

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Una Institución Adventista

Eficiencia de un Biodigestor en el Tratamiento de Agua Residual Domestica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima.

Tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autores

Rios Garay Jenifer Gisela
Cisneros Pariona Luz Zaida

Asesor

Mg. Milda Amparo Cruz

Lima, mayo del 2019

ANEXO 07 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

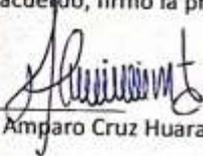
Milda Amparo Cruz Huaranga, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***"EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR EN EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA A NIVEL FAMILIAR EN LA ASOCIACIÓN "LOS VIQUEZ" DE CARAPONGO LURIGANCHO-CHOSICA-LIMA"*** constituye la memoria que presenta la **Bachiller Jenifer Gisela Rios Garay** y la **Bachiller Luz Zaida Cisneros Pariona** para aspirar al título de Profesional de **Ingeniería Ambiental** ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, *29 de Mayo* del año 2019.



Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Eficiencia de un biodigestor en el Tratamiento de Agua Residual
Doméstica a nivel familiar en la Asociación "Los Viquez" de
Carapongo- Lurigancho- Chosica- Lima

TESIS

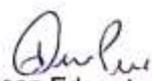
Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR


Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Presidenta


Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Secretario


MSc. Natalí Carbo Bustinza
Vocal


Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Vocal


Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Asesora

Lima, 08 de mayo de 2019

DEDICATORIA

A DIOS:

Se lo dedicamos al el porque nos forjó en nuestro camino, por habernos brindado el conocimiento intelectual y fuerza, para elaborar esta tesis de investigación y así cumplir este objetivo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a nuestro padre celestial quien nos da la vida, sabiduría, fortaleza y economía para cumplir este objetivo.

Asimismo, nuestro agradecimiento al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC) del Ministerio de Educación (MINEDU) por brindarnos la oportunidad para formarnos como futuras ingenieras en la Universidad Peruana Unión y así mejorar la calidad de vida de nuestros familiares.

También un agradecimiento especial a nuestros padres, familiares y amigos, quienes apoyaron en la realización de este proyecto y por brindarnos el apoyo económico para la ejecución de la investigación.

Además, queremos agradecer al Ing. Jaulis y a su familia por brindarnos su hogar para el tratamiento de sus aguas residuales domésticas y así poder contribuir en este trabajo de investigación.

Por último, un agradecimiento a nuestra asesora la Mg Milda Amparo Cruz por habernos brindado el asesoramiento, enseñanzas y disponibilidad para darnos algunas observaciones, consejos y experiencias.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	14
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Objetivo General.....	20
1.2. Objetivos Específicos	20
CAPITULO II	21
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.1.1. A nivel latino	21
2.1.2. A Nivel Nacional	21
2.2. Marco legal	23
2.2.1. Constitución Política del Perú.	23
2.2.2. Ley general del Ambiente (Ley N° 28611)	23
2.2.3. Autoridad Nacional del Agua (ANA).....	23
2.2.4. Protocolo nacional de muestreo los recursos hídricos superficiales.....	24
2.2.5. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes - PTAR.....	24
2.2.6. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes (PTAR).	25
2.2.7. Estándares de calidad de agua (ECA).....	25
2.2.8. “D.S 010-2019-VIVIENDA Valores Máximos Admisibles (VMA)	26
2.3. Aguas residuales	26
2.3.1. Tipos de agua residual	28
2.3.2. Principales diferencias entre las aguas negras y grises.....	31
2.4. Caracterización de agua residual	32
2.4.1. Características físicas	32
2.4.2. Características químicas.	34
2.5. Contaminación de las Aguas Superficiales y Subterráneas.....	36
2.6. Principales procesos de tratamiento de agua residual	36
2.6.1. Características biológicas	39
2.7. Biodigestor.....	40
2.7.1. Clasificación de Biodigestores	41
2.7.2. Biodigestor pre fabricado	45
2.7.3. Lugares de instalación	45
2.7.4. Características del biodigestor prefabricado.....	46
2.7.5. Componentes del biodigestor pre fabricado	46
2.7.6. Instalación e implementación del Biodigestor.....	48
2.7.7. Operación y mantenimiento.....	48
2.7.8. Ventajas del Biodigestor.....	49
2.7.9. Desventajas	50
2.8. Digestión Anaerobia	51
2.8.1. Etapas de la Digestión anaerobia.....	52
2.8.2. Factores que influyen en el proceso anaerobio.....	56
2.9. Protocolo de muestreo del agua residual domestica.....	58
2.9.1. Puntos de monitoreo	58
2.9.2. Aforo del caudal	59
2.9.3. Identificación del punto de monitoreo.....	62
2.9.4. Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado y rotulado	63

2.9.5.	Toma de muestra	63
2.9.6.	Preservación de muestras.....	63
2.9.7.	Etiquetado y rotulado de las muestras de agua.....	63
2.9.8.	Llenado del formato de cadena de custodia.....	64
2.9.9.	Conservación y transporte de las muestras.....	64
CAPITULO III.....		64
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
3.1.	Zona de estudio.....	64
3.2.	Características climatológicas de la zona de investigación.	65
3.2.1.	Aforo del caudal	66
3.2.2.	Materiales	66
3.2.3.	Metodología.....	66
3.3.	Instalación del biodigestor.....	67
3.3.1.	Materiales	67
3.3.2.	Metodología de la Instalación e implementación del biodigestor pre fabricado...68	
3.3.3.	Prueba Hidráulica	69
3.4.	Muestreo del agua residual domestica cruda (afluente) y agua tratada (efluente) 70	
3.4.1.	Materiales	70
3.4.2.	Equipos	71
3.4.3.	Metodología.....	71
3.4.4.	Puntos de muestreo	73
3.4.5.	Cadena de custodia	74
3.4.6.	Proceso de tratamiento del agua residual doméstica.	74
3.5.	Variables de estudio.....	75
3.5.1.	Variables independientes	75
3.5.2.	Variables dependientes	75
3.5.3.	Variables intervinientes	76
3.6.	Formulación de hipótesis.....	76
3.7.	Diseño de investigación.....	77
3.8.	Análisis estadístico.	77
CAPITULO IV.....		78
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	78
4.1.	Medición del caudal.....	78
4.2.	Prueba hidráulica	78
4.3.	Implementación biodigestor y funcionamiento de biodigestor	79
4.4.	Caracterización de Aceites y grasas	80
4.4.1.	Análisis de resultados	80
4.4.2.	Prueba de normalidad	82
4.4.3.	Prueba de hipótesis	83
4.4.4.	Eficiencia de sesiones	84
4.4.5.	Eficiencia final Aceites y grasas.....	85
4.4.6.	Discusiones	86
4.5.	Caracterización de Coliformes Totales.....	88
4.5.1.	Análisis de resultados	88
4.5.2.	Prueba de normalidad	89
4.5.3.	Prueba de hipótesis	90
4.5.4.	Eficiencia se sesiones	92
4.5.5.	Eficiencia final Coliformes Totales.....	92
4.5.6.	Discusiones	93
4.6.	Caracterización de coliformes Fecales / Termotolerantes	94

4.6.1.	Análisis de resultados	94
4.6.2.	Prueba de normalidad	97
4.6.3.	Prueba de hipótesis	97
4.6.4.	Eficiencia se sesiones	99
4.6.5.	Eficiencia final Coliformes Termotolerantes.	99
4.6.6.	Discusiones	100
4.7.	Caracterización de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	102
4.7.1.	Análisis de resultados	102
4.7.2.	Prueba de normalidad	105
4.7.3.	Prueba de hipótesis	106
4.7.4.	Eficiencia en las sesiones	107
4.7.5.	Eficiencia final DBO5	108
4.7.6.	Discusiones	109
4.8.	Caracterización de Demanda Química de Oxígeno.....	110
4.8.1.	Análisis de resultados	110
4.8.2.	Prueba de normalidad	113
4.8.3.	Prueba de hipótesis	114
4.8.4.	Eficiencia en las sesiones.	115
4.8.5.	Eficiencia final DQO	116
4.8.6.	Discusiones	116
4.9.	Caracterización de Sólidos suspendidos totales	118
4.9.1.	Análisis de resultados	118
4.9.2.	Prueba de normalidad	119
4.9.3.	Prueba de hipótesis	120
4.9.4.	Eficiencia se sesiones	122
4.9.5.	Eficiencia final SST.....	122
4.9.6.	Discusiones	123
4.10.	Caracterización de Potencial de Hidrógeno.....	124
4.10.1.	Análisis de resultados	124
4.10.2.	Prueba de normalidad	127
4.10.3.	Prueba de hipótesis	127
4.10.4.	Promedio Pre -test pH.....	129
4.10.5.	Promedio Post- test pH.....	129
4.10.6.	Discusiones	129
4.11.	Caracterización de temperatura °C del Agua.....	131
4.11.1.	Análisis de resultados	131
4.11.2.	Prueba de normalidad	133
4.11.3.	Prueba de hipótesis	133
4.11.4.	Promedio Pre –Test temperatura	135
4.11.5.	Promedio Post- Test temperatura	135
4.11.6.	Discusiones	135
4.12.	Caracterización de turbidez NTU	138
4.12.1.	Análisis de resultados	138
4.12.2.	Prueba de normalidad	139
4.12.3.	Prueba de hipótesis	141
4.12.4.	Promedio Pre –Test Turbidez	142
4.12.5.	Promedio Post- Test Turbidez	142
4.12.6.	Discusiones	142
4.13.	Eficiencia del biodigestor	143
CAPITULO V		146

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
6.	REFERENCIAS	149
7.	ANEXOS	169

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Parámetros de LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua superficial.</i>	25
Tabla 2 Valores Máximos Admisibles para Descargas al Sistema de Alcantarillado, aguas Residuales Industriales.	26
Tabla 3. Composición de las aguas residuales domesticas (mg/l)	31
Tabla 4 composición de orina por persona.	32
Tabla 5 Principales procesos de tratamiento de agua residual.	38
Tabla 6 Modelos de biodigestores según la capacidad.....	51
Tabla 7 Capacidades de los biodigestores.....	51
Tabla 8 Tipos de digestión según la temperatura de operación.....	56
Tabla 9 Método de referencias aplicadas a los muestreos de agua en el pre y post tratamiento por el laboratorio DELTALAB.....	72
Tabla 10 Puntos de muestreo de la primera sesión.	74
Tabla 11 Puntos de muestreo de la segunda sesión.....	74
Tabla 12 Puntos de muestreos de la tercera sesión.....	74
Tabla 13 Mediciones de caudales.....	78
Tabla 14 Valores estadísticos de aceites y grasas en el pre y post tratamiento... ..	81
Tabla 15 Prueba de normalidad de aceites y grasas.	83
Tabla 16 Valores estadísticos de muestras emparejadas en aceites y grasas.	84
Tabla 17 Valores de prueba de muestras emparejadas de aceites y grasas.	84
Tabla 18 Valores estadísticos de coliformes totales en el pre y post tratamiento.	89
Tabla 19 Prueba de normalidad de coliformes totales	90
Tabla 20 Valores estadísticos de muestras emparejadas de coliformes totales	91
Tabla 21. Valores de prueba de muestras emparejadas de coliformes totales.	91
Tabla 22 Valores estadísticos de coliformes termotolerantes en el pre y post tratamiento.	96
Tabla 23 Prueba de Normalidad de coliformes termotolerantes.....	97
Tabla 24 Valores estadísticos de muestras emparejadas de coliformes termotolerantes.....	98
Tabla 25 Valores de prueba de muestras emparejadas de coliformes termotolerantes.....	98
Tabla 26 Valores estadísticos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el pre y post tratamiento.	104
Tabla 27 Valores de concentraciones de un pozo séptico y pozos negros.	105
Tabla 28 Pruebas de normalidad de Demanda Bioquímica de Oxígeno.	106
Tabla 29 Valores estadísticos de muestras emparejadas.....	107
Tabla 30 Valores de prueba de muestras emparejadas de Demanda Bioquímica de oxígeno.	107
Tabla 31 Valores estadísticos de Demanda Química de Oxígeno en el pre y post tratamiento.	112
Tabla 32 Pruebas de normalidad de Demanda Bioquímica de Oxígeno.	113
Tabla 33 Valores estadísticas de muestras emparejadas.....	114
Tabla 34 Valores de prueba de muestras emparejadas de la Demanda Química de Oxígeno.....	114
Tabla 35 Valores estadísticas de solidos suspendidos totales en el pre y post tratamiento.	119
Tabla 36 Pruebas de normalidad de solidos suspendidos totales.	120

Tabla 37	Valores estadísticas de muestras emparejadas de solidos suspendidos totales.	121
Tabla 38	Valores de prueba de muestras emparejadas de solidos suspendidos totales.	121
Tabla 39	Valores estadísticos de potencial de Hidrogeno en el pre y post tratamiento.	126
Tabla 40	Prueba de normalidad de potencial de hidrogeno.	127
Tabla 41	Valores estadísticas de muestras emparejadas de potencial hidrogeno.	128
Tabla 42	Valores de prueba de muestras emparejadas de potencial de hidrogeno.	128
Tabla 43	Valores estadísticos de temperatura del agua en el pre y post tratamiento.	132
Tabla 44	Prueba de normalidad de la temperatura del agua.	133
Tabla 45	Valores estadísticos de muestras emparejadas de la temperatura del agua.	134
Tabla 46	Prueba de muestras emparejadas de la temperatura del agua.	134
Tabla 47	Valores estadísticos de turbidez del agua en el pre y post tratamiento.	139
Tabla 48	Prueba de normalidad de turbidez del agua.	140
Tabla 49	Valores estadísticos de muestras emparejadas de turbidez.	141
Tabla 50	Pruebas de muestras emparejadas de turbidez.	141
Tabla 51	<i>Cronograma de actividades del tesis de investigación</i>	198
Tabla 52.	Matriz de consistencia.	199

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Porcentaje de saneamiento según las categorías. (Autoridad Nacional de agua 2017).	24
<i>Figura 2.</i> Composición de las aguas residuales. Alcalde (1999).	27
<i>Figura 3.</i> Utilización de servicios por red de alcantarillado. Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (2017)	29
<i>Figura 4.</i> Descargas de aguas residuales domesticas sin tratamiento 2008 al 2016. Superintendencia Nacional de saneamiento (SUNASS) (2016).	30
<i>Figura 5.</i> Composición de las heces de Hakan, Bjonr, y Salomon, E (2004).	32
<i>Figura 6.</i> Características de las aguas residuales y fuentes de origen. Rojas. (2002)	40
<i>Figura 7.</i> Clasificación de los biodigestores anaerobios de acuerdo a su tecnología. Jiménez. (2005)	42
<i>Figura 8.</i> Sistema Biodigestor tipo Batch .Hernández, Fernandez, y Baptizta. (2006).	43
<i>Figura 9.</i> Sistema biodigestor semicontinuo Mejía (2016)	44
<i>Figura 10.</i> Sistema continuo Mejía (2016).	44
<i>Figura 11.</i> Biodigestor Prefabricado. Rotoplas (2016).	45
<i>Figura 12.</i> Componentes del Biodigestor pre fabricado. Rotoplas (2016).	47
<i>Figura 13.</i> Medidas de las partes de un biodigestor Rotoplas (2016)	50
<i>Figura 14.</i> Degradación Biológica de la Materia Orgánica. Díaz, Espitia, y Molina (2002).	52
<i>Figura 15.</i> Esquema de la digestión anaeróbica de materia orgánica compleja. Moraes, Zaiat, y Bonomi (2015).	54
<i>Figura 16.</i> Ecuaciones y características del vertederos (R.M. 273, 2013)	59
<i>Figura 17.</i> Zona de implementación de Biodigestor	66
<i>Figura 18.</i> Esquema de la red de agua y el tratamiento anaerobio.	68
<i>Figura 19.</i> Medidas de la excavación y del Biodigestor.	69
<i>Figura 20.</i> Etapas del proceso de tratamiento de agua residual doméstica.	75
<i>Figura 21.</i> Funcionamiento del Biodigestor Prefabricado. Rotoplas, (2016)	80
<i>Figura 22.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro aceites y grasas .	82
<i>Figura 23.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de coliformes totales	88
<i>Figura 24.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de coliformes termotolerantes.	95
<i>Figura 25.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de Demanda Bioquímica de oxígeno.	103
<i>Figura 26.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de Demanda Química de oxígeno.	111
<i>Figura 27.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de solidos suspendidos totales.	118
<i>Figura 28.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro potencial de Hidrogeno.	125
<i>Figura 29.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de temperatura.	131
<i>Figura 30.</i> Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de Turbidez.	138
<i>Figura 31.</i> Medición de caudal en el día 2	169
<i>Figura 32.</i> Medición de caudal en el día 1.	169
<i>Figura 33.</i> Medición de caudal en el día 3	170

<i>Figura 34.</i>	Prueba hidráulica del biodigestor.	170
<i>Figura 35.</i>	Diagnóstico del lugar de investigación.	171
<i>Figura 36.</i>	Pozo en mal estado.....	171
<i>Figura 37.</i>	Limpieza del lugar de trabajo.	172
<i>Figura 38.</i>	Excavación de zanja para biodigestor.	172
<i>Figura 39.</i>	Excavación de terreno para tubería.	173
<i>Figura 40.</i>	Terreno excavado para instalación de tubería.	173
<i>Figura 41.</i>	Plano y topografía del lugar de investigación.	174
<i>Figura 42.</i>	Topografía de lugar, fijación de pendiente del 10% para la tubería. ..	174
<i>Figura 43.</i>	Mediciones de zanja.....	175
<i>Figura 44.</i>	Accesorio para tubería de desagüe.	175
<i>Figura 45.</i>	Instalación y pegamento de tubería de desagüe.	176
<i>Figura 46.</i>	Pegamento de la tubería en el biodigestor.	176
<i>Figura 47.</i>	Entierro de tubería de desagüe.....	177
<i>Figura 48.</i>	Biodigestor instalado.	177
<i>Figura 49.</i>	Excavación para caja de lodos.....	178
<i>Figura 50.</i>	Preparación de ladrillo para la caja de lodos.	178
<i>Figura 51.</i>	Mezcla de cemento para caja de lodos.	179
<i>Figura 52.</i>	Preparación de cernidor para rellenar el biodigestor.	179
<i>Figura 53.</i>	Caja de lodos preparado.....	180
<i>Figura 54.</i>	Biodigestor instalado final.....	180
<i>Figura 55.</i>	Toma de coordenadas UTM.....	181
<i>Figura 56.</i>	Materiales y equipos de muestreo.....	181
<i>Figura 57.</i>	Toma de muestras	182
<i>Figura 58.</i>	Llenado de muestras en frasco para su respectivo análisis.....	182
<i>Figura 59.</i>	Colocación de ácido sulfúrico.	183
<i>Figura 60.</i>	Toma de los de parámetros en campo.....	183
<i>Figura 61.</i>	Etiquetado de muestras.	184
<i>Figura 62.</i>	Colocación de puntos de muestreos.	184
<i>Figura 63.</i>	Llenado de cadena de custodia.....	185
<i>Figura 64.</i>	Traslado de muestras para su análisis.	185
<i>Figura 65.</i>	Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sesión 1, mes de noviembre del 2018.....	186
<i>Figura 66.</i>	Puntos de muestreos sesión 1	187
<i>Figura 67.</i>	Informe de sesión 1.....	188
<i>Figura 68.</i>	Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sesión 2, mes de diciembre del 2018.	189
8.	<i>Figura 69.</i> Puntos de muestreos de sesión 2.....	190
<i>Figura 70.</i>	Informe de la sesión 2.....	191
<i>Figura 71.</i>	Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sesión 3, mes de Enero del 2019.....	192
<i>Figura 72.</i>	Puntos de muestreos sesión 3.....	193
<i>Figura 73.</i>	Informe de la sesión 3.....	194
<i>Figura 74.</i>	Cadena de custodia de la sesión 1.	195
<i>Figura 75.</i>	Cadena de custodia sesión 2.	196
<i>Figura 76.</i>	Cadena de custodia de la sesión 3.	197

INDICE DE ANEXOS

Anexo I: Mediciones de caudal de entrada al biodigestor	169
Anexo II: Prueba hidráulica del biodigestor.	170
Anexo III: Implementación, instalación y funcionamiento del biodigestor.	171
Anexo IV: Muestreo y caracterización de las aguas residuales doméstica.....	181
Anexo V: Resultados de análisis de laboratorio.	186
Anexo VI: Cadena de custodia de las muestras analizadas.	195

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas mediante un Biodigestor como tratamiento primario a nivel familiar en la Asociación “Los Viques” Carapongo- Lurigancho Chosica- Lima. El biodigestor es un sistema cuyo funcionamiento se da mediante digestiones anaerobias y remoción de los distintos parámetros del agua residual. El biodigestor se implementó e instaló en un tanque de 600 litros de flujo continuo, con un caudal de entrada de 381.12 l/día, con coordenadas geográficas WGS 84, este 0297327 UTM, Norte 8672809 UTM, a una altura 471 m.s.n.m. La implementación tuvo un periodo de ejecución de 50 días para luego iniciar su funcionamiento por 90 días aproximadamente haciendo un total de 3 meses. El presente estudio presenta un enfoque cuantitativo pre-experimental antes-después (pre-post). El muestreo y el análisis del agua residual doméstica se efectuó en tres sesiones diferentes tomadas en Noviembre y Diciembre del 2018, y Enero del 2019, por un laboratorio acreditado por el Inacal. En el estudio, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, obteniéndose como resultados promedios de remoción en el afluente (pre) y en el efluente (post), análisis de: Aceites y grasas (108 y 21 mg/l); Coliformes totales ($9.4 \cdot 10^7$ y $1.5 \cdot 10^6$ NMP/100 ml); Coliformes termotolerantes ($2.6 \cdot 10^7$ y $6.9 \cdot 10^5$ NMP/100 ml); DBO5 (2632.6 y 393 mg/l); DQO (3799.3 y 680 mg/l); sólidos suspendidos totales (1788.6 y 187mg/l); Potencial de Hidrógeno (8.6 y 7.4); y la Temperatura del agua (22.4 y 22.5 °C). La eficiencia de remoción obtenida en Aceites y grasas fue de 82.5%, Coliformes totales 98.3%, Coliformes Termotolerantes 97.3%, DBO5 84.9%, DQO 82%, SST 89.5%. La eficiencia promedio del biodigestor fue de 89% para el tratamiento primario de agua residual doméstica, lo cual presenta evidencia de ser una alternativa viable y sostenible para minimizar los impactos ambientales (agua, aire y suelo) y contribuir a la salud colectiva de la población.

Palabras Claves: Agua residual Domestica, Biodigestores, remoción, tratamiento.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to evaluate the efficiency of removal of the physicochemical and microbiological parameters of domestic wastewater through a Biodigester as a primary treatment at the family level in the Association "Los Viques" Carapongo-Lurigancho Chosica-Lima. The biodigester is a system whose functioning is given by anaerobic digestions and removal of the different residual water parameters. The biodigester was implemented and installed in a 600 liter continuous flow tank, with an inlet flow of 381.12 l / day, with geographic coordinates WGS 84, this 0297327 UTM, North 8672809 UTM, at a height of 471 m.s.n.m. The implementation had an execution period of 50 days and then start its operation for approximately 90 days making a total of 3 months. The present study presents a pre-experimental quantitative approach before-after (pre-post). Sampling and analysis of domestic wastewater was carried out in three different sessions taken in November and December 2018, and January 2019, by a laboratory accredited by Inacal. In the study, the physicochemical and microbiological parameters were evaluated, obtaining as average results of removal in the tributary (pre) and in the effluent (post), analysis of: Oils and fats (108 and 21 mg / l); Total coliforms ($9.4 * 10^7$ and $1.5 * 10^6$ NMP / 100 ml); Thermotolerant coliforms ($2.6 * 10^7$ and $6.9 * 10^5$ NMP / 100 ml); BOD5 (2632.6 and 393 mg / l); COD (3799.3 and 680 mg / l); total suspended solids (1788.6 and 187mg / l); Hydrogen potential (8.6 and 7.4); and the Water Temperature (22.4 and 22.5 °C). The removal efficiency obtained in oils and fats was 82.5%, total coliforms 98.3%, thermotolerant coliforms 97.3%, DBO5 84.9%, COD 82%, SST 89.5%. The average efficiency of the biodigester was 89% for the treatment of domestic wastewater, which presents evidence of being a viable and sustainable alternative to minimize environmental impacts (water, air and soil) and contribute to the collective health of the population.

Key words: Domestic wastewater, biodigesters, removal, treatment

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La tierra está cubierta del 70% por agua, las cuales el 96.5% es salada y el 3.5% es dulce, casi el $\frac{3}{4}$ está congelada y presentes en lagos, finalmente el 30 % es para consumo humano. Si llegara a faltar o a degradarse este recurso vital, tendríamos consecuencias como enfermedades y muertes (Flores, 2010).

El agua es una fuente de vida para la supervivencia del ser humano, pues resulta ser un elemento básico para la salud. Sin embargo a medida que la población aumenta, este recurso se hace cada vez más escaso y de difícil acceso. A ello se suman las aguas que fueron utilizadas en domicilios, fábricas, actividades ganaderas que contienen aceites y grasas, materia orgánica, detergentes, residuos industriales, ganaderos, agrícolas, entre otros. Estas aguas residuales deberían ser conducidas posteriormente a unas plantas depuradoras donde siguen un tratamiento adecuado para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles para su posterior reutilización (Pinto y Lawrence, 2014).

Por otro lado, la OMS (2018) menciona que a nivel mundial 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable contaminada por heces. Estas pueden transmitir diversas enfermedades como: la diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea y la poliomielitis. Debido a ellos uno de los problemas más preocupantes es la contaminación originada por el vertimiento de agua residual doméstica en el ambiente, dirigidos al cuerpo receptor superficial o subterráneo sin previo tratamiento.

INEI (2017) El ranking de población en América del Sur, al año 2017, el Perú (31 millones 237 mil 385) es el quinto país más poblado de América del Sur después de Brasil, Colombia, Argentina y Venezuela. De acuerdo con el total de la población censada, el departamento con mayor población es Lima al totalizar 9 millones 485 mil 405 habitantes; del cual, la provincia de Lima (43 distritos) tiene 8 millones 574 mil 974 habitantes; y la Región Lima 910 mil 431 habitantes.

Según la UNEP (2009), en el 2025 la población mundial será del orden de 7.200 millones de personas y la segunda y tercera parte se concentrarán en ciudades. El crecimiento poblacional mal planeado son causas de problemas ambientales en donde conforma el agotamiento y contaminación de los recursos agua, aire y suelo por el vertimiento y el manejo inadecuado de los residuos líquidos y sólidos generados (Troschinetz y Mihelcic, 2009).

Por otro lado Lorenzo, Llanes, Fernández y Bataller (2009). mencionan que la incrementación del consumo de agua se da por el aumento demográfico y las actividades productivas. Asimismo los procesos industriales que descargan aguas residuales sin previo tratamiento son responsables a que sobrepasan las cargas orgánicas aceptables para las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) trayendo consigo una alta contaminación ambiental.

La falta de información sobre los riesgos para la salud asociados al uso de aguas residuales, ya sea por falta de educación o por vivir en condiciones de pobreza, contribuye a su existencia, especialmente en los países en desarrollo. (WWAP, 2017).

Actualmente, la educación ambiental se conceptualiza como conductas humanas que deben estar encaminadas vía el desarrollo sostenible, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, la falta de esta formación originan el limitado tratamiento de agua residual (Ministerio del Ambiente, 2012), como resultado, el 60% de la población peruana terminan descargando estas aguas a los suelos, y a los cuerpos de agua (ríos, lagos, mares), entre otras, (Brack et al., 2008)

Las aguas residuales domesticas son generadas por las actividades cotidianas de las personas, donde abundan grandes cantidades de coliformes fecales, grasas, aceites, detergentes, entre otros, que son provenientes de los sanitarios, lavaplatos, lavadoras y duchas. (Moscoso, 2011) menciona que las aguas residuales domesticas contienen 70 % de materia sólida y el 30% de materia inorgánica.

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2017). Afirma que en el Perú Cerca de 11 millones de personas carecen de alcantarillado y solo el 62% del desagüe es captado por las Empresas Prestadoras de Servicio (EPS), además (SUNASS, 2016) menciona que el 30% de EPS tienen deficiente mantenimiento y operación de sus plantas; Cabe mencionar que existe limitada fiscalización de los vertimientos de las aguas residuales por parte de las autoridades y organismos competentes (Normas legales insuficientes) que trae consigo una inadecuada gestión sobre estos temas.

Mientras tanto Larios, Gonzales y Morales (2015) Indican que datos del 2009, de 786 millones de metros cúbicos (MMC) de Aguas Residuales Domesticas (ARD), 511 MMC se encontraban sin Tratamiento, de las cuales corresponden a Lima y Callao 325 MMC. De un total de 143 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas (PTAR), solo el 4.9% (7 plantas) estaba operando en niveles óptimos, Mientras tanto el 95 % son vertidos sin tratamiento a cuerpos receptores. Además según Silván, Ocaña, Margulis, Barajas, & Cerino (2016) mencionan que esta práctica puede generar consecuencias tanto a la salud en general y alteraciones ambientales.

Además Torres, Quipuzco y Meza (2015). Afirman que en nuestro país no cuenta con suficiente infraestructura y espacios, y como resultado de esta falencia sólo el 29 % de las aguas pasan por un tratamiento adecuado, la cual conlleva a la creación de nuevas tecnologías para su remoción.

La remoción de los contaminantes presentes en el agua es muy trascendental no solo en el Perú sino a nivel mundial y con ello tener una buena calidad, cantidad suficiente de agua para satisfacer las necesidades de la población. (Gonzales, 2011).

La alteración de las propiedades naturales del agua, aire, suelo y la proliferación de focos infecciosos están relacionado por la falta de tratamiento de agua residual y como consecuencia tendremos una mala calidad de vida. El consumo de agua con contaminantes químicos y/o biológicos generan diversas enfermedades que afectan sensiblemente la vida de millones de seres humanos y sus perspectivas futuras (Ronzano y Dapena, 1995). Por ende, para el tratamiento de las aguas negras y su reutilización posterior se lleva a cabo diversas tecnologías extensivas e intensivas (OPS/CEPIS, 2005). Destacando así tratamientos como: humedales en general, sistemas de absorción y los biodigestores.

Por otra parte dentro de los tratamientos preliminares encontramos las cribas son los encargados de detener los residuos presentes en el agua de gran tamaño y estas pueden ser diseñadas manualmente o mecánicamente (MINAM, 2009).

También se tiene unidades como desarenadores, sedimentadores los cuales tienen el propósito de remover por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante (Romero, 2008).

Por último tenemos tratamientos secundarios donde se realizan por procesos biológicos. Uno de estos procesos más comunes son los lodos activados, filtros percoladores, lagunas de estabilización tanto aireadas, facultativas y maduración, así mismo dentro del tratamiento anaerobio tenemos a los reactores UASB y biodigestores (Mariñelarena, 2006).

Las combinaciones de tecnología anaerobia con post tratamiento, representan las soluciones más económicas en cuanto a costos de operación y mantenimiento, así como en costos de inversión por lo que constituyen buenas opciones de tratamiento (Libhaber y Orozco, 2012).

El biodigestor es un sistema que se utiliza en lugares que no cuentan con alcantarillado para el tratamiento de aguas residuales, la actividad de este sistema no requiere de energía eléctrica, sino que ocurre por acción de bacterias anaerobias (Martí, 2008). Los lodos de los biodigestores sirven como abono para las plantas, es por ello que el uso de biodigestor se considera una tecnología amigable con el medio ambiente, aplicándose para las viviendas (Lozano, 2012) Y según (Lizama et al., 2014) el biodigestor tiene una eficiencia de más de 50% para remover la materia orgánica presente en el agua.

Uno de los problemas rurales que tenemos en nuestro país es la falta de un plan de desarrollo urbano donde se determina el crecimiento de la demanda no atendida. Actualmente, cerca de un millón de pobladores, ubicados en las zonas periféricas de la ciudad (periurbanas), no puede ser atendido de manera directa. La distribución de agua hacia estas zonas exige el tendido de un mayor número de kilómetros de tuberías, así como la búsqueda de fuentes más cercanas a su ubicación, como son las aguas subterráneas. En este contexto, no sólo es necesario realizar grandes inversiones en sistemas convencionales de abastecimiento, sino que, además, se deben implementar sistemas de bombeo y rebombeo que, a su vez, demandarán gastos en energía eléctrica para su operación. (Sedapal y Programa De Agua y Saneamiento Del Banco Mundial ,2006).

Según el diagnóstico Ambiental en la Asociación de Carapongo “Los Viques” perteneciente al Distrito Lurigancho Chosica - Lima, las aguas grises no cuentan con un sistema de tratamiento adecuado, siendo su disposición final en la infiltración del subsuelo y el vertimiento al canal de regadío, donde la población utiliza este recurso de forma directa para regar sus cultivos, generando así riesgos a la salud en general. Sin embargo todo está problemáticas es porque carecen de desagüe, y como una alternativa para combatir esta falencia se requiere implementar el uso de los biodigestores como tratamiento primario de agua doméstica, la cual es eficiente, económico y fácil de operar.

La implementación del biodigestor como tratamiento primario en la vivienda multifamiliar ubicada en Carapongo “los Viques”, será una opción para combatir la problemática de los efluentes residuales vertido al cuerpo receptor sin tratamiento. Por consiguiente la población se beneficiará tanto en el aspecto ambiental, reduciendo la carga de contaminación tanto fisicoquímicos como microbiológicos para un segundo tratamiento y así poder minimizar los impactos ambientales (agua, aire y suelo), para la protección de flora y fauna (Lorenzo et al. 2009); en el aspecto social se obtendrá la buena salud colectiva de la población, reduciéndose las enfermedades intestinales, entre otros las cuales relacionados con la alteración de las propiedades del agua (Poggio & Prado, 2009); por último en el aspecto económico se reducirá los costos de los servicios, ya que la tecnología del tratamiento anaerobio representan las soluciones más económicas en cuanto a costos de operación y mantenimiento (Libhaber Orozco, 2012), todos estos aspectos señalados generaran el mejoramiento de la calidad de vida de la Asociación Carapongo.

1.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aguas Residuales Domésticas mediante un Biodigestor como tratamiento primario a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

1.2. Objetivos Específicos

- ❖ Implementar un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- ❖ Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica mediante pruebas de pre y post análisis de laboratorio.
- ❖ Interpretar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el tratamiento del agua residual doméstica.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel latino

En la ciudad de México se realizó una investigación, la evaluación integral de un biodigestor de aguas residuales domésticas, el sistema fue diseñado con la finalidad de tratar el agua residual doméstica, aquellas compuestas por orina, heces y agua con jabón. La remoción de los contaminantes fueron los siguientes: DBO5 33.21%, Sólidos sedimentables 100%, sólidos totales 97.66%, sólidos suspendidos totales 99.14% con respecto a la concentración inicial, los valores indicados cumplen con los límites máximos permisibles de la normativa de México (Sanchez, 2016).

Pathiyamattom (2012). Realizó una tesis de maestría sobre la evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo, alimentado con estiércol de vaca y agua. Las cuales consistieron en tres monitoreos. En la primera, segunda y tercera corrida se midió la temperatura del biodigestor y la temperatura del medio ambiente. En la tercera corrida, además, se midió el pH, DQO y la radiación solar. La dilución de la materia orgánica en la primera y segunda corrida fue de 2:1 y en la tercera 3:1. La temperatura de operación del biodigestor (21 – 40 °C), el pH (7.06 – 7.22) y la DQO (290 ppm) estuvieron dentro de las condiciones óptimas de crecimiento de las bacterias metano génicas. Se observó que la radiación solar y la temperatura del medio ambiente no influyen en las condiciones de operación del biodigestor.

2.1.2. A Nivel Nacional

En la comunidad de Escallani, Distrito de Capachica, Provincia Puno, Región Puno- Perú se realizó una investigación de Mejoramiento de sistema de tratamiento de agua residual domésticas, modelo rotoplacas para familias del sector rural, con el objetivo de diseñar, construir,

y poner en operación el sistema para el tratamiento de agua residual y comparar la eficiencia con el D.S. 003 2010 MINAM, de tratar el agua residual y como resultado se redujo el contaminante mejorando la calidad del efluente (Tejada, 2016).

Cerca de allí, (Mancha ,2015) en el Centro Poblado de Sanquira, distrito de Yunguyo del departamento de Puno, también realizó un trabajo de investigación que tiene como objetivos: Evaluar la eficiencia de remoción de aguas residuales domesticas que ocurre en el sistema del biodigestor autolimpiable; como tratamiento secundario, para lo cual se han analizado los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del efluente y se hizo la comparación con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM. Los resultados obtenidos del efluente en el laboratorio conforme a la eficiencia de remoción del sistema son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) 28.24%, demanda química de oxígeno (DQO) 26.44%, aceite y grasas 62.03%, solidos totales en suspensión (SST) 57.16%. También se determinó la eficiencia de remoción de coliformes totales 47.41% y coliformes fecales 33.60%. Se realizó el análisis comparativo de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles (LMP), de los cuales NO cumplen con los LMP para ser descargados a cuerpos receptores sin generar contaminación la (DBO) y la (DQO).

Por otro lado Mejía (2016). En la subestación eléctrica Cotaruse de la ciudad de Apurímac se realizó una investigación con el objetivo de determinar la eficiencia del tratamiento de agua residual domestica mediante un biodigestor prefabricado, se realizó la caracterización de los parámetros como pH, DBO5, DQO, solidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes, temperatura, aceites y grasas, los resultados se compararon con los limies máximos permisibles según el D.S. N° 003-2010 MINAM. Como resultado de esta investigación es que los parámetros no cumplen con los límites máximos permisibles y por lo tanto no pueden ser vertidos en cuerpos de agua.

Por ultimo en la comunidad de Oquebamba de la provincia Espinar departamento Cusco, se realizó una investigación con el objetivo de evaluar el sistema de tratamiento de agua residual doméstica en biodigestores, en su fase primaria , la influencia de parámetros físico, químico y biológico y relacionar con la DBO5, DQO y así obtener ecuaciones de modelo de regresión lineal y proponer biofiltro, los resultados de la remoción fueron los siguientes: DBO5 71%, DQO 69%, solidos totales en suspensión 76%, coliformes totales 64%, coliformes fecales 87%, coliformes termotolerantes 39%, el efluente se comparó con el D.S. N° 003-2009- MINAM (Mamani, 2015).

2.2. Marco legal

El Perú cuenta con diversas normativas para el mejoramiento de calidad ambiental, las cuales son:

2.2.1. Constitución Política del Perú.

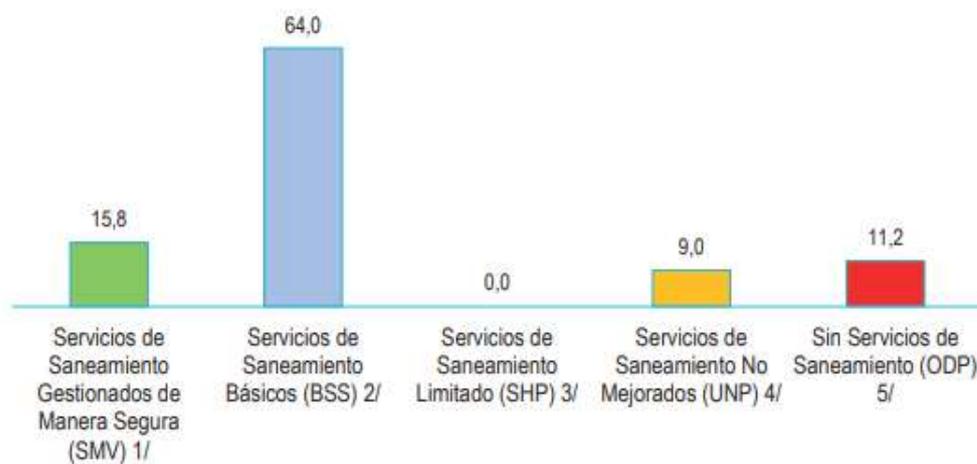
“En el artículo 2 sobre el agua, en el Proyecto de Ley N° 272/2016- CR, el agua como derecho humano, fundamental e irrenunciable. El agua se constituye en patrimonio de nuestro país y es un bien estratégico para el desarrollo de nuestra nación y es esencial para la vida, el dominio sobre el agua es inalienable, imprescriptible, inembargable” (Constitucion Politica del Perú 1993, 2016).

2.2.2. Ley general del Ambiente (Ley N° 28611)

“En el artículo 122, del tratamiento de residuos líquidos le corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales” (Ley General del Ambiente , 2005).

2.2.3. Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Según ANA (2017) en la Resolución Ministerial N° 224-2013-ANA.- menciona en el Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Tratadas.



1/Comprende: Instalación privada mejorada en la que los desechos fecales se depositan in situ de manera segura o se transportan y tratan fuera del sitio; además de una instalación para el lavado de manos con jabón y agua.
 2/Comprende: Instalación privada mejorada que separa las excretas del contacto humano.
 3/Comprende: Instalación mejorada compartida con otros hogares.
 4/Comprende: Instalación no mejorada que no separa las excretas del contacto humano.
 5/Comprende: Defecación al aire libre.

Figura 1. Porcentaje de saneamiento según las categorías. (Autoridad Nacional de agua 2017).

2.2.4. Protocolo nacional de muestreo los recursos hídricos superficiales.

El 13 de Enero del 2016 se aprobó la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, en la cual son criterios y procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos tanto continentales (ríos, quebradas, lagos, lagunas, entre otras) como marino - costeros (bahías, playas, estuarios, manglares, entre otros). Este protocolo es de uso obligatorio a nivel nacional. (ANA, 2016).

2.2.5. Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes - PTAR

Mediante la Resolución Ministerial N° 273-2013-VIVIENDA.- se aprueba el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales- PTAR del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en donde el objetivo es estandarizar la metodología para el desarrollo del monitoreo de la calidad

del agua residual tratada (efluente), de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR). Además es aplicable al agua residual cruda (afluente) que ingresa a la PTAR. Ministerio de vivienda (2013).

2.2.6. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes (PTAR).

Según SINIA (2016) alude que “Con la finalidad de controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente, el Ministerio del Ambiente publicó el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda”.

Tabla 1

Parámetros de LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua superficial.

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: Recuperado de MINAM, 2010.

2.2.7. Estándares de calidad de agua (ECA)

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, tiene por objeto recopilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto

Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos con el fin de proteger la calidad ambiental. SINIA (2017).

2.2.8. “D.S 010-2019-VIVIENDA Valores Máximos Admisibles (VMA)

Este decreto nos presenta los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario” todo esto es para el mayor control de las descargas residuales no domesticas en la red de alcantarillado con el fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos, disminuyendo los costos de su operación y mantenimiento, y evitando el deterioro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Tabla 2

Valores Máximos Admisibles para Descargas al Sistema de Alcantarillado, aguas Residuales Industriales.

Parámetro	Unidad	VMA para Descargas al Sistema de Alcantarillado
Aceites y Grasas	mg/L	100
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1000
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	500

Fuente: Recuperado de Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019.

2.3. Aguas residuales

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. (Crites y Tchobanoglous, 2003).

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014). Ver figura 2

Según Méndez y Muñoz (2010) “El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)” realizó una investigación en el año 2003, la cual informó que más del 94% del agua residuales son descargadas en diversos cuerpos de aguas o se utiliza sin previo tratamiento para el riego, ocasionando así enfermedades infecciosas e incluso la muerte por el tipo de calidad de agua consumida, ver figura 2.

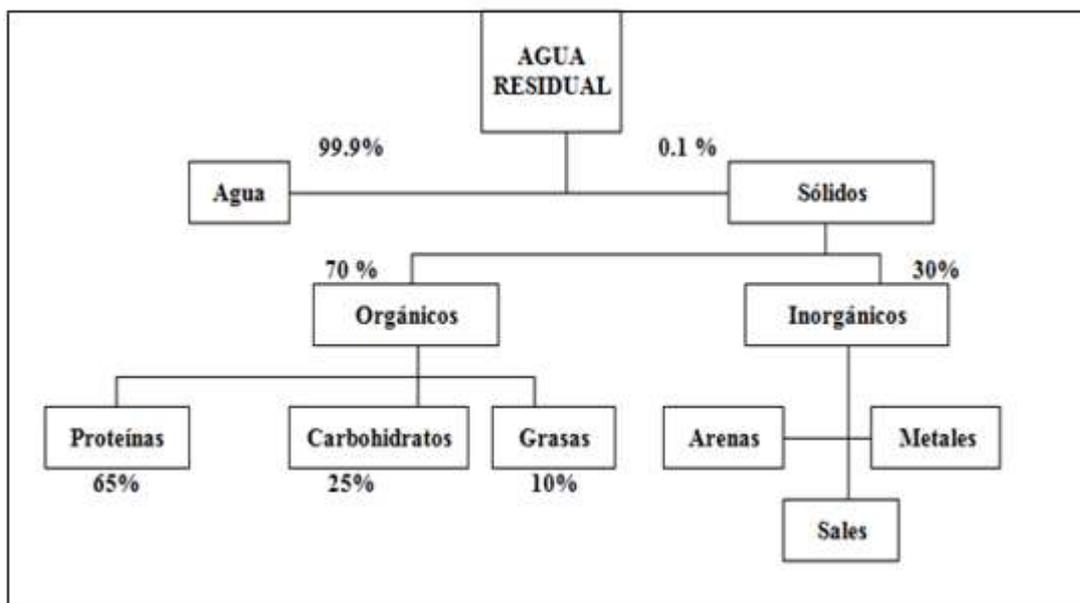


Figura 2. Composición de las aguas residuales. Alcalde (1999).

Según “Asamblea Mundial de la Salud (1973)” , publicó “Guías sobre el Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura” mediante una investigación profunda sobre estudios epidemiológicos que causan a los individuos con la manipulación de los efluentes contaminados, además se definió el uso “Guías para el Uso Seguro de Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises”; con la finalidad de proteger a la población en la manipulación de los

efluentes contaminados, resguardando así la salud de la comunidad para evitar la obtención de enfermedades de contacto crónicas (wordl health organizazion, 2013).

Desde el año 2009, el Perú optó en tratar el agua contaminada para posterior utilizar en el riego de las plantas, la cual fue emitido por la Resolución N° 0291-2009-ANA, dándole el otorgamiento de autorización de vertimiento y de reúso de agua tratada, con el fin evitar la contaminación de cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento (Méndez y Muñoz, 2010).

Además, en 1973 se realizó la “26a Asamblea Mundial de la Salud”, donde se dio a conocer el “programa de la Organización Mundial de la Salud (OMS)” llamado también “Salud Humana y Medio Ambiente”, con la finalidad de mejorar la calidad del medio ambiente mediante saneamientos básicos, para así evitar la presencia de contaminantes en general, fomentando así las investigaciones que no dañen el medio ambiente y la salud de los pobladores.

No obstante en el año 2008 en el Perú se presentó un D.S. 002-2008 MINAM, con el propósito de que los efluentes tratados, sean reutilizados en el regadío de las áreas verdes de esta manera se evitará la degradación del medio ambiente. En el año 2015 el MINAM realizó una modificación del decreto supremo 002-2008, mediante el D.S N° 015-2015 MINAM, con el fin de precisar los parámetros para la utilización en la bebida de los animales. Actualmente en el año 2017, el D.S N° 004_2017 MINAM derogó al D.S N° 015_2015 MINAM, con el fin de proteger la calidad ambiental.

2.3.1. Tipos de agua residual

según Merino (2003) La clasificación de las aguas residuales más comunes:

2.3.1.1. Agua residual domesticas

Las aguas residuales domesticas por lo general provienen de actividades cotidianas y están compuestas en su mayoría de componentes orgánicos y contaminantes las cuales son vertidas a cuerpos receptores continentales o marinas. (OEFA, 2014).

Las características de este tipo de agua producidas por actividades humanas son muy diversas, dependiendo de sus orígenes y el tratamiento depende del uso a los cuales está destinada, estas aguas contienen solidos los cuales se introducen en las cloacas y son transportados por los sistemas de alcantarilla (Romero, Colín, Sánchez, y Ortiz, 2009).

Según la UNESCO (2011). Los efectos de la contaminación en la flora y fauna se ocasionan en gran parte por el vertimiento de estas aguas contaminadas sin ningún tipo de tratamiento.

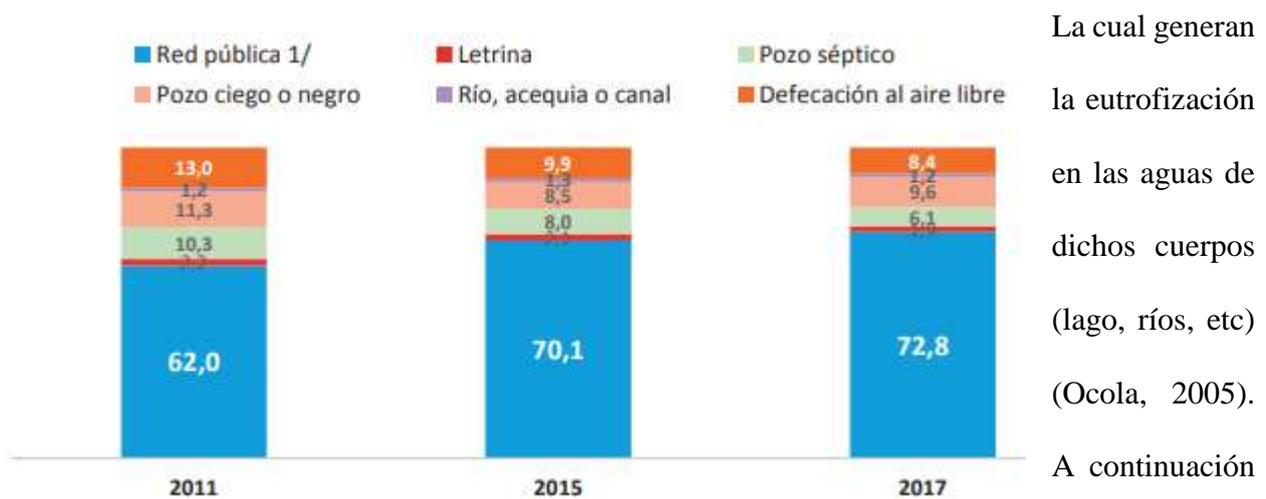


Figura 3. Utilización de servicios por red de alcantarillado. Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (2017)

Presentamos la Figura 3 donde apreciaremos los diversos servicios que tenemos en el país hasta el año 2017.

Al año 2017, el 72,8% de la población del país utilizaron servicios de saneamiento por red pública de alcantarillado, definidos como instalaciones seguras que eliminan los desechos humanos de manera segura, el 8,0% eliminaron las excretas mediante pozo séptico o letrina, el 9,6% por pozo ciego o negro, el 8,4% de la población no tiene ningún tipo de servicio para eliminar las excretas y el 1,2% elimina en río, acequia o cana.



Figura 4. Descargas de aguas residuales domesticas sin tratamiento 2008 al 2016. Superintendencia Nacional de saneamiento (SUNASS) (2016).

Según la

figura 4, en el 2016 en el Perú se registró el 59.6 % con respecto al año 2008 que hubo un descenso de 308% (INEI, 2018)

2.3.1.2. *Agua residual industrial*

Son aquellas que son resultado de cualquier actividad industrial, proceso de producción, transformación, incluyendo los provenientes de la minería, agrícola, energética, agroindustrial, etc. (OEFA, 2014).

2.3.1.3. *Agua residual municipal*

Son aquellas aguas residual domesticas que pueden estar mezclados con aguas residuales, drenaje pluvial que recibieron un previo tratamiento, para ser admitidos en los sistemas de alcantarillado (OEFA, 2014).Según (Metcalf y Eddy, 1998). Menciona la composición del agua residual domestica como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3.
Composición de las aguas residuales domesticas (mg/l)

Componente	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	1200	720	35
Sólidos disueltos	950	500	250
Sólidos disuelto fijos	525	300	145
Sólidos disueltos volátiles	325	200	105
Sólidos suspendidos	350	220	100
Sólidos fijos	75	55	20
Sólidos volátiles	275	165	80
Sedimentables	20	10	5
DBO	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
Nitrógeno Total	85	40	20
Nitrógeno Orgánico	35	15	8
Nitrógeno Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo Total	15	8	4
Fósforo Orgánico	5	3	1
Fósforo Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad	200	100	50
Grasas y Aceites	150	100	50

Fuente: Recuperado de (Metcalf y Eddy, 1985).

2.3.2. Principales diferencias entre las aguas negras y grises

Guevara, (1996). Las aguas grises provienen de la lavadora, cocina, duchas, etc. La composición de estas aguas no son patógenas, la magnitud de enfermedades no es la es estéril salvo mismas que las agua que vienen de la cloacas. A continuación presentamos la composición de las orina tabla 4 Y figura 5.

Las aguas negras contienen heces y además de ellas, tienen cantidades de nitrógeno (la urea a partir de la orina) y papel higiénico. Para prevenir la contaminación de agua superficial y subterránea los retretes deben estar alejados de cualquier tipo de fuente de abastecimiento (Alcalde, 1999).

Tabla 4
composición de orina por persona.

Orina	
1.3 litros por persona por día	
Componente	%
Contenido de humedad	93 -96
Nitrógeno	15-19
Fósforo	2.5-5
Potasio	3-4.5
Carbón	11-17
Calcio	4.5-6

Fuente: Recuperado de (Gotaas, 1956).

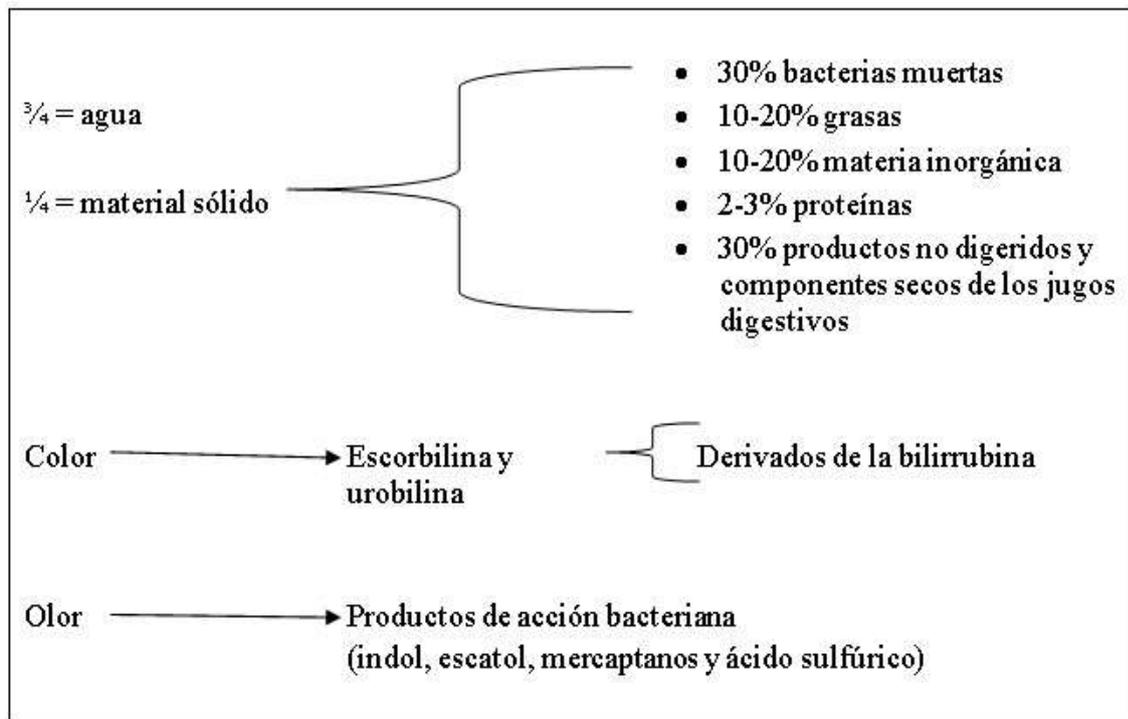


Figura 5. Composición de las heces de Hakan, Bjonr, y Salomon, E (2004).

2.4. Caracterización de agua residual

2.4.1. Características físicas

Según Mariñelarena (2006) junto a Snoeyink y Chemistry (2008) Clasifican las características de esta manera:

2.4.1.1. Sólidos totales

Los sólidos totales se clasifican de acuerdo a su granulometría y presentaciones como sólidos suspendidos y filtrables.

2.4.1.2. Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos son aquellas que se perciben y se aprecian a simple vista las cuales se pueden separar de los líquidos por medios mecánicos de una manera sencilla, las partículas que flotan en el medio son provenientes de vegetales, animales, residuos, etc. Dentro de este se encuentra los sólidos sedimentables, donde estos sólidos se depositan en el fondo por la acción de la gravedad.

2.4.1.3. Sólidos Filtrables

Los sólidos filtrables se componen de sólidos coloidales y disueltos, estas fracciones coloidales oscilan en un diámetro aproximadamente de 10^{-3} y 1 micra, la cual estas fracciones no se puede eliminar por sedimentación, por otro lado, los sólidos disueltos son compuestos por moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que están disueltas en el agua donde se requiere de una coagulación y posterior la sedimentación para eliminar partículas que se encuentran suspendidas.

2.4.1.4. Color

El efluente residual por lo general es gris; estas cambian al color negro debido a la disgregación de la materia orgánica, además suelen indicar la edad, por ende se reduce la presencia de oxígeno en el efluente.

2.4.1.5. Turbidez

Este parámetro indica la calidad del efluente vertido, llevando así una relación estrecha con las materias en suspensión y la medida de transmisión de la luz al agua.

2.4.1.6. Temperatura

Cuando la temperatura aumenta, disminuye la solubilidad de gases (oxígeno), por ende aumenta las sales y la velocidad de las reacciones del metabolismo acelerando la descomposición de la materia orgánica. (Almeida, 2013).

2.4.1.7. Olor

El olor es un parámetro muy importante debido a que por medio de ello se perciben gases producidas por la acción de las bacterias en la degradación de los desechos orgánicos.

2.4.2. Características químicas.

Este estudio comprende de cuatro parámetros:

2.4.2.1. Potencial de Hidrogeno

El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos. Por lo general, el pH óptimo para el crecimiento de los organismos se encuentra entre 6.5 y 7.5. El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. (Smith, Lang, Cheung y Spanoudaki, 2005)

2.4.2.2. Materia orgánica

Las actividades humanas están relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Sin embargo, estos sólidos provienen de los reinos animal y vegetal.

La materia orgánica proviene de la naturaleza, su estudio es importante para determinar y contralar la calidad de los recursos hídricos, ciclo del agua, como también las descargas durante las actividades del hombre. Para cuantificar la materia orgánica se necesitan parámetros como son: (DQO) y (DBO).

2.4.2.3. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)

También llamada Demanda biológica de oxígeno, este parámetro mide la materia orgánica biodegradable que posee un cuerpo de agua, y la cantidad de oxígeno necesario que tiene para su descomposición.

Las aguas con el DBO alto disponen de una rica fuente de alimento para los microorganismos, permitiendo la reproducción de forma rápida. La elevación del (DBO₅) sino es controlado, produce eutrofización, la cual es un problema medio ambiental para los cuerpos receptores ya que este produce la muerte de los organismos acuáticos por la disminución de oxígeno.

2.4.2.4. Demanda Química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido para degradar químicamente la materia orgánica e inorgánica, la cual es uno de los parámetros que mide la materia orgánica presente en el agua; (Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, y Luis, 2007). Además este mismo autor menciona que generalmente el agua residual posee un DQO menor o igual a 10 mg/l, pero el agua altamente contaminada el DQO es mayor a 200 mg/l.

2.4.2.5. Aceites y grasas

Se encuentran presentes en los efluentes residuales como las industrias petroquímicas, restaurantes, camales, curtiembres, etc. Estos parámetros provocan obstrucción en la red de alcantarillado, acumulándose en la parte superficial de los ríos y lagos, dificultando el intercambio gaseoso con el aire, impiden los procesos biológicos de remoción de contaminantes. Existe un método analítico para la determinación y extracción del solvente y se llama método de Soxhlet.

2.4.2.6. Detergentes

Están presentes en los efluentes industriales y desagües domésticos, causando la formación de espuma con elevada concentración de bacterias y efectos tóxicos a los ecosistemas acuáticos.

Son muy ricos en fósforos y fosfatos la cual constituyen en la generación de la eutrofización de los cuerpos superficiales.

2.5. Contaminación de las Aguas Superficiales y Subterráneas.

Generalmente la contaminación de aguas superficiales ocurre por fuentes no puntuales como la agricultura, los desechos de los productos químicos y fertilizantes mediante canales no supervisados contaminan los ríos. Una forma de mejorar esta situación es erradicar el uso de los productos químicos por orgánicos, además los ganaderos deberían tener un control de escurrimiento e infiltración de desechos de animales en las granjas (Pascual, 2010).

La eutrofización que se produce cuando el agua se llena de nutrientes de modo artificial y genera un crecimiento anormal en las plantas. Los fertilizantes que son arrastrados de los campos a las aguas pueden ocasionar este proceso que además ocasiona problemas estéticos como mal sabor, olor y la falta de oxígeno en la profundidad de las aguas (Miller, 2002). Para evitar esto se debería erradicar el uso de estos productos en tierras planas, además los ganaderos deberían controlar el escurrimiento e infiltración de desechos de animales en las granjas (Pascual, 2010).

Además Tamayo. (2000) nos menciona que las fuentes puntuales como las viviendas multifamiliares acarrear aguas negras y desechos industriales que son descargados en las corrientes de aguas más cercanas y se produce la sedimentación de los sólidos contaminando el cuerpo de agua. Adicionalmente el agua de la capa freática subterránea es de gran importancia para consumirla; sin embargo la contaminación de estas es muy perjudicial, porque estas aguas no pueden depurarse por sí mismas, ya que sus corrientes son lentas y no turbulentas y los contaminantes no se diluyen ni se dispersan fácilmente.

2.6. Principales procesos de tratamiento de agua residual

Según Rojas (2002) menciona que el tratamiento se da con el objetivo de reducir los contaminantes presentes en el agua: esta permite vitar lo siguiente :

- a) Deterioro al suministros de agua tanto públicos, privados e industriales
- b) Alteración de aguas destinadas para la recreación y diversión.
- c) Destrucción de actividades de piscigranja.
- d) Perjudicar la agricultura y generar la infertilidad de la tierra
- e) Destrucción del medio ecológico

El aumento de la expansión demográfica y la industrialización son factores para la generalización de las aguas residuales. El tratamiento de estas aguas están resumidas en cuatro incisos (Sperling, 2008).

- ❖ Razones de salud en general.
- ❖ Razones económicas.
- ❖ Razones estéticas.
- ❖ Razones legales

A continuación presentamos los principales procesos de tratamiento convencional ver tabla 5.

Tabla 5
Principales procesos de tratamiento de agua residual.

Tratamiento	Descripción	Tipo de unidad
Preliminar	Según (FNA, 2010) En esta etapa se tiene como objetivo la eliminación de las materias gruesas, arenosos en donde se pretende no perturbar el funcionamiento total de las maquinas, equipos e instalaciones de los siguientes tratamientos	Rejas, tamices, desarenador, tanques de homogenización, trampas de grasa, medidor y repartidos de caudal
Primario	Tiene como fin remover por medios mecánicos de los materiales sedimentables o flotantes, además tiene la capacidad de remover la materia orgánica que está presente entre el 25% a 40% de DBO y 50% a 65% de SS (Rojas, 2002).	Sedimentadores, tanque séptico, tanque Imhoff y tanques de flotación, Biodigestores.
Secundario	Este proceso convierte la materia orgánica fina, en sólidos sedimentables floculentos las cuales pueden ser separadas utilizando sedimentadores como los tanques de decantación. Procesos biológicos tienen una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%.	Lodos activados, biodiscos, filtros percoladores, humedales, lagunas de estabilización, reactor UASB, Biodigestores.
Terciario	Remueve sólidos suspendidos a través de micro filtración, además en este nivel se remueven	Micro filtración, la coagulación y precipitación, la absorción por carbón activado, cloración, destilación, oxidación química, extracción por solvente, remoción por espuma, nitrificación – de nitrificación.

Fuente: Recuperado de plantas de tratamiento de aguas residuales, (NORMA OS. 090)

Para la construcción de una planta convencional para el tratamiento secundario de aguas residuales para una población de 1 millón de habitantes requiere una inversión capital de aproximadamente US\$100 millones, Según un estudio patrocinado por el Banco Mundial en

1997, sin mencionar los costos sustanciales de operación y mantenimiento para su operación continua. (Reynolds, 2002)

2.6.1. Características biológicas

Son los microorganismos que conforman en las características biológicas de las aguas, son importantes debido al metabolismo biológico que degradan la materia orgánica, las cuales se pueden clasificar de acuerdo al metabolismo, en autótrofos y heterótrofas. (Almada, Nuñez, Martínez y Sant, 2015). Están se pueden dividen en:

2.6.1.1. *Bacterias anaerobias*

Son aquellas bacterias que sobreviven y accionan sin la presencia de oxígeno. El proceso que provocan los anaerobios es caracterizado por los malos olores. (Corrales, Antolinez, Bohórquez, y Corredor, 2015).

2.6.1.2. *Bacterias aerobias*

Este tipo de bacterias requieren de oxígeno para su alimentación y sobrevivencia. El proceso que provocan los aerobios es caracterizado por la ausencia de los olores (Ronzano y Dapena, 1995).

2.6.1.3. *Bacterias facultativas*

Las bacterias ya mencionadas anteriormente pueden llegar adaptarse al cualquier medio, es decir aerobias tienen la capacidad de sobrevivir sin oxígeno, y como también las anaerobias pueden vivir en presencia de oxígeno (CIDTA, 2013).

2.6.1.4. *Bacterias coliformes*

Las bacterias de los géneros *Escherichia* y *Aerobacter* se encuentran dentro del intestino humano y animal de sangre caliente, la presencia de estas indican contaminación y múltiples enfermedades.

2.6.1.5. Algas

Los nutrientes que requieren las algas son los nitrógenos y el fosforo, además su hogar favorito son estanques estabilizados. Entre los tipos más comunes de algas en el agua dulce son verdes móviles (Volvocales euglenophyta), verdiamarillas o marrón dorado (chrysophyta) y verdiauales (Cyanophyta).

Características físicas	
Solidos	Suministro de agua, residuos industriales y domésticos
Temperatura	Residuos industriales y domésticos
Color	Residuos industriales y domésticos
Olor	Descomposición de residuos líquidos
Características Químicas	
Orgánicos	
Proteínas	Residuos comerciales y domésticos
Carbohidratos	Residuos comerciales y domésticos
Aceites y Grasas	Residuos comerciales, industriales y domésticos
<u>Tensoactivos</u>	Residuos industriales y domésticos
Fenoles	Residuos industriales
Pesticidas	Residuos agrícolas
Inorgánicos	
pH	
Cloruros	Residuos industriales
Nitrógeno	Suministro de agua, residuos industriales e infiltraciones
Fósforo	
azufre	Residuos agrícolas y domesticas
Tóxico	Residuos agrícolas, industriales y domesticas
Metales pesados	Suministro de agua y residuos industriales Residuos industriales Residuos industriales
Gases	
Oxigeno	
Hidrogeno sulfurado	
Metano	Suministro de agua e infiltraciones Residuos domésticos Residuos domésticos
Características Biológicas	
Virus	Residuos domésticos
Bacterias	Residuos domésticos
Protozoarios	Residuos domésticos
Nematodos	Residuos domésticos

Figura 6. Características de las aguas residuales y fuentes de origen. Rojas. (2002)

2.7. Biodigestor

Es un procesador anaerobio de aguas residuales que se ubica debajo del nivel del suelo al igual que los pozos sépticos, la diferencia es que los biodigestores al contener en su interior materia orgánica ya sean de origen antrópico, animal y plantas es descompuesto por la acción

bacteriana. Al pasar este proceso el líquido final es libre de agentes patógenos (Licenciado, Andes, y Hechicera, 2013).

Hossain y Islam (2008) conceptualiza que un biodigestor es un tanque cerrado donde se lleva a cabo la fermentación anaeróbica de la materia orgánica, como por ejemplo: desechos agrícolas, agroindustriales y forestales, aguas residuales urbanas e industriales, residuos sólidos urbanos y el estiércol de animales. Además (Wang y Coautores, 2011).

Según Demier y Chen (2005) informan que el Biodigestor forma metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) mediante la materia orgánica a través de la degradación, la cual es un proceso natural que ocurre sin la presencia de oxígeno (anaerobia) donde ciertas poblaciones microbianas actúan de forma conjunta para promover una fermentación autorregulada y estable de la materia orgánica (Florentino, Biscaro, y Passos, 2010).

El tratamiento con bacterias anaerobias aguas residuales es una opción muy sugestiva y eficiente por su bajo consumo de energía y sus bajos requerimientos de nutrientes (Astegiano, Favaro, y Bouzo, 2001).

2.7.1. Clasificación de Biodigestores

Se clasifican de acuerdo a su tecnología o tipo de procesos, en cuanto a la tecnología está constituida por la primera, segunda y tercera generación. En la primera generación comprende aquellos procesos en donde la biomasa se encuentra en suspensión, en la segunda los microorganismos son retenidos en el reactor o por las propiedades de sedimentación que posee y en la tercera, al igual que en la segunda, los microorganismos se encuentran en forma de biopelícula, pero el soporte se expande con las altas velocidades de flujo (Jiménez, 2005). En la figura 7. se observa la clasificación de biodigestores.

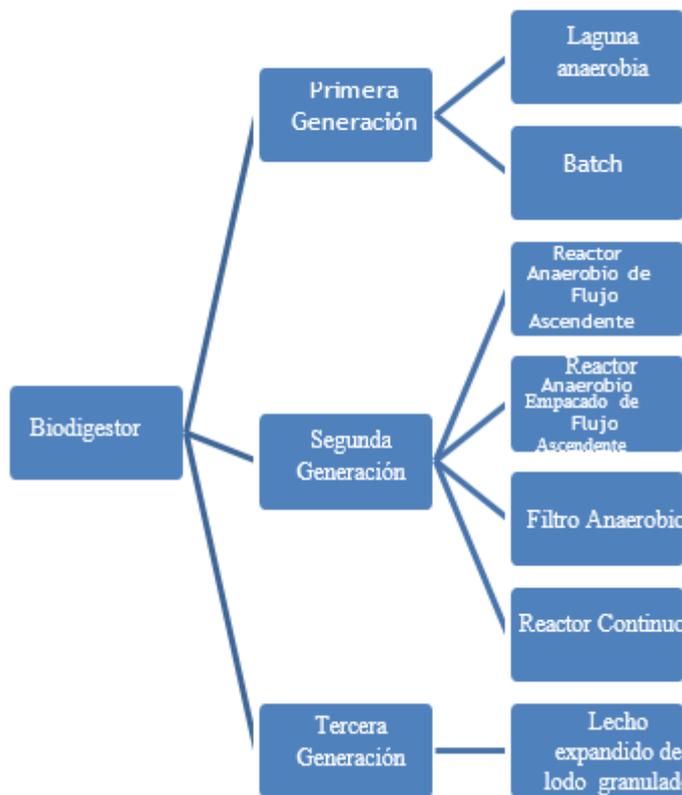


Figura 7. Clasificación de los biodigestores anaerobios de acuerdo a su tecnología. Jiménez. (2005)

Los biodigestores se pueden clasificar de acuerdo con la frecuencia de carga que se realiza como:

2.7.1.1. Sistema batch o discontinuo

Son biodigestores que se llenan con materiales en un solo lote, se debe vaciar los biodigestores por completo y cargarlas de nuevo, cuando el rendimiento de gas es menos, después de un periodo de fermentación (OPS/CEPIS, 2005).

El sistema tipo Batch consta de tanques herméticos con salidas de gas, la cual se conecta a un gasómetro flotante, donde se recolecta el biogás.



Figura 8. Sistema Biodigestor tipo Batch .Hernández, Fernandez, y Baptizta. (2006).

2.7.1.2. Sistema semi-continuo

En la primera carga introducida consta de gran cantidad de materiales; Cuando el contenido de gas se va disminuyendo se debe agregar nuevas materias primas y se descarga el efluente regularmente en la misma cantidad (OPS/CEPIS, 2005).



Figura 9. Sistema biodigestor semicontinuo Mejía (2016)

2.7.1.3. Sistema continuo

Este proceso se aplica en zonas ricas con materiales residuales y digestores de gran tamaño (mayor de 15 metros) y de tamaño mediano (entre 6.3 y 15 metros.). Además el efluente que descarga es igual al material que entra, la producción de gas es uniforme en el tiempo siempre en cuando la fermentación en el digestor es ininterrumpido (OPS/CEPIS, 2005).

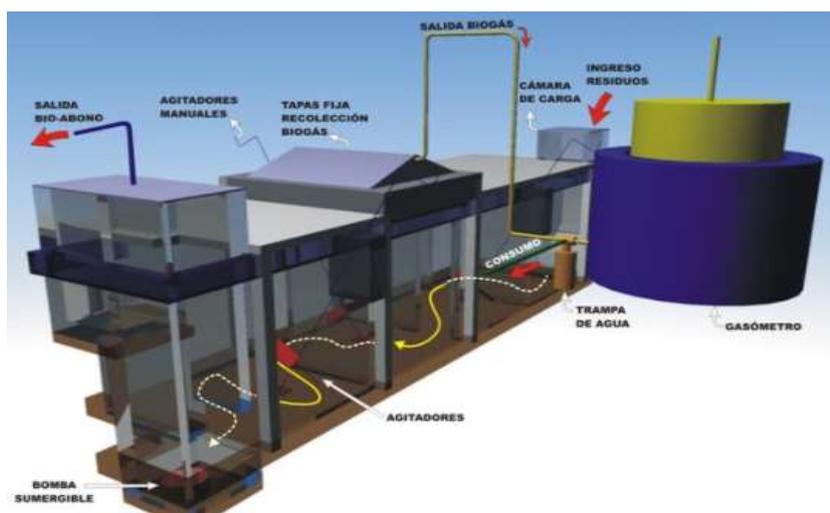


Figura 10. Sistema continuo Mejía (2016).

2.7.2. Biodigestor pre fabricado

Es un sistema anaerobio para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, las cuales funciona de forma natural mediante las digestiones anaerobias provenientes de aguas grises. (Rotoplas, 2016), (Ver figura 11).

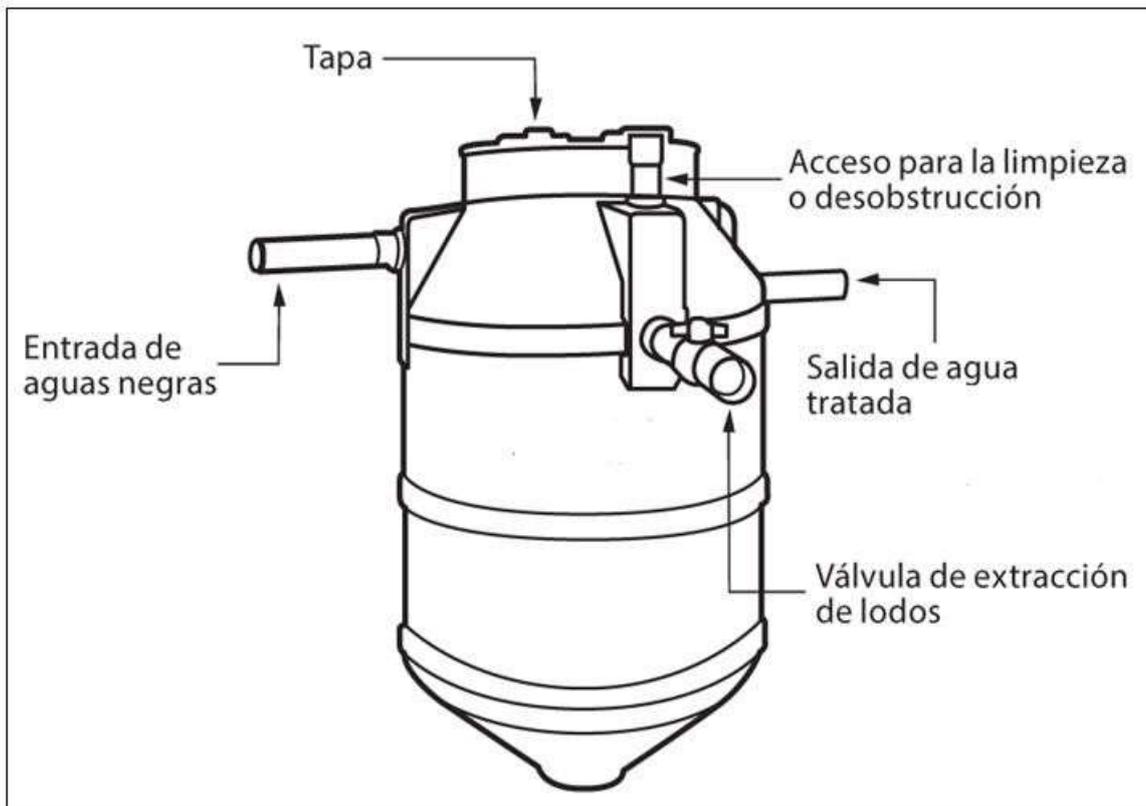


Figura 11. Biodigestor Prefabricado. Rotoplas (2016).

Los procesos mecánicos para remover los residuos flotables y sólidos suspendidos (materia orgánica), se llama tratamiento primario (Hernández, y Hidalgo, 2000). El biodigestor tiene un sistema del módulo sanitario en donde los gases son imperceptible donde son evacuados por el mismo sistema, las cuales no presenta molestia alguna. El objetivo principal del biodigestor pre fabricado es mejorar el tratamiento de las aguas residuales domesticas de forma natural y amigable con el medio ambiente. (Rotoplas, 2016).

2.7.3. Lugares de instalación

En lugares donde no existe el sistema de alcantarillado ya se por lejanía, topografía del terreno o por dispersión de la población, ejemplos: casa de campos, zonas rurales, subestaciones eléctrica, asentamientos humanos, etc. Allí es donde se realiza la instalación de biodigestor. (Rotoplas, 2016).

2.7.4. Características del biodigestor prefabricado

Según Rotoplas (2016).

- ✓ El material con el cual ha sido fabricado el biodigestor es de polietileno, resistente a fisuras y es de color negro.
- ✓ No requiere de energía eléctrica para la extracción de lodos, debido a que cuenta con la válvula de extracción instalado en el biodigestor.
- ✓ Si la instalación se realizó con existo, no se generara olores putrefactos en el medio ambiente.

2.7.5. Componentes del biodigestor pre fabricado

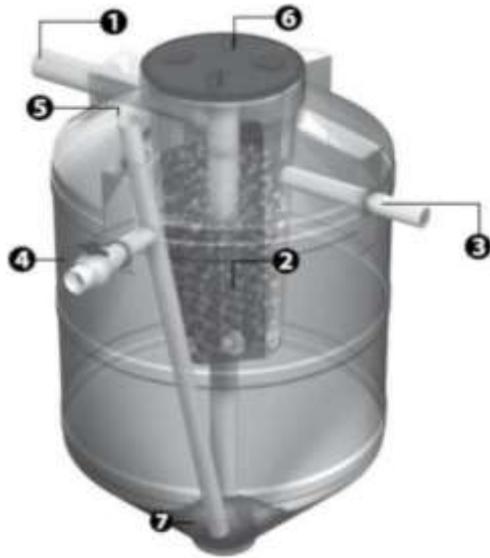


Figura 12. Componentes del Biodigestor pre fabricado. Rotoplas (2016).

Los componentes son:

- 1) entrada de agua residual con tubería PVC de 4"
- 2) filtro con aros de plástico (pets)
- 3) Salida de agua tratada con tubería PVC de 2"
- 4) Válvula para la extracción de lodos
- 5) Tubería PVC 2" para limpieza y/o desobstrucción
- 6) Tapa click con cierre hermético
- 7) Base cónica para la acumulación de lodos
- 8) Cámara de extracción de lodos

2.7.6. Instalación e implementación del Biodigestor

2.7.6.1. Localización

La importancia de instalarlo en lugares donde el paso no sea continuo, como el paso de vehículos, patios, zonas de inundación, terreno que no tenga rellano sanitarios, zona pedregal, etc.

2.7.6.2. Ángulo de excavación en función al tipo de suelo

El margen de pendiente debe ser de profundidad de 10 centímetros, para que no se permita el deslave de la tierra, además se debe eliminar las piedras que puedan dañar el tanque, los borde del pozo se debe compactar con tierra cernida para la protección del tanque.

2.7.6.3. Colocación

Cuando tengamos el terreno preparado con las tuberías instaladas, se coloca en posición vertical, alineándose la entrada y salida del agua verificando que exista un margen de por lo menos 20 centímetros de espacio libre entre el biodigestor y la pared de la excavación.

2.7.6.4. Relleno

El relleno externo del biodigestor se realizara con tierra compacta con un aplanador manual (pala), hasta enterrar.

2.7.6.5. Caja de lodos

La caja de lodos está diseñado para recibir los sólidos producidos por el biodigestor, la distancia entre la caja de lodos y el biodigestor es de 2 centímetros, la pendiente de la tubería debe ser de 10 %, la caja de lodos deber ser construido de ladrillos con cemento para la duración del material.

2.7.7. Operación y mantenimiento

- a) La extracción de lodos se realizará en tiempos de mayor temperatura.

- b) La extracción de lodos se debe realiza dentro de los 12 meses desde la fecha de iniciar el proceso de tratamiento,
- c) Al abrir la válvula (1) los lodos acumulados en la parte inferior del tanque se desprenden por la gravedad, obteniéndose en primer lugar 2 a 3 litros de aguas beige pestilente, luego la salida de los lodos que generalmente son oscuros, finalmente se debe cerrar la válvula después de haber extraído los primeras aguas.
- d) Si se observa una falencia en la extracción de lodo, remover el fondo con la ayuda de un tubo o palo.
- e) En la cámara de extracción de lodos, el líquido que contiene el lodo es absorbido por el suelo, quedando solo materia orgánica y luego de secar se puede utilizar como fertilizantes.
- f) La limpieza del filtro se realiza echando agua con una manguera cuando se genere la obstrucción.

2.7.8. Ventajas del Biodigestor

- ❖ Autolimpiable y el mantenimiento es económico donde solo necesita una válvula para abrirse.
- ❖ Hermético, y está construido como un bloque, sin filtraciones
- ❖ Amigable con el medio ambiente
- ❖ Fácil, Liviano y económico para instalar
- ❖ Cuenta con todos los accesorios
- ❖ Es un material resistente por ello no se agrieta ni fisura

- ❖ Tiene una vida útil de más de 35 años. Porque está elaborado de material polietileno (Pavlostathis y Giraldo,1991)
- ❖ Eficiencia de remoción más del 50 % (Lizama et al., 2014)

2.7.9. Desventajas

- ❖ La instalación debe ser en zonas tropicales en donde la temperatura deber se a 20 grados.
- ❖ El biodigestor es un tratamiento primario el cual requiere un segundo tratamiento para el vertimiento de un cuerpo de agua o para utilizar en el regadío de plantas.
- ❖ Los beneficios de los biodigestores no han sido lo suficientemente difundidos (Batet,2007)

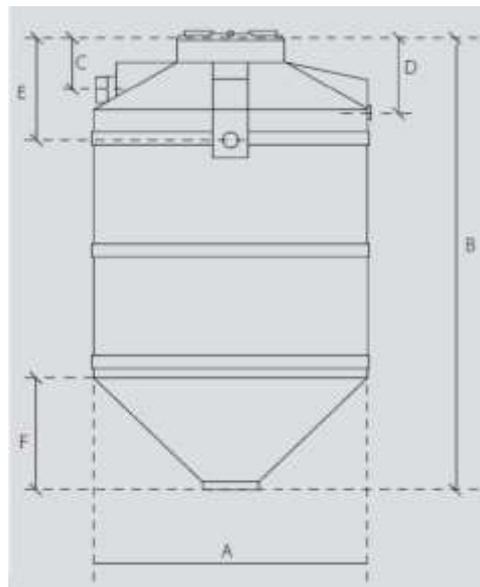


Figura 13. Medidas de las partes de un biodigestor Rotoplas (2016)

Tabla 6
Modelos de biodigestores según la capacidad.

Características de Equipo			
	BDR 600	BDR 1300	BDR 3000 (Aprox)
A	90 cm	120 cm	200 cm
B	165 cm	197 cm	215 cm
C	25 cm	25 cm	25 cm
D	35 cm	35 cm	40 cm
E	48 cm	48 cm	62 cm
F	32 cm	45 cm	73 cm
Capacidad	600 lts	1300 lts	3000 lts

Fuente: Recuperado Rotoplas (2016).

Tabla 7
Capacidades de los biodigestores

Fuente: Recuperado Rotoplas (2016)

Grilla de Capacidades			
Características	Modelo BDR 600	Modelo BDR 1300	Modelo BDR 3000 (Aprox.)
Capacidad (lts)	600	1300	3000
Altura máxima (cm)	170	202	220
Diámetro (cm)	90	120	200
Altura del cono (cm)	31.5	45	73
Capacidad aguas negras domiciliarias (personas)	5	10	25
Capacidad oficina (personas)	2	5	12

2.8. Digestión Anaerobia

Es un proceso de metabolismo bacteriano, complejo desde el punto de vista microbiológico, el objetivo es transformar la carga orgánica en el efluente residual, principalmente en lodos y biogás. Es posible en ausencia de oxígeno, transformar la sustancia orgánica en biomasa y

compuestos inorgánicos en su mayoría volátiles: dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3), Sulfuro de hidrogeno (H_2S), Nitrógeno molecular (N_2) y metano (CH_4). (Chernicharo, y Stuetz, 2008).

El carbono (C) se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares por ende son los alimentos de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos, amoníaco, etc.) (Bernal, Solís, Linares, Barrera, y Colín, 2011).

Reyes Mendez, (1973) menciona que el crecimiento y reproducción de las bacterias son cada 20 minutos mediante la división de ellas, esta se da en condiciones de temperatura y alimento.

La Digestión Anaerobia se produce en ambientes naturales como los pantanos, en zonas anegadas para el cultivo de arroz, en los sedimentos de lagos y mares, en las zonas anóxicas del suelo, en fuentes de aguas termales sulfurosas y en el tracto digestivo de los rumiantes. (Díaz, Espitia, y Molina, 2002)



Figura 14. Degradación Biológica de la Materia Orgánica. Díaz, Espitia, y Molina (2002)

2.8.1. Etapas de la Digestión anaerobia

Las bacterias hidrolíticas inician el proceso donde hidrolizan las celulosas, proteínas y lípidos. Además el pH óptimo para la sobrevivencia de bacterias anaerobias es aproximadamente 6 (EEA, 2005).

La degradación anaerobia de la materia orgánica demanda de la intervención de varios grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas, en donde utilizarán en forma secuencial los productos metabólicos generados por cada grupo. La digestión anaerobia de la materia orgánica involucra tres grandes grupos tróficos y cuatro pasos de transformación: (González, y Saldarriaga, 2008).

Hidrólisis Grupo I: bacterias hidrolíticas.

Acidogénesis Grupo I: bacterias fermentativas

Acetogénesis Grupo II: bacterias acetogénicas

Metanogénesis Grupo III: bacterias metanogénicas

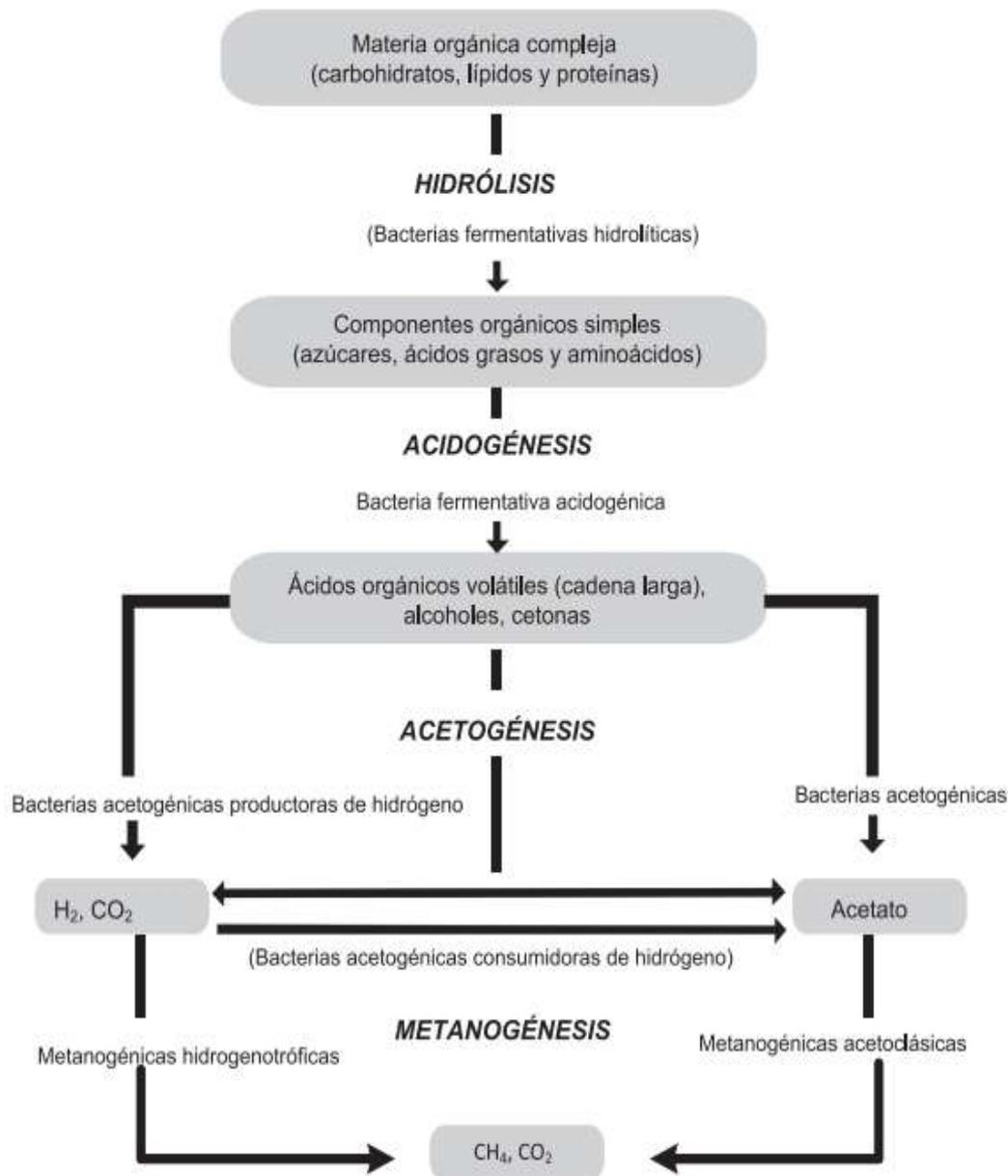


Figura 15. Esquema de la digestión anaeróbica de materia orgánica compleja. Moraes, Zaiat, y Bonomi (2015).

2.8.1.1. Fase Hidrolisis

Según Moraes et al., (2015). Es la fase donde se degradan los compuestos orgánicos complejos como: los lípidos, proteínas, hidratos de carbono a compuestos más simples. Estos son descompuestos por las acciones de las enzimas hidrolíticas en partículas solubles de fácil degradación como aminoácidos, ácidos grasos, monosacáridos, etc. producidas por las bacterias del Grupo I. Al convertirse en moléculas nuevas y más simples tienen la capacidad de solubilizar fácilmente en el medio. Dentro de las bacterias anaerobias, que participan en las

fases de hidrólisis se encuentran *Peptostreptococcus*, *Propionibacterium*, *Bacteroides*, *Micrococcus* y *Clostridium* que interactúan con algunas bacterias de la familia *Enterobacteriaceae*. (Corrales et al., 2015)

2.8.1.2. Fase Acidogénica

Por otro lado, Miqueleto, Ratusznei, Rodrigues, Foresti, y Zaiat (2010). Explican que en esta etapa los microorganismos y bacterias fermentativas transforman compuestos solubles que son resultantes de la fase hidrolítica, resultando nuevos compuestos intermedios ácido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), hidrógeno (H_2) y dióxido de carbono (CO_2), además producen alimento para otro grupo de bacterias y eliminan el más mínima presencia de oxígeno. Durante esta fase los azúcares simples, ácidos grasos y aminoácidos son convertidos en ácidos orgánicos y alcoholes (Adekunle, y Okolie, 2015). Para realizar esta fase intervienen bacterias acidogénicas, siendo las más comúnmente identificadas como el *Butyvirbio*, *Propionbacterium*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococos*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococos* y *Enterobacterias*. (González et al., 2008).

2.8.1.3. Fase Acetogénica

Los productos que fueron obtenidos en la fase acidogénica es alimento para los demás microorganismos, los productos son convertidos a ácidos grasos volátiles y alcoholes los cuales son oxidados en sustratos metanogénicos como acetato, hidrógeno y dióxido de carbono (CO_2), Ácidos orgánicos volátiles con cadenas largas son oxidadas en acetato e hidrógeno (Adekunle et al., 2015). Dentro de los géneros más sobresalientes de las bacterias acetogénicas se encuentran *Clostridium aceticum*, *Clostridium formicoaceticum* y *Acetobacterium woodii* (Corrales et al., 2015)

2.8.1.4. Fase Metanogénicas

En esta etapa mediante bacterias metanogénicas se da la formación del metano y dióxido de carbono Wong (2008). El acetato, H₂ y CO₂ son transformados en CH₄ por dos tipos de microorganismos: metanógenos acetotróficos utilizando acetato como sustrato y se produce un 70 % de metano (Cazier, Trably, Steyer, y Escudie, 2015). Estas son las bacterias que participan en esta etapa como: la Bacteroides sp, Clostridium sp, Bifidobacterium sp, Sphaerophorus sp, Fusobacterium sp, Veillonella sp, Peptococcus sp, Desulfovibrio sp. y otros como: Methanobacterium sp, Methanococcus sp, Methanospirillum sp, Methanobrevibacter sp, Methanomicrobium sp (Corrales, et al., 2015).

2.8.2. Factores que influyen en el proceso anaerobio

2.8.2.1. Temperatura

Van Haandel, y Lettinga (1994) manifiestan que la temperatura es un factor ambiental importante en el tratamiento de las aguas residuales en un proceso anaerobio, los rangos requeridos para cada tipo de digestión varía según diferentes autores Tabla 8, por lo que se consideró valores promedios de estos, donde se tienen definidos tres tipos de digestión para el proceso anaerobio:

Tabla 8
Tipos de digestión según la temperatura de operación

Tipos de Digestión	Temperatura °C
Fría o psicrófila	(0-20 °C)
Mesófila	(20-42 °C)
Termófila	(40-75 °C)

Fuente: Recuperado Van Haandel, y Lettinga (1994)

Según los autores mencionados arriba, aluden que la digestión termófila podría consumir demasiada energía para el calentamiento y la psicrófila podría consumir mucho espacio por

los tiempos de retención hidráulicos muy elevados. Por lo tanto, se ha comprobado que la temperatura para una actividad biológica óptima en el proceso anaerobio es la mesófila que va desde (20-42 °C), donde se puede obtener el valor cinético máximo. (Van Haandel, y Lettinga, 1994)

2.8.2.2. *Potencial de Hidrógeno*

Las bacterias acidogénicas y las metanogénicas, forman una simbiosis y para poder lograr un equilibrio dinámico es necesario tener un rango de pH favorable, en donde la materia orgánica tendrá una buena estabilización. (Rodríguez, Pérez, y Fernández, 2000). El pH el parámetro de control de mayor influencia sobre el sistema microbiológico, ya que los grupos bacterianos dependiendo de su tipo, tienen diferentes pH óptimos para su reproducción y desarrollo. Generalmente las bacterias acidogénicas tienen un pH óptimo de 5.0 - 6.5, y las bacterias metanogénicas de 6 – 8, sin embargo se sabe que todas las bacterias trabajan bien en un intervalo de pH cercano al neutro, aunque su óptimo está entre 7 y 7.28 (Borja y Banks, 1995).

2.8.2.3. *Mezclado*

El mezclado distribuye los agentes amortiguadores dentro del biodigestor y previenen que las sustancias se acumulen, por ende en el mezclado es de gran importancia en el control de pH para mantener condiciones ambientales adecuadas. (Droste, 1997). “La agitación permite el contacto entre bacterias, materia prima y compuestos intermedios, además una constante mezcla favorece el aumento de producción de metano, evita la formación de espumas, sedimentación de la materia e impide la formación de zonas muertas” (Decara, Funes, Sandoval, Issaly, Freire, 2004). (Formación de Biogás).

2.8.2.4. *Tiempo de Retención Hidráulico*

El tiempo en que la materia orgánica está dentro del biodigestor desde que entra hasta que sale, se le llama tiempo de retención hidráulica. (Decara et al., 2004). Uno de los factores de gran importancia es el tipo de sustrato y la temperatura en el biodigestor, ya que el tiempo de la degradación de la materia orgánica pueden ser mayores o menores. Debido a ello para el tratamiento anaerobio varía entre 40 y 15 días con un factor de seguridad de 5 (Metcalf, 2003).

2.9. Protocolo de muestreo del agua residual domestica

Para el muestreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica se utilizó el Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales – PTAR de la RM N° 273-2013-VIVIENDA, donde consta de varios

2.9.1. Puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo serán dos: en la entrada (afluente) del sistema de tratamiento y en la salida (efluente).

2.9.1.1. Agua residual cruda (afluente)

Se ubica un punto de monitoreo en el ingreso de agua residual no tratada, este debe ser ubicado en un lugar que evite la interferencia de sólidos de gran tamaño en la toma de muestra, para que los análisis no sean alterados (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017).

2.9.1.2. Agua residual tratada (efluente)

Se ubica a la salida del sistema de tratamiento (efluente), si el sistema tiene más de un dispositivo de salida se ubicaran los punto de monitoreo en cada salida, para asegurar la claridad y veracidad del monitoreo total (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2017).

2.9.2. Aforo del caudal

La Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR, 2015) del Ministerio de Agricultura y Riego y ANA, (2010) Mencionan que existen tres (03) métodos, las cuales presentaremos a continuación:

2.9.2.1. Método del vertedero

Para aplicar este tipo de método, dependerá de las características físicas del sistema de tratamiento. Además, esta técnica es utilizada para tratar corrientes de bajo caudal, en donde consiste en utilizar una caja de salida del tratamiento en donde se instala una placa de geometría definida que permita el flujo libre. En la siguiente figura se presentan algunas de las ecuaciones y características de los vertederos.

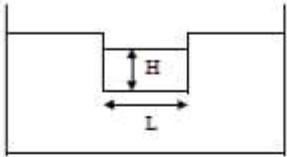
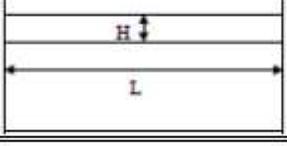
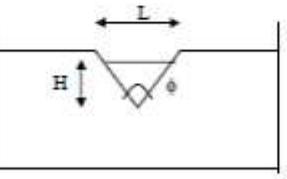
Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular con contracción		$Q = 3,3 * L * H^{1,5}$ $Q = \text{Caudal en m}^3/\text{s}$ $L = \text{Longitud de cresta en m}$ $H = \text{carga (tirante) en m}$
Rectangular sin contracción		$Q = 1,83 * L * H^{1,5}$ $Q = \text{caudal en m}^3/\text{s}$ $L = \text{Longitud de cresta en m}$ $H = \text{carga (tirante) en m}$
Triangular		$\Phi = 90^\circ$ $Q = 1,4 * H^{1,5}$ $Q = \text{caudal en m}^3/\text{s}$ $H = \text{carga (tirante) en m}$ $\Phi = 60^\circ$ $Q = 0,775 * H^{1,5}$ $Q = \text{caudal en m}^3/\text{s}$ $H = \text{carga (tirante) en m}$

Figura 16. Ecuaciones y características del vertederos (R.M. 273, 2013)

2.9.2.2. Método volumétrico

Este método se utiliza para medir el caudal en una tubería, donde se recolecta el agua por descarga libre.

a) Medición del tiempo: t (seg)

- ❖ Se requiere de un recipiente con graduaciones de litro
- ❖ Cronometro
- ❖ Se mide el tiempo que demora en llenar el recipiente

b) Medición del volumen v (l)

- ❖ Conocer el volumen exacto del recipiente

c) Medición del caudal Q (l/s)

$$Q = v * t$$

Donde:

Q = Caudal (litros/segundo)

V = Volumen del recipiente (l)

t = Tiempo en llenar el recipiente (s)

2.9.2.3. Método de sección y velocidad

Este método se utiliza en ríos, se debe determinar dos parámetros (velocidad y sección transversal).

- 1) Medición de velocidad v (m/s)
- 2) Seleccionar un tramo de flujo homogéneo
- 3) Estimar una longitud (L) que representara el espacio recorrido por el flotador (bolas de plástico o material sintético)
- 4) Se inicia la medición del caudal lanzando el flotador al inicio del tramo seleccionado y midiendo el tiempo que recorre la longitud establecida.

- 5) Realizar varias repeticiones para obtener un valor constante o promedio de varias mediciones

La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$V = 0.8 * \frac{L}{T}$$

Donde:

V: Velocidad (m/s)

L: Longitud (m)

T: Tiempo (seg)

a) Medición de sección transversal: A (m²)

- ❖ Medir el ancho del canal
- ❖ Medir la profundidad a lo largo de la sección
- ❖ Calcular el área utilizando la siguiente formula

$$A = b * h$$

Donde:

A: área m²

b: ancho de canal (m)

h: altura en el canal (m)

b) Medición del caudal Q (m³/s)

La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

V: velocidad (m/s)

A: área

2.9.3. Identificación del punto de monitoreo

La identificación y ubicación del punto de monitoreo se determinara con el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el mismo que se registrará en coordenadas UTM y en el sistema WGS84.

2.9.4. Toma de muestras de agua, preservación, etiquetado y rotulado

La toma de muestra debe ser realizada por un laboratorio acreditado ante el INDECOPI, el muestreo, preservación, embalaje se realiza siguiendo las instrucciones del ANEXO N° III Requisito para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para monitoreo de la R.M. N° 273-2013-VIVIENDA. El personal responsable de la toma de muestra debe utilizar los guantes descartables antes de iniciar y desechar luego de terminar en cada punto. (Ministerio de Vivienda, y Saneamiento, 2013).

2.9.5. Toma de muestra

Las características del recipiente, el volumen dependerá del laboratorio encargado y el tipo de reactivo a utilizar para la preservación de las muestras, es recomendable utilizar frascos de plástico o vidrio con boca ancha hermético. (Ministerio de Vivienda, y Saneamiento, 2013).

2.9.6. Preservación de muestras

Una vez realizada el muestreo y en caso el parámetro lo requiera se agrega el preservante ver ANEXO N° III de la R.M. N° 273-2013-VIVIENDA. (Ministerio de Vivienda, y Saneamiento, 2013).

2.9.7. Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

Según El Ministerio de Vivienda, y Saneamiento. (2013). El etiquetado y rotulación de los frascos se debe realizar con letra clara y legible y de preferencia utilizar un plumón de tinta indeleble y cubrir con cinta adhesiva transparente y debe contener la siguiente información:

- ❖ Nombre de PTAR

- ❖ Numero de muestra
- ❖ Fecha y hora de la toma de muestra
- ❖ Preservación realizada, tipo de reactivo de preservación utilizado
- ❖ Operador de muestra

Ver el Anexo N° V de R.M. N° 273-2013-VIVIENDA etiquetas de muestras de agua.

2.9.8. Llenado del formato de cadena de custodia

El llenado de la cadena de custodia, será indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua (agua residual cruda, agua residual tratada), volumen, numero de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador de muestreo y otra información. ANEXO N° VI CADENA DE CUSTODIA de la R.M. N° 273-2013-VIVIENDA.

2.9.9. Conservación y transporte de las muestras

Las muestras recolectadas, preservadas y rotuladas deben colocarse en una caja de almacenamiento térmica (cooler) con un refrigerante (ice pack), ANEXO N° II de la R.M. N° 273-2013-VIVIENDA.

El transporte de las muestras (coliformes, DBO5 y otros) al laboratorio para su respectivo análisis, debe cumplir con el tiempo y debe estar acompañado con su cadena de custodia.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

La tesis de investigación se realizó en una vivienda Familiar conformada por 5 personas Ubicada en la Asociación de Carapongo del Distrito Lurigancho Chosica- Lima, en la dirección de vivienda los Viquez Mz B lote 1, con coordenadas geográficas WGS 84, este 0297327 UTM, Norte 8672809 UTMA, a una altura 471 m.s.n.m. como se muestra en la siguiente figura 18.

3.2. Características climatológicas de la zona de investigación.

Según SENAMHI (2019) en el periurbano Carapongo perteneciente a Lurigancho Chosica los datos climatológicos son:

- ❖ Temperatura promedio anual: 18.4 máxima: 22°C / mínima: 14°C
- ❖ La precipitación promediando es 9 mm.
- ❖ Clima cálido y templado

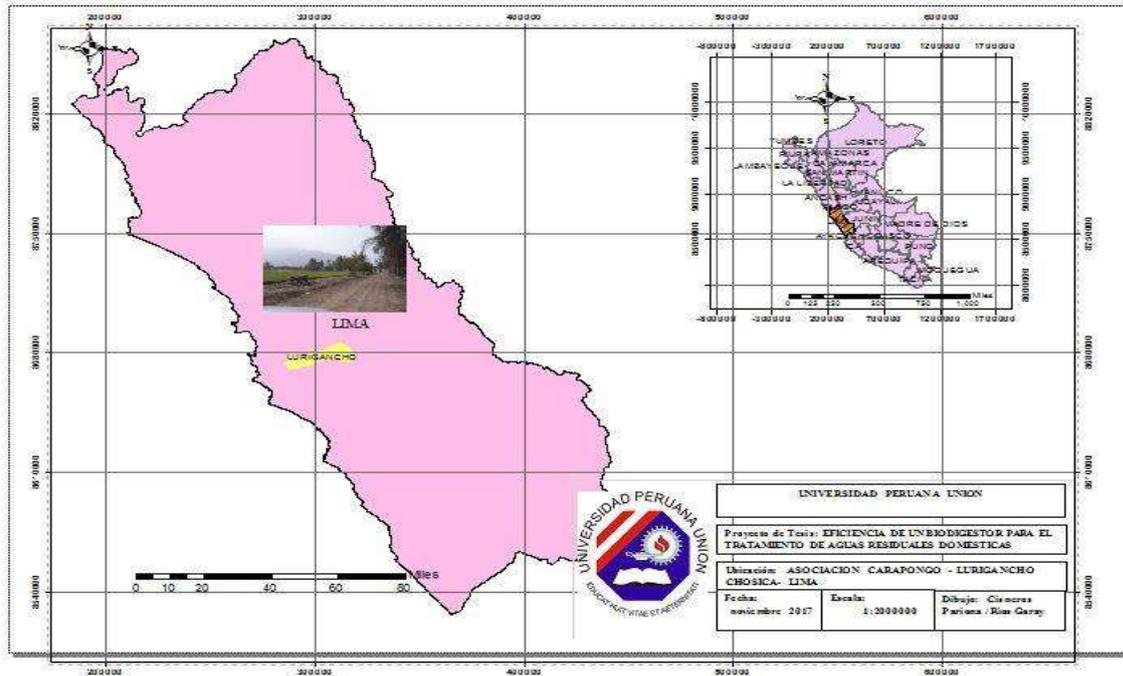


Figura 17. Zona de implementación de Biodigester

3.2.1. Aforo del caudal

Para la medición del caudal se utilizó los siguientes materiales y metodología.

3.2.2. Materiales

- ❖ Cronómetro
- ❖ Recipiente de 4 litros
- ❖ Guantes quirúrgico
- ❖ Máscara de protección

3.2.3. Metodología

La medición del caudal se realizó mediante el método volumétrico en donde se utilizó un recipiente (balde) de 4 litros y un cronómetro. Se midió el tiempo de llenado del balde de 4 litros. Asimismo la medición del caudal se ejecutó por tres días consecutivos en los horarios de mayor actividad (7:00 am, 12:30 pm y 6:00 pm), directamente de la tubería 4" del efluente.

Para luego realizar el cálculo con la formula correspondiente y obtener el caudal promedio del día.

$$Q = v * t$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg)

V = Volumen del recipiente (m³)

t = Tiempo en llenar el recipiente

3.3. Instalación del biodigestor

Para instalar el biodigestor se utilizó los siguientes materiales y metodología

3.3.1. Materiales.

- ❖ Biodigestor Rotoplas (600 litros)
- ❖ Tubería de 4"
- ❖ Tubería 1"
- ❖ Ladrillos
- ❖ Cemento
- ❖ Pala
- ❖ Pico
- ❖ Barreta
- ❖ Nivelador manual
- ❖ Cierra de mano
- ❖ Guantes

- ❖ 3 válvulas esférica PVC
- ❖ 2 Niples
- ❖ Pegamento de PVC
- ❖ 2 tuberías T
- ❖ Nivel de ingeniero

3.3.2. Metodología de la Instalación e implementación del biodigestor pre fabricado.

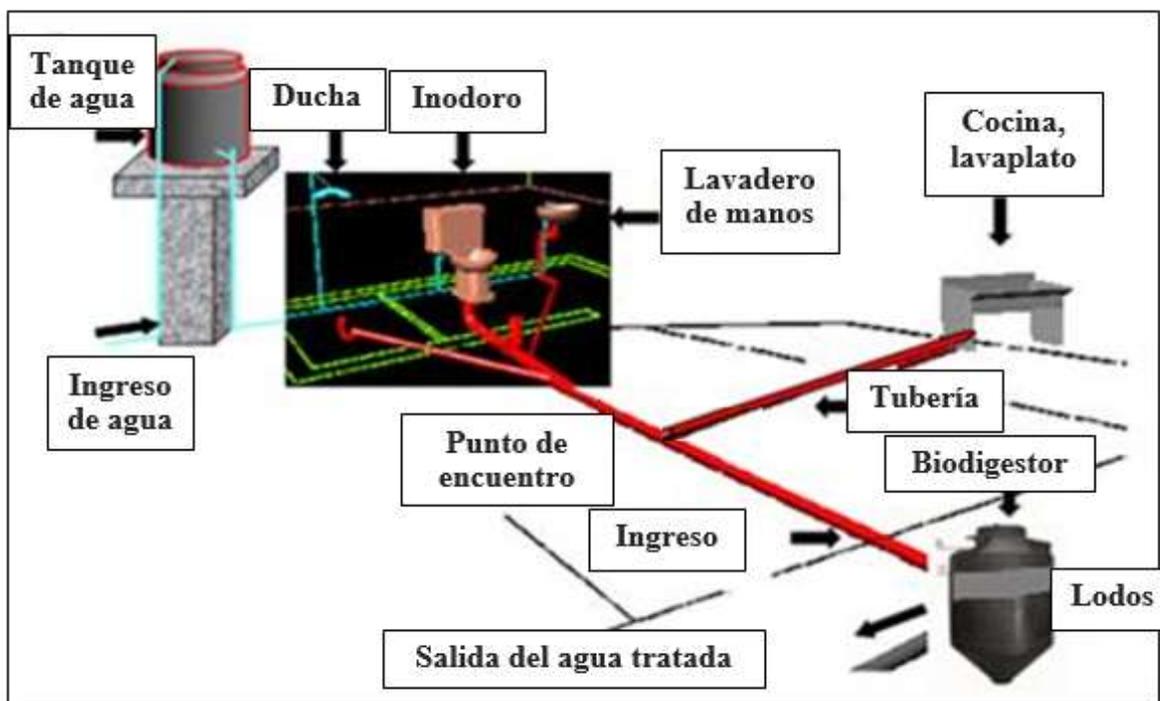


Figura 18. Esquema de la red de agua y el tratamiento anaerobio.

Dicho biodigestor fue instalado en las afueras de la casa, para la implementación del Biodigestor se realizó la adaptación del área del proyecto, las cuales consistió en el levantamiento de tubería de agua residual hasta una pendiente de 10% recomendable para la instalación del biodigestor con la ayuda del nivel del ingeniero. Por consiguiente se trasladó el

biodigestor pre fabricado (600 litros), Para su respectiva implementación e instalación en el lugar de investigación.

Para instalar el biodigestor se excavó aprox. 2 metros de profundidad y 1.50 metros de ancho, para luego estabilizarla con tierra cernida para prevenir roturas al biodigestor. Además se extrajo todas las piedras que pueden dañar el tanque.

Luego de realizar la excavación se procedió a la colocación del biodigestor con la ayuda de 3 personas, Para ello también se utilizó un nivel de ingeniero para la estabilización y nivelación de la instalación del biodigestor. Al mismo tiempo las tuberías de entrada, salida de agua y de lodo se fijaron utilizando el Niple y pegamento de PVC. Finalmente se construyó la caja de lodos con una medición de 0.60 metros de largo, 0.60 metros de ancho y 0.30 metros de altura, utilizando ladrillos y cemento para su respectivo uso.

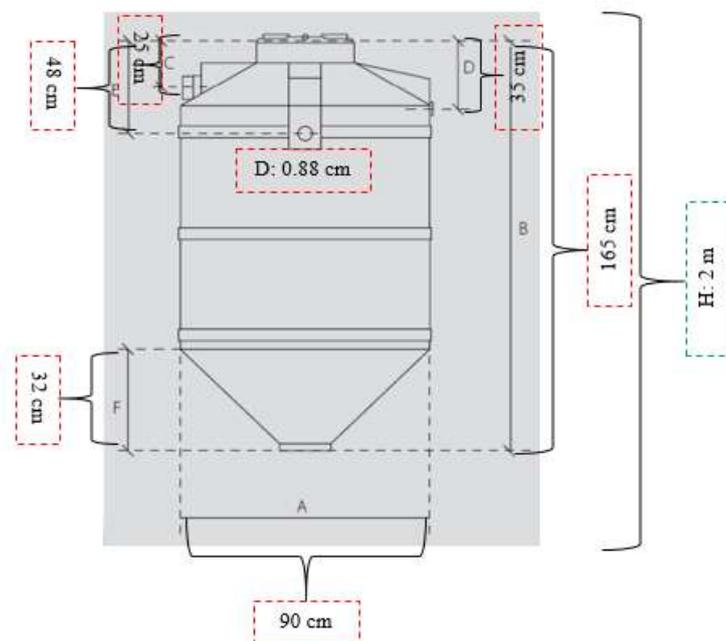


Figura 19. Medidas de la excavación y del Biodigestor.

3.3.3. Prueba Hidráulica

Para realizar la prueba hidráulica en el biodigestor se utilizó los siguientes materiales y metodología.

Materiales

- ❖ Agua
- ❖ Manguera

Metodología

Una vez instalado el biodigestor con todas las válvulas, primero se procedió a cerrar todas las válvulas de control, luego se agregó 600 litros de agua con la ayuda de una manguera instalando desde la válvula principal de la vivienda, el agua estuvo empozado tres días consecutivos.

3.4. Muestreo del agua residual domestica cruda (afluente) y agua tratada (efluente)

El análisis de los parámetros (DBO5, DQO, Solidos Totales Suspendidos temperatura, turbidez, pH, Coliformes totales, Coliformes Fecales, Aceites y grasas) fue realizado por el laboratorio DELTA LAB S.A.C. acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) con el N° Cedula de Notificación 0869-2017-INACAL/DA Lima, a continuación presentamos los materiales y la metodología utilizada.

3.4.1. Materiales

Los materiales que se han utilizado para la muestra de agua residual cruda (pre y post muestra) son lo siguiente: (ver anexo IV, figura 56).

- ❖ Cooler
- ❖ Balde de 25 litros
- ❖ Envases de vidrio
- ❖ Envases de plástico

- ❖ Envases de plástico estéril

3.4.2. Equipos

- ❖ GPS
- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ Multiparametro
- ❖ Cronometro

3.4.3. Metodología

Después de un mes de funcionamiento el 23 de noviembre del 2018 se realizó la primera sesión, la segunda y tercera sesión de muestreo en las fechas 27 de Diciembre y 22 de Enero del 2019 respectivamente. Para el muestreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual domestica tratada del biodigestor, se recolectó la muestra en un recipiente de 25 litros para luego ser analizado por el laboratorio DELTA LAB S.A.C. acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). A continuación presentamos la descripción de los métodos aplicados en cada parámetro. (Ver tabla 9).

Tabla 9

Método de referencias aplicadas a los muestreos de agua en el pre y post tratamiento por el laboratorio DELTALAB

Ensayo	Descripción del método de referencia
Aceites y grasas	EPA method 1664, Revision B (EPA – 821 – R - 10-001) 2010 N – Hexane Extractable Material (HEM; Oil And Grase and silica Gel Treated N – Hexane EXTRACTABLE Material (SGT – HEM; Non – polar Material) by Extraction and Gravimetric.
Demanda Bioquímica de oxígeno	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part. 5210 B, 23 rd Ed. 2017.5 – Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part. 5220 B, 23 rd Ed. 2017. Open Reflux Method.
Numeración de coliformes totales (NMP)	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part. 992 B, 23 rd Edition. 2017. Multiple – Tube Fermentation Technique For Members Of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Numeración de coliformes fecales (NMP)	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part. 992 E–1, 23 rd Edition. 2017. Multiple – Tube Fermentation Technique For Members Of the Cilform Group. Fecal Coliform Procedure Themotolerant Coliform Test (EC Medium).
Potencial de Hidrogeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017 pH Value. Electrometric Method
Solidos suspendidos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method.
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017. Temperature. Laboratory and Field Methods.

Fuente adaptada de laboratorio (DELTALAB, 2019)

Los requisitos para la toma de muestra según Protocolo de muestreo de agua Residual Domestica RM N° 273-2013-VIVIENDA son:

3.4.3.1. Laboratorio

- ❖ Para el muestreo de Aceites y Grasas se utilizó un envase vidrio de un volumen de 1 litro, color ámbar. Refrigerándose a 4°C.

- ❖ Para el muestreo de Sólidos suspendidos Totales (SST) se utilizó un envase vidrio de un volumen de 100 ml y fue Refrigerado a 4°C.
- ❖ Para el muestreo del DBO5 se utilizó un envase de plástico de un volumen de 1 litro. Refrigerándose a 4°C.
- ❖ Para el muestreo del DQO se utilizó un envase de plástico de un volumen de 100ml Refrigerándose a 4°C.
- ❖ Para el muestreo del parámetro turbidez se utilizó un recipiente de ¼ litro.
- ❖ Para el muestreo de coliformes fecales y totales se utilizó un envase de Vidrio estéril ¼ litro y se llenó solo la ¾ parte del frasco, refrigerándose a 4°C. (ver anexo IV figura 57,58)

3.4.3.2. Campo

- ❖ Para el Análisis de pH y temperatura se realizó en el campo mediante el multiparametro. (ver anexo IV figura 60)

3.4.4. Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo que tenemos son; (P-1) agua residual domesticas cruda antes de ingresar al biodigestor (Afluente). En el punto (P-2), agua residual domesticas tratada despues del ingreso al biodigestor (Efluente). (Ver anexo IV figura 55, 62)

Tabla 10
Puntos de muestreo de la primera sesión.

Puntos de muestreo	Hora	Fecha	Tipo de sustancia	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		
					Este	Norte	Latitud
P-1	7:03 a.m.	23 de noviembre 2018	Agua residual sin tratar	Antes de ingresar biodigestor	297327	8672806	471
P-2	7:23 a.m.	23 de noviembre 2018	Agua residual tratada	A la salida del biodigestor	297327	8672808	471

Tabla 11
Puntos de muestreo de la segunda sesión

Puntos de muestreo	Hora	Fecha	Tipo de sustancia	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		
					Este	Norte	Latitud
P-1	8:05 a.m.	26 de diciembre 2018	Agua residual sin tratar	Antes de ingresar biodigestor	297327	8672806	471
P-2	8:35 a.m.	26 de diciembre 2018	Agua residual tratada	A la salida del biodigestor	297327	8672808	471

Tabla 12
Puntos de muestreos de la tercera sesión.

Puntos de muestreo	Hora	Fecha	Tipo de sustancia	Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		
					Este	Norte	Latitud
P-1	7:05 a.m.	22 de enero 2019	Agua residual sin tratar	Antes de ingresar biodigestor	297327	8672806	471
P-2	7:28 a.m.	22 de enero 2019	Agua residual tratada	A la salida del biodigestor	297327	8672808	471

3.4.5. Cadena de custodia

Para el traslado de las muestras el laboratorio DELTALAB utilizo su formato de cadena de custodia para muestras de agua residual. (ver anexo IV figura 63, 64).

3.4.6. Proceso de tratamiento del agua residual doméstica.

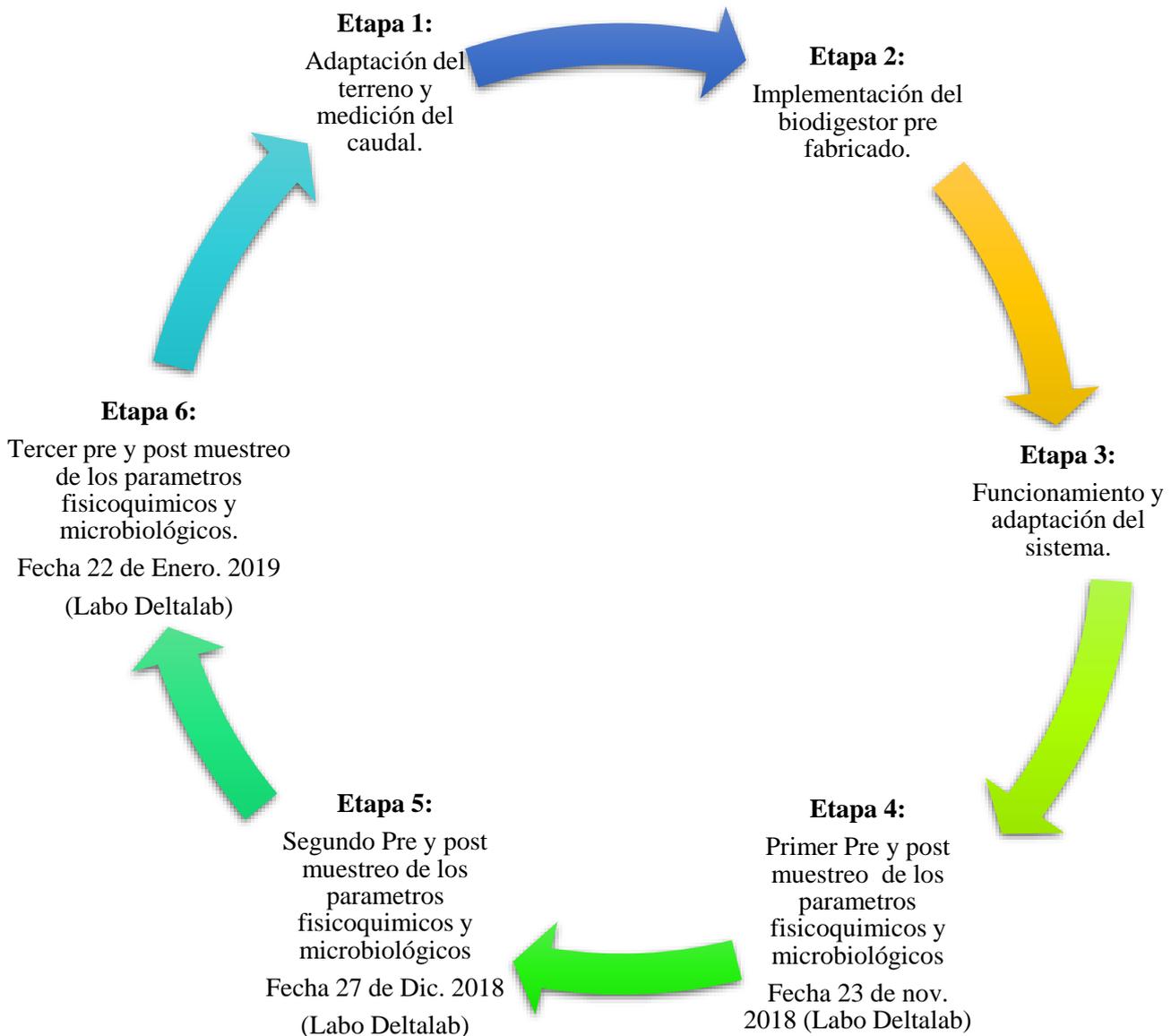


Figura 20. Etapas del proceso de tratamiento de agua residual doméstica.

3.5. Variables de estudio

3.5.1. Variables independientes

Este tipo de variable determina el cambio en las variables dependientes y estos alteran los componentes de las variables dependientes para que puedan resaltar.

- ❖ El sistema de biodigestor

Será una variable independiente que funciona por la acción de las bacterias anaerobias

3.5.2. Variables dependientes

Para tener una evaluación de la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se tendrá que evaluar el comportamiento de estos frente al biodigestor.

Fisicoquímicos:

- ❖ DBO₅
- ❖ DQO
- ❖ Sólidos totales en suspensión
- ❖ Aceites y grasas.
- ❖ Turbidez
- ❖ pH

Microbiológicos:

- ❖ Coliformes totales
- ❖ Coliformes termotolerantes

3.5.3. Variables intervinientes

Factores ambientales: Estas variables intervienen en la biodegradación de la materia orgánica dado por los microorganismos existentes en el agua residual. Si bien es cierto no es un objeto de estudio pero sirve para identificar la relación aparente del problema y una posible causa.

- ❖ Temperatura ambiental.

3.6. Formulación de hipótesis

H1: Mediante el biodigestor como tratamiento primario se produce la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica.

H2: Mediante el biodigestor como tratamiento primario no se produce la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica.

3.7. Diseño de investigación

Según Hernández, Fernandez, y Baptizta (2014) aluden que “el diseño de investigación se clasifica en dos tipos uno no experimental y dos los experimentales este último lo divide en tres partes; los pre-experimentos, cuasi experimentos y experimentos puros”. Además el autor nos menciona que “un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen”.

La tesis de investigación “Eficiencia de un Biodigestor en el Tratamiento de Agua Residual Domestica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima”, está enfocado en una investigación cuantitativa de diseño pre - experimental debido a que se realizó una serie de manipulaciones de las variables de estudio, en este caso los parámetros del agua residual, en donde mediante la observación y análisis se verificaron los efectos que se produjo. Además, de la recolección de los datos se fundamentaron en la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que se llevó a cabo por procedimientos estandarizados.

3.8. Análisis estadístico.

Una vez que se obtuvo los resultados del laboratorio se prosiguió a introducir y analizar en el Software Estadística SPSS 24:0 la cual se inició contrastando su Distribución Normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk, los parámetros a trabajar son la media y la desviación típica; y dicha prueba es aplicable para muestras pequeñas las cuales son menores de 50 individuos o muestreos ($n < 50$) (Shapiro y Wilk, 1965).

En definitiva se evaluó si existen diferencias explícitas entre el pre y post de cada parámetro fisicoquímicos y microbiológico empleando la prueba de T-STUDENT para muestras relacionadas, utilizando el software STATISTICA.

Finalmente se realizaron análisis descriptivos comparativos para visualizar la diferencia en los resultados de los contaminantes de las aguas residuales según la eficiencia del sistema.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Medición del caudal

La medición del caudal se realizó en tres días consecutivos, realizando tres repeticiones mañana, tarde y noche, utilizando un recipiente de 4 litros los resultados se observan en la tabla 13 y en el anexo I y figura 32, 33,34.

Tabla 13
Mediciones de caudales

Días / Caudal	D1M	D1T	D1N	D2M	D2T	D2N	D3M	D3T	D3N
Q (l/s)	0.0035	0.0041	0.0031	0.0223	0.0032	0.0015	0.0002	0.0054	0.0011
	0.0223	0.0124	0.0009	0.0017	0.0002	0.0002	0.0032	0.0145	0.0023
	0.0013	0.0032	0.0001	0.0035	0.0027	0.0015	0.0014	0.0016	0.0017
Q (l/s)	0.0090	0.0065	0.0013	0.0091	0.0020	0.0010	0.0016	0.0071	0.0017
Q (l/s)		0.0056			0.0040			0.0034	
Promedio Q (l/s)					0.0044				

Nota: D1M: día 1 mañana; D1T: día 1 tarde; D1N: día 1 noche; D2M: día 2 mañana; D2T: día 2 tarde; D2N: día 2 noche; D3M: día 3 mañana; D3T: día 3 tarde; D3N: día 3 noche.

Finalmente se obtiene un caudal de 381.12 l/día que está ingresando al Biodigestor.

4.2. Prueba hidráulica

Antes del funcionamiento del Biodigestor se realizó la prueba hidráulica que consistió en el llenado del tanque y reteniendo por tres días consecutivos, en donde su verificación fue diaria y poder observar si existía fuga alguna, como resultado dio que pasado los tres días no hubo

índice de fuga y se concluye que las válvulas están bien instaladas y no permite entrada de aire. (Ver en anexo II, Figura 35).

4.3. Implementación biodigestor y funcionamiento de biodigestor

Dicho biodigestor fue instalado en las afueras de la casa, la implementación tuvo fases como: el diagnóstico (ver Anexo III, figura 35, 36) , limpieza y adecuación del terreno (ver Anexo III, figura 37) , excavación de zanja aprox. 2 metros de profundidad y 1.50 metros de ancho (ver Anexo III, figura 38 y 43), levantamiento topográfico (ver Anexo III, figura 41 y 42) , levantamiento de tubería hasta una pendiente de 10% (ver Anexo III, figura 39 y 40) recomendable para la instalación del biodigestor, prueba hidráulica (ver Anexo II, figura 34) y la fijación de las tuberías de entrada, salida de agua y de lodo utilizando el Niple y pegamento de PVC (ver Anexo II, figura 45 y 46) , finalmente se construyó la caja de lodos con una medición de 0.60 metros de largo, 0.60 metros de ancho y 0.30 metros de altura, utilizando ladrillos y cemento para su respectivo uso (ver Anexo II, figura 50,51 y 53). Todo esta implementación tuvo un periodo de ejecución de 50 días para luego iniciar su funcionamiento por 90 días aproximadamente haciendo un total de 3 meses. (Ver anexo III figura 54).

El biodigestor prefabricado funciona de la siguiente manera, (ver figura 21)

- ❖ El ingreso del agua es por el tubo N° 1 provenientes de las aguas domestica residuales. Esta agua ingresa hasta llegar al fondo del biodigestor
- ❖ Luego sube y pasa por el filtro N° 2, donde la materia orgánica que asciende es atrapada por las bacterias fijadas en los anillos de plástico del filtro.
- ❖ El proceso anaerobio empieza cuando las aguas negras se introducen al biodigestor por la conexión del desagüe y se dirige al fondo de lodos. En consecuencia en esta

área de lodos se formaran colonias de bacterias anaerobias en donde degradaran la materia orgánica (cloacas).

- ❖ El agua tratada sale por el tubo N° 3 hacia un área zanja de infiltración.
- ❖ El fondo cónico del biodigestor permite reducir las áreas muertas a lo que denominan el auto limpieza, que es la salida de lodos.
- ❖ Los lodos resultantes de este proceso se limpian cada 12 o 18 meses dejando salir los lodos a través de la válvula para la extracción de lodos.

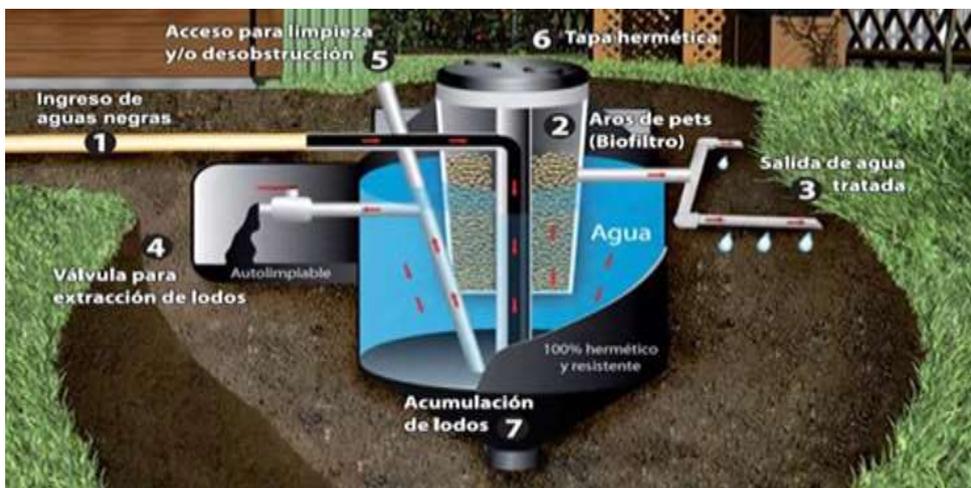


Figura 21. Funcionamiento del Biodigestor Prefabricado. Rotoplas, (2016)

4.4. Caracterización de Aceites y grasas

Los resultados de laboratorio se encuentran en el anexo V

4.4.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el Parámetro Aceites y Grasas en las sesiones 1, 2,3 en los meses de Noviembre y Diciembre del 2018, culminando en Enero del 2019. A continuación le presentamos la tabla 14 y la figura 22.

Tabla 14

Valores estadísticos de aceites y grasas en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos				
				Estadístico	Desv. Error	
Pre_Aceites	Media			108.03	4.69	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		87.84		
		Límite superior		128.23		
	Media recortada al 5%			.		
	Mediana			110.00		
	Varianza			66.10		
	Desv. Desviación			8.13		
	Mínimo			99.10		
	Máximo			115.00		
	Rango			15.90		
	Rango intercuartil			.		
	Asimetría			-1.03	1.23	
	Curtosis			.	.	
	Post_Aceites	Media			21.03	2.28
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		11.22	
		Límite superior		30.85		
Media recortada al 5%				.		
Mediana				21.00		
Varianza				15.60		
Desv. Desviación				3.95		
Mínimo				17.10		
Máximo				25.00		
Rango				7.90		
Rango intercuartil				.		
Asimetría				0.04	1.23	
Curtosis				.	.	

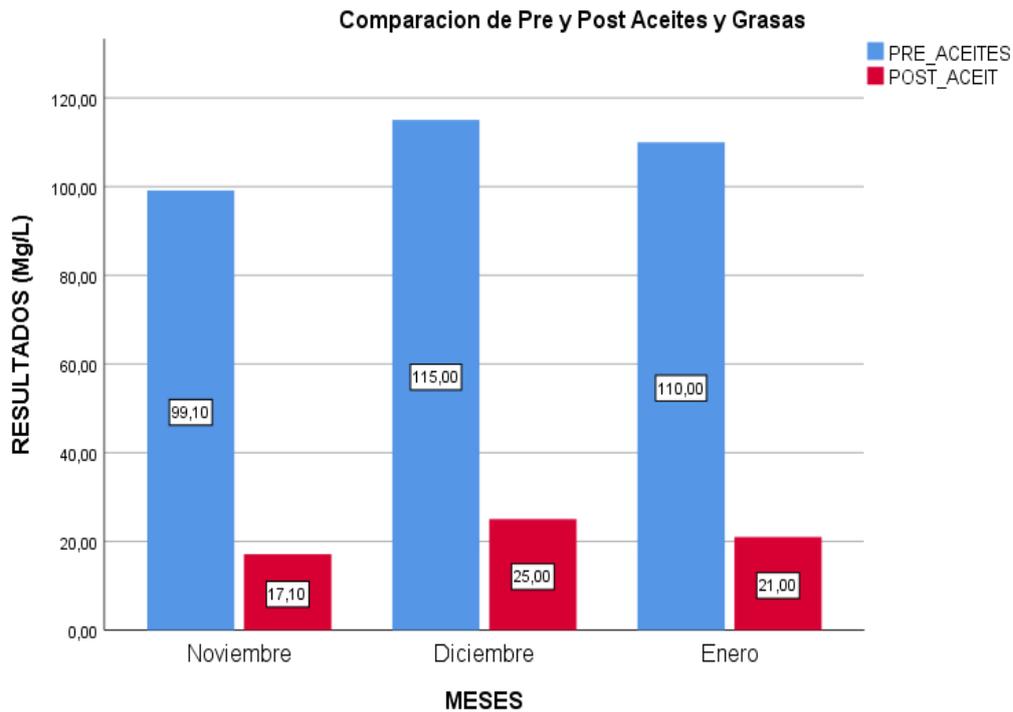


Figura 22. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro aceites y grasas

4.4.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 15
Prueba de normalidad de aceites y grasas.

Parámetros	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_Aceit	0.26	3	.	0.95	3	0.59
Post_Aceit	0.17	3	.	1.00	3	0.98

Según lo observado en la tabla 15, para el presente parámetro aceites y grasas se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el Test paramétrico T - Student para muestras relacionadas.

4.4.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro aceites y grasas, se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T -Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro aceites y grasas en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro aceites y grasas en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 16

Valores estadísticos de muestras emparejadas en aceites y grasas.

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parámetro	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_Aceit	108.0333	3	8.13040	4.69409
Post_Aceit	21.0333	3	3.95011	2.28059

Tabla 17

Valores de prueba de muestras emparejadas de aceites y grasas.

parámetro	Media	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
Pre_Aceit	87.00000	4.35890	76.17189	97.82811	34.570	2	0.001
Post_Aceit							

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T -Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0,05 ($0,001 < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro aceites y grasas en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

4.4.4. Eficiencia de sesiones

Para el cálculo de eficiencia de diferentes sesiones monitoreadas, del biodigestor con respecto al parámetro Aceites y Grasas, se aplicó la siguiente formula:

$$Eficiencia \% = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100$$

4.4.4.1. Sesión 1

$$Eficiencia Aceites y Grasas \% = \frac{99.1 \frac{Mg}{L} - \frac{17.1Mg}{L}}{99.1 \frac{Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia Aceites y Grasas \% = 82.7 \%$$

4.4.4.2. Sesión 2

$$Eficiencia Aceites y Grasas \% = \frac{115 \frac{Mg}{L} - \frac{25Mg}{L}}{\frac{115Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia Aceites y Grasas \% = 83.8\%$$

4.4.4.1. Sesión 3

$$Eficiencia Aceites y Grasas \% = \frac{110 \frac{Mg}{L} - \frac{21Mg}{L}}{\frac{110Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia Aceites y Grasas \% = 80.9\%$$

4.4.5. Eficiencia final Aceites y grasas.

Para la eficiencia final del Biodigestor con respecto a Aceites y grasas (A y C) en las sesiones monitoreadas se aplicó la siguiente fórmula:

$$Promedio eficiencia A y G \% = \sum \frac{Efic. sesion 1 + Efic. sesion 1 + Efic. sesion 3}{3}$$

Cálculo

$$\text{Promedio eficiencia A y G \%} = \sum \frac{82.7 + 83.8 + 80.9}{3}$$

$$\text{Promedio eficiencia A y G \%} = 82.5\%$$

4.4.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo una eficiencia de remoción en el parámetro aceites y grasas con un 82.5 %. Además el autor (Lazcano Carreño, 2014) alude que este representa el 10% de los compuestos orgánicos, todos estos contribuyen a la obstrucción de tuberías provocando olores y espuma, perjudicando los procesos operativos y el respectivo mantenimiento de las unidades de tratamiento.

Además Ahring, B (2003). La degradación de aceites y grasas se da por la acción biológica acidogénica, convirtiendo los lípidos a metano, Asimismo los A y G no son soluble en agua pero si son soluble en alcoholes (Eter, benceno, acetona etc)

La tabla 14 y figura 22, muestran la caracterización del parámetro aceites y grasas obtenidos en las tres sesiones monitoreadas. En la sesión 1 en el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de 99.1 Mg/L y un Post de 17.1 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro aceites y grasas de 82 Mg/L. La composición de la materia orgánica es el 90 % de carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Todos estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua en el biodigestor, cuyo desarrollo se ve beneficiado por las condiciones de temperatura, pH y nutrientes de las aguas residuales domésticas. (Manga, 2007).

En la sesión 2 en el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de 115 Mg/L y un Post de 25 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro aceites y grasas de 90 Mg/L. Según los autores (Metcalf y Eddy, 1998) explican que las grasas de animales y el aceite son el tercer componente de los alimentos, están siempre presentes en las aguas residuales domésticas provenientes de carnes, del uso de aceites vegetales, etc.

En la sesión 3 en el mes de Enero del 2019 se obtuvo un pre de 110 Mg/L y un Post de 21 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro aceites y grasas de 89 Mg/L. (Batet, 2007) en su investigación de tesis de maestría menciona que, cuando hay escasez de sustrato (materia orgánica), las bacterias acidogénicas presentan una tasa de crecimiento superior a las metanogénicas; Sin embargo si se verifica un aumento repentino de la carga diaria del biodigestor se tendrán nutrientes orgánicos disponibles, por ende las acidogénicas se reproducen más rápidamente que las metanogénicas, causando una acumulación de H₂ que inhibe la acetogénesis, y consecuentemente de ácidos que puede inhibir la metanogénesis.

Todo esto conlleva a que el hidrogeno es el compuesto clave y determina la interdependencia entre las bacterias acetogénicas y metanogénicas. Un ejemplo clásico para entender esta relación es lo del “*Methanobacillus omelianskii*”, un cultivo que es compuesto por dos especies diferentes de microorganismos que cooperan en la conversión del etanol a acetato y metanol, gracias a la reacción metanogénica que consume el hidrogeno, esta se vuelve esergónica. Así que ninguna de las dos especies puede aprovechar el etanol de manera autónoma, y la degradación del etanol a metano es posible solo mediante esta estrecha cooperación. (Batet, 2007).

La especie productora de hidrogeno y la consumidora es inversamente proporcional a la distancia entre las dos. Existe una transferencia óptima, cuando las dos especies son de contacto, quiere decir que se atacan una a la otra en donde forman agregados o gránulos. Todos

estos agregados se forman naturalmente al interior del digestor, lentamente, unos meses después de empezar el funcionamiento en donde se degradan la materia orgánica. (Schink, 1997).

4.5. Caracterización de Coliformes Totales

4.5.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el Parámetro Coliformes totales en las sesiones 1, 2,3 en los meses de Noviembre y Diciembre del 2018, culminando en Enero del 2019. A continuación le presentamos la figura 23 y la tabla 18.

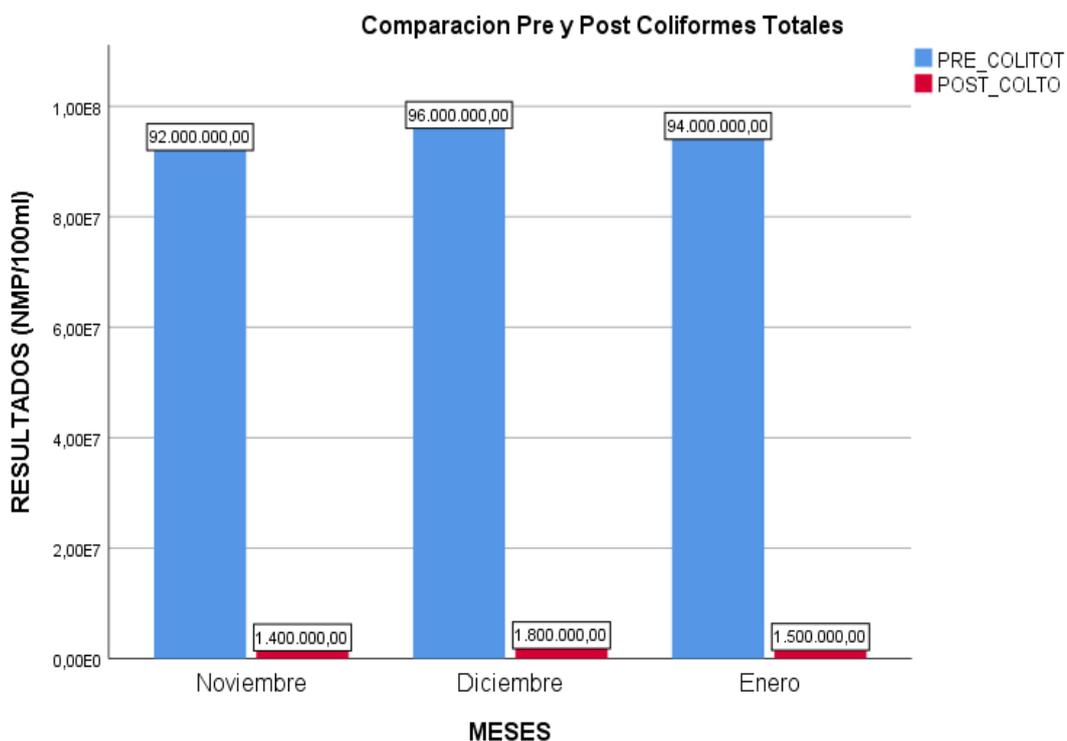


Figura 23. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de coliformes totales

Tabla 18

Valores estadísticos de coliformes totales en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos			
			Estadístico	Desv. Error	
Pre_Colit	Media		94000000.00	1154700.53	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	89031724.57		
		Límite superior	98968275.42		
	Media recortada al 5%		.		
	Mediana		94000000.00		
	Varianza		4000000000000.00		
	Desv. Desviación		2000000.00		
	Mínimo		9,20E+7		
	Máximo		9,60E+7		
	Rango		4000000.00		
	Rango intercuartil		.		
	Asimetría		0.00		1.22
	Curtosis		.		.
	Post_Colt	Media			1566666.67
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1049552.16		
		Límite superior	2083781.16		
Media recortada al 5%			.		
Mediana			1500000.00		
Varianza			43333333333.3		
Desv. Desviación			208166.59		
Mínimo			1,40E+6		
Máximo			1,80E+6		
Rango			400000.00		
Rango intercuartil			.		
Asimetría			1.293	1.22	
Curtosis			.	.	

4.5.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 19
Prueba de normalidad de coliformes totales

Parámetro	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_Colit	0.16	3	.	1.00	3	1.00
Post_Colt	0.29	3	.	0.92	3	0.46

Según lo observado en la tabla 19, para el presente parámetro Coliformes totales se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el test paramétrico T -Student para muestras relacionadas.

4.5.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro Coliformes totales, se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T - Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro Coliformes Totales en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro Coliformes Totales en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 20
Valores estadísticos de muestras emparejadas de coliformes totales

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parámetros	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_Colit	94000000.00	3	2000000.00	1154700.53
Post_Colt	1566666,67	3	208166.59	120185.04

Tabla 21.
Valores de prueba de muestras emparejadas de coliformes totales.

Parámetros	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Pre_Colit	92433333.3	1800925.6	1039764.9	87959585.9	96907080.7	88.9	2	0,000
Post_Colt								

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T- Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0.05 ($0.000 < 0.05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro Coliformes Totales en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

4.5.4. Eficiencia se sesiones

Para el cálculo de eficiencia de diferentes sesiones monitoreadas, del biodigestor con respecto al parámetro Coliformes Totales, se aplicó la siguiente formula:

4.5.4.1. Sesión 1

$$\text{Eficiencia Coliformes Totales \%} = \frac{9.2 * 10^7 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}} - 1.4 * 10^6 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}}}{9.2 * 10^7 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}}} * 100$$

$$\text{Eficiencia Coliformes Totales} = 98.5\%$$

4.5.4.2. Sesión 2

$$\text{Efic. Coliformes Totales \%} = \frac{9.6 * 10^7 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}} - 1.8 * 10^6 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}}}{9.6 * 10^7 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}}} * 100$$

$$\text{Efic. Coliformes Totales} = 98.1\%$$

4.5.4.3. Sesión 3

$$\text{Efic. Coliformes Totales \%} = \frac{9.4 * 10^7 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}} - 1.5 * 10^6 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}}}{9.4 * 10^7 \frac{\text{NMP}}{100 \text{ ml}}} * 100$$

$$\text{Efic. Coliformes Totales} = 98.4\%$$

4.5.5. Eficiencia final Coliformes Totales

Para la eficiencia final del Biodigestor con respecto a Coliformes Totales en las sesiones monitoreadas se aplicó la siguiente fórmula:

Promedio eficiencia Coli.Tot %

$$= \sum \frac{Efic. sesion 1 + Efic. sesion 1 + Efic. sesion 3}{3}$$

Cálculo:

$$Promedio eficiencia Coli.Tot \% = \sum \frac{98.5 + 98.1 + 98.4}{3}$$

$$Promedio eficiencia Coli.Tot = 98.3\%$$

4.5.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo una eficiencia de remoción en el parámetro coliformes totales con un 98.3 %.

La figura 24 y la tabla 18, muestra la caracterización del parámetro Coliformes totales obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 en el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de $9.2 \cdot 10^7$ NMP/100 ml y un Post de $1.4 \cdot 10^6$ NMP/100 ml, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro Coliformes totales de 90600000 NMP/100 ml. La reproducción de los coliformes totales fuera del intestino animal es porque se ve favorecida por la existencia de condiciones adecuadas como materia orgánica y pH y como en el sistema había gran cantidad de materia organica y un pH neutro no hubo buena remoción de los coliformes en el efluente. (Dheaya,, Alrousan, Dunlop, McMurray, y Byrne, 2009).

En la sesión 2 en el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de $9.6 \cdot 10^7$ NMP/100 ml y un Post de $1.8 \cdot 10^6$ NMP/100 ml, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro Coliformes totales de 90200000 NMP/100 ml. Generalmente en los efluentes de

tratamientos primarios la población de 108 ufc/ml logra reducir solo a 1-3 orden de magnitud. En el cual no cumple con los estándares de calidad nacional e internacional (Palese et al., 2009)

En la sesión 3 en el mes Enero del 2019 se obtuvo un pre de $9.4 \cdot 10^7$ NMP/100 ml y un Post de $1.5 \cdot 10^6$ NMP/100 ml, por lo tanto se observó una reducción significativa del Coliformes totales de 92500000 NMP/100 ml. (Sperling, 1996) Indica que en los tratamientos anaerobios la remoción de los coliformes totales es mayor del 60%.

De todas las bacterias que conforman en la digestión anaerobia las metangénicas son las más sensibles a los cambios de temperatura. Sin embargo, las bacterias fermentativas son menos sensibles a estos cambios, pudiendo así continuar a producir ácidos grasos volátiles (VFA) durante la inactividad metanogénica en donde va creando un ambiente demasiado ácido. De aquí la importancia de aislar oportunamente el digestor y la práctica difundida de construirlo bajo tierra, para evitar precisamente estos desequilibrios en la población microbiana. (Marchaim, 1992).

4.6. Caracterización de coliformes Fecales / Termotolerantes

4.6.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el Parámetro Coliformes Termotolerantes en las sesiones 1, 2,3 en los meses de Noviembre y Diciembre del 2018, culminando en Enero del 2019. A continuación le presentamos la figura 24 y tabla 22.

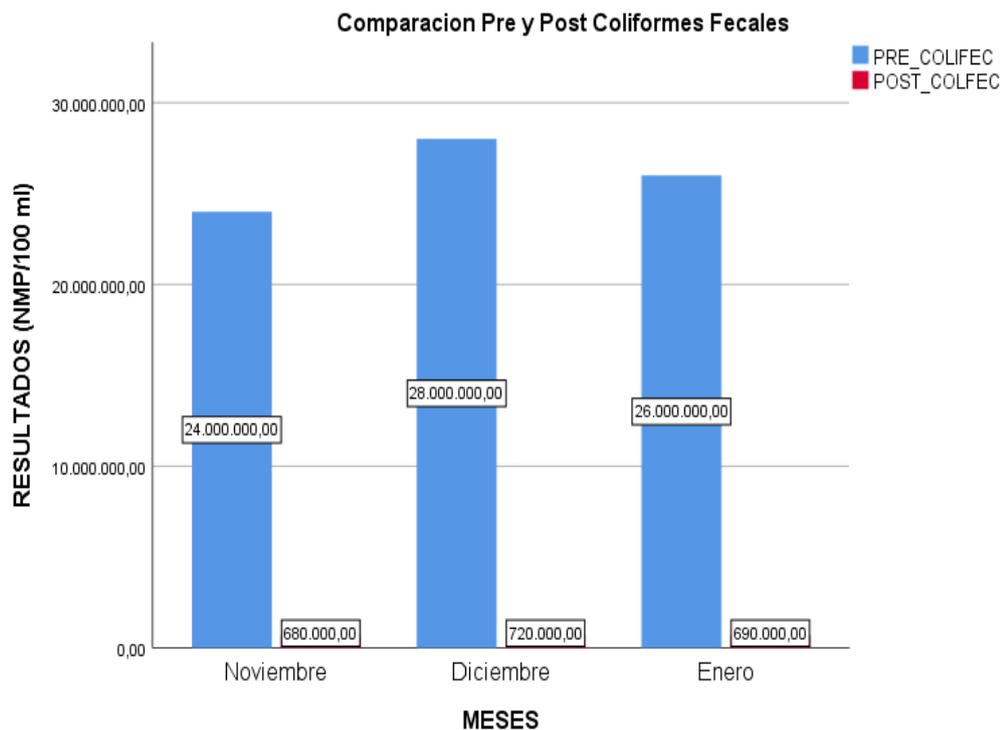


Figura 24. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de coliformes termotolerantes.

La muestra que se tomó al inicio tiene una alta cantidad de microorganismos, esto se debe por la alta concentración de la carga orgánica que proviene directamente del uso doméstico ya que la muestra se tomó de una vivienda multifamiliar. Estos microorganismos son coliformes que contienen un gran grupo de bacterias que viven normalmente en el tracto digestivo de los seres humanos y los animales, por esta razón se encontró una alta cantidad en las aguas muestreadas. Podemos observar que al inicio de la carga existe presencia elevada de coliformes fecales la cual va disminuyendo conforme va dándose el proceso de biodigestión (Scanlan, 1991).

Tabla 22

Valores estadísticos de coliformes termotolerantes en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos		
Pre_Colife			Estadístico	Desv. Error
	Media		26000000.00	1154700.53
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	21031724.57	
		Límite superior	30968275.42	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		26000000.00	
	Varianza		4000000000000.00	
	Desv. Desviación		2000000.00	
	Mínimo		2,40E+7	
	Máximo		2,80E+7	
	Rango		4000000.00	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		0.000	1.225
	Curtosis		.	.
	Post_Colife	Media		696666.67
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	644955.21	
		Límite superior	748378.11	
Media recortada al 5%			.	
Mediana			690000.00	
Varianza			433333333.33	
Desv. Desviación			20816.65	
Mínimo			680000.00	
Máximo			720000.00	
Rango			40000.00	
Rango intercuartil			.	
Asimetría			1.293	1.23
Curtosis			.	.

4.6.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 23
Prueba de Normalidad de coliformes termotolerantes.

Parámetros	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov Estadístico			Shapiro-Wilk Estadístico		
		gl	Sig.		gl	Sig.
Pre_Colif	0.17	3	.	1.00	3	1.00
Post_Colf	0.29	3	.	0.92	3	0.46

Según lo observado en la tabla 23 Para el presente parámetro Coliformes fecales / Termotolerantes se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el test paramétrico T -Student para muestras relacionadas.

4.6.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro Coliformes Termotolerantes, se pretende comparar los valores de este (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T - Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro Coliformes Termotolerantes en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro Coliformes Termotolerantes en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 24
Valores estadísticos de muestras emparejadas de coliformes termotolerantes

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parámetro	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_Colif	26000000.00	3	2000000.00	1154700.53
Post_Colif	696666.66	3	20816.65	12018.50

Tabla 25
Valores de prueba de muestras emparejadas de coliformes termotolerantes.

Parámetros	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Pre_Colif	25303333,3	1980008,4	1143158,3	20384719,7	30221946,9	22,135	2	0.002
Post_Colif								

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T- Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0,05 ($0,002 < 0,05$). Por lo tanto, se

rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro Coliformes fecales / Termotolerantes en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima

4.6.4. Eficiencia se sesiones

Para el cálculo de eficiencia de diferentes sesiones monitoreadas, del biodigestor con respecto al parámetro Coliformes Termotolerantes, se aplicó la siguiente formula:

$$Eficiencia \% = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100$$

4.6.4.1. Sesión 1

$$Eficiencia Coliformes termot \% = \frac{2.4 * 10^7 \frac{NMP}{100 ml} - 6.8 * 10^5 \frac{NMP}{100 ml}}{2.4 * 10^7 \frac{NMP}{100 ml}} * 100$$

$$Eficiencia Coliformes termot = 97.2\%$$

4.6.4.2. Sesión 2

$$Eficiencia Coliformes termot \% = \frac{2.8 * 10^7 \frac{NMP}{100 ml} - 7.2 * 10^5 \frac{NMP}{100 ml}}{2.8 * 10^7 \frac{NMP}{100 ml}} * 100$$

$$Eficiencia Coliformes termot = 97.4\%$$

4.6.4.3. Sesión 3

$$Eficiencia Coliformes termot \% = \frac{2.6 * 10^7 \frac{NMP}{100 ml} - 6.9 * 10^5 \frac{NMP}{100 ml}}{2.6 * 10^7 \frac{NMP}{100 ml}} * 100$$

$$Eficiencia Coliformes termot = 97.3\%$$

4.6.5. Eficiencia final Coliformes Termotolerantes.

Para la eficiencia final del Biodigestor con respecto a Coliformes Termotolerantes en las sesiones monitoreadas se aplicó la siguiente fórmula:

$$Prome\ eficiencia\ colif.\ Term\ \% = \sum \frac{Efic.\ sesion\ 1 + Efic.\ sesion\ 1 + Efic.\ sesion\ 3}{3}$$

Cálculo:

$$Promedio\ eficiencia\ colif.\ Term\ \% = \sum \frac{97.2 + 97.4 + 97.3}{3}$$

$$Promedio\ eficiencia\ colif.\ Term = 97.3\%$$

4.6.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo una eficiencia de remoción en el parámetro coliformes termotolerantes con un 97.3 %.

La figura 24 y la tabla 22 muestran, la caracterización del parámetro Coliformes termotolerantes obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 en el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de $2.4 \cdot 10^7$ NMP/100 ml y un Post de $6.8 \cdot 10^5$ NMP/100 ml, por lo tanto se observó una reducción significativa dos logaritmos de Coliformes fecales de 23320000 NMP/100 ml. En un tratamiento anaerobio la remoción de coliformes totales disminuye ligeramente hasta 98-99 %, mientras que la de fecales, se mantiene en un 99 a 99,8 %. La alta remoción se puede atribuir a los mecanismos de adsorción y filtración del proceso, ya que la biopelícula (formadas por bacterias) tiene una alta capacidad para inmovilizar sólidos suspendidos por estas vías. (Reyes, Sánchez, Cruz, Romero, y Pellón, 1998).

En la sesión 2 en el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de $2.8 \cdot 10^7$ NMP/100 ml y un Post de $7.2 \cdot 10^5$ NMP/100 ml, por lo tanto se observó una reducción significativa de dos

logaritmos de Coliformes fecales de 27280000 NMP/100 ml. De acuerdo con los estudios se Sanz (2011). La adaptación bacteriana tiene un proceso de crecimiento exponencial, al ocurrir altos consumos de sustrato y, por consiguiente, se presenta una mayor producción de gas metano. Po este motivo se puede observar una reducción constante en la DQO, lo cual los autores (Massé y Massé, 2000) afirman que conforme la materia orgánica se degrada, existe una mayor producción y liberación de subproductos, principalmente gas metano y dióxido de carbono.

En la sesión 3 en el mes de Enero del 2019 se obtuvo un pre de $2.6 \cdot 10^7$ NMP/100 ml y un Post de $6.9 \cdot 10^5$ NMP/100 ml, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro Coliformes fecales / Termotolerantes. Un estudio realizado por los autores (García, Pedroza, Chávez, y Trejo, 2015). Demuestran que la mayor velocidad de degradación anaerobia fue a una temperatura de 37 grados °C, esto demuestra los que los autores (Metcalf y Eddy, 1985) indican que la mayor parte de los microorganismos que conforman el consorcio bacteriano pueden ser del tipo mesófilo, es decir, adaptados a rangos de temperatura óptimos entre los 20 y 40 °C , donde se tiene la mayor actividad de degradación de la materia orgánica y reflejada ésta por los valores de DQO la cual tienen relacion, para luego pasar a su cuarta etapa de muerte disminuyendose los valores como se oberva en la figura 24 en la sesion 3.

Según Madigan y Col citados por la (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2001) los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5 °C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Otro de los aspectos negativos del uso de los coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua.

Los autores Sato, Okubo, Onodera, Ohashi y Harada (2006). Indican que el hidrógeno es el compuesto que acopla a los microorganismos, estudios recientes plantean una hipótesis que menciona que existe un formiato, esto quiere decir que cuando por alguna razón, no hay suficiente consumo de H₂, decrece la producción de acetato y se van acumulando otros ácidos más largos, causando el característico mal olor que desprenden los digestores malfuncionantes. La degradación del ácido propanoico a acetato es la más sensible a la concentración de H₂, y por esta razón en los digestores desequilibrados frecuentemente se encuentran altas concentraciones en propionato.. (Tandukar, Ohashi y Harada, 2007).

Lefebvre, Vasudevan, Torrijos, Thanasekaran y Moletta (2006). La disminución de la materia orgánica y las bacterias indeseables en las aguas residuales que presentan alta contaminación microbiológica y una concentración media de contaminantes orgánicos, aun en cortos tiempos de retención resulta adecuado con el tratamiento anaerobio.

Scalan (1991) menciona que el biodigestor es comparado con el estómago de un rumiante y teniendo las condiciones necesarias este parámetro no se elimina por completo, ahora la OS 090 también infiere que la inhibición de los patógenos se da por el tratamiento secundario y terciario. Tradicionalmente para la eliminación de los microorganismos presentes en el agua se da por un tratamiento terciario como es la desinfección con cloro (Naydú Rojas, 2010).

Reyes et al., (1998). Una disminución significativa en el tiempo de retención hidráulica en un reactor anaerobio de lecho fijo no afecta sensiblemente la calidad de la remoción de indicadores microbianos de contaminación fecal. Un reactor con estas características constituye una buena opción para eliminar microorganismos patógenos en aguas residuales domésticas.

4.7. Caracterización de Demanda Bioquímica de Oxígeno

4.7.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el DBO5 en las sesiones 1, 2,3 en los meses de Noviembre y Diciembre del 2018, culminando en Enero del 2019. A continuación le presentamos la figura 25 y tabla 26.

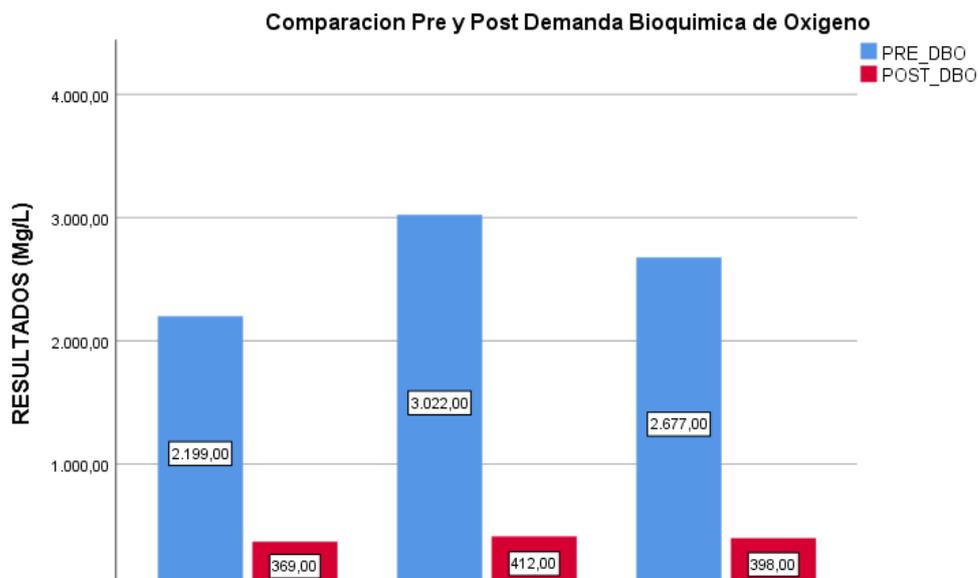


Figura 25. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de Demanda Bioquímica de oxígeno.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual domestica proveniente del biodigestor se observa que los valores de concentración de DBO5 oscila entre 2199 mg/L y 2677mg/L en el pre muestreo en las tres sesiones dadas. Según el autor (Metcalf y Eddy, 2014) estos valores están considerados como tipo fuerte. Sin embargo estos se están excediendo del valor presentado que es 400 mg/l convirtiéndose en un líquido séptico es el fango producido en los sistemas de evacuación de aguas residuales individuales, principalmente fosas sépticas y pozos negros la cual el valor es 6000 mg/l.

Tabla 26

Valores estadísticos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos		
		Estadístico	Desv. Error	
PRE_DBO	Media	2632.66	238.61	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1606.00	
		Límite superior	3659.32	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	2677.00		
	Varianza	170806.33		
	Desv. Desviación	413.28		
	Mínimo	2199.00		
	Máximo	3022.00		
	Rango	823.00		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	-.477	1.23	
	Curtosis	.	.	
	POST_DBO	Media	393.00	12.66
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	338.51	
		Límite superior	447.48	
Media recortada al 5%		.		
Mediana		398.00		
Varianza		481.00		
Desv. Desviación		21.93		
Mínimo		369.00		
Máximo		412.00		
Rango		43.00		
Rango intercuartil		.		
Asimetría		-0.973	1.23	
Curtosis		.	.	

Los autores (Metcalf y Eddy, 1985) indican que el líquido séptico es el fango producido en los sistemas de evacuación de aguas residuales individuales, principalmente fosas sépticas y pozos negros varían ampliamente. Las mayores variaciones se producen en comunidades en las que no existe un control adecuado sobre la recogida y evacuación de los residuos.

Tabla 27

Valores de concentraciones de un pozo séptico y pozos negros.

Constituyente	Concentracion (Mg/L)	
	Intervalos	Valor
Sólidos totales (ST)	5000-100000	40000
Sólidos en suspension (SS)	4000-100000	15000
Sólidos en suspension volatiles (SV)	1200-14000	7000
DBO5 20 Grados	2000-30000	6000
Demanda Quimica de Oxigeno	5000-80000	30000
Nitrogeno Kjedhal Total (NKT como N)	100-1600	700
Amoniac, NH ₃ como N	100-800	400
Fosforo Total como P	50-800	250
Metales Pesados	100-1000	300

Fuente: Adaptación de (Metcalf Y Eddy, 1985)

4.7.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H₀: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 28

Pruebas de normalidad de Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Parámetro	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_DBO	0.21	3	.	0.99	3	0.82
Post_DBO	0.26	3	.	0.96	3	0.62

Para el presente parámetro DBO5 se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el test paramétrico T - Student para muestras relacionadas.

4.7.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro DBO5, se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T - Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro DBO5 en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro DBO5 en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 29
Valores estadísticos de muestras emparejadas.

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parámetro	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_DBO	2632.66	3	413.28	238.61
Post_DBO	393.00	3	21.93	12.66

Tabla 30
Valores de prueba de muestras emparejadas de Demanda Bioquímica de oxígeno.

Parámetros	Media	Desv. Estandar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
Pre_DBO	2239.66	391.48	1267.16	3212.16	9.91	2	0.010
Post_DBO							

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T -Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0,05 ($0,01 < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro DBO5 en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

4.7.4. Eficiencia en las sesiones

Para el cálculo de eficiencia de diferentes sesiones monitoreadas, del biodigestor con respecto al parámetro DBO5 se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Eficiencia \%} = \frac{\text{Afluente} - \text{Efluente}}{\text{Afluente}} * 100$$

4.7.4.1. Sesión 1

$$\text{Eficiencia DBO}_5 \% = \frac{2199 \frac{\text{Mg}}{\text{L}} - 369 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}}{2199 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}} * 100$$

$$\text{Eficiencia DBO}_5 = 83.2 \%$$

4.7.4.2. Sesión 2

$$\text{Eficiencia DBO}_5 \% = \frac{3022 \frac{\text{Mg}}{\text{L}} - 412 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}}{3022 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}} * 100$$

$$\text{Eficiencia DBO}_5 = 86.3 \%$$

4.7.4.3. Sesión 3

$$\text{Eficiencia DBO}_5 \% = \frac{2677 \frac{\text{Mg}}{\text{L}} - 398 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}}{2677 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}} * 100$$

$$\text{Eficiencia DBO}_5 = 85.1\%$$

4.7.5. Eficiencia final DBO5

Para la eficiencia final del Biodigestor con respecto a DBO5 en las sesiones monitoreadas se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio eficiencia DBO}_5 \% = \sum \frac{\text{Efic. sesion 1} + \text{Efic. sesion 1} + \text{Efic. sesion 3}}{3}$$

Cálculo:

$$\text{Promedio eficiencia DBO}_5 \% = \sum \frac{83.2 + 86.3 + 85.1}{3}$$

$$\text{Promedio eficiencia DBO}_5 = 84.9\%$$

4.7.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo una eficiencia de remoción en el parámetro DBO5 con un 84.9 %.

La DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias), consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Cuanta mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan los microorganismos para degradarla. Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO5 (Ferrero, 1974).

La tabla 26 y la figura 25, muestran la caracterización del parámetro DBO5 obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de 2199 Mg/L y un Post de 369 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro DBO5 de 1830 Mg/L. Más de 25 décadas se utiliza los sistemas anaerobios para el tratamiento de agua residual y la eficiencia en la remoción de DBO5 es más de 70%, y la reducción de la eficiencia en el sistema anaerobio es debido al doble contacto entre la masa bacteriana presente y el material suspendido (Van Haadel, 1994).

En la sesión 2 el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de 3022 Mg/L y un Post de 412 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro DBO5 de 2610 Mg/L. Los valores de DQO es mayor que la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxigarse químicamente y no biológicamente (Sibello Hernández y otros, 2016). El DBO5 es un indicador de la materia orgánica el cual evalúa la cantidad oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales.

En la sesión 3 el mes de Enero del 2019 se obtuvo un pre de 2677 Mg/L y un Post de 398 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro DBO5 de 2279 Mg/L. Para la obtención de una fermentación metanogénica eficaz, de debe controlar la velocidad ascensional del agua residual, la remoción biológica de DBO ocurre en esta etapa, ya que la materia orgánica estabilizada es poco soluble en el agua y se evapora con el gas que sale del sistema anaerobio (Orozco, Pérez, Gonzáles, Rodríguez, y Alfayate, 2004)

El valor de DBO5 en el afluente fue alta debido a que en el sistema hay gran cantidad de materia orgánica que transformar (Crites y Tchobanoglous, 2003).

El DBO5 a una temperatura mayor a 20°C reduce la contaminación en un 75% (Schellinkhout et al., 1985; Lettinga et al., 1987), así mismo Wiegant (2001) indica de igual forma.

Cuando la temperatura aumenta, disminuye la solubilidad de gases (oxígeno), por ende aumenta las sales y la velocidad de las reacciones del metabolismo acelerando la descomposición de la materia orgánica. (Almeida, 2013).

4.8. Caracterización de Demanda Química de Oxígeno

4.8.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el DQO en las sesiones 1, 2,3 en los meses de Noviembre y Diciembre del 2018, culminando en Enero del 2019. A continuación le presentamos la tabla 31 y la figura 26.

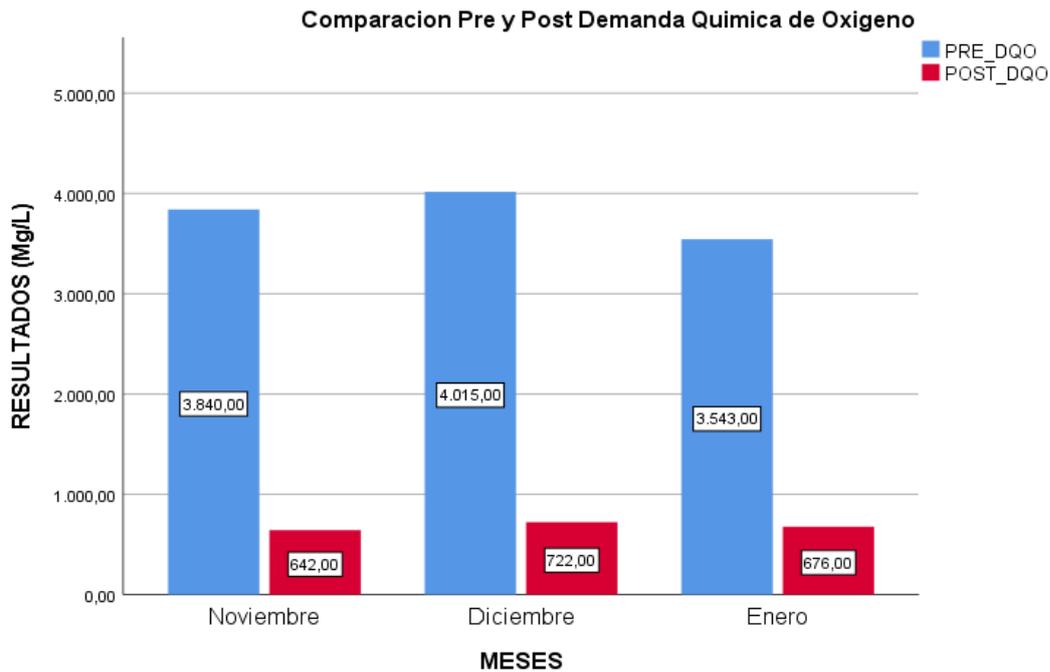


Figura 26. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de Demanda Química de oxígeno.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual domestica proveniente del biodigestor se observa que los valores de concentración de DQO oscila entre 3840 mg/L y 3543 mg/L en el pre muestreo en las tres sesiones dadas. Según el autor (Metcalf y Eddy, 2014) estos valores están considerados como tipo fuerte. Sin embargo este se está excediendo el triple del valor presentado que es 1000 mg/l convirtiéndose en un líquido séptico en el fango producido en los sistemas de evacuación de aguas residuales individuales, principalmente fosas sépticas y pozos negros la cual el valor es 30000 mg/l.

Tabla 31

Valores estadísticos de Demanda Química de Oxígeno en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos		
		Estadístico	Desv. Error	
Pre_DQO	Media	3799.33	137.76	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3206.58	
		Límite superior	4392.08	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	3840.00		
	Varianza	56936.33		
	Desv. Desviación	238.61		
	Mínimo	3543.00		
	Máximo	4015.00		
	Rango	472.00		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	-0.745	1.23	
	Curtosis	.	.	
	Post_DQO	Media	680.00	23.180
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	580.26	
		Límite superior	779.73	
Media recortada al 5%		.		
Mediana		676.00		
Varianza		1612.00		
Desv. Desviación		40.14		
Mínimo		642.00		
Máximo		722.00		
Rango		80.00		
Rango intercuartil		.		
Asimetría		0.44	1,23	
Curtosis		.	.	

Leitao, Van Haandel, Zieman, y Lettiga (2006). Informa que el incremento del valor de la DQO es debido al aumento de AGVs y Sólidos suspendidos (SS), así como también por la presencia de compuestos influyentes difíciles de convertir. (Sánchez, Borja, Weiland, Travieso, y Martin, 2001).

4.8.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 32
Pruebas de normalidad de Demanda Bioquímica de Oxígeno.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_DQO	0.23	3	.	0.98	3	0.72
Post_DQO	0.21	3	.	0.99	3	0.84

Para el presente parámetro DQO se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el test paramétrico T - Student para muestras relacionadas.

4.8.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro DQO, se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T -Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro DQO en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro DQO en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 33
Valores estadísticas de muestras emparejadas.

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parámetro	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_DQO	3799.33	3	238.61	137.76
Post_DQO	680.00	3	40.14	23.18

Tabla 34
Valores de prueba de muestras emparejadas de la Demanda Química de Oxígeno.

Parametro	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Diferencias emparejadas		t	Gl	Sig. (bilateral)
				95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Pre_DQO	3119.3	223.6	129.1	2563.8	3674.8	24.1	2	0.002
Post_DQO								

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T -Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0,05 ($0,002 < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro DQO en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

4.8.4. Eficiencia en las sesiones.

Para el cálculo de eficiencia Del biodigestor con respecto al Parámetro DQO, se aplicó la siguiente formula:

$$Eficiencia \% DQO = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100$$

4.8.4.1. Sesión 1

$$Eficiencia DQO \% = \frac{3840 \frac{Mg}{L} - 642 \frac{Mg}{L}}{3840 \frac{Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia \% DQO = 83.2 \%$$

4.8.4.2. Sesión 2

$$Eficiencia DQO \% = \frac{4015 \frac{Mg}{L} - 722 \frac{Mg}{L}}{4015 \frac{Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia DQO = 82 \%$$

4.8.4.3. Sesión 3

$$\text{Eficiencia DQO \%} = \frac{3543 \frac{\text{Mg}}{\text{L}} - 676 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}}{3543 \frac{\text{Mg}}{\text{L}}} * 100$$

$$\text{Eficiencia DQO} = 80.9\%$$

4.8.5. Eficiencia final DQO

Para la eficiencia final del Biodigestor con respecto a DQO en las sesiones monitoreadas se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio Eficiencia DQO \%} = \sum \frac{\text{Efic. sesion 1} + \text{Efic. sesion 1} + \text{Efic. sesion 3}}{3}$$

Cálculo:

$$\text{Promedio Eficiencia DQO \%} = \sum \frac{83.2 + 82 + 80.9}{3}$$

$$\text{Promedio eficiencia DQO} = 82.0\%$$

4.8.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo una eficiencia de remoción en el parámetro DQO con un 82.0 %.

La relacion es a mayor cantidad de DQO mayor cantidad de contaminante de un residuo líquido (Salazar, 1993).

La tabla 31 y la figura 26, muestran la caracterización del parámetro DQO obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 en el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de 3840 Mg/L y un Post de 642 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro DQO de 3198

Mg/L. Asimismo la DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO₅, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. (Tejero, Suarez, y Jácome, 2006).

En la sesión 2 en el mes Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de 4015 Mg/L y un Post de 722 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro DQO de 3293 Mg/L. Por consiguiente el DQO se divide en dos grandes grupos: DQO biodegradable total (DQOBT) y DQO no biodegradable total o inerte (DQONBT). El fragmento biodegradable se subdivide en DQO rápidamente biodegradable (DQORB), y DQO lentamente biodegradable (DQOLB). La primera es utilizada en el reactor biológico de forma inmediata, y se consume en los primeros minutos de haberse iniciado el tratamiento, provocando un incremento en el consumo de oxígeno. (Karahan, Dogruel, Dulekgurgen, y Orhon, 2008).

En la sesión 3 en el mes Enero del 2019 se obtuvo un pre de 3543 Mg/L y un Post de 676 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro DQO de 2867 Mg/L. El DQO lentamente biodegradable debe ser primero absorbida sobre la estructura celular de los microorganismos que la hidrolizan a unidades químicas simples, utilizando enzimas extracelulares y finalmente, es metabolizada por ellos. (Pire, Rodriguez, Fuenmayor, Fuenmayor y Hacedo, 2011).

(Lefebvre, Vasudevan, Torrijos, Thanasekaran, y Moletta, 2005). Refieren que la demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro ampliamente utilizado para controlar el grado de calidad de las aguas, ya que permite medir la contaminación de las mismas debida a materia orgánica. Este parámetro se define como la cantidad de oxígeno necesario, o equivalente, para oxidar químicamente la materia orgánica susceptible de oxidación existente en un agua.

4.9. Caracterización de Sólidos suspendidos totales

4.9.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el Parámetro SST en las sesiones 1, 2,3 de los meses Noviembre y Diciembre del 2018, culminándose en el mes de Enero del 2019 respectivamente. A continuación le presentamos la figura 27 y la tabla 35.

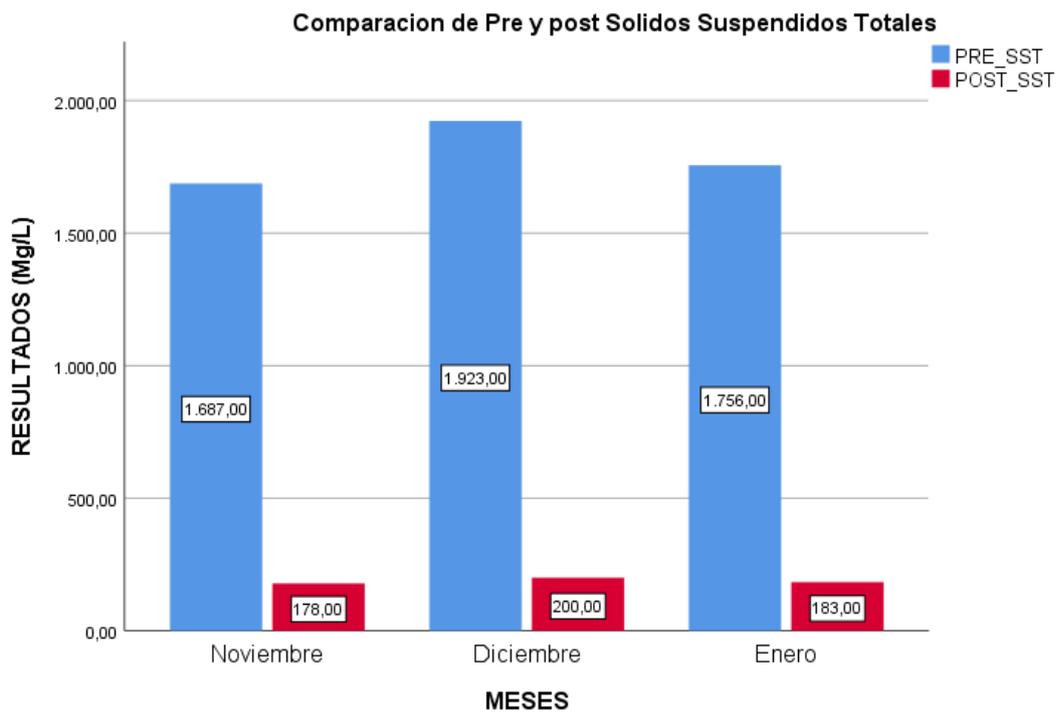


Figura 27. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de solidos suspendidos totales.

Tabla 35

Valores estadísticas de sólidos suspendidos totales en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos		
		Estadístico	Desv. Error	
Pre_SST	Media	1788.66	70.05	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1487.23	
		Límite superior	2090.10	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	1756.00		
	Varianza	14724.33		
	Desv. Desviación	121.34		
	Mínimo	1687.00		
	Máximo	1923.00		
	Rango	236.00		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	1.12	1.23	
	Curtosis	.	.	
	Post_SST	Media	187.00	6.65
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	158.35	
		Límite superior	215.64	
Media recortada al 5%		.		
Mediana		183.00		
Varianza		133.00		
Desv. Desviación		11.53		
Mínimo		178.00		
Máximo		200,00		
Rango		22,00		
Rango intercuartil		.		
Asimetría		1,373	1,225	
Curtosis		.	.	

4.9.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 36
Pruebas de normalidad de sólidos suspendidos totales.

Parámetro	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_SST	0.27	3	.	0.94	3	0.55
Post_SST	0.30	3	.	0.91	3	0.41

Para el presente parámetro SST se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el test paramétrico T - Student para muestras relacionadas.

4.9.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro SST, se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T -Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en los valores del parámetro SST para el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en los valores del parámetro SST para el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 37

Valores estadísticas de muestras emparejadas de solidos suspendidos totales.

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parámetro	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_SST	1788.6	3	121.3	70.05
Post_SST	187.0	3	11.5	6.65

Tabla 38

Valores de prueba de muestras emparejadas de solidos suspendidos totales.

Diferencias emparejadas								
Parámetro	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Pre_SST	1601.6	109.8	63.4	1328.8	1874.5	25.2	2	0.002
Post_SST								

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T -Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0,05 ($0,002 < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del

parámetro SST en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

4.9.4. Eficiencia se sesiones

Para el cálculo de eficiencia de diferentes sesiones monitoreadas, del biodigestor con respecto al parámetro SST, se aplicó la siguiente formula:

$$Eficiencia SST \% = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100$$

4.9.4.1. Sesión 1

$$Eficiencia SST \% = \frac{1687 \frac{Mg}{L} - \frac{178 Mg}{L}}{1687 \frac{Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia SST = 89.4 \%$$

4.9.4.2. Sesión 2

$$Eficiencia SST \% = \frac{1923 \frac{Mg}{L} - \frac{200Mg}{L}}{\frac{1923Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia SST = 89.6\%$$

4.9.4.3. Sesión 3

$$Eficiencia SST \% = \frac{1756 \frac{Mg}{L} - \frac{183Mg}{L}}{1756 \frac{Mg}{L}} * 100$$

$$Eficiencia SST = 89.6 \%$$

4.9.5. Eficiencia final SST

Para la eficiencia final del Biodigestor con respecto a SST en las sesiones monitoreadas se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio eficiencia SST \%} = \sum \frac{\text{Efic. sesion 1} + \text{Efic. sesion 1} + \text{Efic. sesion 3}}{3}$$

Cálculo

$$\text{Promedio eficiencia SST \%} = \sum \frac{89.4 + 89.6 + 89.6}{3}$$

$$\text{Promedio eficiencia A y C \%} = 89.5\%$$

4.9.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo una eficiencia de remoción en el parámetro sólidos suspendidos totales con un 89.5 %

La figura 27 y la tabla 35, muestran la caracterización del parámetro SST obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de 1687Mg/L y un Post de 178 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro SST de 1509 Mg/L. Los sólidos suspendidos en el agua incrementan la turbiedad, pues depende del tamaño y de la distribución de las partículas involucradas (Jiménez, 2001)

En la sesión 2 el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de 1923 Mg/L y un Post de 200 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro SST de 1723 Mg/L. Si bien es cierto el 75% de sólidos en suspensión y 40% de sólidos filtrables del agua residual son de naturaleza orgánica proveniente de las actividades humanas, residuos animales y vegetales, constituidos principalmente de proteínas, carbohidratos, grasas y/o aceites, urea, todo ello son metabolizados por la digestión anaerobia en la fase de la hidrólisis mediante las

bacterias Peptostreptococcus, Propionibacterium, Bacteroides, Micrococcus y Clostridium que interactúan con algunas bacterias de la familia Enterobacteriaceae. (Corrales et al.,2015)

En la sesión 3 el mes de Enero del 2019 se obtuvo un pre de 1756 Mg/L y un Post de 183 Mg/L, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro de 1573 Mg/L. Los sólidos suspendidos totales son importantes para la determinación de la calidad del agua, este parámetro se desempeña como contaminantes, donde están formadas tanto inorgánica como orgánica, y dentro de ella existen patógenos que pueden ser transportados en la superficie de dichas partículas. (Sanz, 2011).

Los sólidos suspendidos totales es un indicador en la evaluación de proceso para aguas residuales en los cuales solo el 20% contiene elementos inertes como arena, arcilla y más del 80% contiene material orgánico. (Crites y Tchobanoglous, 2003).

Los tratamientos anaerobios son una alternativa para reducir la concentración de sólidos suspendidos (Chernicharo y Stuetz, 2008).

Los sólidos suspendidos de aguas residuales normalmente varían entre 100 y 400 mg/L (Mara y Cairncross, 1990).

Wiegant (2001) indica que a temperaturas mayores a 20°C la eficiencia de remoción en el tratamiento de agua residual doméstica es mayor del 90%.

4.10. Caracterización de Potencial de Hidrógeno

4.10.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el Parámetro pH en las sesiones 1, 2,3 de los meses Noviembre y Diciembre del 2018, culminándose en el mes de Enero del 2019 respectivamente. A continuación le presentamos la Figura 28 y la tabla 39.

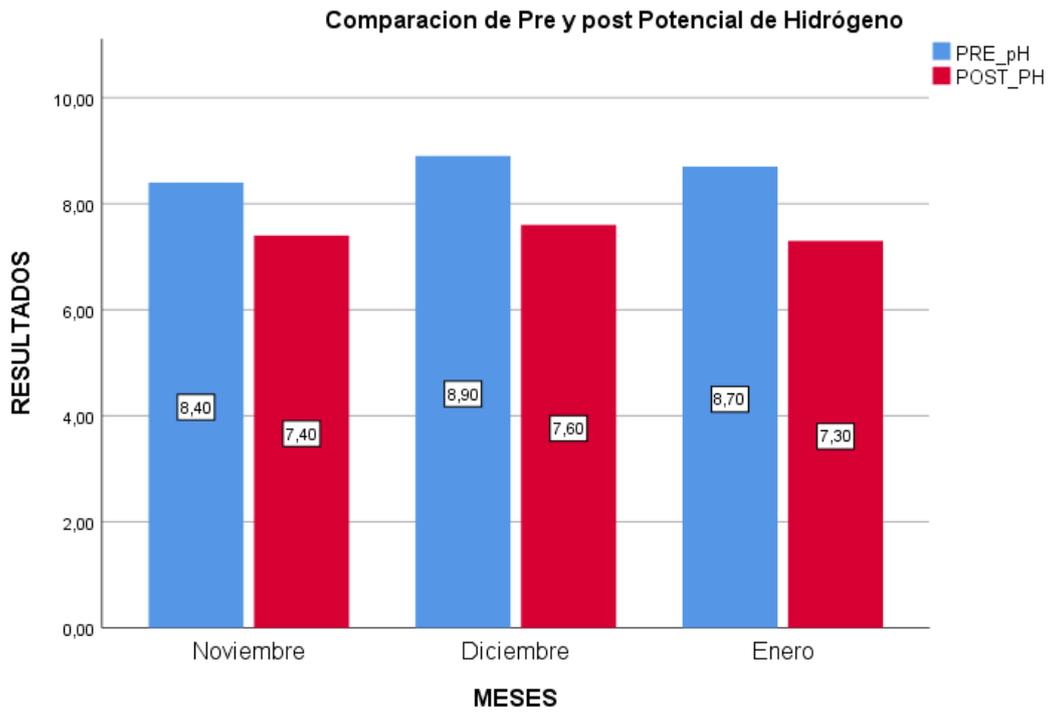


Figura 28. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro potencial de Hidrogeno.

Tabla 39

Valores estadísticos de potencial de Hidrogeno en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos		
		Estadístico	Desv. Error	
Pre_Ph	Media	8.6667	0.14530	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8.0415	
		Límite superior	9.2918	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	8.7000		
	Varianza	,063		
	Desv. Desviación	0.25166		
	Mínimo	8.40		
	Máximo	8.90		
	Rango	0.50		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	-0.586	1.225	
	Curtosis	.	.	
Post_Ph	Media	7.4333	0.08819	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7.0539	
		Límite superior	7.8128	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	7.4000		
	Varianza	0.023		
	Desv. Desviación	0.15275		
	Mínimo	7.30		
	Máximo	7,60		
	Rango	0.30		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	0.935	1.225	
	Curtosis	.	.	

4.10.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 40
Prueba de normalidad de potencial de hidrogeno.

Parámetro	Pruebas de normalidad			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_Ph	0.219	3	.	0.987	3	0.780
Post_Ph	0.253	3	.	0.964	3	0.637

Para el presente parámetro pH se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el test paramétrico T - Student para muestras relacionadas.

4.10.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro pH, se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T -Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro pH en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro pH en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 41
Valores estadísticas de muestras emparejadas de potencial hidrogeno.

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parámetro	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_Ph	8.66	3	0.25	0.14
Post_Ph	7.43	3	0.15	0.08

Tabla 42
Valores de prueba de muestras emparejadas de potencial de hidrogeno.

Parámetro	Media	Desv. Desviación	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)	
			Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			Inferior	Superior				
Pre_Ph Post_Ph	1.23	0.21	0.12	0.72	1.75	10.26	2	0.009

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T -Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0,05 ($0,009 < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del

parámetro pH en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

4.10.4. Promedio Pre -test pH

$$\textit{Promedio de pH Pre test} = \frac{8.4 + 8.9 + 8.7}{3}$$

$$\textit{Promedio de pH Pre test} = 8.6$$

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo un promedio de pH 8.6 en el pre tratamiento de las aguas residuales domésticas.

4.10.5. Promedio Post- test pH

$$\textit{Promedio de pH Post - test} = \frac{7.4 + 7.6 + 7.3}{3}$$

$$\textit{Promedio de pH Post - test} = 7.4$$

4.10.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo un promedio de pH 7.4 en el post tratamiento de las aguas residuales domésticas.

La figura 28 y la tabla 39, muestran la caracterización del parámetro pH obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de 8.4 y un Post de 7.4, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro pH de 1. El comportamiento del pH en el efluente de biodigestor es 7.4, 7.6 y 7.3 dichos valores se encuentran en el rango adecuado para el desarrollo de la actividad metanogénica que es 6.5 a 8. (Martí, 2008). También según (Mendonca, 2000) después del sistema de tratamiento anaerobio los valores del pH son entre 6.5 a 8.

En la sesión 2 el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de 8.9 y un Post de 7.6, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro pH de 1.3. Para el funcionamiento eficaz del sistema anaerobio también influye el pH, para una buena estabilización de la materia orgánica y las bacterias metanogénicas es necesario tener rango de pH favorable de 6 a 8. (Osorio, Ciro y Gonzales, 2007) indican si el efluente es neutro es un indicativo de la alta eficiencia del sistema de remoción del contaminante, también la eficiencia en la etapa metanogénica se da en pH neutro (Van Hanndel, 1994).

En la sesión 3 el mes de Enero del 2019 se obtuvo un pre de 8.7 y un Post de 7.3, por lo tanto se observó una reducción significativa del parámetro pH de 1.4. (Luostarinen, 2005). Hace referencia que durante la fase fermentativa se produce ácidos grasos, y esto causa la disminución de pH del fluido de digestión. A partir de la descomposición de las proteínas y de la reducción de los nitratos se produce amoníaco (NH_3), este compuesto tiene un carácter básico que neutraliza los ácidos presentes y es soluble al agua. Cuando el proceso de estabiliza el pH del biodigestor adquiere un valor ligeramente básico a 7-7.2.

Investigaciones se han reportado valores de pH hasta 8.5. La cantidad de Nitrogeno presente en la alimentación del digestor es decisiva para que se alcancen valores correctos de pH. (Werner, Uli., Stöhr, Ulrich y Hees, Nicolai. 1989).

La fermentación y metanogénesis en principio tienen diferentes pH óptimos. Las bacterias metanogénicas son inhibidas en ambientes ácidos, a un pH inferior a 6.2, y prefieren un ambiente ligeramente alcalino. La fase fermentativa, al contrario, es más rápida en ambiente ácido, el valor exacto dependiendo del tipo de sustrato. En el caso de azúcares simples, como la glucosa, o biopolímeros estructuralmente sencillos, como el almidón, se han encontrado valores óptimos del pH entre 5.7 y 6.1. En el caso de la celulosa, los enzimas celulíticos tienen un pH óptimo alrededor de 6.7. Siendo que la celulosa es generalmente uno de los sustratos

más abundantes en los digestores rurales, el pH típico de 7.2 no es tan lejos del óptimo para la fase de fermentación. (Mockaitis et al., 2006)

4.11. Caracterización de temperatura °C del Agua

4.11.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el Parámetro temperatura °C en las sesiones 1, 2,3 de los meses Noviembre y Diciembre del 2018, culminándose en el mes de Enero del 2019 respectivamente. A continuación le presentamos la figura 29 y tabla 43.

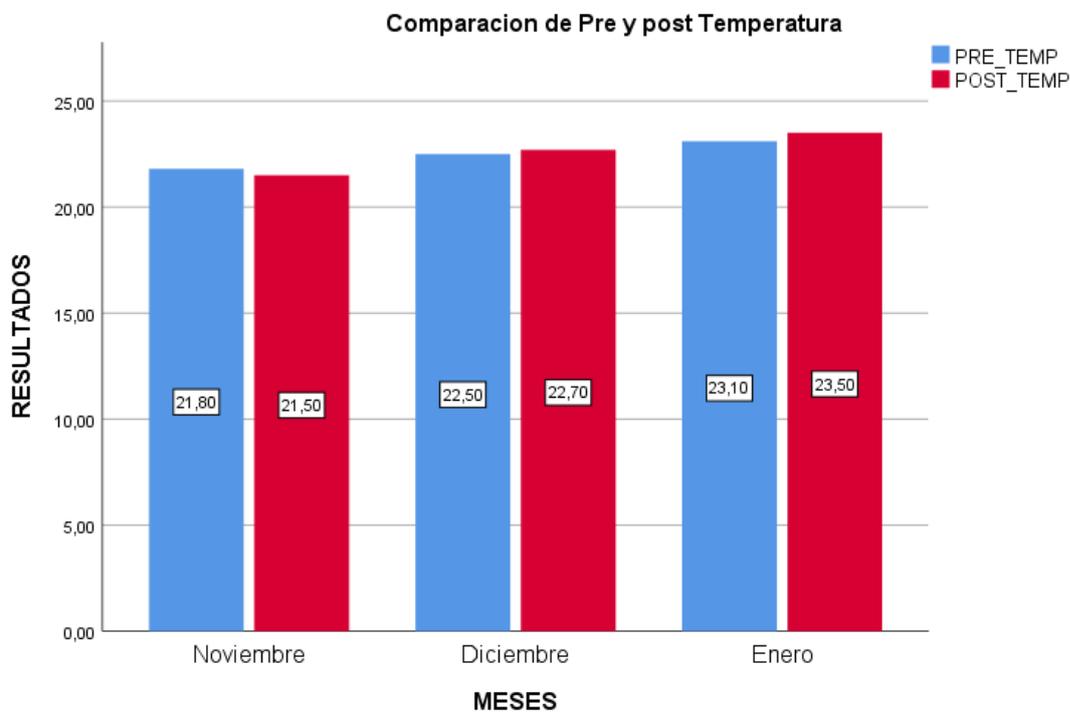


Figura 29. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de temperatura.

Tabla 43

Valores estadísticos de temperatura del agua en el pre y post tratamiento

		Descriptivos		
		Estadístico	Desv. Error	
Pre_Temp	Media	22.4	0.37565	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	20.8 24.0	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	22.5		
	Varianza	0.42		
	Desv. Desviación	0.65		
	Mínimo	21.80		
	Máximo	23.10		
	Rango	1.30		
	Rango intercuartil	.		
	Asimetría	-0.230	1.225	
	Curtosis	.	.	
	Post_Temp	Media	22.5	0.58119
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	20.0 25.0
Media recortada al 5%		.		
Mediana		22.7		
Varianza		1.013		
Desv. Desviación		100.664		
Mínimo		21.50		
Máximo		23.50		
Rango		2.00		
Rango intercuartil		.		
Asimetría		-0.586	1.225	
Curtosis		.	.	

Una investigación realizada por (Pinto y Quipusco, 2015). En donde hicieron la comparación entre los dos tratamiento anaerobios de la temperatura del digestor, las cuales para el Tratamiento 1 se obtuvo (32.2 °C) y para el Tratamiento 2 (31.3°C) respectivamente. Compararon estos datos con la temperatura ambiental, donde el promedio fue de 25°C durante la fase experimental, observaron que la temperatura interna fue mayor en 6°C que la temperatura ambiental, lo que nos indica que en el proceso de biodigestión el metabolismo de

las bacterias y el crecimiento bacteriano aumenta la temperatura interna del reactor por la reacciones químicas que se dan por el proceso.

4.11.2. Prueba de normalidad

Para saber si la distribución es normal o no, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 44
Prueba de normalidad de la temperatura del agua

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_Temp	0.18	3	.	0.99	3	0.915
Post_Temp	0.22	3	.	0.98	3	0.780

Para el presente parámetro temperatura se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, el resultado experimental pre y post que se obtuvo del nivel de significancia es mayor a 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen una distribución normal y se aplica el test paramétrico T - Student para muestras relacionadas.

4.11.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro temperatura, se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T -Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en los valores del parámetro temperatura para el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en los valores del parámetro temperatura para el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 45
Valores estadísticos de muestras emparejadas de la temperatura del agua.

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_Temp	22.4	3	0.65	0.37
Post_Temp	22.5	3	100.66	0.58

Tabla 46
Prueba de muestras emparejadas de la temperatura del agua.

Diferencias emparejadas								
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Pre_Temp	-0.10	0.36	0.20	-0.99	0.79	-0.48	2	0.678
Post_Temp								

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T -Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido mayor a 0,05 ($0,05 < 0,678$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro temperatura °C en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

4.11.4. Promedio Pre –Test temperatura

$$\text{Promedio de } T^{\circ}\text{C Pre test} = \frac{21.8 + 22.5 + 23.1}{3}$$

$$\text{Promedio de } T^{\circ}\text{C Pre test} = 22.5^{\circ}\text{C}$$

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo un promedio de temperatura 22.5 °C en el pre tratamiento de las aguas residuales domésticas.

4.11.5. Promedio Post- Test temperatura

$$\text{Promedio de pH Post – test} = \frac{21.5 + 22.7 + 23.5}{3}$$

$$\text{Promedio de pH Post – test} = 22.6^{\circ}\text{C}$$

4.11.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo un promedio de temperatura 22.6 °C en el post tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Hay que tener en cuenta que las mediciones realizadas son de la temperatura del agua pero influenciada en el ambiente, debido a ello la variación es mínima frente a las muestras de pre muestreo. Lo que se explicara más adelante es la temperatura del biodigestor.

La figura 29 y la tabla 39, muestran la caracterización del parámetro temperatura °C obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de 21.8 °C y un Post de 21.5 °C, por lo tanto se observó una variación del parámetro temperatura de 0.3°C. Torres, Rojas, Bautista y Iturbe (2005) indican que el factor que más influye en la biodegradación de la materia orgánica es la Temperatura. El aumento de esta (en un rango determinado) puede mejorar el crecimiento microbiano y su actividad por lo tanto estimula a la tasa de biodegradación, así que a bajas temperaturas la degradación sería lenta. (Buitrón y Perez, 2011)

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. (Metcalf y Eddy, 1985)

En la sesión 2 el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de 22.5 °C y un Post de 22.7 °C, por lo tanto se observó un aumento del parámetro temperatura de 0.2 °C. (Pinho, et al, 2004) ; (Mockaitis et al, 2006) ; (Ndegwa et al, 2008) ; (Miqueleto et al, 2010). Argumentan que la temperatura es un parámetro importante en la operación o digestión bacteriana, la cual está relacionada con la velocidad de las reacciones involucradas en el proceso. Además este parámetro forma parte de las características microbianas como la supervivencia, crecimiento y competición de especie.

En la sesión 3 el mes de Enero del 2019 se obtuvo un pre de 23.1 y un Post de 23.5 por lo tanto se observó un aumento del parámetro temperatura de 0.4 °C. Estudios importantes han demostrado el efecto negativo que se puede tener en la actividad metabólica en los microorganismos anaeróbicos al disminuir la temperatura en el tratamiento del digestor (Mchugh et al. 2004) ; (Morgan y Allen 2003) ; (Morgan y Allen 2005) ; (Connaughton et al. 2006) ; (Nadarajah, Allen, Fulthorpe, 2007) ; (Enright et al. 2009) Por más que los

microorganismos anaerobios se puedan aclimatarse a diferentes condiciones de temperatura de operación, esto podría afectar la actividad de biomasa y el rendimiento del digestor. (Bergamo et al. 2009).

El sistema anaerobio trabaja de manera eficiente con temperatura ambientales mayores de 20°C (Wiegant, 2001); (Foresti, 2002); (van Haandel et al., 2006) y es más eficientes en regiones de clima tropical y subtropical. A temperaturas menores a 15°C decrece la eficiencia en la remoción de los contaminantes.

En los tratamientos anaerobios a temperaturas ambientales menores a 12°C la depuración se debe fundamentalmente a la sedimentación mientras a temperaturas mayores a 12°C se incrementa la biodegradación (Bogte et al., 1993).

La temperatura en el afluente del Sistema de tratamiento puede ser mayor debido a las energías liberadas en las reacciones bioquímicas, que se presencia en la en la degradación de la Materia Orgánica.

Metcalf y Eddy (1985) mencionan que para el desarrollo de la actividad bacteriana, la temperatura óptima se sitúa entre los 25 y los 35 °C. Cuando se alcanzan los 50 °C los procesos de digestión anaerobia y de nitrificación se detienen. Sin embargo a temperaturas de alrededor de 15 °C., las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 50 °C.

Por otro lado Van Haandel, y Lettinga (1994) menciona que la bacterias mesófilas son las que más intervienen en la actividad de la digestión anaeróbica y por ende son tolerantes a cambio de temperatura, sin embargo cuando son mayores a 42 °C, pueden sufrir da daños muy severos, inhibiendo su crecimiento o eliminándolas definitivamente.

4.12. Caracterización de turbidez NTU

4.12.1. Análisis de resultados

Se obtuvo los Resultados de las muestras analizadas del Pre y Post en el Parámetro turbidez NTU en las sesiones 1, 2,3 de los meses Noviembre y Diciembre del 2018, culminándose en el mes de Enero del 2019 respectivamente. A continuación le presentamos la figura 30 y la tabla 47.

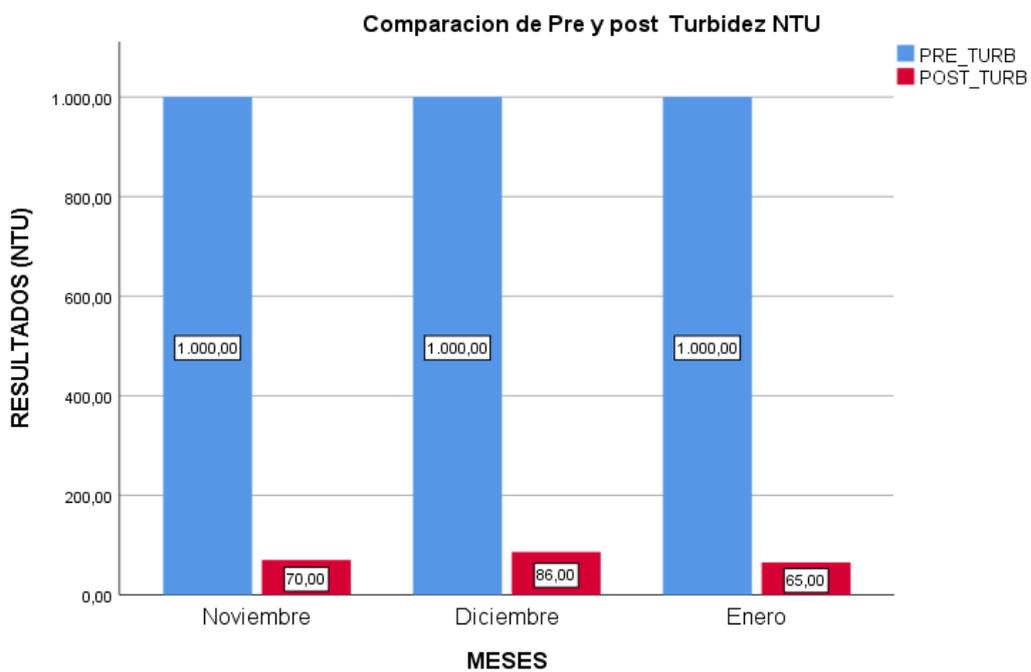


Figura 30. Resultados de pre y post muestreos en el parámetro de Turbidez.

Tabla 47

Valores estadísticos de turbidez del agua en el pre y post tratamiento.

		Descriptivos		
		Estadístico	Desv. Error	
Pre_Turb	Media	1000.00	0,00	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1000.00	
		Límite superior	100000	
	Media recortada al 5%	1000.00		
	Mediana	1000.00		
	Varianza	0.00		
	Desv. Desviación	0.00		
	Mínimo	1000.00		
	Máximo	1000.00		
	Rango	0.00		
	Rango intercuartil	0.00		
	Asimetría	.	.	
	Curtosis	.	.	
	Post_Turb	Media	73.66	6.33
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	46.41	
		Límite superior	100.91	
Media recortada al 5%		.		
Mediana		70.00		
Varianza		120.33		
Desv. Desviación		10.96		
Mínimo		65.00		
Máximo		86.00		
Rango		21.00		
Rango intercuartil		.		
Asimetría		1.33	1.23	
Curtosis		.	.	

4.12.2. Prueba de normalidad

El resultado de laboratorio en el Pre Test de turbidez fue mayores a mil y debido a que no tenemos un número exacto, No se aplicará prueba de normalidad en el Pre - test, Sin embargo se aplicara prueba de normalidad en el Pre post. Para saber si la distribución es normal o no en el post – Test de turbiedad, se debe realizar la prueba de normalidad a un nivel de confianza de 95%. Una vez que se obtuvo ese valor se podrán comparar medias, desviaciones estándar y poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas.

Se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

H0: El conjunto de datos tienen una distribución normal.

H1: El conjunto de datos no tienen una distribución normal.

Tabla 48
Prueba de normalidad de turbidez del agua.

parámetro	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadísti co	gl	Sig.	Estadísti co	gl	Sig.
Pre_Turb	.	3	.	.	3	.
Post_Turb	0.29	3	.	0.92	3	0.44

Para el presente parámetro turbidez se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor a 50, en el caso del resultado experimental pre tratamiento no se obtuvo ningún resultados ya que los valores no son exactos; es decir no hay nivel de significancia. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Sin embargo en el post tratamiento se obtuvo del nivel de significancia mayor a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. En consecuencia los datos tienen en el post tratamiento una distribución normal y se aplica el test paramétrico T - Student para muestras relacionadas.

4.12.3. Prueba de hipótesis

Para el presente parámetro turbidez se pretende comparar los valores de antes (pre-test) y después (post-test), por lo cual se utiliza un estudio longitudinal y se aplica la prueba paramétrica T -Student para muestras relacionadas, cuya hipótesis es:

H0: El biodigestor No influye significativamente en la remoción del parámetro turbidez en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima

H1: El biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro turbidez en el Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

Tabla 49

Valores estadísticos de muestras emparejadas de turbidez.

Estadísticas de muestras emparejadas				
Parametros	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Pre_Turb	1000.00	3	0.00	0.00
Post_Turb	73.66	3	10.97	6.33

Tabla 50

Pruebas de muestras emparejadas de turbidez.

Parámetro	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
				95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior	Superior			
Pre_Turb - Post_Turb	926.33333	10.96966	6.33333	899.08320	953.58347	146.263	2	0.000

El contraste de hipótesis efectuada con el estadístico T -Student para muestras relacionadas resulta en un nivel de significancia obtenido menor a 0,05 ($0.000 < 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; es decir, existe evidencia estadística para afirmar que el biodigestor influye significativamente en la remoción del parámetro turbidez en el post Tratamiento de Agua Residual Doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima.

4.12.4. Promedio Pre –Test Turbidez

No se aplica ninguna fórmula ya que los resultados del laboratorio no muestran mayores a 1000 UNT, por ende no se tiene un dato exacto para poder sacar un promedio de las tres sesiones muestreadas.

4.12.5. Promedio Post- Test Turbidez

$$\textit{Promedio Post – test} = \frac{70 + 86 + 65}{3}$$

$$\textit{Promedio Post – test} = 73.77 \textit{ UNT}$$

4.12.6. Discusiones

Según los análisis de laboratorio y pruebas estadísticas, se obtuvo un promedio de turbidez 73.77 UNT en el post tratamiento de las aguas residuales domésticas.

La figura 30 y la tabla 47, muestran la caracterización del parámetro turbidez NTU obtenidos en las tres sesiones monitoreadas.

En la sesión 1 el mes de Noviembre del 2018 se obtuvo un pre de 1000 NTU y un Post de 70 NTU, por lo tanto se observó una reducción del parámetro turbidez de 930 NTU. En la sesión 2 el mes de Diciembre del 2018 se obtuvo un pre de 1000 NTU y un Post de 86 NTU por lo tanto se observó una reducción del parámetro turbidez de 914 NTU. En la sesión 3 el mes

de Enero del 2019 se obtuvo un pre de 1000 NTU y un Post de 65 NTU por lo tanto se observó una reducción del parámetro turbidez de 935 NTU.

La turbidez es una medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, este es un parámetro que se emplea para indicar la calidad del agua residual y está relacionada con la materia suspendida (APHA, AWWA). Además, menciona que la remoción de la turbidez es por la acción de las bacterias ya que estas degradan la materia orgánica suspendida y la materia coloidal se sedimenta por la acción de la gravedad.

Por otro lado la remoción de la turbidez en el biodigestor está relacionado a los sólidos suspendidos, en donde por la acción de la gravedad se sedimentan, además esta remoción está asociada a los microorganismos patógenos en donde estos puedan quedar atrapados en los lodos. (Rehceigl y Jack, 1995).

4.13. Eficiencia del biodigestor

Para poder evaluar la eficiencia de remoción de los parámetro fisicoquímicos y microbiológicos de aguas Residuales Domesticas mediante un Biodigestor como tratamiento primario a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima, se aplicó la siguiente formula:

$$Efici = \frac{Efi. Ay G + Efi. Coli. Tot + Efi. Coli. Term + Efi. DBO + Efi. DQO + Efi. SST}{6}$$

$$Eficiencia Biodigestor = \frac{82.5 \% + 98.3 \% + 97.3 \% + 84.9 \% + 82 \% + 89.5 \%}{6}$$

$$Eficiencia Biodigestor = \frac{534.5}{6}$$

$$Eficiencia Biodigestor = 89.08 \%$$

Según Chen y Lo (2003). Dado el alto contenido de MO biodegradable presente en el agua residual como se obtuvo en nuestra tesis de investigación, los procesos anaeróbicos suelen ser técnica y económicamente más viables para el tratamiento de estos efluentes (Lettinga et al., 1987).

Sin embargo, López, Barrera., y Vallejo (2008). Hace referencia a las ventajas y desventajas técnicas de los sistemas de tratamientos biológicos y químicos donde básicamente reside en el análisis económico para decidir en el escalamiento de uno de estos procesos. En este sentido, el proceso fisicoquímico involucra mayores gastos por reactivos, coagulante, polímero y ácido para ajuste del pH, de lo cual el proceso biológico queda exento.

Por otro lado para la degradación biológica los grupos tróficos microbianos que se encuentran en los lodos, estructuran redes con organismos fermentativos y organismos metanogénicos que degradan completamente los residuos lo que contribuye a una operación estable y eficiente del reactor. (Oz y Ince, 2012), en condiciones ambientales donde la biomasa se puede climatizar, adaptar e inmovilizar facilitando la formación de micro-nichos que al tener contacto suficiente con el agua residual. (Lettinga, 1995).

Lefebvre, O. et al (2006) menciona que la digestión anaerobia es un proceso eficiente para la remoción de materia orgánica, pero tiene poco efecto sobre la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo), para los patógenos es apenas parcial.

Sin embargo (Ganesh et al (2006) señala que dependerá de la disposición final del efluente y de la legislación local y nacional sobre la calidad mínima de vertimientos, la necesidad de un pos tratamiento para remover la concentración residual de la materia orgánica y de sólidos suspendidos, y la concentración de nutrientes y patógenos. En consecuencia de ello (Van Haandel et al., 1994) sugiere utilizar recursos tecnológicos que incluyan procesos biológicos como Lodos Activados, Filtros Percoladores, Lagunas de Oxidación, Humedales y Plantas Acuáticas; también pueden ser utilizados procesos físicos, químicos o fisicoquímicos como Filtración en Arena, Desinfección y Floculación Coagulación.

Además si bien es cierto los valores de remoción de sistema no cumplen con la normativa vigente peruana (LMP, ECA), por ser un tratamiento primario, por lo tanto se necesita implementar un tratamiento secundario y como sugerencia se puede utilizar la laguna de oxidación, Humedales, ya que es un sistema muy eficiente y amigable con el medio ambiente, Sin embargo debido a que el terreno es pequeño, una alternativa de solución sería los pozo de absorción y zanjas de infiltración donde además son efectivos para este tipo de tratamientos, donde sí se pueda cumplir con la normativa ambiental peruana.

Por último, la eficiencia del biodigestor es de 89% Coincide con el autor (Lizama et al., 2014) en donde menciona que el biodigestor en general tiene una eficiencia de más de 50% para remover la materia orgánica presente en el agua para el tratamiento primario de agua residual doméstica.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se implementó un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima, pertenecientes a una zona periurbana, en donde la vivienda no contaba con ningún sistema de alcantarillado. Dicho biodigestor fue instalado en las afueras de la casa, la implementación tuvo fases como: el diagnóstico, limpieza y adecuación del terreno, excavación de zanja aprox. 2 metros de profundidad y 1.50 metros de ancho, levantamiento topográfico, levantamiento de tubería hasta una pendiente de 10% recomendable para la instalación del biodigestor, prueba hidráulica y la fijación de las tuberías de entrada, salida de agua y de lodo utilizando el Niple y pegamento de PVC, finalmente se construyó la caja de lodos con una medición de 0.60 metros de largo, 0.60 metros de ancho y 0.30 metros de altura, utilizando ladrillos y cemento para su respectivo uso. Todo esta implementación tuvo un periodo de ejecución de 50 días para luego iniciar su funcionamiento por 90 días aproximadamente haciendo un total de 3 meses.

Se caracterizó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica mediante pruebas de pre y post análisis a un nivel de confianza al 95 %, considerando que los niveles promedio de las tres sesiones monitoreadas fueron de concentración altos, por la cantidad excesiva de materia orgánica utilizada en la vivienda, se obtuvo en el pre y post análisis de DBO (2632.67 y 393 mg/l); DQO (3799.33 y 680 mg/l); Aceites y grasas (108.03 y 21.03 mg/l); Sólidos suspendidos (1788.67 y 186.7 mg/l), coliformes totales ($9.4 \cdot 10^7$ y $1.5 \cdot 10^6$ NMP/100 ml) y por ultimo coliformes termotolerantes ($2.6 \cdot 10^7$ y $6.9 \cdot 10^5$ NMP/100 ml).

Asimismo se analizó la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empezando del DBO (84.9%), DQO (82%), Aceites y grasas (82.5%) Sólidos suspendidos (89.5%), Coliformes totales (98,3%) y Termotolerantes (97.3%). Obteniéndose un total de 89 % en todo es sistema de tratamiento, en donde nos indica que el Biodigestor es una buena alternativa para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como tratamiento primario.

En conclusión la eficiencia del biodigestor es de 89% Coincide con el autor (Lizama et al., 2014) en donde menciona que el biodigestor en general tiene una eficiencia de más de 50% para remover la materia orgánica presente en el agua para el tratamiento primario de agua residual doméstica, siendo este eficaz y viable con el medio ambiente, reduciendo la carga de contaminación tanto fisicoquímicos como microbiológicos para un segundo tratamiento y así poder minimizar los impacto ambientales (agua, aire y suelo), para la protección de flora y fauna y por ende se obtendrá la buena salud colectiva de la población, reduciéndose enfermedades intestinales, entre otros las cuales relacionados con la alteración del propiedades del agua.

Recomendaciones

- ❖ Para mayor eficiencia se recomienda que la instalación de los biodigestores sea en lugares tropicales donde la temperatura sea mayor a 20 ° C, ya que las bacterias anaerobias trabajan mejor a esta temperatura.
- ❖ También se recomienda implementar un tratamiento secundario del efluente del biodigestor por las siguientes razones: no cumple con los límites máximos permisibles para utilizar en el regadío de los distintos cultivos y tampoco cumple con la Estándar de Calidad Ambiental para vertimiento a cuerpos de agua.

- ❖ Además, para obtener mayor confiabilidad de la eficiencia del biodigestor como tratamiento, se requiere realizar mayor número de muestras para luego aplicar la estadística elegida.

- ❖ Para utilizar el lodo como abono, es necesario realizar un tratamiento adecuado y este deber estudiado a fondo.

6. REFERENCIAS

- Almeida, J. (2013). Tesis “Diseño De Un Biodigestor Para El Tratamiento De Aguas Residuales Y Producción De Biogás Para Su Aprovechamiento En El Nuevo Campus De La Espe Extensión Latacunga.”. Escuela de Ingeniería electromecánica. Latacunga, Ecuador.
- APHA, AWWWA (s.f). Metodo normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Diaz de santo.
- Ahring, B., (2003). Perspectives for anaerobic digestion, en Ahring B.K., (Ed.) Biomethanation I. Advances in biochemical engineering/ biotechnology. Springer, Berlin, pp. 1-30
- ANA. (2016). Normativa nacional, protocolos de muestreos. Obtenido de: <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-145-2016-ana-0>
- ANA. (2016). Obtenido de Repositorio del ANA: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>
- Asamblea Mundial de la Salud. (1973). Programa de la OMS de Salud Humana y Medio Ambiente.
- Astegiano, E., Favaro, J., y Bouzo, C. (2001). Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill .) utilizando medidas foliares lineales. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol., 16(2).
- Asuman, E. (2005). Manual Of Practice On Constructed Wetlands For Wastewater Treatment And Reuse In Mediterranean Countries. Added Value Knowledge Report Avkr 5.
- Babbitt, E. (1961). Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras.
- Batet, M. (2007) . Diseño y construcción de dos digestores anaeróbicos en el altiplano andino peruano. Master thesis (pre-Bologna period). Peru.
- Bergamo, C., Monaco, R., Ratusznei, S., Rodrigues, J., Foresti, E., y Zaiat, M. (2009). Effect of temperature at different organic loading levels on the performance of a fluidized –

- bed anaerobic sequencing batch bioreactor. *Chemical Engineering and Processing*, 48 (3), 789- 796
- Bernal, L., Solís, C., Linares, I., Barrera, C., y Colín, A. (2011). Tratamiento de agua residual municipal por un sistema fisicoquímico y oxidación química en flujo continuo. *Wastewater Treatment By Physicochemical and Chemical. Avances En Ciencias E Ingeniería*, 2(2), 69–81.
- Borja, R y Banks, C. (1995). Response of anaerobic fluidized bed reactor treating ice cream wastewater to organic, Hydraulic, Temperature and Ph shocks. *Journal Biotechnology* 39 (39), 251 –259.
- Brack, A., Aranda, C., Bernales, M., Bustamante, R., Campos, L., Capurro, F., y Gomero, L. (2008). Diagnóstico ambiental del Perú. Lima.
- Buitrón, G., y Pérez, J. (2011). Producción de electricidad en celdas de Combustible Microbianas utilizando agua residual: efecto Distancia entre electrodos. *tip.revista especializada en ciencias químico biológicas*, vol.14, no1,pg 5.
- Cazier, E., Trably, E., Steyer, J., y Escudie, R. (2015). Biomass hydrolysis inhibition at high hydrogen partial pressure in solid-state anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 190, 106–113.
- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA). (2013). *Lagunas facultativas. Lagunas Facultativas. Investigación y desarrollo tecnológico del agua.*
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CIPISCA) (2016). *Tratamientos de Aguas Residuales, Grises y Negras. Manual Técnico para la Construcción de Tanque Imhoff.*
- Chen CK., y Lo, S. (2003). Treatment of slaughter house wastewater using an activated sludge/contact aeration process. *Water Sci. Technol.* 47: 285-292

- Chen, Z., Wang, Y., Li, K., Zhou, H. (2014). Effects of increasing organic loading rate on performance and microbial community shift of an up-flow anaerobic sludge blanket reactor treating diluted pharmaceutical wastewater. *J. Biosci. Bioeng*; pag. 118, 284-288.
- Chernicharo, A., y Stuetz, M. (2008). Improving the design and operation of UASB reactors for treating domestic wastewater: Management of gaseous emissions. IX Taller y Simposio Latinoamericano de Digestión Anaerobia, Isla de Pascua, Chile.
- Collazos, J. A. (2012). Finanzas públicas de Cali : evolución, caracterización y diagnóstico ambiental pag, 28, 68–80.
- Connaughton, S., Collins, G., O’Flaherty, V. (2006). Deploiment of microbial community structure and activity in a high – rate anaerobic bioreactor at 18°C. *Water Reasearch* 40, 1009- 1017
- Constitución Política del Perú 1993. (2016). Proyecto de Ley que incorpora en el artículo 2 de la constitución Política del Perú. Obtenido de http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Proyectos_de_Ley_y_de_Resoluciones_Legislativas/PL0027220160919..Pdf
- Corrales, L., Antolinez, D., Bohórquez, J., y Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *Nova*, 13 (23), 55–81.
- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Colombia: McGraw-Hill Interamericana. 776 pg.
- Demirer, G. N., y Chen, S. (2005). Two-phase anaerobic digestion of unscreened dairy manure. *Process Biochemistry*, 40(11), 3542–3549. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.03.062>

- Dheaya, M., Alrousan, P., Dunlop, S., McMurray, T., y Byrne, J. (2009). Photocatalytic inactivation of E. coli in surface water using immobilized nanoparticle TiO₂ films. *Water Research*; 43, 47–54.
- Díaz, M., Espitia, S., y Molina, F. (2002) *Digestión Anaerobia una Aproximación a la Tecnología*. Unibiblios. Bogotá, Colombia. Editorial Geneva. World Health Organization. Suiza.
- Dimares, M. A. (1987). ¿Cómo elegir mi planta de tratamiento? Retrieved from <http://tamapanama.com/antecedentes-la-problematica-las-aguas-residuales-surgimiento-las-plantas-tratamiento/>.
- Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR). (2015). *Medición de caudal de agua*.
- Droste, R. (1997). *Anaerobic Water Treatment. Theoru and Practice of Water and Wastewater*
- Eduardo, F., y López, D. (2008). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio Sewage treatment by activated sludge at laboratory scale, (2), 21–28.
- Enright, A., McGrath, V., Collins, G., y O’Flaherty, V. (2009). Effect of seed sludge and operation conditions of performance and archael community structure of low temperature anaerobic solvent - degrading bioreactors. *Systematic and Applied microbiology* 32 (1), 65- 79
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., y Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, 4(1), 85–104. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00064-4)
- Escalante, R. (2003). *Tanque Septico, conceptos Teorico base y aplicaciones*. CIVCO- ITCR.
- Evaluación Ambiental Estratégica EEA. (2005). *Cámara técnica de saneamiento*. Empresa de ingeniería ambiental.
- Ferrero, J. (1974). *Depuracion Biologica del Agua*. Mexico: Alambra.

- Florentino, H., Biscaro, A., Y Passos, J. (2010). Funções sigmoidais aplicadas da determinação da atividade metanogênica específica - AME. *Revista Brasileira de Biometria*, 28(1), 141–150.
- Flores, R. (2010). Medio ambiente y educación ambiental: Internacio -Nal de Investigación En Educación, 2(4), 401–414.
- Fondo Nacional del Ambiente (FNA). (2010). Oportunidad De mejoras Ambientales Por El Tratamiento de Aguas Residuales En el Peru. Lima - Peru.
- Ganesh R., Balaji G., y Ramanujam R. (2006). Biodegradation of tannery wastewater using sequencing batch reactor – Respirometric assessment. In: *Bioresource Technology*. Vol 97. Nº 15, pp.1815-1821.
- Gonzales, F. (2011). La reutilización de aguas residuales. *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina*, (3), 497–521.
- González, M., y Saldarriaga, J. (2008). Remoción biológica de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en un sistema tipo anaerobio. En: *Revista EIA*. Vol. 10, pp. 45-53.
- Gotaas, H. (1956). *Composting: Sanitary disposal and reclamation of organic wastes*. Editorial Geneva. World Health Organization. Suiza.
- Guevara, A. (1996). Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales. Producción de gas y saneamiento de efluentes. Documento OPS/CEPIS/96. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – Organización. Lima, Perú.
- Hakan, J., Bjorn, A., y Salomon, E. (2004). Lineamientos Para el uso de la orina y heces en la producción de Cultivos. Programa EcoSanRes Instituto Ambiental de Estocolmo Lilla Nygatan 1 Box 2142 SE-103 14 Estocolmo. Suecia. Publicaciones EcoSanRes.
- Hanusz, Z., Tarasinska, J., y Zielinski, W. (2016). Shapiro–Wilk test with known mean. *Revstat Statistical Journal*, 14(1), 89–100.

- Hernández, J., y Hidalgo, G. (2000). Evaluación de tres metodologías para reducir los niveles de Contaminantes en efluentes de tratamiento primario de las aguas residuales del procesamiento de café en Costa Rica. Trabajo de Graduación. Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica.
- Hernández, R., Fernandez, C., y Baptizta, P. (2006). Metodología de la investigación. Metodología de la investigación.
- Hossain, M., y Islam, M. (2008). "An Alternative Fuel for Motor Vehicles". Energy Sources. Volumen 30, 942-953. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects.
<http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Agua>
- INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- INEI (2018). Instituto Nacional de estadística e informática: Resultados de censo, saneamiento y consumo de agua. Obtenido de: <http://www.who.int/es>
- INEI. (2015). Instituto Nacional de estadística e informática: Nota de Prensa. Trabajando para los censos Nacionales 2017.
- INEI. (2017). Instituto Nacional de estadística e informática:
<https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/poblacion-del-peru-totalizo-31-millones-237-mil-385-personas-al-2017-10817/>
- Instituto de estadística de la UNESCO, I. (2011). Clasificación Internacional Normalizada de la Educación CINE 2011 UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (Vol. 1). <https://doi.org/10.15220/978-92-9189-129-0-spa>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2014). INEI - Agrario. Compendio Estadístico 2014, 83. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

- Jiménez, C. (2005). “La Contaminación Ambiental en México: Causas, Efectos y Tecnología Apropiaada”. México: LIMUSA.
- Jiménez, E. (2011). La Contaminación Ambiental en México: causas, efecto y tecnologías apropiadas. A. I. de ingeniería d la U. Y. F. Limusa, colegio de Ingenieros Ambientales de México, Ed 2. México.
- Karahan O., Dogruel S., Dulekgurgen E., y Orhon D. (2008). COD fractionation of tannery wastewaters Particle size distribution, biodegradability and modeling. In: Water Research 42, 1083-1092.
- Kiss, G., y Aguilar, G. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. Gaceta Ecológica, 79, 39–51. Retrieved from <http://estudiosterritoriales.org/resumen.oa?id=53907903>
- Kunst, S., Koenemann, W., y Mudrack, K. (1985). Untersuchungen Uber Die Anaerobe Abbaubarkeit Von Fett- Und Eiweisshaltigen Abwassern In Festbettreaktoren. GWF, Wasser - Abwasser.
- Larios, F., Gonzales, C., Morales Yennyfer. (2015). Las aguas Residuales y sus consecuencias en el Perú. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Lazcano, C. (2014). Biotecnologías ambientales de aguas y aguas residuales. (F. Editorial U. N. M. de S. Marcos, Ed.). Lima-Perú.
- Lefebvre O., Vasudevan N., Torrijos M., Thanasekaran K., and Moletta R. (2005). Halophilic biological treatment of tannery soak liquor in a sequencing batch reactor. In: Water Research. Vol 39, pp. 1471-1480.

- Lefebvre O., Vasudevan N., Torrijos M., Thanasekaran K., y Moletta R. (2006). Anaerobic digestion of tannery soak liquor with an aerobic post-treatment. In: *Water Research*. Vol 40, pp. 1492-1500.
- Leitao, R., Van Haandel, A., Zieman, G., y Lettinga, G. (2006). The effects of operational and environmental variations on anaerobics wastewater treatment systems: A review. *Bioresource Technology* 97: 1105 – 1118.
- Lettinga G, De Zeeuw, W., Wiegant, W., y Holshoff, P. (1987) High-rate anaerobic granular sludge UASB-reactor for wastewater treatment. *Bioenv. Syst.* 1: 132-159.
- Lettinga, G. (1995). Anaerobic digestion and wastewater treatment system. *Antonie van Leeuwenhoek*, pg. 67, 3-28.
- Lettinga, G., Hulshoff P., Koster, I., Wiegant, W., Zeeuw, W., Rinzema, A., y Hobma, S. (1984). High-rate anaerobic waste-water treatment using the UASB reactor under a wide range of temperature conditions. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 2(1), 253. <https://doi.org/10.1080/02648725.1984.10647801>
- Ley General del Ambiente. (2005). Ministerio del ambiente. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Libhaber, M., y Orozco, A. (2012). Sustainable treatment and reuse of municipal wastewater, for decision makers and practicing engineers. London: IWA Publishing.
- Licenciado, L., Andes, L., y Hechicera, L. (2013). Coproctor: un diseño para la industrialización de biodigestores rurales.
- Limón, M. (2013). Tratamiento De Aguas Residuales, ¿Problema O Recurso? Pag 45.
- Lizama, W., Vázquez, G., Uicab, J., Maldonado, A., Casso1, R., y Ricalde1, R. (2014). Eficiencia De Remocion De Materia Orgánica De Aguas Residuales Porcinas Con Biodigestores En El Estado De Yucatán, Mexico. *Investigacion*, 17, n, 321–323.

- López, A., Barrera, F., y Vallejo, R. (2008). Estudio comparativo entre un proceso fisicoquímico y uno biológico para tratar agua residual de rastro. In: Interciencia. Vol. 33 (7), pp. 490-496
- López, E. (1985). Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Obtenido de aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Pag web:
- Decara, L; Funes, C; Sandoval, G; Issaly, C; Freire, V. (2003). El Uso de Biodigestores en Sistemas Caprinos de la Provincia de cordova. Departamento de Economía Agraria Oficina - Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba).
- Lorenzo, E., Llanes, O., Fernández, L, y Bataller, M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 40(1), 35–44.
- Lozano, N. (2012). Diseño De Biodigestores Para Las Familias Caprinocultoras De La Cuenca Baja Del Río Chillón. Iii Diplomado En Saneamiento Sostenible.
- Pinto, L., y Quipusco, L. (2015). Aprovechamiento De Aguas Residuales Domésticas Para Producción De Biogás Y Biol Mediante Digestores De Carga Diaria. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. DOI <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v76i1.768>
- Luostarinen, S. (2005). Anaerobic on site wastewater treatment at low temperature. University of Jyvaskyla, [<http://dissertations.jyu.fi/studbiol/951392274X.pdf>]
- Machado, C (2010). Contactores Biológicos rotativos. Pag web: obtenido de <https://es.scribd.com/doc/52224060/Contactores-Biologicos-Rotativos-CBR>
- Mamani, N (2015). Tesis pre grado "Evaluación de biodigestor de polietileno Rotoplast en el tratamiento de aguas residuales domésticas y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba-Espinar". Puno – Perú

- Mancha, R. (2015). Tesis “Evaluación De La Eficiencia Del Funcionamiento Del Biodigestor Autolimpiable En El Centro Poblado De Sanquira – Yunguyo”. Puno – Perú.
- Manga, C. (2007). "Tratamiento de Aguas Residuales Mediante sistemas de Lenguaje". Santa Fe Bogota- Colombia: Mc GRAW-HILL.
- Mara, D. y Cairncross, S. (1990). Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Ginebra: Organización Mundial de la Salud OMS. 220 pg.
- Marchaim, R. (1992). Biogas process for sustainable development, FAO, Roma,
- Mariñelarena, A. (2006). Manual de construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias. Editorial Mariñelarena Freplata. Sistema de Tratamiento.
- Martí, J. (2008). Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energía (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Massé, D., y Massé, L. (2000). Characterization of Wastewater from Hog Slaughterhouse in Eastern Canada and Evaluation of their In-Plant Wastewater Treatment System., Can. Agr. Eng., 42, 139-146.
- Mchugh, S., Carton, M., Collins, G., O’Flaherty, V. (2004). Reactor Performance and microbial Community dynamics during anaerobic biological treatment of wastewater at 16 - 37°C . FEMS Microbiol. Ecol. 48,369- 378.
- Metcalf y Eddy. (2003). Wastewater engineering. Treatment and reuse [Libro electrónico] Ed. Mc Graw Hill; Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/204024124/Wastewater-Engineering-Treatment-and-Reuse-Metcalf-and-Eddy>
- Mejía, Y. (2016). Tesis de la Eficiencia de tratamiento de agua residuales mediante un biodigestor anaerobio pre fabricado. Lima: Universal.
- Metcalf, y Eddy. (2014). Wastewater Engineering: Treatment Disposal, Reuse. McGraw-Hill.

- Melgarejo, F., y Muñoz, O. (2010). “Propuesta De Un Modelo Socio Económico De Decisión De Uso De Aguas Residuales Tratadas En Sustitución De Agua Limpia Para Areas Verdes.
- Mendonça, R. (2000). Sistemas de lagunas de estabilización: Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. Bogotá: McGraw-Hill,. 370 p.
- Merino, L. (2003). Los Métodos Naturales De Depuración De Aguas Residuales Urbanas. La Depuración De Aguas Residuales Urbanas De Pequeñas Poblaciones Mediante Infiltración Directa En El Terreno Fundamentos Y Casos Prácticos, 13–27.
- Metcalf, y Eddy. (1985). Ingeniería sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Editorial Labor. Barcelona.
- Metcalf, y Eddy. (1998). Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Madrid: S.A. McGraw-Hill.
- Miller, T. (2002). Ciencia Ambiental, Preservemos la Tierra. México: Quinta Edición: Ciencias e
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (2010). Protocolo de Monitoreo de la calidad de los recursos Hídricos, Autoridad Nacional del Agua - DGCRH. Lima – Perú
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [VIVIENDA]. (2013). Aprobación del protocolo de monitoreo de calidad de efluentes en las plantas de aguas residuales domésticas. Obtenido de: <http://sial.segat.gob.pe/normas/resolucion-que-aprueba-protocolo-monitoreo-calidad-efluentes-las-plantas>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [VIVIENDA]. (2019). Normas legales, decretos supremos N 010-2019-vivienda (VMA). Lima – Perú. Obtenido <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-valores-maximos-decreto-supremo-n-010-2019-vivienda-1748339-3/>

- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [VIVIENDA]. (2017). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/agua_y_saneamiento.html
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). Manual para Municipios Ecoeficientes. Lima. ENOTRIAS.A.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2010). Decretos supremo 003-2010-minam. Lima – Perú. Pag web. Obtenido de: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). Política Nacional de Educación Ambiental. Lima – Perú
- Miqueleto G., Ratusznei, S., Rodrigues, J., Foresti, E., y Zaiat, M. (2010). Influence of carbon sources and C/N ration on EPS production in anaerobic sequence biofilm reactor for wastewater treatment. *Bioresource Technolgy* 101,324- 1330
- Mockaitis G., Ratusznei,S., Rodrigues, J., Foresti, E., y Zaiat, M. (2006). Anaerobic whey treatment by a stirred sequencing batch reactor (ASBR): effects of organic loading and supplement alkalinity. *Journal of environmental Management* 79, 198-206
- Moraes, B., Zaiat, M., y Bonomi, A. (2015). Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil. *Challenges and perspectives*, 44, 888–903.
- Morgan,S; y Allen, D (2003). Effects of temeprature transient conditions on anaerobic biological treatment of wastewater. *Water Research* 37, 3590- 3601
- Moscoso C. (2011). Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana. Lima. www.lima-water.de.
- Nadarajah, N., y Allen, D., Fulthorpe (2007). Effects of transient temperature conditions on the divergence of activated sludge bacterial community structure and function. *Water Reasearch* 41, 2563- 2571

- Naydú Rojas, H. (2010). Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. Bogota.
- Ndegwa, P., Hanilton, D., Lalman, J., y Cumba, H. (2005). Optimization of anaerobic sequencing batch reactors treating dilute swine slurries. Transactions of the ASAE 48, 1575- 1538
- Norma OS.090 (2006). Planta de tratamiento de aguas residuales, 65. https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf
- Noyola, A., Morgan, J., y Guereca, L. (2013). Selección De Tecnologías Para El Tratamiento De Aguas Residuales Municipales. Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015 (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ocola, J. (2005). Protección del agua - Vigilancia y control de vertimientos.
- Orozco, B., Pérez, S., Gonzáles, D., Rodríguez, V., y Alfayate, B. (2004). Contaminación ambiental. Una visión desde la química
- García, O., Pedroza, A., Chávez, J., y Trejo, R (2015). Evaluación de fuentes de materia orgánica fecal como inóculo en la producción de metano. Universidad Autónoma Chapingo, México. tecnol. cienc. Agua vol.6 no.2. ISSN 2007-2422.
- OPS/CEPIS. (2005). Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanque Imhoff Y Lagunas De Estabilización. Lima – Peru
- OPS/CEPIS. (2005). Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada. Tratamiento de Agua Para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida. Manual III: Evaluación de Plantas de Tecnología Apropiada, 35–91.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Enfermedades en el agua por contaminación ambiental. Obtenido de: <http://www.who.int/es>

- Osorio, J., Ciro, H., y Gonzales, H. (2007). Evaluación De Un Sistema de Biodigestión en Serie para Clima Frío. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín.Vol.60,No.2.p.4145-4162.2007
- Oz, N., y Ince, O. (2012). Effect of seed sludge microbial community and activity on the performance of anaerobic reactors during the start-up period. World J Microbiol Biotechnol, DOI 10.1007/s11274-011-0857-5.
- Palese ,A., Pasquale, V., Celano, G., Figliuolo, G., Masi, S., y Xiloyannis, C.(2009). Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: Effects on microbiological quality of soil and fruits. Agriculture, Ecosystems and Environment; 129, 43–45
- Pascual, A. (2010). Desarrollo, Salud Humana y Amenazas Ambientales. La Plata: Universidad de argentina. Córdoba.
- Pathiyamattom, J. (2012). Tesis “Evaluación De Los Parámetros De Un Biodigestor Anaerobio Tipo Continuo”. Facultad en ingeniería mecánica. Universidad Veracruzana. Mexico
- Pavlostathis, S., y Giraldo, E. (1991). Kinetics of anaerobic treatment. In Water Science and Technology (Vol. 24, pp. 35–59).
- Pinho,S., Ratusznei,S., Rodriguez, J., Foresti, E., y Zaiat, M. (2004). Influence of the agitation rate on the treatment of partially soluble wastewater in anaerobic sequencing batch biofilm reactor. Water Research 38,4117- 4124
- Pinto, L., y Lawrence, Q. (2014). Aprovechamiento de aguas residuales domésticas para producción de biogás y biol mediante digestores de carga diaria.
- Pire. M., Rodriguez. K., Fuenmayor, M., Fuenmayor, Y, y Hacedo.H, (2011): Biodegradabilidad De Las Diferentes Fracciones De Agua Residual Producidas En Una Tenería, Ciencia E Ingeniería Neogranadina, Vol. 21-2, Pp Bogotá, Issn 0124-8170.

- Poggio, D., y Prado, M. (2009). Biodigestores De Bajo Coste Para Climas Andinos. *Cadernos de Agroecología*.
- Red Iberoamericana De Potabilización Y Depuración Del Agua (2001). Agua Potable para comunidades rurales, reusó y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf>
- Reyes Mendez, J. J. (1973). Evolución y desarrollo de los sistemas celulares. Médica Panamericana.
- Reyes, O., Sánchez, E., Cruz, M., Romero, A., y Pellón, A. (1998). Reduccion De Microorganismos Indicadores De Contaminacion En El Tratamiento De Aguas Residuales De Una Instalacion Turistica. División de Estudios sobre Contaminación Ambiental, Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Facultad de Biología, Universidad de la Habana. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Val. 29, No. 1
- Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema. Recuperado de: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>.
- Rechcigl., y Jack E. 1995. Soil amendments and environmental quality. Lewis publishers. Agriculture and environmental series. U.S.A. pp 187 y 201.
- Rodríguez, S., Pérez, R., y Fernández, M. (2000). Estudio de la biodegradabilidad anaerobia de las aguas residuales del beneficio húmedo del café. *Interciencia*, 25(8), 386-390.
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Curso Internacional “Gestion Integral De Tratamiento De Aguas Residuales”(2002: Brasil). Curso Internacional. Brasil: Cepis, 19, 19.

- Romero, J. (2008). Tratamiento de aguas residuales teorías y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería
- Romero, M. (2008). Tratamientos Utilizados En La Potabilización De Agua. Boletín Electrónico Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, (8), 1–12.
- Romero, M., Colín, A., Sánchez, E., y Ortiz, M. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(3), 157–167.
- Ronzano, E., y Dapena, J. (1995). Tratamiento biológico de las aguas residuales. Ediciones Díaz de Santos, 1995, 511.
- Rotoplas. (2016). Manual de instalación del biodigestor rotoplas. Rotoplas. Lima – Perú
- Ruiz, G. (2014). Utilización de Biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, en la población del Buijo histórico, Samborondón. Guayaquil- Ecuador. Obtenido de Repositorio universidad de Guayaquil.
- Sánchez, E., Borja, R., Weiland, P., Travieso, L., y Martín, A. (2001). Effects of substrate concentration and temperature on the anaerobic digestion of piggery waste in a tropical climate. *Process Biochemistry* 37: pag 483 – 498.
- Sanchez, M. (2016). Evaluación Integral de un Biodigestor de aguas residuales domésticas. México.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R., y Luis, Z. (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México (Primera). México: Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat)
- Sanz, J. (2011). Microbiología ambiental. Taller práctico. México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana. Citado el 25 de mayo de 2013. Recuperado de <http://www.cbm.uam.es/imagweb/Memoria.../04bvirologiaymicrobiologia.pdf>

- Sato, N., Okubo T., Onodera T., Ohashi A. y Harada H. (2006). Prospects for a self-sustainable sewage treatment system: A case study on full-scale UASB system in India's Yamuna River Basin. *Journal of Environmental Management* 80, 198–207.
- Scanlan, Ch. M. (1991). *Introducción a la Bacteriología Veterinaria*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Schellinkhout, A., Lettinga, H., Van Velsen, L. y Louwe, J. (1985). The application of UASB reactor for the direct treatment of domestic wastewater under tropical conditions. *Proceedings of the Seminar/Workshop on Anaerobic Treatment of Sewage*. Switzenbaum MS (Amherst, USA), pp. 259-276.
- Schink, B. (1997). Energetics of Syntrophic Cooperation in Methanogenic Degradation. *Microbiology and molecular biology review*. 61. No.2 262-280
- Sedapal y Programa De Agua y Saneamiento Del Banco Mundial (PAS) (2006). Agua para la zona Periurbanas de lima y metropolitana. Lima <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/432261468058765998/pdf/356710PE0revv0agua1lima01PUBLIC1.pdf>
- Senamhi (2019). Monitoreo de temperatura en la subestación Ñaña. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?dp=lima&p=monitoreo-de-temperatura>.
- Shapiro, S., y Wilk, M. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591. <https://doi.org/10.2307/2333709>.
- Silván, S., Ocaña, L., Margulis, G., Barajas, J., y Cerino, J., (2016). Evaluación De Humedales Artificiales De Flujo Libre Y Subsuperficial En La Remoción de Contaminantes De Aguas Residuales Utilizando Diferentes Especies De Vegetación Macrófita. *Interciencia*, 41(1), 40–47.

- Sistema de información Ambiental (SINIA). (2016). Normativa nacional, límites máximos permisibles de agua. Obtenido de: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- Sistema de información Ambiental (SINIA). (2017). Estándar de calidad de agua y disposición final Obtenido de SINIA: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>.
- Smith, S., Lang, N., Cheung, K., y Spanoudaki, K. (2005) .Factors controlling pathogen destruction during anaerobic digestion of biowastes; En: Waste Management, Vol. 25, pp. 417-425.
- Snoeyink, L., Jenkins, D., y Water, J. (2008). Caracterización De Aguas Residuales Por Dbo Y Dqo. Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 1–7.
- Soto, N. (2016). Obtención De Biogás a Partir De Residuos Agrícolas Y De Producción De Biodiesel, 146.
- Sperling, M. (1996). Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment in developing countries. Wat. Sci. Tech., 33 (3), 59-62.
- Sperling, M. (2008). Wastewater characteristics, treatment and disposal. Choice Reviews Online (Vol. 45). <https://doi.org/10.5860/CHOICE.45-2633>.
- Superintendencia Nacional de saneamiento (SUNASS) (2014). Benchmarking Regulatorio de las EPS (Datos 2014). https://www.sunass.gob.pe/benchmark/benchmarking_datos_2014f.pdf
- Superintendencia Nacional de saneamiento (SUNASS) (2016). Benchmarking Regulatorio De Las Eps. Datos 2016. https://www.sunass.gob.pe/benchmark/benchmarking_datos_2016.pdf
- Tamayo, M. (2000). Contaminación del Agua. Buenos Aires: Nueva Visión.

- Tandukar, M., Ohashi, A. y Harada, H. (2007). Performance comparison of a pilot-scale UASB and DHS system and activated sludge process for the treatment of municipal wastewater. *Water Research* 41, 2697–2705.
- Tejada, C. (2016). Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, modelo rotoplas para familias del sector Rural. Puno- Perú.
- Tejero, J., Suarez, A., y Jácome, J. (2006). *Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Universidad de La Coruña.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., y Zurbrügg, C. (2018): *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. Dübendorf (Suiza): Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática (Eawag), 2da. Edición revisada.
- Torres, A., Quipuzco, L., y Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo batch. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica Y Geográfica*, 16, 62–67.
- Torres, L., Rojas, N., Bautista, G., y Iturbe, R. (2005). Effect of temperature, and surfactant's HLB and dose over the TPH diesel biodegradation process in aged soils. *Process Biochemistry*, 3296-3302 *Treatment and Reuse* (págs. 502-505). New York. Metcalf y Eddy Inc. *Treatment*, 623-664.
- Troschinetz, A., y Mihelcic, J. (2009). “Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries”. *Waste Management*, vol. 29, No. 2 (February), pp. 915-923.
- Turcios, A. (2015). T-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(1), 59–61.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2009). *Global environment outlook (GEO)*
- 3 Data Portal, Consultado el 1 de noviembre de 2019. Disponible en: <http://geodata.grid.unep.ch/>

- Van Haandel, A., y Lettinga G. (1994) Tratamiento Anaeróbico de Esgotos. Editora EPGRAF. Campina Grande, Brasil
- Vásquez, G. (2013). Panorama del tratamiento de aguas residuales con tecnología anaerobia en la Costa Atlántica Colombiana.
- Velásquez, A. (2004). Utilización de aguas residuales tratadas como alternativa de riego de parques y jardines en el distrito de Jesús María. , Lima, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Wang, A., y Coautores. (2011). “Advances in Biogas Technology”. (T. Scheper, & Coeditores, Edits.) Advances in Biochemical Engineering Biotechnology, 1-23.
- Werner, U., Stöhr, U., y Hees, N. (1989). Biogas plants in animal husbandry. A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien \rightarrow GATE, a Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH -
- Wiegant, M. (2001). Anaerobic digestion for sustainable development. Wageningen, The Netherlands, pp. 111-118.
- Wong, D. (2008). “Comparación del efecto de 2 biofertilizantes líquidos a base de estiércol caprino y vacuno sobre parámetros de crecimiento de algarrobo (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) En fase de vivero.” Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/9037>
- World health organization. (2013). Guías para el Uso Seguro de Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO.

7. ANEXOS

Anexo I: Mediciones de caudal de entrada al biodigestor



Figura 32. Medición de caudal en el día 1.



Figura 31. Medición de caudal en el día 2



Figura 33. Medición de caudal en el día 3

Anexo II: Prueba hidráulica del biodigestor.



Figura 34. Prueba hidráulica del biodigestor.

Anexo III: Implementación, instalación y funcionamiento del biodigestor.



Figura 35. Diagnóstico del lugar de investigación.



Figura 36. Pozo en mal estado.



Figura 37. Limpieza del lugar de trabajo.



Figura 38. Excavación de zanja para biodigestor.



Figura 39. Excavación de terreno para tubería.



Figura 40. Terreno excavado para instalación de tubería.



Figura 41. Plano y topografía del lugar de investigación.



Figura 42. Topografía de lugar, fijación de pendiente del 10% para la tubería.



Figura 43. Mediciones de zanja.



Figura 44. Accesorio para tubería de desagüe.



Figura 45. Instalación y pegamento de tubería de desagüe.



Figura 46. Pegamento de la tubería en el biodigestor.



Figura 47. Entierro de tubería de desagüe.



Figura 48. Biodigestor instalado.



Figura 49. Excavación para caja de lodos.



Figura 50. Preparación de ladrillo para la caja de lodos.



Figura 51. Mezcla de cemento para caja de lodos.



Figura 52. Preparación de cernidor para rellenar el biodigestor.



Figura 53. Caja de lodos preparado.

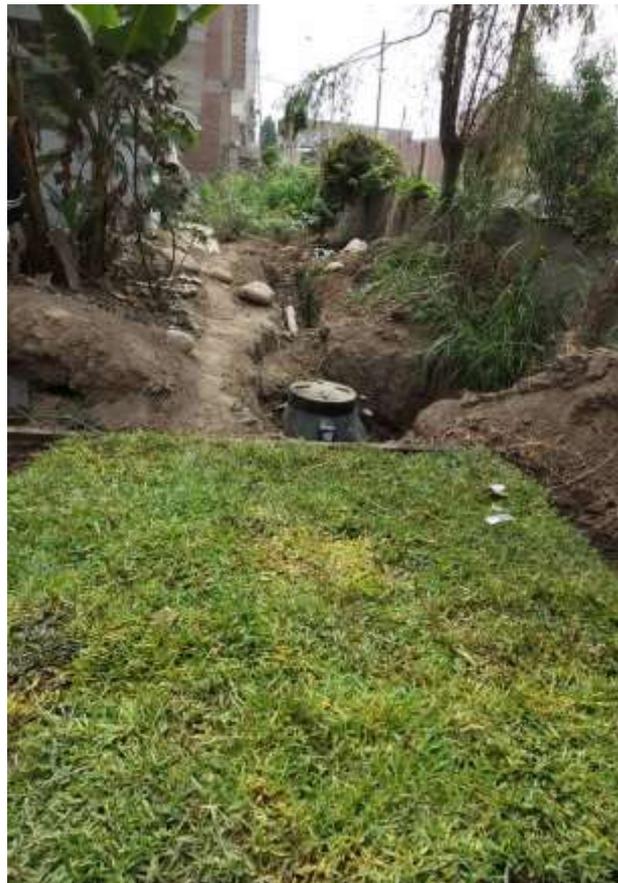


Figura 54. Biodigestor instalado final.

Anexo IV: Muestreo y caracterización de las aguas residuales doméstica.



Figura 55. Toma de coordenadas UTM



Figura 56. Materiales y equipos de muestreo.



Figura 57. Toma de muestras



Figura 58. Llenado de muestras en frasco para su respectivo análisis.



Figura 59. Colocación de ácido sulfúrico.



Figura 60. Toma de los de parámetros en campo.



Figura 61. Etiquetado de muestras.



Figura 62. Colocación de puntos de muestreos.



Figura 63. Llenado de cadena de custodia.



Figura 64. Traslado de muestras para su análisis.

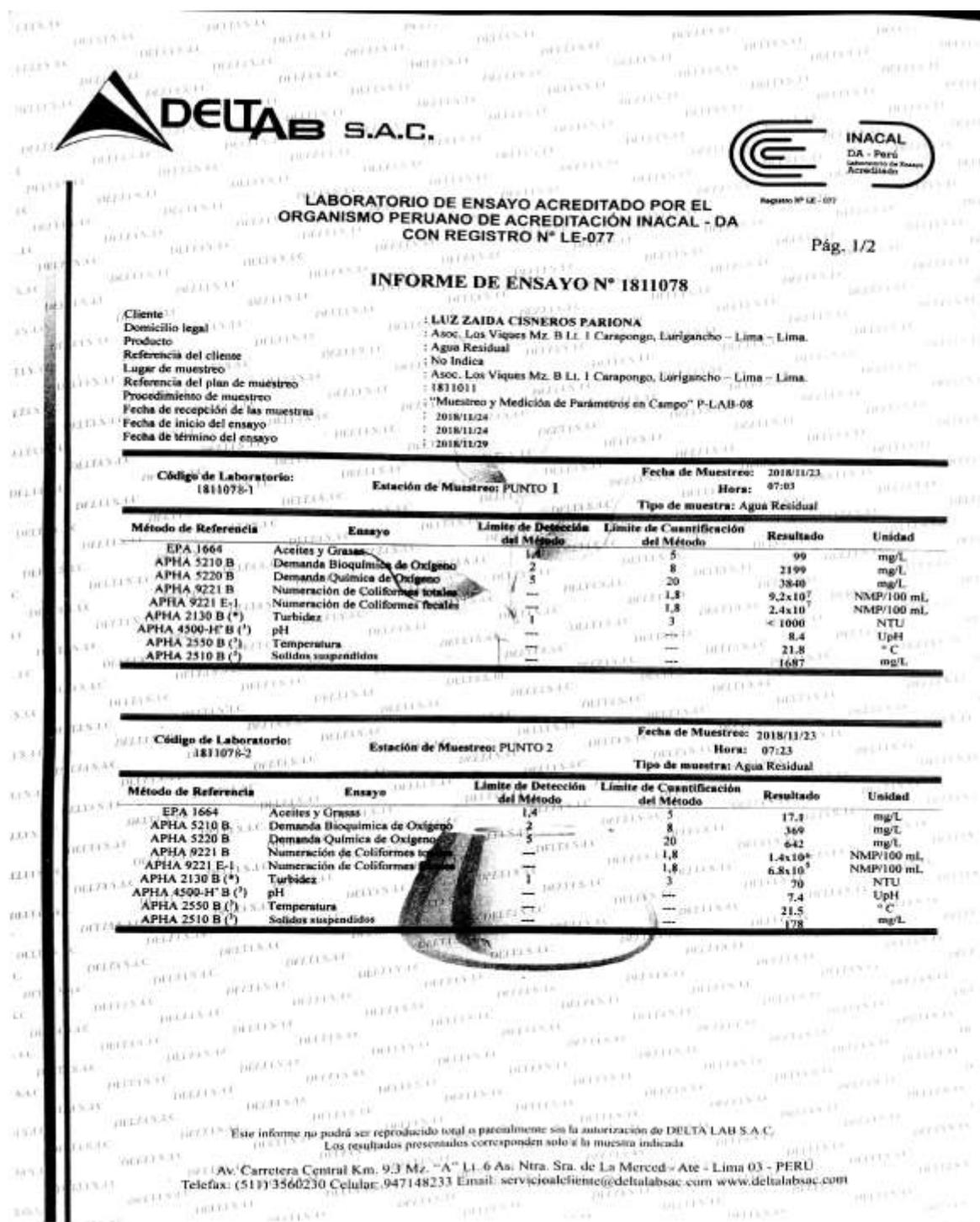


Figura 65. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sesión 1, mes de noviembre del 2018.

ANEXO DEL INFORME DE ENSAYO N° 1811078

Cliente	: LIZ ZAIDA CISNEROS PARIONA
Domicilio legal	: Asoc. Los Viques Mz. B Lt. 1 Carapengo, Lurigancho - Lima - Lima.
Producto	: Agua Residual
Referencia del cliente	: No Indica
Lugar de muestreo	: Asoc. Los Viques Mz. B Lt. 1 Carapengo, Lurigancho - Lima - Lima.
Referencia del plan de muestreo	: 1811011
Procedimiento de muestreo	: "Muestreo y Medición de Parámetros en Campo" P-LAB-08
Fecha de recepción de las muestras	: 2018/11/24

DATOS DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO

Estación	Hora	Fecha	Descripción	COORDENADAS		
				ESTE	NORTE	ALTITUD
PUNTO 1	07:03	2018/11/23	Salida de efluente final	0297327	8672809	471
PUNTO 2	07:23	2018/11/23	Salida Biodigestor	0297327	8672808	471


DELTA LAB S.A.C.
RAQUEL ROSALES TORRES
 SUB GERENTE DE LA CALIDAD
 CIP N° 209612

Lima, 30 de Noviembre del 2018.


 Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

 Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: serviciocliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Figura 66. Puntos de muestreos sesión 1

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
 CON REGISTRO Nº LE-077

Pág. 2/2

INFORME DE ENSAYO Nº 1811078

Notas:

- Condición y estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas.
- Las muestras llegaron en frascos de polietileno y vidrio ámbar.
- Las muestras se mantendrán por un periodo de 30 días luego entregado el informe de ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
- Entre resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales.
- (*) Método desarrollado en campo.
- (*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- El informe de control de calidad le será proporcionado a su solicitud.
- La toma de muestras no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

Lima, 30 de Noviembre del 2018.



DELTA LAB S.A.C.
 WILDER CORDOVA CASTRO
 JEFE DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA



DELTA LAB S.A.C.
 JESSICA ANDREA WU KOHATSU
 JEFE DE LAB DE MICROBIOLOGIA Y HACIENDA



DELTA LAB S.A.C.
 RAQUEL ROSALES TORRES
 SUB GERENTE DE LA CALIDAD
 CIP Nº 209612

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 An. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERU
 Telefonos: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Figura 67. Informe de sesión 1.

INFORME DE ENSAYO N° 1811079

Cliente : LUZ ZAIDA CISNEROS PARIONA
 Domicilio legal : Asoc. Los Viques Mz. B Ll. I Carapongo, Lurigancho - Lima - Lima.
 Producto : Agua Residual
 Referencia del cliente : No Indica
 Lugar de muestreo : Asoc. Los Viques Mz. B Ll. I Carapongo, Lurigancho - Lima - Lima.
 Referencia del plan de muestreo : 1811011
 Procedimiento de muestreo : "Muestreo y Medición de Parámetros en Campo" P-LAB-08
 Fecha de recepción de las muestras : 2018/12/25
 Fecha de inicio del ensayo : 2018/12/27
 Fecha de término del ensayo : 2018/12/31

Código de Laboratorio:		Estación de Muestreo: PUNTO 1		Fecha de Muestreo: 2018/12/26	
1811079-1				Hora: 8:45	
Tipo de muestra: Agua Residual					
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 1664	Acetatos y Grasas	1,4	5	115	mg/L
APHA 5210 B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	3022	mg/L
APHA 5220 B	Demanda Química de Oxígeno	5	20	4015	mg/L
APHA 9221 B	Numeración de Coliformes totales	---	1,8	9,6x10 ⁷	NMP/100 ml
APHA 9221 E-1	Numeración de Coliformes fecales	---	1,8	2,8x10 ⁷	NMP/100 ml
APHA 2130 B (*)	Turbidez	1	3	< 1600	NTU
APHA 4500-H ⁺ B (*)	pH	---	---	8,9	Uph
APHA 2550 B (*)	Temperatura	---	---	22,5	°C
APHA 2510 B (*)	Sólidos suspendidos	---	---	1923	mg/L

Código de Laboratorio:		Estación de Muestreo: PUNTO 2		Fecha de Muestreo: 2018/12/26	
1811079-2				Hora: 8:35	
Tipo de muestra: Agua Residual					
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 1664	Acetatos y Grasas	1,4	5	25	mg/L
APHA 5210 B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	412	mg/L
APHA 5220 B	Demanda Química de Oxígeno	5	20	722	mg/L
APHA 9221 B	Numeración de Coliformes totales	---	1,8	1,8x10 ⁴	NMP/100 ml
APHA 9221 E-1	Numeración de Coliformes fecales	---	1,8	7,2x10 ⁷	NMP/100 ml
APHA 2130 B (*)	Turbidez	1	3	86	NTU
APHA 4500-H ⁺ B (*)	pH	---	---	7,6	Uph
APHA 2550 B (*)	Temperatura	---	---	22,7	°C
APHA 2510 B (*)	Sólidos suspendidos	---	---	199	mg/L

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9,3 Mz. "A" L1, 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Figura 68. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sesión 2, mes de diciembre del 2018.

ANEXO DEL INFORME DE ENSAYO N° 1811079

Cliente	: LUZ ZAIDA CISNEROS PARIONA
Domicilio legal	: Asoc. Los Viques Mz. B Lt. I Casapongo, Lurigancho - Lima - Lima.
Producto	: Agua Residual
Referencia del cliente	: No Indica
Lugar de muestreo	: Asoc. Los Viques Mz. B Lt. I Casapongo, Lurigancho - Lima - Lima.
Referencia del plan de muestreo	: 1811011
Procedimiento de muestreo	: "Muestreo y Medición de Parámetros en Campo" F-LAB-08
Fecha de recepción de las muestras	: 2018/12/27

DATOS DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO

Estación	Hora	Fecha	Descripción	COORDENADAS		
				ESTE	NORTE	ALTITUD
PUNTO 1	8:05	2018/12/27	Salida de efluente final	0297327	8672809	471
PUNTO 2	8:35	2018/12/27	Salida Biodigestor	0297327	8672808	471


DELTA LAB S.A.C.
 RAQUEL ROSALES TORRES
 SUB GERENTE DE LA CALIDAD
 CIP N° 209612

Lima 31 de Diciembre del 2018



Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

8. Figura 69. Puntos de muestreos de sesión 2

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-077**

Pág. 2/2

INFORME DE ENSAYO N° 1811079

Notas:

- Condición y estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas.
- Las muestras llegaron en frascos de polietileno y vidrio ámbar.
- Las muestras se mantendrán por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales.
- (*): Método desarrollado en campo.
- (*): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- El informe de control de calidad le será proporcionado a su solicitud.
- La toma de muestras no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

Lima, 31 de Diciembre del 2018.



DELTA LAB S.A.C.
WILDER CIDMOS
JEFE DE LABORATORIO DE QUÍMICA



DELTA LAB S.A.C.
JESSICA ANDREA WU KOHATSU
JEFE DE LAB DE HIGIENE Y MICROBIOLOGÍA



DELTA LAB S.A.C.
RAQUEL ROSALES TORRES
SUB GERENTE DE LA CALIDAD
CIP N° 209612

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Figura 70. Informe de la sesión 2

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-077

Pág. 1/2

INFORME DE ENSAYO N° 1811080

Cliente: LUZ ZAIDA CISNEROS PARIONA
 Domicilio legal: Asoc. Los Viques Mz. B Ll. 1 Carapongo, Larigancho - Lima - Lima.
 Producto: Agua Residual
 Referencia del cliente: No Indica
 Lugar de muestreo: Asoc. Los Viques Mz. B Ll. 1 Carapongo, Larigancho - Lima - Lima.
 Referencia del plan de muestreo: 1811011
 Procedimiento de muestreo: "Muestreo y Medición de Parámetros en Campo" P-LAB-08
 Fecha de recepción de las muestras: 2019/01/22
 Fecha de inicio del ensayo: 2019/01/22
 Fecha de término del ensayo: 2019/01/27

Código de Laboratorio: 1811080-1		Estación de Muestreo: PUNTO 1		Fecha de Muestreo: 2019/01/22	
				Hora: 7:05	
				Tipo de muestra: Agua Residual	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 1664	Aceites y Grasas	1,4	5	110	mg/L
APHA 5210 B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	2677	mg/L
APHA 5220 B	Demanda Química de Oxígeno	5	20	3543	mg/L
APHA 9221 B	Numeración de Coliformes Totales	---	1,8	9,4x10 ⁷	NMP/100 mL
APHA 9221 E-1	Numeración de Coliformes Fecales	---	1,8	2,6x10 ⁷	NMP/100 mL
APHA 2130 B (*)	Turbidez	1	3	< 1000	NTU
APHA 4500-H ⁺ B (*)	pH	---	---	8,7	UpH
APHA 2550 B (*)	Temperatura	---	---	23,1	°C
APHA 2510 B (*)	Sólidos suspendidos	---	---	1756	mg/L

Código de Laboratorio: 1811080-2		Estación de Muestreo: PUNTO 2		Fecha de Muestreo: 2019/01/22	
				Hora: 7:28	
				Tipo de muestra: Agua Residual	
Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Resultado	Unidad
EPA 1664	Aceites y Grasas	1,4	5	21	mg/L
APHA 5210 B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	398	mg/L
APHA 5220 B	Demanda Química de Oxígeno	5	20	676	mg/L
APHA 9221 B	Numeración de Coliformes Totales	---	1,8	1,5x10 ⁶	NMP/100 mL
APHA 9221 E-1	Numeración de Coliformes Fecales	---	1,8	6,9x10 ⁵	NMP/100 mL
APHA 2130 B (*)	Turbidez	1	3	68	NTU
APHA 4500-H ⁺ B (*)	pH	---	---	7,3	UpH
APHA 2550 B (*)	Temperatura	---	---	23,5	°C
APHA 2510 B (*)	Sólidos suspendidos	---	---	183	mg/L

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Nira, Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Figura 71. Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sesión 3, mes de Enero del 2019.

ANEXO DEL INFORME DE ENSAYO N° 1811080

Cliente	: LUZ ZAIDA CISNEROS PARIONA
Domicilio legal	: Asoc. Los Viques Mz. B Lt. 1 Carapongo, Lurigancho - Lima - Lima.
Producto	: Agua Residual
Referencia del cliente	: No Indica
Lugar de muestreo	: Asoc. Los Viques Mz. B Lt. 1 Carapongo, Lurigancho - Lima - Lima.
Referencia del plan de muestreo	: 1811011
Procedimiento de muestreo	: "Muestreo y Medición de Parámetros en Campo" P-LAB-08
Fecha de recepción de las muestras	: 2019/01/23

DATOS DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO

Estación	Hora	Fecha	Descripción	COORDENADAS		
				ESTE	NORTE	ALTITUD
PUNTO 1	7:05	2019/01/22	Salida de efluente final	0297327	8672809	471
PUNTO 2	7:28	2019/01/22	Salida Biodigestor	0297327	8672808	471


DELTA LAB S.A.C.
RAQUEL ROSALES TORRES
 SUB GERENTE DE LA CALIDAD
 CIP N° 209612

Lima 27 de Enero del 2019



Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Au. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Figura 72. Puntos de muestreos sesión 3.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-077

Pág. 2/2

INFORME DE ENSAYO N° 1811080

Notas:

- Condiciones y estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas.
- Las muestras llegaron en frascos de polietileno y vidrio ámbar.
- Las muestras se mantendrán por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- Toda corrección o emienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo".
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales.
- (*): Método desarrollado en campo.
- (**): Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
- El informe de control de calidad le será proporcionado a su solicitud.
- La toma de muestras no ha sido acreditado por el INACAL-DA.

Lima 27 de Enero del 2019



DELTA LAB S.A.C.
WILDER CONCHA
JEFE DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA



DELTA LAB S.A.C.
JESSICA ANDREA WU KOHATSU
JEFE DE LAB DE HIGIENE Y MICROBIOLOGÍA



DELTA LAB S.A.C.
RAQUEL ROSALES TORRES
SUB GERENTE DE LA CALIDAD
CIP N° 209612

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

Av: Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ
Teléfono: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: serviciocliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

Figura 73. Informe de la sesión 3.

DELTA LAB SAC		CADENA DE CUSTODIA										DEFINICION									
DATOS DEL CLIENTE		CADENA DE CUSTODIA N° 1811080				VERSION		HOJA													
CLIENTE: Luz Zaida Cisneros Pariona		CONTACTO: Luz Cisneros P.		CORREO: luzcisneros@upu.edu.pe		TELEFONO: 947168382															
DIRECCION: ASOC. Los Viques M7 "B" Lot 3 Carapungo		DISTRITO: Vercorcho - chosica		PROVINCIA: Lima		DEPARTAMENTO: Lima															
LUGAR DE MUESTREO: ASOC. Los Viques M7 "B" Lot 3 Carapungo		MUESTREO POR DELTA LAB SAC: <input checked="" type="checkbox"/>		CLIENTE: <input type="checkbox"/>		ORDEN DE TRABAJO: 1811029		PLAN DE MUESTREO: 181108													
DESCRIPCION DEL MUESTREO: Dentro de alcance de la Acreditacion (A) Fuera del Alcance de la Acreditacion (N) Subcontrato (S)		DISTRITO: Vercorcho-chosica		PROVINCIA: Lima		DEPARTAMENTO: Lima		REFERENCIA PROYECTO: DA-628, DA-NPP-6, DA-TOR-C													
PRESERVANTE QUIMICO (Marcar con X)		Acido Salicilico		Etanol																	
ESTACION DE MUESTREO	CODIGO DE LABORATORIO	TIPO DE ATINIZ	MUESTREO		N° DE MUESTRAS	DESCRIPCION DEL PUNTO DE MUESTREO	PARAMETROS DE CAMPO														
			FECHA	HORA			Coordenadas Geograficas UTM WGS84	Altura (m.s.n.m.)	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura del suelo (°C)	Temperatura del agua (°C)	Temperatura del aire (°C)	Humedad (%)	Viento (km/h)	Presion (mmHg)						
Punto 1	1811080-1	ASO	2019-01-22	7:05am	06	Ornithia salicicola	8297327	471	X												
Punto 2	1811080-2	ASO	2019-01-22	7:28am	06	Salvia salicicola	8672809	471	X												
Observaciones del campo: No muestra actividad																					
Respuestas del Muestreo: DA: Ejec. Subcontrato B, AS: Ejec. Subcontrato B, DA: Ejec. Subcontrato B, AS: Ejec. Subcontrato B																					
Firma y Apellido: Vicente Paredes Zavallo		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona		Firma y Apellido: Luz Zaida Cisneros Pariona	
FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am		FECHA Y HORA: 2019-01-22 10:20am	
OBSERVACIONES:																					

Figura 76. Cadena de custodia de la sesión 3.

Tabla 51

Cronograma de actividades del tesis de investigación

Actividades	2017					2018					2019												
	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	
Redacción del título	x																						
Identificación del problema	x																						
Identificación del lugar para la ejecución del proyecto	x																						
Objetivo del proyecto		x																					
Justificación de la investigación	x																						
Revisión Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elaboración del material y métodos					x	x	x	x															
Revisión bibliográficas									x														
Escoger el asesor	x																						
Presentar el proyecto al consejo de facultad										x	x												
Cotización de materiales para la ejecución								x															
compra de materiales									x	x													
Instalación del sistema													x	x									
Recolección de datos de muestreo																	x	x	x				
Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos																	x	x	x				
Resultados y discusiones																				x	x	x	
Redacción de la tesis								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
Presentación de la tesis																							x
Sustentación de la tesis																							x

Tabla 52.
Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Fases	Actividad	Metodología
¿El biodigestor es eficiente para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como tratamiento primario de las aguas Residuales Domesticas a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima?	General Evaluar la eficiencia de remoción de los parámetro fisicoquímicos y microbiológicos de aguas Residuales Domesticas mediante un Biodigestor como tratamiento primario a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima	Mediante el biodigestor como tratamiento primario se produce la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica a nivel familiar en la Asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica-Lima.	Dependiente: Fisicoquímicos: ❖ DBO ₅ ❖ DQO ❖ Solidos totales en suspensión ❖ Aceites y grasas. ❖ Turbidez ❖ pH Microbiológicos: ❖ Coliformes totales ❖ Coliformes termotolerantes (%). Independiente: ❖ Biodigestor Intervinientes: ❖ Temperatura del ambiente	❖ Implementación del biodigestor ❖ Caracterización de las aguas residuales domesticas ❖ Interpretación de las eficiencias.	❖ Implementación y funcionamiento del Biodigestor. ❖ Recolección de muestras. ❖ Interpretación de los resultados.	El actual trabajo está enfocado en una investigación cuantitativa de diseño pre-experimental debido a que se realizó una serie de manipulaciones de las variables de estudio, en este caso los parámetros del agua residual, en donde mediante la observación y análisis se verificaron los efectos que se produjo. Además, de la recolección de los datos se fundamentaron en la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que se

<p>¿Se podrá implementar un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales domésticas?</p>	<p>Específico Implementar un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales domésticas.</p>	<p>Mediante las características del lugar de investigación se podrá implementar un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales domésticas.</p>
<p>¿Se podrá realizar la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica mediante pruebas de pre y post análisis?</p>	<p>Específico Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y los parámetros microbiológicos del agua residual doméstica mediante pruebas de pre y post análisis de laboratorio</p>	<p>Mediante la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se podrá analizar datos de pre y post de remoción</p>

<p>Implementación del biodigestor</p>	<p>Fases como El diagnóstico, limpieza, adecuación del terreno, excavación de zanja, levantamiento topográfico, levantamiento de tubería hasta una pendiente de 10%, prueba hidráulica y la fijación de las tuberías de entrada y salida de agua, finalmente se construyó la caja de lodos.</p>	<p>llevó a cabo por procedimientos estandarizados (Hernández, Fernandez, y Baptizta, 2014)</p>
<p>Recoleccion de muestras</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Recojo de Muestra de Agua Residual Domestica, ❖ Análisis en el laboratorio acreditado. ❖ Obtención de resultados. 	

<p>¿Se podrá Interpretar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el tratamiento del agua residual doméstica?</p>	<p>Específico Interpretar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el tratamiento del agua residual doméstica.</p>	<p>Mediante los resultados del laboratorio se podrá interpretar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el tratamiento del agua residual doméstica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Obtención de datos de laboratorio. ❖ Análisis estadístico y matemático. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Introducción de los resultados de laboratorio al software STATISTICA. ❖ Interpretación y análisis estadísticos. ❖ Interpretación de porcentaje de remoción mediante cálculos matemáticos.
--	--	---	--	---