

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES PARA MEJORAR EL
SISTEMA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL EN EL POBLADO
DE ANTILLA - PROVINCIA DE ABANCAY”**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADA POR

Bach. MORÁN GONZÁLEZ, RAMIRO

Bach. CHÁVEZ SALVATIERRA, EDGARD RICARDO

ASESOR: Mg. ZELADA GARCÍA, GIANNI MICHAEL

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluyo este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas.

Ramiro Morán González

Dedico esta tesis como un sentimiento de gratitud hacia mis amados padres. A mi hermano por darme ánimos para lograr cumplir esta meta propuesta.

Edgard Ricardo Chávez Salvatierra

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento al poblado de Antilla por su acogimiento y colaboración. Así como para nuestros asesores por sus enseñanzas y disponibilidades, a nuestra casa estudios por la formación brindada. Y a todos los involucrados para la realización de este proyecto.

Ramiro Morán y Edgard Chávez

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Formulación y Delimitación del Problema (General y Específico).	3
1.2. Problema general y específico.....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problema específico.....	4
1.3. Importancia y justificación del estudio.....	5
1.4. Limitaciones del estudio.....	6
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivo específico.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Desarrollo histórico	8
2.1.1. Saneamiento rural.....	8
2.1.2. Biodigestores	9
2.2. Aspectos generales del poblado.....	9
2.2.1. Características del poblado.....	11
2.3. Saneamiento antes de la implementación.....	14
2.4. Área de influencia ambiental.....	15
2.5. Valoración del impacto ambiental.....	17
2.6. Normatividad ambiental aplicable.....	21
2.7. Investigaciones relacionadas al tema.....	22
2.7.1. Investigaciones Nacionales	22
2.7.2. Investigaciones Internacionales.....	24
2.8. Estado de arte	27
2.9. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	28
2.9.1. Biodigestores	28
2.9.2. Biodigestión anaerobia	28
2.9.3. Factores que influyen en la actividad anaerobia.....	30

2.9.4. Productos de la digestión anaerobia	32
2.9.5. Tamaños y tipos de biodigestores.....	33
2.9.6. Aguas residuales	37
2.9.7. Tipos de contaminantes	41
2.9.8. Tipos de tratamiento de aguas residuales	41
2.10. Biodigestor a implementar	48
2.10.1. Funcionamiento	51
2.10.2. Mantenimiento	52
2.10.3. Recomendaciones	52
2.10.4. Ventajas	52
2.10.5. Normativa técnica peruana	53
2.10.6. Normativa técnica para el tratamiento de aguas residuales	54
2.11. Implementación del Biodigestor - Percolador.....	55
2.11.1. Etapas.....	56
2.12. Definición de términos básicos	65
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS.....	73
3.1. Hipótesis.....	73
3.1.1. Hipótesis general	73
3.1.2. Hipótesis específica	73
3.2. Variables	73
3.2.1. Hipótesis general	73
3.2.2. Primera hipótesis específica	73
3.2.3. Segunda hipótesis específica	73
3.2.4. Tercera hipótesis específica.....	74
3.2.5. Definición conceptual de las variables	74
3.2.6. Operacionalización de las variables	75
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE ESTUDIO	76
4.1. Tipo y método de investigación	76
4.2. Población de estudio.....	76
4.3. Diseño muestral	77
4.4. Relación entre variables	77
4.5. Técnicas y normativa.....	77
4.6. Procedimientos y equipos.....	77
4.6.1. Monitoreo de la calidad de agua.....	77

4.6.2. Monitoreo de la calidad de aire	79
4.6.3. Monitoreo de lodos	80
4.7. Parámetros	81
4.7.1. Calidad de Agua	81
4.7.2. Calidad de aire	83
4.7.3. Monitoreo de lodos	84
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	85
5.1. Diagnóstico inicial	85
5.1.1. Letrinas	85
5.1.2. Biodigestores	87
5.2. Resultados de los análisis	89
5.2.1. Análisis de aguas residuales	89
5.2.2. Análisis de la calidad de aire	99
5.2.3. Análisis de Lodos	106
5.3. Eficiencia de remoción del biodigestor monitoreado	113
5.4. Resumen de Resultados	114
5.5. Comprobación de hipótesis	115
5.5.1. Comprobación de hipótesis general	115
5.5.2. Comprobación de hipótesis específica 1	115
5.5.3. Comprobación de hipótesis específica 2	115
5.5.4. Comprobación de hipótesis específica 3	116
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	122
Anexo 1: Matriz de Consistencia	123
Anexo 2: Matriz de Operacionalización	124
Anexo 3: Cotización de Monitoreo – SGS Del Perú S.A.C.	125
Anexo 4: Acreditación para Resultados Calidad de Agua Residual	127
Anexo 5: Acreditación para Resultados de Calidad de Lodos	129
Anexo 6: Certificado de Acreditación de Laboratorio	133
Anexo 7: Certificado de Calibración / Estación Meteorológica	136
Anexo 8: Certificado de Verificación / GPS	137
Anexo 9: Certificado de Calibración / Termómetro digital	138

Anexo 10: Certificado de Calibración / Medidor de conductividad.....	139
Anexo 11: Certificado de Calibración / Medidor de pH	140
Anexo 12: Certificado de Calibración / Medidor de Oxígeno	141
Anexo 13: Certificado de Calibración / Analizador de gases.....	142

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Realidad problemática	4
<i>Figura 2:</i> Departamento de Apurímac	10
<i>Figura 3:</i> Distrito de Curahuasi	10
<i>Figura 4:</i> Forma de organización del poblado.....	13
<i>Figura 5:</i> Posta del poblado.....	13
<i>Figura 6:</i> Tratamiento de los desechos antes de la implementación	14
<i>Figura 7:</i> Área de influencia ambiental al ejecutar el proyecto	15
<i>Figura 8:</i> Relación que se busca para la ejecución del proyecto	16
<i>Figura 9:</i> Valoración del impacto.....	17
<i>Figura 10:</i> Proceso de la digestión anaeróbica	29
<i>Figura 11:</i> Biodigestor autolimpiable.....	33
<i>Figura 12:</i> Biodigestor de la empresa México Cleantech Challenge	34
<i>Figura 13:</i> Biodigestor de domo fijo	35
<i>Figura 14:</i> Biodigestor de tambor flotante	36
<i>Figura 15:</i> Biodigestor de bolsa	36
<i>Figura 16:</i> Medidas del biodigestor.....	49
<i>Figura 17:</i> Componentes del biodigestor	51
<i>Figura 18:</i> Partes del biodigestor.....	51
<i>Figura 19:</i> Sistema por gravedad.....	55
<i>Figura 20:</i> Sistema UBS-AH.....	56
<i>Figura 21:</i> Captación 1	57
<i>Figura 22:</i> Captación 2.....	57
<i>Figura 23:</i> Líneas de conducción	58
<i>Figura 24:</i> Reservorios de las respectivas captaciones	58
<i>Figura 25:</i> Reservorios de las respectivas captaciones	59
<i>Figura 26:</i> Línea de aducción	59
<i>Figura 27:</i> Línea de distribución para conexiones domiciliarias	60
<i>Figura 28:</i> Caseta UBS.....	60
<i>Figura 29:</i> Excavación para el biodigestor.....	61
<i>Figura 30:</i> Caja de lodos	61
<i>Figura 31:</i> Instalación del biodigestor.....	62

<i>Figura 32:</i> Aros PETS para la filtración.....	62
<i>Figura 33:</i> Pozo percolador	63
<i>Figura 34:</i> Entrega de la obra	64
<i>Figura 35:</i> Equipos utilizados para el monitoreo de calidad de agua.....	79
<i>Figura 36:</i> Equipos utilizados para el monitoreo de Calidad de Aire	80
<i>Figura 37:</i> Letrina del poblado de Antilla	86
<i>Figura 38:</i> Uso de la letrina de tipo hoyo seco.....	86
<i>Figura 39:</i> Instalación de biodigestores.....	88
<i>Figura 40:</i> Croquis de disposición de estaciones de monitoreo	90
<i>Figura 41:</i> Sistema PTAR instalado.....	91
<i>Figura 42:</i> Diferencia entre la caja y trampa.....	91
<i>Figura 43:</i> Recolección para el compósito - Estación 1	92
<i>Figura 44:</i> Recolección para el compósito - Estación 2.....	92
<i>Figura 45:</i> Mediciones realizadas en campo	93
<i>Figura 46:</i> Rosa de viento del monitoreo de Calidad de Aire	102
<i>Figura 47:</i> Rosa de viento georeferencial del ECA.....	103
<i>Figura 48:</i> Estación de Meteorología	104
<i>Figura 49:</i> Computadora de Meteorología	104
<i>Figura 50:</i> Medición del ECA de aire en la Estación 1	105
<i>Figura 51:</i> Medición del ECA de aire en la Estación 2.....	105
<i>Figura 52:</i> Recolección de Lodo para el compósito.....	112
<i>Figura 53:</i> Poblado de Antilla.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Vías de acceso al poblado de Antilla</i>	11
Tabla 2: <i>Distribución de edificaciones en el poblado de Antilla</i>	11
Tabla 3: <i>Distribución por sexo en el poblado de Antilla</i>	12
Tabla 5: <i>Composición representativa de la orina humana</i>	40
Tabla 6: <i>Composición química de las heces humanas sin orina</i>	40
Tabla 7: <i>Cantidades diarias de excrementos humanos en pequeñas comunidades</i>	41
Tabla 8: <i>Peso de los biodigestores</i>	48
Tabla 9: <i>Medidas del biodigestor</i>	49
Tabla 10: <i>Capacidades del biodigestor</i>	50
Tabla 11: <i>Volumen de lodos a evacuar</i>	50
Tabla 12: <i>Etapas del proceso de implementación</i>	56
Tabla 13: <i>Definición conceptual de variables</i>	74
Tabla 14: <i>Operacionalización de las variables</i>	75
Tabla 15: <i>Población de estudio</i>	76
Tabla 16: <i>Equipos utilizados en el monitoreo</i>	78
Tabla 17: <i>Descripción técnica de la Estación Meteorológica</i>	79
Tabla 18: <i>Equipos utilizados</i>	80
Tabla 19: <i>Parámetros de medición de la Calidad de Agua</i>	81
Tabla 20: <i>Parámetros a analizar para la Calidad de Aire</i>	83
Tabla 21: <i>Parámetros de análisis de Lodos</i>	84
Tabla 22: <i>Estaciones de monitoreo para la calidad de agua</i>	89
Tabla 23: <i>Límites Máximos Permisibles para los efluentes del PTAR</i>	94
Tabla 24: <i>LMP para la descarga de efluente de actividades Minero-Metalúrgicas</i>	94
Tabla 25: <i>Resultados del Monitoreo de Agua Residual Doméstica</i>	95
Tabla 26: <i>Estaciones de Calidad de Aire</i>	99
Tabla 27: <i>Estándares para la Calidad de Aire</i>	100
Tabla 28: <i>Resultados de la Calidad de Aire</i>	101
Tabla 29: <i>Ciclo horario de los Parámetros Meteorológicos</i>	101
Tabla 30: <i>Resumen de Registros Diarios de los Parámetros Meteorológicos</i>	102
Tabla 31: <i>Estándares de Calidad Ambiental para Suelo</i>	106
Tabla 32: <i>Parámetros de toxicidad química en biosólidos Clase A y B</i>	107
Tabla 33: <i>Parámetros de higienización de biosólidos</i>	108

Tabla 34: <i>Resultados análisis de lodos</i>	108
Tabla 35: <i>Eficiencia del biodigestor implementado</i>	113
Tabla 36: <i>Resumen de Resultados</i>	114

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el análisis de la mitigación ambiental en el poblado de Antilla luego de haberse ejecutado las obras para mejorar los servicios básicos de saneamiento que incluyeron el agua potable y el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Se partió de la situación en la que el poblado de Antilla no contaba con un tratamiento de dichas aguas residuales por lo que se convirtió en un problema y en focos de infección al producir residuos lixiviados que contaminaban los mantos acuíferos y emitían gases que afectaban la salud y el medio ambiente. Para reducir los efectos contaminantes sobre el medio ambiente se implementaron biodigestores del tipo prefabricados autolimpiables.

La investigación que se realizó fue del tipo aplicada con un nivel descriptivo cuantitativo bajo un enfoque transversal utilizando una población de 110 biodigestores instalados. Se tomó como muestra (no probabilística, por conveniencia) un compósito a 15 sistemas. La técnica fue el monitoreo ambiental realizado por el laboratorio SGS del Perú S.A.C. Los instrumentos usados fueron los protocolos establecidos por MVCS-MINAM, cadenas de custodia y registros de verificación de datos. En el monitoreo se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de las aguas residuales domésticas, obteniendo los resultados de la eficiencia de los biodigestores: 87% de remoción de los sólidos totales en suspensión, 56% de DBO, 60% de DQO, 97% de los aceites y grasas y del 100% de los coliformes fecales. En los lodos se obtuvo para *Escherichia Coli* 6.6 NMP/1g ST, Huevos Viables de Helmintos fue <1 HVH/4g ST y la cuantificación de *Salmonella spp* fue <1.8 NMP/10g ST. En el biodigestor el gas metano nos da el resultado de 0.00 ppm.

Palabras Claves: Biodigestor, saneamiento, medio ambiente, monitoreo, contaminación.

ABSTRACT

The objective of this research work was to analyze environmental mitigation in the town of Antilla after having executed the works to improve basic sanitation services, which included drinking water and the treatment of domestic wastewater. It was started from the situation in which the town of Antilla did not have a treatment for said wastewater, so it became a problem and sources of infection by producing leached waste that contaminated the aquifers and emitted gases that affected health and the environment. To reduce the polluting effects on the environment, self-cleaning prefabricated biodigesters were implemented.

The research that was carried out was applied with a quantitative descriptive level under a cross-sectional approach using a population of 110 installed biodigesters. A composite of 15 systems was taken as a sample (not probabilistic, for convenience). The technique was environmental monitoring carried out by the SGS del Perú S.A.C. The instruments used were the protocols established by MVCS-MINAM, chains of custody and data verification records. In the monitoring, the physicochemical and microbiological parameters of the domestic wastewater effluents were evaluated, obtaining the results of the efficiency of the biodigesters: 87% removal of total suspended solids, 56% of DBO, 60% of DQO, 97% of the oils and fats and 100% of the fecal coliforms. In the sludge, 6.6 NMP / 1g ST was obtained for *Escherichia Coli*, Viable Helminth Eggs was <1 HVH / 4g ST and the quantification of *Salmonella* spp was <1.8 NMP / 10g ST. In the biodigester, the methane gas gives us the result of 0.00 ppm.

Keys Words: Biodigester, sanitation, environment, monitoring, contamination

INTRODUCCIÓN

En el mundo unos 1,200 millones de personas no tienen acceso al agua potable. Cerca de 2,500 millones de personas tienen un saneamiento ambiental inadecuado y/o ninguna forma para el tratamiento de las aguas residuales. Más del 90% de las aguas residuales en el mundo no son tratadas de manera satisfactoria o bien son eliminadas de manera descontrolada. El 80% de las enfermedades, así como el 25% de todas las muertes en países subdesarrollados se atribuyen al agua contaminada. Se estima que 3 millones de niños aproximadamente mueren cada año por enfermedades relacionadas con el medio ambiente. Entre el 80 y 90% de los casos de diarreas son causadas por factores ambientales (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Las enfermedades infecciosas tienen muchas vías de entrada, pero una fuente primaria en todo el mundo: El Agua.

Debido al crecimiento poblacional que se está dando en las zonas rurales de nuestro país, se evidencia la carencia de los servicios básicos de agua y saneamiento, esta carencia viene generando focos infecciosos y por ende contaminación del ambiente, lo que conlleva a una amenaza a la salud pública y al desarrollo sostenible de las localidades. Frente a ello, se vienen desarrollando acciones colectivas de conservación y protección del ambiente, mediante la formulación y ejecución de proyectos de saneamiento rural. Dentro del marco de la política de inclusión social del gobierno anterior se crea el programa de mejoramiento y ampliación de los servicios de agua y saneamiento en el Perú-PROCOES.

Los proyectos de infraestructura del sector saneamiento no representan impactos ambientales negativos adversos de gran magnitud, por el contrario, incorporan a las localidades un sistema de red de agua potable y una disposición sanitaria adecuada de excretas, así también realizan una ampliación o mejoramiento del sistema existente, todo esto contribuye a generar un efecto positivo significativamente saludable, por cuanto mejoran las condiciones sanitarias de la población y elimina una importante fuente de contaminación de cuerpos de agua tanto superficial como subterránea.

Para que se cumpla la eficiencia de los biodigestores se necesitara que se implemente el sistema UBS-AH (Unidad básica de saneamiento con arrastre hidráulico) que consiste en una caseta de baño, 1 caja de registro de aguas negras, 1 trampa de natas para aguas grises, la instalación del biodigestor autolimpiable y su posterior pozo percolador.

El presente trabajo de investigación consta de cinco capítulos principales, de los cuales: En el capítulo I se desarrolló el planteamiento de los problemas, la importancia y justificación del proyecto, las limitaciones que se encontró a lo largo del proyecto y por último los objetivos que buscamos alcanzar.

En el capítulo II, el marco teórico corresponde al desarrollo histórico de las variables, los aspectos generales del poblado, los antecedentes nacionales e internacionales relacionadas a nuestro tema de estudio y su posterior compilación estado de arte.

En el capítulo III corresponde a las hipótesis, general y específicas, así como la definición conceptual y operacional de las variables.

En el capítulo IV explicamos la metodología del estudio a considerar, el tipo y diseño de investigación. La población y la muestra a considerar, la técnica y los instrumentos utilizados.

En el capítulo V se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo realizado por un laboratorio acreditado por la Inacal.

Para finalizar se establecen las conclusiones y recomendaciones que hacemos como base informativa para futuras investigaciones, además de las referencias bibliográficas usadas para el desarrollo de la investigación.