donde sólo Dios y él podían.

Roselyn Rodríguez, por su colaboración incondicional para el desarrollo de este trabajo.

Carlos Muñoz, por responder a mis mensajes a cualquier hora, y por estar dispuesto a ayudarme con cualquier problema de hidráulica que se me presentara.

#### A MIS COMPAÑEROS:

Ana Argelia, por estar ahí en los inicios de mi carrera motivándome a ser cada día mejor.

Máximo Almánzar, por todas esas tardes y noches de estudio que me brindaste sin ningún interés sacándome de todas mis dudas.

## **DEDICATORIA**

A mi padre y a mi madre  
porque lucharon para que en  
ningún momento hubiese  
ningún obstáculo que  
impidiera mi crecimiento  
como profesional ni como  
persona, que lucharon tanto  
para poder sacarme adelante  
sin esperar nada a cambio,  
**¡gracias!**

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE IMAGENES

INTRODUCCIÓN..... 9

CAPÍTULO I..... 11

1.1 Planteamiento Del Problema ..... 11

1.2 Formulación Del Problema..... 13

1.3 Preguntas De La Investigación ..... 14

1.4 Objetivos De La Investigación ..... 15

1.4.1 Objetivo General..... 15

1.4.2 Objetivos Específicos ..... 15

1.5 Justificación Del Problema ..... 16

1.6 Alcance Y Delimitaciones ..... 17

CAPÍTULO II..... 18

2.1 Marco Teórico..... 18

2.1.1 Antecedentes..... 18

2.1.2 Bases Teóricas ..... 19

2.1.2.1 Aguas residuales..... 19

2.1.2.2 Depuración de aguas residuales ..... 19

2.1.2.3 Clasificación de las aguas residuales según su origen ..... 20

2.1.2.4 Clasificación según sus contaminantes ..... 20

2.1.2.5 Aguas residuales convenientes para la extracción de gases ..... 21

2.1.2.6 Aguas freáticas ..... 21

2.1.2.7 Importancia de las aguas freáticas..... 21

2.1.2.8 Fosa séptica ..... 22

2.1.2.9 Tratamientos con lodos activos ..... 22

2.1.2.10 Impacto medioambiental ..... 23

2.1.2.11 Filtro (rafa) ..... 23

2.1.2.12 Biodigestor ..... 23

2.1.2.13	Gases .....	23
2.1.2.14	Propiedades de los gases .....	24
2.1.2.15	Biogás.....	24
2.1.2.16	Componentes del biogás.....	25
2.1.2.17	Metano.....	25
2.1.2.18	Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano.....	26
2.1.2.19	Principales fuentes productoras de biogás .....	26
2.1.2.20	Efecto invernadero .....	28
2.1.2.21	Calentamiento global.....	28
2.1.2.22	Calentamiento global vs ciclo del agua.....	28
2.1.2.23	Tratamiento de aguas residuales con lodos activados.....	30
2.1.2.24	Potencial fertilizante de los lodos.....	31
2.1.2.25	Cal viva en los lodos activos .....	31
2.1.2.26	Exceso de cal viva en los lodos.....	32
2.1.2.27	Dosificación de cal en lodos.....	32
2.1.2.28	Tuberías.....	32
2.1.2.29	Fabricación .....	33
2.1.2.30	Materiales según su uso.....	33
2.1.2.31	Agua .....	34
2.1.2.32	Desagües.....	34
2.1.2.33	Gas.....	34
2.1.2.34	Calefacción.....	34
2.1.2.35	Tuberías de PVC .....	34
2.1.2.36	Densidad.....	35
CAPÍTULO III .....		35
3.1	Marco Metodológico.....	35
3.2	Tipo De Investigación.....	36
3.2.1	Método Hipotético-Deductivo.....	36
3.2.2	Procedimiento De La Investigación .....	36
3.3	Diseño .....	50
3.4	Planos.....	52
CONCLUSIÓN .....		59
RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO .....		61
BIBLIOGRAFÍA .....		62

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PRODUCCIÓN DE BIOGÁS GENERADO POR EL ESTIÉRCOL ANIMAL.....	26
TABLA 2: PRODUCCIÓN DE BIOGÁS GENERADO POR DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS VEGETALES.....	27
TABLA 3: DETALLE DE ENSAYO DEL CONSUMO DE GLP.....	41
TABLA 4: ACTIVIDAD DIARIA DE LA ESTUFA EN LA VIVIENDA ESTUDIADA.....	41
TABLA 5: RESUMEN DE LA SUMATORIA DIARIA DE LA PRODUCCIÓN DE GASES.....	48

## ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: BIODIGESTOR.....	37
IMAGEN 2: TUBO DE MEDICION DE GASES.....	38
IMAGEN 3: CONSUMO ESTIMADO DE LA ORNILLA DE UNA ESTUFA.....	40
IMAGEN 4: DETALLES DE ENSAMBLAJE (PLANO VISTA FRONTAL).....	52
IMAGEN 5: DETALLES DE ENSAMBLAJE (PLANO VISTA LATERAL DERECHA).....	53
IMAGEN 6: DIMENSIONADO (PLANO VISTA FRONTAL).....	54
IMAGEN 7: DIMENSIONADO (PLANO VISTA LATERAL DERECHA).....	55
IMAGEN 8: DETALLES DE DIAMETROS DE TUBERIA (PLANO VISTA FRONTAL).....	56
IMAGEN 9: DETALLES DE DIAMETROS DE TUBERIA (PLANO VISTA LATERAL DERECHA).....	57
IMAGEN 10: DETALLES INTERNOS DEL SISTEMA (PLANO VISTA INTERNA).....	58



# INTRODUCCIÓN

La contaminación medioambiental es un tema de gran importancia, en el cual cada ser humano debe tener consciencia y conocimientos del mismo para así poder aportar de forma particular en la detención del degrado de la salud de nuestro planeta.

Hoy en día uno de los problemas que más atormentan a las naciones es la escasez del preciado líquido llamado agua, teniendo en cuenta que la subsistencia sin el mismo sería imposible.

Los causantes de la desaparición y/o contaminación del líquido se extienden desde la destrucción de la capa de ozono hasta un mal manejo de las aguas ya utilizadas.

Una de las funciones que tiene la capa de ozono es mantener la temperatura del planeta tierra estable, haciendo que el agua tenga su ciclo regular, la degradación de la misma está creando un incremento en la temperatura de la superficie terrestre teniendo como resultado la aceleración del ciclo del agua.

El calentamiento de la superficie tiene como resultado mayor evaporación de agua, causando más vapor de agua en la atmósfera, al momento de la condensación del vapor de agua esta cae en mayor proporción en forma de lluvia en lugares que no están geológicamente preparados para recibir dichas cantidades, creando inundaciones, desbordamiento de ríos, haciendo que las aguas lleguen más rápido al mar y no filtren al nivel freático donde pueden ser reutilizadas de forma más fácil para el uso humano.

Al mismo tiempo en otras zonas las altas temperaturas crean erosión del suelo y deterioro de la materia orgánica del suelo.

Lo antes mencionado crea un impacto directo negativo en la proliferación de la fauna vegetal que tiene básicamente la función de “filtro” de gases nocivos a la capa de ozono, teniendo como resultado un ciclo continuo de la degradación del medio ambiente.

Por otra parte, existe la degradación de los yacimientos de agua mediante la infiltración de agentes contaminantes.

La superpoblación humana tiene un gran impacto negativo, no solo por los desperdicios industriales sino por los desperdicios biológicos, los mismos pasan a ser un problema cuando no se cuenta con una correcta red de alcantarillados y planta de tratamiento de aguas residuales.

Teniendo evidencia de algunas locaciones en las que no cuentan con redes de alcantarillado ni plantas de tratamiento de aguas residuales, quedando como único recurso enviar las aguas residuales al nivel freático, causando una alta contaminación en las aguas subterráneas las cuales se podría decir que tienen la mayor importancia cuando se habla de captación de agua para uso humano.

Por dichos problemas se pretende buscar alguna solución que mejore la situación que se tiene el día de hoy con el agua, tratando de englobar en dicho proyecto los problemas que inciden de forma indirecta en la difícil obtención de agua para consumo humano, destacando como factores indirectos el deterioro de la capa de ozono por medio de la contaminación emitida por los combustibles fósiles y la contaminación emanada por las industrias.

# Capítulo I

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua, sin dudar, es la parte esencial de todo lo que posee vida sobre nuestro planeta, el cual está conformado por el setenta y cinco por ciento (75%) de la capa visible del mismo, aunque solo el dos punto cinco por ciento (2.5%) es agua para consumo humano, animal o vegetal y (72.5%) restante es agua salada. (Argentina, 2013).

La contaminación de este medio es cada día mayor, en particular en las áreas donde los acuíferos proporcionan una gran parte del suministro de agua. El origen más común de la contaminación del agua subterránea son las aguas negras.

En el caso de que las aguas residuales estén contaminadas con bacterias, las mismas al entrar en contacto con el sistema de aguas subterráneas pueden ser purificadas mediante procesos naturales. Las bacterias peligrosas pueden ser filtradas mecánicamente por el sedimento a través del cual el agua percola, siendo destruidas por oxidación química o asimiladas por otro tipo de microorganismos, produciendo de este modo una purificación.

Sin embargo, el acuífero debe tener la composición correcta y exponerse a las circunstancias adecuadas. Por ejemplo, acuíferos extremadamente permeables (como rocas cristalinas muy fracturadas, grava gruesa o caliza) tienen aperturas tan grandes que el agua subterránea contaminada puede recorrer grandes distancias sin ser purificada, en este caso, el agua fluye con demasiada rapidez y no está en contacto con el material circundante, el tiempo suficiente para que se produzca su purificación.

Por otra parte, este tipo de desechos generan una cantidad significativa de gases nocivos que producen un impacto negativo en el medio ambiente por la pobre o nula hermetización en la captación o tratamiento de las aguas residuales.

Dentro de estos gases se encuentra el metano, el cual es el segundo factor responsable del calentamiento global. Siendo el gas que se encuentra en mayor proporción por efecto de la bio-digestión de los desechos generados en las aguas residuales, por tanto, el control de sus emisiones supone un beneficio para toda la sociedad al incidir directamente en el cambio climático que supone un riesgo aterrador para el medio ambiente. Siendo un problema que va creciendo proporcionalmente con la población mundial se debe buscar un método alternativo de eliminación de los residuos domiciliarios que no crean un impacto tan significativo en el medio ambiente.

Por esta razón se plantea la construcción de un sistema que se encargue de ayudar con los inconvenientes previamente detallados. El sistema será diseñado para hacer el tratamiento biológico de las aguas servidas de una vivienda particular y a su vez recolectar los gases y lodos generados por la biodigestión de la materia orgánica que se encuentra en las aguas. Planeando darle un uso a los mismos para reducir contaminación medioambiental.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué forma se pueden aprovechar los desechos biológicos humanos?

### 1.3 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál sería la mejor función para el uso de los gases generados durante el tratamiento?
- ¿En qué cantidad y tiempo se podría obtener los gases generados?
- ¿Qué cantidad sería la necesaria para abastecer una vivienda?
- ¿Cada qué tiempo se debe dar mantenimiento al sistema?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar la posible reutilización de los desechos biológicos humanos.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Utilizar de manera eficiente los lodos y gases generados luego del proceso de descomposición de la materia orgánica dentro de la fosa séptica.
- Determinar el tiempo de generación de los gases, tomando en cuenta la cantidad generada en función al peso.
- Determinar el volumen de generación de gas necesario para poder tener un uso ininterrumpido del mismo.
- Realizar recomendaciones básicas para darle mantenimiento al sistema.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día existe una tendencia a utilizar lo que antes no funcionaba, comúnmente llamado como reciclaje, causando un descenso en la generación de residuos.

¿Por qué no reciclar los desechos biológicos humanos? Es por esto que se plantea un sistema de fosa séptica donde los desechos son sometidos a contacto con bacterias digestoras quedando como resultado final dos sustancias de las cuales se puede obtener un uso, creando un ambiente sostenible proyectado a la reducción continua de desechos en el planeta.

Estas sustancias las cuales podemos reusar para la creación de un nuevo proceso de digestión son:

Los **lodos**, son los desechos sólidos orgánicos depositados en el fondo de la fosa séptica por decantación, ya digeridos y procesados por las bacterias envainadas, las cuales se encargan principalmente de la descomposición de la materia orgánica, en un tiempo específico. Estos pueden ser extraídos y utilizados como abono para plantaciones, reduciendo la utilización de abonos químicos industrializados.

El **gas**, sustancia producida por la materia orgánica después de su descomposición, este está compuesto de: metano, dióxido de carbono, nitrógeno, hidrogeno, sulfito de hidrogeno (grisú). El metano es el componente que se encuentra en mayor proporción dentro de dicha reacción con propiedades altamente nocivas al ambiente donde es expuesto, teniendo un potencial de impactar de manera negativa dentro del efecto invernadero, siendo este veintiún veces más nocivo que el dióxido de carbono.

Aprovechando la volatilidad del mismo se plantea la extracción y almacenamiento de dicho gas dentro de la fosa séptica para ser utilizado en el domicilio transformándolo en energía térmica.



## **1.6 ALCANCE Y DELIMITACIONES**

Este proyecto solo abarca el diseño del sistema de reutilización de los desechos recolectados, tomando en cuenta que su implementación tendrá un uso exclusivo en viviendas de bajos recursos puesto que el sistema está diseñado para tratar aguas provenientes de inodoros, que a su vez no deben ser aseados con químicos para evitar un deterioro en la colonia bacteriana encargada del tratamiento biológico del agua.

Esta investigación no abarca el estudio de factibilidad económica del mismo.

# Capítulo II

## 2.1 MARCO TEÓRICO

### 2.1.1 ANTECEDENTES

#### a) **Biodigestor Autolimpiable De Rotoplas**

El Biodigestor Autolimpiable es un producto desarrollado por Rotoplas, tiene como objetivo mejorar el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Es el único patentado el cual te permitirá sustituir de manera más eficiente el uso de fosas sépticas, es capaz de realizar un tratamiento de agua primaria beneficiando el cuidado del medio ambiente y evitando la contaminación de los mantos freáticos (Rotoplas).

Es ideal para zonas que no cuentan con drenaje y es muy económico, ya que ahorra costos de mantenimiento al ser autolimpiable. Su exclusiva formula evita fisuras y filtraciones. En el uso doméstico su servicio es de 2 hasta 60 personas y de hasta 233 usuarios en oficina, edificios comerciales, educativos o deportivos. Sustituye, de manera más eficiente, los sistemas tradicionales como fosas sépticas de concreto y letrinas, las cuales son focos de contaminación al agrietarse las paredes y saturarse con sólidos (Rotoplas).

Este producto, Rotoplas es fabricado con plásticos de alta tecnología que aseguran una vida útil de más de 35 años. Su sistema único que permite extraer sólo los lodos o material digerido, haciéndolo higiénico, económico, sin malos olores ni contaminación (Rotoplas).

#### b) **Reactor Anaerobio De Flujo Ascendente**

Los reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), también conocidos como UASB (del inglés: Upflow Anaerobic Sludge Blanket), constituyen una tecnología de tratamiento en la que el agua pasa a través de un manto de lodos a baja velocidad ascensional. Se caracterizan

por realizar en una sola unidad las operaciones de decantación primaria, reactor biológico y digestión anaerobia del lodo.

La producción de gas está directamente relacionada con la cantidad de DQO eliminada. Esta relación está influenciada por la temperatura y la presión atmosférica, por lo que variará en función de la altitud donde se encuentre la planta.

El manto de lodos está constituido por biogránulos o flóculos. Las condiciones que permiten la formación de estos gránulos de microorganismos son fundamentales en este tipo de proceso, tanto en su tamaño como en la concentración de los mismos.

El agua es distribuida uniformemente por la parte baja del reactor, dando así un flujo ascendente. Existen diferentes sistemas de distribución en función del tipo de reactor. En general, estos sistemas se componen de una serie de tubos que bajan desde arriba hasta el fondo del reactor, dejando una distancia entre la boquilla de salida de los tubos y el fondo. Normalmente, se dispone una salida por cada 4 m<sup>2</sup> de área del fondo (Van Haandel-Lettinga, 2003).

## **2.1.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.1.2.1 Aguas residuales**

Se llama Aguas Residuales a los fluidos líquidos que han sido desechados por haber cumplido una función en las actividades diarias de una ciudad, estas pueden ser desechos de viviendas, comercios, factorías, entre otros.

### **2.1.2.2 Depuración de aguas residuales**

La depuración de aguas consiste en extraer las sustancias contaminantes, con el fin de obtener agua en condiciones aptas para su consumo (potabilización), o en el caso de aguas residuales para adecuarla a la normativa de vertido vigente. Durante este proceso, que se realiza en plantas depuradoras de aguas residuales, también se

generan unos lodos que son reguladas bajo una legislación específica. Estos lodos, a su vez, también pueden ser depurados, lo que permite su reutilización en actividades agrícolas, ya sea como abono o para compostaje (Envitech, 2015).

#### 2.1.2.3 **Clasificaciónn de las aguas residuales según su origen**

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

Domésticas: son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes cloacales por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación, también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares (EcuRed, 2017).

Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria. Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema cloacal a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias (EcuRed, 2017).

Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo (EcuRed, 2017).

#### 2.1.2.4 **Clasificación según sus contaminantes**

Otra forma de denominar las Aguas Residuales es en base al contenido de contaminantes que esta porta, así se conocen como:

- Aguas negras, a las Aguas Residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales (cuidoelagua.org, 2009).

- Aguas grises, a las Aguas Residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros (cuidoelagua.org, 2009).
- Aguas negras industriales, a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga (cuidoelagua.org, 2009).

#### 2.1.2.5 **Aguas residuales convenientes para la extracción de gases**

Las aguas con mayor rendimiento a la hora de la extracción de gases y lodos son las aguas negras, ya que las mismas se conforman de desechos orgánicos y menor cantidad de desechos químicos tales como detergentes que son perjudiciales para el correcto desarrollo y reproducción de las bacterias encargadas del tratamiento biológico de las aguas.

#### 2.1.2.6 **Aguas freáticas**

Las Aguas freáticas son aquellas que se acumulan bajo la tierra, almacenadas en los poros que existen en sedimentos como la arena y la grava, y en las fisuras que se encuentran en rocas. El agua freática es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hasta llegar al material rocoso que está saturado de agua, se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y eventualmente llegan a los arroyos, los lagos y los océanos. Ellas proceden de la precipitación y la condensación, excepto otras como las aguas connatas o fósiles y las juveniles (EcuRed, 2017).

#### 2.1.2.7 **Importancia de las aguas freáticas**

Las aguas freáticas se han convertido en un elemento de enorme importancia para la provisión de agua para uso humano en las zonas urbanas y rurales, tanto en países desarrollados como en desarrollo. Innumerables ciudades obtienen su suministro para

uso doméstico e industrial de acuíferos a través de pozos municipales y privados. Casi el 60 por ciento de las ciudades europeas de más de cien mil habitantes consume agua procedente de acuíferos sobreexplotados (EcuRed, 2017).

#### 2.1.2.8 **Fosa séptica**

Una fosa séptica es un sistema que ayuda al tratamiento básico de aguas residuales principalmente de viviendas. Es un proceso en cual se separa la materia sólida de las aguas negras, está indicada para zonas rurales o residencias situadas en zonas aisladas. Sin embargo, el tratamiento no es tan completo como en una estación depuradora de aguas residuales.

Dependiendo el tamaño de las fosas será la variación del número de cámaras aunque en caso particulares fosas de tamaños reducidos pueden tener una sola cámara aun siendo preferible que tengan dos. En este proceso los sólidos contenidos en las aguas vertidas irán al fondo (lodo) y en la superficie se suspenderán partículas de menor densidad.

Cerca de la mitad de los sólidos que se acumulan en el tanque se descomponen, el resto es decantado en la parte inferior, este material debe ser retirado cada uno o dos años y transportado a un lugar donde pueda ser tratada la materia totalmente.

#### 2.1.2.9 **Tratamientos con lodos activos**

El proceso mediante lodos activados fue desarrollado en Gran Bretaña en el siglo XX. El tratamiento con lodos activados es un proceso biológico de tratamiento de aguas residuales ampliamente utilizado para el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas e industriales, particularmente en corrientes de desechos con alto contenido de materia orgánica o biodegradable. El tratamiento con lodos activados se usa frecuentemente para tratar aguas residuales de origen municipal e industrial, específicamente en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de la pulpa y el papel, y también de la alimentación (Team, 2014).

#### 2.1.2.10 **Impacto medioambiental**

En América Latina cerca del setenta y cinco por ciento de las aguas servidas retornan a las fuentes de abastecimiento hidráulicas, teniendo una incidencia negativa en la salud humana y del medio ambiente. En esta región se trata de un problema muy crítico por la tendencia a poblar en los predios de ríos o yacimientos.

No obstante, Latinoamérica es una de las reservas más importantes del planeta tierra, contando con una tercera parte de las reservas acuíferas, siendo esta cifra atentada por la contaminación medioambiental causada por la poca concientización de la humanidad.

#### 2.1.2.11 **Filtro (rafa)**

Los reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA) son un sistema diseñados para que el agua se cuele por una capa de lodos a una velocidad mínima de forma ascendente. Este tipo de filtro tiene la peculiaridad de que en su interior se realizan varias etapas de forma simultánea, se decantan los sólidos en suspensión, reacción biológica y se digiere la materia orgánica.

#### 2.1.2.12 **Biodigestor**

El biol es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar este en biogás y fertilizante. El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, calefacción o iluminación en grandes Instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere electricidad. El fertilizante llamado biol inicialmente se ha considerado un producto secundario pero actualmente se está tratando con la misma importancia o mayor, que el biogás ya que provee a las familias de un fertilizante natural que mejora fuertemente el rendimiento de las cosechas (Herrero, 2008).

#### 2.1.2.13 **Gases**

Es una sustancia que presenta las propiedades características del estado gaseoso, como son su fluidez, su gran separación entre partículas, su alto contenido de energía cinética, su expresividad en el recipiente y la presión que ejerce sobre él, a más de las

propiedades particulares de cada sustancia, color, olor, densidad, conductividad térmica, eléctrica, etc. (Maya, 2002).

#### 2.1.2.14 **Propiedades de los gases**

En los gases, las fuerzas de atracción son casi inexistentes, por lo que las partículas están muy separadas unas de otras y se mueven rápidamente y en cualquier dirección, trasladándose incluso a largas distancias.

Esto hace que los gases tengan las siguientes propiedades:

- No tienen forma propia, se adaptan al recipiente que los contiene.
- Se dilatan y contraen como los sólidos y líquidos.
- Fluidez, ocupan todo el espacio debido a que, prácticamente, no posee fuerzas de unión entre las moléculas que lo conforman.
- Difusión, proceso por el cual un gas se mezcla con otro debido únicamente al movimiento de sus moléculas.
- Compresión, disminución del volumen de un gas porque sus moléculas se acercan entre sí, debido a la presión aplicada.
- Resistencia, propiedad de los gases de oponerse al movimiento de los cuerpos por el aire. Esto se debe a una fuerza llamada fuerza roce. A mayor tamaño y velocidad del cuerpo mayor es la resistencia (Portal educativo , 2014).

#### 2.1.2.15 **Biogás**

El biogás es el gas que se genera naturalmente o por medio de dispositivos específicos como el biodigestor, y que se produce a partir de la fermentación o biodegradación de la materia orgánica. En el ámbito de la energía renovable, esta materia orgánica es conocida como biomasa. La fermentación y biodegradación de la biomasa produce biogás mediante la acción de microorganismos anaerobios (Guerrero, s.f.).



#### 2.1.2.16 Componentes del biogás

Los componentes del biogás dependen del tipo de biomasa utilizada para la fermentación, las condiciones y tipo de biodigestor, aunque el gas en mayor proporción es el metano, razón por la cual la mayoría de las personas se refieren al biogás como “metano”. No obstante, el biogás normalmente contiene varios gases aparte del metano (Guerrero, s.f.).

Los gases que componen el biogás que se utiliza con fines energéticos son:

- **Metano** (CH<sub>4</sub>) del 54% al 70%
- **Dióxido de Carbono** (CO<sub>2</sub>) del 27% al 45%
- **Hidrógeno** (H<sub>2</sub>) del 1% al 10%
- **Nitrógeno** (N<sub>2</sub>) del 0,5% al 3%
- **Ácido sulfídrico** (H<sub>2</sub>S) 0,1% (Guerrero, s.f.)

#### 2.1.2.17 Metano

El metano (CH<sub>4</sub>) es un hidrocarburo alcano no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida. Constituye el 97% del gas natural y es muy peligroso, ya que es fácilmente inflamable y explosivo. (Diario ecologia, 2014).

En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. El metano es un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra. Conocido también como el gas de los pantanos. Este gas se produce en diferentes ambientes naturales donde el oxígeno está ausente. Sin embargo, es en el fondo marino donde el metano se encuentra como un “hielo” blancuzco parecido a un helado de vainilla. Pero a diferencia de un helado, es caliente pues es altamente combustible. (Diario ecologia, 2014).

#### 2.1.2.18 **Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano**

Estos son gases efecto invernadero indirectos e incluye gases como el butano, propano y etano. Estos compuestos participan, junto a los NO<sub>x</sub>, en la formación de ozono troposférico y otros oxidantes fotoquímicos. La mayoría de las emisiones de COVDM de la combustión de combustibles proviene de los automotores. Otro gran contribuyente es el sector residencial (especialmente desde la combustión de biomasa) y los procesos industriales (Ballesteros, 2007).

#### 2.1.2.19 **Principales fuentes productoras de biogás**

Mediante las siguientes tablas 1 y 2, se muestran las cantidades aproximadas de producción de biogás generado por la biodigestión de la materia orgánica. Los valores son aproximados ya que las variaciones dependen de muchos factores como: tipo de alimentación, locación, temperatura, condiciones de vida. Todos deben ser tomados en cuenta antes de poder hacer un análisis más exacto (Guerrero, s.f.).

**TABLA 1: PRODUCCIÓN DE BIOGÁS GENERADO POR EL ESTIÉRCOL ANIMAL**

<b>Tipo de animal</b>	<b>Producción en (<math>m^3/kg</math>)</b>	<b>Producción diaria de estiércol (kg)</b>	<b>Producción diaria de gas (<math>m^3</math>)</b>
Bovino	$0.04 m^3/kg$	10.00 kg	$0.40 m^3$
Porcino	$0.06 m^3/kg$	2.25 kg	$0.14 m^3$
Aves	$0.08 m^3/kg$	0.18 kg	$0.14 m^3$
Ovino	$0.05 m^3/kg$	1.50 kg	$0.08 m^3$
Caprino	$0.05 m^3/kg$	2.00 kg	$0.10 m^3$
Equino	$0.06 m^3/kg$	10.00 kg	$0.60 m^3$

Conejos	0.06 $m^3/kg$	0.35 kg	0.02 $m^3$
Humanos	0.06 $m^3/kg$	0.5 kg	0.02 $m^3$

Fuente: (Guerrero, s.f.)

**TABLA 2: PRODUCCIÓN DE BIOGÁS GENERADO POR DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS VEGETALES**

<b>Tipo de cultivo</b>	<b>Producción en (<math>m^3/ton</math>)</b>	<b>Cantidad de residuos (Ton/ha)</b>	<b>Producción de biogás (<math>m^3/ha</math>)</b>
Trigo	367 $m^3/ton$	3.3 Ton/ha	1,211 $m^3/ha$
Maíz	514 $m^3/ton$	6.4 Ton/ha	3,290 $m^3/ha$
Arroz	352 $m^3/ton$	4.0 Ton/ha	1,408 $m^3/ha$
Papas	606 $m^3/ton$	10.0 Ton/ha	6,060 $m^3/ha$
Remolacha	501 $m^3/ton$	12.0 Ton/ha	6,012 $m^3/ha$
Legumbres	563 $m^3/ton$	3.6 Ton/ha	2,027 $m^3/ha$
Tomate	603 $m^3/ton$	5.5 Ton/ha	3,317 $m^3/ha$
Cebolla	514 $m^3/ton$	7.0 Ton/ha	3,598 $m^3/ha$

Fuente: (Guerrero, s.f.)

#### 2.1.2.20 **Efecto invernadero**

El “efecto invernadero” es el calentamiento que se produce cuando ciertos gases de la atmósfera de la Tierra retienen el calor. Estos gases dejan pasar la luz pero mantienen el calor como las paredes de cristal de un invernadero (Geographic, 2010).

En primer lugar, la luz solar brilla en la superficie terrestre, donde es absorbida y, a continuación, vuelve a la atmósfera en forma de calor. En la atmósfera, **los gases de invernadero retienen parte de este calor** y el resto se escapa al espacio. Cuantos más gases de invernadero, más calor es retenido (Geographic, 2010).

#### 2.1.2.21 **Calentamiento global**

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales. (Una capa “más gruesa” de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura) (Ballesteros, 2007).

#### 2.1.2.22 **Calentamiento global vs ciclo del agua**

Cada día se evaporan más de mil kilómetros cúbicos de agua de la tierra y el mar. El vapor de agua se condensa en las minúsculas gotitas de líquido que componen las nubes, y, finalmente, vuelve a caer sobre la tierra en forma de lluvia, granizo o nieve. Cada tres milenios, este movimiento cíclico del agua entre el suelo y el cielo recicla una cantidad de agua equivalente a la de todos los océanos del mundo. Esto se denomina el ciclo hidrológico, y toda la vida del planeta depende de él. El ciclo hidrológico crea agua fresca a partir de la sustancia salada de los océanos, porque la sal queda atrás cuando el agua se evapora. Gran parte del vapor de agua cae en forma de lluvia y vuelve a los océanos. Pero parte de ella cae sobre la superficie de la tierra, forma arroyos y ríos y vuelve al mar (Ball, 2000).

Parte del agua sigue otros derroteros durante el ciclo hidrológico. Si cae en forma de nieve sobre los casquetes polares, pueden quedarse inmovilizada cientos de miles de años. Y parte del agua se filtra a través de tierra y roca porosa, hasta encontrar una capa de roca impermeable. Después rezuma por vertientes del subsuelo como agua subterránea, hasta llegar a acuíferos que se abren paso hasta la superficie en forma de manantial, o que se pueden explotar mediante pozos (Ball, 2000).

El agua subterránea se puede bombear para volver al aire antes de conseguir encontrar el camino de regreso al mar. Las plantas la absorben a través de sus raíces y la liberan de sus hojas en forma de vapor, proceso que se denomina transpiración. Un abedul normal transpira unos 360 litros de agua al día (Ball, 2000).

El ciclo hidrológico en realidad consiste en una serie de engranajes subordinados, cada uno de los cuales van a distinto ritmo y transporta agua entre la tierra, el mar y el cielo (Ball, 2000).

Una de las cuestiones clave para los científicos que estudian el cambio climático es la forma en que el ciclo hidrológico podría cambiar en un mundo calentado por el reforzamiento del efecto invernadero. Hay múltiples motivos por los cuales este tema es de la máxima urgencia.

¿Acentuará el calentamiento global los problemas actuales provocados por la menguante capacidad de los recursos hidrológicos de satisfacer la demanda de agua? ¿O los aliviará? ¿Qué ocurrirá con los casquetes polares, crecerán o disminuirán? ¿Cuánto subirá el nivel del mar? ¿Serán más frecuentes las tormentas y las inundaciones? (Ball, 2000). Aún no se conoce la respuesta a estas preguntas. Ingenuamente cabría esperar que un mundo más caliente fuera también más seco. Pero más calor significa más evaporación, y la mayoría de los que trabajan actualmente en modelos climáticos consideran que el calentamiento global hará que el ciclo hidrológico se acelere aún más, poniendo más humedad en el aire (Ball, 2000).

El mundo será en general más húmedo, pero las consecuencias para las precipitaciones variarán dependiendo de la región. Algunas se volverán más secas. Y las diferencias estacionales podrían ser más pronunciadas (Ball, 2000).

Prácticamente todas las estructuras y directrices para la gestión del agua, como la asignación de recursos y el funcionamiento de las presas, se han construido sobre la base del ciclo hidrológico del momento actual. Un informe elaborado en 1990 por el Panel de Agua y Clima de EEUU afirma: "Teniendo en cuenta los altamente probables cambios climáticos, los gobiernos deberían volver a evaluar a todos los niveles los procedimientos legales, técnicos y económicos para la gestión de los recursos hidrológicos". Como dice un viejo proverbio: ver el futuro es bueno, pero prepararse para afrontarlo es mejor (Ball, 2000).

#### 2.1.2.23 **Tratamiento de aguas residuales con lodos activados**

El proceso de los lodos activados para el tratamiento de aguas negras está basado en proporcionar un contacto íntimo entre las aguas negras y lodos biológicamente activos. Los lodos se desarrollan inicialmente por una aireación prolongada bajo condiciones que favorecen el crecimiento de organismos que tienen la habilidad especial de oxidar materia orgánica. Cuando los lodos que contienen estos organismos entran en contacto con las aguas negras, los materiales orgánicos se oxidan, y las partículas en suspensión y los coloides tienden a coagularse y formar un precipitado que se sedimenta con bastante rapidez. Es necesario un control de operación muy elevado para asegurar que se tenga una fuente suficiente de oxígeno, que exista un contacto íntimo y un mezclado continuo de las aguas negras y de los lodos, y que la relación del volumen de los lodos activados agregados al volumen de aguas negras que están bajo tratamiento se mantenga prácticamente constante (Barbosa, s.f.).

#### 2.1.2.24 **Potencial fertilizante de los lodos**

La aplicación directa de los lodos se emplea para mejorar las fito propiedades del suelo, junto con el aporte de los tres principales elementos fertilizantes, N-P-K, y el aporte humedad y materia orgánica (Instituto superior del medio ambiente, s.f.).

De esta manera, se asegura un incremento de la capacidad de adsorción e inmovilización parcial de los componentes del suelo, permitiendo que el sistema actúe con elevada capacidad de amortiguación, favoreciendo la asimilación de los nutrientes, incrementando la retención de agua, permitiendo un mayor enraizamiento y mejorando la textura y estructura del horizonte cultivable. Esto nos conduce hacia una reducción de la escorrentía y, por lo tanto, de la erosión superficial (Instituto superior del medio ambiente, s.f.).

Por otro lado, al aplicar estos lodos se está minimizando, en un porcentaje elevado, el empleo de fertilizantes de origen químico, esto supone una reducción paralela en el aporte de nitrógeno mineral más fácilmente disponible y lixiviable, disminuyendo el riesgo de contaminación por nitratos en el perfil del suelo. Esto es posible debido a que el aporte de nitrógeno que se realiza aplicando lodo de depuradora es de origen orgánico, el cual se irá liberando de manera progresiva a medida que se vaya mineralizando (Instituto superior del medio ambiente, s.f.).

#### 2.1.2.25 **Cal viva en los lodos activos**

La incorporación de cal viva a los lodos elimina los patógenos. La adición de cal al lodo reduce olores y el nivel de patógenos al crear un pH alto que es hostil a la actividad biológica. Los gases que se desprenden durante la descomposición anaeróbica de la materia orgánica contienen nitrógeno y azufre y son la fuente principal de malos olores de lodo. Cuando se añade la cal los microorganismos que intervienen en la descomposición son fuertemente inhibidos o destruidos en ese medio fuertemente alcalino. Los patógenos pasan por un proceso similar (Envitech, 2015).

Durante el proceso de tratamiento de lodos mediante cal viva es necesario mantener el pH por arriba de 12, por un tiempo mínimo de 2 horas, para asegurarse la destrucción de los patógenos y proporcionar la suficiente alcalinidad residual para que el pH no descienda a menos de 11. Permitiendo, así, el tiempo suficiente para almacenamiento o disposición del lodo estabilizado. La cantidad de cal necesaria para estabilizar el lodo está determinada por el tiempo del mismo, su composición química y la concentración de sólidos. A grosso modo, el rango va desde el 6 hasta el 51%. Teniendo en cuenta que los lodos primarios son los que menos cantidad de cal requieren y los lodos activados los que mayor cantidad emplean (Envitech, 2015).

#### 2.1.2.26 **Exceso de cal viva en los lodos**

La alta dosificación de cal también afecta a las características físicas y químicas del lodo. Estas reacciones provocan una disminución del nitrógeno, que actúa como limitante para la cantidad de lodo que puede aplicarse al terreno, por lo que permite una mayor cantidad de lodo por unidad de superficie, al mismo tiempo mejora la capacidad de perder humedad y el carácter de los fluidos de líquido secundarios (Envitech, 2015).

#### 2.1.2.27 **Dosificación de cal en lodos**

Durante el proceso de tratamiento de lodos mediante cal viva es necesario una dosis que logre mantener el pH por encima de 12, por un tiempo mínimo de 2 horas, para asegurarse la destrucción de los patógenos y proporcionar la suficiente alcalinidad residual para que el pH no descienda a menos de 11 (Envitech, 2015).

#### 2.1.2.28 **Tuberías**

La tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de gasoducto. También es posible transportar mediante tubería materiales que, si bien no son un



fluido, se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etc. (Luna, 2012).

#### 2.1.2.29 **Fabricación**

Hay tres métodos de fabricación de tubería:

##### a) **Plástica:**

- Sin costura (sin soldadura). La tubería es un lingote cilíndrico el cual es calentado en un horno antes de la extrusión. En la extrusión se hace pasar por un dado cilíndrico y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además, es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial (Luna, 2012).

##### b) **Metálica:**

- Con costura longitudinal. Se parte de una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible (Luna, 2012).
- Con soldadura helicoidal (o en espiral). La metodología es la misma que el punto anterior con la salvedad de que la soldadura no es recta, sino que recorre la tubería siguiendo la tubería como si fuese roscada (Luna, 2012).

#### 2.1.2.30 **Materiales según su uso**

Las tuberías se construyen en diversos materiales en función de consideraciones técnicas y económicas. Suele usarse el Poliéster Reforzado con fibra de vidrio (PRFV), hierro fundido, acero, latón, cobre, plomo, hormigón, polipropileno, PVC, polietileno de alta densidad (PEAD), etcétera (Luna, 2012).

#### 2.1.2.31 **Agua**

Actualmente, los materiales más comunes con los que se fabrican tubos para la conducción de agua son: PRFV, cobre, PVC, polipropileno, PEAD y acero (Luna, 2012).

#### 2.1.2.32 **Desagües**

Los materiales más comunes para el desalojo de aguas servidas son: PRFV, hierro fundido, PVC, hormigón o fibrocemento. Los nuevos materiales que están reemplazando a los tradicionales son el PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de vidrio), PEAD (Polietileno de Alta Densidad) y PP (Polipropileno) (Luna, 2012).

#### 2.1.2.33 **Gas**

Suelen ser de cobre o acero (dúctil o laminar según las presiones aplicadas), dependiendo del tipo de instalación, aunque si son de un material metálico es necesario realizar una conexión a la red de toma de tierra. También se están comenzando a hacer de PRFV (Polietileno Reforzado con Fibra de Vidrio). En el caso de tuberías de conducción con requerimientos térmicos y mecánicos menos exigentes; además soportan altas presiones (Luna, 2012).

#### 2.1.2.34 **Calefacción**

El cobre es el material más usado en las instalaciones nuevas, mientras que en instalaciones antiguas es muy común encontrar tuberías de hierro. En redes enterradas se emplea tubería pre aislada (Luna, 2012).

#### 2.1.2.35 **Tuberías de PVC**

Las primeras tuberías para gas fueron hechas de hierro fundido y de asbesto cemento, en ellas los problemas de corrosión significaron altos costos de reemplazo. Las compañías de gas se orientaron entonces a investigar y desarrollar nuevas aplicaciones con materiales plásticos.

El PVC fue introducido para líneas de servicio en los años 60, era libre de corrosión y de bajo costo, pero presentaba algunas desventajas en relación con su resistencia al impacto y resistencia química a hidrocarburos aromáticos. El desarrollo de técnicas especiales de proceso y el mejoramiento de los equipos de producción han permitido obtener cada vez mejores materiales para aplicaciones específicas, y sin lugar a dudas el polietileno (PE), gracias a sus propiedades de flexibilidad, resistencia a la ruptura y a la corrosión, se ha convertido en la mejor opción, con productos terminados únicos para la industria del gas, tanto en calidad como en funcionamiento (M, 2013).

#### 2.1.2.36 **Densidad**

En el ámbito de la química y de la física, la densidad es la magnitud que refleja el vínculo que existe entre la masa de un cuerpo y su volumen. En el Sistema Internacional, la unidad de densidad es el kilogramo por metro cúbico (conocido por el símbolo  $\text{kg/m}^3$ ) (Gardey, 2011).

## **Capítulo III**

### **3.1 MARCO METODOLÓGICO**

#### **Enfoque de la investigación**

Este trabajo de investigación es exploratorio, ya que el investigador busca examinar e indagar un tema que se ha estudiado muy poco, esto por antiguas investigaciones que se inclinan mayormente a la obtención de gases generados por ganado sin tener ninguna relación con la ayuda a las aguas subterráneas. La investigación se hace con miras a ampliar la información que se tiene sobre el tema y utilizar lo antes documentado para aplicarlo en el tratamiento y

recolección de aguas residuales domésticas y así poder tener un panorama más amplio de la situación permitiendo determinar con mayor claridad investigaciones posteriores.

## 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

### 3.2.1 MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO

Se basa en la generación de hipótesis a partir de hechos observados mediante la inducción, unas hipótesis que generan teorías que a su vez deberán ser comprobadas y falseadas mediante la experimentación.

#### **Cuasi-experimental**

Se pretende manipular una o varias variables concretas, con la diferencia de que no se posee un control total sobre todas las variables, como por ejemplo aspectos vinculados al tipo de muestra que se presenta al experimento.

### 3.2.2 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

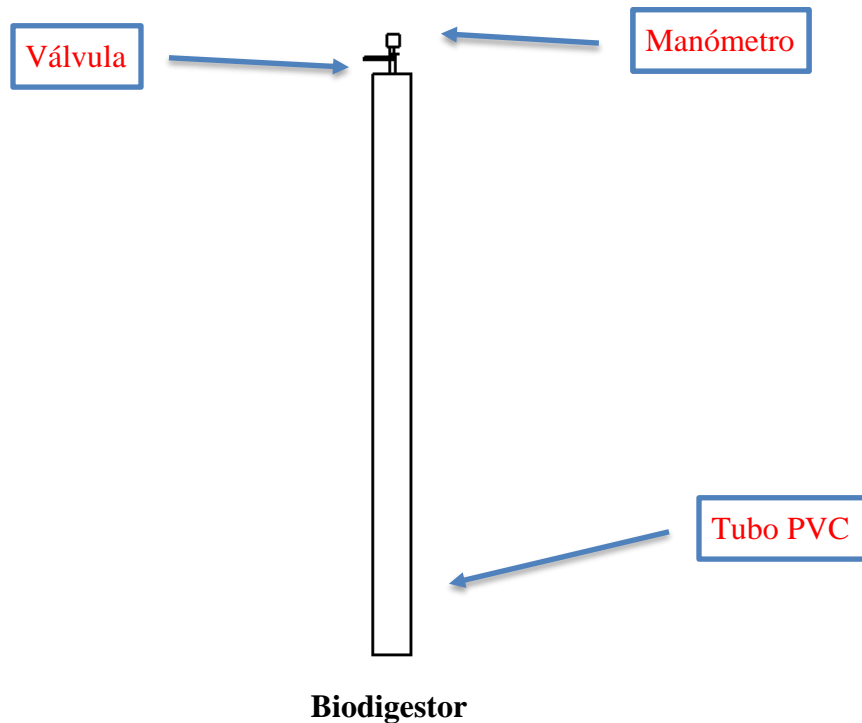
La investigación realizada es experimental. En el desarrollo de este trabajo se recolectaron datos para un diseño funcional de un sistema que se encargue de tratar aguas negras provenientes de viviendas, esto aprovechando los lodos y gases que se generan en el proceso del tratamiento de las aguas.

El proceso se desarrolló en los siguientes pasos:

#### **Paso 1: La obtención de variables que inciden de forma directa en el funcionamiento del sistema**

¿Qué cantidad de gases generan las heces fecales humanas específicamente bajo condiciones adaptadas al clima de República Dominicana?

Para contestar a la pregunta se realizó un ensayo en el que se utilizó un tubo PVC de un diámetro de 4 pulgadas y 60 pulgadas de longitud, sellado de forma hermética con una válvula y un manómetro en su extremo superior tal y como se muestra en la siguiente imagen:



Fuente: Elaboración Propia

### **Funcionamiento:**

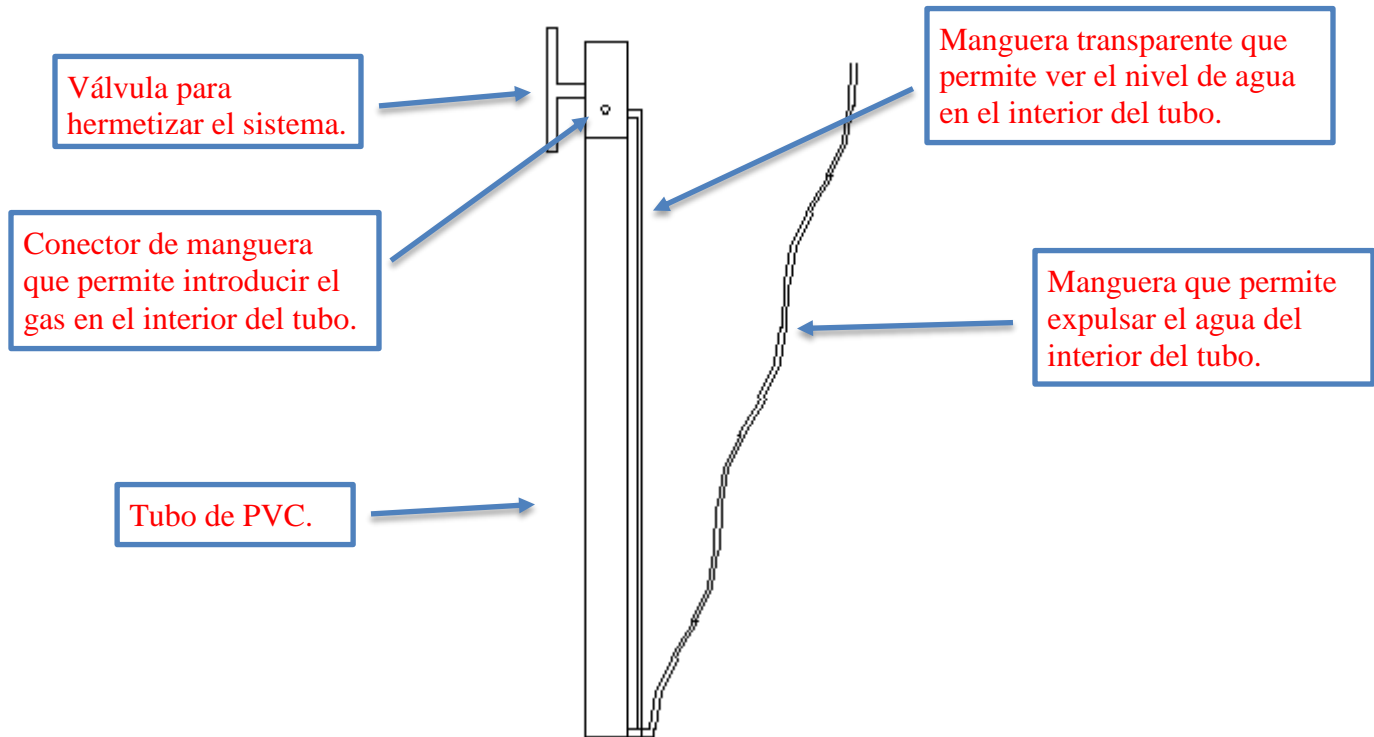
En la parte interna del tubo se vertió agua con 800 gramos de residuos orgánicos humanos y se hermetizó el sistema para que el gas generado por la biodigestión no fuese expulsado sin antes poder medir la cantidad generada.

### **¿De qué forma se logró medir el gas expulsado del biodigestor?**

### **Medición:**

Para este proceso se utilizó un tubo PVC de 1.5 pulgadas de diámetro y 40 pulgadas de longitud con una manguera transparente para poder ver el nivel de agua en el interior. La manguera está conectada desde el extremo inferior hasta el extremo superior del tubo.

También se conectó una segunda manguera en la parte inferior dejando el otro extremo libre en la atmósfera, y por último un conector para una tercera manguera en la parte superior del tubo, tal y como se muestra en la siguiente imagen:



### Tubo de medición de gases

Fuente: Elaboración Propia

#### Procedimiento de ensayo:

Para obtener un análisis de producción más detallado se verificó la producción cada veinticuatro horas.

#### Proceso:

El tubo de medición debe ser llenado de agua asegurándose de que no quede aire en su interior, la válvula en su parte superior es cerrada para hermetizar el agua en el interior.

Se conecta una manguera desde el tubo digestor hasta el tubo de medición, y se abre la válvula del tubo digestor, automáticamente por el extremo de la manguera que se encuentra libre sale agua en la misma proporción en que se introduce el gas.

Se debe tener pendiente que el extremo de la manguera libre debe mantenerse a la misma altura del menisco de agua que indica la otra manguera esto para asegurarse de que la presión en el interior de tubo de medición sea igual a la atmosférica y la lectura sea lo más exacta posible.

La lectura es tomada luego de que deja de salir agua por el extremo de la manguera, se mide la distancia desde el menisco de agua hasta la parte superior del tubo, y con la fórmula del volumen de un cilindro se puede saber el volumen de gas que hay en el interior del tubo.

Luego de la obtención de datos, la válvula del tubo digestor debe ser cerrada se procede a desconectar la manguera. En las próximas 24 horas se repite el proceso nuevamente.

Durante todo el ensayo el sistema se situó en un espacio con condiciones iguales o parecidas a la que se situaría el sistema a escala real; la variable que más atención obtuvo fue la temperatura.

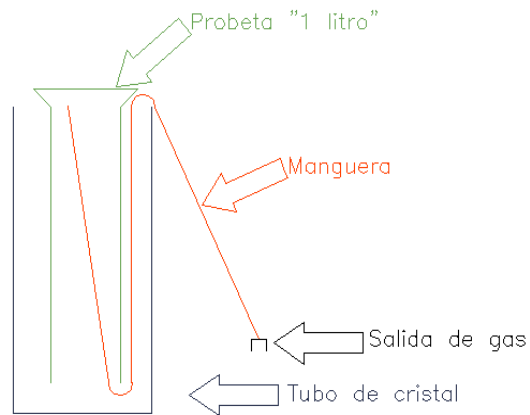
### **Paso 2: Consumo estimado de gas licuado de petróleo empleado para cocinar:**

Estos datos fueron obtenidos de una vivienda de cuatro habitantes de bajo recursos ya que el proyecto está inclinado a zonas rurales donde no se cuenta o se carece de plantas de tratamiento de aguas residuales y redes de alcantarillado.

#### **Proceso:**

Se estimó el tiempo que tarda la hornilla de una estufa en permitir el flujo de un litro de gas mediante el siguiente proceso:

Se introdujo una probeta invertida dentro de un tubo de cristal lleno de agua, se colocó el extremo de una manguera en el fondo de la probeta y permitiendo dejar el otro extremo de la manguera libre, se vertió agua dentro del tubo de cristal asegurándose de que la probeta quedara llena de agua y sin burbujas de aire en su interior. Por último, se conectó el extremo libre de la manguera en la salida de gas de la estufa, proceso que se grafica en la siguiente imagen:



Fuente: Elaboración Propia

El ensayo se basó en abrir la válvula de la hornilla causando que el gas viajara a través de la manguera hasta la probeta provocando la expulsión del agua que se encontraba en su interior para el mismo poder ocupar su lugar.

A medida que el agua era expulsada del interior de la probeta fue necesario sacarla de forma gradual del tubo de cristal para asegurarse de que el menisco en el interior estuviese al mismo nivel del que se encontraba en la parte externa, esto para evitar un cambio de presión en el interior de la probeta que pudiera afectar el flujo normal del gas.



Se repitió el ensayo diez veces, mostrando los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

**TABLA 3: DETALLE DE ENSAYO DEL CONSUMO DE GLP**

Los datos de la siguiente tabla fueron obtenidos en el segundo paso de todo el proceso.

PRUEBA	TIEMPO
1	74.1 seg
2	77.3 seg
3	72.8 seg
4	77.4 seg
5	77.7 seg
6	75.1 seg
7	72.9 seg
8	75.3 seg
9	76.8 seg
10	75.3 seg

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo como resultado que el flujo de un litro de gas tarda un promedio de 75.47.

Luego de conocer el tiempo que tardó dicha hornilla en permitir el paso de un litro de gas, fue necesario calcular el tiempo promedio que permanecía encendida la misma en un día normal.

Se realizó un control donde se obtuvieron todos los datos de actividad de la estufa en la vivienda. Los detalles en la siguiente tabla:

**TABLA 4: ACTIVIDAD DIARIA DE LA ESTUFA EN LA VIVIENDA ESTUDIADA.**

Datos día uno			Datos día dos			Datos día tres		
HORA	hornilla 1	hornilla 2	HORA	hornilla 1	hornilla 2	HORA	hornilla 1	hornilla 2
5:00			5:00			5:00		
5:05			5:05			5:05		
5:10			5:10			5:10		
5:15			5:15			5:15		
5:20			5:20			5:20		

5:25	5:25	5:25
5:30	5:30	5:30
5:35	5:35	5:35
5:40	5:40	5:40
5:45	5:45	5:45
5:50	5:50	5:50
5:55	5:55	5:55
6:00	6:00	6:00
6:05	6:05	6:05
6:10	6:10	6:10
6:15	6:15	6:15
6:20	6:20	6:20
6:25	6:25	6:25
6:30	6:30	6:30
6:35	6:35	6:35
6:40	6:40	6:40
6:45	6:45	6:45
6:50	6:50	6:50
6:55	6:55	6:55
7:00	7:00	7:00
7:05	7:05	7:05
7:10	7:10	7:10
7:15	7:15	7:15
7:20	7:20	7:20
7:25	7:25	7:25
7:30	7:30	7:30
7:35	7:35	7:35
7:40	7:40	7:40
7:45	7:45	7:45
7:50	7:50	7:50
7:55	7:55	7:55
8:00	8:00	8:00
8:05	8:05	8:05
8:10	8:10	8:10
8:15	8:15	8:15
8:20	8:20	8:20
8:25	8:25	8:25
8:30	8:30	8:30
8:35	8:35	8:35

8:40	8:40	8:40
8:45	8:45	8:45
8:50	8:50	8:50
8:55	8:55	8:55
9:00	9:00	9:00
9:05	9:05	9:05
9:10	9:10	9:10
9:15	9:15	9:15
9:20	9:20	9:20
9:29	9:29	9:29
9:30	9:30	9:30
9:35	9:35	9:35
9:40	9:40	9:40
9:45	9:45	9:45
9:50	9:50	9:50
9:55	9:55	9:55
10:00	10:00	10:00
10:05	10:05	10:05
10:10	10:10	10:10
10:15	10:15	10:15
10:20	10:20	10:20
10:25	10:25	10:25
10:30	10:30	10:30
10:35	10:35	10:35
10:40	10:40	10:40
10:45	10:45	10:45
10:50	10:50	10:50
10:55	10:55	10:55
11:00	11:00	11:00
11:05	11:05	11:05
11:10	11:10	11:10
11:15	11:15	11:15
11:20	11:20	11:20
11:25	11:25	11:25
11:30	11:30	11:30
11:35	11:35	11:35
11:40	11:40	11:40
11:45	11:45	11:45
11:50	11:50	11:50

11:55		11:55	11:55
12:00		12:00	12:00
12:05		12:05	12:05
12:10		12:10	12:10
12:15		12:15	12:15
12:20		12:20	12:20
12:25		12:25	12:25
12:30		12:30	12:30
12:35		12:35	12:35
12:40		12:40	12:40
12:45		12:45	12:45
12:50		12:50	12:50
12:55		12:55	12:55
13:00		13:00	13:00
13:05		13:05	13:05
13:10		13:10	13:10
13:15		13:15	13:15
13:20		13:20	13:20
13:25		13:25	13:25
13:30		13:30	13:30
13:35		13:35	13:35
13:40		13:40	13:40
13:45		13:45	13:45
13:50		13:50	13:50
13:55		13:55	13:55
14:00		14:00	14:00
14:10		14:10	14:10
14:15		14:15	14:15
14:20		14:20	14:20
14:25		14:25	14:25
14:30		14:30	14:30
14:35		14:35	14:35
14:40		14:40	14:40
14:45		14:45	14:45
14:50		14:50	14:50
14:55		14:55	14:55
15:00		15:00	15:00
15:10		15:10	15:10
15:15		15:15	15:15

15:20	15:20	15:20
15:25	15:25	15:25
15:30	15:30	15:30
15:35	15:35	15:35
15:40	15:40	15:40
15:45	15:45	15:45
15:50	15:50	15:50
15:55	15:55	15:55
16:00	16:00	16:00
16:05	16:05	16:05
16:10	16:10	16:10
16:15	16:15	16:15
16:20	16:20	16:20
16:25	16:25	16:25
16:30	16:30	16:30
16:35	16:35	16:35
16:40	16:40	16:40
16:45	16:45	16:45
16:50	16:50	16:50
16:55	16:55	16:55
17:00	17:00	17:00
17:05	17:05	17:05
17:10	17:10	17:10
17:15	17:15	17:15
17:20	17:20	17:20
17:25	17:25	17:25
17:30	17:30	17:30
17:35	17:35	17:35
17:40	17:40	17:40
17:45	17:45	17:45
17:50	17:50	17:50
17:55	17:55	17:55
18:00	18:00	18:00
18:05	18:05	18:05
18:10	18:10	18:10
18:15	18:15	18:15
18:20	18:20	18:20
18:25	18:25	18:25
18:30	18:30	18:30

18:35	18:35	18:35
18:40	18:40	18:40
18:45	18:45	18:45
18:50	18:50	18:50
18:55	18:55	18:55
19:00	19:00	19:00
19:05	19:05	19:05
19:10	19:10	19:10
19:15	19:15	19:15
19:20	19:20	19:20
19:25	19:25	19:25
19:30	19:30	19:30
19:35	19:35	19:35
18:40	18:40	18:40
19:45	19:45	19:45
19:50	19:50	19:50
19:55	19:55	19:55
20:00	20:00	20:00
20:05	20:05	20:05
20:10	20:10	20:10
20:15	20:15	20:15
20:20	20:20	20:20
20:25	20:25	20:25
20:30	20:30	20:30
20:35	20:35	20:35
20:40	20:40	20:40
20:45	20:45	20:45
20:50	20:50	20:50
20:55	20:55	20:55
21:00	21:00	21:00

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado final se obtuvo el tiempo total en cada uno de los tres días, esto para hacer un cálculo estimado del consumo diario en litros de la vivienda estudiada, los detalles fueron:

**-Día uno: Ciento quince (115) minutos de uso.**

Consumo total:

Tiempo total en segundos:  $T (s) = 115mins \times 60seg = 6,900seg$

Consumo total en litros:  $C \text{ (lts)} = (6,900\text{seg})/(75.47\text{seg}) = 91.42\text{lts}$

**-Día dos: Ciento diez (110) minutos de uso.**

Tiempo total en segundos:  $T \text{ (s)} = 110\text{mins} \times 60\text{seg} = 6,600\text{seg}$

Consumo total en litros:  $C \text{ (lts)} = (6,600\text{seg})/(75.47\text{seg}) = 87.45\text{lts}$

**-Día tres: Cien (100) minutos de uso.**

Tiempo total en segundos:  $T \text{ (s)} = 100\text{mins} \times 60\text{seg} = 6,000\text{seg}$

Consumo total en litros:  $C \text{ (lts)} = (6,000\text{seg})/(75.47\text{seg}) = 79.50\text{lts}$

Teniendo un consumo promedio de 86.12 litros.

**Paso 3:** Como tercer paso es necesario realizar una gráfica con los valores obtenidos del paso 1, para poder hacer una proyección de la cantidad de gas con la que se puede contar para el consumo de la vivienda.

Para realizar la gráfica fue necesario estimar la cantidad promedio de heces generada por un ser humano, los 4 individuos estudiados para la realización de este ensayo fueron los integrantes de la misma vivienda estudiada en los pasos anteriores. El promedio de heces generadas por cada persona ronda entre los 150 y 200 gramos diarios.

Asumiendo un valor constante de 200 gramos diarios por persona, teniendo 4 personas en la vivienda nos da como resultado 800 gramos diarios.

En el paso dos se obtuvo como resultado que el promedio del consumo diario de GLP es de 86.12 litros. El diseño se realizará asumiendo que el consumo diario es de 90 litros, por lo tanto la proyección de generación de gases debe ser realizada hasta que en su interior haya una producción de 90 litros diarios para poder asegurar que el uso del sistema pueda ser constante lo cual garantiza poder suplir las necesidades diarias de la vivienda.

A continuación, estaremos mostrando una proyección del comportamiento en cuanto a la generación de gas del sistema con la finalidad de determinar el punto máximo de

producción, cuyos valores serán expresados en litros por día en un intervalo de tiempo aproximado de 160 días, desplegados en la siguiente tabla:

**TABLA 5: RESUMEN DE LA SUMATORIA DIARIA DE LA PRODUCCIÓN DE GASES**

Día 1	0	Día 41	18.7667	Día 81	46.5386	Día 121	71.5489
Día 2	0	Día 42	19.3447	Día 82	47.2076	Día 122	72.1725
Día 3	0	Día 43	19.9141	Día 83	47.8115	Día 123	72.6738
Día 4	0	Día 44	20.4154	Día 84	48.3763	Día 124	73.1461
Día 5	0.4816	Día 45	21.0553	Día 85	48.989	Día 125	73.5273
Día 6	0.952	Día 46	21.7337	Día 86	49.5815	Día 126	73.9489
Día 7	1.4455	Día 47	22.4401	Día 87	50.2029	Día 127	74.3144
Día 8	1.9968	Día 48	23.1698	Día 88	50.805	Día 128	74.7255
Día 9	2.5872	Día 49	23.9446	Día 89	51.3975	Día 129	75.1129
Día 10	3.2229	Día 50	24.5599	Día 90	51.9567	Día 130	75.4205
Día 11	3.9693	Día 51	25.191	Día 91	52.498	Día 131	75.6256
Día 12	4.7587	Día 52	25.8385	Día 92	53.0335	Día 132	75.899
Día 13	5.3794	Día 53	26.4827	Día 93	53.5857	Día 133	76.2066
Día 14	5.9705	Día 54	27.1424	Día 94	54.1822	Día 134	76.2635
Día 15	6.5011	Día 55	27.7153	Día 95	54.8488	Día 135	76.309
Día 16	7.0032	Día 56	28.2622	Día 96	55.5509	Día 136	76.3545
Día 17	7.459	Día 57	28.8665	Día 97	56.2941	Día 137	76.4456
Día 18	7.8577	Día 58	29.5352	Día 98	57.1245	Día 138	76.5109
Día 19	8.3249	Día 59	30.1733	Día 99	57.8707	Día 139	76.5678
Día 20	8.6146	Día 60	30.8515	Día 100	58.3275	Día 140	76.7387
Día 21	9.001	Día 61	31.5609	Día 101	58.9428	Día 141	76.9438
Día 22	9.4088	Día 62	32.2901	Día 102	59.591	Día 142	77.0919
Día 23	9.9018	Día 63	33.0013	Día 103	60.2784	Día 143	77.2742
Día 24	10.4297	Día 64	33.7101	Día 104	60.9848	Día 144	77.3653
Día 25	10.8917	Día 65	34.4165	Día 105	61.8212	Día 145	77.4792
Día 26	11.2677	Día 66	35.163	Día 106	62.7326	Día 146	77.6045
Día 27	11.757	Día 67	35.9523	Día 107	63.6442	Día 147	77.7754
Día 28	12.3317	Día 68	36.8753	Día 108	64.5271	Día 148	78.0716
Día 29	12.7875	Día 69	37.6118	Día 109	65.2791	Día 149	78.2197
Día 30	13.2428	Día 70	38.3101	Día 110	65.9365	Día 150	78.3564
Día 31	13.6825	Día 71	38.8798	Día 111	66.4037	Día 151	78.778
Día 32	14.174	Día 72	39.5609	Día 112	66.9575	Día 152	78.9033
Día 33	14.7523	Día 73	40.2069	Día 113	67.4853	Día 153	79.1984
Día 34	15.2743	Día 74	40.8392	Día 114	67.8841	Día 154	79.3351
Día 35	15.7301	Día 75	41.5079	Día 115	68.3914	Día 155	79.6085
Día 36	16.2178	Día 76	42.2591	Día 116	68.8703	Día 156	79.665



<b>Día 37</b>	16.708	<b>Día 77</b>	43.1593	<b>Día 117</b>	69.3375	<b>Día 157</b>	80.6403
<b>Día 38</b>	17.1979	<b>Día 78</b>	44.1016	<b>Día 118</b>	69.8453	<b>Día 158</b>	79.7851
<b>Día 39</b>	17.7051	<b>Día 79</b>	44.9843	<b>Día 119</b>	70.4346		
<b>Día 40</b>	18.2198	<b>Día 80</b>	45.7933	<b>Día 120</b>	70.9587		

Fuente: Elaboración Propia

Al día 158 se obtuvo la producción máxima de gases, la cual se mantendrá constante a partir de este punto asegurándonos una producción diaria de aproximadamente 79.78 litros.

### 3.3 DISEÑO

El corazón del sistema será construido con un tinaco de 1000 galones contando con 210 centímetros de altura y 156 centímetros de diámetro.

El mismo contará con un volumen disponible para aguas negras de 600 galones permitiendo una recámara de aire disponible para la acumulación de metano de 459.75 galones.

En toda la superficie interna del tinaco con la que el gas tendrá contacto directo se le llamará área de contacto.

Para el correcto funcionamiento y casos de emergencia el sistema debe contar con una presión mínima de una atmósfera que es equivalente a 14.7 libras por cada pulgada cuadrada, esto sin el incremento de presión por el gas que el mismo sistema generara.

La presión en el interior del sistema con el gas producido será:

Área de contacto (sin gas producido)

$$H=91.10\text{cm}$$

$$R=78\text{ cm}$$

$$A=2\pi \times r \times (R+H)$$

$$A= 2(3.14) \times 78 \times (78+91.1)$$

$$A=489.84 \times 169.1$$

$$A=82,831.94\text{cm}^2=12,838.97\text{in}^2$$

Área de contacto (con gas producido)

$$\pi \times h \times r^2 = v$$

$$3.14 \times h \times 78^2 = 79,780\text{cc}$$

$$h=4.17\text{ cm}$$

-----

$$H=91.10\text{cm}-4.17\text{cm}=86.93\text{cm}$$

$$R=78\text{ cm}$$

$$A=2\pi \times r \times (R+H)$$

$$A = 2(3.14) \times 78 \times (78 + 86.93)$$

$$A = 489.84 \times 164.93$$

$$A = 80,789.31 \text{ cm}^2 = 12,522.36 \text{ in}^2$$

Con los cálculos previos se puede llegar a la conclusión que la sumatoria de la fuerza de empuje total que ejerce el gas sobre el área de contacto es:

$$14.7 \text{ psi en } 12,838.97 \text{ in}^2 = 188,732.85 \text{ lbs}$$

$$\left( \frac{188,732.85 \text{ lbs}}{12,522.36 \text{ in}^2} \right) = 15.07 \text{ psi} \approx 15.5 \text{ psi}$$

La fuerza de empuje que recibe la superficie de agua en el tubo de entrada con un diámetro de 3" es de:

Área del tubo de 3"

$$\pi \times r^2 = (3.14) \times (1.5^2) = 7.065 \text{ in}^2$$

Fuerza de empuje

$$15.5 \text{ psi} \times 7.065 \text{ in}^2 = 109.5 \text{ lbs}$$

El valor obtenido fue necesario para crear una columna de agua con un peso mayor o igual y de esta manera poder contrarrestar la fuerza de empuje del gas que se encuentra en el interior del sistema:

El peso de  $1 \text{ m}^3$  es de **2,204.6 lbs**.

El peso mínimo necesario es de **109.5 lbs** de agua

Dicho peso en volumen de agua es:

$$V = \left( \frac{109.5 \text{ lbs}}{2,204.63 \text{ lbs}} \right) = 0.0496 \text{ m}^3 = 49.6 \text{ lts}$$

Altura mínima del tubo de 12" (sello).

$$V = h \times \pi \times r^2$$

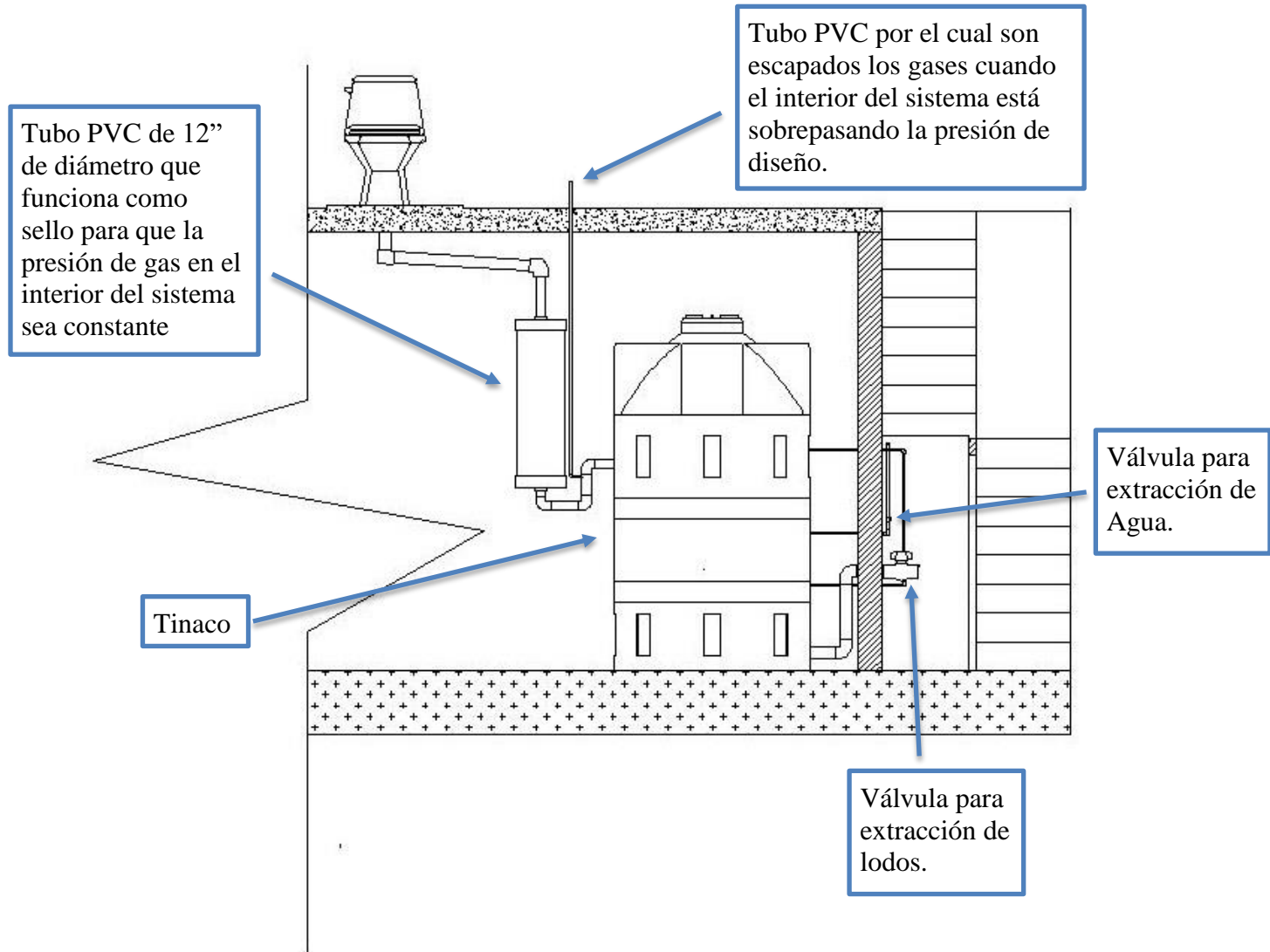
$$49,600 \text{ cc} = h \times 3.14 \times 15.24^2$$

$$h = 63.89 \text{ cm}$$

### 3.4 PLANOS

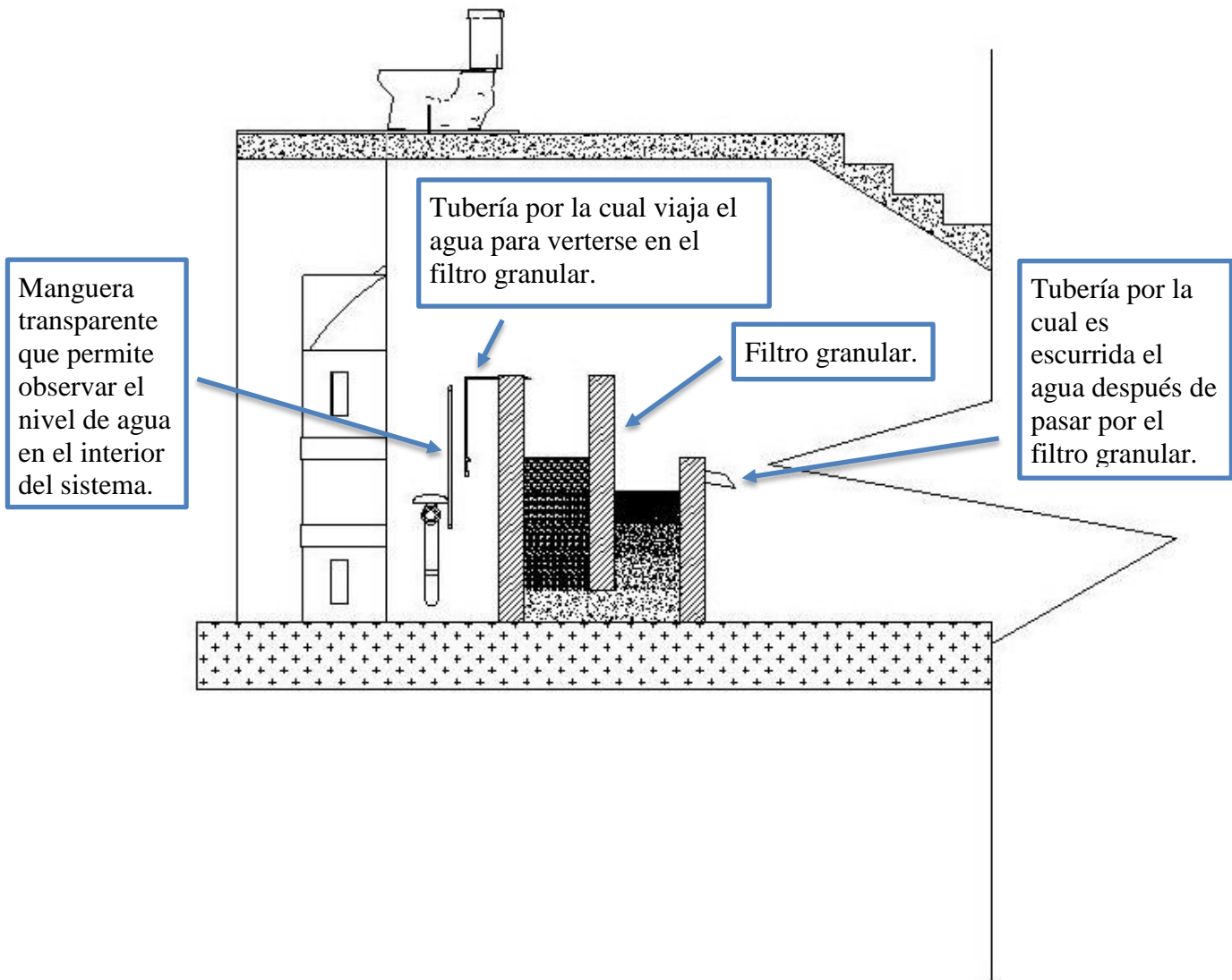
A continuación, será presentado un conjunto de detalles esquematizados para proporcionar un mayor entendimiento de lo expuesto previamente.

#### DETALLES DE ENSAMBLAJE VISTA FRONTAL



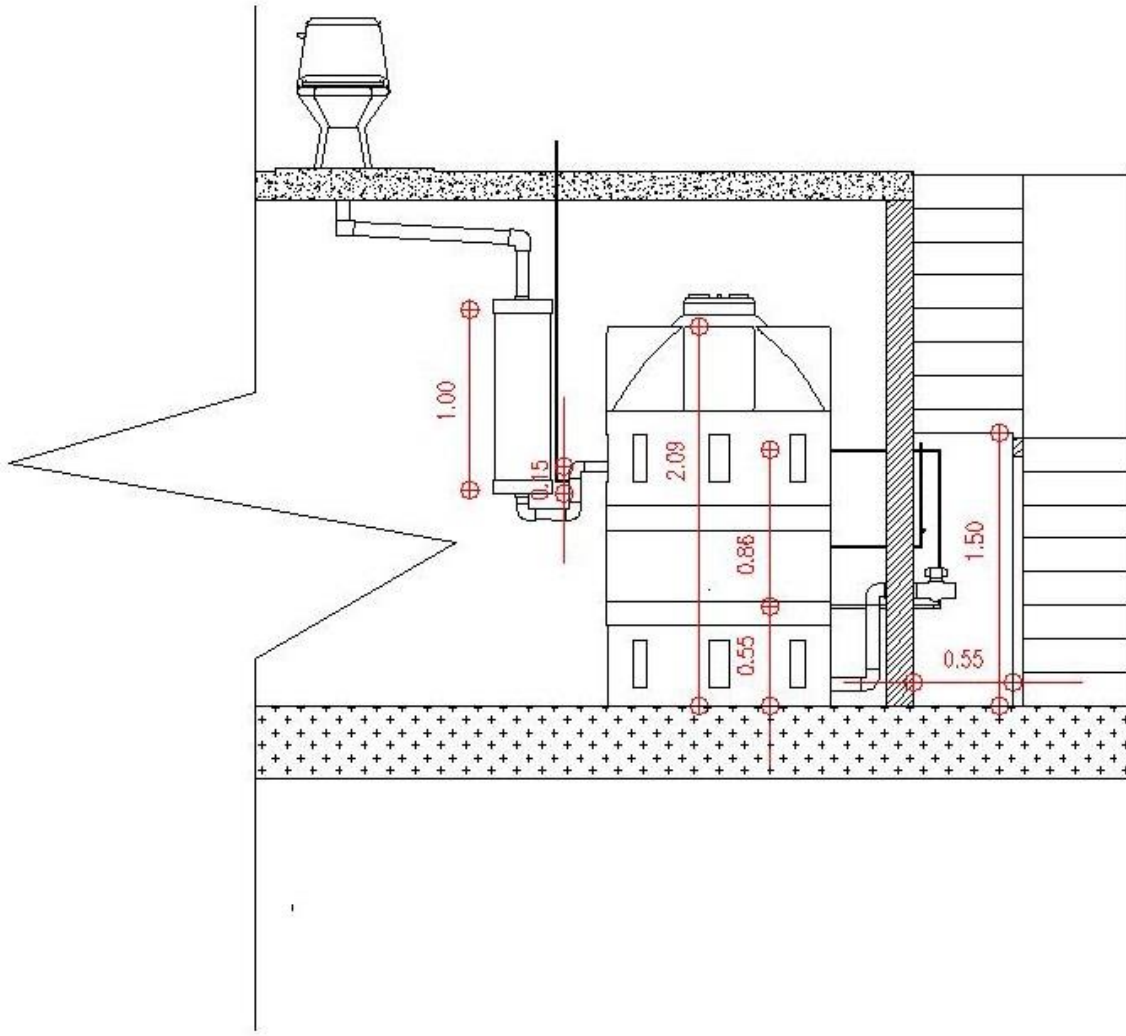
Fuente: Elaboración Propia

**DETALLES DE ENSAMBLAJE**  
**VISTA LATERAL DERECHA**



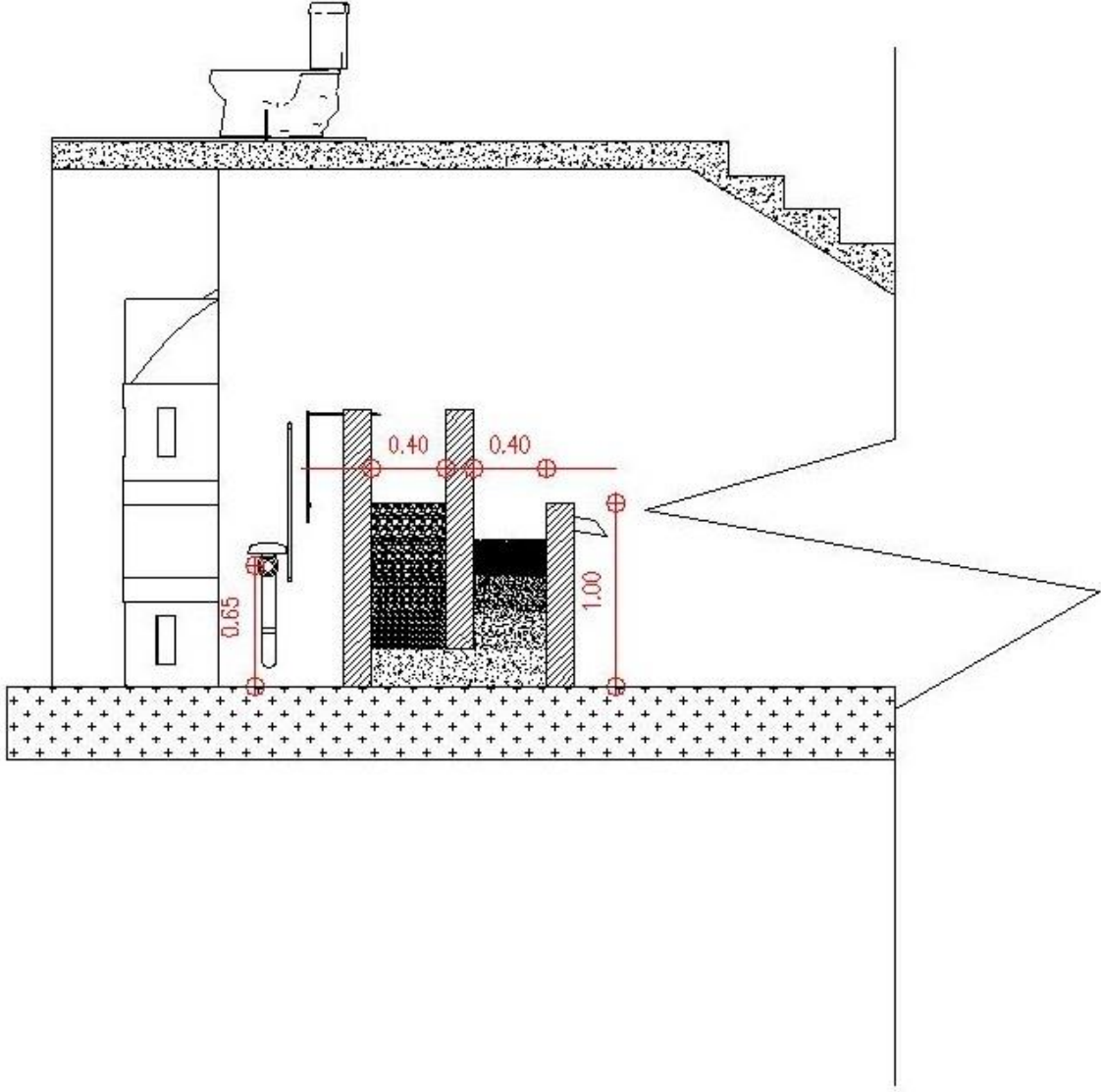
Fuente: Elaboración Propia

**DIMENSIONADO**  
**VISTA FRONTAL**



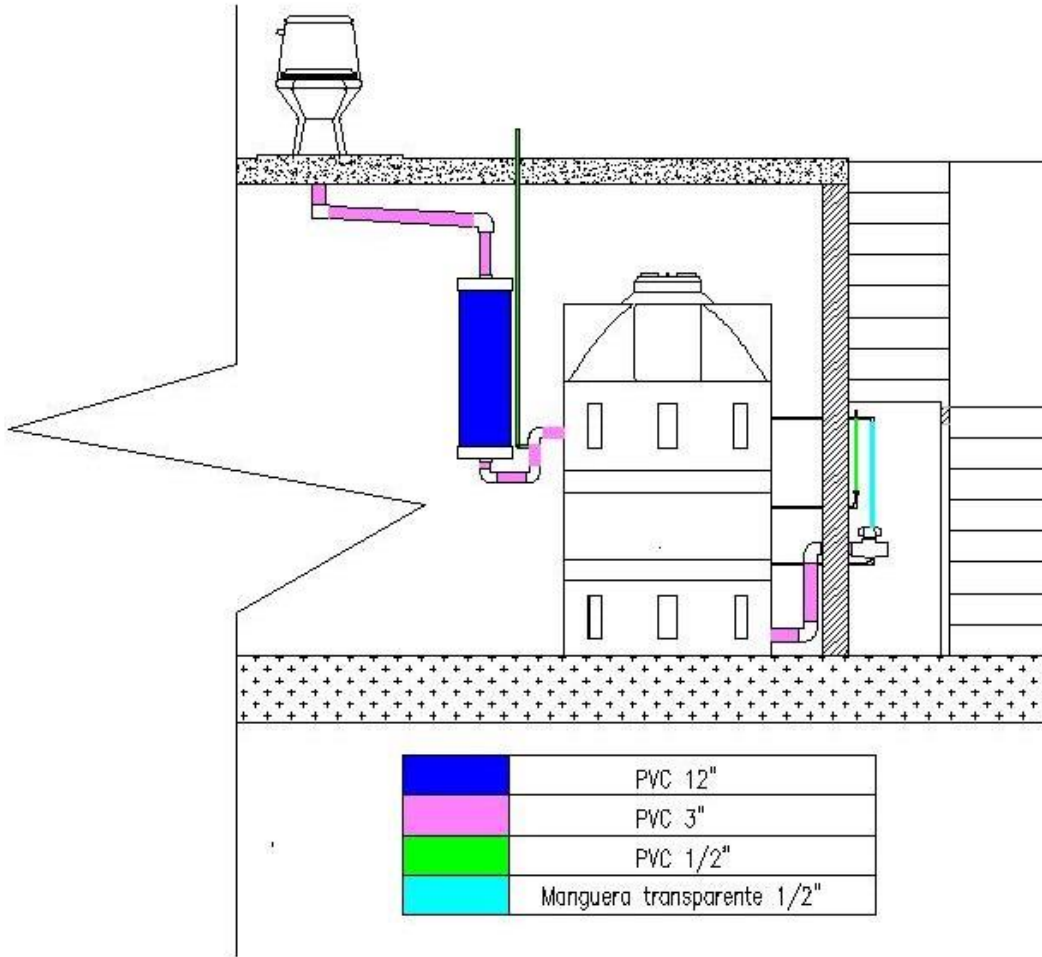
Fuente: Elaboración Propia

**DIMENSIONADO**  
**VISTA LATERAL DERECHA**



Fuente: Elaboración Propia

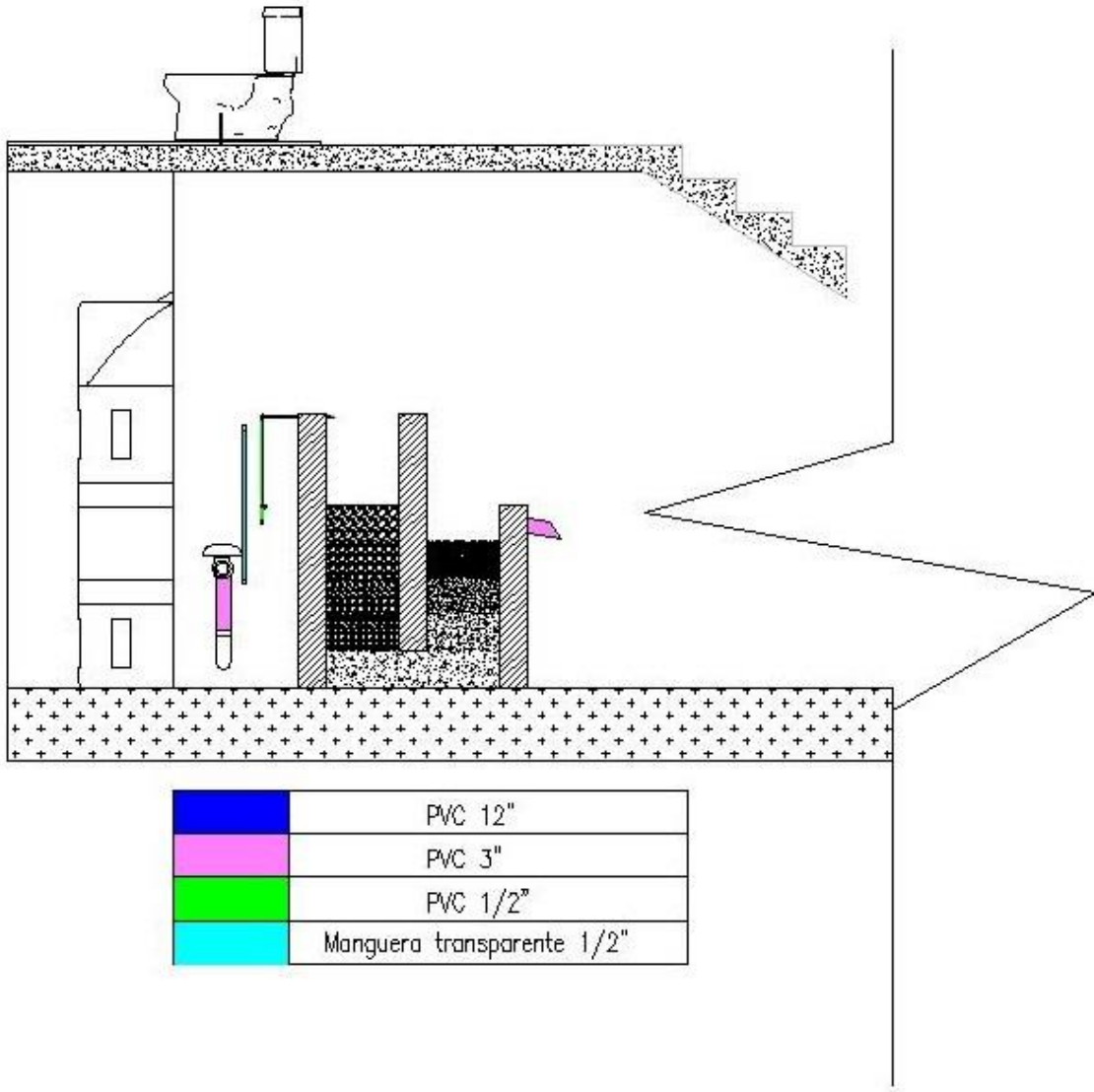
**DETALLES DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS  
VISTA FRONTAL**



Fuente: Elaboración Propia

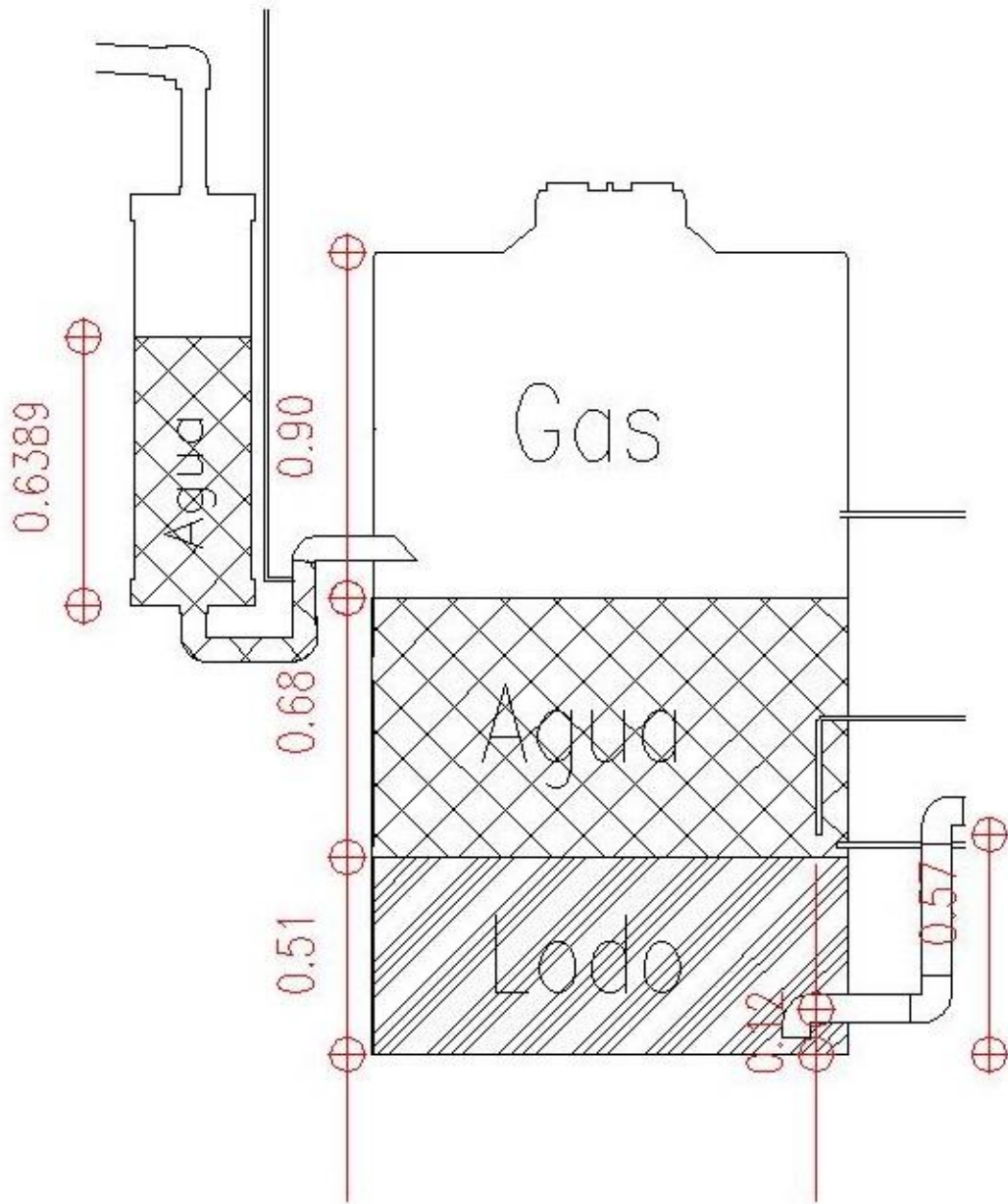


**DETALLES DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS**  
**VISTA LATERAL DERECHA**



Fuente: Elaboración Propia

**DETALLES INTERNOS DEL SISTEMA**  
**VISTA INTERNA**



Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIÓN

Sabiendo que “El metano (CH<sub>4</sub>), cuyo efecto invernadero es 20 veces superior al del CO<sub>2</sub>.” (Muerza, 2012) se buscó un método para reducir la contaminación medioambiental en una relación de 1/20 es decir, al oxidar una molécula de metano se descompone en dos moléculas de agua y una de dióxido de carbono el cual sigue siendo contaminante, pero 20 veces menor.

En este desarrollo no se realizó un sistema productor de gases, más bien se realizó un sistema encargado de recolectar los gases nocivos generados por la biodigestión de la materia orgánica dándonos la posibilidad de poder captarlos para darle un uso en específico.

El sistema en su punto de producción máxima debe producir un volumen de 79.78 litros diarios dando abasto en un 88.64% del volumen necesario, no obstante, se puede realizar un plan de uso para que el mismo sí sea suficiente y no se necesite ningún otro método alterno de combustible. El mismo se basa en controlar el tiempo de uso de la estufa disminuyéndolo de 108 minutos diarios a aproximadamente 87 minutos.

El sistema ofrece varios puntos a favor como se pueden destacar:

El **bajo costo** de fabricación ya que el mismo será construido con elementos comunes en una ferretería.

**Fácil fabricación** debido a que este puede ser personalizado dependiendo de las necesidades de cada usuario, sin embargo, es necesario que no sean alteradas las medidas que se encuentran en el diseño interno del biodigestor, ya que podría haber algún mal funcionamiento.

**Reducción de uso de combustibles fósiles** teniendo una producción de gas metano que se empleará en sustitución parcial del gas propano.

**Menor impacto medioambiental** pudiendo contar con la reducción de contaminación proveniente de industrias encargadas de la elaboración de abono.

Sin embargo, el sistema precede de ciertas condicionantes las cuales no deben ser obviadas para garantizar la eficiencia del mismo: en primera instancia es necesario otorgar el tiempo de maduración adecuada a los desechos antes de poder obtener los beneficios. Por otra parte, es necesario recalcar que las aguas vertidas en el sistema deben ser únicamente provenientes de los inodoros para evitar el contacto de las bacterias digestoras con productos de limpieza.

Por último y no menos importante, es necesario un suministro de gas propano alterno para casos de emergencia en los que el sistema no haya tenido una producción de gas necesaria para cumplir con las necesidades del usuario.

## **RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento del sistema debe ser continuo para evitar un mal funcionamiento, el mismo se deberá realizar en el momento que el tubo externo indique que el volumen de agua en el interior posee una columna aproximada de 120 centímetros, teniendo en cuenta que el sistema debe permanecer con una columna mínima de 50 centímetros para garantizar la vida de las bacterias encargadas de la digestión. Se basa en extraer las aguas previamente tratadas y pasarlas al filtro de lecho granular para luego poder ser vertidas a las plantas o directamente al subsuelo garantizando que las mismas no serán nocivas.

En el caso de los lodos la extracción se va a realizar únicamente cuando estos salgan por la llave superior, es cuando se debe cerrar la misma y abrir la llave que se encuentra en el fondo del sistema ya que es de un diámetro mayor y se asegura que saldrán los lodos más maduros. Los lodos se deben coleccionar y secar al sol antes de poder ser utilizados como abono orgánico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Argentina, R. (15 de septiembre de 2013). *YouTube*. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=HM8rRk-cnUI&list=LLc5r75QdIaO40RzLBJ\\_m5og&index=161](https://www.youtube.com/watch?v=HM8rRk-cnUI&list=LLc5r75QdIaO40RzLBJ_m5og&index=161)
- Ball, P. (02 de Febrero de 2000). *El país*. Recuperado el 09 de Julio de 2017, de [https://elpais.com/diario/2000/02/02/sociedad/949446024\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2000/02/02/sociedad/949446024_850215.html)
- Ballesteros, H. O. (Diciembre de 2007). *información tecnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Recuperado el 9 de Julio de 2017, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
- Barbosa, J. A. (s.f.). *monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos74/lodos-activos/lodos-activos.shtml>  
*cuidoelagua.org*. (2009).
- Diario ecologia*. (2014). Recuperado el 19 de junio de 2017, de [http://diarioecologia.com/%C2%BFque-es-el-gas-metano/?doing\\_wp\\_cron=1497899774.3582189083099365234375](http://diarioecologia.com/%C2%BFque-es-el-gas-metano/?doing_wp_cron=1497899774.3582189083099365234375)
- EcuRed. (15 de Julio de 2017). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Aguas\\_fre%C3%A1ticas](https://www.ecured.cu/Aguas_fre%C3%A1ticas)
- Envitech, C. (2015). *Condorchem Envitech*. Obtenido de <http://blog.condorchem.com/tag/cal-viva/>
- Gardey, J. P. (2011). *Definicion.de*. Obtenido de <http://definicion.de/densidad/>
- Geographic, N. (5 de septiembre de 2010). *National Geographic*. Recuperado el 7 de julio de 2017, de <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global>
- Guerrero, L. (s.f.). *Vida Verde*. Recuperado el 21 de Junio de 2017, de <http://vidaverde.about.com/od/Energias-renovables/a/Que-Es-El-Biogas.htm>
- Herrero, J. M. (2008). *biodigestores familiares Guía de diseño y manual de instalación*. Recuperado el 2 de noviembre de 2017, de [https://books.google.com.do/books?id=TsbrdcmKGKCoC&printsec=frontcover&dq=biodigestor&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjRqsa6g6DXAhXBSyYKHV8aC\\_EQ6AEIJTAA#v=onepage&q=biodigestor&f=false](https://books.google.com.do/books?id=TsbrdcmKGKCoC&printsec=frontcover&dq=biodigestor&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjRqsa6g6DXAhXBSyYKHV8aC_EQ6AEIJTAA#v=onepage&q=biodigestor&f=false)
- Instituto superior del medio ambiente*. (s.f.). Recuperado el 9 de Julio de 2017, de <http://www.ismedioambiente.com/paginas/el-potencial-fertilizante-y-economico-de-los-lodos-de-depuradora-para-los-cultivos-agricolas>
- Luna, H. A. (27 de Diciembre de 2012). *SlideShare*. Recuperado el 11 de Julio de 2017, de <https://es.slideshare.net/jesusborda/que-son-tuberias>
- M, D. J. (2013). *Estudio para aprovechamiento de gas combustible a partir de rellenos sanitarios*. Universidad José Antonio Páez. Recuperado el 11 de Julio de 2017, de <https://bibliovirtualujap.files.wordpress.com/2013/05/teg-david-lopez.pdf>
- Maya, C. A. (2002). *Fenómenos químicos*. Universidad EAFIT. Recuperado el 19 de Junio de 2017
- Muerza, A. F. (26 de Septiembre de 2012). *Eroski consumer*. Obtenido de [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/energia\\_y\\_ciencia/2012/09/26/213420.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2012/09/26/213420.php)
- national georaphic*. (5 de 2010).

*Portal educativo* . (agosto de 2014). Recuperado el junio de 19 de 2017, de <https://www.portaleducativo.net/octavo-basico/794/Propiedades-de-los-gases>  
Rotoplas, B. A. (s.f.). *Dinamica en soluciones hidraulicas especializadas*. Obtenido de <http://www.tanquesycisternas.com/blog/18-biodigestor-autolimpiable-rotoplas>  
Team, R. W. (21 de Febrero de 2014). *RWL Water News Team*. Obtenido de <https://www.rwlwater.com/que-es-el-tratamiento-con-lodos-activados/?lang=es>