



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

**“Diseño de un Biodigestor piloto a partir de los efluentes  
de la Empresa Gloria S.A. Cajamarca”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Mantilla Requelme, Marcelo Isai (ORCID: 0000-0001-8034-1080)

**ASESOR:**

Dr. Villarreal Albitres, William Fernando (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Al todo poderoso DIOS, que nos da la vida; de la misma forma a mi familia, por inculcarme al esfuerzo y dedicación, enseñarme a crecer, por su apoyo y Guía, por fundar las bases que contribuyeron a llegar a la meta.

La presente investigación está dedicada a mi hija Mabel, quien es parte fundamental para describir y desarrollar este trabajo, y para los principales protagonistas de este “sueño alcanzado”.

## **Agradecimiento**

En el presente trabajo, primeramente, estoy agradecido al altísimo, siendo el conductor fundamental durante el periodo desde mi existencia, proporcionándome instrucciones, para poder terminar exitosamente las metas propuestas.

Agradecido estoy con mis padres por ser el eje fundamental, por haber brindado su apoyo incondicional, aun en las adversidades e inconvenientes que se hubo en el camino.

Además, mi especial gratitud con los instructores quienes, sabiamente compartieron sus conocimientos, además me motivaron a desarrollarme profesionalmente dentro Universidad César Vallejo.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variables .....	13
3.3. Población y muestra .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	14
3.5. Procedimiento.....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS .....	18
V. DISCUSIÓN.....	36
VI. CONCLUSIONES .....	37
VII. RECOMENDACIONES .....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS .....	45
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	46
Reporte turnitin.....	47
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	48

## Índice de tablas

<b>Tabla 01.</b> <i>Ficha del registro y clasificación de los datos</i> .....	14
<b>Tabla 02.</b> <i>Materiales empleados en la investigación</i> .....	15
<b>Tabla 03.</b> <i>Ficha de prueba</i> .....	16
<b>Tabla 04.</b> <i>Volumen de agua tratada y suero</i> .....	18
<b>Tabla 05.</b> <i>análisis de los principales parámetros de un digestor</i> .....	22
<b>Tabla 06.</b> <i>Condición de temperaturas en la degradación anaeróbica</i> .....	22
<b>Tabla 07.</b> <i>Válvulas</i> .....	24
<b>Tabla 08.</b> <i>Acoples</i> .....	25
<b>Tabla 09.</b> <i>Instrumentos</i> .....	25

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 01.</b> Proceso de la planta de tratamiento de residuos (PTAR) Cajamarca (2019) .....	6
<b>Figura 02.</b> Diagrama de una planta de generación del biogás.....	7
<b>Figura 03.</b> Gráfico de los efluentes .....	19
<b>Figura 04.</b> Biodigestor semicontinuo, fuente: energía C. (2009) .....	24
<b>Figura 05.</b> Reactor del biodigestor .....	26
<b>Figura 06.</b> Diseño del biodigestor piloto .....	27
<b>Figura 07.</b> Biodigestor piloto .....	28
<b>Figura 08.</b> Biodegradación del suero .....	30
<b>Figura 09.</b> Turbidez de suero afluente y efluente.....	31
<b>Figura 10.</b> planta PTAR piloto .....	34
<b>Figura 11.</b> PTAR piloto en sistema continuo .....	35

## Resumen

La implementación de tecnología dentro de un sistema de tratamiento de efluentes de la industria de los quesos es de gran importancia ya que logra evitar consecuencias como paradas de producción, eliminación de bacterias aeróbicas degradadoras de grasa, repercutiendo al medio ambiente.

Por lo cual, se presenta la investigación con la finalidad de determinar los parámetros para el diseño del biodigestor piloto a partir de los efluentes de la empresa Gloria S.A. Cajamarca, la investigación es de tipo aplicada, descriptiva, permitirá describir los resultados, expresadas en conclusiones, el diseño cuasiexperimental, utiliza como técnica a la documentación, y el instrumento para recabar los datos es la ficha.

De los resultados: se determinó que para 60000 litros de suero se necesita un biodigestor de capacidad en volumen total  $V_T = 233.24 \text{ m}^3$ , incluyendo un contenedor para biogás de  $V_G = 58.31 \text{ m}^3$ , los parámetros adecuados para el proceso de degradación, en cuanto al pH óptimo esta entre 6,6 a 7,6. Se realizó 3 pruebas en el día 0, el día 1,2, y 3 respectivamente dando como efecto la producción de biogás, y la reducción de la turbidez.

Del diseño del biodigestor piloto se concluye que: después de 3 días al estar en proceso anaeróbico el suero este obtiene una disminución en un 88.5% en cuanto a la turbidez, reflejándose en una mejora para el rendimiento de la planta de tratamiento, además estos 600000 litros de efluentes que no son tratados pueden generar energía eléctrica o energía térmica.

**Palabras clave:** Biodigestor Piloto, suero, efluentes.

## **Abstract**

The implementation of technology within an effluent treatment system of the cheese industry is of great importance and will achieve consequences such as production stops, elimination of aerobic bacteria degraded from fat, impacting the environment. Therefore, the research is presented in order to determine the parameters for the design of the pilot biodigester from the effluents of the company Gloria SA Cajamarca, the research is of an applied, descriptive type, it will describe the results, expressed in conclusions, the quasi-experimental design uses documentation as a technique, and the instrument to collect the data is the file.

From the results: it was determined that for 60,000 liters of serum a biodigester with a total volume capacity  $V_T = 233.24 \text{ m}^3$  is needed, including a container for biogas of  $V_G = 58.31 \text{ m}^3$ , the appropriate parameters for the degradation process, in terms of pH optimal is between 6.6 to 7.6. 3 tests were carried out on day 0, day 1,2, and 3 respectively, giving the effect of biogas production and reduction of turbidity.

From the design of the pilot biodigester it is concluded that: after 3 days when the serum is in an anaerobic process, it obtains an 88.5% decrease in turbidity, which is reflected in an improvement in the performance of the treatment plant, in addition to these 600,000 liters of effluent that are not treated can generate electrical energy or thermal energy.

**Keywords:** Pilot Biodigester, serum, effluents.



## I. INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos tiene un crecimiento paulatino en América latina, sin embargo, se ve afectado por la deficiente capacidad de infraestructura para tratar los residuos, a medida que se incrementa la producción, crece también los desperdicios, las plantas de tratamientos generan altos costos en producción, según Torres, Cano y Ramos, (2015) afirma: el sector industrial de la elaboración de la comida, tiene presencia importante en las labores financieras contribuyendo al mercado, en tanto, se enfrenta con dificultades para el tratamiento de los desechos a razón faltante de tecnología. Para ello, se presenta la necesidad de orientar la extracción de agua limpia, sin embargo, no es suficiente la planta de tratamiento cuando aumenta la producción ya que los residuos crecen. (p. 210)

La empresa Gloria a nivel nacional realiza procesos de pasteurización de leche, almacenamiento en silos, y transformación de los productos en diferentes tipos de quesos y retira una cantidad de desperdicios hacia la planta de tratamiento de residuos (PTAR).

En Cajamarca la empresa cuenta con deficientes procesos de tratamiento de sueros, no tiene indicadores que muestren el ingreso del suero al tratamiento, luego de emplear polímeros aniónicos de floculación de grasas suspendidas.

En el proceso de almacenamiento de suero ricota, el residuo sólido del agua es transportado a Chimbote, a la disposición final, los costos de transporte son altos por la cantidad del desperdicio no tratado, estos son incluidos en los productos elaborados.

La investigación presentada tiene el propósito de mejorar la capacidad instalada de la PTAR propone estudiar el diseño de un biodigestor para mejorar el rendimiento de residuos de la empresa Gloria S.A. Cajamarca, una vez expuesto el problema en la presente investigación se propone la pregunta de estudios:

**Formulación del problema:** ¿de qué manera el diseño del biodigestor podrá mejorar el rendimiento en la Planta de tratamiento de los efluentes de La Empresa Gloria S.A., Cajamarca?

**Justificación técnica:** El manejo ineficiente, la falta de infraestructura y conocimiento en plantas de tratamiento de residuos industriales de lácteos conlleva a no poder tratar un excedente de caudal en producción máxima.

**Justificación económica:** Aprovechar el residuo excedente suero lácteo, de la empresa para generar energía en forma de biogás. Además, el costo para la implementación de un biodigestor es bajo, la construcción sencilla, su manipulación, cuidado y colocación de los residuos inorgánicos.

**Justificación social:** El aprovechamiento de los residuos de la agroindustria es beneficioso ya que tienen bajos costos de energía, lo cual conlleva a mayor inversión en la zona.

**Justificación ambiental:** Para reducir la contaminación y hacer admisible su el vertido efluente al medio acuático natural, (en algunos casos se puede reutilizar para riego).

**El objetivo general es:**

Determinar el diseño del biodigestor a partir de los efluentes de la empresa Gloria S.A. Cajamarca

**Los objetivos específicos se describen a continuación:**

Evaluar la capacidad de efluentes para la biodegradación de suero en la Empresa Gloria S.A.

Diseñar el biodigestor piloto para la biodegradación del suero lácteo de la Empresa Gloria S.A.

**La hipótesis general es:**

El diseño del biodigestor si va a permitir mejorar el tratamiento de los efluentes de la empresa Gloria S.A. Cajamarca.

**Las hipótesis específicas son:**

La capacidad de efluentes si permite la biodegradación de suero en la Empresa Gloria S.A.

El Biodigestor Piloto biodegrada el suero lácteo de la Empresa Gloria S.A.

## II. MARCO TEÓRICO

### Trabajos previos

#### Internacional

Para Sgarlatta y tarditti (2015), en su investigación titulada, *“Análisis de una planta de tratamiento de efluentes de lácteos san Basilio S.A.”*

**Objetivo:** Evaluaron la manipulación de los efluentes en la planta de productos lácteos San Basilio S.A., lugar, San Basilio provincia de Córdoba.

**Desarrollo:** Examinaron la realización de los quesos y el dulce de leche el cual se realizó con mucha precaución y atención generando la cantidad mínima posible de efluentes, agregado que la empresa cuenta con instalaciones, las cuales permiten tener buen rendimiento en el aprovechamiento de agua y teniendo al personal en continua instrucción, procesando un aproximado de 105.000 litros por día de leche y obteniendo la misma cantidad de efluentes, con una relación cercano a 1:1 el cual es por debajo del promedio de este tipo de industrias lácteas.

**Propuesta:** Una mejoría en relación al valor agregado del suero, además plantean el uso adecuado del mismo, generando resultados de un producto beneficioso y sustentable, que requiere de una inversión inicial elevada, con la probabilidad de amortizarse en unos 5 años. (p. 48)

#### Nacional

Para Zambrano, (2016), de título *“Rendimiento de biogás a partir de mezclas entre estiércol vacuno y suero queso mediante digestión anaeróbica”*

**Objetivo:** Define la producción de biogás a partir de la combinación de eses de los vacunos más el lactosuero de las queserías, por medio de degradación anaerobia.

**Desarrollo:** empleó la mezcla estiércol/suero con relación de 1:7, siendo óptima para la producción de biogás, generando el 66.38% en nitrógeno en forma de gas y un 27.67% de metano en el periodo de biodigestión. Al pre acidificar al suero queso no se requiere la separación de su grasa, permitiendo un retiro total de

todo el suero sin dejar residuos tóxicos. El biol del suero de quesería presentó una excelente estabilidad fisicoquímica, microbiológica y a un menor grado de fitotoxicidad en comparación a la mezcla estiércol/suero en relación de 1:7.

**Conclusión:** Un tratamiento anaeróbico para procesos de biodigestión del suero de quesería con o sin estiércol es idóneo para conseguir un biol equilibrado de los efluentes lácteos. (p.95)

## **Teorías**

### **La biomasa**

Definen a la biomasa según la relevancia histórica de presentación, la cual comprende su uso a través de todas las generaciones del hombre, para sustentarse como es el caso, para calentarse, para cocinar, y otra función más. Según ER, (2008) describe:

Fue en un inicio el combustible usado por el ser humano, además fue el primero en el cambio de la industria. Se utilizaba en la cocina, calentamiento del hogar, realizar trabajos de cerámica y, posteriormente en la producción de metales y abastecer la maquinaria que genera vapor. Fueron justamente estos nuevos usos, que gradualmente demandaban una mayor cantidad de energía en lugares cada vez más pequeño, los cuales impulsaron el uso masivo de carbón como combustible reemplazante, a mediados del siglo XVIII.

A partir de ese periodo se empezaron a usar distintas fuentes de energía con más intensidad (es decir con mayor poder calorífico), y la utilización de la biomasa fue descendiendo hasta llegar a mínimos históricos coincidiendo con el uso abundante de los derivados del petróleo. Aun así, es de gran importancia generando energía para diferentes usos de la industria además en lo doméstico. Por otra parte, posee cualidades renovables, originando trabajo, estimulando la activación económica en algunos lugares, resultando ser visto en la elección a futuro (p. 5).

## **Plantas para tratamiento de fluidos industriales lácteos**

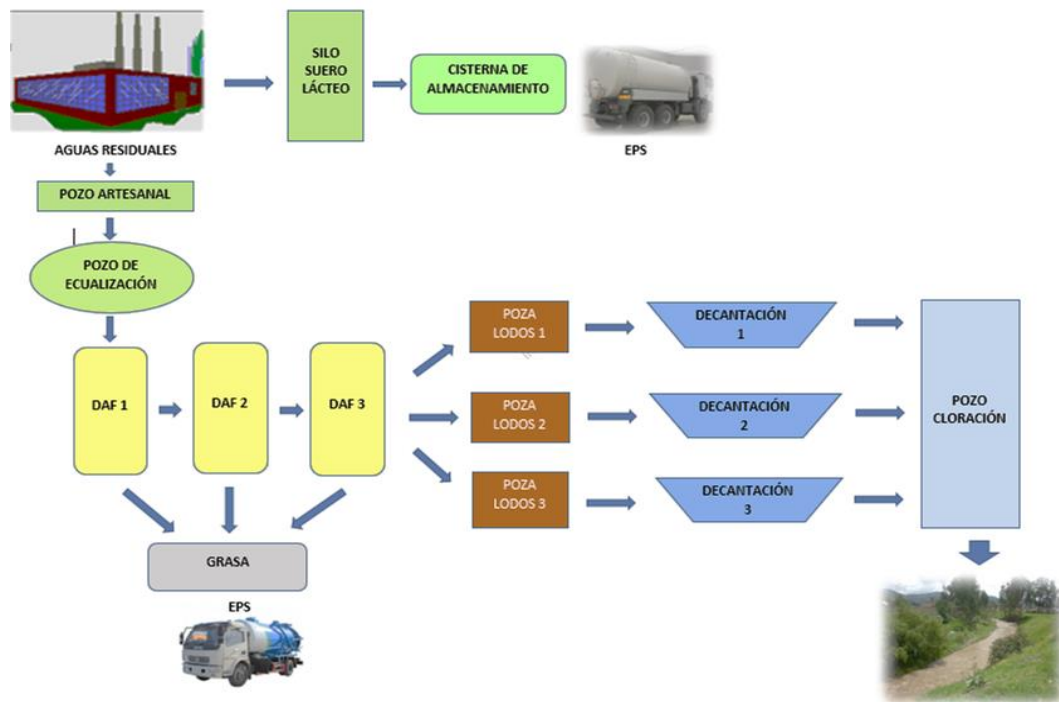
Tratar Agua Residuales en la Industria de los lácteos es esencial, ya que sus desechos acuíferos producen un enorme impacto al medio ambiente. ¿Por qué pasa esto?

Primeramente, en los procedimientos de limpieza de máquinas, la sobra de leche, el lactosuero y aguas de las distintas áreas de proceso, generan un gran volumen de aguas residuales con elevadas cargas de contaminantes. Estas aguas contienen una alta relación de materia orgánica (DQO y DBO elevadas), además los aceites, grasas y nitratos, constituyendo un gran peligro para el medio ambiente.

A fin de evitar las consecuencias que los fluidos residuales tienen, existen distintos tratamientos de los desechos de la industria láctea, sobresaliendo

El tratamiento convencional, consiste en un proceso de degradación biológica aeróbico con bacterias que suprimen los componentes orgánicos del material disuelto (DBO), agregando aire a las aguas residuales creando un medio aeróbico. Previo de que los residuos sean exterminados por las bacterias, el efluente se separa la grasa en un tamiz rotatorio, para la extracción de las grasas presentes. Después, se incluyen burbujas de aire para hacer que las grasas asciendan a la superficie siendo acarreadas a un depósito. Luego, las bacterias eliminan los restos de los contaminantes.

El propósito de las PTAR (planta de tratamiento de residuos), es limitar el desarrollo natural de auto purificación de los efluentes. Quitando, la mayor parte de los SS (sólidos suspendidos) en el tratamiento primario; la DBO en el tratamiento secundario, además los patógenos y menos de la mitad de nitrógeno y fosforo en el tratamiento terciario.



*Figura 1.* Proceso de la planta de tratamiento de residuos (PTAR) Cajamarca (2019)

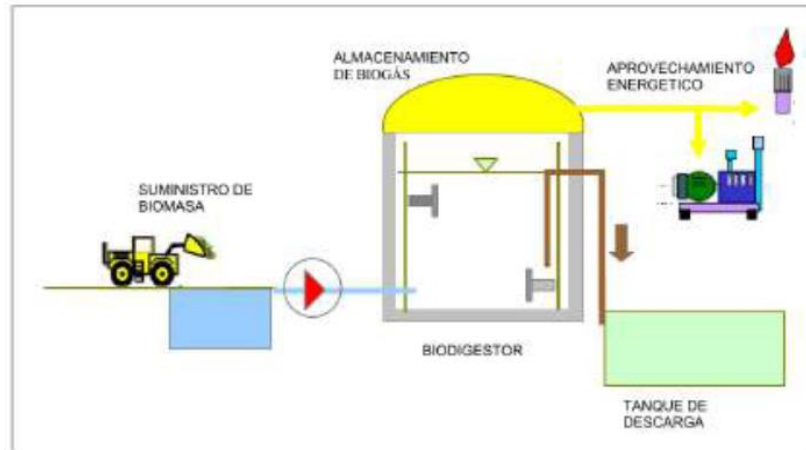
Los métodos anaerobios para emanar las aguas residuales proceden siguiendo un desarrollo biológico bajo condiciones anaeróbicas (sin presencia de aire), la PTAR es capaz de convertir los restos de DQO, DBO, SS y SV en biomasa y biogás (fuentes de energía). Esta solución es bastante eficaz cuando los efluentes contienen una enorme cantidad de elementos biodegradables. (G. Sáenz, 2018).

### Concepto de biodigestores

Se definen a los reactores que degradan los componentes orgánicos para producir gas de síntesis y materiales que pueden ser utilizados como fertilizantes, de acuerdo con Arrieta, (2016) afirma:

Un biodigestor de materia desechable orgánica o comúnmente biodigestor, este compuesto principalmente de un depósito o contenedor sellado (llamado también degradador) en el cual agregamos la sustancia orgánica, este experimenta un proceso en circunstancias de anaerobias. Un biodigestor es posible construirlo de diferentes elementos: de plástico, en metal o ladrillo, y demás. Y en otro caso la Unión de ellos. Incluso adopta diferentes aspectos, cilíndricamente, de forma rectangular o también de forma ovoide, el primer aspecto se le da más uso. El

reactor digestor es la parte fundamental en un generador de biogás ya que de este se genera la materia combustible en forma de biogás, posteriormente se aprovecha su energía producida (p. 41).



*Figura 2.* Diagrama de una planta de generación del biogás

### **Descripción de un biodigestor**

Se demuestran en la importancia del diseño, de acuerdo con lo mencionado por Arrieta, (2016) menciona:

Por lo general lleva un canal de alimentación al ingreso del biodigestor y un canal de evacuación a la salida de este. La materia o sustancia donde se suministra al reactor se lo llama afluente (sustancia a utilizar con fluido), y al generado de la descarga llamado usualmente efluente o también digestato. Tras ello podría usarse como abono. La capacidad del digestor se divide entre la capacidad útil, llenado de sustancia orgánica, y la capacidad de gas ubicado en el parte superior asignado a la acumulación del gas generado; a este se llama campana para gas, domo o cúpula, las medidas se precisan de acuerdo al depósito de acumulación externo del gas (gasómetro) también se utiliza la cúpula para guardar el biogás a la vez que se va generando. Por último, todo reactor posee su descarga (situada en la parte posterior permitiendo sustraer el gas, al abrirse las válvulas de las tuberías de gas. (p. 43).

## Descripción para el diseño

La proporción de la relación del afluente más la carga orgánica en volumen con el periodo de retención hidráulica, para Moncayo, (2013) afirma:

Al diseñar un digestor, se calcula el volumen total el que tiene que alojar un su estado líquido  $L_V$  (llamado volumen útil) y una en forma de gas  $V_G$  (gas generado), así como se representa a continuación:

$$V_T = L_V + V_G$$

El volumen para este último dependerá de la dimensión del gasómetro vale decir un tanque externo al reactor, en el cual se guarda el biogás generado del día, y de la cantidad de biogás usado por día. Además, se considera un porcentaje de seguridad (por lo común en un 20% del volumen total) cubriendo casuales alteraciones en la generación de materia combustible. un tiempo mínimo para la generación de gas dentro del reactor estará entre cuatro a seis horas de generación de gas.

De este modo, un volumen útil en el biodigestor (llamado  $V_D$  a partir de ahora) se puede representar a través de la siguiente ecuación:

$$V_D = \text{volumen útil del biodigestor (m}^3\text{)} = TRH \text{ (días)} * Q_{\text{afluente}} \text{ (m}^3\text{/día)}$$

En el que, el tiempo de retención hidráulica, comúnmente varía entre veinte y cincuenta y cinco días, más la carga al día que varía entre uno y cinco kilogramos de Sólidos Totales por  $\text{m}^3$  de digestor.

Teniendo en cuenta que es sencillo determinar, el volumen total, entre las partículas de los sólidos suspendidos de un líquido en ves de el volumen de los microorganismos, estimando un periodo promedio de la retención de estos microorganismos dentro del reactor acercándolo al tiempo de retención de solidos (TRS). Los cuales se vinculan con los sólidos suspendidos (SS) dentro del digestor también otros que se retiran del digestor, para lo cual es representada con la siguiente ecuación:



*TRS = (masa de solidos suspendidos en el digestor / volumen de solidos que salen del digestor)*

Para el proyecto de un sistema generador de gas, se deben tener en cuenta principalmente estos parámetros en la operación (pp. 44,45).

### **Ventajas del biodigestor**

No solo es para la entidad o empresa que lo promueve, sino además es de carácter global, según Arrieta (2016), describe al respecto:

La utilización del proceso de digestión anaerobio posee un gran potencial. Esta tecnología contribuye al desarrollo sostenible, ya que la utilización de biodigestores permite acceder a energía y abono con costos bajos, producidos principalmente que provienen de los efluentes contaminantes, tales como el residuo industrial lácteo, contribuyendo a disminuir la contaminación del ambiente, optimizando la mejora de la salud.

Los beneficios para el ambiente con la utilización de digestores están en proporción con las emanaciones de los gases nocivos logrando evitarlos, la protección de la biodiversidad (impedir la contaminación de los manantiales de aguas), y mejorar el suelo con el agregado de fertilizantes orgánicos.

Un beneficio social, es la reducción de los inconvenientes con el medio ambiente, participando en la organización tomando las decisiones que sean necesarias, en relación del empleo razonable de los bienes del medio ambiente por último intercambio de datos o hechos.

Las ventajas económicas con el uso de los biodigestores están relacionadas con el cambio parcial o total del combustible (bosta o GLP). (pp. 79,80).

### **El suero del proceso lácteo**

Es un subproducto con alto contenido biodegradable, según Viquez, (2012) afirma:

El lactosuero es un fluido sobrante, resultante de la producción de los quesos. De manera que, resulta ser un derivado de las industrias lácteas, donde, por un kg de

queso fabricado, este produce aproximadamente 9 kg de suero lácteo. Víquez, (2012); Siso, (1996).

El lactosuero contiene una elevada demanda de proteínas, lactosa, también es altamente biodegradable (99%) y tiene una alta Demanda Química de Oxígeno (DQO) aproximadamente a 70.000 mg/L Víquez, (2012); Erguder, (2001)

Proporciones de 50.000 a 80.000 (mg/L) (Víquez, (2012); Saddoud, (2007). (p. 42)

### **Proceso de Cambio del suero lácteo a biogás**

Una transformación del lactosuero a gas es un camino viable. No obstante, antes de que un biodigestor realice la conversión del suero en energía, es esencial contemplar ciertas características de la producción de biogás, seguidamente, se enuncia:

El proceso de generación del biogás podemos entenderlo con la siguiente teoría, el cual nos indica un resultado de 0.35 m<sup>3</sup> en gas metano por un kilogramo de Demanda Química de Oxígeno (DQO), en un reactor. Demostrándonos que empleando mil litros de suero podrían producir 36 m<sup>3</sup> de gas, en un 65% de metano, esto es igual a 22 litros de combustible gasoil.

Erguder y Mawson en sus estudios, demostraron en lo práctico se puede generar de 20 a 35 m<sup>3</sup> de biogás, en unos 1000L del lactosuero, usando biodigestores de flujo ascendente. Realizaron la comparación del suero con respecto a la excreta de vaca, determinando que un establo con 50 animales de ordeño, podrían generar en similitud de biogás, a una planta de quesos que genera 23 kilogramos de suero diariamente, para lo cual, es necesario utilizar aproximadamente 180 a 200 Litros de leche, los cuales es posible adquirir con 13 vacas de ordeño. Para ello, el lactosuero es de gran importancia para la generación gas. (Víquez, 2012, p. 42).

### **Para la utilización y diseño**

El biodigestor tiene las consideraciones presentadas por Víquez, (2012) quien afirma:

El lactosuero es un fluido, comprendido en mayor parte de sólidos disueltos, en poca cantidad en cuanto a los sólidos suspendidos (SS), según Erguder; esta es la razón para decir que no es necesario un uso de sistemas de separación sólida, en comparación a la separación de sólidos de las heces porcino o vacuno (revisar el artículo Comparación de tres métodos de separación de sólidos para excretas, en fincas lecheras. Esta diferencia permite facilitar bastante su utilización, tratamiento incluso el sistema de bombeo, si fuera preciso. (p. 43)

Un biodigestor anaerobio con el uso de lactosuero es beneficioso ya que, por diseño es posible la separación del tiempo de retención hidráulica y el tiempo de retención de sólidos, lográndose reactores digestores con tiempos de retención hidráulica entre dos y cinco días.

Además, la carga de la materia orgánica de la alimentación es más relevante en cuanto al tiempo de retención hidráulica.

Para Eddy, (2003) indica que, para los procedimientos comunes de digestión anaeróbica, se usa de 0.5 a 1 kg de DQO, en un m<sup>3</sup> de volumen de reactor. No obstante, las alteraciones en los parámetros del diseño determinan que, a temperaturas submesofílicas (20-30°C), logra unos 10 kg DQO/ m<sup>3</sup> de biodigestor al día, disminuyendo de esta manera diez veces su tamaño original.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación**

La investigación es aplicada por los parámetros del resultado, conclusiones y recomendaciones que servirán para llevar a la práctica en la empresa donde se desarrolla el estudio, se sustenta según Maya, (2014) afirma: “De acuerdo al progreso de la investigación básica, busca el empleo a la vez resultados prácticos, especialmente en el conocimiento tecnológico. Trasladando a experimentar los logros en una investigación básica” (p. 17).

El estudio es descriptivo ya que permitirá describir el resultado, conclusiones y las recomendaciones para el empleo debido de acuerdo a la validez de la hipótesis propuesta para su investigación, de acuerdo Behar D., (2008) refiere:

Por medio de esta forma la investigación, emplea el método de análisis, donde es posible alcanzar a describir un objetivo del trabajo y la posición concretizada, señalando así su descripción y propiedad. Más unas reglas en el orden, ayudando a clasificar, asociar o estructurar los objetos incluidos del trabajo indagatorio (p. 21).

##### **Diseño de investigación**

De acuerdo al diseño es una investigación cuasi experimental, se realizará a través de la simulación para determinar los resultados en función a las pruebas que se realizaran en diferentes escenarios de simulación.

La investigación cuasi-experimental se asemeja a la experimental en el cual se pretende manipular una o más variables concretas, con la diferencia de no se posee un control total sobre todas las variables.

### 3.2. Variables

#### Variable independiente

Turbidez de suero

#### Variable dependiente

Rendimiento de la planta de efluentes

Tabla 1. Variables

Variables e indicadores					
variable independiente					
variable	definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Parámetros	Escala de medición
Turbidez del suero	Aguas residuales de la industria de producción lácteo	Flujo másico	Factores predecibles,	Factores de comportamiento	Razón
			Factores impredecibles		
		Temperatura	Tratamiento de sustratos	Distribución de Probabilidad asumida	Razón
			Generación de Biogás		
		velocidad	Simulación del tratamiento	R=Resultado, E=Esperado, C=Costo, A=Alcanzado, T= Tiempo	Razón
			Simulación de generación de energía del biogás		
variable dependiente					
variable	definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Parámetros	Escala de medición
rendimiento de la planta de efluentes	Secuencia de procesos químicos, físicos, químicos que extermina la contaminación que se encunetran en el fluido efluente	Eficacia	RA/RE	R = Resultado, E = Esperado, C = Costo, A = Alcanzado, T = Tiempo	Razón
		Eficiencia	$(RA/(CA*TA))/RE/(CE*TE)$		Razón
		Rendimiento	$(Eficiencia + Eficacia)/2$		Razón

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población y muestra

La presente investigación por el carácter de estudio no presenta población según el diseño cuasiexperimental; la presente investigación se desarrollará en la empresa Gloria S.A.

## **Muestra**

En la muestra se selecciona los escenarios según la convivencia del investigador, la cual se realizará en función a la accesibilidad de inclusión de los casos, para Otzen, T. y Manterola, C. (2017) afirma: “la muestra deja clasificar algunos sucesos de acceso para ser ser incorporado. Está argumentado en la convivencia, accesibilidad y proximidad. De donde el indagador puede tomar como estudio toda la población.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

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

La técnica utilizada usada en la adquisición para los datos se sustenta en conformidad con Álvarez, S.C. y Cortes, J., (2017) quienes afirman: “son los proyectos que emplean una técnica de investigación de adquisición de datos de manera documental. Ya que en aquellas investigaciones se recogen los datos de manera exclusiva, utilizando documentación que contribuyen con los trabajos previos del estudio” (p. 62).

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Los empleados para la actual investigación se va a utilizar fichas, de acuerdo con Arias (2012) manifiesta: “si se usa la técnica de análisis documental para recoger información, el instrumento a emplear es la ficha de registro y clasificación de la información conseguida para la investigación” (p. 68).

**Tabla 2.** *Ficha del registro y clasificación de los datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Fuentes o informantes</b>
Análisis Documental	Ficha	El Personal de la Empresa Gloria SA, el Jefe de Mantemiento, Operarios.

Fuente: Elaboración Propia de acuerdo con Arias (2012)

## Materiales

En la realización del presente trabajo se usaron:

**Tabla 3.** *Materiales empleados en la investigación*

	Unidad medida	disposición	Precio por unidad	Precio total
<b>I. GASTOS DIRECTOS</b>	und	2	45,00	90
<b>recursos</b>				
Papel bond A4	millar	1	21,00	24
Memoria USB	und	1	50,00	50
Cámara digital	und	1	400,00	400
Recopilación de datos	varios			300
Procesamiento y evaluación	varios			3500
Elaboración del informe	und	1	400,00	400
Presentación power point	und	1	100,00	100
<b>Pasajes</b>				
terrestre	varios			500
<b>Alimentación</b>	dia	18	20,00	360
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				5764
<b>II. GASTOS INDIRECTOS</b>				
Eventualidades	10%			576,4
<b>TOTAL COSTO I+II</b>				6340,4

### 3.5. Procedimiento

Según (Arias, 2006) menciona:

El presente diseño es un tipo con evaluación y preparación que se prepara anterior al trabajo real. La condición fundamental está en el monitoreo del procesamiento, en consecuencia, su importancia científica es de mucha cuestión y objetable. (p. 35)

**Tabla 4. Ficha de prueba**

Aplicación del pre-test o medición inicial		Aplicación del estímulo o tratamiento	Aplicación del postest o medición final	
G	O1	X	O2	
Unidad de estudio	Medición inicial	Estimulo o tratamiento	Postest o medición final	

Fuente: Arias, (2012)

### 3.6. Método de análisis de datos

Según el enfoque este método, tiene carácter deductivo para Hernández, R., Fernández y Baptista, (2014) los cuales mencionan:

Al hacer el análisis de los enlaces las variables independientes y las dependientes, al igual que los resultados de las iniciales sobre las segundas, resultan ser investigaciones explicativas (donde claramente establecen correlaciones). Hablamos de diseños argumentado en un enfoque cuantitativo y en el paradigma deductivo. (p. 150)

### 3.7. Aspectos éticos

**Acerca del Investigador:** El investigador en la presente investigación considera respetar el reglamento del Código de Ética de la Universidad Cesar Vallejo.

El presente trabajo de acuerdo a la metodología científica pretende contribuir no solamente con las empresas, muestra de la investigación, sino además con la categoría de vida de la sociedad, además con el cuidado medioambiental.

La investigación guarda la confidencialidad de los datos mostrados a través de la información sustentada, según los lineamientos de las Empresas en estudio y la UCV; además la publicación del mismo será bajo la autorización del Autor.



El investigador presenta transparencia en los resultados, conclusiones y recomendaciones.

El Investigador se compromete desarrollar valores y principios éticos en la presente investigación, descritos en el desarrollo del estudio por la UCV.

**Respecto de la Empresa investigada y de lo investigado:** La información consignada en la investigación, guarda la confidencialidad de los datos según Las Empresas consideraron necesario, los resultados, conclusiones y recomendaciones, alcanzados del estudio, son propios de la investigación.

**Respecto a la UCV:** El estudio reconoce la autoría de las citas directas y parafraseadas, mencionadas a través de las referencias, afirmando la garantía de veracidad de los datos. El estudio está desarrollado de acuerdo a las normas de investigación propuestas por la UCV y protocolos para el desarrollo científico.

La información sustentada en la investigación es de conocimiento público y privado según lo establezcan las normas de la UCV.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluar la capacidad de efluentes para la biodegradación de suero en la Empresa Gloria SA, Cajamarca.

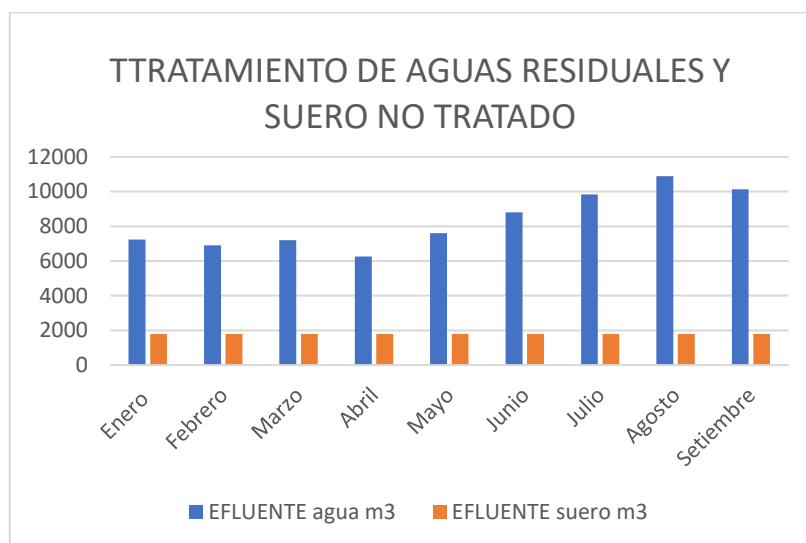
La Empresa Gloria en Cajamarca presenta un gran desafío, para tener que tratar sus desechos residuales. Evaluando la planta de tratamiento de efluentes nos damos cuenta de que este no es suficiente para realizar el tratamiento de sueros. El suero es el resultado de gran capacidad para la biodegradación, además de la elaboración de los lácteos, donde, 1 kg de queso elaborado produce aproximadamente 9 kg de lactosuero Viquez, (2012); Siso, (1996).

A Continuación, se presenta la tabla 4. Que muestra los datos recolectados de las fichas, determinado el volumen de suero que llegan a ser tratados por la empresa Gloria SA.

**Tabla 5.** *Volumen de agua tratada y suero*

<b>Efluentes</b>		
<b>mes</b>	<b>agua m3</b>	<b>suero m3</b>
Enero	7236	1800
Febrero	6908	1800
Marzo	7192	1800
Abril	6252	1800
Mayo	7614	1800
Junio	8807	1800
Julio	9840	1800
Agosto	10881	1800
Setiembre	10135	1800
<b>Promedio</b>		
m <sup>3</sup> /mes	8318.33	1800
m3/dia	277.28	60
l/s	3.21	0.69

Fuente: Gloria (2019)



Fuente: Gloria (2019)

En la tabla 5, muestra el comparativo realizado entre el agua residual tratada y el suero lácteo, de los meses de enero a septiembre en el año 2019, detallando el efluente (suero) la cual falta tratar, obteniendo un promedio de 0.69 l/s (60000 L/día) además sabemos que el suero es un subproducto del proceso de los quesos, este se encuentra con parámetros fuera de lo establecido, el parámetro fundamental para poder procesar el suero es la turbidez, el cual debería estar en un máximo de 300 NTU.

Determinado el caudal por tratar que es de 0.69 l/s. procedemos a realizar el diseño del biodigestor, primeramente, tenemos en cuenta el volumen total que debe albergar en la etapa de fluido  $V_L$  (llamado volumen útil) además en su etapa de gas  $V_G$  biogás generado), así como lo muestra la ecuación:

$$V_T = V_L + V_G \quad (I)$$

Los estudios recomiendan llenar el biodigestor un 75% que es igual aproximadamente a llenar la zanja. Debido que en el proceso se genera biogás es necesario dejar un espacio para su almacenamiento que corresponde al 25%. (Martí, 2008, pag.29) (López G., 2008)

El volumen del líquido ( $V_L$ ) corresponde al 75% del  $V_T$

$$V_L = V_T * 0.75 \quad (II)$$

El volumen del para almacenar el gas ( $V_G$ ) corresponde al 25% del  $V_T$

$$V_G = V_T * 0.25 \quad (III)$$

El  $V_L$  se calcula comenzando con la carga al día ( $C_D$ ) y del tiempo de retención ( $T_R$ )

$$V_L = C_D * T_R \quad (IV)$$

Donde  $C_D$  corresponde a la carga diaria de la materia en volumen.

De la ecuación (IV) se conoce el  $T_R$  por lo que nos queda calcular  $C_D$ , para dicho cálculo se utiliza la más y el, pero específico de la biomasa.

$$C_D = m_{\text{suero}} / \rho_{\text{suero}} \quad (V)$$

Peso específico del suero = densidad 1.029 g/ml según Alayo, (2017).

Con los datos reemplazamos:

$$C_D = 60000 / 1029 \text{ kg/m}^3 = 58.31 \text{ m}^3$$

El tiempo de retención hidráulica tiene importancia ya que determina el tamaño del biodigestor, el lactosuero tiene bajo tiempo de retención hidráulica, en general entre 3 y 10 días, incluso puede ser menor, (Hernández, pág. 24)

Entonces el volumen líquido del biodigestor  $V_L$  es:

$$V_L = 58.31 \text{ m}^3 * 3 \text{ días}$$

$$V_L = 174.93 \text{ m}^3$$

Despejando  $V_T$  en (II) se tiene que el volumen total del biodigestor es:

$$V_T = V_L / 0.75$$

$$= 174.93 \text{ m}^3 / 0.75$$

$$V_T = 233.24 \text{ m}^3$$

Con (III) el volumen del gas en el biodigestor ( $V_G$ ) es:

$$V_G = V_T * 0.25$$

$$= 233.24 \text{ m}^3 * 0.25$$

$$V_G = 58.31 \text{ m}^3$$

La obtención de los resultados en los cálculos mediante el método de Jaime Martí se determina:

$$V_L = 174.93 \text{ m}^3$$

$$V_T = 233.24 \text{ m}^3$$

$$V_G = 58.31 \text{ m}^3$$

#### **4.2. Diseñar un biodigestor piloto para la biodegradación de materia orgánica en la Empresa Gloria SA.**

El proceso de biodegradación de sueros o materia orgánica necesita mantener condiciones de funcionamiento relacionados directamente a parámetros fisicoquímicos, tales como sustratos, temperatura, condiciones anaeróbicas, tiempo de retención, PH.

##### **Parámetros de control y operación de la digestión anaeróbica.**

Los parámetros de control y funcionamiento del biodigestor se dan según las siguientes condiciones.

**Tabla 6.** *Análisis de los principales parámetros de un digestor*

Temperatura (°C)	30 – 35
Relación C/N	20 – 30
Tiempo de Retención (días)	10 – 25

Fuente: Silva, (2000)

una proporción de agua / sólidos y el periodo de retención, requieren de la cantidad de materia a agregar además de la temperatura proporcionalmente. es preciso resaltar que la alteración de los parámetros, así como el pH y la proporción de Carbono nitrógeno, logran repercutir en la eficiencia de degradación e incluso logra ir deteniendo el proceso fermentativo.

#### **Parámetros de Temperatura en la digestión anaeróbica.**

La temperatura es de gran importancia ya que impacta claramente en el progreso del proceso en la degradación anaeróbica, estima el ciclo de retención de la materia en el digestor. Existe 3 promedios en la temperatura, Cendales: determina así: en fase de psicrófilico (<25°C), mesófilico (entre 25°C y 45°C) y termófilico (>45°C).

**Tabla 7.** *Condición de temperaturas en la degradación anaeróbica*

Estado	Temperaturas	tiempo aproximado
Psicrófilicos	< 25 °C	30 - 60 días
Mesófilicos	25 °C - 45 °C	20 – 25 días
Termófilicos	> 45 °C	10 – 15 días

Fuente. Salamanca (2009).

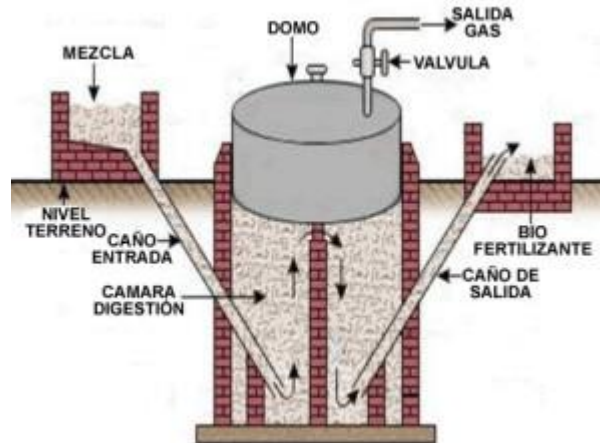
## **Parámetro del PH en la digestión anaeróbica**

Ejerce influencia en la estabilidad del proceso de digestión, claramente no produce aporte en la capacidad de generación del biogás, más tiene gran importancia en el control para la supervivencia de los microorganismos de degradación. Los microorganismos están muy comprometidos en el proceso de la fabricación del biogás por lo cual tienen gran sensibilidad a cambios en el pH. El rango ideal del pH de la sustancia a degradar en el biodigestor está de 6,6 a 7,6. Si este sale de estos valores la producción de biogás es posible que se detenga.

## **Tiempo de retención.**

El periodo que está una sustancia orgánica bajo degradación en fase anaerobia en el digestor es denominado tiempo de retención de la materia. En cuanto a las relaciones de la temperatura y los tiempos de retención, se dan en proporción inversa, dependiendo de los parámetros y las características mencionadas anteriormente (tipo sustancia orgánica, pH, y demás). Para Ferreira y Lucas, el tiempo de retención presenta una proporción directa con el equilibrio del proceso y la demanda de contaminación a quitar.

La propuesta del biodigestor piloto es de tipo semicontinuo, suministrando todos los días de carga pequeña semejante a la capacidad completa, agregando en la zona de carga, también se tiene que retirar del compartimiento de evacuación un volumen equivalente del desecho líquido, manteniendo un volumen continuo, la producción de biogás de este es constante.



**Figura 4.** Biodigestor semicontinuo, fuente: energía C. (2009)

### Componentes

El Biodigestor piloto está diseñado para eliminar todo o parte de la materia orgánica del efluente del proceso de la leche que se genera todos los días en la planta Gloria SA.

El biodigestor piloto construido utiliza los siguientes componentes.

**Tabla 8. Válvulas**

Descripción	Material	Dimensión Ø	Cantidad
Valvula roscable de bola	Acero Inoxidable	3/4"	2
Valvulas roscables de bola	Acero Inoxidable	1/4"	2
Valvulas roscables de bola	Acero Inoxidable	1"	2

Fuente: elaborado por el autor



**Tabla 9. Acoples**

<b>Descripción</b>	<b>Cedula</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensión ∅</b>	<b>Cantidad</b>
Niples	40	Acero inoxidable	3/4	2
Uniones	40	Acero inoxidable	1/4	2
Acoples Macho	40	Acero inoxidable	1/4 x 38mm	2
Codos	40	Acero inoxidable	1/4	3

Fuente: Elaborado por el autor

Instrumentos de precisión para determinar indicadores de biodigestión.

**Tabla 10. Instrumentos**

<b>Descripción</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión - Conexión</b>	<b>Cantidad</b>
Manómetro	0 - 15	Psi	BR 2(1/2)	1
Termómetro	0 - 100	°C	-	1
Caudalímetro	130	mm	1/2	1

Fuente: elaborado por el autor

Se utilizaron otros materiales incluidos en la tabla de costo del Biodigestor Piloto, como manguera de alta presión, soldadura AGA, Varilla Inox liza de 1/2, baldes PVC, tuercas de 1/2, pernos de 1/2, planchas de acero inox. 1500x395x2, tapas inox.

## Características técnicas del Biodigestor Piloto.

El biodigestor consta de un reactor, de acuerdo al modelo semicontinuo de biodigestor anaeróbica, el detalle de diseño es el siguiente.

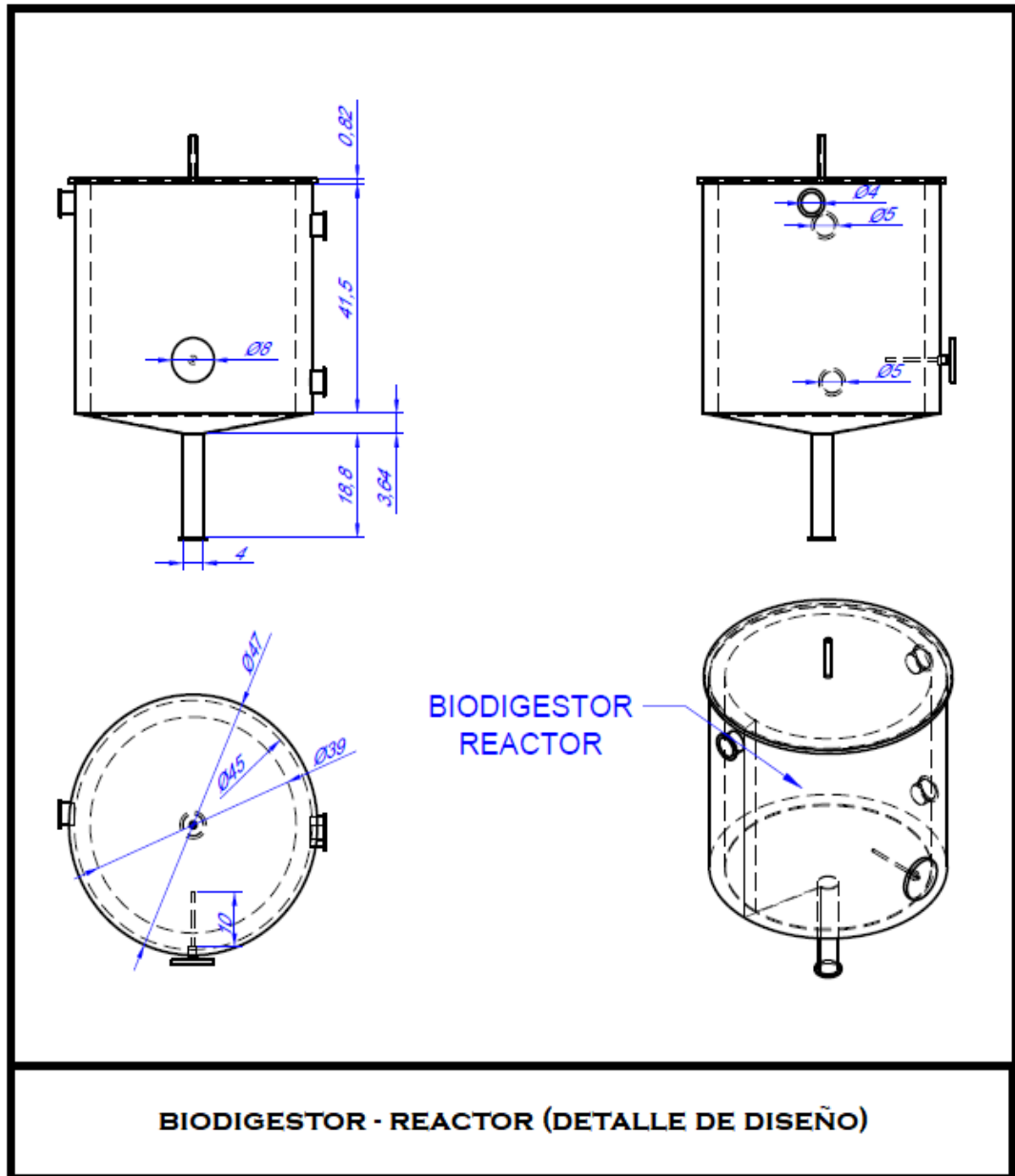


Figura 5. Reactor del biodigestor

Fuente: Elaborado por el Investigador

### Diseño del Biodigestor Piloto

El diseño del biodigestor semicontinuo (domo flotante) para la digestión anaeróbica, para tratar suero lácteo de la Empresa Gloria SA, sigue las características de acuerdo al siguiente plano.

Figura 14. Diseño del Biodigestor Piloto

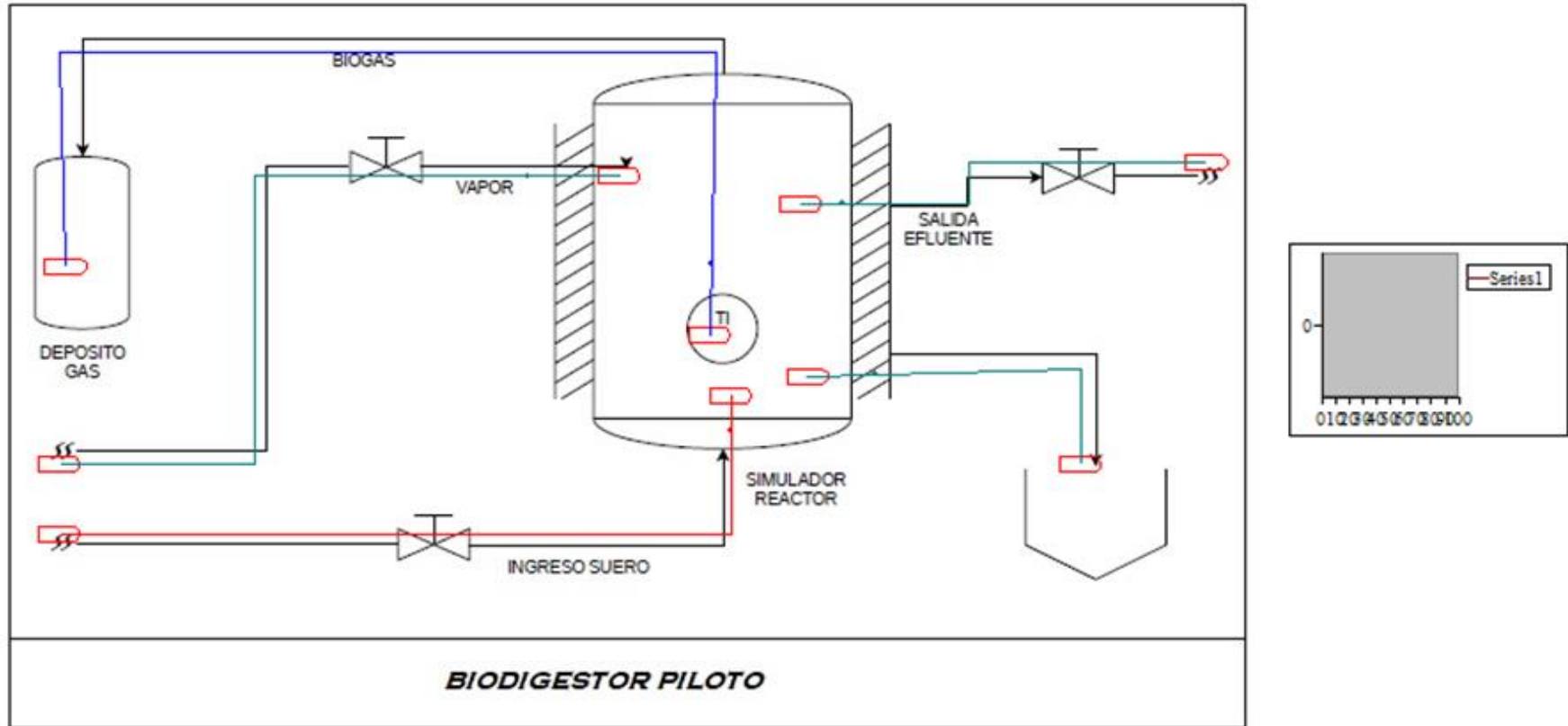


Figura 6. Diseño del biodigestor piloto

Fuente: elaborado por el autor

Diseñado en 2D, elaborado en el programa AutoCAD, indica la ubicación de las conexiones de los componentes de ingreso y descarga de gas, está elaborado por los elementos antes descritos.



*Figura 7.* Biodigestor piloto

Fuente: elaborado por el autor

A: manómetro de presión

B: descarga del biogás

C: ingreso de vapor

D: reactor

E: termómetro

F: ingreso materia suero

Diseñado según los componentes descritos en las tablas anteriores.

El Biodigestor Piloto de característica del flujo semicontinuo, se conforma de una cámara anaerobia donde se realiza la degradación, fermentación y gasificación de la sustancia orgánica generando biogás.

En cuanto al tanque anaerobio dispone de una conexión, para la descarga en relación a las exigencias y requerimiento que aparezcan cuando se llegue a obtener el gas. Por otro lado, lleva una conexión para adecuar un adaptador de depósito estándar de GLP, y así poder hacer la conexión a cualquier tipo de cocina utilizando el gas producido.

Las uniones se hacen con 2 válvulas galvanizadas ubicadas en la descarga de gas y retiro del fluido del biol.

Otras adaptaciones de los controles de manómetros y termómetros se elaboran con conexiones de acero. Teniendo el equipo instalado con todos sus elementos procedemos con la construcción de una estructura base metálica facilitando su solidez.

La duración para adquirir los elementos del reactor tardo aproximadamente 30 días además para la construcción de la maquina ha tomado 30 días, esto debiéndose a comprobación y modificaciones en el diseño. Por lo que, la duración que tomo la elaboración del Biodigestor Piloto fue de dos meses.

El diseño este compuesto de elementos de acero inox, aumentando así la resistencia a oxidarse con la sustancia a digerir.

El reactor contiene una válvula de ingreso de biomasa liquida de  $\frac{3}{4}$ ", una válvula ingreso de condensado de vapor de 1", en la zona anaeróbica tiene una salida para la evacuación del gas conexión  $\frac{1}{4}$ ", un manómetro de 0 a 15 psi con conexión  $\frac{1}{4}$ ", un termómetro de 0°C a 100°C con conexión  $\frac{1}{2}$ ", una válvula de descarga del condensado de 1", y una válvula para la descarga del afluente de 1".

## Proceso de biodegradación

Se ha adquirido para el proceso, unos 40 litros de suero. La materia se agrega dentro del reactor anaerobia de acero inoxidable, durante 10 días, periodo apto para comenzar a iniciar la generación de gas metano.



*Figura 8.* Biodegradación del suero

Fuente: elaborado por el autor



**Figura 9.** Turbidez de suero afluente y efluente

Fuente: elaborado por el autor

Comparación de turbidez entre suero afluente y suero efluente del digestor, se observa en la figura izquierda, la turbidez, es: 969.4 NTU (Ya que el equipo solo mide hasta 1000 NTU se agrega 2 parte de agua a 0 NTU) por lo cual se realizó el cálculo:  $969,4 \text{ NTU} * 3 = 2908,2 \text{ NTU}$ .

Se observa en la figura, derecha, el suero ya tratado por el biodigestor siendo la turbidez = 335.6 NTU.

En tal caso se demuestra que el biodigestor reduce en un 88.5% en cuanto a la turbidez.

Dándonos resultados óptimos en el efluente ya que se muestra clara y limpia el agua resultante, comprobando que el biodigestor es una propuesta para el mejoramiento del rendimiento en la PTAR y adquirir energía.

## **Pruebas iniciales y condiciones de trabajo**

Para la comprobación la reducción del parámetro turbidez que se hizo en la planta de tratamiento de residuos Gloria S.A., donde se realizó la recolección de suero lácteo y después del periodo de degradación en 3 días; se logró el producto buscado con el uso de un Biodigestor piloto, el cual entrego el resultado en la reducción de la turbidez, siendo óptimo para lograr su posterior tratamiento.

Cantidad de suero utilizado 40lt para la biodegradación en el diseño piloto.

## **Resultados de análisis**

Cantidad de biogás : Día 0 = 0 lt.

Presión de trabajo : 0 PSI

Temperatura : 0°c

pH : 6.27

Turbidez : 2908.2 NTU

Cantidad de biogás : Día 1= 0.050 lt.

Presión de trabajo : 6 PSI

Temperatura : 80°c

pH : 6.20

Turbidez : 1621.9 NTU

Cantidad de biogás : Día 2 = 0.100 lt.

Presión de trabajo : 6 PSI

Temperatura : 80°c

pH : 6.12



Turbidez : 1621.9 NTU

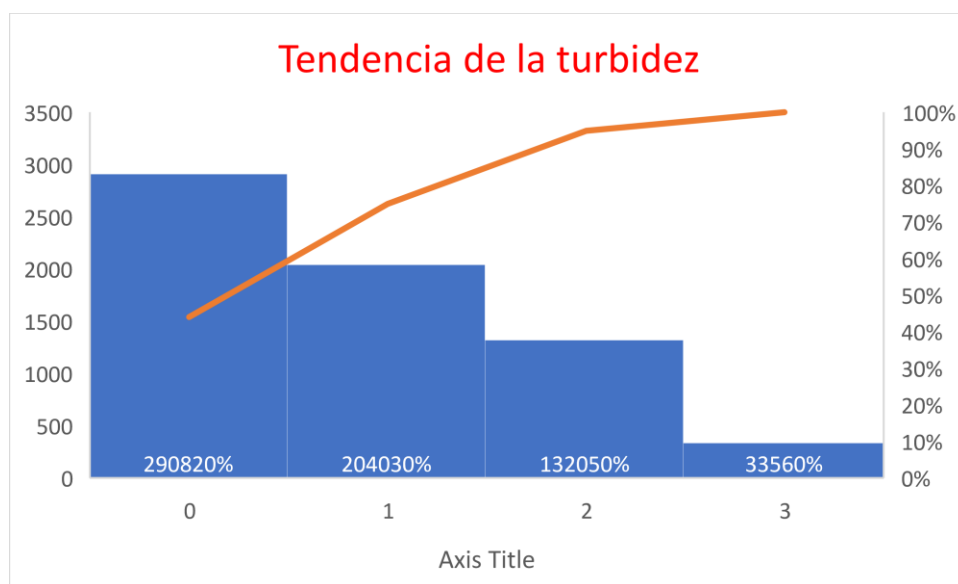
Cantidad de biogás: Día 3 = 0.200 lt. (CASO I)

Presión de trabajo : 14PSI

Temperatura : 80°C

pH : 6.03

Turbidez : 335.6 NTU



El gráfico muestra la tendencia a la reducción de la turbidez, se demuestran los resultados de las pruebas realizadas desde el día 0, 1, 2 y 3 respectivamente.

### Pruebas intermedias

Se realizaron pruebas en un sistema de biodigestión con caudal continuo con los siguientes datos:

Caudal de ingreso continuo de 6.48 l/h

Cantidad de biogás: Día 0 = 4.16 ml. Vapor de suero (CASO II)

Presión de trabajo : inicial 0 PSI – final 10 PSI

Temperatura : 60°C

pH : 6.27

Turbidez : 2908.2 NTU

Cantidad de biogás: 4.16 ml

Se observó detenidamente este funcionamiento y el resultado:

pH : 6.20

Turbidez ; 2900.1 NTU

### **Proceso de prueba en planta piloto de tratamiento del efluente**

El efluente del digestor se llevó a un tratamiento piloto para comprobar si es tratable en su condición residual.

Para el (caso I):

Caudal de ingreso 6.5 l/h

Turbidez 335 NTU

pH 6.38



*Figura 10.* Planta PTAR piloto  
Fuente: elaborado por el autor

**Para el (caso II):**

Caudal de ingreso continuo de 6.48 l/h

pH : 6.20

Turbidez ; 2900.1 NTU



*Figura 11.* PTAR piloto en sistema continuo

Fuente: elaborado por el autor

## V. DISCUSIÓN

En la PTAR instalada de la industria Gloria S.A. abarca una capacidad de tratamiento de 432 m<sup>3</sup> (5L/S), para este proceso es fundamental el parámetro turbidez se encuentre dentro del rango establecido (máximo 300NTU), En el estudio presente con la construcción del biodigestor piloto, utilizamos el análisis del suero arrojándonos como resultado un valor en la turbidez de 2908.2. A esta materia se realizó pruebas para determinar el efecto del factor turbidez, disminuyéndolo conforme transcurre el tiempo de retención, así lográndose en el día 3 la reducción en un 82%, aproximándolo al valor necesario para realizar su proceso. Por otro lado, resulta que cada 3 días se podría tratar los 60000 litros de suero, en tal caso es posible mejorar el proceso de tratamiento de los efluentes de Gloria.

Con respecto al dimensionamiento del biodigestor para ser la posible digestión de los 60000 litros de suero, el cálculo realizado nos indica el volumen en total del reactor, volumen para el líquido a tratar y el volumen del depósito para el biogás generado. Con parámetros turbidez, PH, temperatura, los cuales redundan con respecto al y tiempo y volumen de dicho biodigestor.

Además, al hacer la comprobación del efluente degradado por el biodigestor, se evidencio es posible el tratamiento de esta, por tener características adecuadas y ser procesado por la PTAR.

Por último, se realizó un análisis utilizando un flujo continuo, es decir, mantener constante el flujo de ingreso de la materia, y la salida de esta, resultando muy complicado utilizar este método, por razones de parámetros muy por fuera de límite establecido, afectando en gran manera al sistema piloto instalado.

## VI. CONCLUSIONES

Del Objetivo general: Determinar el diseño del biodigestor a partir de los efluentes de la empresa Gloria S.A. Cajamarca., En este trabajo se realizó el diseño de un Biodigestor Piloto con una capacidad de 50 litros, afirmando la disminución del parámetro turbidez para el tratamiento del efluente suero que existe, el cual es un volumen de 60000 L de suero de la Empresa Gloria S.A. que no son tratados, y con la implementación de un biodigestor se puede llegar a tratar dicho volumen de materia cada 3 días.

Objetivo específico: Evaluar la capacidad de efluentes para la biodegradación de suero en la Empresa Gloria SA.

Se concluye, por lo tanto, que falta tratar el efluente de 0.69 l/s (60000 lt/día), donde se determinó la capacidad de volumen del biodigestor para tratar tal residuo derivado de la PTAR de la empresa Gloria SA de  $V_t = 233.24 \text{ m}^3$ .

Objetivo específico: Diseñar el biodigestor piloto para la biodegradación del suero lácteo de la Empresa Gloria SA.

El Biodigestor Piloto de característica del flujo semicontinuo, se conforma de una cámara anaerobia donde se realiza la degradación, fermentación y gasificación de la sustancia orgánica generando biogás.

El Biodigestor Piloto diseñado y construido en la presente investigación, tiene resultados favorables en la generación de gas, con incrementos proporcionales de biol en el tiempo, por lo tanto, se da validez lo mencionado por (Viquez, 2012) el cual afirma que de mil litros de suero se pueden generar treinta y seis  $\text{m}^3$  de biogás.

El biodigestor diseñado tiene la capacidad de biodegradar la materia orgánica del suero, teniendo como base que para el tratamiento en condiciones normales en PTAR instalado en Gloria, se da entre 6 - 7 de PH y máximo 350 NTU de turbidez, entonces el biodigestor piloto demostró que al día 3 se puede obtener suero óptimo para poder ser tratado con normalidad.

En tal caso se demuestra que en el día 3, el biodigestor reduce en un 88.5% en cuanto a la turbidez.

Dándonos resultados óptimos en el efluente ya que se muestra clara y limpia el agua resultante, comprobando que el biodigestor es una propuesta para el mejoramiento del rendimiento en la PTAR y adquirir energía.

Es necesario recalcar que inicialmente se pretendió reducir el parámetro turbidez en un sistema de caudal continuo, una prueba que se realizó en el presente trabajo determino que no es posible el tratamiento diario del suero.

## VII. RECOMENDACIONES

Se invita a los estudiantes de la universidad Cesar Vallejo:

- ✓ realizar estudios para determinar si es posible utilizar de alguna manera el sistema continuo, ya que sería la solución para la industria de los lácteos.
- ✓ Además, se invita a los investigadores futuros determinar el poder calorífico del biogás producido por el biodigestor, determinar su uso y si es sustentable tener este tipo de sistemas.

Para la operación se debe tener en cuenta:

- ✓ conservar continuamente a la vista los manómetros de presión del equipo.
- ✓ examinar continuamente alguna fuga del tanque.
- ✓ analizar permanentemente las válvulas de regulación de suero.
- ✓ conservar las válvulas bien aseguradas cuando no se utiliza el digestor.
- ✓ Al utilizar el Biodigestor tener en cuenta la apertura de las válvulas de paso del equipo.
- ✓ conservar la vigilancia del gas y así evitar alguna explosión.
- ✓ instalar el reactor en un ambiente descubierto, aireado y desocupado.
- ✓ conservar aseado y con orden la zona donde se ubica el equipo.
- ✓ No abandonar elementos inflamables junto al equipo. Ubicarlos en un lugar seguro.
- ✓ Conociendo que el biogás es un gas muy inflamable y tóxico. se debe comprobar la cerradura de las válvulas de paso.

## REFERENCIAS

ALAVAREZ, S., CORTES, J. Manual de redacción de tesis jurídicas. [Fecha de consulta 04 abril de 2019]. México. 2017. Disponible en: <http://sistemabibliotecario.scjn.gob.mx/sisbib/2018/000292104/000292104.pdf>

ARIAS, F G. El proyecto de investigación. 6ª Ed. [Fecha de consulta 04 abril de 2019]. Venezuela. 2012. Disponible en: <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>.

Arrieta, W. Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado.[Fecha de consulta 04 abril 2019]. Perú. 2016. Disponible en: [https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/2575/IME\\_200.pdf](https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/2575/IME_200.pdf).

AVILA, C. Uso de biodigestores en la industria pecuaria. [Fecha de consulta 04 abril de 2019]. México. 2016. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66337/TESINA-CAV-1016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BARDALES, E. Las mypes y las TIC: mitos y verdades sobre su uso y efectos para las empresas. [fecha de consulta 04 abril 2019]. Perú. 2018. Disponible en: <https://gestion.pe/tecnologia/mypes-tic-mitos-verdades-efectos-empresas-233245>

BEHAR, D. (2008). Metodología de la investigación. [Fecha de consulta 04 abril 2019]. México. 2008. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/004416166f1d9df980e62>

BRISEÑO, L. A. (2017). Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía. [Fecha de consulta 04 abril de 2019]. México. 2017. Disponible en: <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/186/1/Produccion%20de%20biogas%20a%20traves%20de%20la%20codigestion%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20y%20semis%C3%B3lidos%20hacia%20una%20planta%20centralizada%20de%20biogas%20>



CASADEMONT, P. Tratamiento de residuos de biomasa mediante oxidación y gasificación en agua supercrítica. [Fecha de consulta 05 abril de 2019]. España. 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=152277>

CLAVIJO, D., GUERRA, D. Y YAÑEZ, D. Metodo, metodología y técnicas de la investigación aplicada al Derecho.[fecha de consulta 10 abril de 2019]. Colombia. 2014. Disponible en: [http://fui.corteconstitucional.gov.co/doc/pub/31-08-2017\\_7b9061\\_60327073.pdf](http://fui.corteconstitucional.gov.co/doc/pub/31-08-2017_7b9061_60327073.pdf)

EB. Energia Biomasa. [Fecha de consuta 10 abril de 2019]. Argentina. 2008. Disponible en: [https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_biomasa.pdf](https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf)

FERNÁNDEZ, E. A. Generación de energía eléctrica mediante gasificación de la cascarilla de arroz para un molino en Lambayeque. [Fecha de consulta 10 abril de 2019]. Perú. 2019. Disponible en: <http://190.108.84.117/bitstream/handle/UNPRG/4356/BC-TES-TMP-3170.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GREGORIO, M. Valorización energética de biomosas en el marco de la política energética española. [Fecha de consulta 10 abril de 2019]. Madrid - España. 2015. Disponible en: [http://oa.upm.es/39586/1/MARGARITA\\_GREGORIO\\_RODRIGUEZ.pdf](http://oa.upm.es/39586/1/MARGARITA_GREGORIO_RODRIGUEZ.pdf)

HERNANDEZ, R. F. Metodologia de Investigacion (Sexta ed.). [Fecha de consulta 10 abril 2019]. Mexico D.F., Mexico. 2014. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, M. P. Metodología de la Investigación. [Fecha de consulta 10 abril de 2019]. México. 2014. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)

HUARAZ, C. Y. Diseño de un gasificador de 25kW para aplicaciones domésticas usando como combustible cascarilla de arroz. Tesis.[Fecha de consulta 10 abril 2019]. Perú. 2013. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4497>.

LOPE, D. S. Reducción de la demanda química de oxígeno de efluentes de quesería mediante un biodigestor anaerobio. [Fecha de consulta 12 abril de 2019]. Puno - Perú. 2015. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3310/Lope\\_Ruelas\\_Doris\\_Soledad.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3310/Lope_Ruelas_Doris_Soledad.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MAYA, E. (2014). Métodos y técnicas de investigación. [Fecha de consulta 19 abril de 2019]. México. 2014. Disponible en: [https://issuu.com/arq.henrydavid/docs/metodos\\_y\\_tecnicas\\_de\\_investigacion](https://issuu.com/arq.henrydavid/docs/metodos_y_tecnicas_de_investigacion).

MONCAYO, G. (2013). Dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de biogás. [Fecha de consulta 19 abril de 2019]. Alemania. 2013. Disponible en: [https://www.academia.edu/6179555/DIMENSIONAMIENTO\\_DISEÑO\\_Y\\_CONSTRUCCIÓN\\_DE\\_BIODIGESTORES\\_Y\\_PLANTAS\\_DE\\_BIOGÁS\\_MANUAL\\_PRÁCTICO\\_DE\\_DISEÑO](https://www.academia.edu/6179555/DIMENSIONAMIENTO_DISEÑO_Y_CONSTRUCCIÓN_DE_BIODIGESTORES_Y_PLANTAS_DE_BIOGÁS_MANUAL_PRÁCTICO_DE_DISEÑO)

ORTIZ, J. P. (2017). Diseño de una central eléctrica de biomasa conectado a la red eléctrica Puno, en el Cerro de Cancharani - Departamento de Puno. [Fecha de consulta 20 abril de 2019]. Puno - Perú. 2017. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5777/Ortiz\\_Nubez\\_Jorge\\_Paul.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5777/Ortiz_Nubez_Jorge_Paul.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

OTZEN, T. Y MANTEROLA, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población de estudio. [Fecha de consulta 20 abril de 2019]. Chile. 2017. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci\\_abstract](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_abstract)

PSETIZKI, V. Energía eléctrica con cáscara de arroz. [Fecha de consulta 25 Abril de 2019]. Montevideo – Uruguay. 2009. Disponible en: [https://www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/11/091110\\_1500\\_cambio\\_clima\\_biomasa\\_wbm](https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/11/091110_1500_cambio_clima_biomasa_wbm)

RUIZ, M. M. Simulación del proceso de gasificación termoquímica para la obtención de gas combustible, aplicado a cascarilla de café. [Fecha de consulta 25 abril de 2019]. México. 2015. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/41974/MartinezRuizesparzaMaximiliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, A. (2017). Diseño de una planta de gasificación con cogeneración para el aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz en un proceso industrial. [Fecha de consulta 25 abril de 2019]. Madrid, España. 2017. Disponible en: [http://oa.upm.es/47702/1/TFG\\_ALEJANDRO\\_SANCHEZ\\_LARIO.pdf](http://oa.upm.es/47702/1/TFG_ALEJANDRO_SANCHEZ_LARIO.pdf)

SGARLATA, F. Y TARDITTI, A. Análisis de planta de tratamiento de efluentes de lácteos San Basilio S.A. Argentina. [Fecha de consulta 28 abril de 2019]. Argentina. 2015. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2145/Sgarlatta%20y%20Tarditti.%20An%C3%A1lisis%20de%20la%20planta%20de%20tratamientos%20de%20efluentes.%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SUSMOZAS, A. I. Análisis de sistemas energéticos basados en gasificación de biomasa. [Fecha de consulta 28 abril de 2019]. España. 2015. Disponible en: <https://burjcdigital.urjc.es/handle/10115/13599>

TORRES P. A., CANO K. Y RAMOS O. L. Identificación de temperatura y humedad en un prototipo deshidratador de pulpa de Annona Muricata. [ Fecha de consulta 28 abril de 2019]. Colombia. 2015. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5682839>

Viquez, J. A. (2012). Conversión de suero lácteo a biogás. [Fecha de consulta 28 abril 2019]. Argentina. 2012. Disponible en: <http://users.df.uba.ar/carlosv/dov/biocombustibles/biogas-fisica+biologia/paper2.pdf>

ZAMBRANO, M. C. (2016). Rendimiento de biogás a partir de mezclas entre estiércol de vacuno y suero. [Fecha de consulta 28 abril de 2019]. Lima - Perú. 2016. Disponiblen en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2711/P06-Z3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

Matriz de consistencia							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores				
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1 "Biodigestor de suero lácteo"				
			Dimensiones	Indicadores	Parámetros	Escala de medición	
¿Cómo el diseño del biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019?	Determinar el diseño del biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019	El diseño del biodigestor de suero lácteo si mejora el rendimiento en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019	Análisis de parametros de Comportamiento	Factores predecibles, Factores impredecibles	Factores de comportamiento	Razón	
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:					
• ¿Cómo analizar los parámetros de comportamiento del biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca – 2019?	• Analizar los parámetros de comportamiento del biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca – 2019.	• Los parámetros de comportamiento del biodigestor de suero lácteo si mejora el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca – 2019.	Diseño de Biodigestor	Tratamiento de sustratos Generación de Biogas	Distribución de Probabilidad asumida	Razón	
• ¿Cómo el diseño el biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019?	• Diseñar el biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019	• El diseño del biodigestor de suero lácteo si mejora el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019.	Simulación de Biodigestor	Simulación del tratamiento Simulación de generación de energía del biogas	R=Resultado, E=Esperado, C=Costo, A=Alcanzado, T=Tiempo	Razón	
Variable 2 "Rendimiento de la Planta de Efluentes"							
			Dimensiones	Indicadores	Parámetros	Escala de valores	
			Eficacia	RA/RE	R = Resultado, E = Esperado, C = Costo, A = Alcanzado, T = Tiempo	Razón	
• ¿Cómo la simulación el biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019?	• Simular el biodigestor de suero lácteo para mejorar el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019.	• La simulación del biodigestor de suero lácteo si mejora el rendimiento en la planta de tratamiento de efluentes de la Empresa Gloria S.A., Cajamarca - 2019.	Eficiencia	$(RA/(CA*TA))/RE/(CE*TE)$		Razón	
			Rendimiento	$(Eficiencia + Eficacia)/2$		Razón	