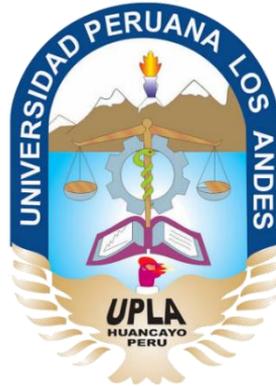


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE LETRINA ECOLÓGICA PARA  
MEJORAR LAS CONDICIONES DE SALUBRIDAD EN  
CONCEPCIÓN.**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD:**

**SALUD Y GESTIÓN DE SALUD**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA CIVIL:**

**HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. DAVID JONATAN RASHUAMAN QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**

**Asesor temático:** Ing. Vladimir Ordoñez Camposano

**Asesor metodológico:** Mg. Jacqueline Santos Julca

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, catedráticos y amigos, por sus enseñanzas y apoyo incondicional que contribuyeron con la realización de este trabajo.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a Dios por darme la vida y guiar mis pasos, por ser motor para poder cumplir todos mis objetivos y a mi alma mater – la Universidad Peruana Los Andes, por todas las enseñanzas transmitidas a lo largo de este camino del aprendizaje.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS**

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**MG. JUAN JOSE BULLON ROSAS**  
**JURADO**

---

**ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA**  
**JURADO**

---

**ING. MARIA LUISA MUERAS GUTIERREZ**  
**JURADO**

---

**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCION .....	xv
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	17
1.1. Planteamiento del problema .....	17
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	21
1.2.1. Problema general.....	21
1.2.2. Problemas específicos.....	21
1.3. Justificación .....	22
1.3.1. Practica o Social .....	22
1.3.2. Metodológica.....	22
1.4. Delimitaciones.....	22
1.4.1. Delimitación espacial .....	22
1.4.2. Delimitación temporal.....	22
1.4.3. Delimitación económica .....	22
1.5. Limitaciones .....	22
1.6. Objetivos .....	23
1.6.1. Objetivo general.....	23
1.6.2. Objetivos específicos .....	23
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes .....	24
2.1.1. A nivel internacional.....	24
2.1.2. A nivel nacional.....	25
2.2. Marco conceptual.....	31

2.2.1.	Letrina ecológica.....	31
2.2.1.1.	Análisis y diseño de letrina ecológica.....	31
2.2.1.2.	Criterios de selección de la tecnología.....	32
2.2.1.3.	Factores de selección .....	32
2.2.1.4.	Opciones técnicas en sistemas de saneamiento .....	35
2.2.1.5.	Biodigestor prefabricado .....	43
2.2.2.	Condiciones de salubridad.....	50
2.2.2.1.	Nivel de vida .....	51
2.2.2.2.	Objetivos de Desarrollo del Milenio.....	52
2.2.2.3.	Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	53
2.2.2.4.	Base legal .....	53
2.2.2.5.	Estándares de calidad ambiental del agua .....	55
2.2.2.6.	Límites máximos permisibles .....	55
2.2.2.7.	Impacto Ambiental .....	56
2.3.	Definición de términos.....	57
2.4.	Hipótesis .....	59
2.4.1.	Hipótesis general .....	59
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	59
2.5.	Variables.....	59
2.5.1.	Definición conceptual de la variable.....	59
2.5.2.	Definición operacional de la variable .....	60
2.5.3.	Operacionalización de la variable .....	61
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....		62
3.1.	Método de investigación .....	62
3.2.	Tipo de investigación .....	62
3.3.	Nivel de investigación .....	62
3.4.	Diseño de la investigación .....	63

3.5.	Población y muestra.....	63
3.5.1.	Población .....	63
3.5.2.	Muestra .....	63
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	64
3.7.	Procesamiento de la información.....	64
3.8.	Técnicas y análisis de datos .....	65
CAPITULO IV: RESULTADOS.....		66
4.1.	Desarrollo de la Investigación .....	66
4.1.1.	Diagnóstico de la población afectada .....	66
4.1.2.	Análisis de las condiciones y factores de selección .....	68
4.1.2.1.	Disposición del agua.....	68
4.1.2.2.	Clima.....	68
4.1.2.3.	Topografía.....	69
4.1.2.4.	Mecánica de suelos .....	69
4.1.2.5.	Percolación .....	70
4.1.3.	Comparación entre UBS-C y UBS-AH y B.....	72
4.1.4.	Cálculos para el diseño de los componentes del sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor .....	74
4.1.4.1.	Cálculos del diseño de letrina con arrastre hidráulico.....	74
4.1.4.2.	Cálculos del diseño del biodigestor.....	79
4.1.4.3.	Anclaje para el biodigestor.....	82
4.1.4.4.	Depósito de lodos .....	83
4.1.4.5.	Instalación de tubería a 45° (Biodigestor – Pozo de Percolación) .....	83
4.1.4.6.	Cálculo de pozo de percolación .....	83
4.2.	Diseño de los componentes del sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor .....	85
4.2.1.	Diseño de letrina con arrastre hidráulico.....	85
4.2.2.	Diseño del biodigestor.....	87

4.2.3.	Anclaje para el biodigestor.....	87
4.2.4.	Depósito de lodos .....	88
4.2.5.	Instalación de tubería a 45° (Biodigestor – Pozo de Percolación) .....	88
4.2.6.	Pozo de percolación.....	88
4.3.	Resultados de análisis físico, químico y biológico del agua residual sin tratar y tratada.....	89
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		91
5.1.	Situación actual, condiciones y factores de selección del ámbito de estudio .....	91
5.1.1.	Diagnóstico de la población afectada .....	91
5.1.2.	Análisis de las condiciones y factores de selección:.....	92
5.1.3.	Comparación entre UBS-C y UBS-AH y B .....	93
5.2.	Diseño de los componentes del sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor .....	94
5.3.	Resultados de análisis físico, químico y biológico del agua residual sin tratar y tratada.....	95
5.4.	Prueba de Hipótesis.....	95
5.4.1.	Hipótesis específica 1 .....	95
5.4.2.	Hipótesis específica 2 .....	96
CONCLUSIONES .....		98
RECOMENDACIONES .....		99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		100
ANEXOS .....		102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Disposición sanitaria de excretas (Año 2007 – ODM 2015).....	17
Tabla 2. Opciones tecnológicas .....	35
Tabla 3. Componentes de la UBS ecológica o compostera .....	37
Tabla 4. Componentes de la UBS con arrastre hidráulico .....	41
Tabla 5. Dimensiones del biodigestor prefabricado .....	45
Tabla 6. Número de usuarios servidos en función de las capacidades.....	46
Tabla 7. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.....	56
Tabla 8. Lista de chequeo de impactos ambientales .....	56
Tabla 9. Población (Género) .....	66
Tabla 10. Tipo de viviendas .....	66
Tabla 11. Agua por red pública .....	67
Tabla 12. Disposición de excretas en el anexo de Huata .....	67
Tabla 13. Nivel de pobreza en la provincia de Concepción .....	67
Tabla 14. Ubicación de la fuente de agua.....	68
Tabla 15. Altitud tomada con GPS .....	69
Tabla 16. Resultado de mecánica de suelos.....	70
Tabla 17. Clasificación de suelo y perfil estratigráfico.....	70
Tabla 18. Resultado de test de percolación N°1 .....	71
Tabla 19. Resultado de test de percolación N°2 .....	71
Tabla 20. Ventajas y desventajas de UBS-C .....	73
Tabla 21. Ventajas y desventajas de UBS-AH y B.....	73
Tabla 22. Zonificación .....	75
Tabla 23. Clasificación de los perfiles de suelo.....	75
Tabla 24. Factor de amplificación del suelo S.....	76
Tabla 25. Periodos $T_P$ y $T_L$ .....	76
Tabla 26. Categoría de las edificaciones y factor U .....	76
Tabla 27. Sistema estructural.....	77
Tabla 28. Dimensiones de la caseta .....	85
Tabla 29. Propiedades de los materiales .....	85
Tabla 30. Parámetros sísmicos a utilizar .....	85
Tabla 31. Dimensiones de las cimentaciones .....	86
Tabla 32. Dimensiones de los muros .....	86

Tabla 33. Material del techo .....	86
Tabla 34. Características del aparato sanitario .....	86
Tabla 35. Capacidad del biodigestor .....	87
Tabla 36. Demanda del biodigestor .....	87
Tabla 37. Tiempo de retención.....	87
Tabla 38. Dimensiones de los elementos de anclaje .....	87
Tabla 39. Dimensiones del depósito de lodos.....	88
Tabla 40. Pendiente mínima y pendiente propuesta .....	88
Tabla 41. Dimensiones del pozo de percolación.....	88
Tabla 42. Resultados del agua residual no tratada y tratada .....	89
Tabla 43. Resultados de la calidad de efluente comparando con la eficiencia ofrecida por la empresa fabricante del biodigestor.....	89
Tabla 44. Resultados de la calidad de lodos generados.....	90
Tabla 45. Análisis comparativo entre letrina compostera de doble cámara y letrina con arrastre hidráulico y biodigestor .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población en Perú.....	18
Figura 2. Cobertura del servicio de saneamiento.....	18
Figura 3. Letrina abonera elevada .....	29
Figura 4. Letrina con “Cantaritos” y zanja de infiltración .....	30
Figura 5. Vista en corte y planta de UBS Ecológica o Compostera .....	36
Figura 6. Vista en corte y planta de UBS con tanque séptico y pozo de absorción. .....	40
Figura 7. Vista en corte y planta de UBS con biodigestor y zanja de infiltración. .....	40
Figura 8. Biodigestor prefabricado .....	44
Figura 9. Dimensiones del biodigestor prefabricado .....	45
Figura 10. Componentes del biodigestor prefabricado.....	47
Figura 11. Funcionamiento del biodigestor prefabricado .....	49
Figura 12. Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	53
Figura 13. Área de estudio ubicada en el anexo de Huata .....	63

## RESUMEN

En la presente tesis se planteó como problema general: ¿En qué medida beneficia la letrina ecológica en las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción?; para el efecto se formuló el objetivo general: Determinar en qué medida beneficia la letrina ecológica en las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción, y como hipótesis general: La letrina ecológica beneficia considerablemente las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción.

La investigación se ha desarrollado a través del método científico, el tipo de investigación fue la aplicada, el nivel explicativo, y el diseño Pre Experimental. La población estuvo conformada por las 61 viviendas del anexo de Huata - Concepción y el tamaño de la muestra fue una letrina ecológica en el anexo de Huata – Concepción.

La conclusión principal de la investigación fue que la letrina ecológica mejora las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción, puesto que los resultados del análisis de suelos: SC-SM y test de percolación: 9.09 min y 8.11 min en un 1cm de suelo, fueron favorables para su aplicabilidad, hecho que reducirá el impacto negativo de la contaminación que genera la inadecuada disposición sanitaria de excretas sobre el medio ambiente, elevando así la calidad de vida de la población.

**PALABRAS CLAVE:** Letrina, arrastre hidráulico, biodigestor, cámara compostera.

## **ABSTRACT**

In this thesis the following general problem was posed: To what extent does the ecological latrine benefit from the health conditions in the Huata - Concepción annex? For this purpose, the general objective was formulated: To determine the extent to which the ecological latrine benefits under the sanitary conditions in the Huata - Concepción annex, and as a general hypothesis: The ecological latrine considerably benefits the sanitary conditions in the Huata annex. Concepción.

The research was developed through the scientific method, the type of research was applied, the explanatory level, and the Pre Experimental design. The population was conformed by the 61 houses of the annex of Huata - Concepción and the size of the sample was an ecological latrine in the annex of Huata - Concepción.

The main conclusion of the research was that the ecological latrine improves the health conditions in the Huata - Concepción annex, since the results of the soil analysis: SC-SM and percolation test: 9.09 min and 8.11 min in 1 cm of soil, were favorable for its applicability, a fact that will reduce the negative impact of pollution generated by inadequate sanitary disposal of excreta on the environment, thus raising the quality of life of the population.

**KEY WORDS:** Latrine, hydraulic drag, biodigester, composting chamber.

## INTRODUCCION

El anexo de Huata – Andamarca – Concepción como muchas comunidades presenta el mismo problema de carecer o tener un deficiente sistema de agua potable y alcantarillado, a esto se suma la falta de sensibilización y educación sanitaria, que se debería brindar a los pequeños poblados para mejorar su calidad de vida. A la actualidad los pobladores de Huata realizan sus necesidades fisiológicas al aire libre en el campo y en letrinas artesanales de hoyo seco o los llamados pozos ciegos que además de estar en mal estado, ponen en riesgo la salud de la población al contraer enfermedades gastrointestinales debido a las excretas y que al estar expuestas al medio ambiente genera la proliferación de parásitos e insectos.

El sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor es una solución que se viene aplicando en las zonas rurales, lo cual está mitigando los impactos ambientales negativos provocados por la carencia o deficiente sistema de tratamiento de aguas residuales, salvaguardando y mejorando de esta manera las condiciones de salubridad de la población.

El sistema con arrastre hidráulico y biodigestor es aquella que usa agua para el arrastre de las excretas hasta el biodigestor, el cual pasa por una primera etapa donde se realiza el proceso anaeróbico donde las bacterias realizan el trabajo de descomposición, para luego evacuar los efluentes a campos de filtración completando el proceso.

Para comprender el proceso de la investigación desarrollada en la presente tesis se consideró conveniente distribuir los capítulos de la siguiente manera:

En el primer capítulo se plantea la problemática que existe debido a la falta de un adecuado sistema de disposición de excretas, tanto el problema general como los específicos, la justificación social y metodológica. Asimismo, se delimito el problema espacial, temporal y económico, finalizando el capítulo se plantearon los objetivos.

El segundo capítulo aborda el marco teórico donde se da a conocer los antecedentes nacionales e internacionales, las descripciones de las variables y criterios que se utilizara para la selección de la tecnología más conveniente, además de la descripción de los componentes y su aplicabilidad.

El tercer capítulo revela la metodología que se utilizó, así como el tipo, nivel y diseño de la investigación, población, muestra y tamaño de la muestra.

En el cuarto capítulo se desarrolla y da a conocer los resultados de la investigación que están ligados a cada problema específico, objetivo e hipótesis contrastando así de una manera estructurada para su mejor entendimiento.

El quinto capítulo discute los resultados obtenidos con los antecedentes nacionales e internacionales, para de esta manera concordar o discutir con los resultados de estas investigaciones.

Finalmente se presentaron las conclusiones de la investigación y las recomendaciones de aplicar el sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor para el tratamiento de aguas residuales debido a las ventajas que este tiene con respecto a la letrina compostera de doble cámara debido a un mejor cuidado del medio ambiente y la mejora en las condiciones de salubridad de la población, además de cómo hacer el mantenimiento en su fase de operación. También se mencionó las referencias bibliográficas.

Se adjuntan como anexos: La matriz de consistencia, panel fotográfico, ensayo de suelos, test de percolación, presupuestos y planos.

**Bach. David Jonatan Rashuaman Quispe.**

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

En el ámbito nacional, para el año 2007 la cobertura de servicios de alcantarillado y otras formas de disposición de excretas era de 57%. Para el sector urbano, esta cobertura alcanzaba el 68%, mientras que solo se cubría un 30% de la población en las áreas rurales.

Al año 2015, según el Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, se propuso lograr que el 77% de población total cuente con alcantarillado u otras formas de disposición sanitaria de excretas –meta con la cual se cumpliría los ODM, lo que representaba atender a 24.5 millones de habitantes, de los cuales 19.1 millones serían del ámbito urbano (84% de cobertura) y 5.4 millones de habitantes del medio rural (60% de cobertura).

Tabla 1.

*Disposición sanitaria de excretas (Año 2007 – ODM 2015).*

Población	2007	ODM
Urbano	68.0%	84.0%
Rural	30.0%	60.0%
Total	57.0%	77.0%

Fuente: LATINOSAN 2007

Para alcanzar los ODM, tanto en agua como en saneamiento, el sector requeriría invertir no menos de US\$ 265 millones al año, incluyendo obras de rehabilitación para el buen funcionamiento de los servicios básicos.

Información obtenida de la Conferencia Latinoamericana de Saneamiento, LATINOSAN (2007), organizado por la asociación internacional WATER AND SANITATION PROGRAM, COSUDE y Banco Mundial.

A principios del año 2018 el Perú tenía un total de 31,1 millones de habitantes según la información recabada del INEI, de los cuales 23,9 millones son de la zona urbana y 7,2 millones de la zona rural.

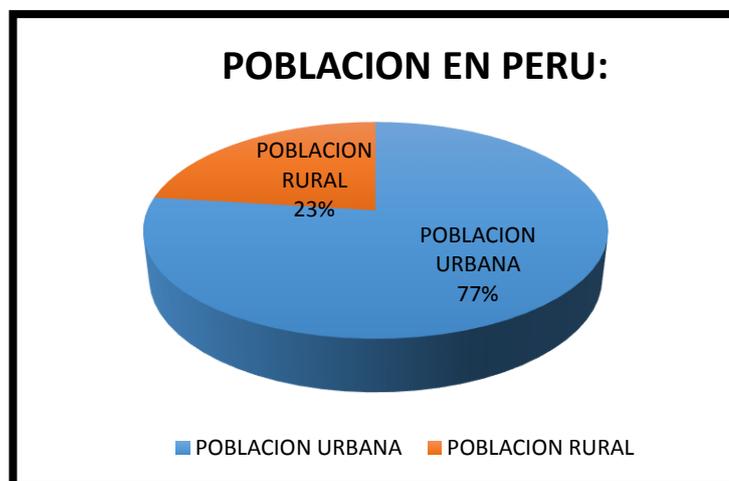


Figura 1. Población en Perú  
Fuente: Resultado de los censos INEI (2017).

Según las cifras del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para principios del año 2018 solo el 29% de la población rural cuenta con alcantarillado que representa solo a 2,1 millones de un total de 7,2 millones que son la población total rural en el Perú.



Figura 2. Cobertura del servicio de saneamiento  
Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017).

En resumen, se ve que no se ha logrado los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) fijados por la ONU, esto debido a que los servicios en agua y saneamiento son insostenibles por insuficiente inversión, graves

problemas económicos de los operadores, falta de apoyo estatal y normas legales inadecuadas.

Entre las metas que tiene el Ministerio de Vivienda es que al año 2021 se logre la cobertura total de los usuarios urbanos y al año 2030 la totalidad de los beneficiarios rurales y entre las soluciones que se propone está la de aumentar la asignación del presupuesto y convocar a la inversión privada, este último para la ejecución de obras de saneamiento y gestión de los servicios de agua y saneamiento.

La investigación del presente estudio se realizará en el anexo de Huata - Andamarca - Concepción llevando a cabo un análisis comparativo entre dos sistemas de letrina ecológica o sanitaria, llamada también UBS.

Según (Mejía y Perez, 2016), se denomina sistema ecológico, porque reduce el impacto negativo que se genera debido al vertimiento de las aguas residuales en el medio ambiente.

Entre los sistemas a analizar están la letrina compostera de doble cámara y la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor.

La problemática de la insalubridad y focos infecciosos que generan las letrinas sanitarias existentes, ocasionan enfermedades gastrointestinales, propagación de moscas las cuales ponen en riesgo la salud de la población en especial a los niños y los ancianos que son los más vulnerables, esto a su vez impacta negativamente sobre la calidad del medio ambiente a través de los efluentes vertidos en los suelos y acuíferos cercanos, a esto se suma la falta de capacidad técnica de los gobiernos locales por dar una acertada solución y brindar un buen servicio. Adoleciendo a todo ello era necesario y trascendental realizar este proyecto de investigación.

El anexo de Huata-Andamarca-Concepción cuenta con letrinas de hoyo seco, que construyeron los pobladores entre los años 2002 al 2005 aproximadamente y que a día de hoy se encuentran abandonadas y en mal estado. La información recabada en campo nos muestra que, el 62.30% de las familias cuentan con letrina de hoyo seco; mientras el resto de familias hacen sus necesidades en el campo al aire libre 37.70% contaminando el suelo, las fuentes de recurso hídrico y los animales.

A pesar de la problemática, el servicio básico de letrinas no ha obtenido alternativas de solución, poniendo en situación de riesgo la integridad física de los pobladores debido al impacto que genera la contaminación en el medio ambiente.

Viendo todo esto se puede observar la necesidad de poner un sistema de tratamiento de aguas servidas, ya que las zonas rurales carecen de redes de alcantarillado. Este estudio plantea dos alternativas de solución las cuales se describirán en el desarrollo del mismo, se escogerá la tecnología a desarrollar dependiendo de algunos factores como el tipo de suelo, profundidad de la napa freática, funcionalidad, mantenimiento, condiciones hidrológicas, económicas y sociales de la zona, evaluando la opción que menos impactos negativos genera en el medio ambiente y consecuente en la salud.

En primer lugar, se tiene la letrina compostera de doble cámara que descompone las excretas convirtiéndolas en abono y que puede ser utilizado para mejorar los suelos agrícolas y por otro lado se tiene la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor que está conectada por medio de tuberías a un pozo de absorción, este sistema si requiere de agua para el arrastre de las heces hasta un biodigestor, este último trabaja como una planta de tratamiento a menor escala.

En el mercado se ha encontrado distintas unidades de tratamiento de aguas residuales, no obstante, se debe conocer la eficiencia de cada alternativa de tratamiento por lo que la problemática de la investigación se basa en:

- Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales del biodigestor.
- Evaluación de la generación de lodos del biodigestor comercial.
- Análisis comparativo entre los sistemas de la letrina compostera de doble cámara y la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor.

La evaluación de estos elementos y el análisis comparativo entre ambas alternativas nos servirá como instrumento para optar por la solución más adecuada para el sistema de tratamiento de aguas residuales,

contribuyendo con resultados, indicadores de eficiencia comparativa, calidad de afluentes y operación de los sistemas.

Las leyes y normativas vigentes son cada vez más exigentes, lo que está impulsando al desarrollo de sistemas más eficaces y que requieran ocupar una menor área, mejorar la calidad de abono producido y optimizar la retención y producción de lodos, mejorando así la calidad de los efluentes generados siempre teniendo en cuenta el factor costo beneficio.

El objetivo es de lograr eliminar la mayor concentración de carbono y nitrógeno que se encuentran en los afluentes y también generar efluentes tratados aptos para su reúso.

Por tal motivo se propone estas alternativas, pese a que no tenga mucha aceptación como los proyectos de agua potable por diversos factores como la falta de conocimiento y concientización sobre el riesgo que es para la buena salud de la población las heces expuestas al aire libre, la falta de capacitación para su uso y mantenimiento y la falta de costumbre (problemática socio cultural), además se busca que el proyecto sirva de guía para poder aplicarlo en las demás localidades aledañas que tienen la misma carencia de redes de alcantarillado.

Producto de esta experiencia se obtendrá resultados como el alto nivel de aceptación, por parte de la población beneficiaria por no generar malos olores y disminuir la proliferación de insectos, ubicación del servicio higiénico dentro de la vivienda, en el entorno familiar y el inicio del mejoramiento de los hábitos de higiene (Huiza, 2016).

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida beneficia la letrina ecológica en las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿En qué medida beneficia la letrina compostera de doble cámara en las condiciones de salubridad?

b) ¿En qué medida beneficia la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor en las condiciones de salubridad?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica o Social**

La población beneficiaria de Huata, podrá obtener un mejor nivel de vida en lo que respecta al servicio de saneamiento ya que el estudio presenta una solución viable a la problemática de contaminación del ambiente que afectan negativamente las condiciones de salubridad.

#### **1.3.2. Metodológica**

Se tomarán datos y se realizarán ensayos, así mismo se tendrá en cuenta las condiciones actuales y algunos factores para realizar un análisis comparativo y elección del diseño más conveniente de sistema de letrinas. A partir de esta propuesta se buscará mejorar la calidad del servicio básico de saneamiento y por ende las condiciones de salubridad.

La metodología utilizada servirá para investigaciones afines y con aplicación hacia otros temas con relevancia.

### **1.4. Delimitaciones**

#### **1.4.1. Delimitación espacial**

El anexo de Huata en el distrito de Andamarca, provincia de Concepción, ubicado al noroeste del distrito en mención, que pese a la cercanía no ha mejorado el sistema de tratamiento de aguas residuales afectando negativamente la calidad de vida en la zona implicada.

#### **1.4.2. Delimitación temporal**

El año 2018, puesto que no se ha planteado propuestas de solución adecuadas, agravando la problemática con respecto a la insalubridad existente que afecta la calidad de vida y medio ambiente del lugar en mención.

#### **1.4.3. Delimitación económica**

La presente investigación fue financiada íntegramente por el tesista, no presentándose ninguna dificultad que sea de relevancia para la misma.

### **1.5. Limitaciones**

La presente investigación tuvo las siguientes limitaciones:

- Poca información sobre el tema de investigación en letrinas ecológicas, que se hayan realizados en nuestra región.
- La muestra seleccionada se encontró ubicada en una zona con topografía accidentada donde las viviendas eran muy dispersas a lo largo del anexo, lo cual dificultó el acceso.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar en qué medida beneficia la letrina ecológica en las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Analizar en qué medida beneficia la letrina compostera de doble cámara en las condiciones de salubridad.
- b) Evaluar en qué medida beneficia la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor en las condiciones de salubridad.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. A nivel internacional**

A) Lituma (2014), en la investigación titulada: “Las aguas servidas y su influencia en el buen vivir de los habitantes de las comunidades indígenas de la parroquia Madre Tierra cantón Mera provincia de Pastaza”. En su investigación nos refiere que el proyecto es de gran importancia, dada las actuales circunstancias en las que se realiza la evacuación de las aguas servidas, provocando de esta manera un efecto contaminante para el buen vivir de los habitantes de las comunidades indígenas de la parroquia Madre Tierra, degradando de esta manera la conservación ambiental y la calidad de vida de los habitantes.

Tambien nos dice que se realizó encuestas de campo conjuntamente con el técnico de la junta parroquial, el técnico de la asociación de juntas parroquiales y el Ing. Luis Holsen de EEUU. Se procedió a realizar el muestreo y a tabular cada uno de los resultados de las encuestas, realizando análisis de factibilidad del proyecto en cada uno de los sitios, realizando un diseño de letrinas sanitarias con pozo séptico, un tanque elevado más económico acorde a las necesidades y condiciones climáticas de la zona.

Además de que se implantará un sistema de letrinas sanitarias mixtas para un adecuado tratamiento de las aguas servidas, utilizando normas del código ecuatoriano de construcción, normas ASTHO, ACI y normas de plan de manejo ambiental, reducirá

efectos negativos como los desagradables olores y la presencia de animales rastreros que afecta el paisajismo de la zona dándole un mal aspecto.

- B) Calderón (2014), en la investigación titulada: “Evaluación de la eficiencia de biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias”. En su trabajo de investigación nos habla sobre la baja cobertura en la red de drenajes que trae consigo la necesidad de desarrollar sistemas descentralizados de aguas residuales domésticas y tratamientos in situ. El biodigestor comercial es presentado por su fabricante como una alternativa sostenible para el saneamiento periurbano y rural, como un tratamiento primario in situ, antes de la disposición final de las aguas residuales.

El biodigestor comercial presenta cualidades físicas que permiten una instalación rápida, sin necesidad de mano de obra especializada, sin embargo, debe determinarse sus cualidades en el tratamiento de aguas residuales.

La investigación se realizó para determinar la eficiencia de remoción de carga contaminante en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias; además de su eficiencia inicial y a mediano plazo, evaluándose después de cinco años de funcionamiento, así también se examinó el estado físico de la unidad, cuantificación de lodos, evaluación de la eficiencia ante distintos caudales e inconvenientes del sistema.

### **2.1.2. A nivel nacional**

- A) Huiza (2016), en la investigación titulada: “Diseño y tratamiento de aguas residuales mediante biodigestores domiciliarios de la localidad del anexo de Chilche-S.M. de Rocchac – Huancavelica”. La tesis se desarrolla a fin de dar a conocer la falta de infraestructura respecto a obras de saneamiento para el tratamiento de aguas residuales. La carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales en dicha localidad incide en el incremento de enfermedades gastrointestinales y parasitarias principalmente en pobladores de alto riesgo, niños y ancianos. Una

solución eficiente para aquellos lugares que por diferentes razones principalmente topográficas que no cuenten con sistemas de tratamiento con innovación tecnológica llamado biodigestores. Esta propuesta es una alternativa de solución rápida, versátil y de fácil aplicación frente a otros sistemas de tratamientos existentes.

- B) Da Costa y Saavedra (2016), en la investigación titulada: “Estudio de suelos para la determinación de la unidad básica de saneamiento en la localidad de Barrio Florido – distrito de Punchana – Loreto”.

El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar las condiciones del suelo de la localidad de Barrio Florido (Iquitos) para la aplicabilidad de las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) como solución tecnológica a la problemática de saneamiento en esta jurisdicción.

El estudio de suelos permitió identificar las características propias que presentan los sectores del área estudiada mediante la extracción de muestras de calicata en zonas previamente seleccionadas, utilizando como método la identificación de sectores de terreno de características similares y uniformes, los cuales fueron delimitados por la naturaleza; realizando ensayos de laboratorio para la clasificación de los suelos, prospección de campo para obtener el nivel freático y pruebas de infiltración de acuerdo a los lineamientos de las normas técnicas de suelos y saneamiento vigentes, de modo que se pudo definir los tipos de Unidades Básicas de Saneamiento óptimos para ser aplicados en la localidad, permitiendo decidir correctamente en su elección.

El tipo de investigación fue de tipo experimental, correspondiendo a un diseño pre experimento de post prueba de un solo grupo. La muestra estuvo conformada por los tipos predominantes de suelo en cada sector (Barrio Florido, Iquitos). La técnica que se empleó en la recolección de datos fue la guía de observación y análisis documental.

El resultado principal fue: En los sectores de terreno circundantes a las calicatas 01 y 06 predomina un suelo arcilloso de alta

plasticidad y areno-limoso respectivamente, con capacidades de infiltración lenta, nivel freático superficial y características inundables, lo que permite la aplicabilidad de la UBS de doble cámara compostera elevada. En los sectores de terreno circundantes a la calicata 02, 03 y 04 predomina un suelo arcilloso de alta plasticidad, con capacidades de infiltración media y lenta, y nivel freático profundo, lo que permite la aplicabilidad de la UBS de Doble Cámara Compostera. En los sectores de terreno circundante a la calicata 05 predomina un suelo arenoso-limoso, con capacidad de infiltración media y nivel freático profundo, lo que permite la aplicabilidad de la UBS de Arrastre Hidráulico con Biodigestor y zanja de infiltración.

- En Perú, a finales de los años 70 y principios de los 80 el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial de Normas Técnicas (ITINTEC) empezó con la investigación y promoción de biodigestores familiares de domo fijo basándose principalmente en los modelos chino e hindú, siendo el primero el que tuvo mayor difusión debido a su menor costo. A esta iniciativa se unieron diferentes instituciones y universidades, donde de las cuales destacaron dos proyectos ejecutados por la universidad Nacional de Cajamarca (UNC) y la empresa Gloria S.A. en Arequipa, (Huiza, 2016).

Lamentablemente de todos los biodigestores instalados por la UNC durante esta época, solo uno se encuentra en funcionamiento, esto se debió, entre otras cosas, al mal enfoque que se le dio al proyecto, el cual se centró principalmente en la energía, dejando de lado las verdaderas necesidades de los usuarios. Para el caso de Gloria se instalaron sistemas entre los departamentos de Tacna, Moquegua y Arequipa, donde la empresa primero concientizo a los ganaderos, con los cuales trabajaba y después les vendió los biodigestores, la empresa capacito a asesores de campo para la construcción e ideó una forma más sencilla y barata de construirlos. En la actualidad no se sabe exactamente cuántos siguen en funcionamiento, pero se piensa que también son pocos. En el año

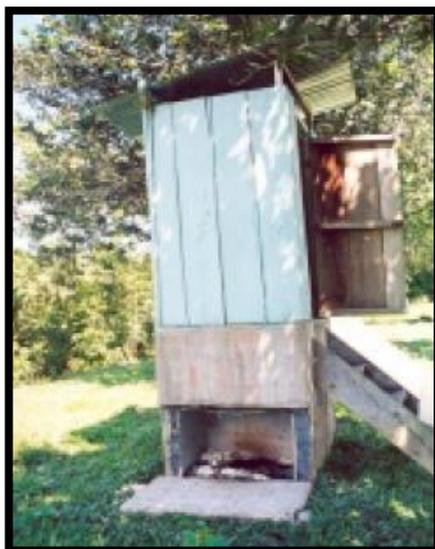
2004, en el Cusco, una colaboración entre el Institut de Tècniques Energètiques (INTE) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y el Instituto para una Alternativa Agraria (IAA) se realizó un pequeño proyecto piloto donde se instalan 2 biodigestores de plástico polietileno (PET), los cuales, a pesar de sus limitaciones, funcionaron adecuadamente. En el año 2007 se instalaron 13 biodigestores de en la zona de Yanaoca. Paralelamente, se instaló una planta piloto en el Funko K'ayra de la Universidad San Antonio Abad de Cuzco (UNSAAC), para la investigación de biodigestores tubulares.

Experiencias tecnológicas aplicadas en el país, información recabada del Manual de letrinas en zonas inundables de la UNATSABAR, organismo de apoyo técnico delegado por la OMS.

- Publicación de EL COMERCIO: “Nativos de la frontera Loretana”, en el proyecto llamado “Letrinas Aboneras” ubicada en la zona amazónica de Loreto.

El programa Frontera Selva involucra a las comunidades nativas de Diamante Azul, Nueva Cajamarca, Runi Tuni y Copal Yacu, donde se han construido cerca de 40 letrinas aboneras que beneficiaran a las familias de la comunidad.

A la comunidad Copal Yacu de la etnia Quichuas, de distrito de Napo, provincia de Maynas (Loreto) se llega navegando nueve horas por el caudaloso río Napo, el principal afluente del Amazonas que nace en Ecuador. En esta selva existen unas 76 comunidades nativas, en su mayoría asentadas en las riberas de los ríos desde la localidad de Mazan hasta Torres Causana. La pobreza es extrema a pesar de las obras realizadas, por otra parte, se brindó capacitación a la comunidad para que sean los protagonistas en la construcción y operación de los pozos anillados, letrinas aboneras, postas médicas, piscigranjas, colegios y otras obras (Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en Saneamiento, 2002).



*Figura 3. Letrina abonera elevada*  
Fuente: FONCODES

Este tipo de letrina puede ser construido semienterradas, enterradas y elevadas y cuenta con una o dos cámaras de almacenamiento, donde se depositan las excretas, las cuales luego de un periodo de compostaje son extraídas para abonar las tierras de cultivo. Los pobladores, realizan la deshidratación de las heces y la orina, mediante el uso de “Aserrín”, “Cenizas”, “Cal” y otros materiales de desecho, logrando así el control de los olores y la generación de moscas. Requiere del manejo de las heces humanas por parte de los usuarios. La construcción de la letrina puede ser de mortero armado con cemento y mallas de alambres, pudiéndose implementar esta tecnología con materiales netamente de la zona, como es la madera para la construcción y las cenizas para la operación, disminuyendo significativamente el costo de la tecnología. Es necesario brindar el asesoramiento técnico sobre los diferentes tipos de construcciones y modelos de letrinas (Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en Saneamiento, 2002).

- Letrinas de arrastre hidráulico con dos tanques en serie mejorados a través de zanjas de infiltración, ubicado en la comunidad San Antonio de Pintuyacu, provincia de Maynas (Loreto) es una zona de selva alta, exenta de inundaciones, donde para la disposición de excretas se implementó el uso de letrinas con arrastre hidráulico con dos tanques en serie, llamados también “Cantaritos”, mejorados con zanjas de

infiltración. Debido a que estas letrinas funcionan con agua de lluvia en épocas de verano (menos agua), no cuentan con el volumen de agua suficiente para su debido funcionamiento (Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en Saneamiento, 2002).



*Figura 4.* Letrina con “Cantaritos” y zanja de infiltración  
Fuente: FONCODES

Este tipo de letrinas contempla un arrastre hidráulico, generado por adicionarle cierta cantidad de agua, proveniente del almacenamiento del agua de lluvia, que es abundante en esta zona amazónica. Gracias al arrastre hidráulico producido en la letrina se puede transportar las excretas y/o aguas grises a los tanques en serie denominados “cantaritos” cuyo material es ferrocemento. En estos tanques se produce la separación o eliminación de los sólidos sedimentables, grasas y/o natas, presentes en el desagüe, es decir estos cantaritos asimilan su funcionamiento a un “tanque séptico”. El líquido que sale del último tanque tiene altas concentraciones de materia orgánica y organismos patógenos por lo que es conducido a las zanjas de infiltración, en zonas donde las condiciones son óptimas y no hay amenaza para la calidad de las aguas subterráneas (Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en Saneamiento, 2002).

El principal problema de implementar este tipo de sistemas de eliminación de excretas es el tipo de terreno, en algunos casos terrenos

con nivel freático alto y en otros terrenos arcillosos que no permiten la infiltración de los efluentes.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Letrina ecológica**

La letrina ecológica según Mejía y Pérez (2016), también conocida como unidad básica de saneamiento según la Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016), se podría definir como un sistema apropiado e higiénico, donde se depositan los excrementos humanos y que contribuye a evitar la contaminación del ambiente y a preservar la salud de la población, es más usual en las zonas rurales debido a la falta de redes de alcantarillado.

#### **2.2.1.1. Análisis y diseño de letrina ecológica**

El análisis es un examen detallado o estudio minucioso de un objeto o asunto, en este caso vendrían a ser los dos tipos de letrina que se describirá en los siguientes párrafos, todo esto para conocer las características, componentes, funcionamiento, ventajas y extraer conclusiones considerando los resultados y condiciones que preceden al diseño.

El diseño se define como el proceso previo de configuración mental, "prefiguración", en la búsqueda de solución para una problemática. El diseño involucra variadas dimensiones que van más allá del aspecto y/o la forma, abarcando también la función de un objeto y su interacción con el usuario. Durante el proceso se debe tener en cuenta además la funcionalidad, la operatividad, la eficiencia y la vida útil del objeto del diseño.

Teniendo en cuenta todos estos conceptos se procede a analizar las opciones tecnológicas y niveles de servicio que se adecuen a las condiciones físicas, económicas y sociales de la zona en estudio, entendiéndose por:

**Opción Tecnológica:** Es la solución de ingeniería para el saneamiento, que puede aplicarse en función de las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad y/o zona en estudio.

Como opciones tecnológicas se puede mencionar: letrinas, tanto en medio húmedo como en seco, sistemas de alcantarillado de pequeño diámetro, simplificado o condominial (Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en Saneamiento, 2002).

Nivel de Servicio: Grado de satisfacción en la utilización de las opciones tecnológicas, pueden ser familiar o multifamiliar. Por ejemplo: letrinas familiares o comunitarias, conexión domiciliaria de desagüe y Módulos Sanitarios Comunales (Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en Saneamiento, 2002).

#### **2.2.1.2. Criterios de selección de la tecnología**

Para la elección de la opción tecnológica en saneamiento que debe aplicarse, es necesario tener en cuenta una serie de factores de orden técnico, económico y social. El conocimiento cabal de estos factores resulta vital para la selección de la tecnología más conveniente.

#### **2.2.1.3. Factores de selección**

De acuerdo a la (Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural, 2012) tenemos varias opciones o soluciones técnicas para los sistemas de saneamiento, que se agrupan en soluciones individuales y colectivas, como tema puntual de esta investigación nos enfocaremos a las soluciones individuales, así pues la selección dependerá del análisis de factores que inciden en el tipo de opción técnica a utilizar, todo esto como condición previa al desarrollo de los estudios y proyectos con el objetivo de contribuir a la sostenibilidad de los sistemas.

El aspecto ambiental será un factor transversal e influirá en la ejecución y funcionamiento de un proyecto. Para efectos de la selección de una opción tecnológica en saneamiento, se deberá considerar la ubicación de los componentes en zonas vulnerables,

proponiendo las medidas de mitigación correspondientes si se da el caso.

Los principales factores y consideraciones a tenerse en cuenta, para la selección de la tecnología según la (Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural, 2012) son:

#### **A) Factores técnicos**

##### **Cantidad de agua utilizada:**

Las opciones técnicas están en función de la cantidad de agua que se requiere para la descarga y se clasifican de la siguiente manera:

- **Requieren agua:** Corresponde a la opción técnica que requiere el uso de agua para el arrastre de excretas. Esta condición también se aplica para las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) con arrastre hidráulico y los sistemas de alcantarillado.
- **No requieren agua:** Corresponde a la opción técnica que no requiere del uso de agua para el arrastre de excretas. Esta condición aplica para las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) tipo secas, tales como: ecológica o compostera, la de compostaje continuo, y la de hoyo seco ventilado.

##### **Ubicación respecto a la fuente de agua:**

Para el sistema de saneamiento, la disposición de las fuentes de agua influye en la ubicación de la opción técnica de saneamiento, por lo siguiente:

- La disposición de las aguas residuales o excretas pueden contaminar las fuentes subterráneas de abastecimiento de agua, siendo los más expuestos los pozos excavados o perforados. Por ello, la distancia de las aguas residuales o excretas con respecto al pozo de agua debe ser como mínimo de 25 m aguas abajo, para garantizar que el agua no se contamine por la infiltración de las aguas residuales y los desechos fisiológicos dispuestos en el subsuelo.
- Si el nivel de la napa freática estuviera a una distancia menor a los 3.5 m de la superficie del suelo, no se recomienda la instalación de opciones técnicas de saneamiento que puedan

contaminar la napa freática, tales como las de arrastre hidráulico, que tiene como disposición final la infiltración de las aguas residuales tratadas en el terreno o las UBS de hoyo seco ventilado.

#### **Factores asociados al suelo:**

Para la selección del sistema de saneamiento, en especial las soluciones del tipo familiar, deben tenerse en cuenta los siguientes factores asociados al suelo:

- **Disponibilidad del terreno:** Para la aplicación de sistemas de saneamiento el usuario debe disponer de un área en el interior de su predio, y en caso fuera necesario ubicarlos fuera de este, no deberá causar problemas a la comunidad.
- **Permeabilidad del suelo:** Los suelos permeables con suficiente capacidad de absorción permiten viabilizar las soluciones técnicas de saneamiento que requieran efectuar la disposición del agua residual tratada en el suelo, a través de sistemas de infiltración.
- **Suelo fisurado:** En estos casos es necesario considerar en la selección de la opción técnica de saneamiento, la construcción de barreras a fin de impedir la rápida infiltración de desechos líquidos al subsuelo, evitando su contaminación.
- **Suelos inundables:** Este tipo de suelos afectan substancialmente la selección de la opción técnica de saneamiento, obligando a colocar soluciones por encima del nivel de inundación o evaluar la aplicación de alternativas apropiadas.
- **Estabilidad del suelo:** Los suelos no cohesivos o no consolidados requieren de trabajos de estabilización de las paredes de las excavaciones. Para suelos rocosos, las soluciones pueden conducir a la selección de una opción técnica elevada.

#### **B) Factores culturales**

Para la selección de la opción técnica de saneamiento se recomienda tener en cuenta los siguientes factores culturales de la población:

### **Aprovechamiento de los residuos fecales biodegradados:**

Dependiendo de los hábitos culturales de la comunidad y de su aceptación, se podrá capacitar a los usuarios para considerar la posibilidad de aprovechar los residuos fecales biodegradados con fines agrícolas, para lo cual es factible el diseño de la UBS tipo ecológica o compostera como opción técnica.

**Otros factores culturales a considerar:** La ubicación de la UBS, la selección del material para su construcción, dimensiones para su comodidad, seguridad y privacidad son otros factores culturales que deben tomarse en cuenta en la selección de la alternativa de saneamiento.

#### **2.2.1.4. Opciones técnicas en sistemas de saneamiento**

Las soluciones técnicas para los sistemas de saneamiento, se agruparán en soluciones individuales y colectivas, y su selección dependerá de los factores definidos anteriormente.

Tabla 2.  
*Opciones tecnológicas*

Tipo de Solución	Opción Tecnológica
Individual	UBS de Hoyo Seco Ventilado
	UBS de Compostaje Continuo
	UBS Ecológica o Compostera
	UBS con Arrastre Hidráulico
Colectiva	Alcantarillado Convencional
	Alcantarillado Condominial

Fuente: Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural (2012).

### **A) Unidad básica de saneamiento ecológica o compostera (UBS-C)**

#### **a) Descripción**

Cuando el nivel freático es superficial y se tenga suelo rocoso, la UBS-C es una alternativa adecuada para la disposición de excretas en zonas donde el suelo es impermeable y napa freática alta. La ventaja competitiva de esta opción técnica es que convierte la materia orgánica (heces) en abono que puede ser utilizado para el mejoramiento de suelos (Guía de opciones tecnológicas para

sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural, 2016).

La UBS-C, es una estructura que cuenta con un inodoro que separa las orinas y las heces en compartimientos distintos. La orina se conduce a un pozo de absorción y las heces son depositadas en una cámara impermeable. Esta unidad cuenta con dos cámaras impermeables e independientes, que funcionan en forma alternada, donde se depositan las heces y se induce el proceso de secado por medio de la adición de tierra, cal o cenizas. El control de humedad de las heces y su mezcla periódica permite obtener cada doce meses un compuesto rico en minerales, con muy bajo contenido de microorganismos patógenos y que se puede utilizar como mejorador de suelos agrícolas, al cabo de ese tiempo.

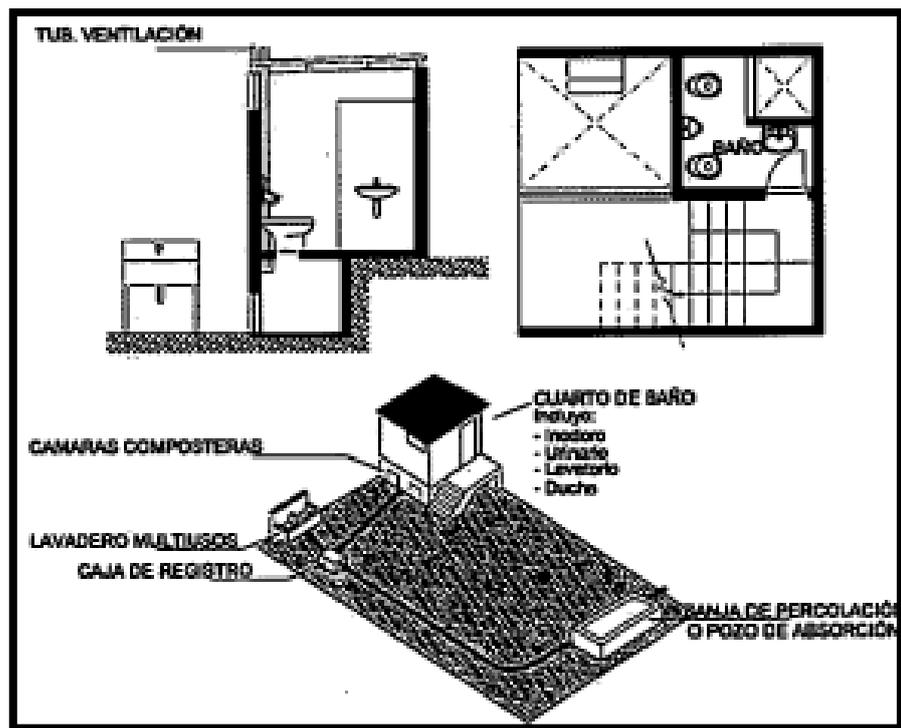


Figura 5. Vista en corte y planta de UBS Ecológica o Compostera  
Fuente: Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016).

## b) Componentes

Tabla 3.  
*Componentes de la UBS ecológica o compostera*

Componente	Descripción	Aspectos Técnicos del Componente
Caseta	Espacio que permite dar privacidad al usuario durante su uso y/o proteger al usuario contra la intemperie.	Las dimensiones de la caseta tomaran como referencia las dimensiones de la losa sobre las cámaras, el área interna de la caseta deberá ser adecuada para la disposición, al menos de la taza especial y urinario separado, 1.00m <sup>2</sup> como mínimo, debiendo tener un ancho mínimo de 1.00 metro y el alto de la caseta deberá ser mayor de 1.90 metros.
Taza Especial	Aparato sanitario destinado para la defecación que tiene un separador de orina.	Deberá unirse herméticamente a la losa del piso de la caseta para impedir la salida de malos olores y por ende no usa agua para el arrastre de excretas.
Urinario	Accesorio adicional a la taza especial.	Se podrá utilizar un contenedor cilíndrico como recipiente o una caja de registro que conducirá por gravedad al pozo de absorción o zanja de percolación para su infiltración en el terreno.
Conducto de ventilación	Tiene como función permitir la salida de los gases generados en las cámaras de secado, estableciendo comunicación con el exterior.	Conducto de PVC que se coloca dentro o fuera del baño y que se interconecta con la cámara seca para eliminar los malos olores y cuenta con un sombrero de ventilación.
Cámara compostera	Compartimento donde se depositan las heces hasta transformarse en abono natural, libre de microorganismos. Se tiene dos cámaras que funcionan alternadamente, cada cámara debe ser lo suficientemente grande como para recibir los desechos acumulados de por lo menos un año. En este tiempo la mayor parte de los organismos patógenos mueren antes de que se	Contará con una losa inferior de concreto, muros en mampostería, losa superior y compuertas, contando ambas cámaras con un orificio en la losa superior por donde caen las excretas. Las paredes y la base deben ser impermeables. El orificio de la cámara que no esté en uso se sella colocándole un tapón que tiene la forma del orificio y puede ser hecho de los mismos

	extraiga el material descompuesto.	materiales que las paredes de la cámara.
Losa-tapa	Estructura que se construirá sobre ambas cámaras, de manera que permitirá soportar al usuario y los aparatos sanitarios.	Tendrá las mismas dimensiones exteriores que la suma de ambas cámaras, presentando aberturas para colocar la manguera que evacua la orina, el tubo de ventilación y los aparatos sanitarios.
Caja de registro	Solo se considerará en el caso de que exista zanja de percolación o pozo de absorción, el cual servirá para recolectar la orina y las aguas grises proveniente del lavatorio, ducha, etc.	Se ubicará entre la caseta y la zanja de percolación o pozo de absorción, contando con una sección transversal mínima de 0.30m x 0.60m, la parte superior de la caja de registro deberá estar 5cm, por encima del nivel del terreno para su rápida ubicación o para las actividades de mantenimiento.
Zanja de percolación	Son excavaciones largas y angostas realizadas en la tierra para acomodar las tuberías de distribución del agua residual proveniente de los aparatos sanitarios.	En la construcción de la zanja, son necesarios los siguientes materiales: gravas trituradas, tuberías de PVC con juntas abiertas o perforaciones que permitan la distribución uniforme del líquido en el fondo de las zanjas.
Pozo de absorción	Hoyo profundo realizado en la tierra para infiltrar el agua residual proveniente de los aparatos sanitarios. Los pozos de absorción podrán usarse cuando no se cuente con área suficiente para la instalación de zanjas de percolación o cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo estratos favorables a la infiltración.	La capacidad del pozo de absorción se calculará en base a las pruebas de infiltración que se efectúen en el terreno. Las paredes del pozo de absorción estarán formadas por muros de mampostería con juntas laterales separadas.
Biofiltros	Humedales artificiales de flujo subsuperficial, al no estar el agua residual expuesta directamente a la atmosfera, para el tratamiento de aquellas.	Se emplearan para el tratamiento y percolación de las aguas provenientes del urinario, lavatorio y ducha si fuera el caso de existir algunos o todos estos elementos.

Fuente: Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016).

## **B) Unidad básica de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH)**

### **a) Descripción**

La UBS-AH está compuesta por un baño completo (inodoro, lavatorio y ducha) con su propio sistema de tratamiento y disposición final de aguas residuales. Para el tratamiento de las aguas residuales, deberá contar con un sistema de tratamiento primario: tanque séptico o biodigestor. En ambos casos tendrá un sistema de infiltración ya sea por pozos de absorción o zanjas de percolación (Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural, 2016).

Para la UBS-AH-TS de una unidad, se deberá prever la disponibilidad de mano de obra calificada para la limpieza de los lodos en el ámbito rural.

El tanque séptico debe diseñarse para recibir lodos acumulados durante dos años, como mínimo.

La UBS-AH con biodigestor (B) o llamada también letrina con biodigestor domiciliario es aquella que está conectada, por medio de tuberías a un pozo de percolación o absorción, cuya losa cuenta con un sifón, que actúa como cierre hidráulico que impide el paso de insectos y malos olores del pozo al interior de la caseta y que necesita de una cantidad suficiente de agua (2 a 4 litros de agua) para el arrastre de las heces hasta el pozo.

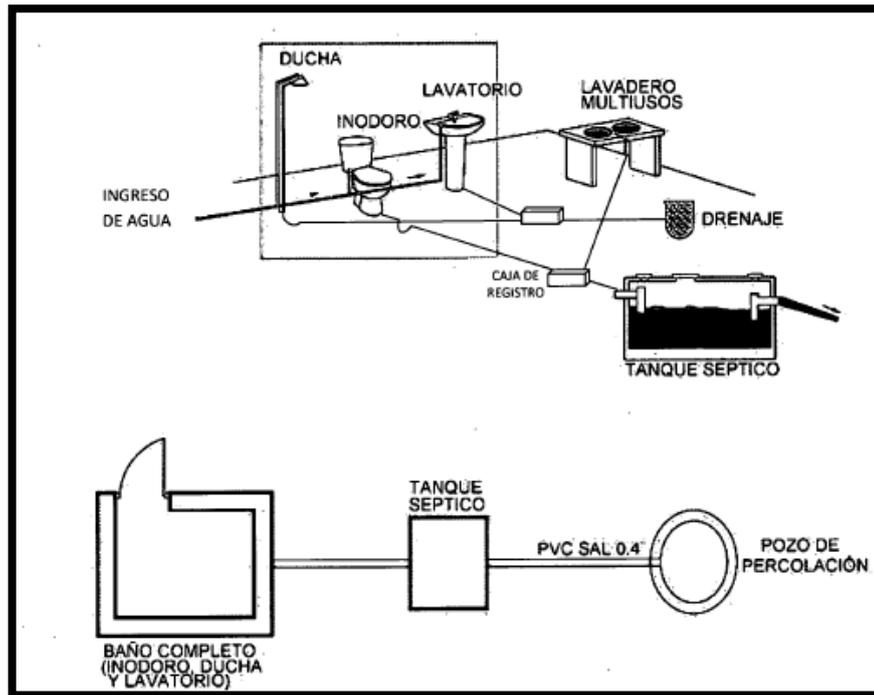


Figura 6. Vista en corte y planta de UBS con tanque séptico y pozo de absorción. Fuente: Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016).

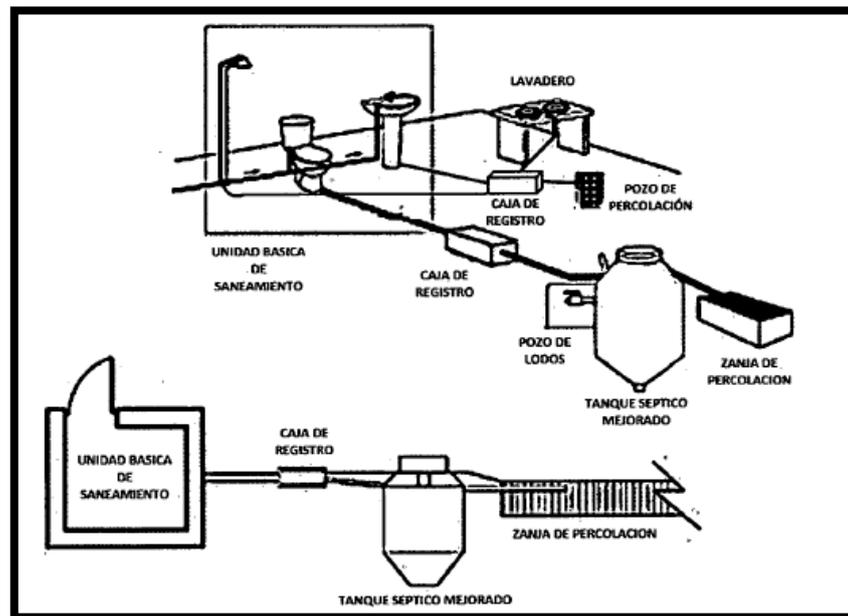


Figura 7. Vista en corte y planta de UBS con biodigestor y zanja de infiltración. Fuente: Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016).

## b) Componentes

Tabla 4.  
*Componentes de la UBS con arrastre hidráulico*

Componente	Descripción	Aspectos Técnicos del Componente
Caseta	Espacio destinado a albergar los aparatos sanitarios necesarios para las necesidades fisiológicas de las personas, como mínimo la deposición de excretas.	Las dimensiones de la caseta tomarán como referencia las dimensiones de la losa sobre las cámaras, el área interna de la caseta deberá ser adecuada para la disposición, al menos de la taza especial y urinario separado, 1.00m <sup>2</sup> como mínimo, debiendo tener un ancho mínimo de 1.00 metro y el alto de la caseta deberá ser mayor de 1.90 metros.
Aparato sanitario (inodoro)	El aparato sanitario es un accesorio de una o dos piezas y con un acabado tipo losa, ya sea tipo taza o turca, deberá ser herméticamente unido a la losa del piso de la caseta para impedir el ingreso de insectos o salida de malos olores.	Se emplearán aparatos sanitarios preferentemente tipo taza dotados de sifón para la formación del sello hidráulico, también se permitirá aparatos sanitarios tipo losa turca, igualmente dotados de sifón, en este caso el orificio deberá estar cerrado con una tapa cuando no sea usado.
Conducto de evacuación	Tubería de PVC con un diámetro mínimo de 100mm, que tiene por propósito evacuar las aguas residuales al sistema de tratamiento y posteriormente al sistema de descarga final.	La pendiente del conducto entre los componentes deberá ser mayor al 3%, además se instalará directamente sobre el conducto de evacuación una tubería de ventilación de PVC de 50mm de diámetro. Se debe considerar un sombrero de ventilación en la parte superior del conducto de ventilación.
Caja de registro	La caja de registro será obligatoria pues sirve como recolector de aguas grises provenientes de ducha o lavadero de uso múltiple. También será obligatoria cuando exista tanque séptico mejorado, ya que servirá para recolectar las aguas residuales facilitando su mantenimiento y limpieza.	Se ubicará entre la caseta y el tanque séptico mejorado, contando con una sección transversal mínima de 0.30m x 0.60m, la parte superior de la caja de registro deberá estar 5cm, por encima del nivel del terreno para su rápida ubicación o para las actividades de mantenimiento.
Tanque Séptico	El tanque séptico es una estructura diseñada bajo la	Las paredes son, por lo común, de ladrillo o bloques de concreto, y

	norma IS.020 de Tanques Sépticos que separa los sólidos de la parte líquida, para poder eliminar esta última por infiltración.	deben enlucirse en el interior con mortero para impermeabilizarlas. Todo tanque séptico tendrá losas removibles de limpieza y registro de inspección, ubicándose las mismas sobre los dispositivos de entrada y salida.
Tanque séptico mejorado (biodigestor)	<p>Estructura de forma cilíndrica, con dispositivo de entrada y salida, que permite el tratamiento de las aguas residuales similar al tanque séptico.</p> <p>Está compuesta por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tubería de entrada de PVC.</li> <li>-Filtros y aros.</li> <li>-Tubería de salida de PVC.</li> <li>-Válvula para extracción de lodos.</li> <li>-Tubería de evacuación de lodos.</li> <li>-Tapa hermética.</li> </ul>	<p>Por lo general son sistemas prefabricados.</p> <p>Los desechos son sometidos a un proceso de descomposición natural, separando y filtrando el líquido a través de un filtro biológico anaeróbico.</p> <p>Este atrapa la materia orgánica y deja pasar únicamente el agua tratada, la cual sale del biodigestor hacia un pozo de absorción o una zanja de percolación.</p> <p>Tras la descomposición de la materia orgánica generada por el biodigestor, se genera un lodo que debe ser retirado periódicamente y puede dejarse secar para ser usado como mejorador de suelo.</p>
Zanja de percolación	Los campos o zanjas de percolación, son una alternativa de tratamiento complementario al efluente producido por el tanque séptico.	<p>La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser mayor a 3 metros.</p> <p>La profundidad de las zanjas deberá estar en función de la topografía del terreno siendo su valor mínimo de 0.60m.</p>
Pozo de absorción	Cavidad realizada en el terreno con una determinada profundidad para infiltrar el agua residual tratada procedente bien del tanque séptico o del tanque séptico o mejorado.	<p>La capacidad del pozo de absorción se calculará en base a las pruebas de infiltración que se efectúen en el terreno.</p> <p>Existe varios tipos de pozo entre los cuales está el pozo sin revestimiento, el de ladrillo y mampostería, cilindros de arcilla cocida con agujeros y el bloque de hormigón con agujeros.</p>
Brocal	Anillo de protección del pozo de absorción de la U.B.S.	Se ubicará en la parte superior del pozo y servirá para estabilizar su boca, sostener la losa y cerrar para impedir el ingreso de insectos y roedores, así como agua superficial y lluvia.
Terraplén	Tierra con la que se rellena rodeando el pozo de absorción y el brocal.	Una vez instalado la losa –tapa se colocará tierra o arcilla alrededor de la losa, este material será apisonado y tendrá un ángulo de

		45° con el nivel del suelo, para impedir el paso de las aguas superficiales o de lluvia.
Losa-tapa	Estructura que se empleara sobre el brocal del pozo de absorción.	Deberá ser construida con concreto armado, que le permita soportar cualquier sobrecarga a la que pueda ser sometida por su ubicación en lugares abiertos.

Fuente: Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016).

### **2.2.1.5. Biodigestor prefabricado**

El biodigestor se define como un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia de las bacterias que habitan en las excretas, puesto que estas se digieren produciendo gases como el metano y el dióxido de carbono, produciendo una reacción en cadena que da como resultados el biogás y el biol (Martí, 2008).

Sin embargo, cabe resaltar que la cantidad de gas producida por los biodigestores prefabricados son mínimos, los cuales son evacuados por el mismo sistema de ventilación del módulo sanitario, sin que este cause molestia alguna para el usuario (Mejía y Perez, 2016).

#### **a) Descripción:**

El biodigestor prefabricado es un sistema para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaerobia de la materia orgánica (Mejía y Perez, 2016).

Puesto que las excretas frescas contienen bacterias que continúan digiriéndolo y producen metano, dióxido de carbono y otros gases.

Es el componente principal del sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor.

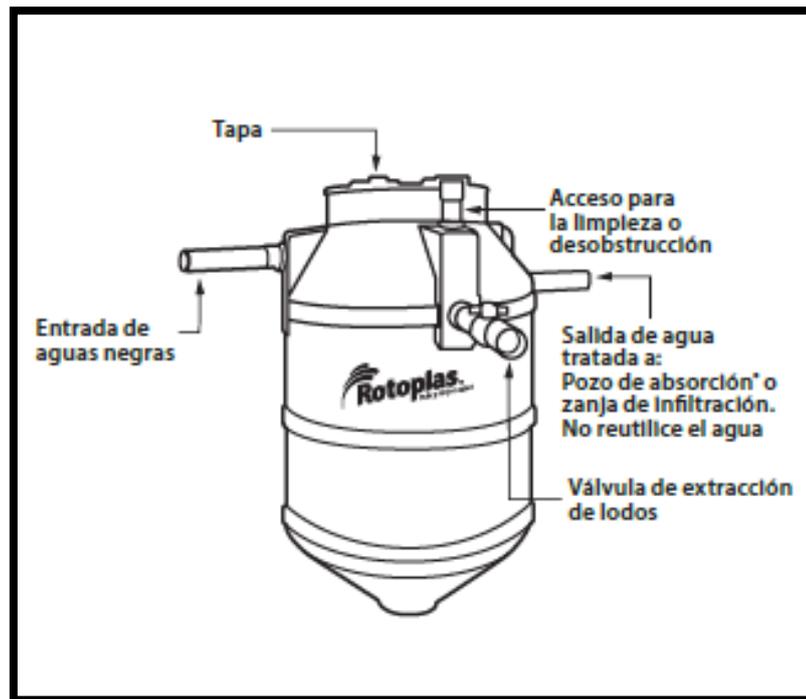


Figura 8. Biodigestor prefabricado

Fuente: Ficha Técnica Biodigestor Prefabricado Rotoplas (2016).

El tratamiento primario de las aguas residuales, se refiere a la sedimentación de los sólidos suspendidos.

La generación de gases en el biodigestor prefabricado prácticamente no se percibe, los cuales son evacuados por el mismo sistema de ventilación del módulo sanitario, sin representar incomodidad para el que lo utilice. En consecuencia, el objetivo principal del biodigestor es mejorar la calidad de los efluentes y lodos tratados.

En la siguiente imagen se puede apreciar las cotas de las dimensiones del biodigestor prefabricado.

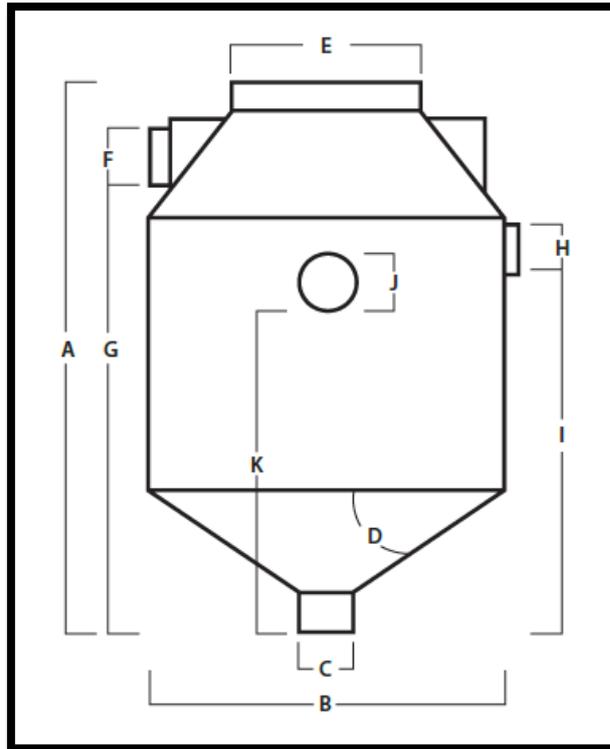


Figura 9. Dimensiones del biodigestor prefabricado  
Fuente: Ficha Técnica Biodigestor Prefabricado Rotoplas (2016).

En la siguiente tabla se puede apreciar las dimensiones del biodigestor prefabricado, que actualmente existen en el mercado.

Tabla 5.  
*Dimensiones del biodigestor prefabricado*

TAMAÑO CONCEPTO	RP-600L	RP-1300L	RP-3000L	RP-7000L
A	1.60 m	1.90 m	2.10 m	2.60 m
B	0.86 m	1.15 m	2.00 m	2.40 m
C	0.25 m	0.25 m	0.25 m	0.25 m
D	45°	45°	45°	45°
E	18"	18"	18"	18"
F	4"	4"	4"	4"
G	1.33 m	1.64 m	1.83 m	2.38 m
H	2"	2"	2"	2"
I	1.27 m	1.54 m	1.68 m	2.27 m
J	2"	2"	2"	2"
K	1.15 m	1.39 m	1.48 m	1.87 m

Fuente: Ficha técnica Biodigestor Prefabricado Rotoplas (2014).

En la tabla a continuación se muestra las diferentes capacidades del biodigestor de acuerdo al número de usuarios servidos.

Tabla 6.  
*Número de usuarios servidos en función de las capacidades*

Capacidades	600 L	1300 L	3000 L	7000 L
Solo inodoros	5	10	25	60
Desagües totales	2	5	10	23
Volumen de lodos a evacuar (máx.)	100 L	184 L	800 L	1500 L

Fuente: Ficha técnica Biodigestor Prefabricado Rotoplas (2014).

**b) Lugares de instalación:**

La instalación se lleva a cabo en lugares donde no sea factible el sistema de alcantarillado convencional ya sea por su lejanía, topografía del terreno o grado de dispersión de la población en el área (Mejía y Perez, 2016).

Como ejemplo tenemos las zonas rurales, casas de playa, casas de campo, etc.

**c) Características del biodigestor prefabricado:**

- El biodigestor prefabricado está elaborado de polietileno, material resistente que no se fisura y confina los excrementos de una forma segura (Mejía y Perez, 2016).
- Es una mejora tecnológica del tanque séptico, con la ventaja de que es completamente hermético, disminuyendo la proliferación de insectos en comparación a otros sistemas de tratamientos de aguas residuales.
- No se requiere de bombas ni medios mecánicos para la extracción de lodos, ya que cuenta con una válvula de extracción.
- No genera olores, permitiendo instalarlo dentro de las viviendas.

#### d) Componentes:

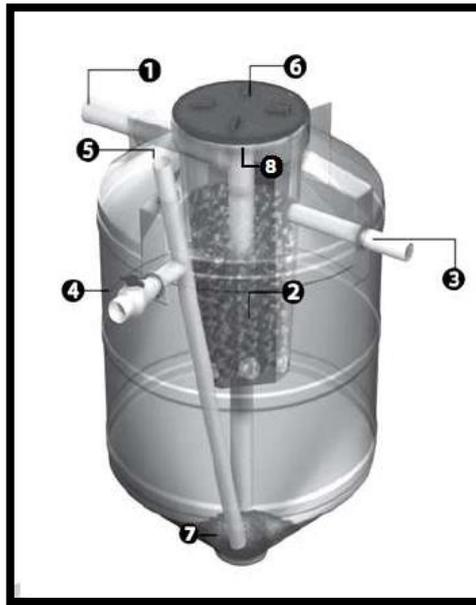


Figura 10. Componentes del biodigestor prefabricado  
Fuente: Ficha Técnica Biodigestor Prefabricado Rotoplas (2017).

- 1: Tubería PVC de 4" para entrada de aguas negras.
- 2: Filtro biológico con aros de plástico (pets).
- 3: Tubería PVC de 2" para salida de aguas tratadas al campo de infiltración o pozo de absorción.
- 4: Válvula esférica para extracción de lodos tratados.
- 5: Tubería PVC de 2" de acceso para limpieza y/o desobstrucción.
- 6: Tapa click de 18" para cierre hermético.
- 7: Base cónica para acumulación de lodos.
- 8: Tubería PVC de 4" de acceso directo a sistema interno para limpieza y/o desobstrucción con la finalidad.

#### e) Instalación:

Según la ficha técnica de biodigestor prefabricado, los pasos para la instalación son:

##### - Localización

Es importante instalarlo en un lugar donde no exista el paso de vehículos, así como la consideración de futuras expansiones en la construcción de patios, entre otras. Evitar terrenos de relleno o sujetos a inundaciones.

##### - Ángulo de excavación en función al tipo de suelo

La excavación se debe realizar dejando como margen una pendiente que no permita el deslave de la tierra y eliminando las piedras que puedan dañar el tanque. Es necesario compactar el suelo antes de colocar el biodigestor prefabricado, la profundidad deberá ser de 10 centímetros.

- Colocación

El biodigestor se coloca con cuidado sin dañar las conexiones, asegurándose que el mismo esté en posición vertical, se alinea la entrada y salida del agua verificando que exista un margen de por lo menos 20 centímetros de espacio libre entre el biodigestor y la pared de la excavación.

- Relleno

Para el relleno de la excavación fuera del biodigestor, se necesita agregar 30 cm del material extraído y compactar con un aplanador manual, después se agrega 30 cm de agua dentro del biodigestor. Se repite la operación las veces que sean necesarias.

- Registro de lodos

Se debe instalar un registro de lodos, el cual se encarga de recibir los sólidos producidos por el biodigestor. Para ello se determina la posición de la válvula donde se deja un espacio para instalar el registro, se toma como referencia una distancia de menos de 2 centímetros entre el biodigestor y el registro de lodos. La pendiente de la tubería debe ser de 2 por ciento. El registro debe ser impermeable y contar con una tapa no hermética para así permitir el secado de los lodos y evitar que se mojen cuando llueva.

**f) Funcionamiento y proceso séptico:**

El funcionamiento del biodigestor prefabricado se puede observar a continuación:

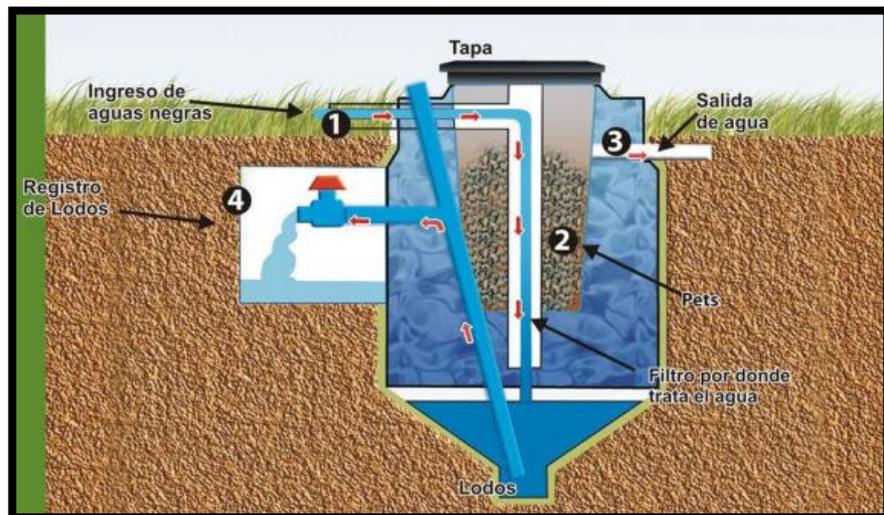


Figura 11. Funcionamiento del biodigestor prefabricado  
Fuente: Ficha Técnica Biodigestor Prefabricado Rotoplas (2016).

El biodigestor prefabricado funciona de la siguiente manera:

- El agua ingresa por el tubo N° 1 hasta el fondo, donde las bacterias inician el trabajo de descomposición.
- Luego sube y pasa por el filtro N° 2, donde la materia orgánica que asciende es atrapada por las bacterias fijadas en los anillos de plástico del filtro.
- Por último, el agua tratada sale por el tubo N° 3 hacia un área de percolación (pozo de absorción o zanja de infiltración) para completa el proceso.

El proceso séptico comienza cuando las aguas negras ingresan al biodigestor por la conexión al desagüe y se dirigen al fondo de lodos. En esta área de lodos se va a formar una colonia de bacterias anaerobias, que van a alimentarse con las excretas. (Mejía y Perez, 2016).

El fondo cónico del biodigestor permite reducir las áreas muertas y permite a lo que denominan la autolimpieza, que es la salida de lodos.

Las aguas tratadas, al pasar por el filtro, realizan nuevamente el proceso séptico con una segunda colonia formada en los aros plásticos (pet). Al descargar estas aguas al área de percolación, culmina el proceso eliminando la presencia de olores y contaminantes.

### **g) Beneficios del uso:**

Según la ficha técnica del biodigestor prefabricado (2016), su uso tiene los siguientes beneficios:

- Es autolimpiable y no requiere de bombas ni medios mecánicos para la extracción de lodos.
- El usuario con solo abrir una válvula extrae los lodos digeridos, eliminando costos de mantenimiento.
- El sistema es netamente hidráulico.
- Es práctico de instalar porque es prefabricado, por lo que se requiere un menor volumen de excavación. Utilizable en todo tipo de terreno, fácil de transportar, instalar y supervisar. Es posible instalarlo en menos de un día.
- Es cien por ciento hermético y resistente: no se fisura y confina de una manera segura las aguas negras residuales.
- La ausencia de olores permite instalar los baños al interior de la vivienda.
- Tiene larga vida útil. Puede durar hasta 35 años.
- Mayor eficiencia en la remoción de constituyentes de las aguas residuales en comparación con sistema tradicional.

### **2.2.2. Condiciones de salubridad**

Según la definición que la (Organización Mundial de la Salud) hace del término, la salud es el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.

La salubridad se define como la característica o cualidad de lo que no es perjudicial para la salud, dicese también del estado general de la salud publica en un lugar determinado, partiendo de estos conceptos existen indicadores que definirían las condiciones de salud y por ende el nivel de vida de una población.

### **2.2.2.1. Nivel de vida**

Analizando el nivel de vida, este es un concepto que adquirió su importancia cuando la (Organización de las Naciones Unidas), lo implemento en sus estadísticas para comparar los países de todo el planeta.

El nivel de vida, en esencia, es el bienestar que un individuo, como integrante de un grupo, aspira o puede llegar a aspirar. Para ello no solamente nos centramos en los bienes materiales que dicho individuo acapara a lo largo de su vida, sino también en los bienes y servicios públicos que provee el estado, como gestor de la circunscripción administrativa dónde este resida.

#### **El nivel de vida y el estado de bienestar:**

El nivel de vida se ha ido desarrollando en la medida que el Estado de Bienestar se ha ido implementando en los distintos países. Y en este proceso se han ido cubriendo necesidades personales que tienen los habitantes de un país por parte del Estado, que se convirtió en un “padre” protector de sus conciudadanos.

En este orden de cosas, surgió desde muy antiguo la defensa nacional, posteriormente la provisión de infraestructuras, la sanidad, la educación, servicios básicos, etcétera. Constituyendo todos estos elementos, medios materiales y/o intangibles que posibilitan una mejora de la calidad de vida y el pleno desarrollo humano.

#### **Medición de nivel de vida:**

El Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), establece diversas métricas para evaluar el nivel de vida de los habitantes de un territorio, las más puntuales en este tema de investigación son:

- Índice de pobreza multidimensional (IPM o MPI, Multidimensional Poverty Index), que ahora sustituye al índice de pobreza humana

y que analiza la ponderación de 10 aspectos que envuelven a tres importantes facetas del ser humano, como son: la educación, la asistencia sanitaria, y la calidad de vida entre los cuales se encuentra el saneamiento que es uno de los 10 indicadores o parámetros que se usa para calcular el IPM (Informe de Desarrollo Humano, 2016).

El Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) es una herramienta de medición desarrollada por la Iniciativa de Pobreza y Desarrollo Humano de la Universidad de Oxford (OPHI) aplicado con éxito en varios países, que mide las privaciones del hogar desde una óptica más amplia.

- Abastecimiento de agua y calidad del medio ambiente, medido como la disponibilidad de estos recursos en calidad y cantidad suficientes.

#### **2.2.2.2. Objetivos de Desarrollo del Milenio**

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio, también conocidos como Objetivos del Milenio (ODM), son ocho propósitos de desarrollo humano fijados por la (Organización de las Naciones Unidas, 2000), que los 189 países miembros de las Naciones Unidas acordaron conseguir para el año 2015. Estos objetivos tratan problemas de la vida cotidiana que se consideran graves y/o radicales. En 2015 los progresos realizados han sido evaluados y por otra parte se ha extendido la lista de objetivos, ahora llamados los objetivos de desarrollo sostenible.

Entre los ocho objetivos cabe resaltar el séptimo que es el sustento del medio ambiente y mediante esta investigación una de las finalidades es aportar conocimiento para su aplicación.

- Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales para reducir la pérdida y contaminación del medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas, 2000).

Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.

### 2.2.2.3. Objetivos de Desarrollo Sostenible

De los países latinoamericanos y caribeños, Chile, Ecuador y Nicaragua han cumplido las Metas para el 2015. En Perú se cuestionan los cambios metodológicos usados para medir los resultados y aparentar que se están logrando las metas.

Por lo que ratificando estos objetivos el 25 de septiembre de 2015, 193 líderes mundiales se comprometieron con 17 Objetivos Mundiales para los próximos 15 años, entre los cuales cabe destacar el sexto objetivo que es el garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos (Organización de las Naciones Unidas, 2015).



Figura 12. Objetivos de Desarrollo Sostenible  
Fuente: OMS (2015).

### 2.2.2.4. Base legal

En el Perú, para el control y fiscalización de las aguas residuales se tiene la siguiente base legal:

- Ley N° 28611.- Ley general del ambiente.
- Ley N° 29338.- Ley de recursos hídricos.
- Reglamento de la Ley N° 29338 - Ley de recursos hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG.

- Texto único ordenado del reglamento de la Ley general de servicios de saneamiento - Ley N° 26338, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-vivienda.
- Ley N° 27972 - Ley orgánica de municipalidades.
- Decreto supremo N° 003-2010-MINAM - Decreto Supremo que aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.
- Reglamento de protección ambiental para proyectos vinculados a las actividades de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 015-2012-vivienda.
- Reglamento de organización y funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG.
- Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA que dicta medidas para la implementación del programa de adecuación de vertimientos y reúso de agua residual – PAVER.
- Resolución Ministerial N° 269-2009-vivienda que aprueba los lineamientos para la regulación de los servicios de saneamiento en los centros poblados de pequeñas ciudades.
- Decreto Supremo N° 021-2009-vivienda que aprueba valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.
- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Reglamento general de la superintendencia nacional de servicios de saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 017- 2001-PCM.
- Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas, aprobado por Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA.
- Reglamento de organización y funciones del ministerio, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-vivienda.
- Reglamento de organización y funciones del ministerio de salud, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-SA.

#### **2.2.2.5. Estándares de calidad ambiental del agua**

Para el cumplimiento de las condiciones de salubridad en la presente investigación, cabe resaltar que en julio del 2008 se aprobaron los ECA para agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural.

Los ECA para agua son referentes obligatorios:

- En el diseño de las normas legales y las políticas públicas.
- En el diseño y la aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a partir de la vigencia del Decreto Supremo 023-2009-MINAM que aprueba las disposiciones para la implementación de los ECA para agua.
- Para el otorgamiento de las autorizaciones de vertimientos, a partir del 1 de abril del 2010.

#### **2.2.2.6. Límites máximos permisibles**

Con el fin de evaluar las condiciones de salubridad se ha aplicado el marco normativo nacional siguiente, el cual es:

Decreto Supremo N °003-2010 MINAM por el cual se aprueban los Límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR), para el sector vivienda y las directrices sanitarias de la OMS 2006.

Tabla 7.  
*Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR*

Parámetros	Unidades	LMP
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad pH	6.5 - 8.5
Sólidos suspendidos totales	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. 003-2010 MINAM

### 2.2.2.7. Impacto Ambiental

El estudio de Impacto Ambiental para la presente investigación se enfoca básicamente en el diseño o ingeniería del proyecto, ya que una vez analizado y elegido el sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la letrina ecológica que genere menores impactos negativos sobre el suelo y el ambiente, no se ahondará en la identificación de los niveles de impacto al ambiente que se produzcan en las actividades del proceso constructivo ya que esto es concerniente al tema de construcción, tampoco se considerará las actividades posteriores como son la operación y abandono.

En este sentido se identificará solo una actividad que viene a ser el diseño o ingeniería en sí, no causando impactos negativos que sean significativos, sino por el contrario mejorando la capacidad adquisitiva generando trabajo, en este caso al proyectista.

Tabla 8.  
*Lista de chequeo de impactos ambientales*

Aspecto	Impacto	Tipo	Características	Condición
RR.SS.	Contaminación del suelo	I(-IST)	Alteración de la armonía	NS
Trabajo	Remuneración	I(+LSP)	Mejora de la capacidad adquisitiva	S

Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Definición de términos

De acuerdo a las (Especificaciones técnicas para el diseño de letrinas con arrastre hidráulico, 2005), la (Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural, 2016) y la norma IS.020 del (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006) señala los siguientes términos:

- a) **Afluente:** Aguas negras o parcialmente tratado, que entra a un deposito, estanque.
- b) **Aguas grises:** Son los desechos líquidos generados en el lavamanos, la ducha, el lavaplatos y el lavadero de la vivienda. Son llamadas aguas jabonosas y por principio contiene muy pocos microorganismos patógenos.
- c) **Agua subterránea:** Agua localizada en el subsuelo y que generalmente requiere de excavación para su extracción.
- d) **Análisis:** El examen de una sustancia para identificar sus componentes.
- e) **Arrastre hidráulico:** Fuerza de tracción que produce el agua para la evacuación de las excretas desde el aparato sanitario hacia el hoyo o pozo.
- f) **Biodigestor:** Nombre comúnmente usado para identificar a un reactor anaerobio de flujo ascendente prefabricado. En este se realiza un proceso continuo de tratamiento anaerobio de aguas residuales, en el cual el desecho circula en forma ascendente a través de un manto de lodos o filtro, para la estabilización parcial de materia orgánica.
- g) **Coliformes:** Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0.5°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44,5 +/- 0,2°C, en 24 horas, se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes), tienen relevante importancia como indicadores de contaminación del agua y alimentos.
- h) **Demanda Bioquímica de Oxígeno:** Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residual; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de

las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

- i) Digestión:** Descomposición biológica de la materia orgánica mediante el calor, los reactivos químicos o los microorganismos que produce mineralización, licuefacción y gasificación parcial.
- j) Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- k) Excretas:** Son el conjunto de orina y/o heces que eliminan las personas como producto final de su proceso digestivo.
- l) Fuente de agua:** Lugar de producción natural de agua que puede ser de origen superficial (acequia o río), subterráneo (manantial o pozo) o pluvial (lluvia).
- m) Letrina:** Lugar destinado a la evacuación de las heces y la orina.
- n) Límite máximo permisible:** Es la medida de grado de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al afluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.
- o) Lodo:** Producto final del proceso de tratamiento de aguas residuales. Mezcla de materia orgánica, suelo y agua.
- p) Napa freática:** Es el acuífero más cercano a la superficie del suelo.
- q) Nivel freático:** Es el nivel de agua más cercano a la superficie del suelo.
- r) Percolación:** Es el flujo o goteo del líquido que desciende a través del medio filtrante. El líquido puede o no llenar los poros del medio filtrante.
- s) Periodo de retención:** El tiempo teórico requerido para desalojar el contenido de un tanque o una unidad, a una velocidad o régimen de descarga determinado (volumen dividido por el gasto).
- t) Sedimentación:** Es el proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas negras u otros líquidos, por gravedad. Esto se logra usualmente disminuyendo la velocidad del líquido por debajo del límite necesario para el transporte del material suspendido. También conocido como asentamiento.
- u) Suelo permeable:** Es aquel que permite que los líquidos ingresen con facilidad.

- v) Tratamiento primario:** Proceso anaeróbico de la eliminación de sólidos.
- w) Tratamiento secundario:** Tratamiento donde la descomposición de los sólidos restantes es hecha por organismos aeróbicos, este tratamiento se realiza mediante campos de percolación o pozos.
- x) Unidad Básica de Saneamiento (UBS):** Es un módulo conformado por un conjunto de estructuras que permitirá la disposición sanitaria de excretas, sanitaria y ambientalmente adecuada.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

La letrina ecológica beneficia considerablemente las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La letrina compostera de doble cámara beneficia considerablemente las condiciones de salubridad.
- b) La letrina con arrastre hidráulico y biodigestor beneficia considerablemente las condiciones de salubridad.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

#### Variable Independiente:

**a) Letrina ecológica (MVCS):** Es el servicio sanitario y todo el sistema q comprende, componentes, aspectos técnicos, aplicabilidad y sus dimensiones son las siguientes:

- Letrina compostera de doble cámara
- Letrina con arrastre hidráulico y biodigestor

#### Variable Dependiente:

**b) Condiciones de Salubridad (OMS):** Es el contexto en la que una población goza de un servicio básico adecuado, en este caso el saneamiento velando por la salud y calidad del medio ambiente, y sus dimensiones son las siguientes:

- Salubridad
- Calidad de vida

## **2.5.2. Definición operacional de la variable**

### **Variable Independiente:**

Letrina compostera de doble cámara:

También llamada letrina abonera, la principal característica es que convierte las heces en abono para el mejoramiento de suelos, es adecuado para las zonas donde el suelo es impermeable y la napa freática alta.

El propósito de la letrina compostera es tratar excrementos sin utilizar agua para producir un abono seguro, estable y sólido. De esta forma reducen la contaminación, ahorran agua y generan un producto útil. La mayoría de los obstáculos por la cual no se utilizan este tipo de letrinas son de naturaleza cultural, que surgen posiblemente por la falta de familiaridad y el tedio habitual que ha sido propiciado por el servicio higiénico convencional.

Letrina con arrastre hidráulico y biodigestor:

Es el tipo de letrina que está conectada, por medio de tuberías a un biodigestor y seguidamente a un pozo de filtración, cuya losa cuenta con un sifón, que actúa como cierre hidráulico que impide el paso de insectos y malos olores del pozo al interior de la caseta y que necesita agua para el proceso de arrastre hidráulico.

### **Variable Dependiente:**

Salubridad:

Característica o cualidad de lo que no es perjudicial para la salud, condición de bienestar para la satisfacción de necesidades básicas como el saneamiento, estado general de la salud pública en una zona determinada.

Calidad de Vida:

Es un concepto que engloba varios niveles de generalización pasando por sociedad, comunidad y el aspecto físico, en este caso por naturaleza se podría denominar calidad de vida a los servicios públicos con que debería contar una población como derecho y no

solamente contar con aquello, sino que sean los propicios y puedan funcionar eficazmente salvaguardando la salud e integridad de la población.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Variable Independiente: Letrina ecológica	Letrina compostera de doble cámara	- Topografía - Mecánica de Suelos - Percolación	-msnm -Clasificación SUCS -lt/m <sup>2</sup> /dia
	Letrina con arrastre hidráulico y biodigestor.	- Topografía - Mecánica de Suelos - Percolación	-msnm -Clasificación SUCS -lt/m <sup>2</sup> /dia
Variable Dependiente: Condiciones de salubridad.	Salubridad	- Aceite y grasas - C. Termotolerantes - DBO - DQO - pH - SST - Temperatura	-mg/L -NMP/100mL -mg/L -mg/L -unidad pH -mg/L -°C
	Calidad de vida	- IPM	-% de viviendas con cobertura de servicio de disposición sanitaria de excretas

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El presente estudio tendrá como método de investigación el científico, dado que la investigación científica es un proceso racional y sistemático, que se realiza secuencialmente con fines y objetivos formulados intencional y proyectivamente.

De esta manera el desarrollo de la investigación científica plantea el problema como fase previa, teniendo en cuenta que sus fases, operaciones y estrategias están estrechamente vinculadas para la comprobación de la hipótesis, debido a que los objetivos fueron planificados (Carrasco, 2005).

#### **3.2. Tipo de investigación**

La presente investigación es del tipo aplicada, porque se investiga para transformar, modificar o producir cambios en un determinado fragmento o parte de la realidad, aplicando conocimientos adquiridos en la práctica, para beneficio de la sociedad en la mayoría de los casos.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación resulta del estado de conocimiento sobre el problema de investigación y de la perspectiva que se le trate de dar al estudio.

La investigación que se viene desarrollando es de nivel explicativo propio del enfoque cuantitativo, tal como lo argumenta (Hernández y otros, 2014).

- Es descriptivo porque considera al fenómeno estudiado y sus componentes, busca especificar propiedades y características midiendo conceptos y definiendo variables.

- Es explicativo porque determina las causas del fenómeno que se estudia y en las condiciones que se manifiesta, generando un sentido de entendimiento, además tiene una secuencia muy estructurada.

### 3.4. Diseño de la investigación

El diseño es Pre Experimental con un grupo pre test y post test, este diseño tiene como bibliografía especializada el esquema que presenta (Hernández y otros, 2006) que a continuación se muestra:

GE:0<sub>1</sub> x 0<sub>2</sub>

Donde:

G.E. = Grupo Experimental

0<sub>1</sub> = Pre Test

0<sub>2</sub> = Post Test

x = Manipulación de la variable Independiente

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población está conformada por las 61 viviendas del anexo de Huata - Concepción.

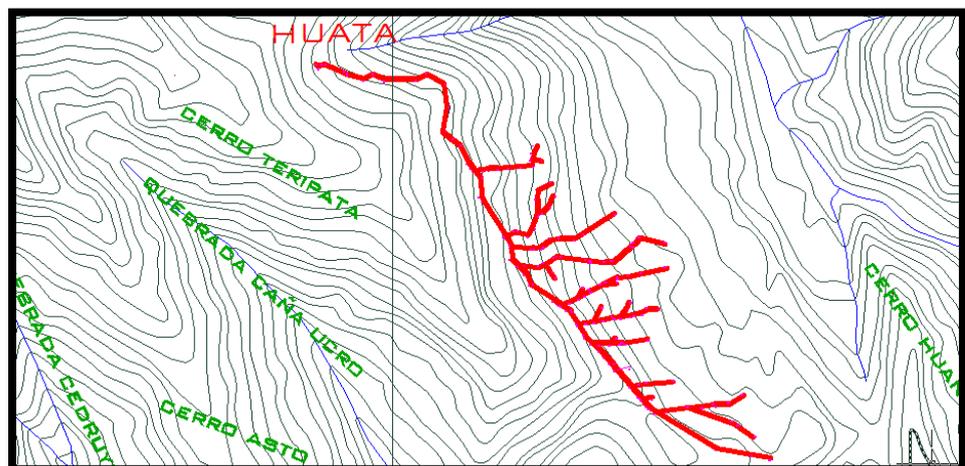


Figura 13. Área de estudio ubicada en el anexo de Huata  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.2. Muestra

La muestra no probabilística corresponde al estudio de una letrina ecológica en el anexo de Huata - Concepción.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos en primer lugar se tomará en cuenta el análisis documental, donde se considerará como técnicas a la observación, las entrevistas, encuestas, censos y fichas bibliográficas que nos permitirán estructurar los marcos teórico y conceptual.

### **3.7. Procesamiento de la información**

En el presente estudio para la elaboración y procesamiento de datos emplearemos los programas como el Microsoft Excel 2016 y el SPSS Versión 20.00; en el cual determinaremos el análisis estadístico necesario para el estudio mencionado.

Para procesar la información, los datos fueron recolectados directamente y de observación, el procesamiento de los mencionados fue de manera sistemática y experimental manteniendo una línea de trabajo:

Se hizo el levantamiento topográfico del anexo de Huata que es el área de estudio, la zona tiene una topografía accidentada, con cotas que varían de los 2650.00 msnm hasta los 3000.00 msnm.

Luego se llevó a cabo el procesamiento de datos de campo; es decir; bajar los datos de la estación para luego de la conversión de los archivos, de la aplicación y el dibujo correspondiente en el programa de Civil 3D, elaborar los siguientes planos:

Plano de levantamiento topográfico a escala 1: 4000, indicándose la ubicación de las letrinas.

Se realizaron ensayos de suelos, in-situ como son la calicata, los pozos, técnicas de muestreo, descripción manual y visual de los suelos; y los de laboratorio como son el Análisis Granulométrico, Contenido de Humedad, Clasificación Unificada de Suelos SUCS, Corte Directo, Limite Liquido y Limite Plástico; todo esto con la finalidad de conocer las características del suelo de donde se proponen las alternativas de solución.

Se llevó a cabo el test de percolación con el objetivo de determinar la velocidad de infiltración de agua en un área o zona seleccionada, condición muy significativa, que además contempla en la Norma IS.020 y que deberá estar dentro de los parámetros o límites para el correcto funcionamiento de sistema de letrinas sanitarias que se plantea en la investigación.

El diseño de la letrina sanitaria o UBS se hizo de acuerdo a las especificaciones técnicas de la Norma E.050 Suelos y cimentaciones y la Norma IS.020 Tanques sépticos del Reglamento Nacional de Edificaciones (2014).

Se elaboró el análisis de costos unitarios estimado del proyecto de estudio con el uso del software S10 2005.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

La observación de datos, objetos o sucesos es de las técnicas de más demanda hoy en día por lo sencillo que resulta a través de un gráfico o imagen revelar un modelo de datos. En el aspecto aplicativo se emplearon los softwares Ms Excel 2016, S10 2005, AutoCAD 2015 y Civil 3D.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Desarrollo de la Investigación

##### 4.1.1. Diagnóstico de la población afectada

La población afectada corresponde a un total de 61 familias y para el diagnóstico socioeconómico se realizaron encuestas.

El anexo de Huata cuenta con una población total de 402 habitantes, de los cuales solo el 1.24% no vive en el anexo permanente.

Tabla 9.  
*Población (Género)*

Genero	Casos	%
Hombre	192	52.24%
Mujer	210	47.76%
Total	402	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.  
*Tipo de viviendas*

Categorías	Casos	%
Vivienda Independiente	56	91.80%
Choza o cabaña	5	8.20%
Total	61	100.00%

Fuente: Elaboración propia

El acceso a servicios básicos en el anexo de Huata es como se muestra a continuación:

Tabla 11.  
*Agua por red pública*

Categorías	Casos	%
Agua potable	10	16.39%
Pozo	3	4.92%
Rio, acequia o manantial	48	78.69%
Total	61	100.00%

Fuente: Elaboración propia

La antigüedad del sistema de agua es de 15 años; el principal problema es que el tipo de captación utilizado es inadecuado, lo que agrava la mala calidad del agua y el limitado acceso a este servicio, deterioro de los puntos de captación, línea de conducción y redes de distribución.

La información recabada acerca del sistema de disposición de excretas es como se detalla a continuación.

Tabla 12.  
*Disposición de excretas en el anexo de Huata*

Categorías	Casos	%
Pozo ciego o negro	38	62.30%
Fecalismo al aire libre	23	37.70%
Total	61	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Andamarca es el distrito más alejado de la provincia de Concepción, la población vive en condiciones de pobreza generalizada (40.62%), debido a la falta de apoyo técnico en la producción agropecuaria y articulación comercial (INEI, 2015).

Tabla 13.  
*Nivel de pobreza en la provincia de Concepción*

Provincia	Distrito	% Pobreza Extrema
Concepción	Mariscal Castilla	68.31%
	Andamarca	40.62%
	San Jose de Quero	33.73%

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que el diagnóstico de la población afectada en el anexo de Huata es desfavorable, encontrándose que el anexo está considerado como zona de pobreza generalizada. El 62.30% no dispone de un sistema adecuado de tratamiento de aguas residuales, los cuales tienen letrinas antihigiénicas, que están abandonadas y en pésimo estado debido a la falta de mantenimiento y capacitación para su uso, el porcentaje restante del 37.70% no cuenta con ninguna alternativa de disposición sanitaria de excretas, haciendo sus necesidades al aire libre, impacto que genera contaminación en el ambiente y consecuentemente en la salud de los pobladores.

#### **4.1.2. Análisis de las condiciones y factores de selección**

##### **4.1.2.1. Disposición del agua**

La disposición de fuentes de agua, se da a través del manantial Huayrascca, que tiene un caudal de salida de 3.0 litros por segundo.

Este manantial es el que abastece del líquido elemento a varios sectores del anexo de Huata.

Tabla 14.  
*Ubicación de la fuente de agua*

Coordenadas UTM	
Norte	8703640
Este	519508
Altitud	3340.00 m.s.n.m.
Datum Horizontal	WGS 84

Fuente: Elaboración propia

##### **4.1.2.2. Clima**

En general el clima es frío – seco con una temperatura media anual de -5° a 27°C. La precipitación se da entre los meses de enero y marzo siendo un anual promedio de 700 mm y la temperatura promedio alrededor de 12° C.

Las letrinas artesanales exponen las excretas al medio ambiente, a esto se suma el ambiente cálido de la zona que contribuye con la

proliferación de insectos, que son los transmisores de infecciones dérmicas y gastrointestinales.

#### **4.1.2.3. Topografía**

Presenta un relieve con pendientes fuertes, ondulados y semi ondulados, pero quebrado y con pequeños valles, suelos cubiertos por bosques naturales con especies maderables como Eucalipto, y arbustivas, así como cultivos diversos. La localidad tiene una topografía accidentada, con cotas que varían de los 2650.00 msnm. a los 3000.00 msnm.

El estudio comprende el Anexo de Huata y sus altitudes barométricas son:

Tabla 15.  
*Altitud tomada con GPS*

N°	Poblado	Altitud
1	Anexo de Huata	2820.00 msnm

Fuente: Elaboración propia

Se monumentaron varias estaciones topográficas de donde se inició el levantamiento topográfico de poligonal abierta, se tomaron los detalles necesarios para su posterior replanteo, se anotaron las elevaciones de los diferentes puntos topográficos, distancias y longitudes que formaron parte del levantamiento topográfico. Lo más importante de realizar esta actividad es determinar la cantidad de viviendas beneficiadas y la localización de estas.

Los planos se encuentran adjuntados en los anexos.

#### **4.1.2.4. Mecánica de suelos**

Se efectuaron las técnicas de investigación y estudios establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, donde se realizó una inspección de campo.

Se realizaron los respectivos ensayos de Mecánica de Suelos de acuerdo a las Normas ASTM y según la relación que se indica:

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422

Contenido de Humedad ASTM D-2216

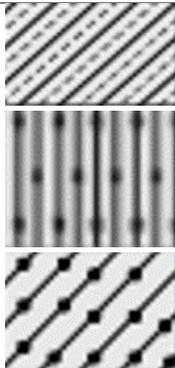
Limite Liquido ASTM D-4318  
 Limite Plástico ASTM D-4318  
 Ensayo de Corte Directo ASTM D-3080  
 Clasificación Unificada de Suelos SUCS

Tabla 16.  
*Resultado de mecánica de suelos*

Muestra	Ensayos realizados en laboratorio		
M1	Granulometría	Descripción	Resultado
	Límites de Atterberg	Limite Liquido %	25.00
		Limite Plástico %	17.00
		Índice Plástico %	9.00
Clasificación de suelos	AASHTO SUCS	A-2-6 A-2-7 SC-SM	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.  
*Clasificación de suelo y perfil estratigráfico*

Mts	Grupo	Descripción	Simbolo	SUCS
3.00	A-2-6 A-2-7	Material de arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla, de color marrón claro y marro oscuro, de baja y mediana plasticidad, cohesivo y consistencia semi compacta.		SC-SM

Fuente: Elaboración propia

La zona en la que se realizó el estudio de suelos es de nivel freático profundo.

#### 4.1.2.5. Percolación

Como tratamiento complementario del efluente se diseñará un sistema de percolación o de infiltración, para lo cual primero es necesario realizar el test de percolación, que consiste en determinar la velocidad de infiltración de agua en el suelo conociendo así la capacidad de absorción de un determinado lugar.

Para realizar los procedimientos del test de percolación se tomarán en cuenta aspectos establecidos por la norma IS.020.

El cual se realiza de la siguiente manera:

Tabla 18.

*Resultado de test de percolación N°1*

Nº Prueba	$\Delta$ Tiempo (min)	$\Delta$ Altura (cm)
1°	30	5.00
2°	30	4.80
3°	30	4.50
4°	30	4.20
5°	30	3.90
6°	30	3.60
7°	30	3.60
8°	30	3.30

Fuente: Elaboración propia

En un tiempo de 9.09 min existe una absorción de agua del suelo de 1cm.

Tabla 19.

*Resultado de test de percolación N°2*

Nº Prueba	$\Delta$ Tiempo (min)	$\Delta$ Altura (cm)
1°	30	9.40
2°	30	7.80
3°	30	5.50
4°	30	5.20
5°	30	4.50
6°	30	4.10
7°	30	3.90
8°	30	3.70

Fuente: Elaboración propia

En un tiempo de 8.11 min existe una absorción de agua del suelo de 1cm.

La norma IS.020 en su ítem 7.1.1. señala que, si el terreno presenta resultados de la prueba de percolación con tiempos mayores de 12 minutos, no se considerarán aptos para la disposición de efluentes de los tanques sépticos debiéndose proyectar otros sistemas de tratamiento y disposición final.

Como conclusión del análisis de las condiciones y factores de selección se podría decir que se cuenta con la disposición de fuentes de agua y el clima es apropiado para el diseño de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor.

De la topografía se tiene relieves tipo montañoso y accidentado, con pendientes fuertes y quebradas, característico de las cuencas alto andinas. La distancia entre viviendas es de un mínimo de 15m y de un máximo de hasta 400m, por lo que el traslado de materiales tendrá un alza en el costo en algunos casos, siendo este un punto a considerar en la etapa de ejecución de proyectos.

Del estudio de mecánica de suelos se obtuvo que de la clasificación unificada de suelos SUCS es del tipo SC y SM que corresponde a arena arcillosa, mientras que en la clasificación AASHTO viene a ser del tipo A-2-6 y A-2-7, respecto al contenido de humedad es del 10.52%, ángulo de fricción de 24.26°, en lo que respecta a los límites de Atterberg, el límite líquido alcanza un 25.00%, mientras que el límite plástico un 17.00% y el índice de plasticidad el 9.00%, finalmente se obtuvo la capacidad portante del terreno que fue de 1.31 kg/cm<sup>2</sup>.

Con relación al test de percolación se obtuvo que para la muestra N° 01 se tiene un descenso de agua de 1 cm en un tiempo de 9.09 minutos y para la muestra N° 02 se obtuvo un descenso de agua de 1 cm en un tiempo de 8.11 minutos, el agua usada fue de 24 lts.

#### **4.1.3. Comparación entre UBS-C y UBS-AH y B**

##### **A) Letrina compostera de doble cámara:**

##### **Ventajas y desventajas:**

Tabla 20.  
*Ventajas y desventajas de UBS-C*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No contaminan las aguas superficiales ni subterráneas.</li> <li>• Excretas no expuestas directamente al ambiente.</li> <li>• Mínima generación de olores.</li> <li>• El contenido de las cámaras composteras y la orina se utiliza como mejorador de suelos.</li> <li>• Larga duración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su inversión inicial tiene un costo alto.</li> <li>• Necesita un nivel mayor de capacitación para el mantenimiento, con respecto a otras UBS.</li> <li>• Después de cada uso es necesario agregar cenizas, tierra seca o material vegetal para optimizar el proceso de degradación de la materia orgánica.</li> <li>• Debido a la tediosa forma de usar la letrina, no es tan funcional, ya que este cambio de cultura y/o costumbre en la población muchas veces no es adaptable, ni sencillo.</li> </ul>

Fuente: Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centro poblados del ámbito rural (2012).

**Aplicabilidad:**

- Aplicable en regiones con suelo de napa freática alta, frecuentes lluvias y suelos rocosos e impermeables.

**B) Letrina con arrastre hidráulico y biodigestor:**

**Ventajas y desventajas:**

Tabla 21.  
*Ventajas y desventajas de UBS-AH y B*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No contaminan las aguas superficiales ni los mantos acuíferos.</li> <li>• Excretas no expuestas directamente al ambiente.</li> <li>• Mínima generación de olores.</li> <li>• Es un sistema autolimpiable, que al solo abrir una válvula se evacuan los lodos digeridos del biodigestor, sin necesidad de usar equipo especializado.</li> <li>• Reduce el riesgo de enfermedades gastrointestinales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su inversión inicial tiene un costo alto.</li> <li>• No se recomienda para zonas con napa freática alta.</li> <li>• No se recomienda para zonas con demasiadas precipitaciones pluviales.</li> <li>• No se recomienda para zonas de suelo rocoso o impermeable.</li> <li>• Necesita de fuente de recurso hídrico para el arrastre hidráulico.</li> </ul>

Fuente: Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centro poblados del ámbito rural (2012).

**Aplicabilidad:**

- Aplicable en zonas con suelos permeables.
- Requiere de una fuente o servicio de agua para asegurar el arrastre hidráulico y adecuado funcionamiento.

Con respecto a la comparación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, se realizaron diligencias como revisión bibliográfica, consulta a profesionales especialistas en saneamiento en zonas rurales, visitas a sistemas de tratamiento de aguas residuales y se concluyó que el diseño del sistema con arrastre hidráulico y biodigestor es la opción más factible debido a tener mayores ventajas y ser más funcional.

**4.1.4. Cálculos para el diseño de los componentes del sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor****4.1.4.1. Cálculos del diseño de letrina con arrastre hidráulico****a) Servicio Sanitario:**

Para el predimensionamiento del servicio sanitario se tomó las siguientes consideraciones:

Se considerará ciertos requisitos como la arquitectura, estructuras e instalaciones sanitarias establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones con las Normas A.020, E.020, E.060 y E.070.

Se indica que el diseño para el predimensionamiento de elementos estructurales se realizara por el método de resistencia debido a la dimensión de la caseta, buscando que la estructura no sufra daños con respecto al tipo de albañilería confinada. Realizando un análisis por carga vertical que provienen de las cargas muertas y de las sobrecargas aplicadas en los muros (Huiza, 2016).

Características: área total = 4.37 m<sup>2</sup> y área construido = 1.95m<sup>2</sup>.

Propiedades de los materiales:

Resistencia a compresión axial  $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad  $E_m = 500 \times f'm = 32500 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de corte  $G_m = 500 \times E_m = 13000 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia al corte en muros = 8.1 kg/cm<sup>2</sup>

### b) Parámetros Sísmicos:

Se tomará el valor de 0.25 que corresponde a la Zona 2, tal como la muestra la norma E.030.

Tabla 22.  
*Zonificación*

Factores de zona "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (E.030)

### Perfiles de Suelo:

Se tomará el valor de S<sub>3</sub>, debido a que la zona del presente estudio muestra un suelo blando.

Tabla 23.  
*Clasificación de los perfiles de suelo*

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación	basada	en el EMS

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (E.030)

### Parámetros del Suelo (S, T<sub>P</sub> – T<sub>L</sub>):

Se deberá considerar el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo y de los periodos.

Se tomarán valores establecidos en tablas de la norma E.030 siendo para S = 1.4 y T<sub>p</sub> = 1.

Tabla 24.  
Factor de amplificación del suelo S

Zona\Suelo	Factor de suelo "S"			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (E.030)

Tabla 25.  
Periodos  $T_P$  y  $T_L$

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
$T_P$ (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (E.030)

### **Categoría de Edificación y factor de uso:**

Según norma corresponde a una edificación común de categoría D y se toma un valor a criterio del proyectista, en este caso consideraremos un valor de factor de uso  $U = 1.0$ .

Tabla 26.  
Categoría de las edificaciones y factor U

Categoría	Descripción	Factor U
D	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares	Ver nota 2 (En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista)

Fuente: Adaptación con base en la Norma E.030

### **Factor de Reducción (R):**

La norma E.030 establece que  $R = 3$

Tabla 27.  
Sistema estructural

Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
Albañilería Armada o Confinada	3

Fuente: Adaptación con base en la Norma E.030

**Factor de Ampliación Sísmica (C):**

Para el desarrollo se hará uso de la siguiente fórmula establecida por la norma E.030 siendo:

$$C = 2.5 \frac{T_p}{T} \quad \text{y} \quad C \leq 2.5$$

T = periodo fundamental de la estructura donde:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

$h_n$  = 2.5 altura libre por el número de pisos

$C_t$  = factor para edificaciones en albañilería

T = 0.0417

C = 60  $\geq$  2.5 entonces se debe usar 2.5

**Requisitos Estructurales Mínimos:**

La densidad de muros está dada por:

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros reforzados}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum L_t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Donde:

$A_p$  = Área de la planta típica = 1.95 m<sup>2</sup>

N = número de pisos del edificio = 1

L = longitud total del muro = 4.6 m

T = espesor efectivo del muro = 0.15 m

Longitud de muros en X-X

Muro	x1	x2	$\Sigma$ total
L	1.3	0.3	1.6

Longitud de muros en Y-Y

Muro	y1	y2	$\Sigma$ total
L	1.5	1.5	3.00

Conociendo estos datos se tiene:

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{0.25 \times 1.0 \times 1.4 \times 1}{56} = 0.00625$$

$$\text{En } x - x: \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{1.6 \times 0.15}{1.95} = 0.123 > 0.006 \quad OK$$

$$\text{En } y - y: \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{3.0 \times 0.15}{1.95} = 0.230 > 0.006 \quad OK$$

### **c) Cimentaciones:**

La profundidad de la cimentación será de 40 cm y con un ancho mínimo de 40 cm como establece la norma y el sobrecimiento será de una altura de 25 cm con un ancho de 15cm.

### **d) Muros:**

$T \geq h/20$  para las zonas sísmicas 2 y 3

Donde:

$h$  = altura libre, considerada en el diseño = 1.85 m en la parte más baja y 2.25 m en la parte más alta, lo que formara un ángulo de  $15^\circ$  para la colocación del techo.

$t = 0.0925$  y  $0.1125$  = se tomará el espesor efectivo y no se considera tarrajeo, puesto que ladrillo es tipo caravista de 18 huecos.

El muro será asentado de soga según los cálculos realizados.

### **e) Techo:**

Sera un techo liviano para evitar concentraciones de esfuerzo para los muros, considerándose un techo con plancha de calamina galvanizada, la cual tendrá una pendiente de  $15^\circ$  para que las lluvias puedan seguir su cauce sin ningún problema.

### **f) Aparato Sanitario:**

Se emplearán aparatos sanitarios del tipo taza dotada de sifón para la formación del sello hidráulico.

- El aparato sanitario debe ser un accesorio independiente, de una sola pieza y con un acabado lo más liso posible.
- El aparato sanitario estará herméticamente unido a la losa del piso de la caseta para impedir el ingreso de insectos o salida de malos olores.

#### 4.1.4.2. Cálculos del diseño del biodigestor

##### a) Calculo del biodigestor:

Para efecto de dimensionamiento de biodigestor se ha tomado el Biodigestor de PVC de 1300litros y 600litros.

El uso del biodigestor es exclusivo para tratar las aguas residuales evacuadas por los servicios sanitarios con arrastre hidráulico, por lo que el aporte será de orines y excretas de la población a servir:

Se presentan varias opciones de demanda a fin de verificar la capacidad del biodigestor y su capacidad máxima de atención.

Diámetro exterior = 1.21 m

Alto exterior = 1.96 m                      Dato del catalogo

Diámetro interno = 1.178 m                      Según Norma IS.020 -6.1.2 debe ser mayor a 1.10m (Catalogo)

$$\text{Área cilindro} = \pi \cdot (D^2) / 4 = \pi \cdot (1.178^2) / 4 = 1.09 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen cono} = 0.1224 \text{ m}^3$$

$$\text{Profundidad Total Efectiva (Hte)} = H_e + H_l + H_d = 1.642 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad Máxima de Natas (H}_e\text{)} = 0.7/A = 0.70/1.09 = 0.642 \text{ m}$$

Profundidad de espacio Libre (H<sub>1</sub>):

Profundidad Mínima requerida para Sedimentación (H<sub>s</sub>):

$$\text{Profundidad de lodos (H}_d\text{)} = H_d = H_{d1} + H_{d2}$$

$$\text{Vol. Cono} = (1/3) \cdot \pi \cdot H_{\text{cono}} \cdot (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

$$\text{Vol. Cono} = (1/3) \cdot \pi \cdot 0.268 \cdot (0.589^2 + 0.125^2 + 0.589 \cdot 0.125) = 0.123 \text{ m}^3$$

$$H_{\text{cono}} = 0.268 \text{ m} \quad \text{dato de Catalogo}$$

$$R = 1.178/2 = 0.589 \text{ m}^2$$

$$r = 0.25/2 = 0.125 \text{ m}^2$$

**b) Determinación de la demanda del biodigestor para aguas residuales:**

	HAB/DIA	5 HAB/DIA	10 HAB/DIA
<b>APORTE(P) LTS/HAB/DIA</b>	24	120	240

Para dicho efecto se ha tomado la diferencia de demanda diaria entre la opción de letrina de hoyo seco y de letrina de arrastre hidráulico y que representa el 80% de 30 lpd, es decir 24 lps. Otro criterio corresponde a que un habitante normal hace uso de la letrina tres veces al día, una para defecar y dos para miccionar, y si el volumen del tanque del inodoro es 8 lps, se tendrá un aporte diario de 24 lts/diario (Huiza, 2016).

**c) Determinación del tiempo de retención:**

$$PR=1.5-0.3 \times \text{Log (aporte)}$$

	5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
<b>PR (días)</b>	PR=1.5-0.3xLog (120) PR=0.8763	PR=1.5-0.3xLog (240) PR=0.7859
<b>PR (horas)</b>	PR=0.8763x24 PR=21.030	PR=0.7859x24 PR=18.862

Norma IS.020 recomienda periodo retención mínimo 6Hrs.

**d) Volumen de digestión y almacenamiento de lodos:**

Para la opción de limpieza anual del biodigestor, corresponde una taza de 57 lts/hab./año para una temperatura >20°C.

Norma IS.020-6.3.2

N = limpieza anual = 1año

$$Vd. (m^3) = 57 \times P \times N / 1000$$

	5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
<b>N=LIMPIEZA ANUAL</b>	VD=57x5x1/1000 1	VD=57x10x1/1000 1
	Vd=0.285 m <sup>3</sup>	Vd=0.57 m <sup>3</sup>

**e) Eliminación de profundidad de lodos(m)  $H_d=H_{d1}-H_{d2}$ :**

		5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
<b>VOLUMEN CONO(m<sup>3</sup>)</b>	Vd1=Dato	0.122	0.122
<b>ALTURA CONO(m)</b>	Hd1=Dato	Hd1 = 0.268	Hd1 = 0.268
	Vd2=vd-Vd1	Vd2 = 0.163	Vd = 0.448
<b>DIAMETRO CILINDRO(m)</b>	Dc = Dato	1.178	1.178
<b>AREA DEL CILINDRO(m<sup>2</sup>)</b>	Ac = Dato	1.09	1.09
<b>ALTURA CILINDRO(m)</b>	Hd2=Vd2/Ac	Hd2 = 0.149	Hd2 = 0.411
<b>ALTURA TOTAL(m)</b>	Hd=Hd1+Hd2	Hd = 0.417	Hd = 0.679

**f) Volumen requerible para sedimentación:**

$$V_s(m^3) = (P \times Q \times PR) / 1000$$

	5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
<b><math>V_s(m^3) = (P \times Q \times PR) / 1000</math></b>	$V_s = (5 \times 24 \times 0.8763) / 1000$	$V_s = (10 \times 24 \times 0.7859) / 1000$
<b>Area del cilindro</b>	1.09	1.09
<b><math>H_s(m) = V_s / A_c</math></b>	$H_s = 0.105 / 1.09 = 0.096$	$H_s = 0.189 / 1.09 = 0.173$

**g) Profundidad libre del lodo  $H_o(m)$ :**

$$H_o(m) = 0.82 - 0.26 \times A_c$$

	5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
<b><math>H_o(m) =</math></b>	0.54	0.54
<b>Ho debe ser mayor de 0.3m</b>	OK	OK

**h) Profundidad de espacio libre  $H_I(m)$ :**

$$H_I = 0.10 + H_o$$

	5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
<b><math>H_I(m) =</math></b>	0.64	0.64

Se toma el mayor valor=0.64

**i) Profundidad máxima de natas y espumas sumergidas He(m):**

$$He = 0.7/Ac = 0.70/1.09$$

	5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
Ac=	1.09	1.09
HE(m)=	0.64	0.64
Valor optado	0.6	0.6

**j) Verificación de profundidad total efectiva (Hte)  $Hte = He + Hi + Hd$ :**

	5 HAB/VIV	10 HAB/VIV
Hte requerida (m)=	$Hte=0.60+0.64+0.417=$ 1.657	$Hte=0.60+0.64+0.6786=$ 1.9186
H=Biodigestor	1.96	1.96
	OK	OK

**4.1.4.3. Anclaje para el biodigestor**

Debido al clima lluvioso en la zona en meses específicos en la temporada de invierno, se ha optado por poner un sistema de anclaje al biodigestor que consiste en un anillo de acero galvanizado de 3/8", el cual se colocará debajo de la tubería de entrada de las aguas residuales y en la parte superior de la tubería de salida de las aguas tratadas, este anillo estará soldado en 4 o 3 direcciones como mínimo con varillas de 1.00 m de longitud, los cuales tendrán una plancha de metal como base con medidas de 15 cm por 15cm con la finalidad de asegurar el biodigestor al suelo, esto como solución al problema de proyectos ejecutados en los cuales se tuvo el problema de desplazamiento y flotación del biodigestor, los cuales colapsaron las tuberías y el aparato sanitario dentro de la caseta, causando un impacto negativo en el ambiente e incomodidad en los usuarios.

El material a utilizar será el acero galvanizado ya que estarán ancladas al suelo, expuestas a la lluvia y humedad.

#### **4.1.4.4. Depósito de lodos**

Para la instalación del depósito o cámara de lodos se debe considerar el volumen de evacuación de acuerdo a la capacidad del biodigestor, utilizándose un tacho de agua con diámetro de 60 cm por una altura de 90 cm, el fondo de la cámara quedara como mínimo a 50 cm debajo de la válvula para la extracción de lodos. Asimismo, se perforará en el fondo agujeros de 1 cm de diámetro con la finalidad de que se pueda infiltrar la parte líquida del lodo disminuyendo aún más su estado húmedo y evitando de esta manera la proliferación de insectos que existe debido al clima de ceja de selva en la zona donde se llevó a cabo esta investigación.

#### **4.1.4.5. Instalación de tubería a 45° (Biodigestor – Pozo de Percolación)**

Para la instalación de tubería de salida de los efluentes del biodigestor que está conectada al pozo de percolación, por lo general se considera una pendiente mínima de 1% a utilizar, llevando las aguas parcialmente tratadas a descargar en este último componente donde realiza el tratamiento final de las aguas residuales, tal como lo indica la norma, la presente investigación plantea variar la pendiente de la tubería a un 100% el cual sería unos 45°, lo cual optimizaría el sistema de filtro por descargar a la parte más profunda del pozo de percolación, mejorando este último tratamiento por filtrar de abajo hacia arriba, reteniendo los sólidos suspendidos totales que aún existen en el efluente, teniendo de esta manera mejores resultados al discurrir un agua más limpia.

#### **4.1.4.6. Cálculo de pozo de percolación**

Datos:

Población actual = 5 hab

Tasa de crecimiento = 0.7 %

Periodo de diseño = 35 años

Calculo de la población futura

$$Pf = Po * \left( 1 + \frac{r \times t}{100} \right) \quad Pf = 5 * \left( 1 + \frac{0.7 \times 35}{100} \right)$$

Población futura = 6.2 hab.

Dotación = 8 lts/hab./día

Calculo del caudal de infiltración

$$Q_{\text{Infiltracion}} = P \times D = 6.2 \times 8$$

Caudal de infiltración = 49.6 lts/dia

Coeficiente de infiltración (R) de tabla = 40 lts/m<sup>2</sup>/dia

Calculo del área de infiltración

$$A = \frac{Q}{R} \quad A = \frac{49.6}{40}$$

Área de infiltración = 1.24 m<sup>2</sup>

Asumiendo una sección circular

Diámetro = 0.62 m

Predimensionamiento de la profundidad

$$P = \frac{A}{(3.1416) \times D} = \frac{1.24}{(3.1416) \times 0.62}$$

Profundidad = 0.64 m

La norma IS.020 indica que el diámetro mínimo del pozo de absorción debe ser de 1m y dado que los cálculos nos arrojan un diámetro de 0.62m, se considerara el diámetro mínimo según norma, con respecto a la profundidad se obtuvo un resultado de 0.64m, sin embargo, la norma también señala que si se tiene un terreno impermeable dentro del primer metro de profundidad se debe profundizar la excavación hasta donde vean estratos favorables para la infiltración de los efluentes, el estudio de suelos nos muestra arcilla orgánica dentro del primer metro de profundidad y a partir del primer metro en adelante se observa un suelo tipo arena limoso, el cual es favorable para la infiltración, por lo tanto se considerara una profundidad de 1.50m.

## 4.2. Diseño de los componentes del sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor

### 4.2.1. Diseño de letrina con arrastre hidráulico

#### a) Servicio Sanitario:

Tabla 28.

*Dimensiones de la caseta*

Área total	Área construida
4.37 m <sup>2</sup>	1.95m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29.

*Propiedades de los materiales*

Propiedades de los materiales	Valores
Resistencia a compresión axial	f'm = 65 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	Em = 32500 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de corte	Gm = 13000 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al corte en muros	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

#### b) Parámetros sísmicos:

Tabla 30.

*Parámetros sísmicos a utilizar*

Parámetros Sísmicos	
Parámetro	Valor
Z	0.25
U	1
S	1.4
R	3
C	2.5

Fuente: Elaboración propia

### c) Cimentaciones:

Tabla 31.  
*Dimensiones de las cimentaciones*

Profundidad de cimentación	Ancho Mínimo	Sobrecimiento (Altura x Ancho)
40cm	40cm	25cm x 15cm

Fuente: Elaboración propia

### d) Muros:

Tabla 32.  
*Dimensiones de los muros*

h=altura libre	t
1.85 m	0.0925
2.25 m	0.1125
Ancho de ladrillo	0.15

Fuente: Elaboración propia

El muro será asentado de soga, teniendo un ancho de 15 cm, lo cual cumple con la ecuación de muros para las zonas sísmicas 2 y 3.

### e) Techo:

Tabla 33.  
*Material del techo*

Material	Pendiente
Calamina galvanizada	15°

Fuente: Elaboración propia

### f) Aparato sanitario:

Tabla 34.  
*Características del aparato sanitario*

Tipo	Capacidad
Inodoro Tanque Bajo	8 lts

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Diseño del biodigestor

##### a) Cálculo del biodigestor:

Tabla 35.  
*Capacidad del biodigestor*

Capacidades	600 L
Solo inodoros	5
Desagües totales	2
Volumen de lodos a evacuar (Max.)	100 L

Fuente: Folleto Rotoplas 2018

##### b) Determinación de la demanda del biodigestor para aguas residuales:

Tabla 36.  
*Demanda del biodigestor*

		Hab/día	5 Hab/día
Aporte(P)	Lts/hab/día	24	120

Fuente: Elaboración propia

##### c) Determinación del tiempo de retención:

Tabla 37.  
*Tiempo de retención*

5 Hab/viv	
PR (días)	PR=0.8763
PR (horas)	PR=21.030

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3. Anclaje para el biodigestor

El material a utilizar será el acero galvanizado de 3/8", tanto como para las barras lisas, como para las planchas que servirán de bases.

Tabla 38.  
*Dimensiones de los elementos de anclaje*

Elementos	Dimensiones
Anillo	D = 0.86m
Patas	L = 1.00m
Base	15 cm x 15 cm

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4. Depósito de lodos

Tabla 39.

*Dimensiones del depósito de lodos*

Biodigestor	600 l
Evacuación de lodos	100 l
Diámetro	60 cm
Altura	90 cm
Agujero	1 cm

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.5. Instalación de tubería a 45° (Biodigestor – Pozo de Percolación)

Tabla 40.

*Pendiente mínima y pendiente propuesta*

Pendiente	Porcentaje	Angulo
Pendiente mínima	1%	00°34'22.6"
Pendiente propuesta	100%	45°00'00.0"

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.6. Pozo de percolación

Tabla 41.

*Dimensiones del pozo de percolación*

Área de infiltración	1.24 m <sup>2</sup>
Diámetro	1.00 m
Profundidad	1.50 m

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al diseño se concluye que en el predimensionamiento de los servicios sanitarios se obtuvo lo siguiente: Se tendrá un área total de 4.37 m<sup>2</sup> y un área construida de 1.95 m<sup>2</sup>, para la cimentación se considerará una altura de 0.40m por un ancho de 0.40m. El sobrecimiento será de 0.25m de altura por 0.15m de espesor efectivo. En relación al techo se usará plancha de calamina galvanizada, y a los servicios sanitarios estará compuesto por un inodoro tipo tanque bajo.

Dado el resultado de los cálculos se considerará un biodigestor de 600lts, la funcionalidad del biodigestor tiene las siguientes características: cuenta con instalaciones de desagüe con tuberías de PVC (4"), así como con una ventilación para el aparato sanitario (2") como requisitos mínimos. La parte líquida se deriva hacia el pozo

percolador que tiene dimensiones de 1.00m por 1.00m y 1.50 de profundidad, el efluente vertido en el pozo de percolación termina su tratamiento en este componente.

Adicionalmente a esta investigación se aportó las propuestas de instalación de un sistema de anclaje de acero galvanizado al biodigestor, la perforación de la base del depósito de lodos para una mejor infiltración de los lodos y la instalación de tubería a 45° del biodigestor al pozo de percolación, todo esto para un óptimo funcionamiento del sistema en la fase de operación.

#### 4.3. Resultados de análisis físico, químico y biológico del agua residual sin tratar y tratada

Los resultados del análisis de las aguas residuales sin tratar y tratadas, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 42.  
*Resultados del agua residual no tratada y tratada*

Parámetros	Unidades	Sin tratar	Tratada	LMP
Aceites y grasas	mg/L	4.1	7.8	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	330 000	230 000	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	204.0	113.0	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	256.8	310.90	200
pH	unidad pH	7.24	7.31	6.5-8.5
Solidos suspendidos totales	mg/L	61.4	21.5	150
Temperatura	°C	13.6	13.8	<35

Fuente: Mejía y Perez (2016).

Tabla 43.  
*Resultados de la calidad de efluente comparando con la eficiencia ofrecida por la empresa fabricante del biodigestor*

Parámetro	Eficiencia ofrecida por la empresa	Eficiencia del biodigestor
Demanda Bioquímica de Oxígeno	40 - 60 %	44.6 %
Solidos suspendidos totales	60 - 80 %	65 %

Fuente: Mejía y Perez (2016).

Los resultados de calidad de lodos tratados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 44.  
*Resultados de la calidad de lodos generados*

Parámetros	Unidades	Lodos	LMP
Aceites y grasas	mg/L	540.1	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2300	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	4350	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	42524	200
pH	unidad pH	7.52	6.5-8.5
Solidos suspendidos totales	mg/L	63105	150
Temperatura	°C	12.7	<35

Fuente: Mejía y Perez (2016).

Con respecto a los resultados del análisis físico, químico y biológico del agua no tratada, tratada y de lodos se tuvo lo siguiente:

Resultado del efluente o agua tratada cumple con los LMP de aceites y grasas, pH, solidos suspendidos totales y temperatura, sin embargo, no cumple con los LMP de coliformes termotolerantes, DBO y DQO.

Del resultado de la calidad del efluente comparado con la eficiencia que ofrece la empresa fabricante del biodigestor, se puede apreciar que ambos LMP, los cuales son la Demanda Bioquímica de Oxígeno y los Solidos Suspendidos Totales si cumplen al encontrarse dentro del rango ofrecido.

En el Resultado de calidad de los lodos cumple con los LMP de coliformes termotolerantes, pH y temperatura, no obstante, no cumple con los LMP de aceites y grasas, DBO, DQO y solidos suspendidos totales.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Una vez obtenido los resultados de la investigación, se contrasto con los resultados de los antecedentes, que son investigaciones similares, discrepando en algunos puntos y concordando en algunos otros, para probar la veracidad de las hipótesis planteadas.

#### **5.1. Situación actual, condiciones y factores de selección del ámbito de estudio**

##### **5.1.1. Diagnóstico de la población afectada**

En relación al diagnóstico de la población afectada en el anexo de Huata es desfavorable, encontrándose que el anexo está considerado como zona de pobreza generalizada. El 62.30% no dispone de un sistema adecuado de tratamiento de aguas residuales, los cuales tienen letrinas antihigiénicas, que están abandonadas y en pésimo estado debido a la falta de mantenimiento y capacitación para su uso, el porcentaje restante del 37.70% no cuenta con ninguna alternativa de disposición sanitaria de excretas, haciendo sus necesidades al aire libre, impacto que genera contaminación en el ambiente y consecuentemente en la salud de los pobladores.

Por tanto, se pudo comprobar que la situación actual de las letrinas en el anexo de Huata es muy perjudicial para el medio ambiente y la salud, debido a los agentes contaminantes que se encuentran en los focos infecciosos, siendo esta muy desfavorable para las condiciones de salubridad como en las investigaciones elaboradas por Lituma (2014) y Huiza (2016), donde se puede apreciar la misma

problemática que se tiene en las zonas rurales con respecto al deficiente y a veces inexistente sistema de tratamiento de aguas residuales.

#### **5.1.2. Análisis de las condiciones y factores de selección:**

Como conclusión del análisis de las condiciones y factores de selección se podría decir que se cuenta con la disposición de fuentes de agua y el clima es apropiado para el diseño de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor.

Con respecto a la topografía se tiene relieves tipo montañoso y accidentado, con pendientes fuertes y quebradas, característico de las cuencas alto andinas. La distancia entre viviendas es de un mínimo de 15m y de un máximo de hasta 400m, por lo que el traslado de materiales tendrá un alza en el costo en algunos casos, situación que coincide con la investigación de Lituma (2014) y Huiza (2016), los cuales muestran topografías similares, accidentadas donde las viviendas se encuentran dispersas entre sí, característico de los poblados rurales.

Del estudio de mecánica de suelos se obtuvo que de la clasificación unificada de suelos SUCS es del tipo SC y SM que corresponde a arena arcillosa y arena limosa tal como lo indica la norma E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones(2018), mientras que en la clasificación AASHTO viene a ser del tipo A-2-6 y A-2-7, respecto al contenido de humedad es del 10.52%, ángulo de fricción de 24.26°, en lo que respecta a los límites de Atterberg, el límite líquido alcanza un 25.00%, mientras que el límite plástico un 17.00% y el índice de plasticidad el 9.00%, finalmente se obtuvo la capacidad portante del terreno que fue de 1.31 kg/cm<sup>2</sup>; dado estos resultados se contrastó con la investigación de Huiza (2016), donde se concluye que el tipo de suelo estudiado es favorable para la aplicabilidad de letrinas con arrastre hidráulico y biodigestor.

Con relación al test de percolación se obtuvo que para la muestra N° 01 se tiene un descenso de agua de 1 cm en un tiempo de 9.09 minutos y para la muestra N° 02 se obtuvo un descenso de agua de 1 cm en un tiempo de 8.11 minutos, resultados que se comparó con

las investigaciones de Huiza (2016) y Da Costa y Saavedra (2016), los cuales se encuentran dentro del rango permitido por el IS.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), cumpliendo con el tiempo de infiltración menor a 12 minutos que requieren las pruebas de percolación.

### 5.1.3. Comparación entre UBS-C y UBS-AH y B

Tabla 45.

*Análisis comparativo entre letrina compostera de doble cámara y letrina con arrastre hidráulico y biodigestor*

Factores	UBS-C	UBS-AH y B
Disposición de agua	No necesita	Cumple
Clima	No favorece	Favorece
Topografía	Favorece	Favorece
Tipo de suelo	Cumple	Cumple
Nivel Freático	Cumple	Cumple
Percolación	Cumple	Cumple
Funcionalidad	No cumple	Cumple
Costo por unidad	S/ 4459.32	S/ 4486.88
*Aplicabilidad	Este sistema no cumple con ciertos factores y/o condiciones.	Este sistema se adapta más a los factores y/o condiciones de la zona, debido a estas ventajas se elige esta alternativa.

Fuente: Elaboración Propia (\*La aplicabilidad es el resultado de la evaluación de los factores y condiciones de selección de la zona en estudio, para la elección de la alternativa más acertada).

Con respecto a la comparación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, se realizaron diligencias como revisión bibliográfica, consulta a profesionales especialistas en saneamiento en zonas rurales, visitas a sistemas de tratamiento de aguas residuales y se concluyó que el diseño del sistema con arrastre hidráulico y biodigestor es la opción más factible debido a tener mayores ventajas y ser más funcional.

Por tanto, al determinar las condiciones y factores de selección del anexo de Huata se puede diseñar el sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor para mejorar las condiciones de salubridad, dado que los resultados fueron favorables para la elección de esta

alternativa, debido a las ventajas técnicas y sociales, la cual es contrastada con la investigación de Da Costa y Saavedra (2016) que concluye en que las condiciones del suelo de la localidad de Barrio Florido son adecuadas para la aplicabilidad de la UBS con arrastre hidráulico y biodigestor, siendo esta la solución técnica a la problemática de contaminación ambiental, la misma que tiene el presente estudio.

## **5.2. Diseño de los componentes del sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor**

Con respecto al diseño se concluye que en el predimensionamiento de los servicios sanitarios se obtuvo lo siguiente: Se tendrá un área total de 4.37 m<sup>2</sup> y un área construida de 1.95 m<sup>2</sup>, para la cimentación se considerará una altura de 0.40m por un ancho de 0.40m. El sobrecimiento será de 0.25m de altura por 0.15m de espesor efectivo. En relación al techo se usará plancha de calamina galvanizada, y a los servicios sanitarios estará compuesto por un inodoro tipo tanque bajo.

Dado el resultado de los cálculos se considerará un biodigestor de 600lts, la funcionalidad del biodigestor tiene las siguientes características: cuenta con instalaciones de desagüe con tuberías de PVC (4”), así como con una ventilación para el aparato sanitario (2”) como requisitos mínimos. La parte líquida se deriva hacia el pozo percolador que tiene dimensiones de 1.00m por 1.00m y 1.50 de profundidad, el efluente vertido en el pozo de percolación termina su tratamiento en este componente.

Según todo lo detallado cabe mencionar que el diseño planteado cumple con las exigencias mínimas que refiere la Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) y las normas E.070 y IS.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006).

Además, como aporte a la investigación se propuso la instalación de un sistema de anclaje de acero galvanizado al biodigestor, la perforación de la base del depósito de lodos para una mejor infiltración de los lodos y la

instalación de tubería a 45° del biodigestor al pozo de percolación, todo esto para un óptimo funcionamiento del sistema en la fase de operación.

### **5.3. Resultados de análisis físico, químico y biológico del agua residual sin tratar y tratada**

Con respecto a los resultados del análisis físico, químico y biológico del agua sin tratar, tratada y de lodos se tuvo lo siguiente:

Resultado del efluente o agua tratada cumple con los LMP de aceites y grasas, pH, sólidos suspendidos totales y temperatura, sin embargo, no cumple con los LMP de coliformes termotolerantes, DBO y DQO.

Del resultado de la calidad del efluente comparado con la eficiencia que ofrece la empresa fabricante del biodigestor, se puede apreciar que ambos LMP, los cuales son la Demanda Bioquímica de Oxígeno y los Sólidos Suspendidos Totales si cumplen al encontrarse dentro del rango ofrecido.

En el Resultado de calidad de los lodos cumple con los LMP de coliformes termotolerantes, pH y temperatura, no obstante, no cumple con los LMP de aceites y grasas, DBO, DQO y sólidos suspendidos totales.

Por lo tanto, el uso de la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor influye en la mejora de la calidad de las aguas residuales, por lo que se coincide en que esta opción técnica mejorara las condiciones de salubridad y calidad de vida concordando así con las conclusiones de las investigaciones de los antecedentes internacionales Lituma (2014) y Calderón (2014); y de los antecedentes nacionales Huiza (2016) y Da Costa y Saavedra (2016).

### **5.4. Prueba de Hipótesis**

#### **5.4.1. Hipótesis específica 1**

La letrina compostera de doble cámara beneficia considerablemente las condiciones de salubridad.

Una vez reconocido las características de la zona y evaluado los factores y condiciones de selección, se realizó un análisis comparativo entre ambas alternativas de solución, dentro de los cuales la letrina compostera de doble cámara cumple con la topografía, el tipo de suelo SC-SM, el nivel freático a más de 3 metros de profundidad y el test de percolación menor a los 12 minutos, sin embargo, el clima no favorece, y se tiene un problema

por la falta de costumbre y tedio en su uso, motivo por el cual no lo hace tan funcional, con respecto a la disposición de fuentes de agua, esta no es relevante debido a que no se necesita del recurso para su funcionamiento, tal como lo menciona la Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; finalmente se tiene casi el mismo costo que la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor, teniendo menores ventajas y beneficios, por lo tanto se descarta esta alternativa de solución y con esto se afirma que la primera hipótesis específica beneficia en menor medida las condiciones de salubridad, debido a los factores antes mencionados.

#### **5.4.2. Hipótesis específica 2**

La letrina con arrastre hidráulico y biodigestor beneficia considerablemente las condiciones de salubridad.

La evaluación de las características de la zona, los factores y condiciones de selección, determinaron que la letrina con arrastre hidráulico y biodigestor es la alternativa más adecuada, debido a que cumple con la disposición de fuentes de agua, el favorecimiento del clima para su aplicabilidad, la topografía, el tipo de suelo SC-SM, el nivel freático a más de 3 metros de profundidad y el test de percolación menor a los 12 minutos, requisitos mínimos que exige la norma IS.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) y la Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016) para la aplicabilidad del sistema; finalmente se tiene un incremento del 0.62% en el costo total por letrina, que evaluando el costo beneficio en un proyecto y sumando a esto la funcionalidad de que al ser un baño tradicional no hay dificultad al usarlo.

Además, se tiene en los resultados del análisis físico, químico y biológico del agua tratada que se cumple con los LMP de aceites y grasas, Ph, sólidos suspendidos totales y temperatura; y en el

resultado de calidad de lodos se cumple con los LMP de coliformes termotolerantes, Ph y temperatura.

Por todo lo expuesto, se afirma que la segunda hipótesis específica beneficia considerablemente las condiciones de salubridad y en mayor medida que la letrina compostera de doble cámara, es así que la población tendrá un sistema adecuado de disposición sanitaria de excretas.

Finalmente, la hipótesis general: La letrina ecológica beneficia considerablemente las condiciones de salubridad en el anexo de Huata – Concepción. A través de los factores evaluados en la tabla 45, los resultados del análisis físico, químico y biológico de las aguas residuales y lodos tratados como se muestra en las tablas 42, 43 y 44 y la Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural (2016) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento que indica que la UBS-AH, será la preferente en selección siempre y cuando los parámetros de diseño lo permitan, se concluye que la letrina ecológica beneficia considerablemente las condiciones de salubridad en el anexo de Huata – Concepción.

## CONCLUSIONES

- 1) La letrina ecológica mejora las condiciones de salubridad en el anexo de Huata - Concepción, puesto que los resultados del análisis de suelos: SC-SM y test de percolación: 9.09 min y 8.11 min en un 1cm de suelo, fueron favorables para su aplicabilidad, hecho que reducirá el impacto negativo de la contaminación que genera la inadecuada disposición sanitaria de excretas sobre el medio ambiente, elevando así la calidad de vida de la población.
- 2) La letrina compostera de doble cámara mejorara la situación actual de las letrinas en menor medida puesto que tiene factores sociales como la capacitación sanitaria, el tedio por su uso y funcionalidad, además de factores físicos como el clima que no favorecerán su aplicabilidad mejorando la calidad de las aguas residuales en menor manera y una posible proliferación de vectores contaminantes como los insectos y parásitos.
- 3) La letrina con arrastre hidráulico y biodigestor mejorara la situación actual de las letrinas en mayor medida, puesto que la zona cuenta con condiciones físicas favorables como el suelo, nivel freático a más de 3 metros de profundidad, disponibilidad del terreno y fuentes de agua que determinan su aplicabilidad mejorando la calidad de las aguas residuales, mitigando así la contaminación ambiental generada por la inadecuada disposición de excretas.

## RECOMENDACIONES

- 1) Debido a la situación actual que afronta el sistema de letrinas que genera un impacto negativo en el ambiente perjudicando las condiciones de salubridad, se propone a las autoridades locales y organizaciones sociales realizar capacitaciones y programas de sensibilización, además de fortalecer los lazos con la población mediante proyectos de saneamiento básico y mejorando la atención y calidad de salud a través de campañas en las zonas rurales, ya que el componente social es muy importante en estos casos para que la población sea consciente del problema que les aqueja.
- 2) Se recomienda aplicar el sistema de letrina con arrastre hidráulico y biodigestor para el tratamiento de aguas residuales, puesto que tiene mayores ventajas con respecto a la letrina compostera de doble cámara debido a los factores de selección que se exige según la normativa del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- 3) La calidad de las aguas tratadas dependerá mucho del uso adecuado que se les dé a los biodigestores, de esta manera se aconseja no echar grasas, aceites, detergentes, ácidos, papel y aguas jabonosas, ya que alteraran la eficiencia del biodigestor no cumpliendo con sus finalidades. Además, es necesario capacitar a la población para la correcta operación, mantenimiento y limpieza del biodigestor, ya que no se necesita equipo especializado, puesto que al ser un tanque séptico mejorado es autolimpiable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Calderón, P. (2014). Evaluación de la eficiencia de biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 2) Carrasco, S. (2005). Metodología de la investigación científica.
- 3) Da Costa, G. y Saavedra, B. (2016). Estudio de suelos para la determinación de la unidad básica de saneamiento en la localidad de Barrio Florido – Distrito de Punchana – Loreto. Universidad Científica del Perú.
- 4) Hernandez, R., Fernandez, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación.
- 5) Huiza, A. (2016). Diseño y tratamiento de aguas residuales mediante biodigestores domiciliarios de la localidad del anexo de Chilche-S.M. de Rocchac – Huancavelica. Universidad Peruana Los Andes.
- 6) Lituma, R. (2014). Las aguas servidas y su influencia en el buen vivir de los habitantes de las comunidades indígenas de la parroquia Madre Tierra cantón Mera provincia de Pastaza. Universidad Técnica de Ambato.
- 7) Martí, J. (2008). Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación. Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano. GTZ (Cooperación Técnica Alemana). Bolivia.
- 8) Mejía, F. y Perez, K. (2016). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domesticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse – Apurímac. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 9) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009). Especificaciones técnicas para el diseño de letrinas con arrastre hidráulico.
- 10) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012). Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural.

- 11) Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural.
- 12) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2016). Informe de Desarrollo Humano.
- 13) Reglamento Nacional de Edificaciones (2006).
- 14) UNATSABAR (2002). Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en saneamiento.

## **ANEXOS**