



**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**Facultad de Ingeniería Civil**

**Escuela Profesional de Ingeniería civil**

**diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para tratamiento  
de aguas residuales Andarapa 2022**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Autor**

**David Efrain Loa Secce**

**ASESOR:**

**Dr. Andrade Flores, Eugenio Evaristo**

**Huacho – Perú**

**2023**

# DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE CONCRETO REFORZADO CON BARRAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ANDARAPA 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="https://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1%

**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE CONCRETO  
REFORZADO CON BARRAS PARA TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES ANDARAPA 202**

Bach. DAVID EFRAIN LOA SECCE

**Tesis de pregrado**

**ASESOR:**

**Dr. ANDRADE FLORES, Eugenio Evaristo**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ  
CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**2022**

**ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO**



---

**PRESIDENTE**

**Dr. Bautista Loyola**



---

**SECRETARIO**

**M(o) Barrenechea Alvarado Julio**



---

**VOCAL**

**M(o) Goñy Ameri Carlos Francisco:**



---

**ASESOR**

**Dr. ANDRADE FLORES, Eugenio Evaristo**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios, por darme sabiduría para culminar esta dura etapa de mi vida

A mis padres Sebastián Loa Molina y Paulina Secce Rupailla por ser un apoyo desde el inicio de mi carrera y estar a mi lado en todo momento brindándome confianza e impidiendo que pierda las fuerzas.

A mis compañeros y amigos que con su ayuda y apoyo me permitieron alcanzar mis metas.

El autor

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme salud e inteligencia, para concluir la carrera de ingeniería civil y concluir con éxito esta nueva etapa de mi formación profesional en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y sus docentes, por brindarme las facilidades de estudio y la capacidad de ser un excelente profesional. A todas aquellas personas que me ayudaron a seguir adelante en esta etapa de mi vida.

El autor

|

## INDICE

TITULO .....	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
IN DICE.....	vi
LISTA DE TABLA .....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCION.....	xvi
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.2.1 Problema General .....	2
1.2.2 Problema específico .....	3
1.3 Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Delimitación de estudio .....	6
1.6 Viabilidad del estudio .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes .....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	7
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	9
2.2 Bases teóricas .....	12
2.3 Bases filosóficas.....	17
2.4 Definición de términos básicos .....	18
2.5 Hipótesis de la investigación .....	20
2.6 Operacionalización de variables.....	20

2.6.1	Variable .....	20
3.	METODOLOGÍA.....	21
3.1	Diseño metodológico.....	21
3.1.1	Tipo de investigación.....	21
3.1.2	Nivel de investigación.....	21
3.1.3	Diseño de investigación .....	22
3.1.4	Enfoque de investigación .....	22
3.2	Población y muestra.....	22
3.2.1	Población.....	22
3.2.2	Muestra.....	23
3.3	Técnicas de recolección de datos .....	23
3.4	Técnicas para el procedimiento de la información.....	23
3.5	Procedimiento .....	21
3.5.1	Bases de diseño del biodigestor .....	23
3.5.2	Medidas del desarenador .....	30
3.5.3	Estructuras del tratamiento primario.....	32
3.5.4	Estructura del tratamiento de lodos.....	35
3.5.5	Estructura de tratamiento secundario.....	37
3.5.6	Bases del diseño.....	38
3.5.7	Dotaciones .....	42
3.5.8	Cálculo de caudales.....	43
3.5.9	Estructuras del Tratamiento preliminar.....	45
3.5.10	Diseño de la cámara de rejillas .....	46
3.5.11	Diseño del desarenador .....	51

3.5.12	Estructuras del Tratamiento Primario .....	54
3.5.13	Diseño del tanque Imhoff.....	54
3.5.14	. Estructura de Tratamiento de lodos .....	57
3.5.15	Diseño del lecho de secado .....	58
3.6	Método de análisis de datos .....	60
3.7	Aspectos éticos .....	60
4.	RESULTADOS .....	60
4.1	Bases de diseño .....	60
4.1.1	Población Futura.....	60
4.1.2	Caudales de diseño.....	61
4.2	Estructuras del tratamiento preliminar.....	62
4.2.1	Medidas de la estructura de la cámara de rejillas .....	62
4.2.2	Medidas de la estructura del desarenador .....	63
4.3	Estructuras del tratamiento primario .....	63
4.3.1	Medidas del sedimentador del tanque Imhoff .....	63
4.3.2	Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff .....	64
4.4	Estructura del tratamiento de lodos .....	65
4.4.1	Medidas del lecho de secado .....	65
4.5	Estructura del tratamiento secundario .....	66
4.5.1	Medidas del humedal artificial .....	66
5.	DISCUSIÓN .....	67
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
6.1	CONCLUSIONES.....	69
6.2	RECOMENDACIONES.....	70
	REFERENCIAS.....	72
	ANEXOS .....	76

## LISTA DE TABLA

<b>Tabla 1</b>	Clasificación de los terrenos según resultados de la prueba de percolación .	13
<b>Tabla 2</b>	Matriz de operacionalidad .....	20
<b>Tabla 3.</b>	Censo de 1993 y 2007. ....	22
<b>Tabla 4</b>	Cálculo del r.t.....	24
<b>Tabla 5</b>	Fórmula para el cálculo de eficiencia de barras .....	26
<b>Tabla 6</b>	Fórmulas para el cálculo del canal de cribas/rejas .....	27
<b>Tabla 7</b>	Fórmulas para el cálculo de la pérdida de cargas en las rejás.....	28
<b>Tabla 8</b>	Fórmula para el cálculo de la altura de las rejás .....	29
<b>Tabla 9</b>	Fórmulas para el cálculo de la longitud de las rejás .....	29
<b>Tabla 10</b>	Fórmula para el cálculo de la zona de transición .....	29
<b>Tabla 11</b>	Fórmula para el cálculo del material de cribado .....	30
<b>Tabla 12</b>	Fórmula para el Cálculo del vertedero de salida .....	30
<b>Tabla 13</b>	Fórmulas para el cálculo del ancho y altura del desarenador.....	30
<b>Tabla 14</b>	Fórmulas para el cálculo de la longitud del desarenador.....	31
<b>Tabla 15</b>	Fórmulas para el cálculo de la pendiente del canal .....	31
<b>Tabla 16</b>	Fórmula para el cálculo de la longitud de la zona de transición .....	31
<b>Tabla 17</b>	Fórmulas para el cálculo de un sedimentador .....	32
<b>Tabla 18</b>	Fórmulas para el cálculo de la zona de espumas.....	33
<b>Tabla 19</b>	Fórmulas para el cálculo de la zona de digestión .....	35
<b>Tabla 20</b>	Fórmulas para el cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente.....	36
<b>Tabla 21</b>	Fórmulas para el cálculo del sedimentador del lecho de secado.....	36
<b>Tabla 22</b>	Fórmulas para encontrar el DBO5 del afluente del humedal artificial.....	37
<b>Tabla 23</b>	Cálculos del humedal artificial.....	38
<b>Tabla 24</b>	Datos de la municipalidad de Andarapa.....	39

<b>Tabla 25</b> Cálculo del r.t.....	40
<b>Tabla 26</b> Tasa de crecimiento.....	41
<b>Tabla 27</b> Cálculo de la población futura.....	42
<b>Tabla 28</b> Dotación de agua según forma de disposición de excretas .....	43
<b>Tabla 29</b> Cálculo del caudal promedio diario anual.....	44
<b>Tabla 30</b> Datos de los caudales para el diseño del Biodigestor y demás elementos...	46
<b>Tabla 31</b> Parámetros del diseño para la cámara de rejás .....	46
<b>Tabla 32</b> Criterios de diseño .....	46
<b>Tabla 33</b> Cálculo de eficiencia de barras .....	47
<b>Tabla 34</b> Cálculo del canal de cribas/rejás.....	47
<b>Tabla 35</b> Pérdida de cargas en las rejás .....	48
<b>Tabla 36</b> Cálculo de la altura de las rejás .....	49
<b>Tabla 37</b> Cálculo de la longitud de las rejás .....	49
<b>Tabla 38</b> Cálculo de la zona de transición .....	49
<b>Tabla 39</b> Cálculo del material de cribado .....	49
<b>Tabla 40</b> Cálculo del vertedero de salida.....	50
<b>Tabla 41</b> Canal de cribas.....	50
<b>Tabla 42</b> Pérdida de la cámara de rejás.....	50
<b>Tabla 43</b> Altura y longitud de las rejás .....	51
<b>Tabla 44</b> Zona de transición.....	51
<b>Tabla 45</b> Parámetros del diseño para el desarenador.....	51
<b>Tabla 46</b> Criterios de diseño.....	52
<b>Tabla 47</b> Cálculo del ancho y altura del desarenador .....	52
<b>Tabla 48</b> Cálculo de la longitud del desarenador .....	52
<b>Tabla 49</b> Cálculo de la pendiente del canal.....	53

<b>Tabla 50</b> Cálculo de la longitud de la zona de transición .....	53
<b>Tabla 51</b> Ancho del desarenador .....	53
<b>Tabla 52</b> Longitud y pendiente del desarenador.....	54
<b>Tabla 53</b> Longitud de la zona de transición .....	54
<b>Tabla 54</b> Parámetros del diseño del tanque Imhoff .....	54
<b>Tabla 55</b> Parámetros del diseño de tanque Imhoff .....	55
<b>Tabla 56</b> Cálculo de la zona de espumas .....	56
<b>Tabla 57</b> Dimensionamiento del sedimentador.....	56
<b>Tabla 58</b> Dimensiones de la zona de espumas .....	57
<b>Tabla 59</b> Dimensiones de la cámara de digestión .....	57
<b>Tabla 60</b> Cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente .....	58
<b>Tabla 61</b> Datos del diseño del lecho del secado .....	58
<b>Tabla 62</b> Parámetros del diseño del lecho de secado.....	59
<b>Tabla 63</b> Medidas del lecho de secado .....	59
<b>Tabla 64</b> Población de diseño.....	60
<b>Tabla 65</b> Caudales de diseño del Biodigestor .....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 .....	16
Figura 2. Mapa geopolítico de Apurímac .....	21
Figura 3. Imagen de la población de Andarapa.....	21
Figura 4. Visita de campo .....	22
Figura 6. Medidas de la estructura vista en planta de la cámara de rejillas.....	62
Figura 7. Medida de la estructura en perfil de la cámara de rejillas .....	62
Figura 8. Medidas de la estructura vista en planta del desarenador.....	63
Figura 9. Medidas de la estructura vista en perfil del desarenador.....	63
Figura 10. Medidas del sedimentador del tanque Imhoff vista en perfil y planta .....	63
Figura 11. Medidas de la zona de espumas del tanque Imhoff vista en planta .....	64
Figura 12. Medidas del Biodigestor tipo tanque Imhoff vista en perfil y planta.....	64
Figura 13. Medidas del lecho de secado .....	65
Figura 14. Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, vista en planta.....	66
Figura 15. Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, vista en perfil.....	66

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 Matriz de consistencia .....	76
Anexo 2 Plano Cámara de reja.....	78
Anexo 3 Plano Desarenador.....	79
Anexo 4 Biodigestor Tanque Tipo Imhoff .....	80
Anexo 5 Planos de tanquillas de conexiones .....	81
Anexo 6 Lecho de secado .....	82
Anexo 7 Planos de humedal artificial.....	83
Anexo 8 Vista general del sistema biodigestor de las aguas sanitarias .....	84

## RESUMEN

**Objetivo:** Diseñar un biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022. **Metodología:** Nivel de investigación es descriptivo explicativo de tipo aplicada de diseño no experimental de tipo transversal descriptivo con un enfoque cuantitativo, la población e acuerdo al numero de habitantes es esta dado por el diseño de un biodigestor en este caso coincide la muestra con la población **Resultados:** Se realizaron los cálculos hidráulicos siguiendo la norma OS-090 para el diseño del biodigestor de concreto armado reforzado con barras, lo que dio como resultado: 1) Cámara de rejillas, 2) Desarenador con un tanque Imhoff y lecho de secado y 3) Humedal artificial. El diseño del biodigestor de concreto armado reforzado con barras realizado cumpliendo con la Norma OS-090, servirá para ayudar a los habitantes de la población de Andarapa con su problema sanitario y de esta manera, prevenir enfermedades gastrointestinales que tanto afecta su comunidad. **Conclusión:** Para el proceso de tratamiento primario se calculó y se diseñó un tanque de un Biodigestor de tipo Imhoff basándose en la norma RNE OS.090 y se tomó como dato el caudal máximo diario (Q<sub>md</sub>) de 16.22 l/s resultando dimensiones de 7.52 m de largo 7.70 m de ancho y 10.50 m de altura; la zona de digestión 1.00 m de ancho, el sedimentador 1.00 m de ancho, 2.37m de profundidad (1.50m la altura rectangular y 0.87m la altura de triangular) y la zona de digestión tiene una profundidad 3.40m de profundidad (2.40m la altura rectangular y 1.00m la altura triangular) más un borde libre de 0.50m.

**Palabras clave:** biodigestor de concreto armado reforzado con barras, Humedal Artificial, Tanque Imhoff, Desarenador, Lecho de Secado.

## **ABSTRACT**

**Objective:** Design a reinforced concrete biodigester reinforced with bars for the treatment of wastewater of the population of Andarapa, department of Apurimac, 2022.

**Methodology** Level of research is descriptive explanatory applied type of non-experimental design of descriptive cross-sectional type with a quantitative approach, the population according to the number of inhabitants is given by the design of a biodigester in this case the sample coincides with the population

**Results:** Hydraulic calculations were performed following the OS-090 standard for the design of the reinforced concrete biodigester reinforced with bars, which resulted in: 1) Grating chamber, 2) Desander with an Imhoff tank and drying bed and 3) Artificial wetland.

The design of the reinforced concrete biodigester made in compliance with Standard OS-090 will help the inhabitants of the town of Andarapa with their sanitary problem and thus prevent gastrointestinal diseases that affect their community. **Conclusion:** For

the primary treatment process, an Imhoff type Biodigester tank was calculated and designed based on the RNE OS-090 standard. and the maximum daily flow rate (Q<sub>md</sub>) of 16.22 l/s was taken as data, resulting in dimensions of 7.52 m long, 7.70 m wide and 10.50 m high; the digestion zone 1.00 m wide, the settling tank 1.00 m wide, 2.37m deep (1.50m rectangular height and 0.87m triangular height) and the digestion zone is 3.40m deep (2.40m rectangular height and 1.00m triangular height) plus a 0.50m free edge..

**Keywords:** reinforced concrete biodigester, Artificial Wetland, Imhoff Tank, Desander, Drying Bed.

## **INTRODUCCION**

El crecimiento continuo de la población mundial ha traído como consecuencia un escaso sistema de saneamiento para cubrir las necesidades de todos los habitantes de una región, lo cual viene a representar un grave problema para las familias en todo el mundo, siendo las zonas rurales las más afectadas con este problema de falta de saneamiento sanitarios, generando enfermedades y disminución de la calidad de vida. Es debido a esta situación, que se hace necesario realizar adecuaciones al sistema de aguas y alcantarillados, del mismo modo que la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales con nuevas opciones tecnológicas, pero la falta de información genera un retraso a nivel mundial por tanto, hace falta sensibilizar los gobiernos, independientemente de su tamaño, con las nuevas tecnologías que se pueden emplear y ejecutar gracias al apoyo económico de los estados para acortar las brechas sociales.

Actualmente en el Perú un 16% de los habitantes no tienen en sus hogares agua tratada y un 35% no tienen alcantarillado, solamente el 62% de las aguas residuales son tratadas en Plantas especiales y por falta de ayuda de los gobiernos locales hace insostenible el tratamiento de las aguas sanitarias provenientes de los domicilios de las áreas rurales, ocasionando contaminación trayendo enfermedades a la población que puedan generar pandemias.

Perú de acuerdo al censo del 2017, contaba con una población rural de 1.814.887 habitantes, de los cuales, solamente 236.496 contaban con un sistema de desagüe fuera o dentro de la edificación, y un total de 17.710 familias con servicio de agua las 24 horas del día contra 145.755 que solamente contaban con servicio de agua entre 1 a 3 horas. Esto sin contar con las regiones que tienen mayor cantidad de familias sin acceso al agua potable como Huancavelica (66.3%), Huánuco (62.3%) y

Loreto (62.2%) y donde la que tiene mayor necesidad de saneamiento es la región de Huancavelica con más de 90 mil viviendas que no cuentan con este servicio, ocasionando enfermedades de origen hídrico, de tal forma estas regiones se convierten en un problema de salud pública de miles habitantes.

La población de Andarapa está en el distrito de Andahuaylas ubicada en Apurímac, en el sur del Perú y tiene una población de 5 459 habitantes según el censo del año 2017 y el problema existente es que el 44.5% de las viviendas no tienen servicio de saneamiento.

Dentro del marco de la problemática se presenta el **problema general**: ¿De qué manera el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales será beneficioso para la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022? En este contexto se plantean **los problemas específicos**: 1) ¿De qué manera el estudio de suelos ayudará al diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento las aguas residuales de la población de Abancay, departamento de Apurímac, 2022? 2) ¿De qué manera la prueba de percolación ayudará al diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022? 3) ¿Cuáles son las ventajas del diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022? 4) ¿Cuáles son las ventajas del diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento de Apurímac, 2022?

El informe de investigación tiene como **Justificación social**, resolver el problema generado en las poblaciones que no cuentan con un plan de saneamiento de

aguas sanitarias y excretas provenientes de las viviendas en la población de Andarapa, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes debido a la desidia de sus gobernantes en ocuparse de aquellos lugares con poca población. Con esta mejora se intenta reducir las enfermedades estomacales y mejorar el bienestar de Andarapa, según lo refiere Mejia (2019) quien justifica los aportes sobre conocimientos en el tratamiento de agua residual doméstica, para lograr beneficios para la sociedad que se encuentran en estados críticos de abandono sanitario.

**Justificación económica:** esta alternativa se ha planteado en el diseño del biodigestor en concreto armado reforzado con barras para tener conocimiento de los costos de la instalación del biodigestor para evitar hacer inversiones costosa en materiales con el método tradicional, en la población de Andarapa, tal es el caso como lo plantea Bogarin y Antialon (2019), en su justificación económica que refiere que un biodigestor será una inversión menos costosa que la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de gran tamaño con un sistema de alcantarillados, ni con los buzones costosos y cuenta con las garantías que presentan las PTAR.

Como **Justificación tecnológica**, este trabajo de investigación permitió en contribuir con la tecnología actual en utilizar el biodigestor de concreto armado reforzado con barras para tratar las aguas sanitarias y de excretas provenientes de las viviendas en la población de Andarapa que ayudará a disminuir y aprovechar las aguas sanitarias e informar los avances tecnológicos a la población, como lo presenta Clavijo (2020) como justificación tecnológica ya que presenta la relevancia de una sustancia muy utilizada como agua, en la cual es imprescindible en la vida del planeta, por esa razón es la investigación de procedimientos, mecanismos, instrumentos, que permiten a recuperar y reciclar este recurso.

La **Justificación ambiental**, del presente proyecto es muy importante para el medio ambiente ya que utilizando el biodigestor de concreto armado reforzado con barra no contamina ni genera malos olores que según Castro y Flores ( 2019) presentaron como justificación ambiental en utilizar el biodigestor con el fin de disminuir los volúmenes y contaminantes que están presentes en los residuos generados por plantas de tratamiento (lodos), de tal manera al usar este método evitaría los malos olores y la producción de gases, tales como metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno que son gases responsables del calentamiento global que se generan en los sitios en donde se disponen estos lodos.

Teniendo en cuenta el problema y la justificación se menciona como **objetivo general**: Diseñar un biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022. **Los Objetivos específicos**: (1) Realizar los Estudios de suelos para el diseño de un biodigestor de concreto armado reforzado con barra para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022; (2) Realizar la prueba de percolación para el diseño de un biodigestor de concreto armado reforzado con barra para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022. (3) Realizar los costos para el diseño de un biodigestor de concreto armado reforzado con barra para el tratamiento de las aguas residuales de la población Andarapa, Departamento Apurímac, 2022 (4) Determinar las ventajas del diseño de un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022.

Finalmente se propone como **hipótesis general**: El diseño de un biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales

beneficiará a toda la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022. **Las hipótesis específicas son:** (1) Los Estudios de suelos ayudarán a diseñar el biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022, (2) Las pruebas de percolación ayudarán a diseñar el biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022, (3) Al realizar los análisis de costos unitarios se determinará el presupuesto de la construcción del biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022; (4) Al diseñar el biodigestor de concreto armado reforzado con barras se determinará las ventajas y beneficios del tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, Departamento Apurímac, 2022.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

El crecimiento continuo de la población mundial ha traído como consecuencia un escaso sistema de saneamiento para cubrir las necesidades de todos los habitantes de una región, lo cual viene a representar un grave problema para las familias en todo el mundo, siendo las zonas rurales las más afectadas con este problema de falta de saneamiento sanitarios, generando enfermedades y disminución de la calidad de vida. Es debido a esta situación, que se hace necesario realizar adecuaciones al sistema de aguas y alcantarillados, del mismo modo que la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales con nuevas opciones tecnológicas, pero la falta de información genera un retraso a nivel mundial por tanto, hace falta sensibilizar los gobiernos, independientemente de su tamaño, con las nuevas tecnologías que se pueden emplear y ejecutar gracias al apoyo económico de los estados para acortar las brechas sociales.

Actualmente en el Perú un 16% de los habitantes no tienen en sus hogares agua tratada y un 35% no tienen alcantarillado, solamente el 62% de las aguas residuales son tratadas en Plantas especiales y por falta de ayuda de los gobiernos locales hace insostenible el tratamiento de las aguas sanitarias provenientes de los domicilios de las áreas rurales, ocasionando contaminación trayendo enfermedades a la población que puedan generar pandemias.

Perú de acuerdo al censo del 2017, contaba con una población rural de 1.814.887 habitantes, de los cuales, solamente 236.496 contaban con un sistema de desagüe fuera o dentro de la edificación, y un total de 17.710 familias con servicio de agua las 24 horas del día contra 145.755 que solamente contaban con servicio de agua entre 1 a 3 horas. Esto sin contar con las regiones que tienen mayor cantidad de familias sin acceso

al agua potable como Huancavelica 66.3%, Huánuco 62.3% y Loreto 62.2% y donde la que tiene mayor necesidad de saneamiento es la región de Huancavelica con más de 90 mil viviendas que no cuentan con este servicio, ocasionando enfermedades de origen hídrico, de tal forma estas regiones se convierten en un problema de salud pública de miles habitantes.

La población de Andarapa está en el distrito de Andahuaylas ubicada en Apurímac, en el sur del Perú y tiene una población de 5 459 habitantes según el censo del año 2017 y el problema existente es que el 44.5% de las viviendas no tienen servicio de saneamiento.

Las aguas residuales de Andarapa están contaminando los cuerpos de agua superficial que se usan para la agricultura, pesca, recreación e incluso para el abastecimiento de agua potable. Si a ello se suma la contaminación por fuentes mineras e industriales, se constituye un escenario que pone en peligro la salud pública, genera deterioro de ecosistemas, produce limitaciones para la agroexportación e incrementa los costos de tratamiento del agua para fines de abastecimiento poblacional motivo por el cual planteamos como objetivo de esta investigación es de diseñar un biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac con la finalidad de mitigar el peligro de la salud pública zona de estudio.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo es el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales para la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022?

### **1.2.2 Problema específico**

- ¿De qué manera calculo el consumo máximo diario para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento las aguas residuales de la población de Andarapa departamento de Apurímac, 2022?
- ¿Cómo realizo el estudio topográfico para diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022?
- ¿Cómo realizo el estudio de suelos del diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022?
- ¿Cómo realizo el diseño hidráulico para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022?
- ¿Cómo realizo el diseño estructura para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022?
- 

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar un biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- calcular el consumo máximo diario para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento las aguas residuales de la población de Andarapa departamento de Apurímac, 2022.

- Describir el estudio topográfico para diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022.
- Describir el estudio de suelos del diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022?.
- Establecer el diseño hidráulico para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022.
- Establecer el diseño estructura para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022

#### **1.4** Justificación de la investigación

El informe de investigación tiene como Justificación social, resolver el problema generado en las poblaciones que no cuentan con un plan de saneamiento de aguas sanitarias y excretas provenientes de las viviendas en la población de Andarapa, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes debido a la desidia de sus gobernantes en ocuparse de aquellos lugares con poca población. Con esta mejora se intenta reducir las enfermedades estomacales y mejorar el bienestar de Andarapa, según lo refiere Mejía (2019) quien justifica los aportes sobre conocimientos en el tratamiento de aguas residual doméstica, para lograr beneficios para la sociedad que se encuentran en estados críticos de abandono sanitario.

Además cuenta con una Justificación económica, esta alternativa se ha planteado en el diseño del biodigestor en concreto armado reforzado con barras para tener conocimiento de los costos de la instalación del biodigestor para evitar hacer

inversiones costosa en materiales con el método tradicional, en la población de Andarapa, tal es el caso como lo plantea Bogarin y Antialon (2019), en su justificación económica que refiere que un biodigestor será una inversión menos costosa que la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de gran tamaño con un sistema de alcantarillados, ni con los buzones costosos y cuenta con las garantías que presentan las PTAR.

Como Justificación tecnológica, este trabajo de investigación permitió en contribuir con la tecnología actual en utilizar el biodigestor de concreto armado reforzado con barras para tratar las aguas sanitarias y de excretas provenientes de las viviendas en la población de Andarapa que ayudará a disminuir y aprovechar las aguas sanitarias e informar los avances tecnológicos a la población, como lo presenta Clavijo (2020) como justificación tecnológica ya que presenta la relevancia de una sustancia muy utilizada como agua, en la cual es imprescindible en la vida del planeta, por esa razón es la investigación de procedimientos, mecanismos, instrumentos, que permiten a recuperar y reciclar este recurso.

La Justificación ambiental, del presente proyecto es muy importante para el medio ambiente ya que utilizando el biodigestor de concreto armado reforzado con barra no contamina ni genera malos olores que según Castro y Flores (2019) presentaron como justificación ambiental en utilizar el biodigestor con el fin de disminuir los volúmenes y contaminantes que están presentes en los residuos generados por plantas de tratamiento (lodos), de tal manera al usar este método evitaría los malos olores y la producción de gases, tales como metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno que son gases responsables del calentamiento global que se generan en los sitios en donde se disponen estos lodos.

## **1.5 Delimitación de estudio**

En esta informe investigación fue con el objetivo de diseñar un biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas sanitarias del centro poblado Andarapa, departamento de Apurímac, 2022, utilizando la norma OS-090 en la red de alcantarillado. El método del informe de investigación se realizó con un enfoque del modelo de investigación transversal, en donde por medio de la observación y una herramienta diseñada para la toma de datos, se observaron las aguas sanitarias de la población de Andarapa. El problema que se plantea es que la población de Andarapa cuenta con un biodigestor para el tratamiento de las aguas sanitarias, ocasionando contaminación en lo cual influye en la salud de la población por lo que se diseñó un biodigestor de concreto armado reforzada con barras. Se realizaron los cálculos hidráulicos siguiendo la norma OS-090 para el diseño del biodigestor de concreto armado reforzado con barras, lo que dio como resultado:

## **1.6 Viabilidad del estudio**

### **1.6.1. Medios económicos.**

Para la presente investigación en el desarrollo de los siguientes componentes es viable de manera económica de acuerdo a los financiamientos indicados:

- Proyecto de tesis (asesoría) financiado bajo recursos propios.
- Recolección de datos (equipo de trabajo) financiado bajo recursos propios.
- Tratamiento de datos (especialista) financiado bajo recursos propios.
- Informe de tesis (asesoría) financiado bajo recursos propios.

### **1.6.2. Medios tecnológicos.**

Para la presente investigación en el desarrollo de la recolección y tratamiento de datos, se cuenta con los medios físicos tecnológicos viables como laptop y cámaras fotográficas, laboratorios ya realizaron ensayos, así mismo durante el desarrollo de la

investigación no se interviene con experimentos que pongan en riesgo la flora. La fauna, la calidad de suelos, los recursos hídricos y el aire, a fin de cumplir las consideraciones éticas pertinentes para las investigaciones.

### 1.6.3. Permisos.

Para el desarrollo de la recolección y tratamiento de datos, el acceso a la zona del, es de libre tránsito, existe una vía de ingreso vehicular de trocha por lo que no es necesario solicitar un permiso a la Municipalidad distrital de Andara para realizar el estudio.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

#### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

De esta investigación se desprenden una serie de trabajos previos que permitan respaldar la misma. Dentro de los antecedentes internacionales tenemos

**Maria Antonieta Sanchez Gongora 2016 Mexico**

**Evaluación integral de unbiodigestor de aguas residuales domésticas**

calcular y comprobar la factibilidad económica para instalar un biodigestor anaeróbico del tratamiento de las aguas sanitarias provenientes de los domicilios, de investigación el modelo descriptivo experimental que era viable tanto física como químicamente el tratamiento de las aguas residuales para reciclar en usos no potables, es decir que no se puede utilizare para los riegos pero si para recargar los recursos acuíferos.

En el prototipo diseñado se construyó y se puso en operación en forma exitosa, mejoró el proceso en forma sencilla logrando mantenimiento.

Los valores determinados y las observaciones pertinentes señalan a C-4 como el compartimiento donde se alcanzó el máximo de sedimentación y degradación de materia orgánica, recuperando un agua libre de sedimentos gruesos, los cuales se degradaron hasta generar un limo color gris – arena clara así como color ámbar para el efluente como resultado de la biodigestión

procedimiento constructivo de tanques biodigestores en la planta de tratamiento de aguas residuales de atotonilco

### **Jorge Armando Cruz León - México 2016**

#### **procedimiento constructivo de tanques biodigestores en la planta de tratamiento de aguas residuales de atotonilco**

presento su tesis con el objetivo de desarrollar un proceso constructivo para la fabricación de tanques. El proyecto de saneamiento para el Valle de México tiene como principales propósitos el solucionar los problemas de inundaciones que ocurren durante el periodo de lluvias en la zona urbana de este valle con las obras necesarias para complementar el sistema general de desagüe que regula y desaloja fuera de la Zona Metropolitana del Valle de México biodigestores utilizando las técnicas de cimbra deslizante, utilizando como metodología de investigación bajo el enfoque descriptivo, llegando a la conclusión que la construcción que con el método de cimbra se determinó los espesores de los muros siendo impermeable y hermético.

**Gómez y Marchen (2016),**

en su investigación, presento como objetivo de realizar varias alternativas ejecutando pruebas en el laboratorio de análisis fisicoquímico de los lodos de PTAR, utilizando como metodología de la investigación el método del tipo cuantitativo-descriptivo, analizando las pruebas de la caracterización físico-química realizada en los lodos, concluyendo que los residuos recolectados no pueden ser usado como materia prima para utilizarlo como abono, pero sin embargo si se podría usar como aditivo para la producción de abono orgánico, de igual manera los resultados del laboratorio, resultaron que las características del lodo son parecidos a las propiedades a las del suelo para aplicarlo lo cuales pueden emplearse como una biotecnología.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Dentro de los antecedentes nacionales se

**Mamani Nina Geder Alex ( 2017)**

#### **Evaluacion y propuesta de diseño sostenible e unidades basicas de saeamiento en la comunidad campesina de Karina – Chucuit - Puno**

realizó su tesis de grado con el objetivo de ejecutar de llevar a cabo una evaluación técnica de la Unidad Básica de Saneamiento (UBS) que se encontraba instalada anteriormente en la comunidad campesina de Karina para plantear una proposición de diseño mejorado de la UBS, utilizando las normas técnicas peruanas, objetivo realizar Se Su investigación estuvo basada en el método descriptivo, explicativo, analítico y deductivo, concluyendo que según las normas peruanas vigente y el resultado de la evaluación se pudo evidenciar que la UBS es obsoleta ya que un 25.68% de las UBS se

encuentra sin tubo de ventilación, ocasionando malos olores, pero la falta de tubo de ventilación no impide que ésta se use con normalidad en algunas viviendas.

**Mejía Martínez Elvis Yoel (2019)**

**Eficiencia de la adición de tres concentraciones de probióticos en la calidad microbiológica del effluente de agua residual doméstica rural tratada en biodigestores**

Mejía (2019) redactó tu tesis de grado que tuvo como objetivo de comprobar la eficiencia del tratamiento de las aguas sanitarias provenientes de los domicilios rurales tanto en biodigestores estándares, como en el resto de los biodigestores a los que se adicionarán concentraciones en progresión logarítmica de microorganismos llamados probióticos, utilizando como modelo de investigación dentro del enfoque cuantitativo, resultando que los residuos en 96 horas tuvo valores menores de 1000/100mL (NMP=150/100mL) con una pequeña disminución de pH y Temperatura, fijado por el DS-004-2017-MINAM y el DS-003-2010-MINAM, ocasionado por la exclusión competitiva en la que la población de probióticos que contienen la flora bacteriana buena, que genera una disminución de la población patógena, en este caso el grupo de coliformes fecales, concluyendo que el efecto que más se observó fue donde se le agregó 100 litros de microorganismos llamados probióticos, generando una eficiencia en la remoción de coliformes termo tolerantes presentes en el agua residual es del 94%, disminuyendo sus valores desde  $NMP \geq 2400/100mL$  hasta  $NMP=150/100mL$  siendo este valor ubicado por debajo de los Límites Máximos Permisibles según el DS 004-2017-MINA.

**Castro Abregú, Chuck Brian y Flores Brusil, Jose Eduardo Daisak (2019)**

## **Biogás a partir de lodos producidos en la Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de comas 2019**

Objetivo específico 3: Determinar el tiempo de biodegradación para la producción óptima de metano a partir de lodos generados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales del distrito de Comas, 2019

o el tipo de investigación de tipo aplicada ya que utilizará y aplicará conocimientos ya emitidos conforme con la autora VARGAS (2009). El uso de conocimiento y los resultados de investigación, se realizó con la finalidad de conocer de manera organizada la obtención de los resultados planteados

El diseño de investigación para este trabajo es Experimental de tipo Pre experimental ya que se establecerá inicialmente las características fisicoquímicas del lodo residual para luego ser sometido al digestor anaeróbico para la obtención de biogás donde por último se determinará la producción del biogás.

### **conclusión**

Se determinó las características microbiológicas de los lodos para la producción de biogás; entre las cuales se destaca la presencia de coliformes totales y fecales en altas concentraciones, lo que indican una rápida fermentación de la lactosa con producción de gas.

## **2.2 Bases teóricas**

En el marco de las bases teóricas se presentan las definiciones referentes a la calidad microbiológica de las aguas residuales que según Benites (2014) donde manifestó que los microorganismos están siempre presentes en el contenido del agua, siendo necesarias para la conformación de su núcleo o de su membrana y demás material orgánico de que está hecho el organismo. Al desinfectar el agua, los microorganismos se mueren o se inactivan temporalmente, pero al culminar la acción del agente desinfectante se crean nuevas condiciones para que nuevamente crecen y se multipliquen.

Con respecto al concepto del funcionamiento de los biodigestores Bogarin y Antialon (2019) manifestaron que el sistema para el tratamiento de aguas sanitarias primarias provenientes de los domicilios, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaeróbica de la materia orgánica, en donde el agua tratada se puede utilizar en un pozo de percolación llevando estas aguas a una zanja de infiltración en donde es aprovechado por el terreno como proceso de agricultura dependiendo de la zona, utilizando la permeabilidad del área.

En el marco de la teoría de utilizar los microorganismos para el tratamiento de las aguas sanitarias se basó en la definición de exclusión competitiva, en la cual, los microorganismos buenos tales como *Nitrobacter* sp, *Nitrosomonas* sp; *Lactobacillus* sp; *Saccharomyces* que estas enzimas proteolíticas se nutren de la materia orgánica contenidas en las aguas sanitarias dejando sin nutrientes a las coliformes termotolerantes, provocando la disminución de la población y su posible muerte por inanición, tal como lo afirman (Benites, 2014).

Tabla 1

*Clasificación de los terrenos según resultados de la prueba de percolación*

Clase de terreno	Tiempo de infiltración para el descenso de 1 cm
Rápidos	De 0 a 4 minutos
Medios	De 4 a 8 minutos
Lentos	De 8 a 12 minutos

*Nota.* Reglamento Nacional de Edificaciones

Para comprobar la textura del suelo Molera y Llitjós (1995) afirmaron que la textura del suelo es la proporción relativa masificada de los elementos de arenas, limos y arcillas, conformada por el terreno donde el porcentaje de estos elementos se mide con respecto a la tierra fina en que se muestra el suelo sin la fracción en donde las partículas superiores a 2 mm de diámetro, de acuerdo al porcentaje de arena, arcilla y limo que contiene cada porción de suelo analizado.

Para conocer a mayor profundidad se muestra a continuación los siguientes enfoques conceptuales:

Afluente:

Son las aguas sanitarias parcialmente tratadas, que entra a un depósito o estanque. (Bogarin y Antialon 2019).

Agente Contaminante:

Son las sustancias que suministradas a un cuerpo de agua provoca su deterioro físico, químico y biológico (Castro y Flores, 2019).

Agua Superficial:

Son todas las aguas naturales que están libres a la naturaleza, como los ríos, lagos, mares, humedales, entre otros (Clavijo, 2020).

Aguas Sanitarias:

Son todas las aguas que provienen de los domicilios y de las industrias que contiene todos los desechos domésticos o del procesamiento industrial, las cuales no se deben verter sin llevar primero un tratamiento en lagos o corrientes convencionales (Benites, 2014).

**Aguas Sanitarias Domésticas:**

Son las aguas provenientes de los domicilios de las personas (Cruz, 2016).

**Análisis Microbiológico del Agua:**

Son las pruebas que se hacen en los laboratorios a las muestras recolectadas de agua para detectar la presencia o ausencia de microorganismos, así como su tipo y cantidad (Delgado, 2017).

**Análisis Organoléptico del Agua:**

Se refiere a las características que tienen que ver con los sentidos del gusto, olfato y vista, de las sustancias que se encuentran flotando en la superficie del agua (Benites, 2014).

**Anaeróbico:**

Se refieren a los organismos que no necesitan del oxígeno para realizar su proceso bioquímico (Clavijo, 2020).

**Bacteria Coliforme:**

Son aquellas bacterias que indican que las aguas se encuentran contaminadas y que al ser introducidas en el cuerpo humano o de los animales, se alojan en los intestinos causando dolor, diarrea y fiebre (Benites, 2014).

**Coliformes Fecales:**

Bacterias en forma de bacilo que se adaptan en el tracto intestinal de los seres vivos y animales, y fermentan los lácteos en menos de 48 horas produciendo gases (Delgado, 2017).

Coliformes fecales y E. Coli:

Son bacterias que se presentan en el cuerpo de las personas y animales, los cuales han consumido aguas infectadas por heces fecales humanas o de animales (Delgado, 2017).

Cuerpo Receptor:

Es todo reservorio donde se echen las aguas residuales y que pueden variar de tamaño como las tuberías, arroyo, quebradas ríos lagos, de agua dulce o salada (Cruz, 2016)

Efluente:

Se dice de las aguas que provienen de un depósito o de la parte final o parcial de un tratamiento (Castro y Flores, 2019).

Lodos:

Es una masa conformada por bacterias en suspensión y organismos microscópicos que se alojan bajo condiciones aeróbicas y anóxicas que resulta del tratamiento del agua residual (Cruz, 2016).

Materia Orgánica:

Sustancias con estructura de carbono e hidrogeno que provienen de materiales vegetales y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno (Benites, 2014).

Muestreo:

Es el proceso de tomar una porción de un todo con la finalidad de analizarla su comportamiento luego de someterla a ciertas acciones y poder describir sus resultados (Bogarin y Antialon, 2019).

Pendiente:

En los sistemas de tuberías se conoce como pendiente la inclinación de los tubos o de la superficie del terreno donde se encuentran con respecto a una horizontal (Cruz, 2016).

Periodo de Retención:

Es aquel tiempo que tarda un tanque en vaciar su contenido a una velocidad determinada (volumen dividido por el gasto) (Bogarin y Antialon, 2019).

**Probióticos:**

Son microorganismos vivos que al ser ingeridos por el cuerpo humano proporcionan beneficios para la salud. Se utilizan en los procesos de saneamiento del agua, porque al ser incluidas en las aguas contaminadas se activan disminuyendo las poblaciones de coliformes (Julio et al. 2016).

**Sedimentación:**

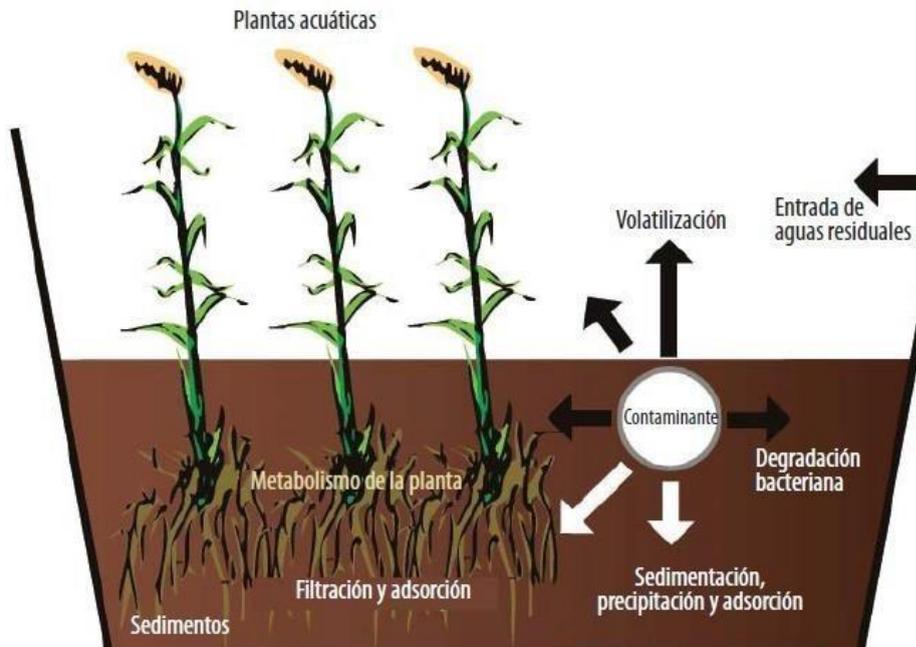
Ocurre al asentarse por medio de la gravedad u otro proceso natural o físico, la materia que se encuentra en la superficie o flotando en el agua (Clavijo, 2020).

**Humedal artificial de flujo subsuperficial:**

El humedal artificial es una cubeta de baja profundidad que esta rellena de arena o grava y con plantas resistentes a la saturación, a donde penetra el efluente proveniente del tratamiento primario y en donde las aguas fluyen a través de los sustratos alimentando al mismo tiempo de nutrientes a las plantas para que luego pueda ser vertida fuera del lugar como se muestra en la figura1 (ONU-Habitad, 2008).

**Figura 1**

## Mecanismos de remoción de contaminantes



*Nota.* Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos, (ONU, 2008).

### 2.3 Bases filosóficas

Un biodigestor trabaja con la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y domésticos (desechos vegetales, frutales, hojas, excrementos, etc.) y desechos de animales (bosta, guano etc.). Dentro de un biodigestor se genera un ambiente biológico activo que, por acción de microorganismos, desencadena una fermentación anaerobia, lo cual permite la producción de biogás, además de líquidos lixiviados que pueden ser utilizados como fertilizantes.

Al biodigestor se lo alimenta con los residuos orgánicos y agua y se lo inocula con bacterias metanogénicas que descomponen la materia orgánica y forman el metano. Una vez que se mezclan los residuos con el agua, el calor al interior del contenedor genera gases y las bacterias metanogénicas actúan. A partir de eso, y dependiendo del clima, de 15 a 40 días se puede aprovechar el biogás.

Una vez que se genera el metano se abren las llaves que conectan el biodigestor con una bolsa alterna para almacenarlo y posteriormente se conecta a una estufa o calentador de agua. También puede cargar pilas y celulares, ya que se trata de un generador de energía eléctrica.

## **2.4 Definición de términos básicos**

### **Zanjas de infiltración**

Las aguas grises y los efluentes provenientes del tratamiento primario en tanques sépticos u otros, requieren necesariamente de un tratamiento final, antes de su disposición al ambiente, ya que su carga orgánica y patógena aún no ha sido totalmente removida (Ministerio del ambiente, 2009).

### **Tanques Imhoff**

Esta instalación cuya concepción data de 1880, es una unidad de tratamiento primario que logra una mejor eficiencia que el tanque séptico en la remoción de materia orgánica. Es utilizado para poblaciones mayores a las admitidas por el tanque séptico. Consiste en un tanque que presenta dos compartimentos interconectados de modo tal que se facilita la sedimentación, se favorece la separación de la espuma y en el lecho inferior se da un proceso de digestión anaerobia de los sólidos. (Ministerio del ambiente, 2009).

### **Humedales artificiales**

Los humedales artificiales son filtros biológicos (biofiltros) de grava o piedra volcánica, sembrados con plantas de pantano, a través de los cuales circulan las aguas residuales pretratadas, mediante un flujo horizontal o vertical. (Ministerio del ambiente, 2009).

### **Lodos activados de aireación extendida.**

Los lodos activados son una tecnología de amplia aplicación a nivel mundial.

Los lodos activados de aireación extendida son una variación del proceso convencional de lodos activados, que básicamente convierte, gran porcentaje de la materia orgánica del efluente, en partículas sólidas, aglutinadas. Como muestra la figura 2.25, el agua residual ingresa a un proceso de pretratamiento, conformado por rejillas o tamices y desarenadores, para la separación física de los sólidos gruesos y finos, y opcionalmente aceites y grasas, en una trampa de grasas (Ministerio del ambiente, 2009).

### **Lagunas de estabilización**

Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de las aguas residuales, mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas y bacterias aeróbicas) y la materia orgánica contenida en esa agua (Ministerio del ambiente, 2009).

### **Digestión Anaeróbica**

La digestión anaeróbica es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. En este proceso, la materia contenida en los lodos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para el tratamiento de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales alternativas tecnológicas. Figura N° 2.62: Biodigestor tipo chino. Este proceso se lleva a cabo en un reactor herméticamente cerrado, de forma continua e intermitente, y la materia permanece en su interior durante periodos variables (Ministerio del ambiente, 2009).

### **Lecho de Secado**

En el lecho de secado, los lodos que suelen tener alto contenido de agua, son vertidos a una superficie acondicionada, donde son expuestos al ambiente. Este procedimiento permite que con el tiempo se de la deshidratación y pérdida de agua contenida en las partículas solidas, formándose una capa superior dura, que inicialmente impide la evaporación de agua en las capas inferiores. Sin embargo, progresivamente, los lodos empiezan a formar grietas, facilitando el secado de las capas inferiores, hasta formar lodos secos, que facilitan su disposición final. En zonas de alta precipitación es recomendable añadir a la estructura un techo de protección que evite que el agua de lluvia ingrese al área destinada al lecho de secado (Ministerio del ambiente, 2009)

## **2.5 Hipótesis de la investigación**

No existe Hipótesis porque es una investigación descriptiva y solo vamos a describir el diseño de un Biodigestor

## **2.6 Operacionalización de variables**

### **2.6.1 Variable**

**2.6.1.1 Biodigestor.** Es un depósito cerrado, que utiliza un método para el saneamiento de las aguas servidas y puede ser fabricado en concreto armado reforzado con barras, diseñado bajo la Norma IS.020. Su función anaeróbica permite el tratamiento de las aguas residuales domésticas y excretas de las viviendas para su posterior eliminación que va a un pozo de percolación o zanja de infiltración (Ministerio de Vivienda de Saneamiento Ambiental, 2018)

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1 Tipo de investigación.**

Aplicada, “se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (Carrasco, 2006)

##### **3.1.2 Nivel de investigación.**

Descriptivo, “nos dice y refiere sobre las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, en un momento y tiempo histórico concreto y determinado” (Carrasco, 2006).

Explicativo, “el investigador conoce y da a conocer las causas o factores que han dado origen o han condicionado la existencia y naturaleza del hecho o fenómeno en estudio” (Carrasco, 2006)

### **3.1.3 Diseño de investigación.**

No experimental, “cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional, y no poseen grupo de control, ni mucho menos experimental” (Carrasco , 2006).

Basado en el tipo transeccional o transversal, “para realizar estudios de investigación de hechos y fenómenos de la realidad, en un momento determinado del tiempo” (Carrasco, 2006).

Así mismo, bajo un diseño transeccional o transversal descriptivo, “para analizar y conocer las características, rasgos, propiedades y cualidades de un hecho o fenómeno de la realidad en un momento determinado del tiempo” (Carrasco, 2006)

### **3.1.4 Enfoque de investigación.**

Cuantitativo, “son las que sus valores al ser medidos pueden expresarse numéricamente y en diversos grados” (Carrasco, 2006).

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población**

La población, “es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación” (Carrasco, 2006).

Para la presente investigación, la unidad poblacional está dada Andarapa está en el distrito de Andahuaylas ubicada en Apurímac, en el sur del Perú y tiene una población de 5 459 habitantes según el censo del año 2017 y el problema existente es que el 44.5% de las viviendas no tienen servicio de saneamiento. De acuerdo a los cálculos esta población esta dada por el diseño de un biodigestor.

### **3.2.2 Muestra**

La muestra, “parte o fragmento representativo de la población cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población” (Carrasco, 2006).

.  
. La toma de la muestra de esta investigación es la misma de la población el diseño de un biodigestor.

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

La principal técnica que se utilizó para la recolección de datos en esta investigación fue la técnica de observación, donde mediante la observación se hizo un diagnóstico situacional para la elección los lugares y puntos de muestreo, donde la técnica de muestreo para cada parámetro fue la muestras simples o puntuales.

### **3.4 Técnicas para el procedimiento de la información**

La técnica empleada en esta investigación fue la observación directa de la localidad Andarapa utilizando para este propósito el instrumento diseñado como ficha de observación de campo y para la información secundaria se utilizaron las Normas del R.N.E y Parámetros Urbanísticos.

Realizar el padrón beneficiario de localidad de Andarapa

Constatara el lugar donde se propone el proyecto

Buscar informaciones sobre diseño de un biodigestor

**tabla 2***Matriz de operacionalidad*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual.</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas e instrumentos</b>
<b>Biodigestor de concreto armado reforzado con barras</b>	Un biodigestor es una máquina que transforma la biomasa en gas metano y abono, mediante una digestión anaeróbica. En el diseño se considera una cámara decarga y mezcla, una cámara de digestión, el purificado del biogás y una cámara de almacenamiento (Taipe, 2019)	El biodigestor, digestor de desechos orgánicos o digestor, es básicamente un depósito sellado de forma hermética, en donde los desechos se tratan por medio de un proceso llamado biodigestión, que se realiza sin presencia de oxígeno, es decir, de forma anaerobia. Este depósito puede ser de materiales como ladrillo o plástico, y de formas como rectangular, cilíndrica, o una mezcla de ellas (Loa, 2022)	D1. Consumo máximo diario  D2. Estudio Topográfico  D3. Estudio de Suelos  D4. Diseño Hidráulico  D5. Diseño Estructural	d1. Lt/s ( población futura).  d2.1Curvas de nivel d2.2Perfil Longitudinal d2.3Secciones transversales  d3.1Granlometria d3.2 Limite de consistencia d3.3Densidad de humedad  d4.1 Rejillas d4.2 Desarenador d4.3 Caudal d4.4Canale y tuberías  D5.1Diseño D5.2 Normativa	d1.Hoja de cálculo  d2.Nivel de estación total  d3.1 mallas d3.2 copa, baño d3.3 Proctor Modificado  d4. Hoja de calculo  d5.1 Análisis comparativo

### 3.5 Procedimiento

Para iniciar este trabajo de investigación se realizó la delimitación del pueblo de Andarapa conociendo su ubicación en el territorio nacional.

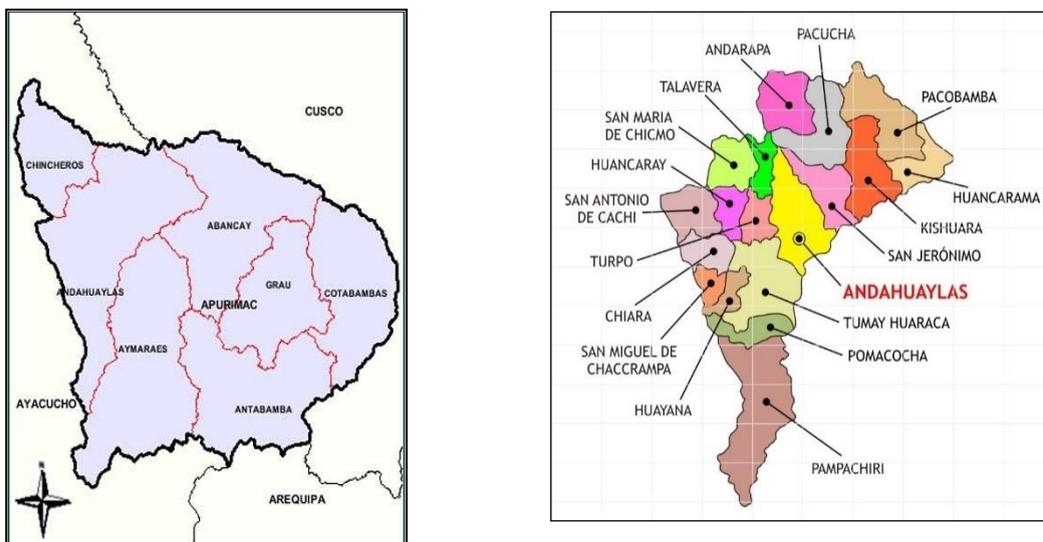


Figura 2. Mapa geopolítico de Apurímac

Fuente: [http://www.perutoptours.com/index03ap\\_mapa\\_de\\_apurimac.html](http://www.perutoptours.com/index03ap_mapa_de_apurimac.html)



Figura 3. Imagen de la población de Andarapa.

Fuente: <https://www.facebook.com/AndarapaCompromisoDeTodos/>

Luego se realizó el reconocimiento de la zona de estudio mediante el análisis descriptivo. Como primer paso se empleó la técnica de observación, la cual es una herramienta esencial para poder identificar la situación actual de Andarapa.



Figura 4. Visita de campo.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se recopiló información a través de fuentes existentes, tales como de la Municipalidad, INEI, entre otros.

**Tabla 3.**  
*Censo de 1993 y 2007.*

Población Provincial	Año del Censo	Población	Tasa de Crecimiento %
Dist.Andarapa	1993	7556C	
Dist.Andarapa	2007	6441	-1.13%
			98.87%

Fuente: Elaboración propia según INEI – IX Censo de Población y IV de Vivienda 1993 y 2007

De igual manera, se realizaron los cálculos hidráulicos y técnicos respecto al biodigestor. Asimismo, mediante el agrupamiento y análisis de datos obtenidos se

procedió y se analizó la información en función de Parámetros Urbanísticos establecidos por las Normas Técnicas Peruanas y el RNE donde posteriormente se elaboró planos arquitectónicos y estructurales del biodigestor, utilizando programas como: AutoCAD.

Finalmente se realizó el procesamiento de costos y presupuestos considerando costos basados en CAPECO y el reglamento Nacional de metrado, a través del software AutoCAD y Excel.

### **3.5.1 Bases de diseño del biodigestor**

#### **a). Población Futura.**

Para el cálculo de la población futura se obtuvo primeramente la cantidad de habitantes suministrado por la municipalidad de Andarapa, para después calcular la densidad de la población utilizando la norma OS.100 en su ítem 1.3, y luego determinar la población de diseño en un periodo determinado, establecido por la norma OS.090 en su ítem 4.3.9. Esta norma dice que los periodos de diseño se deben considerar entre 20 y 30 años, por tal motivo este informe de investigación optó por el periodo de 20 años. Para encontrar la tasa de crecimiento y la población futura se usaron la data de los censos de los años 2007 y 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (Anexo 3) y las siguientes formulas:

- Método geométrico.

$$r = \left( \frac{P_a}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Donde:

r = crecimiento anual promedio

Pa = población actual

Pi = población inicial

n = tiempo transcurrido

- Método racional.

$$c = \frac{r \cdot t}{n}$$

Donde:

c = crecimiento anual promedio

n = tiempo transcurrido

#### **Tabla 4**

*Cálculo del r.t*

<b>AÑO</b>	<b>Pa (hab)</b>	<b>t (años)</b>	<b>P= Pf-Pa</b>	<b>Pa.t</b>	<b>r=P/(Pa.t)</b>	<b>r.t</b>
------------	-----------------	-----------------	-----------------	-------------	-------------------	------------

**total**

Fuente: Elaboración Propia

- Método geométrico

$$P = P_0 * r^{(tf-t_0)}$$

Donde:

P: población a calcular

Po: población actual

r: crecimiento anual promedio

(tf-to): periodo de diseño

- Método racional.

$$P = P_o * (1 + c * t/100)$$

Donde:

P: población a calcular

Po: población actual

c: crecimiento anual promedio

t: periodo de diseño

#### **b) Caudales de diseño**

Para calcular esta variable se deben tomar en consideración la población futura y las estructuras adicionales de la población de Andarapa, así como los datos del gasto por persona en las zonas rurales, la cual fue obtenida por medio de GASS. Para la obtención de la dotación tanto para la población futura como para las estructuras adicionales, se utilizaron las normas técnicas de diseño correspondientes a los sistemas de saneamiento en zonas rurales, así como la norma IS-010: instalaciones sanitarias para edificaciones. Paso seguido se realizaron los cálculos para hallar el caudal medio diario anual ( $Q_m$ ) utilizando la formula siguiente:

$$Q_m = \frac{P_f \times \text{Dot}}{86400} \times \% \text{Ctr}$$

Donde

$Q_m$ : caudal medio

*Pf*: población futura

*Dot*: dotación

*%Ctr*: coeficiente de retorno

Utilizando la norma OS.070 del anexo A.8 se calculan los caudales de diseño tomando en cuenta los valores guías de coeficientes: coeficiente de retorno (C) de 0.8, coeficiente del caudal máximo diario (k1) de 1.2, el coeficiente del caudal máximo horario (k2) de 1.8 a 2.5 para este informe de investigación se tomó el valor del coeficiente del caudal máximo horario (k2) de 1.8 y el caudal mínimo horario (k3) de 0.5.

### c) Estructuras de tratamiento preliminar

- Medidas de la cámara de rejas

Para este diseño se tomaron los parámetros de la Norma OS.090 (2022) en su ítem 5.3.1 y para su cálculo, el procedimiento de la memoria descriptiva de Aguilar, (2018), donde se especifica que las fórmulas a utilizar para calcular las dimensiones de los componentes de la cámara de rejas son las siguientes:

**Tabla 5**

*Fórmula para el cálculo de eficiencia de barras*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$E = \frac{a}{(a + e)}$	Separación entre barras	a:	Eficiencia de las barras de criba
	Espesor de las barras	e:	
	Eficiencia	E:	

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 6**

*Fórmulas para el cálculo del canal de cribas/rejas*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Au = \frac{Qmh}{Vr * 1000}$	Caudal máximo horario	Qmh :	Área útil del canal
	Velocidad en las barras	Vr :	
	Área útil	Au:	
$Ac = \frac{Au}{E}$	Área del canal	Ac :	Área del canal de criba
$Ymax = \frac{Ac}{B}$	Ancho del canal	B :	Tirante máximo del canal
	Tirante máximo	Ymax :	
$Rh = \frac{Ac}{2Ymax + B}$	Radio hidráulico	Rh :	Radio hidráulico del canal
$S = \left( \frac{Qmh * n}{Ac * Rh^{2/3}} \right)^2$	Coef. De rugosidad del canal	N :	Pendiente del canal de criba
	Pendiente del canal	S :	
$Vc = \frac{Qmh}{Ac}$	Velocidad en el canal	Vc:	Correcta RNE OS.090
$R = \frac{Qmin * n}{S^{1/2} * B^{8/3}}$	Caudal mínimo	Qmin:	Radio hidráulico mínimo del canal
	Radio hidráulico	R:	
$Ymin = 0.093 * B$	Tirante mínimo	Ymin:	Tirante mínimo del canal
$Amin = Ymin * B$	Área mínima	Amin:	Área mínima del canal
$Vmin = \frac{Qmi}{Amin}$	Velocidad mínima	Vmin:	Velocidad mínima del canal

$N = \frac{(B - a)}{(e + a)}$	Numero de barras	N :	Numero de barras para la criba
-------------------------------	------------------	-----	--------------------------------

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 7**

*Fórmulas para el cálculo de la pérdida de cargas en las rejillas*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Hv = \frac{Vr^2}{2g}$	Velocidad en las barras	Vr :	Pérdida de energía en la rejilla
	Gravedad	g:	
	Pérdida de carga	Hv :	
$Hr = k * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{3}{4}} * Hv * \sin\theta$	Factor de sección rectangular de barra	K:	Pérdida de carga total en la rejilla
	Espesor de la barra	e:	
	Separación entre barras	a:	
	Angulo de inclinación de la barra	$\theta$ :	
	Pérdida de carga	Hr :	
$V'r = \frac{Vr}{t}$	Velocidad en las barras	Vr :	Velocidad en las rejillas con un 50% de obstrucción
	% De obstrucción en rejillas	t :	
	Velocidad en las barras	V'r :	
$Hf = \frac{\left(\frac{V'r^2 - Vr^2}{2g}\right)}{0.70}$	Gravedad	g:	Pérdida de carga total en la rejilla
	Pérdida de carga final	Hf :	
Pérdida de carga elegida entre (Hr, Hf) es el mayor valor		Ht :	Pérdida de carga final

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 8**

*Fórmula para el cálculo de la altura de las rejas*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$H = Y_{max} + BL$	Tirante máximo del canal	Ymax:	Altura útil de la reja
	Borde libre del canal	BL :	
	Altura de la reja	H:	

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 9**

*Fórmulas para el cálculo de la longitud de las rejas*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$L = \frac{H}{\text{Sen}\theta}$	Altura de la reja	H :	Longitud de la reja
	Angulo de inclinación	$\theta$ :	
	Longitud	L :	
$Ph = \frac{H}{\text{Tan}\theta}$	Proyección horizontal	Ph :	Proyección Horizontal de la reja

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 10**

*Fórmula para el cálculo de la zona de transición*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$L = \frac{(B - \phi)}{2 * \text{Tan}(\theta)}$	Ancho del canal	B :	Longitud de zona de transición
	Diámetro de tubería de entrada	$\phi$ :	
	Angulo de dirección	$\theta$ :	
	Longitud	L :	

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 11***Fórmula para el cálculo del material de cribado*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Mtc = Qmh * Mc * 86400$	Caudal máximo horario	Qmh :	Longitud de zona de transición
	Cantidad de material cribado de tabla Norma OS.090	Mc :	
	Material cribado	Mtc :	

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 12***Fórmula para el Cálculo del vertedero de salida*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Hv = \left( \frac{Mc}{1.838 * B} \right)^{2/3}$	Cantidad de material cribado de tabla	Mc:	Longitud de zona de transición
	Ancho del canal	B :	
	Altura del vertedero	Hv :	

Fuente: (Aguilar, 2018)

### 3.5.2 Medidas del desarenador

Para diseñar el desarenador se tomaron los parámetros de la NORMA OS.090 (2022) en su ítem 5.3.2 y para realizar el procedimiento de los cálculos se hizo con el procedimiento de la memoria de cálculo de la tesis Aguilar (2018), las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del desarenador fueron las siguientes

**Tabla 13***Fórmulas para el cálculo del ancho y altura del desarenador.*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
---------	-------------	------	-----------

$A = Qmh/Vh$	Caudal máximo horario	Qmh :	Área del canal del desarenador
	Velocidad de horizontal	Vh :	
	Área del canal	A :	
$A = 1.5 * B^2$	Ancho del canal Ancho del canal recomendable	B : B :	Ancho del canal de desarenador
$H = 1.5 * B$	Altura del canal	H :	Altura útil del canal

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 14**

*Fórmulas para el cálculo de la longitud del desarenador*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Tr = H / Vs$	Altura del canal	H :	Tiempo de retención
	Velocidad de sedimentación	Vs :	
	Tiempo de retención	Tr :	
$L = Tr * Vh$	Velocidad horizontal	Vh :	Longitud teórica del desarenador
	Longitud Teórica	L :	
Según la norma se adiciona un 25% de longitud cada lado del desarenador RNE OS.090			
$Lf = 125\% * L$	Longitud final	Lf:	Longitud final

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 15**

*Fórmulas para el cálculo de la pendiente del canal*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Rh = \frac{Ac}{(2Y + B)}$	Area del canal	Ac:	Radio hidráulico horizontal
	Altura del canal	Y =H:	
	Ancho del canal	B :	
	Radio hidráulico	Rh :	
$Vh = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$	Coefficiente de rugosidad	n :	Pendiente del canal del desarenador
	Velocidad de horizontal	Vh :	
	Pendiente del canal	S :	

Fuente: (Aguilar, 2018)

**Tabla 16**

*Fórmula para el cálculo de la longitud de la zona de transición*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Ls = \frac{Bt - B}{Tan\phi}$	Ancho total de desarenador	Bt:	Longitud de zona de transición
	Ancho de canal de ingreso	B:	
	Angulo de inclinación	$\theta$ :	

Fuente: (Aguilar, 2018)

### 3.5.3 Estructuras del tratamiento primario

#### a) Medidas del sedimentador del tanque Imhoff.

Para encontrar las medidas del sedimentador del tanque Imhoff se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en la NORMA OS.090 (2022) en su ítem 5.4.2 y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo de la tesis Aguilar (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del tanque Imhoff fueron las siguientes:

**Tabla 17**

*Fórmulas para el cálculo de un sedimentador*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$As = \frac{Qd}{Cs}$	Caudal de diseño	Qd :	Área unitaria del sedimentador
	Número de sedimentadores	NS :	
	Carga superficial	Cs :	
	Área del sedimentador	As :	
$Vs = Qd * R$	Periodo de retención	R :	Volumen unitario del sedimentador
	Volumen del sedimentador	Vs	
$B=As/L$	Ancho unitario del sedimentador	B :	Dimensiones del sedimentador
$L=As/B$	Largo unitaria del sedimentador	L :	
$H1 = (B/2) * \tan\beta$	Angulo de inclinación	$\beta$ :	Altura uno
	Altura uno del sedimentador	H1 :	
$V1 = H1 * L * B/2$	Volumen uno del sedimentador	V1 :	Volumen uno
$H2 = (V-V1)/(L*B)$	Altura dos del sedimentador	H2 :	Altura dos
$HT = H1 + H2 + BL$	Borde libre	BL :	Altura total del sedimentador
	Altura del sedimentador	HTs :	

Fuente: (Aguilar, 2018)

#### b) Medidas de la zona de espumas del tanque Imhoff.

Para encontrar las medidas de la zona de espumas del tanque imhoff se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en la NORMA OS.090 (2022) en su ítem 5.4.2 y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo de la tesis Aguilar (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del tanque imhoff fueron las siguientes:

**Tabla 18**

*Fórmulas para el cálculo de la zona de espumas*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
---------	-------------	------	-----------

$Alt = 30\% * At$	Área libre total de digestión	Alt:	Área libre total de zona de digestión
$Ast = As * NS$	Área total de sedimentación	Ast :	Área total de tanque imhoff
$At = Ast / 70\%$	Área total de tanque imhoff	At :	
$Alt = L * alt$	Longitud	L :	Ancho total del digestor
	Ancho total de área libre	alt :	
$altu = alt / ND$	Numero de digestores	ND :	Ancho unitario del digesto
	Ancho unitario de área libre	altu:	
Teniendo en cuenta que ancho de área libre mínima es 1.00 m		altu:	Ancho unitario corregida
$At' = (ND * altu + (ND + 1) * ec + NS * B) * L$	Espesor de concreto	ec :	Nueva área total del tanque imhoff
	Área total nueva	At' :	
$Alt' = ND * altu * L$	Nueva área libre total	Alt' :	Nueva área libre total
Se debe cumplir la siguiente condición $At' > 30\%$		At' :	Ok

Fuente: (Aguilar, 2018)

### c) Medidas de la cámara de digestión del tanque Imhoff.

Para encontrar las medidas de la cámara de digestión tanque imhoff se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en la NORMA OS.090 (2022) en su ítem 5.4.2 y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo de la tesis Aguilar (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del tanque imhoff fueron las siguientes:

**Tabla 19**

Fórmulas para el cálculo de la zona de digestión

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Tal'' = Tal * f$	Tasa de acumulación de lodos	Tal:	Nueva tasa de acumulación de lodos
	Factor de capacidad relativa	f:	
	Nueva tasa de acumulación de lodos	Tal'':	
$Vd = Tal'' * Pf$	Población al año 20	Pf :	Volumen total de tanque de digestión
	Volumen de tanque de digestión	Vtd :	
$Vtdu = Vtd / (N * n)$	Número de tanque Imhoff	N:	Volumen unitario de cada tolva
	Número de tolvas consideradas	n:	
	Volumen de cada tolva	Vtdu:	
$ausd = (Ns * B) + ((Ns + 1) * altu)$	Número de sedimentadores	Ns:	Ancho útil de zona de digestión
	Ancho del sedimentador	Bs:	
	Ancho de área libre unitaria	altu:	
	Ancho útil de zona de digestión	ausd:	
$atsd = auss + N^2 * am$	Número total de muros	N°:	Ancho total de zona de digestión
	Ancho de cada muro	am :	
	Ancho total de zona de digestión	atsd:	
$Abp = (L/n) * atsd$	Longitud de sedimentación	Ls:	Área de la base de tolva
	Área base de la pirámide	Abp:	
$h3 = (atsd * \tan(\alpha) / 2)$	Ángulo de inclinación	$\alpha$ :	Altura de la tolva
	Altura de la tolva	h3 :	
$V3 = Abp * (h3 / 3)$	Volumen de la tolva	V3:	Volumen de la tolva
$V4 = Vtdu - V3$	Volumen cuatro	V4 :	Volumen N°04
$h4 = V4 / Abp$	Altura N°04	h4 :	Altura N°04
Altura de lodo 0.50 m por debajo de sedimentador RNE		BI:	Borde libre
Altura total de tanque IMOHFF		HTd:	Altura total de tanque

Fuente: (Aguilar, 2018)

### 3.5.4 Estructura del tratamiento de lodos

#### a) Medidas del lecho de secado.

El diseño del lecho de secado se realizó tomando en cuenta la Norma OS-090 en su ítem 5.9.6 y para establecer los cálculos se siguió el procedimiento realizado en

la tesis Aguilar (2018) y las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes los del desarenador fueron las siguientes:

**Tabla 20**

*Fórmulas para el cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Ss = \frac{AP \cdot Pf}{86400 \cdot Qp} \times 1000$	Caudal promedio	Qp:	Sólidos suspendidos en el afluente
	Población futura	Pf:	
	Aporte per cápita (Ss) RNE	AP	
	Sólidos suspendidos en el afluente	Ss:	

Fuente: (Aguilar, 2018)

### b) Cálculo del sedimentador del lecho de secado

**Tabla 21**

*Fórmulas para el cálculo del sedimentador del lecho de secado*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$C = \frac{Qd \cdot Ss}{1000}$	Balanza de masa	Ss :	Carga de sólidos que ingresa al tanque imhoff
	Contribución Per cápita de sólidos	Cs:	
$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$	Masa de sólidos	Msd :	Masa de sólidos que conforma el lodo
$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} \times \left( \frac{\% \text{ sólidos}}{100} \right)}$	Volumen diario de lodos	Vld :	Volumen diario de lodos digeridos
$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$	Volumen de lodos a extraer	Vel :	Volumen de lodos a extraer del tanque Imhoff
$Als = \frac{Vel}{Ha}$	Área de lecho de secado	Als :	Área de lecho de secado
$Als_u = \frac{Als}{N}$	Área unitaria de lecho	Als_u:	Área unitaria de lecho de secado
$L = \frac{Als_u}{B}$	Ancho asumido de lecho	B:	Longitud calculada de lecho de secado unitario
	Longitud calculada	L:	

Fuente: (Aguilar, 2018)

### 3.5.5 Estructura de tratamiento secundario.

#### a) Medidas del humedal artificial.

Para diseñar el lecho de secado se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en la NORMA OS.090 (2022) en su ítem 4.3.6. y para realizar los cálculos se realizó con el procedimiento de la memoria de cálculo de la tesis Aguilar (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones del humedal artificial fueron las siguientes:

**Tabla 22**

*Fórmulas para encontrar el DBO5 del afluente del humedal artificial*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$DBO5_{TI} = \frac{AP \cdot Pf}{Qp} \times 1000$	Caudal promedio	Qp:	Demanda biológica de oxígeno del afluente del tanque imhoff
	Población futura	Pf:	
	Aporte per cápita (DBO5) RNE	AP	
	DBO5 del afluente del tanque imhoff	DBO5 <sub>TI</sub> :	
$DBO5_{HA} = DBO5_{TI} - (DBO5_{TI} \cdot R)$	Porcentaje de remoción tanque imhoff	R	Demanda biológica de oxígeno del afluente del humedal artificial
	DBO5 del afluente del humedal artificial	DBO5 <sub>HA</sub> :	

Fuente: (Aguilar, 2018)

**b) Medidas del humedal artificial.**

**Tabla 23**

*Cálculos del humedal artificial.*

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$t = \frac{As \cdot d \cdot n}{Qm}$	Cálculo de tiempo de retención hidráulico	t:	Cálculo de tiempo de retención hidráulico
$L = \frac{As}{W}$	Determinación de la longitud del humedal	L:	Determinación de la longitud del humedal
$As = \frac{Qm \cdot LN\left(\frac{Co}{Ce}\right)}{Kt \cdot d \cdot n}$	Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso	As:	Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso
$Qh = \frac{Qm}{As}$	Cálculo de la carga hidráulica aplicada	Qh	Cálculo de la carga hidráulica aplicada
$Se = \frac{1}{Qh}$	Cálculo del área o superficie específica	Se	Cálculo del área o superficie específica
$At = \frac{Qm}{Ks \cdot s}$	Cálculo del área transversal	At:	Cálculo del área transversal
$W = \frac{At}{d}$	Cálculo del ancho del pantano	w:	Cálculo del ancho del pantano
$Kt = K20x(1.6^{t-20})$	Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DB05	Kt:	Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DB05

1. Fuente: Manual de humedales artificiales OGC – MADRID – Programa de las

Naciones Unidas para los asentamientos humanos.

**3.5.6 Bases del diseño.**

**a) Generalidades**

Para calcular El Biodigestor se tomaron en cuenta los parámetros de las normas vigentes del RNE. Las normas que se utilizaron en este informe de investigación

fueron la norma OS.100, la norma OS.090, la norma OS.070, la norma IS.010. y la norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

**b) Población actual.**

La población de Andarapa tiene 1,078 viviendas (INEI, 2022), para poder calcular la cantidad de habitantes se tuvo en cuenta la densidad de 6 hab/viv, este parámetro está estipulado en la norma OS.100 del RNE.

**Tabla 24**

*Datos de la municipalidad de Andarapa*

<b>DATOS DE LA POBLACION DE ANDARAPA</b>	
Año de estudio	2022
Nº de viviendas	1,078
Densidad de la población según la norma OS.100	6
Población actual Andarapa	6,468
Periodo de diseño	20
Población	Andarapa
Distrito	Andarapa
Provincia	Andahuaylas
Region	Apurimac

Fuente: Municipalidad de Andarapa.

**c) Tasa de crecimiento.**

Para calcular la tasa de crecimiento se obtuvieron los datos de los censos realizados por el INEI en los años 2007 y 2017 (anexo 2). Especialmente la población de Andarapa no se hallaron información por lo cual se tuvo que trabajar con la data de

todo el distrito de Apurímac, aplicando los métodos de cálculo geométrico y el método racional y se utilizaron las fórmulas siguientes:

### Método geométrico

$$r = (Pa/Pi)^{1/n}$$

Donde:

r = crecimiento anual promedio

Pa = población actual= 508,966 (2017)

Pi = población inicial= 520,237 (2007)

n = tiempo transcurrido= 10 años

$$r=(508,966/520,237)^{1/10}$$

$$r= 1.00\%$$

### Método racional

$$r = r. t/n$$

Donde:

r = crecimiento anual promedio

n = tiempo transcurrido

**Tabla 25**  
*Cálculo del r.t*

AÑO	pa (hab)	t (años)	p=(pt-pa)	pa.t	r= p/(pa.t)	r.t
2007	520,237					
2017	508,966	10	11,271	5,089,660	0.0022	0.022

Fuente: Elaboración propia

$$r = 0.022/10$$

$$r = 0.22\%$$

**Tabla 26**

*Tasa de crecimiento.*

	Censo 2007	Censo 2017	Tasa metodo geometrico	Tasa metodo racional
Apurímac	520,237	508,966	1%	0.22%

Fuente: Elaboración propia

**c) Población de diseño.**

La población de diseño se calculó con dos modelos: el método geométrico y el método racional con las siguientes fórmulas:

**Método geométrico**

$$P = P_o * r^{(t_f - t_o)}$$

Donde:

P : población a calcular

P<sub>o</sub> : población actual

r : tasa de crecimiento

(t<sub>f</sub>-t<sub>o</sub>) : periodo de diseño

**Método racional.**

$$P = P_o * (1 + r * t/100)$$

Donde:

P: población a calcular

P<sub>o</sub>: población actual

r: tasa de crecimiento

t: periodo de diseñ

**Tabla 27**  
*Cálculo de la población futura.*

Periodo de diseño	Año	Pf metodo geometrico	Pf metodo racional
año base	2022	6,468	6,468
1	2023	6,533	6,482
2	2024	6,598	6,496
3	2025	6,664	6,511
4	2026	6,731	6,525
5	2027	6,798	6,539
6	2028	6,866	6,554
7	2029	6,935	6,568
8	2030	7,004	6,583
9	2031	7,074	6,597
10	2032	7,145	6,612
11	2033	7,216	6,626
12	2034	7,288	6,641
13	2035	7,361	6,655
14	2036	7,435	6,670
15	2037	7,509	6,685
16	2038	7,584	6,699
17	2039	7,660	6,714
18	2040	7,737	6,729
19	2041	7,814	6,744
20	2042	7,892	6,759

Fuente: Elaboración propia

Se escoge 7,892 habitantes como población para el diseño del Biodigestor

### **3.5.7 Dotaciones**

Para calcular la dotación del agua, se utilizó la norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (Ministerio de Vienda, 2018), en donde se indican los valores en la siguiente tabla.

*Tabla 28*  
*Dotación de agua según forma de disposición de excretas*

<b>Región Geográfica</b>	<b>Dotación - UBS sin arrastre hidráulico (L/hab. d)</b>	<b>Dotación - UBS con arrastre hidráulico (L/hab.d)</b>
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: (Ministerio de Vienda, 2018)

Ya que la población de Andarapa está ubicado en la sierra, entonces se asume una dotación de 80 litros/habitantes diarios.

### **3.5.8 Cálculo de caudales.**

#### **a) Caudal promedio de agua de consumo**

El caudal promedio se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{P_f \times \text{Dot}}{86400} \times \% \text{Ctr}$$

Donde

Q<sub>m</sub>: caudal medio

P<sub>f</sub>: población futura

Dot: dotación

%Ctr: coeficiente de retorno

Para calcular el agua potable y obtener el caudal de diseño de la red de alcantarillado se aplicó los criterios establecidos por la norma OS.070 en el

anexo A.8 el coeficiente de retorno C será de 0.80, para el caudal máximo diario K1 es de 1.30, para el caudal máximo horario es de 1,80 para este informe de investigación y para el caudal mínimo horario es de 0.50 l/s.

**Tabla 29**

*Cálculo del caudal promedio diario anual.*

Especificaciones	Consideracion	cant.	Unidad	Dotacion	Cantidad de agua (L/día)	Caudal promedio (L/s)
Poblacion		7,892	hab	80	631,360	6.923
Municipalidad	Oficinas	60	m2	6	360	0.004
Iglesia		250	m2	1,500	375,000	4.112
Posta medica	N° camas	10	cam	600	6,000	0.066
Colegio		300	alum	50	15,000	0.164
				total	1,027,720	11.269

Fuente: Elaboración propia + Excel

**b) Cálculo de los caudales de diseño.**

Para calcular el caudal promedio para redes de alcantarillado (Qp) se multiplico al caudal promedio de consumo (Qpc) por un coeficiente de retorno (C) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

$$Q_p = Q_{pc} * C$$

$$Q_p = 0.8 * 11.267 \text{ L/seg}$$

$$Q_p = 9.01 \text{ L/seg}$$

Para calcular el caudal máximo diario (Qmd) para redes de alcantarillado se multiplico al caudal promedio (Qp) por un coeficiente de retorno (k1) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Caudal máximo diario (Qmd)

$$Q_{md} = k_1 * Q_p$$

$$Q_{md} = 1.3 * 9.01 \text{ L/seg}$$

$$Q_{md} = 11.72 \text{ L/seg}$$

Para calcular el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) para redes de alcantarillado se multiplico al caudal promedio ( $Q_p$ ) por un coeficiente de retorno ( $k_2$ ) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ )

$$Q_{mh} = k_2 * Q_p$$

$$Q_{mh} = 1.8 * 9.01 \text{ L/seg}$$

$$Q_{mh} = 16.22 \text{ L/seg}$$

Para calcular el caudal mínimo horario ( $Q_{min}$ ) para redes de alcantarillado se multiplico al caudal promedio ( $Q_{pc}$ ) por un coeficiente de retorno ( $k_3$ ) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Caudal mínimo horario ( $Q_{mh}$ )

$$Q_{min} = k_3 * Q_{pc}$$

$$Q_{min} = 0.5 * 9.01 \text{ L/seg}$$

$$Q_{min} = 4.51 \text{ L/seg}$$

### **3.5.9 Estructuras del Tratamiento preliminar**

Para realizar un procedimiento de tratamiento preliminar de las aguas sanitarias provenientes de las viviendas de la población de Andarapa se diseñó una cámara de rejas y un desarenador, donde la cámara de rejas tiene la función de retener las partículas u objetos de gran tamaño y el desarenador tiene la función de retener partículas de arena, de tal manera que se pretende proteger la parte mecánica de las demás estructuras y garantizar el correcto funcionamiento del biodigestor para el tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 30***Datos de los caudales para el diseño del Biodigestor y demás elementos.*

Descripción	Dato	Cant.	Und	Fuente
Caudal promedio	Qp	9.01	l/s	Cálculo de caudales
Caudal maximo diario	Qmd	11.72	l/s	
Caudal maximo horario	Qmh	16.22	l/s	
Caudal minimo	Qmin	4.51	l/s	

Fuente: Elaboración propia

**3.5.10 Diseño de la cámara de rejillas****Tabla 31***Parámetros del diseño para la cámara de rejillas*

Descripción	Dato	Cant.	UND	Fuente
Forma de la barra rectangular	K:	2.42	*	Según KISCHMER
Espesor de la barra 5 - 15 mm	e :	1/4	pulg	RNE OS.090
Separación entre barras 20 - 55 mm	a :	1	pulg	RNE OS.090
Profundidad de las barras 30 - 75 mm	b:	1 1/2	pulg	RNE OS.090
Velocidad en las barras (0.60 - 0.75 m/s)	Vr :	0.70	m/s	RNE OS.090
Vel. antes de las barras (0.30 -0.60 m/s)	Vc :	0.60	m/s	RNE OS.090
Ang. de inclinación de las barras 45 - 60°	θ :	45	°	RNE OS.090
Gravedad	g :	9.81	m/s	Bibliografía
Coeficiente de rugosidad del canal	n:	0.013	*	Bibliografía

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 32***Criterios de diseño*

Descripción	Dato	Cant.	UND	Fuente
Ancho de canal	B:	0.50	m	Criterio propio

Diámetro de ingreso

$\Phi$  : 0.200 m

Dato de campo

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33**

*Cálculo de eficiencia de barras.*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Fuente
$E = \frac{a}{(a + e)}$	Separación entre barras	a :	1	pulg	Eficiencia de las barras de criba
	Espesor de las barras	e :	1/4	pulg	
	Eficiencia	E :	80	%	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34**

*Cálculo del canal de cribas/rejas*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Fuente
$Au = Qmh / (Vr * 1000)$	Caudal máximo horario	Qmh:	16.22	l/s	Área útil del canal
	Velocidad en las barras	Vr:	0.7	m/s	
	Área útil	Au:	0.023	m <sup>2</sup>	
$Ac = Au / E$	Area del canal	Ac:	0.03	m <sup>2</sup>	Área del canal de criba
$Ymax = Ac / B$	Ancho del canal	B:	0.5	m	Tirante máximo del canal
	Tirante Máximo	Ymax	0.06	m	
$Rh = Ac / (2Ymax + B)$	Radio Hidráulico	Rh:	0.05	m	Radio hidráulico del canal
$S = \left( \frac{Qmh * n}{Ac * Rh^{2/3}} \right)^2$	Coefficiente de rugosidad del canal	n:	0.013	*	Pendiente del canal de criba
	Pendiente del canal	S:	55.87	%	
$Vc = Qmh / Ac$	Velocidad en el canal	Vc:	0.56	m/s	Velocidad en el canal
$R = \frac{Qmin * n}{S^{1/2} * B^{8/3}}$	Caudal mínimo	Qmin	4.51	l/s	

	Radio hidráulico	R:	4.98037E-05	m	Radio hidráulico mínimo
$y_{min}=0.093*B$	Tirante mínimo	Ymin:	0.0465	m	Tirante mínimo
$A_{min}=Y_{min}*B$	Área mínima	Amin:	0.023	m <sup>2</sup>	Área mínima del canal
$V_{min}=Q_{min}/A_{min}$	Velocidad mínima	Vmin:	0.2	m/s	Velocidad mínima en el canal
$N=(B-a)/(e+a)$	Numero de barras	N:	15	und	Número de barras para la criba

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 35**

*Pérdida de cargas en las rejas*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Fuente
<b>Según Kirshner (Rejas Limpias)</b>					
$H_v = V_r^2 / 2g$	Velocidad en las barras	Vr	0.7	m/s	Pérdida de energía en la rejilla
	Grvedad	g:	9.81	m/s <sup>2</sup>	
	Perdida de carga	Hv	0.025	m	
$H_r = k * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{3}{4}} * H_v * \sin\theta$	Factor de seccion rectangular de barra	K:	2.42		Pérdida de carga total en la rejilla
	Espesor de la barra	e:	0.25	pulg	
	Separacion entre barra	a:	1	pulg.	
	Angulo de inclinacion de la barra	$\theta$	45	°	
	Perdida de carga	Hr	0.018	m	
<b>Según Metcalf-Eddy (Rejas obstruidas)</b>					
$V'r = \frac{V_r}{t}$	Velocidad en las barras	Vr:	0.7	m/s	Velocidad en las barras con 50% de obstruccion
	% de obstruccion en rejas	t	50%	%	
	Velocidad en las barras	V'r	1.4	m/s	
$H_f = \frac{(V'r^2 - V_r^2)}{0.70}$	Gravedad	g:	9.81	m/s <sup>2</sup>	Pérdida de carga total en la rejilla
	Perdida de carga final	Hf	0.11	m	
Pérdida de carga elegida entre (Hr;Hf) es el mayor		Ht	0.11	m	Pérdida de carga Final

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 36***Cálculo de la altura de las rejas*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$H=Y_{max}+BL$	Tirante máximo	Y <sub>max</sub> :	0.06	m	Altura útil de la reja
	Borde Libre	BL:	0.7	m	
	Altura de la reja	H:	0.76	m	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 37***Cálculo de la longitud de las rejas*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$L=H/\text{sen } \theta$	Altura de la reja	H	0.76	m	Longitud de la reja
	Angulo de inclinación	$\theta$	45	°	
	Longitud	L:	1	m	
$Ph=H/\text{Tan } \theta$	Proyección horizontal	Ph	0.47	m	Proyección horizontal de la reja

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 38***Cálculo de la zona de transición.*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$L=H/\text{sen } \theta$	Altura de la reja	H	0.76	m	Longitud de la reja
	Angulo de inclinación	$\theta$	45	°	
	Longitud	L:	1	m	
$Ph=H/\text{Tan } \theta$	Proyección horizontal	Ph	0.47	m	Proyección horizontal de la reja
$L=(B-\phi)/2*\text{tan}(\vartheta)$	Ancho del canal	B:	0.5	m	Longitud de zona de transición
	Diametro de la tubería de entrada	$\phi$	0.2	m	
	Angulo de dirección	$\vartheta$	12.5	°	
	Longitud	L:	-2.3	m	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 39***Cálculo del material de cribado*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$Mtc=Qmh*Mc*86400$	Caudal máximo horario	Q <sub>mh</sub>	0.01622	m <sup>3</sup> /s	cantidad de material cribado en la zona de transición
	Cantidad de material cribado	Mc:	0.023	lts/m <sup>3</sup>	
	Material cribado	Mtc	32.232384	Lts/día	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 40**

*Cálculo del vertedero de salida*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$H_v = \left( \frac{M_c}{1.838 * B} \right)^{2/3}$	Cantidad de material cribado	Mc:	0.023	l/m3	Altura de la zona de transición
	Ancho del canal	B:	0.5	m	
	Altura del vertedero	Hv:	0.09	m	

Fuente: Elaboración Propia

### Resumen del cálculo de la cámara de rejas

**Tabla 41**

*Canal de cribas*

Descripción	Cantidad	Unidad	Diámetro	Separación entre barras	Angulo de inclinación
Ancho de canal	0.5	m			
Pendiente de canal	55.87	%			
Numero de barras	15	uni	¼ pulg	1 pulg	45°
Tirante máximo	0.6	m			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 42**

*Pérdida de la cámara de rejas*

Descripción	Cantidad	Unidad
Perdida de cargas rejas limpias	0.018	m
Perdida de carga rejas obstruidas	0.11	m
Perdida de carga final	0.11	m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43***Altura y longitud de las rejas*

Descripción	Cantidad	Unidad	Diámetro	Separación entre barras
Borde libre	0.70	m		
Altura de las rejas	0.76	m	¼ pulg.	1 pulg
Longitud de las rejas	1	m	¼ pulg	1 pulg.
Proyección horizontal	0.47	m	¼ pulg	1 pulg.

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 44***Zona de transición*

Descripción	Cantidad	Unidad
Ancho del canal	0.5	m
Longitud del canal	2.3	m
Altura del vertedero	0.09	m

Fuente: Elaboración propia

**3.5.11 Diseño del desarenador.****Tabla 45***Parámetros del diseño para el desarenador*

Descripción	Dato	Cant	Und.	Fuente
Densidad relativa de la arena	Dr :	2.65	*	CEPIS
Diámetro de la partícula 0.50mm	Φ :	0.050	cm	RNE OS.090
Viscosidad cinética	b:	0.0115	cm <sup>2</sup> /s	CEPIS
Velocidad horizontal 0.30 + 20%	Vh :	0.30	m/s	RNE OS.090
Velocidad de sedimentación	Vs:	0.053	m/s	CEPIS
Tasa de remoción 40 -70 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	Gr :	70	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	RNE OS.090
Coefficiente de rugosidad del canal	n:	0.013	*	Bibliografía

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46**

*Criterios de diseño*

Descripción	Dato	Cant	Und.	Fuente
Ancho del canal de ingreso	B:	0.50	m	Cálculo de cámara de rejas
Temperatura del agua	T:	15	°C	(Aguilar, 2018)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47**

*Cálculo del ancho y altura del desarenador*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$A = Q_{mh}/V_h$	Caudal máximo horario	Q <sub>mh</sub> :	0.01172	m <sup>3</sup> /s	Area del canal del desarenador
	Velocidad horizontal	V <sub>h</sub> :	0.3	m/s	
	Area del canal	A:	0.04	m <sup>2</sup>	
	Ancho del canal	B:	0.5	m	
$A = 1.5 \cdot B^2$	Area del canal recoemndable	A:	0.375	m <sup>2</sup>	Area del canal del desarenador recomendable
$H = 1.5 \cdot B$	Altura del canal	H:	0.75	m	Altura util del canal

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 48**

*Cálculo de la longitud del desarenador*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$Tr = H/V_s$	Altura del canal	H:	0.75	m	Tiempo de retención
	Velocidad de sedimentacion	V <sub>s</sub>	0.05	m/s	
	Tiempo de retencion	Tr:	15.00	seg	
$L = Tr \cdot V_h$	Velocidad horizontal	V <sub>h</sub>	0.3	m/s	Longitud teórica del
	Longitud teórica	L:	4.5	m	
Según la norma se adiciona un 25% de longitud cada lado del desrenador (RNE OS.090)					
$L_f = 1.25 \cdot L$	Longitud final	L:	5.625	m	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 49***Cálculo de la pendiente del canal.*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$Rh = Ac / (2Y + B)$	Area del canal	Ac:	0.04	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico horizontal
	Altura del canal	Y=H:	0.75	m	
	Ancho del canal	B:	0.5	m	
	Radio hidráulico	Rh:	0.02	m	
$S = \sqrt{\frac{n * Vh}{Rh^2}}$	Coefficiente de rigosidad	n	0.013		Pendiente del canal del desarenador
	Velocidad horizontal	Vh	0.3	m/s	
	Pendiente de canal	S:	3.2	%	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50***Cálculo de la longitud de la zona de transición*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$Ls = (Bt - B) / \text{Tang} \phi$	Ancho total de desarenador	Bt:	1	m	Longitud de zona de transición
	Ancho del canal de ingreso	B:	0.5	m	
	Angulo de inclinacion	$\phi$	12.5	°	
	Longitud	L:	-7.522	m	

Fuente: Elaboración propia.

**Resumen del cálculo del desarenador.****Tabla 51***Ancho del desarenador.*

Descripción	Cantidad	Unidad
Ancho del canal	0.5	m
Altura del canal	0.6	m

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 52***Longitud y pendiente del desarenador.*

Descripción	Cantidad	Unidad
Longitud teórica	4.5	m
Longitud Final	7.52	m
Ancho total del desarenador	1	m
Pendiente	3.2	%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 53***Longitud de la zona de transición*

Descripción	Cantidad	Unidad
Ancho de canal de ingreso	0.5	m
Longitud	1	m

Fuente: Elaboración propia

**3.5.12 Estructuras del Tratamiento Primario.**

Se diseña la estructura para un tanque tipo Imhoff.

**3.5.13 Diseño del tanque Imhoff****Tabla 54***Parámetros del diseño del tanque Imhoff*

A PARAMETROS DE DISEÑO			
1.-	Población actual	6,468.00	n° lotes x4
2.-	Tasa de crecimiento (%)	1.00	
3.-	Período de diseño (años)	20.00	
4.-	Población futura	7,762.00	habitantes
5.-	Dotación de agua, l/(habxdía)	80.00	L/(hab x día)
6.-	Factor de retorno	0.80	
7.-	Altitud promedio, msnm	3,080.00	m.s.n.m.
8.-	Temperatura mes más frío, en °C	15.00	°C
9.-	Tasa de sedimentación, m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> xh)	1.00	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> x h)}
10.-	Periodo de retención, horas	2.00	horas
11.-	Borde libre, m	0.50	m
12.-	Volumen de digestión, l/hab a 15°C	70.00	L/hab a 15°C
13.-	Relación L/B (teorico)	8.00	
14.-	Espaciamento libre pared digestor al sedimentador, metros	1.00	m

15.- Angulo fondo sedimentador, radianes	60.00	
	1.05	radianes
16.- Distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos (zona neutra), m	0.50	m
17.- Factor de capacidad relativa	1.00	
18.- Espesor muros sedimentador,m	0.20	m
19.- Inclimación de tolva en digestor	30.00	(15° - 30°)
	0.52	radianes
20.- Numero de troncos de piramide en el largo	1.00	
21.- Numero de troncos de piramide en el ancho	1.00	
22.- Altura del lodos en digestor, m	1.60	m
23.- Requerimiento lecho de secado	0.10	m <sup>2</sup> /hab.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 55**  
*Parámetros del diseño de tanque Imhoff*

B	RESULTADOS	
24.- Caudal medio, l/día	496.77	m <sup>3</sup> /día
25.- Area de sedimentación, m <sup>2</sup>	20.70	m <sup>2</sup>
26.- Ancho zona sedimentador (B), m	1.60	m
27.- Largo zona sedimentador (L), m	12.80	m
28.- Prof. zona sedimentador (H), m	2.00	m
29.- Altura del fondo del sedimentador	1.39	m
30.- Altura total sedimentador, m	3.89	m
31.- Volumen de digestión requerido, m <sup>3</sup>	543.34	m <sup>3</sup>
32.- Ancho tanque Imhoff (Bim), m	4.00	m
33.- Volumen de lodos en digestor, m <sup>3</sup>	111.48	m <sup>3</sup>
34.- Superficie libre, %	0.50	
35.- Altura del fondo del digestor, m	1.15	m
36.- Altura total tanque imhoff, m	7.14	m
37.- Area de lecho de secado, m <sup>2</sup>	776.20	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 56***Cálculo de la zona de espumas.*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$Alt=30\%*At$	Area libre total de digestor	Alt:	17.39	m2	Area libre total de zona de digestor
$Ast=As*NS$	Area total de sedimentacion	Ats:	40.57	m2	Area total tanque inhoff
$At= Ast/70\%$	Area total de tanque imhoff	At:	57.95	m2	
$alt=Alt/L$	Longitud	L:	-7.52	m	Ancho total del digestor
	ancho unitario del area libre	alt:	-2.31	m	
$altu= alt/ND$	Numero de digestores	ND	2.00	und	Ancho unitario del digestor
	ancho unitario del area libre	altu:	-1.16	m	
$At':(ND-altu+(ND+1)*ec+NS*B)*L$	Espesor de concreto	ec:	0.30	m	Nueva area libre total del tanque imhoff
	Area total nueva	At':	27.45	m2	
$Alt': ND*altu*L$	Nueva area libre total	Alt':	17.4	m2	Nueva area libre total

Fuente: Elaboración propia

**Resumen del cálculo del tanque Imhoff.****Tabla 57***Dimensionamiento del sedimentador*

Descripción	Cantidad	Unidad
Ancho	5.4	m
Largo	7.52	m
Angulo de inclinación	60	°
Abertura en la arista central	0.20	m
Prolongación de unos de los lados	0.20	m
Altura 1	0.86	m
Altura 2	1.57	m
Borde Libre	0.50	m

Altura total	2.43	m
--------------	------	---

---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 58**

*Dimensiones de la zona de espumas*

---

Ancho	5.4	m
Largo	7.52	m
Angulo de inclinación	60	°
Abertura en la arista central	0.20	m

---

Fuente: Elaboracion propia

**Tabla 59**

*Dimensiones de la cámara de digestión*

---

Longitud	7.52	m
Ancho unitario de área libre	1	m
Ancho final de área libre	7.70	

---

Fuente: Elaboración propia

### **3.5.14 . Estructura de Tratamiento de lodos**

La estructura para el tratamiento de lodos fue diseñada según los lineamientos de la norma OS.090.

### 3.5.15 Diseño del lecho de secado.

Para obtener información de los sólidos en suspensión es conveniente analizar varias muestras del agua residual en un laboratorio certificado, en dado caso si no se cuenta con un laboratorio, entonces se realiza los cálculos de los sólidos en suspensión Ss, asumiendo que la población de Andarapa no cuente con un sistema de alcantarillado empleando las fórmulas siguientes:

**Tabla 60**  
*Cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente*

Fórmula	Descripción	Dato	Cant.	UND	Resultado
$Ss = Ap * Pf / Qp$	Caudal promedio	Qp	778.464	m3/dia	Demanda biológica de oxígeno del afluente del tanque imhoff
	Poblacion Futura	Pt	7,892	Hab	
	Aporte percapita (Ss)	AP	90	Ss	
	Solidos suspendidos en el afluente	Ss:	912.43	mg/l	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 61**  
*Datos del diseño del lecho del secado.*

Caudal promedio	Qp	778.464	m3/dia	Calculo de caudales
Altitud promedio de la zona	CT	2935	msnm	INEI
Temperatura promedio de la zona	T:	11	°C	(Aguilar, 2018)
Número de unidades de lecho de secado	N:	4	Und	Criterio tecnico

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62***Parámetros del diseño del lecho de secado*

Descripción	Dato	Cant.	UND	Fuente
Periodo de retención (4 a &)	Tr	5	Hrs	RNE OS 090 item 5.9.6.3
Contribución por cápita del solido	Cps:	90	gr/hab.dia	RNE OS 090 item 4.3.6.
Densidad de lodos digeridos (1.03 y 1.04)	Gsd:	1.04	Kg/l	RNE OS 090 item 5.9.6.2
% lodos digeridos primario (8% a 12%)	LDP:	8	%	RNE OS 090 item 5.9.6.2
Profundidad de aplicación (20-40)	Ha	0.3	m	RNE OS 090 item 5.9.6.3
Ancho de lecho de secado (3-6m)	B:	5	m	RNE OS 090 item 5.9.6.5
Periodo de digestión de lodo (4 a 8)	Td:	56	días	RNE OS 090 item 5.9.6.3

Fuente: Elaboración propia

**Resumen del cálculo del lecho de secado.****Tabla 63***Medidas del lecho de secado*

Descripción	Cantidad	Unidad
Ancho unitario	5	m
Longitud unitaria	3	m
Numero de sedimentadores	4	und
Espesor de los muros	0.20	m

Ancho total	6.60	m
Longitud total	10.60	m

---

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Método de análisis de datos.

Los datos recopilados de este trabajo de investigación se analizaron por medio del software Microsoft Excel y mostrados en tablas para posteriormente ser mostrados en planos realizados en Autocad.

### 3.7 Aspectos éticos.

Para la presente investigación se tomaron distintos aspectos éticos para así poder garantizar un adecuado desarrollo, asimismo se sustentó en el acatamiento de la ética investigativa, por ello los autores asumieron el compromiso de evidenciar los siguientes aspectos éticos: Respeto a la autoría, ya que se evidenciará el uso de las normas ISO para citar y referenciar la información obtenida mediante citas textuales; Honestidad, porque se tuvo el consentimiento de las personas involucradas en el estudio durante todo el proceso de recolección de información conservando el principio de confidencialidad.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Bases de diseño.

#### 4.1.1 Población Futura.

**Tabla 64**

*Población de diseño*

Periodo de diseño	Año	Pf método geométrico	Pf método racional
20	2042	7,762	6,759

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Caudales de diseño.

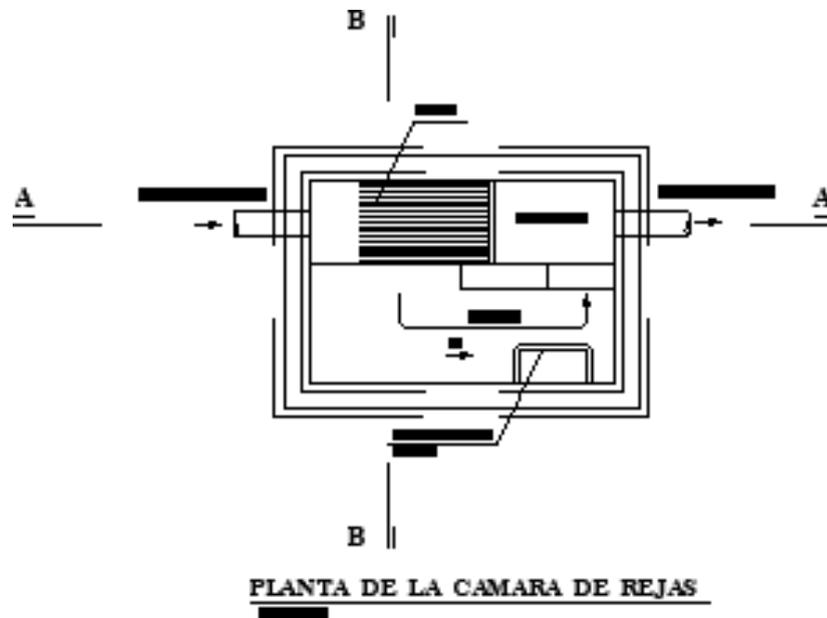
**Tabla 65**  
*Caudales de diseño del Biodigestor*

<b>Descripción</b>	<b>Dato</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Und.</b>	<b>Fuente</b>
Caudal promedio	Qp	9.01	l/s	
Caudal máximo diario	Qmd	11.72	l/s	
Caudal máximo horario	Qmh	16.22	l/s	Cálculo de caudales
Caudal mínimo	Qmin	4.51	l/s	

Fuente: Elaboración propia

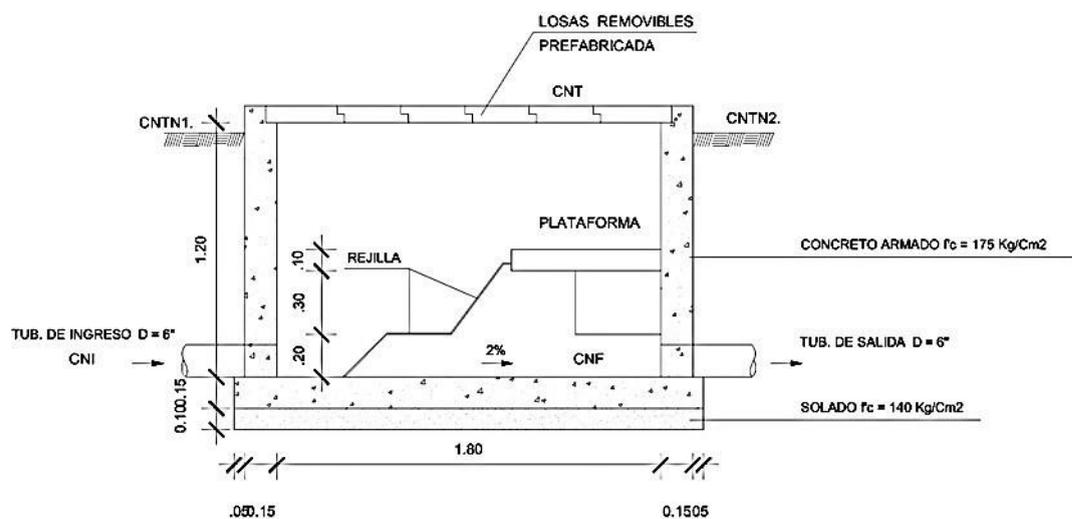
## 4.2 Estructuras del tratamiento preliminar.

### 4.2.1 Medidas de la estructura de la cámara de rejas.



**Figura 5.** Medidas de la estructura vista en planta de la cámara de rejas

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 6.** Medida de la estructura en perfil de la cámara de rejas.

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2.2 Medidas de la estructura del desarenador

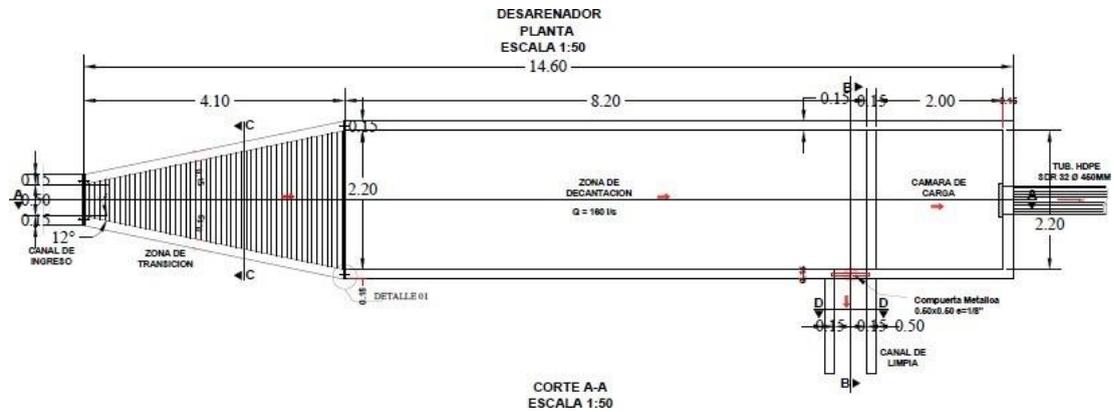


Figura 7. Medidas de la estructura vista en planta del desarenador.

Fuente: Elaboración propia.

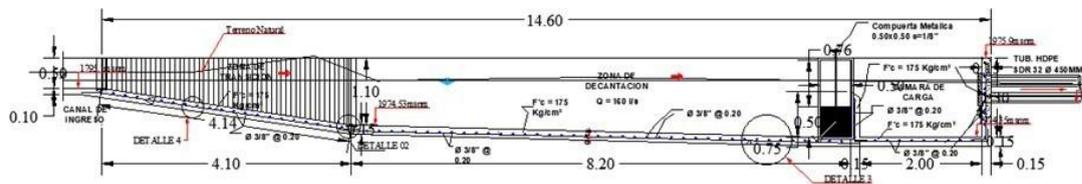


Figura 8. Medidas de la estructura vista en perfil del desarenador

Fuente: Elaboración propia.

## 4.3 Estructuras del tratamiento primario

### 4.3.1 Medidas del sedimentador del tanque Imhoff

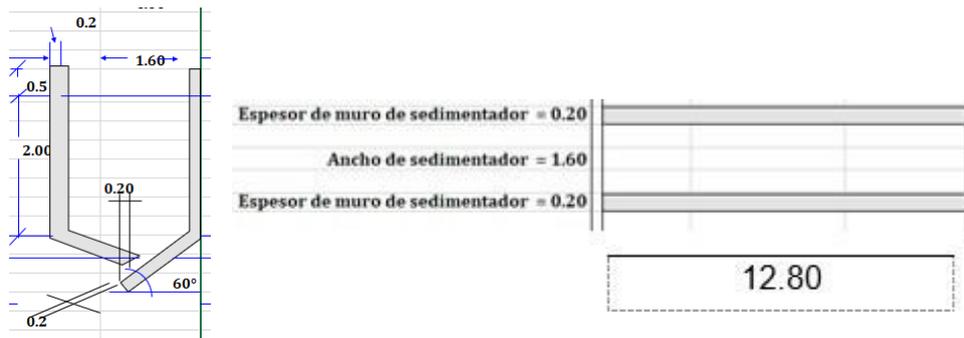
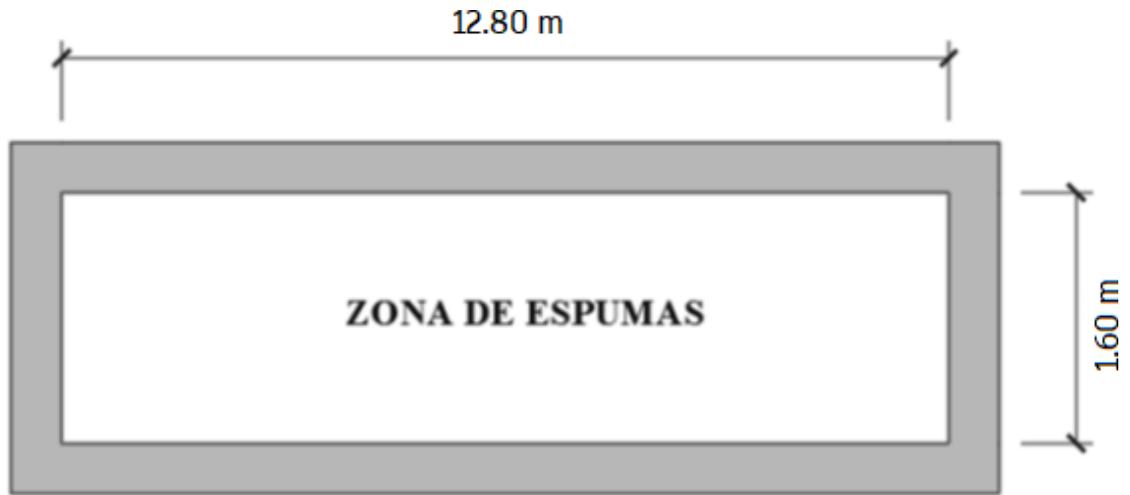


Figura 9. Medidas del sedimentador del tanque Imhoff vista en perfil y planta

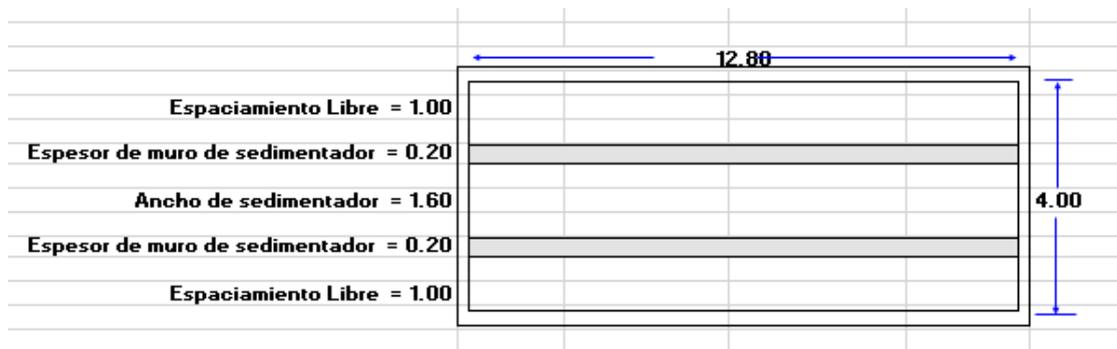
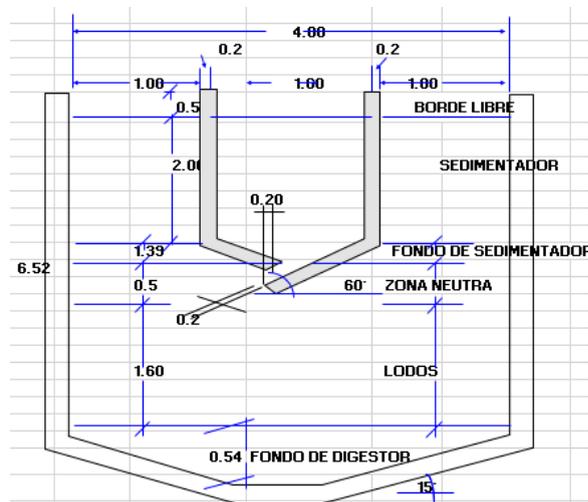
Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.2 Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10.** Medidas de la zona de espumas del tanque Imhoff vista en planta

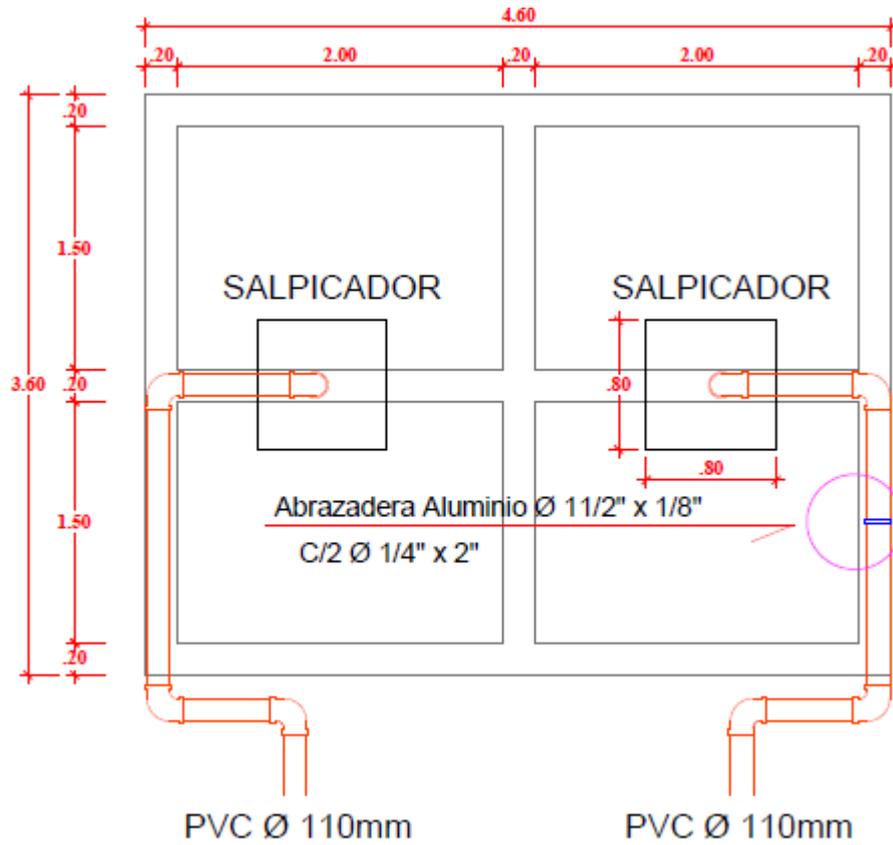


**Figura 11.** Medidas del Biodigester tipo tanque Imhoff vista en perfil y planta

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Estructura del tratamiento de lodos

##### 4.4.1 Medidas del lecho de secado

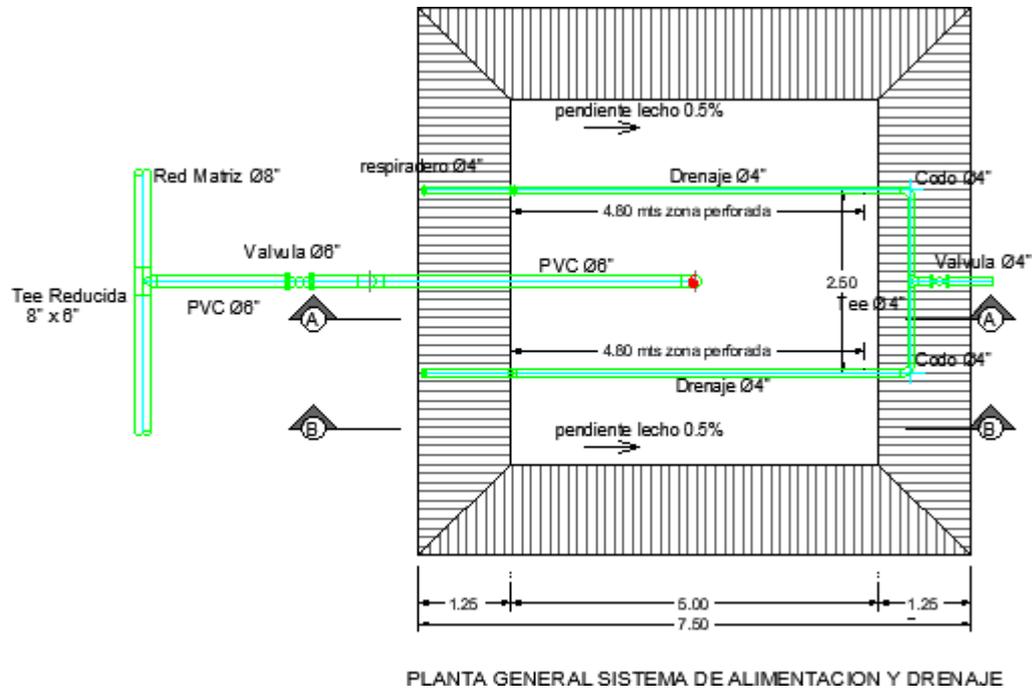


**Figura 12.** Medidas del lecho de secado

Fuente: Elaboración propia

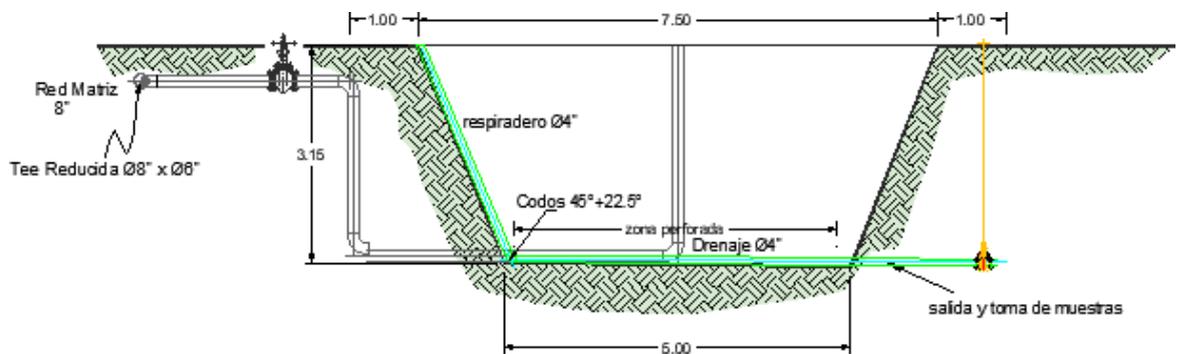
## 4.5 Estructura del tratamiento secundario

### 4.5.1 Medidas del humedal artificial



**Figura 13.** Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, vista en planta.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 14.** Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, vista en perfil.

Fuente: Elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN.

En este informe de investigación se utilizó las normas OS.090 siguiendo los procedimientos para el diseño del biodigestor para el tratamiento de aguas residuales, de la misma manera se cumplió con las normas para diseñar todos los componentes que intervienen en el tratamiento de estas aguas, tales como la cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secado y humedal artificial, cumpliendo con una de las hipótesis planteadas.

Tomando en cuenta la tabla 67 se observa la población de diseño para el año 2042, la población es de 7,892 , usando el método geométrico a la población de Andarapa para con este dato se calculó los caudales de diseño.

En la tabla 68 se observa los caudales de diseño que se utilizaron para diseñar el biodigestor de la población de Andarapa y siguiendo la norma IS.010 se calculó el caudal promedio ( $Q_p$ ) 9.01 l/s, el caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ) 11.72 l/s, caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) 16.22 l/s, caudal mínimo horario ( $Q_{min}$ ) 4.51 l/s tomando en cuenta todos los valores guías indicados en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Observando la figura 3 se representa en el gráfico las dimensiones de la cámara de rejillas y la cantidad de barras en la vista de planta, planteados en la norma OS.090 en su ítem 5.3.1.5, utilizando el espesor entre 5 a 15 mm de barras rectangulares exigido por la norma y las distancia entre ellas de 20 a 50 mm, para este informe de investigación se consideró las barras de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada de espesor y para el espaciamiento entre barras es de 1" pulgada. Continuando con la cámara de rejillas en la figura 4 se representó las medidas conjuntamente con el número de barras y su ángulo de inclinación de  $45^\circ$  dispuestas como lo indica la norma OS.090 en su ítem 5.3.1.5 .

De igual forma las figuras 5 en donde se indica las dimensiones del desarenador, la figura 7 en donde se representa las dimensiones del sedimentador, la figura 8 donde se indican las medidas de la zona de espumas y la figura 9 indicando la forma con las medidas del tanque Imhoff cumpliendo con las normas OS.0

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1 CONCLUSIONES**

En este informe de investigación se realizó el diseño y cálculos de un Biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de aguas residuales de la población de Andarapa cumpliendo con las normas IS.010 para el procedimiento de cálculos y con la norma OS.090 para utilizar los valores guías de diseño, obteniendo el diseño de un tratamiento preliminar del modelo de la cámara de barras y el desarenador, así como también el diseño preliminar de un tratamiento primario del tanque de Biogás del modelo tipo Imhoff conjuntamente con el diseño de un tratamiento de lodos generalmente llamado lecho de secado, terminando con la disposición final de las aguas en un tratamiento secundario en un humedal artificial.

Se calculo la población futura en un período de 20 años, resultando que la cantidad de habitantes para el año 2042 en la población de Andarapa será de 7,892, calculado con el método geométrico y con este dato se realizó los cálculos de los caudales obteniendo el caudal promedio ( $Q_p$ ) de 9.01 l/s, el caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ) de 11.72 l/s, el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) de 16.22 l/s y el caudal mínimo ( $Q_{min}$ ) de 4.51 l/s, empleando los procedimientos de la norma IS.010 y utilizando los valores guías indicados en las normas OS.090.

Se realizaron los cálculos en base al caudal máximo promedio para realizar los diseños de las estructuras de tratamiento preliminar, obteniendo un modelo de una cámara de rejas con dimensiones de un ancho de 1.00 m, un largo de 2.57 m y 15 barras colocadas en el ancho del canal a cada 1 pulgada, y el diseño de un desarenador con dimensiones ancho 0.75 m y un largo de 4.70m.

Para el proceso de tratamiento primario se calculó y se diseñó un tanque de un Biodigestor de tipo Imhoff basándose en la norma RNE OS.090 y se tomó como dato

el caudal máximo diario (Qmd) de 16.22 l/s resultando dimensiones de 7.52 m de largo 7.70 m de ancho y 10.50 m de altura; la zona de digestión 1.00 m de ancho, el sedimentador 1.00 m de ancho, 2.37m de profundidad (1.50m la altura rectangular y 0.87m la altura de triangular) y la zona de digestión tiene una profundidad 3.40m de profundidad (2.40m la altura rectangular y 1.00m la altura triangular) más un borde libre de 0.50m.

Ya para la última etapa del tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa se diseñó la estructura de tratamiento para los lodos cuyas dimensiones del lecho secado, de 3.00 m de ancho y un largo de 5.00 m por cada sedimentador, obteniendo un ancho total de 6.60m y un largo total de 10.60 m, para después diseñar un humedal artificial en donde se dispone el proceso final de tratamiento de las aguas residuales obteniendo medidas de 20.00 m, un largo de 60.00 m, la profundidad de 0.60m y un área de 1200.00 m<sup>2</sup>.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

En este informe de investigación no se realizó un estudio de caracterización de las aguas residuales solo se realizaron cálculos estimados de partículas supuestamente contenidas en el caudal promedio calculado de acuerdo a la cantidad de habitantes para una población futura para el año 2042, de tal forma para asegurar estos cálculos se recomienda a realizar un análisis de las aguas residuales de la población de Andarapa con el fin de garantizar el buen diseño del Biodigestor

Se debería realizar un manual de procedimiento y realizar un proyecto de mantenimiento preventivo con el fin que el Biodigestor este debidamente diseñado para su correcto funcionamiento y que cumpla con el tiempo establecido por este informe de investigación.

Se debería incentivar a los estudiantes de Ingeniería realizar investigaciones sobre el tratamiento de aguas residuales con el fin de aprovechar estas aguas para el desarrollo agrícola ya que estas aguas tienen un alto contenido de nutrientes

A los profesionales especializados en la parte sanitaria se recomienda realizar investigaciones para utilizar el biogás como recurso energético para mitigar el consumo de gas y tratar de disminuir el consumo de este recurso por los costos actuales debido a la presente crisis.

Es conveniente que la municipalidad debe concientizar a los habitantes de los pueblos el uso de este tipo de proyecto en caso de que esta investigación se logre ejecutar como proyecto, para que el Biodigestor funcione correctamente y que dure el tiempo de vida proyectada.

## REFERENCIAS

- Benites, E. (2014). *Eficiencia de cuatro concentraciones de probióticos en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales de la Provincia de Tumbes*. Tesis: Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes. Obtenido de [https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=17526](https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=17526)
- Bogarin, J. y Antialon, W. (2019). *Implementación del biodigestor en unidades básicas de saneamiento para mejorar la salud de los pobladores de Coyartuna, La Libertad*. Tesis, Universidad Cesar Vallejo, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46331>
- Bogarin, V. y Antialon, W. (2019). *Implementacion de biodigestor en unidades basicas de saneamiento para mejorr la salud de los pobladores de Coyartuna , La Libertad*. Tesis, Universida Cesar Vallejo, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46331>
- Castro, C. y Flores, J. (2019). *Biogás a partir de lodos producidos en la Planta de Tratamiento de Aguas residuales del distrito de Comas*. Tesis, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42516>
- Cently, D. (2006). *Manual metodológico para el investigador científico*. Artículo de Investigacion, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <https://scholar.googleusercontent.com/scholar.bib?q=info:UfcJiw0ETvkJ:scholar.google.com/&output=citation&scisdr=CgU0PpITEOeA3odBAu4:AAGBfm0AAAAAYhdHGu75ltUjI6uLFv7RrEvIQhpG5M8S&scisig=AAGBfm0AAAAAYhdHGvk1zyuazk6s3UJBoq77BwKBOg1l&scisf=4&ct=citation&cd=-1>

Clavijo, M. (2020). *Tratamiento de aguas residuales del mercado de productores en San Martín de Porres*. Tesis, Universidad César Vallejo, Lima, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63234>

Cruz, J. (2016). *PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE TANQUES BIODIGESTORES*. Tesis, México D. F. Obtenido de <https://fdocuments.net/document/procedimiento-constructivo-de-tanques-biodigestores-.html?page=1>

Delgado, M. (2017). *Propuesta de tratamiento del manejo de aguas residuales generadas en una unidad de diálisis*. Tesis (Título de Magister en Gestión Ambiental), Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17793/1/TESIS%20MGA%20059%20Prop%20de%20trat%20manejo%20de%20aguas%20residuales.pdf>

Gomez, L. y Merchen, A. (2016). *Caracterización fisicoquímica de los lodos provenientes de una planta de tratamiento de agua residual industrial de una empresa de café del departamento de caldas. Colombia*. Investigación, Bogotá. Obtenido de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1305/Laura%20Lizeth%20Gomez%20Molina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, R y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México*. México: Editorial McGraw Hill Education. Obtenido de <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Julio, I.; Peláez, C. y Perez, I. (2016). *Evaluación de la co-digestión anaerobia de lodos de aguas residuales municipales con residuos de alimentos*. Artículo,

Universidad de Antioquia UdeA, Medellin. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v29n1/v29n1a06.pdf>

Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Investigación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito.

Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6163749.pdf>

Mamani, G. (2017). *Evaluación y propuesta de diseño sostenible de unidades básicas de saneamiento en la comunidad campesina de Karina - Chucuito - Puno*.

Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6313>

Medina, J. (2017). *Diseño del mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua*

*potable y saneamiento del caserío de Plazapampa – sector el ángulo, distrito*

*de Salpo, provincia de Otuzco, departamento de la libertad*. Tesis para optar el

Título de Ingeniero Civil., Universidad Cesar Vallejo, Trujillo. Obtenido de

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/11741?show=full>

Mejia, E. (2019). *EFICIENCIA DE LA ADICION DE TRES CONCENTRACIONES DE PROBIOTICOS, EN LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL*

*EFLUENTE DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA RURAL TRATADA EN*

*BIODIGESTORES*. Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ

GALLO, Lambayeque, Lima. Obtenido de

<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5013>

Ministerio de Vivienda de Saneamiento Ambiental. (2018). Programa Nacional de

Saneamiento Ambiental. Obtenido de <https://www.gob.pe/vivienda>

Molera, J. y Llitjós, A. (1995). *Estudio de cuatro adaptaciones escolares de métodos*

*de observación y determinación de la textura del suelo*. Investigación,

Barcelona. Obtenido de

<https://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewFile/89229/141655>

Norma Iso, O. (2006). Tanques Sépticos. Peru. Obtenido de

[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/IS.020.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.020.pdf)

Priester, M. (2016). *Barreras y Facilitadores para el Tratamiento del Uso de*

*Sustancias en las Zonas Rurales*. Artículo, The Journal of Rural Health,

Carolina. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Dana-](https://www.researchgate.net/profile/Dana-Dehart/publication/280118016_Barriers_and_Facilitators_to_Substance_Use_Treatment_in_the_Rural_South_A_Qualitative_Study/links/59edffe50f7e9b3695758d15/Barriers-and-Facilitators-to-Substance-Use-Treatment-in-the-R)

[Dehart/publication/280118016\\_Barriers\\_and\\_Facilitators\\_to\\_Substance\\_Use\\_](https://www.researchgate.net/profile/Dana-Dehart/publication/280118016_Barriers_and_Facilitators_to_Substance_Use_Treatment_in_the_Rural_South_A_Qualitative_Study/links/59edffe50f7e9b3695758d15/Barriers-and-Facilitators-to-Substance-Use-Treatment-in-the-R)

[Treatment\\_in\\_the\\_Rural\\_South\\_A\\_Qualitative\\_Study/links/59edffe50f7e9b36](https://www.researchgate.net/profile/Dana-Dehart/publication/280118016_Barriers_and_Facilitators_to_Substance_Use_Treatment_in_the_Rural_South_A_Qualitative_Study/links/59edffe50f7e9b3695758d15/Barriers-and-Facilitators-to-Substance-Use-Treatment-in-the-R)

[95758d15/Barriers-and-Facilitators-to-Substance-Use-Treatment-in-the-R](https://www.researchgate.net/profile/Dana-Dehart/publication/280118016_Barriers_and_Facilitators_to_Substance_Use_Treatment_in_the_Rural_South_A_Qualitative_Study/links/59edffe50f7e9b3695758d15/Barriers-and-Facilitators-to-Substance-Use-Treatment-in-the-R)

Sanchez, M. (2016). *Evaluación integral de un biodigestor de aguas residuales*

*domésticas*. Tesis (Doctorado en Ingeniería de Sistemas), Instituto Politécnico

Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior

de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Zacatenco., Zacatenco. Obtenido

de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/23301?show=full>

## ANEXOS

### Anexo 1 Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Variable	Dimensiones	indicadores	Métodos
<b><u>Problema general</u></b>	<b><u>Objetivo general</u></b>				
¿ ¿Cómo es el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales para la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022??	Diseñar un biodigestor de concreto armado reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022.		D1. Consumo máximo diario	d1. Lt/s (población futura).	<b>Nivel:</b> Descriptivo Explicativo
<b><u>Problemas específicos</u></b>	<b><u>Objetivos específicos</u></b>				
¿De qué manera calculo el consumo máximo diario para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento las aguas residuales de la población de Andarapa departamento de Apurímac, 2022?	calcular el consumo máximo diario para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento las aguas residuales de la población de Andarapa departamento de Apurímac, 2022.		D2. Estdio Topográfico	d2.1Curvas de nivel d2.2Perfil Longitudinal d2.3Secciones transversales	<b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Diseño:</b> No experimental Transversal descriptivo
-¿Cómo realizo el estudio topográfico para diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022?	- Describir el estudio topográfico para diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento Apurímac, 2022.	Biodigestor de concreto		d3.1Granlometria	<b>Enfoque:</b> Cuantitativa
-¿Cómo realizo el estudio de suelos del diseño de un	- Describir el estudio de suelos del diseño de un	armado reforzado con barras	D3. Estudio de Suelos	d3.2 Limite de consistencia d3.3Densidad de humedad	<b>Muestra:</b> 1 biodigestor

biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022?  
 -¿Cómo realizo el diseño hidráulico para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022?  
 -¿Cómo realizo el diseño estructura para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022?

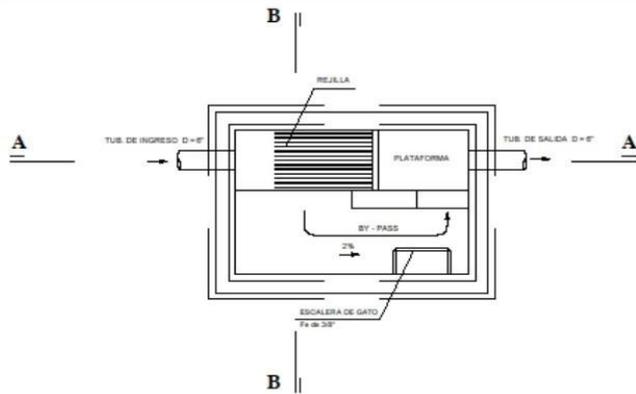
biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022?  
 -Establecer el diseño hidráulico para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022.  
 -Establecer el diseño estructura para el diseño de un biodigestor de concreto reforzado con barras para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022

D4. Diseño Hidráulico  
 d4.1 Rejillas  
 d4.2 Desarenador  
 d4.3 Caudal  
 d4.4 Canales y tuberías

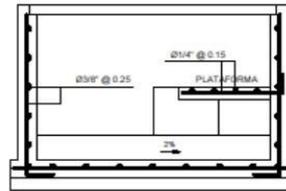
D5. Diseño Estructural  
 d5.1 Diseño Normativa  
 d5.2

**Técnicas:** La observación  
**Instrumento:**  
 d1. Hoja de cálculo  
 d2. Nivel de estación total  
 d3.1 mallas  
 d3.2 copa, baño  
 d3.3 Proctor Modificado  
 d4. Hoja de calculo  
 d5.1 Análisis comparativo  
 d5.2 RNE y Normatividad

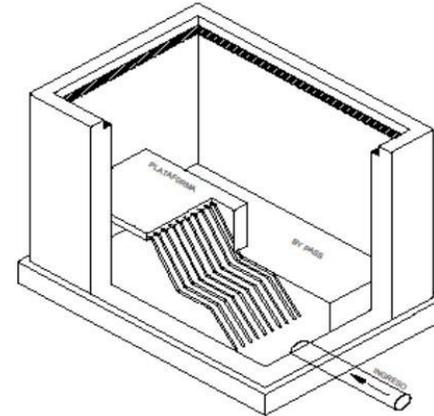
Anexo 2 Plano Cámara de rejá.



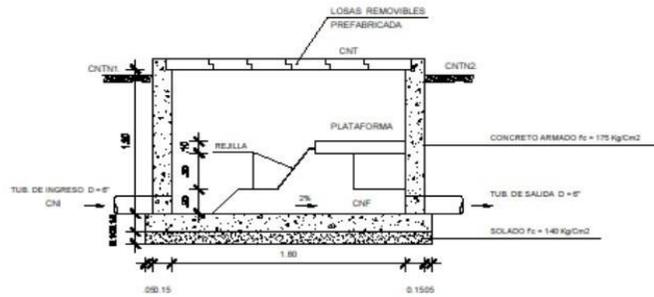
**PLANTA DE LA CAMARA DE REJAS**  
ESCALA 1/25



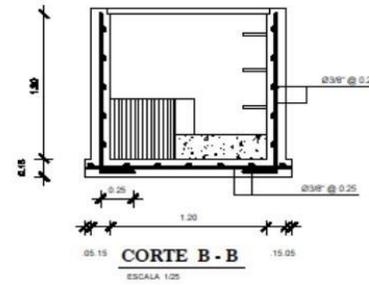
**DISTRIBUCION DEL ACERO**  
ESCALA 1/25



**PERSPECTIVA DE LA CAMARA DE REJAS**  
ESCALA 1/25



**CORTE A - A**  
ESCALA 1/25



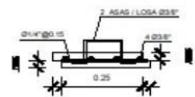
**CORTE B - B**  
ESCALA 1/25

**LEYENDA**

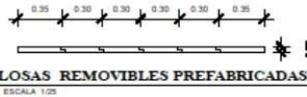
	TERRENO NATURAL
	CONCRETO ARMADO
	SOLADO
CNF.	COTA DE NIVEL DE FONDO
CNT.	COTA DE NIVEL DE TECHO
CNTR.	COTA DE NIVEL DE TERRENO NATURAL
CN.	COTA DE NIVEL DE INGRESO

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

CONCRETO SIMPLE FC = 140KG/CM2  
 CONCRETO ARMADO FC = 175 KG/CM2  
 ACERO FV = 4200 KG/CM2  
 CEMENTO PORTLAND TIPO I



**DETALLE DE LOSAS REMOVIBLES**  
ESCALA 1/10



**LOSAS REMOVIBLES PREFABRICADAS**  
ESCALA 1/25

NUMERO DE CR.	CN1 (m)	CNF (m)	CNT (m)	CNTN1 (m)	CNTN2 (m)
CR-1	3256.02	3256.02	3257.30	3257.57	3257.19
CR-2	3244.11	3244.11	3245.31	3245.70	3245.21

Informe de investigación diseño de un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurímac, 2022

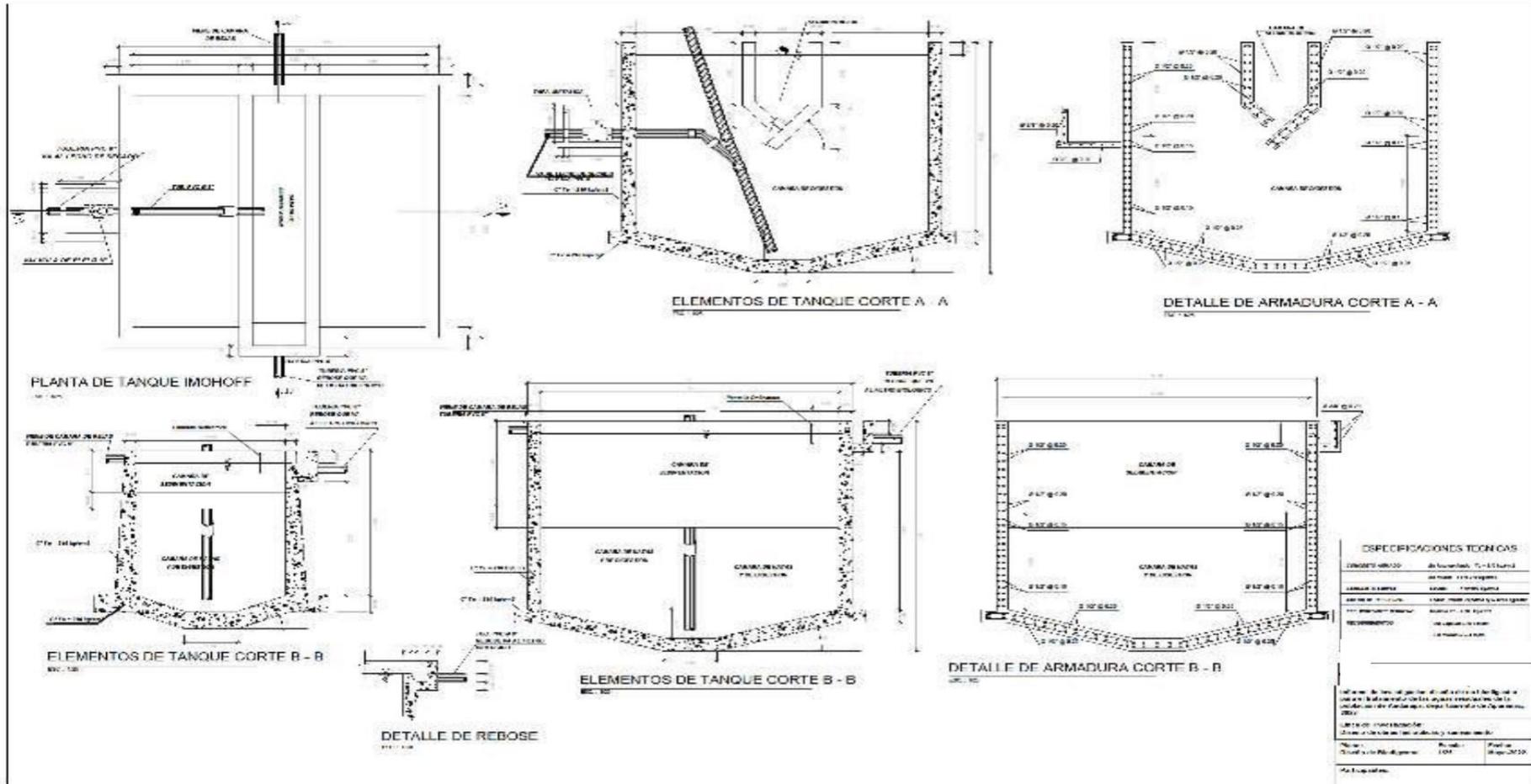
Linea de Investigación:  
Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

Plano: Diseño de Biodigestor Cámara de rejás	Escala: 1/25	Fecha: Mayo-2022
--	-----------------	---------------------

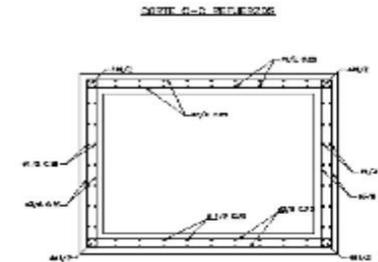
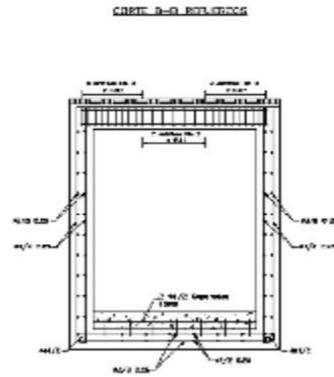
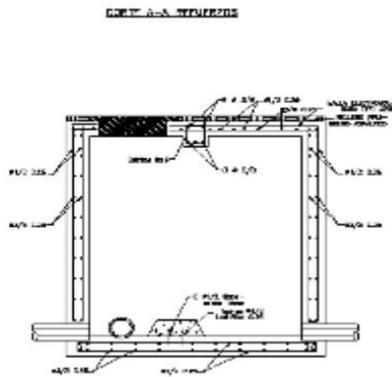
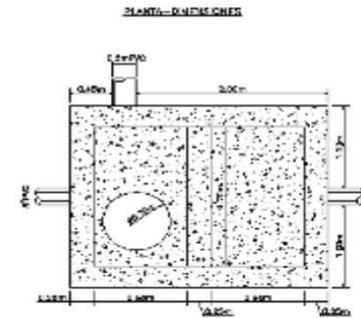
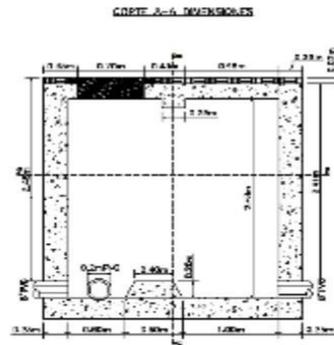
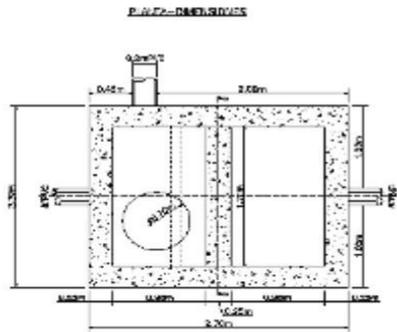
Participantes:



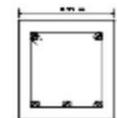
# Anexo 4 Biodigestor Tanque Tipo Imhoff.



Anexo 5 Planos de tanquillas de conexiones.



DETALLE VIGA



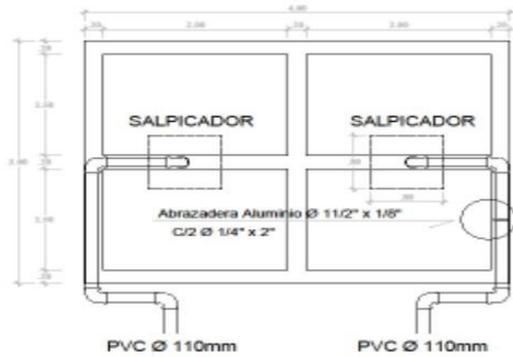
**COMENTARIOS:**  
 MSA DE 1.00 x 0.50m  
 ENTRENOS N° 3  
 ENTRENOS CULTURALES  
 DE 0.70 x 0.50m y 3  
 PAV.  
 REDESERVIS DE 0.40m

Informe de Investigaciones Científicas de un Investigador  
 con el patrocinio de los señores rectores de la  
 institución de Educación, departamento de Agronomía,  
 1922.

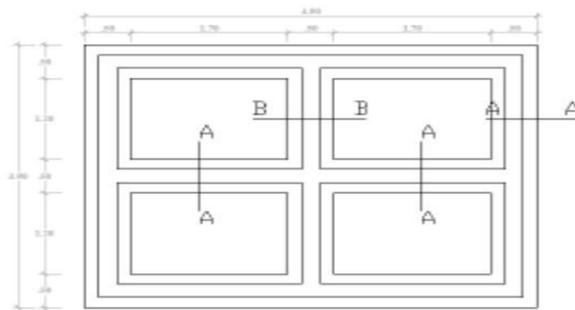
Lugar de Investigación:  
 Grupo de Obras, Edificios y Laboratorio

Plano:	Planta:	Fecha:
Grupo de tanquilla	128	Mayo 1922
Participantes:		

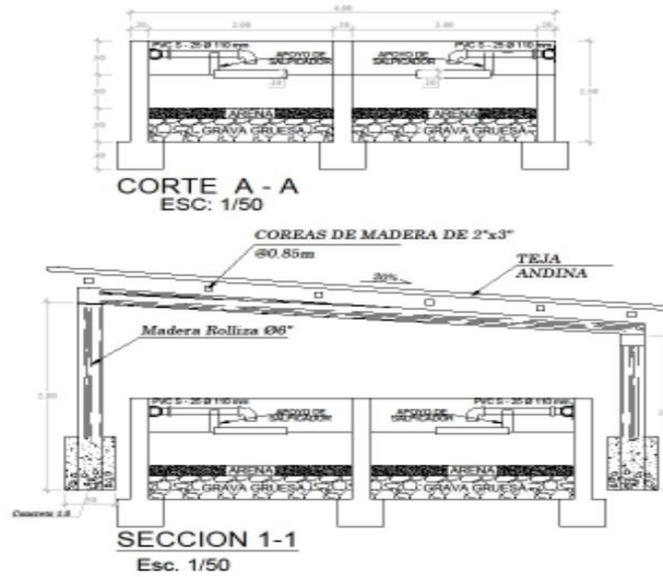
Anexo 6 Lecho de secado



PLANO DE PLANTA  
ESC: 1/50

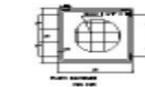
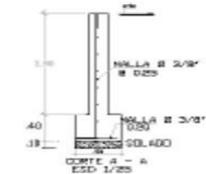
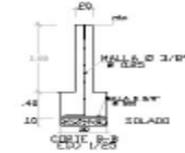


PLANTA DE CIMENTACION  
ESC: 1/50



CORTE A - A  
ESC: 1/50

SECCION 1-1  
Esc. 1/50



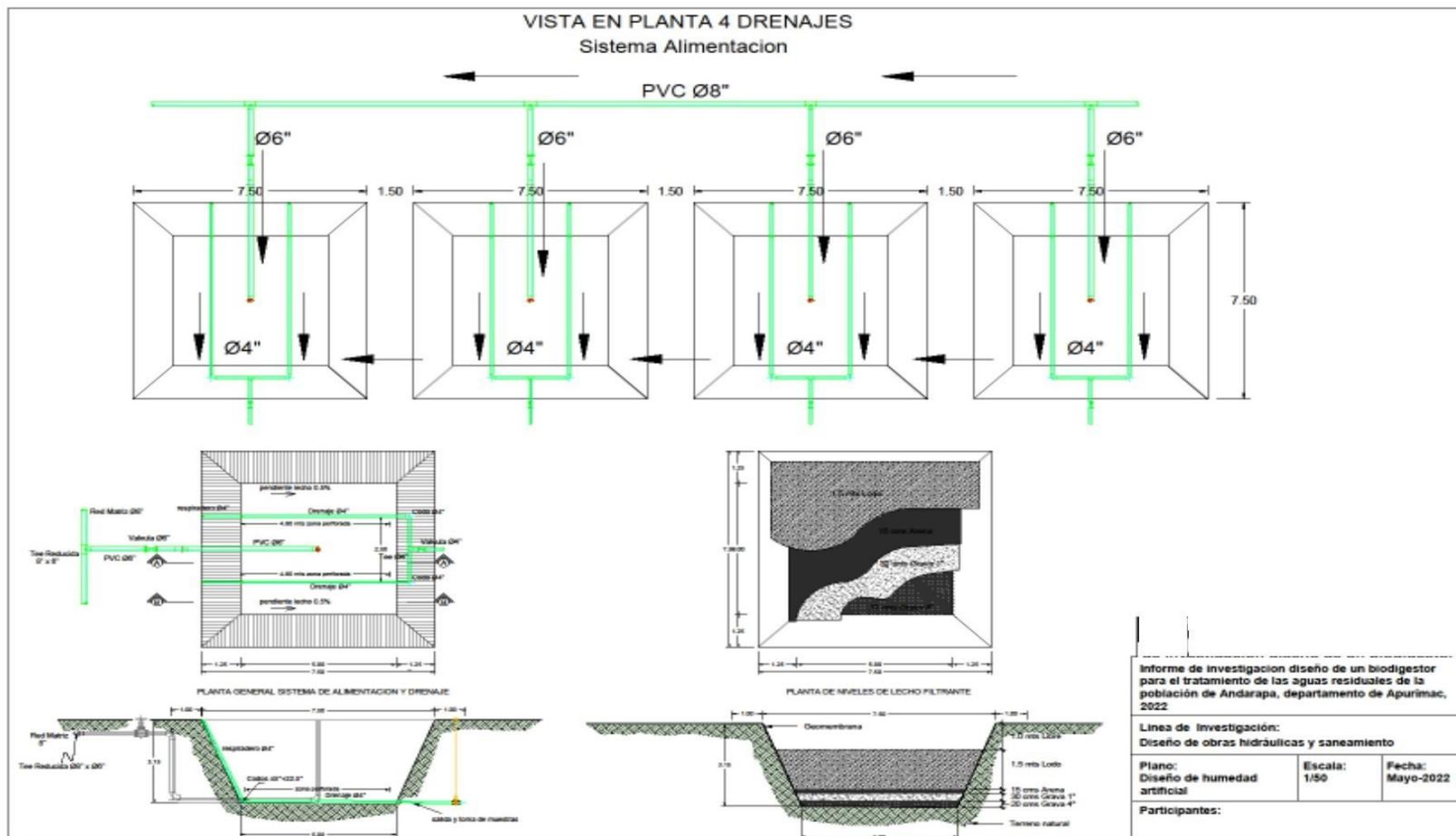
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO:	FC-210 NEGRO MARCO, LOCAL COMPLETO, M30 Y 2.00% M.M. Ø 20 MM.
ASIENTO:	PORTLAND 3500 Y 10% M.M. Ø 10 MM.
ABRADERA:	ALUMINIO 11/2\"/>
PRENSION MONOMULTIUS TERRENO:	Ø = 114 mm Ø
REQUERIMIENTOS:	UNIDAD Y EQUIPAMIENTO: 1.00 UN. MARCO: 1.00 UN. CUBA: 1.00 UN.
REVESTIMIENTO PARA BARRERAS DE CONTACTO CON EL AGUA:	1.00 UN.
1.00 CAPA: MEZCLA CEMENTO/ARENA 1:1 CM. ACABADO/BRANCO	
2.00 CAPA: ALUMINIO 11/2\"/>	
3.00 ESPESOR 3000 ACABADO PROFUNDADO	
EN INTERIO DEBEN SER DE PLASTICO RESISTIVO A LA ALTA TEMPERATURA	
4.00 M.M. Ø 10 MM. EN PROPORCION DE AGUERO A LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE	
NORMAS/USOS:	
REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES:	
NORMA DE CIMENTACION:	EN 002
NORMA DE BARRERAS Y OBRAS DE SANEAMIENTO:	EN 003
NORMA DE BARRERAS Y OBRAS DE SANEAMIENTO:	EN 003
NORMA DE BARRERAS Y OBRAS DE SANEAMIENTO:	EN 003

Informe de investigación diseño de un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Apurimac, 2022

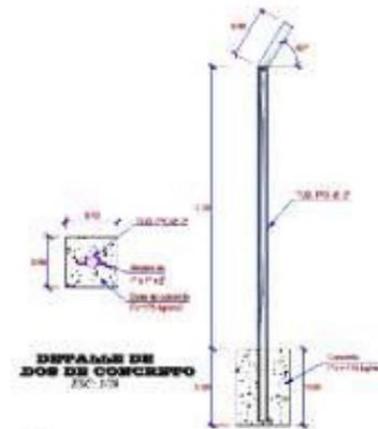
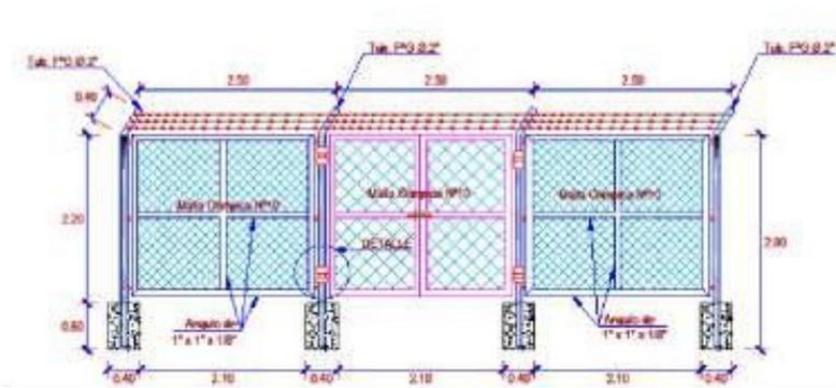
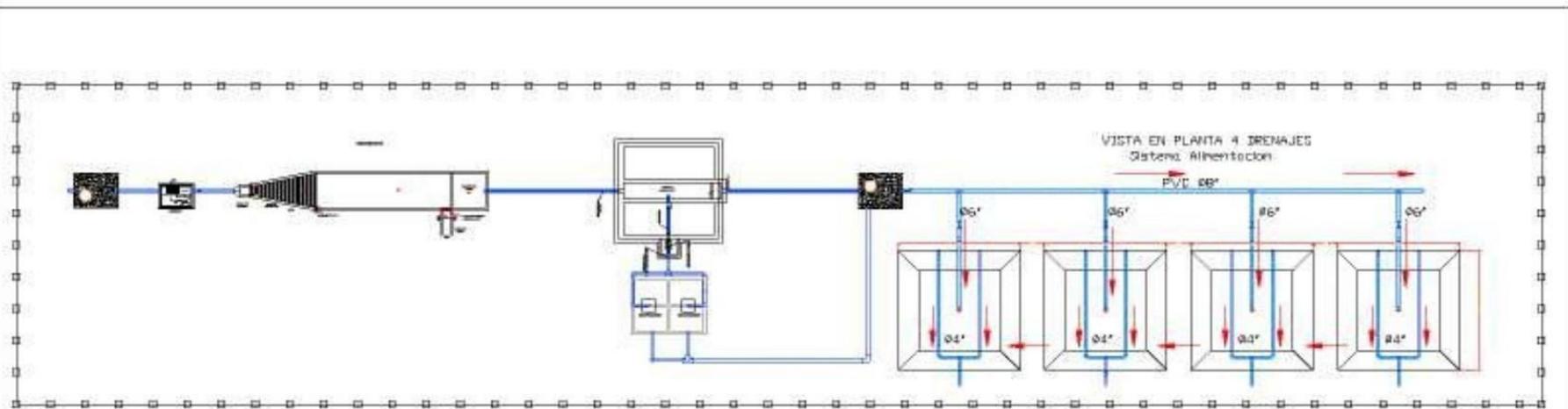
Línea de Investigación:  
Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

Plano: Diseño de lecho de secado	Escala: 1/50	Fecha: Mayo-2022
-------------------------------------	-----------------	---------------------

Participantes:



Anexo 7 Planos de humedal artificial



Informe de investigación diseño de un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales de la población de Andarapa, departamento de Aguirimac, 2022

Línea de investigación:  
Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

Plano:  
Vista general del  
Biodigestor

Escala:  
1/25

Fecha:  
Mayo-2022

Participantes:

