

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**USO DEL BIODIGESTOR EN EL SISTEMA DE SANEAMIENTO
BÁSICO POR ARRASTRE HIDRÁULICO EN LA LOCALIDAD DE
RUNDO, DANIEL HERNANDEZ, TAYACAJA, HUANCVELICA**

Área de Investigación: Nuevas Tecnologías y Procesos.

Línea de Investigación: Estructura.

PRESENTADO POR:

Bach: ROCIO PERALTA CAPCHA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

CONTRATAPA

ING. JEANNELLE SOFIA HERRERA MONTES
ASESORA

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación.

AGRADECIMIENTO

A la universidad Peruana los Andes, que me forjo académicamente y confirió las tecnologías adecuadas.

A los catedráticos, que intervinieron con su conocimiento y experiencia en mi formación.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 203

Que, el (la) bachiller: **ROCIO, PERALTA CAPCHA**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **“USO DEL BIODIGESTOR EN EL SISTEMA DE SANEAMIENTO BÁSICO POR ARRASTRE HIDRÁULICO EN LA LOCALIDAD DE RUNDO, DANIEL HERNANDEZ, TAYACAJA, HUANCAMELICA”**, la misma que cuenta con **103 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **15%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 28 de junio del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

JURADO 01

JURADO 02

JURADO 03

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I	17
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación y sistematización del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Justificación	19
1.3.1. Practica	19
1.3.2. Teórica	19
1.3.3. Metodológica	19
1.4. Delimitaciones	20
1.4.1. Delimitación temporal	20
1.4.2. Delimitación espacial.....	20
1.4.3. Delimitación económica.....	23
1.5. Limitaciones.....	23
1.6. Objetivos.....	23
1.6.1. Objetivo general	23
1.6.2. Objetivos específicos.....	23
CAPITULO II	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes.....	24
2.1.1. Internacionales	24

2.1.2. Nacionales.....	27
2.2. Marco conceptual	30
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	30
2.2.1.1 Letrinas sanitarias	30
2.2.1.2 Tecnologías y tipos de letrinas para la disposición de excretas	37
2.2.1.3 Factores técnicos que influyen en la eliminación de las excretas .	41
2.2.1.4 Diseño de letrina de arrastre hidráulico	42
2.2.1.5 Disposición del efluente.....	53
2.3. Definición de términos	60
2.4. Hipótesis.....	63
2.4.1. Hipótesis general.....	63
2.4.2. Hipótesis específicos.....	63
2.5. Variables.....	64
2.5.1. Definición conceptual de la variable	64
2.5.2. Definición operacional de la variable	64
2.5.3. Operacionalización de la Variable	65
CAPÍTULO III	66
METODOLOGÍA	66
3.1. Método de investigación	66
3.2. Tipo de Investigación.....	66
3.3. Nivel de investigación	66
3.4. Diseño de investigación.....	67
3.5. Población y muestra	67
3.5.1. Población.....	67
3.5.2. Muestra	67
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
3.7. Procesamiento de la información.....	68
3.8. Técnicas y análisis de datos	68
CAPÍTULO IV.....	69
RESULTADOS.....	69
4.1. Presentación de resultados específicos	69
CAPÍTULO V.....	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87

5.1. Discusión de resultados específicos.....	87
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Cantidad de heces humanas excretadas por adultos.....	41
Tabla 2 – Tasas recomendadas para la infiltración de los lixiviados en los hoyos.	50
Tabla 3 – Variables de investigación.....	64
Tabla 4 – Operacionalización de las variables.....	65
Tabla 5 – Remoción de sólidos totales en suspensión (STS) – M01.....	81
Tabla 6 – Remoción de sólidos totales en suspensión (STS) – M02.....	82
Tabla 7 – Remoción de sólidos totales en suspensión (STS) – M03.....	82
Tabla 8 – Demanda química de oxígeno (DQO) – M01.....	83
Tabla 9 – Demanda química de oxígeno (DQO) – M02.....	83
Tabla 10 – Demanda química de oxígeno (DQO) – M03.....	83
Tabla 11 – Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) – M01.....	84
Tabla 12 – Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) – M02.....	84
Tabla 13 – Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) – M03.....	84
Tabla 14 – Aceites y grasas – M01.....	85
Tabla 15 – Aceites y grasas – M02.....	85
Tabla 16 – Aceites y grasas – M03.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.	21
Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.	22
Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.	22
Figura 4- Componentes de una letrina de arrastre hidráulico.	43
Figura 5- Tipos de Letrinas (materiales).	44
Figura 6- Tipos de aparatos sanitarios.	46
Figura 7- Caja repartidora.	47
Figura 8- Altura total del hoyo.	48
Figura 9- Separación entre Pozos.	50
Figura 10- Detalle del terraplén y brocal.	52
Figura 11- Detalle de tanque séptico.	56
Figura 12- Detalle de pozo de infiltración.	57
Figura 13- Detalle de zanja de Infiltración.	60
Figura 14- Planteamiento de área a ocupar por la letrina.	69
Figura 15- Altura de la letrina planteada.	70
Figura 16- Inclinación del techo de la letrina planteada.	70
Figura 17- Detalle de ventana de la letrina planteada.	71
Figura 18- Sistema de desagüe – tubería de ventilación.	72
Figura 19- Sistema de desagüe – tubería de evacuación.	73
Figura 20- Sistema de desagüe – tubería de evacuación.	80
Figura 21- Componentes de la unidad básica de saneamiento.	89

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado uso del biodigestor en el sistema de saneamiento básico por arrastre hidráulico en la localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, tiene como problema: ¿ De qué manera el uso del biodigestor mejora al sistema de saneamiento básico con arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica?, siendo el objetivo; Demostrar que el uso de biodigestor mejora el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, con la hipótesis; El uso de biodigestor mejorara el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

Para el estudio se aplicó la investigación tipo descriptiva, nivel descriptivo, método científico y diseño no experimental, considerando como población a los 476 habitantes de la Localidad de Rundo y la muestra está dado por el número de viviendas beneficiadas con el proyecto de la Localidad de Rundo (115 viviendas).

Como conclusión se tiene que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción del parámetro físico y químico, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de los sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y aceites y grasas, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

Palabras Claves: Arrastre hidráulico, biodigestores, aguas residuales.

ABSTRACT

The present research work entitled use of the biodigester in the basic sanitation system by hydraulic dragging in the town of Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, has as a problem: How does the use of the biodigester improve the sanitation system basic with hydraulic drag in the town of Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica ?, being the objective; Demonstrate that the use of a biodigester improves the basic sanitation system of hydraulic drag in the town of Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, with the hypothesis; The use of a biodigester will improve the basic hydraulic drainage system in the town of Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

For the study, descriptive type research, descriptive level, scientific method and non-experimental design were applied, considering as population the 476 inhabitants of the Town of Rundo and the sample is given by the number of homes benefited with the project of the Town of Rundo (115 homes).

As a conclusion, the use of the biodigester improves the quality of removal of the physical and chemical parameter, which shows that biodigesters are efficient in removing total suspended solids, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand and oils and fats, in the basic sanitation units with hydraulic dragging (UBS-AH), in the treatment of domestic wastewater in the town of Rundo.

Keywords: Hydraulic drag, biodigesters, wastewater.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado uso del biodigestor en el sistema de saneamiento básico por arrastre hidráulico en la localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica; investigación que establece como propósito fundamental: Demostrar que el uso de biodigestor mejora el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

Actualmente, existen muchas opciones de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, la operación y el mantenimiento inadecuados y la mala adaptación al medio ambiente las han dañado, lo que ha resultado en pérdidas significativas para el estado. Como resultado, los métodos naturales de tratamiento de aguas residuales se consideran una opción sostenible para las poblaciones pequeñas y medianas debido a su alta eficiencia, bajos costos de operación y mantenimiento, facilidad de construcción en comparación con los sistemas convencionales.

El tamaño del tanque de almacenamiento biodigestor depende de la capacidad, es decir: 90 cm de ancho y 1,65 m de alto para 600 litros con 10 años de garantía y 20 años de vida útil. UBS - AH opera desde enero de 2018 donde el tanque biodigestor se llenó de agua antes de la operación, el agua permaneció durante toda la operación. El biodigestor funciona a través de una retención hidráulica (TRH) de 2 días (48 horas), esto se debe a que el biodigestor siempre está operando a plena capacidad, por desbordamiento, ya que el exceso de agua pasa al interior de la casa, conducido a través del tubo de entrada (riqueza), en una "T" colocada en el centro del biodigestor, hasta el fondo del biodigestor de cono que mejora la sedimentación de sólidos más pesados, formando lodos donde la descomposición primaria se lleva a cabo anaeróticamente, y la porción líquida de las aguas residuales pasan por los orificios de los filtros donde las bacterias se adhieren a los pet rings que completan el proceso consumiendo la materia orgánica de los filtros, convirtiéndolos en gas, líquido o lodo sólido, van

al fondo del tanque biodigestor, luego del agua residual (aguas residuales de salida) ha sido tratada, pasará por la tubería de salida a tratar, conectada al filtro, hacia el pozo permeable, de 1,50 m de diámetro y 1,50 m de profundidad. La profundidad del pozo es de 3 m; tiene un armazón cuadrado de concreto y un muro de pozo permeable de mampostería con base de grava, donde el suelo alberga naturalmente ecosistemas de bacterias, protozoos y hongos, que se alimentan de los nutrientes y la materia orgánica del suelo. Podría haber quedado atrás, eliminando los contaminantes de las aguas residuales, dejándolas más limpias.

En el presente trabajo de investigación se pretende demostrar que el uso de biodigestor mejora el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

Este estudio del tipo descriptivo, tiene en cuenta el nivel descriptivo; como diseño de investigación el no experimental, y como técnicas de recopilación de datos a las fuentes documentales, como instrumentos a las fichas técnicas y registros. La técnica empleada para el análisis de datos consistió en la estadística descriptiva, ello permitió conocer los resultados.

Se demuestra que el trabajo elaborado y presentado está orientado a la difusión del conocimiento y la valoración del medio rural; sirve como base de conocimientos y guía no solo para el personal que realiza análisis de rutina de muestras ambientales, sino también para personas, estudiantes y técnicos interesados en la investigación.

Para comprender mejor el tema de investigación, la tesis se ha dividido en capítulos, explicando cada capítulo directa y específicamente relacionado con el tema de investigación.

En el primer capítulo se describe el planteamiento del problema, la forma de construir y sistematizar el problema, la justificación, delimitación, limitaciones y objetivos de la investigación.

En el segundo capítulo se describe los antecedentes (internacionales y nacionales), marco conceptual, definiciones de términos, planteamientos de hipótesis y definiciones de variables de investigación.

En el tercer capítulo se presenta la metodología utilizada, describe el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, métodos e instrumentos de recolección de datos, métodos de procesamiento de información y análisis de datos.

En el cuarto capítulo, se redacta los resultados obtenidos sobre el uso de los biodigestores en las unidades básicas de saneamiento.

En el quinto capítulo se incluye una discusión de los resultados obtenidos con el uso de biodigestores en instalaciones sanitarias y la posibilidad de realizar conclusiones y recomendaciones relevantes para el estudio, se incluyen las referencias bibliográficas utilizadas en el estudio.

En la parte ultima de la investigación, se acompaña a la investigación los documentos que confirma la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En el Perú Las escuelas y viviendas son las primeras afectadas por la falta de servicios básicos como agua, saneamiento y energía eléctrica. Según datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) la población rural del Perú a junio del 2019 fue de 7420.750 (24% de la población total), de los cuales más de 3 millones no tienen acceso a agua potable y 6 millones carecen de servicios para una adecuada eliminación sanitaria de excretas y aguas residuales.

A través de los años se ha implementado diferentes sistemas de saneamiento, Aun así los Centros poblados rurales con menos de 2000 habitantes, tienen dificultades para contar con estos servicios; Además, todos los residuos de los baños y lavaderos (aguas residuales) requieren de tratamiento que también son costosos, por eso los sistemas optados por los pobladores son letrinas con arrastre hidráulico y letrinas de hoyo seco, pozos ciego, tanques sépticos ocasionando la contaminación ambiental por el arrojo de estas aguas al río, acequias y suelo. Por esta razón muchas comunidades consumen agua contaminada que afecta su salud.

Se han propuesto diferentes tecnologías para el tratamiento de las excretas como son el sistema de letrinas de arrastre hidráulico con doble pozo, siendo una alternativa momentánea de solución para la eliminación de excretas sin embargo este sistema tenía serias deficiencias como el contaminar el agua subterránea, dificultad de las mediciones efectuadas para determinar la tasa de acumulación de lodos en letrinas con arrastre se ha evidenciado que el interior de los pozos está expuesto a inestabilidad con el uso, especialmente en terrenos arenosos , también se puede observar los pozos en su mayoría han sido cubiertos con materiales de la zona, mediante rollizos, palos, lajas de piedra, etc., los cuales especialmente en el caso de los de madera tienen una vida útil que no

pueden guardar relación con la antigüedad del pozo, ocasionando posibles riesgos de accidentes por deterioro del maderamen y más aún si estos están ubicados en zonas transitables, también, se debe mencionar la contaminación de aguas subterráneas.

Sistemas de recolección en redes por entubado como se utiliza en la localidad de Rundo y que actualmente desemboca en sus ríos que están siendo contaminados con las aguas residuales, por lo que se está proponiendo la utilización de biodigestor autolimpiables, este accesorio novedoso e innovador incluido en este sistema convencional realiza sistemas de degradación biológica, rápida y controlada, el cual realiza el tratamiento de desagüe, separando el sólido del líquido, las aguas residuales tratadas en el biodigestor van al pozo percolador para infiltración, los lodos resultado de la actividad bacteriana se pueden utilizar como fertilizantes que permite el ahorro en la producción de cosechas. La introducción de nuevas tecnologías se realiza con fines específicos. En el caso de los biodigestores, por ejemplo, sus fines son la eliminación de fuentes de contaminación de aguas, de fuentes de infección, de gases con efecto invernadero.

Este sistema se está planteando para la Localidad de Rundo lo cual nos permitirá realizar el estudio, control y conclusiones de la mejora de los baños de sistema de arrastre hidráulico con el uso del uso del biodigestor.

1.2. Formulación y sistematización del problema

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el uso del biodigestor mejora al sistema de saneamiento básico con arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo es el diseño de las unidades básicas de saneamiento con biodigestores en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica?
- b) ¿De qué manera el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros físicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica?
- c) ¿De qué manera el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros químicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica?

1.3. Justificación

1.3.1. Practica

Las personas beneficiarias de Rundo podrán disfrutar de un mayor nivel de vida en condiciones sanitarias básicas, ya que la investigación presenta una posible solución al problema de la contaminación ambiental que afecta negativamente a la salud.

1.3.2. Teórica

Los efectos sanitarios que implican la eliminación de excretas a campo abierto, letrinas de hoyo seco y pozos ciegos, obligan a buscar alternativas que reduzcan estos efectos, así como considerar diferentes opciones que optimicen el manejo y control de los efectos negativos que conllevan la eliminación de excretas a campo abierto, letrinas de hoyo seco y pozos ciegos, sin tener en cuenta los criterios mínimos técnicos – sanitarios.

1.3.3. Metodológica

El nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el uso de biodigestores es aplicable a hogares de zonas

de bajos recursos, La caseta del baño puede estar ubicada dentro de la vivienda a nivel definitivo, uso del efluente del biodigestor para jardines de plantas de tallo alto, obtención de abono, producto de la digestión de los lodos, costo de operación y mantenimiento casi nulo. (Dado que la eliminación de lodos se da hidráulicamente, se apertura la llave de eliminación de lodos y por presión del agua ésta se elimina), no requiere mucho espacio (1.50 m²), las deposiciones o heces no se ven, no contamina y evita malos olores, son cómodos y seguros, son permanentes.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación temporal

El trabajo de investigación tuvo una duración de 4 meses, comprendidos del mes de julio del 2021 hasta el mes de octubre del Año 2021.

1.4.2. Delimitación espacial

La investigación se realizó durante la ejecución de la obra mejoramiento y ampliación del servicio de saneamiento rural en la localidad de Rundo, distrito de Daniel Hernández, provincia de Tayacaja - región Huancavelica.

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

1.4.3. Delimitación económica

El costo financiero incurrido para preparar este trabajo de investigación no fue inconveniente en la parte económica. Los costos mencionados anteriormente son asumidos íntegramente por el investigador de esta tesis.

1.5. Limitaciones

Básicamente la limitación de la investigación se centró en el acceso a la información de la ejecución de la obra; “mejoramiento y ampliación del servicio de saneamiento rural en la localidad de Rundo, distrito de Daniel Hernández, provincia de Tayacaja - región Huancavelica”.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Demostrar que el uso de biodigestor mejora el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

1.6.2. Objetivos específicos

a) Describir el diseño de las unidades básicas de saneamiento con biodigestores en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

b) Demostrar que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros físicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

c) Demostrar que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros químicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

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. También 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.

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.

Cubillos y Huertas (2018) realizaron la investigación “Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas en la Institución Educativa Agrícola Guacavía, Cumaral-Meta”. Cuyo objetivo general es: evaluar la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas, preparadas a partir del estiércol producido en la Institución Educativa Agrícola Guacavía. Como resultados se obtuvo: 78.17 % de remoción para STS, 81.52 % de remoción para DQO, 78.82 % de remoción para (DBO5). En cuanto a los resultados del afluente y efluente respectivamente se obtuvieron: 25 – 27 (°C) para la temperatura; 3186.67 – 580.60 (mg/L) para los STS; 8.21 – 6.99 (UpH) para el pH; 23672.49 - 2664.82 (mg/L) para DQO; 697.67 – 224.67 (mg/L) para (DBO5).

Yapú (2018) en su tesis “Tratamiento de aguas residuales domesticas a través de un biodigestor anaerobio en la comunidad de Altamarani del Municipio de San Buenaventura”. Tuvo como objetivo: recuperar aguas residuales domésticas a través de un biodigestor anaerobio, obteniendo agua de tratamiento primario para el aprovechamiento uso agrícola. Obteniendo los resultados: de (DBO5), se tiene una concentración del efluente promedio de 198.82 mg/l que en comparación de los límites permisibles establecidos en la ley 1333 donde solo permite 80 mg/l por día, el cual no cumple con lo establecido. La demanda química de oxígeno (DQO) en la ley establece que el límite máximo permisible sea de 250.0 mg/l, pero el afluente realizado en el análisis tiene una cantidad promedio de 223.33 mg/l, el cual entra en el rango de descarga de limite permisible. En cuanto al parámetro aceites y grasas, presenta un promedio de 0.2682 mg/l y la ley específica que la descarga por día debe ser 10.0 mg/l, lo cual nos indica que tiene un valor aceptable ya que entra en el límite permisible. En el parámetro de sólidos totales suspendidos se tiene un promedio de 96.79 mg/l, en este caso según la ley 1333 específica que el valor máximo permisible es de 60 mg/l el cual no cumple con límites. Concluyendo que no son aptos para el aprovechamiento agrícola.

Guerrero et al (2011) realizaron la investigación “Optimización de un biodigestor en la depuración de agua residual con estiércol de ganado bovino”. Donde nos hacen referencia en su tesis la implementación de un biodigestor tipo tubular, el mismo que se ha adaptado a un efluente proveniente del lavado del establo de ganado de bovino de .la Universidad politécnica salesiana. Luego de un tiempo de retención de 25 días se obtuvo una remoción de coliformes totales, (DBO5), DQO y siendo lo que más disminuyó es el SST. Así mismo llega a las siguientes conclusiones: los sólidos suspendidos totales tienen una eficiencia de remoción de 98,79% luego de un tiempo de retención de 25 días. Demanda bioquímica

de oxígeno en relación al tiempo de retención, muestra una fase con tendencia al aumento respecto al comportamiento del desarrollo microbiano en un biodigestor. Demanda química de oxígeno: tiende a disminuir, en razón de la degradación de la materia orgánica con una remoción del 79,57%, la disminución de coliformes totales en el agua residual presenta una remoción del 33,72%. Concluyendo que se obtiene biogás, producto de la actividad microbiana que se puede utilizar como gas combustible.

2.1.2. Nacionales

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.

Ríos y Cisneros (2019) realizaron la investigación “Eficiencia de un biodigestor en el tratamiento de agua residual domestica a nivel familiar en la asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima”. Tuvo como objetivo: evaluar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas mediante un biodigestor de 600 litros a una altura de 471 m.s.n.m. Como tratamiento primario a nivel familiar. Obteniendo como resultados promedios en el afluente y efluente: aceites y grasas (108 y 21 mg/l); coliformes

termotolerantes (278.2 y 724.5 NMP/100 ml); demanda bioquímica de oxígeno (2632.6 y 393 mg/l); demanda química de oxígeno (3799.3 y 680 mg/l); sólidos suspendidos totales (1788.6 y 187 mg/l); potencial de hidrógeno (8.6 y 7.4); y la temperatura del agua (22.4 y 22.5 °C). La eficiencia de remoción obtenida en Aceites y grasas fue de 82.5%, Coliformes totales 98.3%, Coliformes Termotolerantes 97.3%, DBO5, 84.9%, DQO 82%, SST 89.5% Concluyendo que la eficiencia promedio del biodigestor fue de 89% para el tratamiento primario de agua residual doméstica, lo cual presenta evidencia de ser una alternativa viable y sostenible para minimizar los impactos ambientales (agua, aire y suelo) y contribuir a la salud colectiva de la población.

León (2018) en su tesis “Evaluación de la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la Localidad de Chibaya Baja – Torata – Moquegua”. Con el objetivo: de determinar la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domesticas con biodigestor. Obteniendo como resultados en términos de eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domesticas cuyos parámetros evaluados fueron: DBO5 de 59.51%, DQO 49.16%, aceites y grasas 35.92%, sólidos totales en suspensión 52.78% y Coliformes fecales (termotolerantes) 89.19%, además se realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM. Concluyendo que: la DBO5 y DQO no cumplen con los límites máximos permisibles y estas aguas no deben ser vertidos a cuerpos de aguas (ríos, lagos, aguas subterráneas, etc.).

León (2018) ejecutó la investigación “Eficiencia de biodigestores usando Pet y esponjas para la remoción de DQO, DBO5 del agua residual domestica - Tuyu, Marcara – Ancash”. Cuyo objetivo general fue: determinar la remoción de DQO, DBO5 de aguas residuales empleando biodigestores prefabricados en la planta piloto del centro experimental de Tuyu Ruri. Obteniendo los

resultados: Con respecto al uso del PET los sólidos totales en suspensión se ha removido en promedio en un 94.33%, pero en el caso de esponjas los sólidos totales en suspensión se remueve en promedio en un 69.87%, lo que nos indica que el de mayor eficiencia es utilizando PET; la demanda bioquímica de oxígeno se ha removido en promedio de 53.58% utilizando Pet y utilizando esponjas la demanda bioquímica de oxígeno se ha removido en promedio en un 55.99%, lo que indica que el uso del esponja nos da mayor eficiencia; al utilizar el Pet la demanda química de oxígeno se ha degradado en promedio de 38.37%, mientras que utilizando la esponja se ha removido un promedio de 51.11 %, químicamente hasta CO₂ y H₂O quedando un remanente de un 48.89 % de demanda química de oxígeno (DQO) no degradable lo que indica que la esponja es de mayor eficiencia; con respecto a coliformes fecales o termotolerantes en cuanto a la carga microbiana se obtuvo una permanencia del 100% debido a los condiciones nutricionales y ambientales, esto en ambos casos utilizando el Pet y esponjas.

Rodríguez (2018) ejecutó la investigación “Propuesta de diseño del sistema de saneamiento básico en el caserío de Huayabas – Parcoy – Pataz – La Libertad, 2017”. Cuyo objetivo general fue: realizar una propuesta de diseño del sistema de saneamiento básico en el Caserío de Huayabas, Distrito de Parcoy, Provincia de Pataz, Departamento de La Libertad. Obteniendo los siguientes resultados: El sistema de saneamiento Básico propuesto cuenta con tratamiento biológico mediante un biodigestor el cual tiene una eficiencia de remoción de: 88 % de remoción para la demanda química de oxígeno (DQO), 94 % de remoción para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). En cuanto a los resultados en el efluente se obtuvieron: 8.5 (UpH) para el pH; 190 (mg/L) para DQO; 80 (mg/L) para DBO₅. Llegando a la conclusión: Se plantea un sistema de tratamiento anaerobio mediante un biodigestor de 600

litros, debido a que la composición del agua residual doméstica es casi por completo orgánica, la cual demanda biodegradación. El sistema de tratamiento se plantea con base a un periodo de diseño de 10 años.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Teorías de la Investigación

2.2.1.1 Letrinas sanitarias

Castillo (2004), Señala que, en las áreas rurales donde no es posible realizar la evacuación y disposición de las excretas mediante arrastre de agua, se utiliza una serie de dispositivos para la disposición sanitaria de las excretas sin arrastre de agua. Uno de los más utilizados por su eficiencia y sencillez es la llamada letrinas sanitarias.

En principio por acción biológica natural donde quiera que se depositen las excretas empiezan a descomponerse y acaban por convertirse en un producto inodoro, inofensivo y estable. Para evitar que durante el proceso de estabilización se produzcan efectos dañinos a la salud hay que confinar las excretas. En las letrinas este confinamiento se realiza en un hoyo hechos en el terreno natural donde el líquido (orina), se percola en la tierra y la parte solida va a ser descompuesta y estabilizada por el proceso biológico con ayuda de la acción bacteriana.

Franceys (1997), y compañeros, Manifiestan que “las letrinas tradicionales presentan dos problemas fundamentales: tienen mal olor y atraen moscas, así como otros vectores de enfermedades que fácilmente se reproducen en los huecos o pozos.

Para resolver esos problemas, se puede construir la letrina mejorada de pozo ventilado, que se diferencia de la letrina tradicional simple por poseer un tubo vertical de ventilación, el cual posee una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de las moscas y a la vez ese tubo es la única entrada de luz que permite ser el punto apropiado para la atracción interna de las moscas.”

Proagua (2006), define “La letrina es el lugar habilitado para realizar nuestras necesidades fisiológicas en forma temporal, en sitios donde no se cuenta con el servicio de desagüe. Es un método simple de disposición de excretas, en donde al confinarlas y tratarlas reducen la posibilidad de contaminación de fuentes de agua, suelo y riesgo de transmitir enfermedades gastrointestinales causadas por parásitos y microorganismos patógenos a la población.”

Digesa (2007), define que “las letrinas sanitarias como un sistema apropiado e higiénico, donde se depositan los excrementos humanos que contribuye a evitar la contaminación del ambiente y a preservar la salud de la población.”

Para determinar la ubicación correcta es necesario tener en cuenta lo siguiente; se localizará en terreno firme y libre de inundación, la distancia mínima horizontal entre la letrina y cualquier fuente de abastecimiento de agua será de 15 m., la puerta de la letrina estará orientada en sentido contrario a la dirección del viento.

Según Care-Peru (2005), una fuente de agua debe estar ubicada a una distancia de 30m., como mínimo de letrinas sanitarias y corral de animal.

Según Cepis (1992), la localización de los pozos con respecto a otras infraestructuras debe mantener el siguiente distanciamiento:

Letrinas, tanques sépticos, formaciones de desagües:
15 m.

- ✓ Fosas negras (solución no recomendada) 45 m.
- ✓ Depósitos de basura, estercoleros 15 m.
- ✓ En lugares donde área adyacente al pozo sea accesible al ganado, se deberá construir no cerca al menos de 30 m. de distancia del pozo.

1.- Letrinas en medio rural:

Quispe (1993), Señala que la disposición inadecuada de las excretas es una de las principales causas de enfermedades intestinales y parasitarias, particularmente en la población infantil y en aquellas comunidades de bajos ingresos, ubicadas en áreas marginales y rurales, donde comúnmente no se cuenta con un adecuado servicio de abastecimiento de agua, ni con instalaciones para el saneamiento. La disposición de excretas tiene como finalidad;

- ✓ Proteger las fuentes de agua.
- ✓ Proteger la calidad del aire que respiramos y del suelo.
- ✓ Proteger la salud de las personas.

El problema de la mala disposición de las excretas se puede solucionar mediante la implementación de tecnologías simples y la participación de la comunidad, en aquellos sectores que no cuentan con las instalaciones adecuadas.

Letrina: Estructura que se construye para disponer las excretas o materia fecal, con la finalidad de proteger la

salud de la población y evitar la contaminación del suelo, aire y agua.

Cámara: Obra fabricada con mampostería, compuesta de ladrillos o bloques de piedras unidos con mortero de cemento-arena, concreto simple o reforzado, que se levanta sobre el nivel natural del suelo para depositar las heces humanas, las orinas y el material de limpieza anal.

Brocal: Anillo de protección del hoyo de la letrina. Se ubica en la parte superior de este y sirve para estabilizar la boca del hoyo, sostener la losa y para impedir el ingreso del agua de lluvia.

Losa: Estructura de concreto armado u otro material resistente que se construye sobre el brocal y sirve para soportar al usuario.

Terraplén: Tierra apisonada que se acomoda alrededor del brocal, sirve para proteger al hoyo del ingreso de aguas superficiales y de lluvia.

Aparato sanitario: Dispositivo diseñado para que brinde comodidad a la persona al momento de defecar.

2.- Letrinas mejoradas de pozo ventilado:

Castillo (2004), Manifiesta que las letrinas sanitarias con hoyo ventilado, generalmente está conformada por hoyo que es la cavidad hecha en la tierra y donde depositan las heces, orina y el material de limpieza anal y donde por la acción biológica se ha de estabilizar, el brocal que es un anillo en la parte superior del hoyo y que tiene por finalidad dar estabilidad al borde para sostener la losa, así como hermeticidad entre el hoyo y que tiene y el medio

ambiente para impedir que el agua de lluvia, los insectos y roedores puedan acceder al interior del hoyo ; la losa, elemento que cubre el hoyo y sirve de cobertura y piso a la letrina, y la ventilación conducto que sirve para la evacuación de los gases y facilitar la aireación del material orgánico.

Los requisitos y parámetros que rigen el diseño de la letrina de hoyo ventilado puede resumirse en:

- ✓ La capacidad del hoyo debe calcularse para un periodo determinado de operación. El periodo mínimo recomendado es de 4 años, sin embargo, se ha demostrado que mientras mayor es el tiempo más eficaz será la protección sanitaria.
- ✓ La contribución de excretas por habitantes y por año varia aproximadamente entre 40 a 70 litros, dependiendo del material de limpieza anual.
- ✓ La profundidad máxima recomendada del hoyo es de 3 m.
- ✓ Las dimensiones del hoyo varían entre 0.80 a 1.20 m. por lados si es cuadrada o de diámetro si es circular.
- ✓ Es importante la ubicación y orientación de la letrina con relación a la dirección del viento a fin de controlar los malos olores.
- ✓ Se debe evaluar la distancia a la que se ubica la letrina con relación a la edificación (3 m.), a pozo de agua (15 m). La distancia mencionada puede considerarse como mínima, aunque la distancia más conveniente para evitar contaminación va a depender de la calidad del terreno en cada caso particular.
- ✓ La distancia o altura mínima entre el fondo de la letrina y la capa freática debe ser de 3 m.

- ✓ Es importante considerar el tipo de material con que se construye cada uno de los elementos de la letrina a fin de encontrar la eficiencia relacionada con el costo y su estabilidad, durante y resistencia al sol, la lluvia y el viento.

Por su parte OPS/CEPIS (2005). Señala las letrinas tradicionales de pozos seco presentan dos problemas fundamentales tienen muy mal olor y atraen las moscas y otros vectores de enfermedades que produce en los pozos.

Para acatar estas ventajas, se ha desarrollado la letrina mejorada de pozo ventilado, que se diferencia de la letrina tradicional por tener un largo tubo de ventilación que tiene en su extremo una malla que evita que las moscas ingresen. Con el tubo también se controlan los malos olores.

El mecanismo principal que permite la ventilación en las letrinas mejoradas de pozo ventilado es la acción del viento que sopla sobre la parte superior del tubo de ventilación provocando una circulación de aire desde la parte exterior de las letrinas, a través de la superestructura y el agujero de la losa, y hacia arriba y fuera del tubo de respiración. Así, cualquier olor que emane de la materia fecal en el pozo es extraído a través del tubo de ventilación, manteniendo la letrina sin olor.

Es un sistema adecuado para su disposición de las excretas en la zona rurales y urbanas marginales, donde generalmente el abastecimiento de agua se hace en forma manual.

Objetivos:

- ✓ Evitar la contaminación de las fuentes de agua y del suelo.
- ✓ Evitar el contacto de la materia fecal con insectos y roedores, que a la vez son transmisores de enfermedades.
- ✓ Impedir a las personas el contacto con la materia fecal.
- ✓ No ocasionar molestias por causa de la descomposición de la materia fecal.

3.- Letrina abonera con separación de orina:

Care – Perú (2005), “Letrina Ecológica”, Señala que la letrina ecológica es letrina abonera seca familiar (LASF): letrina, porque cumple la función de eliminar las excretas; abonera, porque en un periodo de tiempo determinado es capaz de producir abono orgánico de las excretas y de la tierra seca, ceniza o cal, en un proceso aeróbico anaeróbico; seca, porque al introducir tierra seca, ceniza o cal a las excretas, el contenido, que en un principio es húmedo, se seca; y familiar porque su diseño simple y cómodo permite ser utilizado por los miembros de una familia rural.

Elementos:

- Dos cámaras de bloquetas cuadradas con medidas interiores de 0.80 m. en ambos sentidos, tapas laterales de concreto armado, con vigas dinteles de concreto armado, para desocupar la cámara. Piso de concreto simple.
- Dos losas sanitarias que cubren las cámaras, apoyadas sobre el muro de bloquetas.
- Dos tapas sanitarias de PVC que cubren los orificios de descarga de las excretas, con dispositivos para

abrir las y cerrarlas manualmente. El dispositivo consiste en un cordel sujeto al muro mediante una armella y sujeto a la tapa sanitaria.

- Dos orificios con tubería de PVC de dos pulgadas para evacuar la orina. Los orificios van a la poza de percolación.
- Pozo de percolación con material granular de 0.70 x 0.70 metros.
- Caseta de muros de bloquetas, con puerta de calamina de zinc y techo de calamina de zinc, con cielorraso pegado al techo de carrizo y yeso. Escaleras de ingreso ubicadas lateralmente construidas con bloquetas.

4.- Letrina de arrastre hidráulico:

Martínez (2001), Señala la letrina de arrastre hidráulico se caracteriza por contar con un sifón, que actúa como cierre hidráulico e impide el paso de insectos y olores desagradables del pozo séptico al interior de la caseta y necesita de 2 a 4 litros de agua para el arrastre. El pozo séptico y la letrina están conectados por una tubería de longitud variable de 3 a 5 m. La losa turca o inodoro queda instalado en el suelo de la caseta y puede ser construida en el interior de la casa o patio.

2.2.1.2 Tecnologías y tipos de letrinas para la disposición de excretas

Ministerio de Desarrollo Económico (2000), Menciona que la disposición inadecuado de las excretas es una de las principales causa de enfermedades infecciosas intestinales y parasitarias, particularmente en la población infantil y en aquellas comunidades de bajo ingresos ubicadas en áreas marginales y rurales, donde comúnmente no se cuenta con un adecuado

servicio de abastecimiento de agua , ni con instalaciones para el saneamiento. La disposición de excretas tiene como finalidad.

- ✓ Proteger las fuentes de agua superficial o subterránea.
- ✓ Proteger la calidad de aire que respiramos y del suelo.
- ✓ Proteger la salud de las personas.

El problema de la mala disposición de las excretas se puede solucionar mediante la implementación de tecnologías simples y la participación de la comunidad, en aquellos sectores que no cuentan con las instalaciones adecuadas.

1.- Sistemas sin transporte de excretas:

Foncodes (1999), Hace conocer una serie de definiciones vinculados al manejo de excretas que consideramos útil para la presente investigación.

a) Defecación al aire libre: Sucede cuando no existe letrinas, la defecación se realiza al aire libre pudiendo ser en forma indiscriminada. En este sistema existen las presencias de moscas, que difunden enfermedades.

b) Pozo poco profundo: Denominado hoyo de gato, es un pequeño hoyo de 0.20m, de profundidad cada vez que se defeca se cubre con tierra o con fineza, se puede usar por semanas, la descomposición es rápida en pozos pocos profundos debido a la gran población bacteriana del suelo superficial.

c) Letrina de pozo simple: Compone una losa colocada sobre un pozo cuya profundidad es de 2m a

más. La losa está firmemente apoyada y elevada por encima del terreno, la losa esta prevista de un orificio para que las excretas caigan directamente al pozo.

d) Letrina de pozo perforado: Para utilizar como letrina un pozo perforado a mano con una barrena o mediante una máquina, normalmente el pozo tiene un diámetro de unos 0.40m y una profundidad de 8 y 6m.

e) Letrina de pozo con ventilación: Las molestias por las moscas y los olores pueden reducirse considerablemente, ventilando el pozo mediante una tubería que sobrepasa por encima de la caseta y cuyo extremo superior este protegido contra las moscas. El interior de la caseta permanece en la oscuridad.

f) Pozo único o doble: Se excava un segundo pozo cuando el pozo está lleno hasta una distancia de medio metro de la losa. Otra posibilidad es construir dos pozos revestidos, que sean ambos para contener los sólidos fecales acumulados durante un periodo de dos años. Se usan uno de los pozos hasta que se llene y luego utilizar otro.

g) Letrina de compostaje: Llamada también letrina elevadas de doble cámara, las excretas caen en un depósito, a que se agregan cenizas. Si se controla el contenido de humedad y el equilibrio químico, la mezcla se descompondrá convirtiéndose en un buen acondicionador del suelo en unos cuatro meses. Los agentes patógenos mueren en el abono alcalino seco, que se extrae y se emplea como fertilizante. Hay dos tipos: uno de ellos, se produce abono continuamente, el otro se utilizan dos depósitos para producirlo en lotes.

2.- Sistemas con transporte de excretas:

Foncodes (1999), Define varios tipos de letrinas con sistema de transporte:

a) Letrina de cierre y arrastre hidráulico: Cuenta con sifón que actúa como cierre hidráulico, evita que los mosquitos y los olores penetren a la caseta, el pozo puede estar desplazado con respecto a una letrina, en cuyo caso ambos estarán conectados por una tubería de poca longitud.

b) Tanques sépticos: Es una cámara de sedimentación subterránea a la que las aguas servidas no tratadas llegan por una tubería de instalaciones de saneamiento de vivienda. En el depósito, las aguas residuales con objeto de tratamiento por separación de sólidos convirtiéndose en lodos y espuma.

c) Cámaras y pozos negros: Se construyen debajo o cerca de las letrinas depósitos estancos, denominados cámaras, en los que se acumulan las excretas hasta su extracción manual (con cubos) o mediante camiones cisternas aspiradores. Análogamente las aguas servidas de viviendas pueden acumularse en depósito de mayor tamaño denominados pozos negros. Ambos pueden vaciar cuando están casi llenos o intervalos regulares.

d) Alcantarillado: Las descargas de los inodoros y otros residuos líquidos se recolectan por un sistema de alcantarillado hasta las plantas de tratamiento, las aguas residuales tratadas se disponen en un cuerpo de agua o son usados en actividades agropecuarios.

2.2.1.3 Factores técnicos que influyen en la eliminación de las excretas

1.- Volumen de los desechos humanos recientes:

Según Normas de Saneamiento (2007), Cuando se proyecte disposición de excretas por digestión seca se considerará una contribución de excretas por habitante y por día de 0.20 kg, material de limpieza 0.10kg.

Según Foncodes (1999), Las cantidades de heces y de orina que excretan diariamente las personas es muy variable, según el consumo de agua, el clima, la alimentación y la ocupación. pero podemos mencionar algunas cantidades promedio de heces excretadas por adultos expresadas en gramos diarios por personas.

Tabla 1 – Cantidad de heces humanas excretadas por adultos.

LUGAR	CANTIDAD (Gramos Diarios por Persona)
- China (hombres)	209
- India	311
- Perú (zonas rurales)	325
- Uganda (aldeanos)	470
- Malasia (zonas rurales)	477
- Kenya	520

Fuente: FONCODES Seminario Taller de aguas residuales y disposición de excretas en el Área Rural.

La cantidad de orina, que depende mucho de la temperatura y la humedad, oscila habitualmente ente 0.60 y 1.10 litros diarios por persona. Se sugieren como promedios razonables las siguientes cifras:

- Alimentación rica en proteínas en un clima templados: 120 gramos de heces y 1.20 litros de orina diario por persona.

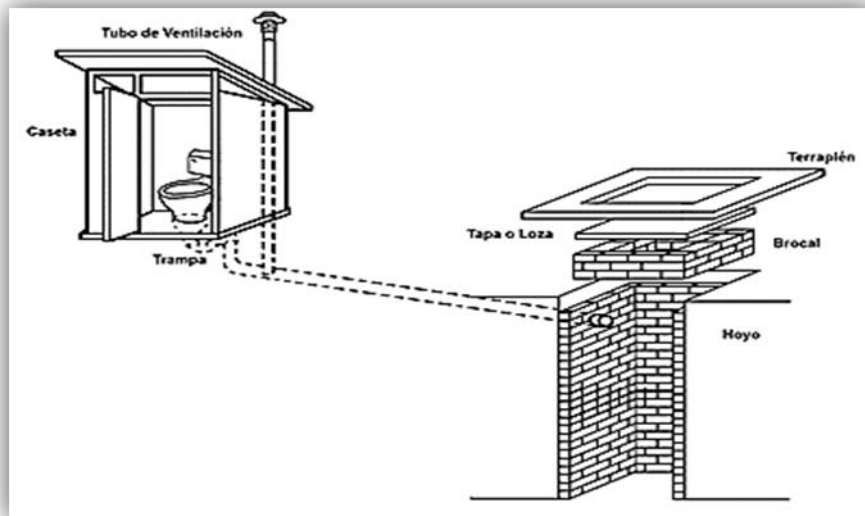
- Alimentación vegetariana en un clima tropical: 400 gramos de heces y 1.0 litros de orina diario por persona.

2.2.1.4 Diseño de letrina de arrastre hidráulico

1.- Consideraciones generales: Para la construcción de letrinas con arrastre hidráulico se necesita los siguientes requisitos:

- ✓ La caseta de la letrina con arrastre hidráulico se ubicará preferentemente al interior de la vivienda. En el caso que se ubique externamente, la distancia a la vivienda no debe ser mayor a 5 m.
- ✓ Los hoyos de la letrina con arrastre hidráulico, destinados al almacenamiento de los líquidos residuales, deberán ubicarse en el exterior de la vivienda y a no menos de 1 m. del muro exterior de la vivienda.
- ✓ Las letrinas con arrastre hidráulico sólo podrán ser construidas en terrenos cuyas características favorezcan su excavación e infiltración de las aguas empleadas en el arrastre de los desechos fisiológicos.
- ✓ Las letrinas con arrastre hidráulico no podrán ser construidas en áreas pantanosas, fácilmente inundables, en suelos impermeables o con presencia de arcillas expansivas.
- ✓ Las letrinas con arrastre hidráulico podrán ser construidas en terrenos calcáreos o con presencia de rocas fisuradas, siempre que se tomen las medidas de seguridad especificadas en el presente documento.

Figura 4- Componentes de una letrina de arrastre hidráulico.



Fuente: Elaboración propia.

- ✓ En los lugares donde se proyecte construir los pozos de la letrina no deberán existir sistemas de extracción de agua para consumo humano en un radio de 30 metros alrededor de ellas, y en todos los casos las letrinas deberán ubicarse aguas debajo de cualquier pozo o manantial de agua destinada al abastecimiento para consumo humano.
- ✓ En las letrinas con arrastre hidráulico sólo se podrá disponer de papel suave de limpieza anal.
- ✓ Los hoyos de la letrina con arrastre hidráulico deben ser fácilmente accesibles para facilitar su limpieza.

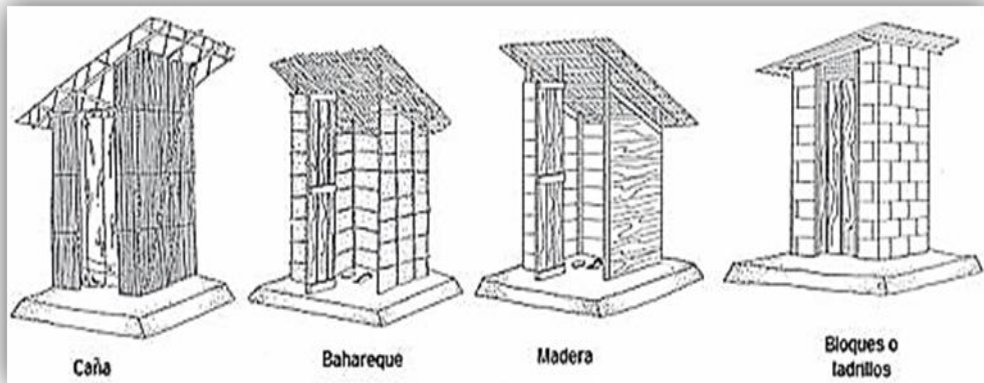
2.- Componentes: Para la construcción de letrinas con arrastre hidráulico se necesita los siguientes requisitos:

La letrina se compone de ocho elementos:

- ✓ Aparato sanitario
- ✓ Caseta
- ✓ Conducto
- ✓ Caja repartidora

- ✓ Hoyo
- ✓ Brocal
- ✓ Terraplén
- ✓ Losa-tapa

Figura 5- Tipos de Letrinas (materiales).



Fuente: Elaboración propia.

a) Caseta: Es el compartimiento donde se ubica el aparato sanitario permitiendo el aislamiento y privacidad al usuario de la letrina. Puede constituir el cuarto de baño de la vivienda.

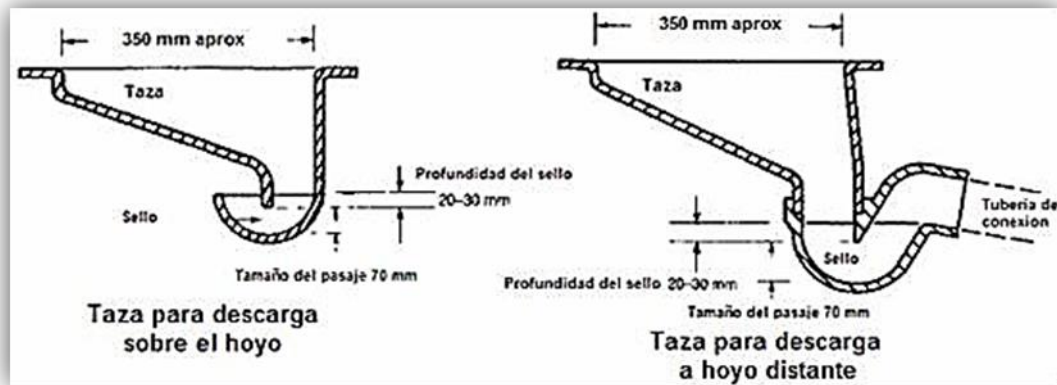
Cuando está en el interior de la vivienda, las dimensiones corresponderán a lo establecido en el R.N.E. (Reglamento Nacional de Edificaciones) para servicios higiénicos. Para casetas situadas al exterior de la vivienda, ellas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- El área interior que ocupa la caseta será de un metro cuadrado como mínimo, debiendo tener un ancho mínimo de 0.85 m.
- Alto mínimo de 1.90 m, ancho de la puerta de 0.60 m.

- El material de construcción empleado en la fabricación de la caseta debe adecuarse a las condiciones climáticas del lugar, de modo que no exponga al usuario a condiciones de incomodidad.
- En los lugares donde llueve, será necesario que el techo tenga una inclinación mayor al 10% y tener un voladizo alrededor de la caseta de por lo menos 0.10 m.
- Para iluminación y ventilación de la caseta deberá contar con ventanas altas cuyas dimensiones no deben afectar la privacidad del usuario.

b) Aparato sanitario: Podrán emplearse aparatos sanitarios del tipo turco o tipo tazas dotados de sifón para la formación del sello hidráulico. El aparato sanitario deberá ser un accesorio independiente, de una sola pieza y con un acabado lo más liso posible. Además, el aparato sanitario, deberá ser herméticamente unido a la losa del piso de la caseta para impedir el ingreso de insectos o salida de malos olores. El hoyo de la tasa será aproximadamente de 350 mm, en tanto que la profundidad del sello de agua se encontrará entre 20 a 30 mm y el tamaño del pasaje es de 70 mm (esto variará dependiendo del fabricante), pueden ser de dos formas.

Figura 6- Tipos de aparatos sanitarios.



Fuente: Elaboración propia.

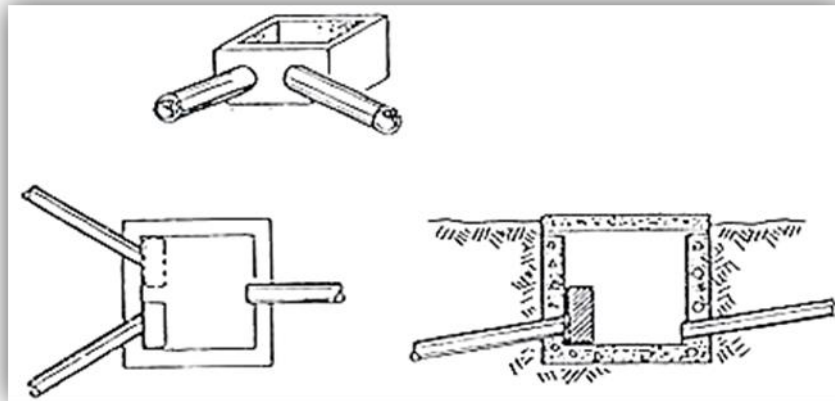
c) Conducto: El conducto es la tubería destinada a transportar los desechos fisiológicos desde el aparato sanitario hasta el punto de disposición final pasando por la caja repartidora.

El conducto de evacuación de las aguas residuales deberá tener como mínimo 100 mm de diámetro. La pendiente del conducto entre el aparato sanitario y la caja repartidora y de ésta al hoyo no deberá ser menor de 3%. Se instalará directamente sobre el conducto de evacuación, una tubería de ventilación de 50 mm de diámetro adosada a la pared de la caseta, que deberá prolongarse 0.50 m por encima del techo de la caseta o de la casa según se encuentre ubicada en el exterior o interior de la vivienda. Además, en la parte superior del conducto de ventilación, preferentemente deberá instalarse un sombrero de protección.

d) Caja repartidora: Es un dispositivo destinado a derivar los desechos fisiológicos al hoyo en operación. Se recomienda realizar con doble hoyo o pozo desplazados, además la caja repartidora se ubicará entre la caseta o baño y los hoyos y tendrá una sección transversal mínima

de 0.40 x 0.40 m y contará con una tapa removible, el fondo de la caja repartidora deberá poseer canaletas semicirculares en forma de YEE de 100 mm de ancho y 50 mm de profundidad para la conducción de los desechos líquidos, la altura de la repartición de la YEE deberá contar con un dispositivo o pantalla que permita derivar los desechos líquidos hacia el pozo en operación. La parte superior de la caja repartidora deberá estar 0.05 por encima del nivel del terreno para permitir su rápido ubicación o para las actividades de mantenimiento.

Figura 7- Caja repartidora.



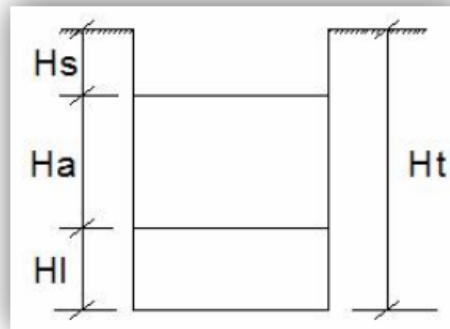
Fuente: Elaboración propia.

e) Pozo u hoyo: Cavity de una determinada profundidad que se hace en la tierra para depositar las heces, la orina y el material de limpieza anal.

- El volumen del hoyo se diseñará de acuerdo a la producción de lodos por 0.05 a 0.06 m³/hab/año.
- Para la determinación de la altura total del pozo se tendrá en cuenta:
 - Ht = Altura total del pozo
 - Hl = Altura de la capa del lodo

- H_a = Altura de la capa del líquido sobre el nivel del lodo
- H_s = Altura adicional de seguridad

Figura 8- Altura total del hoyo.



Fuente: Elaboración propia.

- La altura de la capa de lodo se calculará utilizando la siguiente expresión:

$$H_l = (N \times T_l \times t) / A$$

Dónde:

- N = Número de usuarios
- T_l = Tasa de producción de lodo (m^3/hab -año)
- t = Tiempo de utilización de la letrina (años)
- A = Área de la sección transversal del hoyo (m^2)

- La altura del líquido que estará en función de la forma del hoyo:

$$H_a = (N \times T_a) / (P \times H_l)$$

Dónde:

- N = Número de usuarios.
- P = Perímetro de la sección transversal del hoyo en metros, si el hoyo es revestido, debe considerarse el perímetro exterior del revestimiento.

- T_i = Tasa de infiltración del suelo (L/m^2-d) se determinará mediante la prueba de campo o en su defecto teniendo conocimiento pleno del tipo de suelo se utilizará la Cuadro N° 2 para su determinación.
- T_a = Tasa de aporte de líquido ($L/hab-d$), la misma que se determinará mediante la siguiente expresión:

$$T_a = n \times v + v_e$$

Dónde:

- n = Número de veces que cada usuario ocupa la letrina durante el día.
 - v_e = Volumen de la orina y excreta aportado diariamente por cada persona (podrá adoptarse un valor promedio de 1.5 L).
 - v = Volumen de agua que se arroja al aparato sanitario luego de cada uso (se sugiere adoptar el valor de 3 L).
- El cálculo de la altura del pozo deberá considerarse una altura adicional de seguridad (H_s) mayor a 0.30 m.
 - La profundidad total del hoyo se calculará a partir de la siguiente ecuación:

$$H_t = H_l + H_a + H_s$$

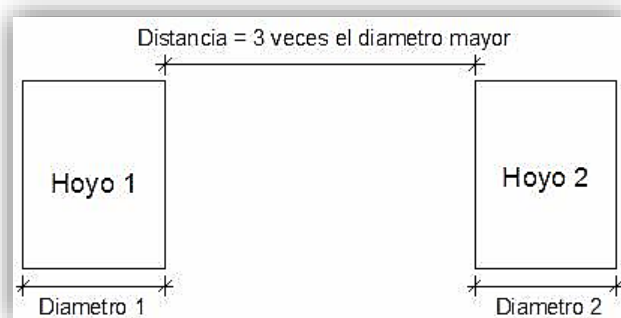
Tabla 2 – Tasas recomendadas para la infiltración de los lixiviados en los hoyos.

TIPO DE SUELO	TASA DE INFILTRACIÓN (L/m ² – día)
SUELOS DE BUENA PERMEABILIDAD	
Arena	50
Limo arenosos, limos	30
Limos o arcillosos porosos	20
SUELOS DE BAJA PERMEABILIDAD	
Limos o arcillas compactas	10

Fuente: Salud – CEPIS, 2005.

- El sistema de disposición de excretas deberá contar por lo menos con dos hoyos, los que deberán ser diseñados para una vida útil no menor a cuatro años cada uno de ellos.
- La separación entre un pozo y otro es de tres veces el diámetro mayor entre los pozos o tres veces el ancho del pozo.

Figura 9- Separación entre Pozos.



Fuente: Elaboración propia.

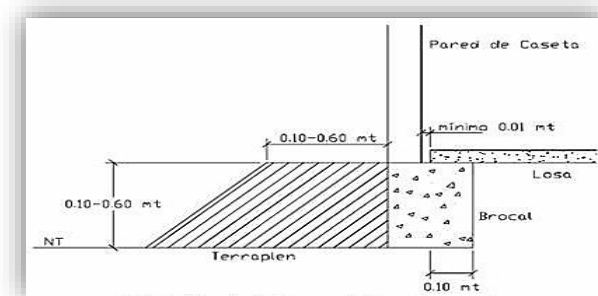
- El espacio libre del hoyo deberá ser mayor que la profundidad de la caja repartidora a fin de evitar que los

residuos emerjan por la caja y que además facilite las maniobras de derivación del agua residual hacia el hoyo disponible.

- El hoyo podrá ser circular o cuadrado con un diámetro o lado neto no menor a 0.80 m.
- En terrenos inestables o fácilmente deleznable, las paredes verticales del hoyo deberán ser protegidas con materiales estables para evitar su desmoronamiento.
- El volumen efectivo del hoyo cuyas, paredes son protegidas, debe ser calculado descontando el espacio que ocupa el material usado para la protección.
- El fondo del hoyo debe quedar por lo menos a dos metros por encima del máximo nivel freático de las aguas subterráneas y deberá ser rellenada con material filtrante.

f) Brocal: Es conocido también como anillo de protección de la boca del hoyo o pozo. Se ubica en la parte superior del hoyo y se emplea para estabilizar la boca del mismo, sostener firmemente la losa que tapa el hoyo y brindar hermeticidad entre el hoyo y el medio ambiente e impedir que el agua de lluvia, insectos y roedores puedan acceder hacia el interior del hoyo.

Figura 10- Detalle del terraplén y brocal.



Fuente: Elaboración propia.

- Podrá ser construido con concreto simple o reforzado, ladrillo o bloques de piedra o concretos asentados con mortero de cemento-arena.
- Debe iniciarse faltando 0.30 m para llegar a la superficie del suelo y sobre elevarse 0.05 m sobre el nivel del suelo.
- El espesor del brocal en concreto o mampostería no deberá ser menor de 0,20 m para permitir el apoyo total de la losa de cubierta.
- Para un hoyo de más de un metro de diámetro o de lado, el brocal podrá ser de forma tronco piramidal o tronco cónico con un ángulo con respecto a la horizontal de no menos de 45° debiendo la boca superior del brocal no ser menor a 0.80 m.
- La boca del brocal debe tener la misma geometría que la sección transversal del hoyo.

g) Losa - tapa: Elemento que cubre el hoyo, generalmente removible para permitir la remoción del material degradado y secado.

Deberá ser construida con concreto reforzado, que le permita soportar cualquier sobrecarga a la que pueda ser sometida por su ubicación en lugares abiertos.

Las dimensiones de la losa-tapa debe cubrir totalmente el perímetro del brocal.

El nivel de la losa-tapa instalada deberá ubicarse a un nivel no menos de 0.10 m por encima de la superficie del suelo para evitar el acceso del agua de lluvia.

h) Terraplén: Es un montículo de tierra apisonado que se acomoda alrededor del brocal hasta llegar al nivel de la losa, con la finalidad de proteger al hoyo de ingreso de agua de lluvia, insectos y roedores.

Una vez instalada la losa-tapa se colocará tierra o arcilla alrededor de la losa. Este material deberá ser apisonado y deberá tener un ángulo de 45° con un nivel del suelo.

2.2.1.5 Disposición del efluente

Los problemas de moscas, de mosquitos y del olor de las letrinas de hoyo simples pueden ser superados simplemente y económicamente con la instalación de una taza con sello hidráulico en el hoyo de defecación.

Las tazas requieren una pequeña cantidad de agua para limpiarlas teniendo la ventaja de reducir el riesgo de la contaminación del agua subterránea.

El agua que se emplea para limpiar la taza no necesariamente debe ser limpia. Si el acceso a agua limpia es limitado, el agua del lavadero, que se emplea para bañarse o cualquier otra agua similar pueden utilizarse.

En muchos casos, la cantidad que se requiere de agua es poca para la limpieza, las letrinas con arrastre hidráulico son convenientes donde el agua es traída de una tubería de alimentación de agua.

1.- Letrina con arrastre hidráulico – pozo u hoyo:

a) Letrina con arrastre hidráulico al interior de la vivienda con pozo u hoyo exterior: Los contenidos de la taza son descargados a través de una corta longitud y diámetro de tubería, o cubierto el canal con una mínima pendiente de 3‰ de PVC, concreto o tubería de arcilla; 100 mm de diámetro son usualmente usados, pero el diámetro puede ser el mismo como el sello hidráulico (65 - 85 mm). La cantidad de agua requerida para la limpieza depende del diseño de la taza. Tan poco como 1.50 litros se han registrado como necesarios para cada limpieza, pero usualmente se requiere más que esta cantidad.

Este tipo de letrinas son favorables debido a que las estructuras pueden ser permanentes. Cuando el hoyo está lleno, otro pozo puede ser cavado junto al primero, y la excavación de la tubería de conexión y desvío al nuevo hoyo, sin dañar la estructura anterior.

b) Letrina con arrastre hidráulico al interior de la vivienda con doble pozo u hoyo exterior: Para el diseño se utiliza una simple taza de arrastre hidráulico conectado a ambos pozos por tuberías. La cámara de inspección contiene un accesorio en forma de Y que es normalmente colocado o construido entre el hoyo y la taza tal que la excreta pueda ser canalizado dentro de los pozos.

Cuando una nueva letrina entre en servicio, la cámara de inspección es abierta y una de las tuberías que

conducen a los hoyos es apagada (un ladrillo, la piedra, el montón de la arcilla o el bloque de la madera es absolutamente satisfactorios). La cubierta luego es reemplazada y sellada previniendo el escape de los gases a la atmósfera.

Cuando el primer hoyo está lleno, la cámara de inspección es abierta y el tapón que bloquea la tubería es quitado y colocado en la otra entrada de la tubería. La cubierta es otra vez reemplazada y sellada. El contenido de la taza entrará al segundo pozo.

En los dos años futuros el contenido del primer pozo se habrá descompuesto y casi todos los organismos patógenos habrán muerto. La tapa del primer hoyo se saca y el contenido del hoyo se retira, dispone o reutiliza.

Luego de reemplazar y sellar la tapa, el primer pozo puede ser usado otra vez si el tapón de la Y es retornado a su posición original. En esta forma, los pozos gemelos pueden ser usados indefinidamente, cada pozo en su respectivo turno será empleado por 2 años, vacío y luego usado otra vez. La colocación y la forma de los pozos u hoyos son determinadas por una extensión grande del espacio disponible. Si es posible, la distancia entre los pozos no debe ser menor que la profundidad de un pozo.

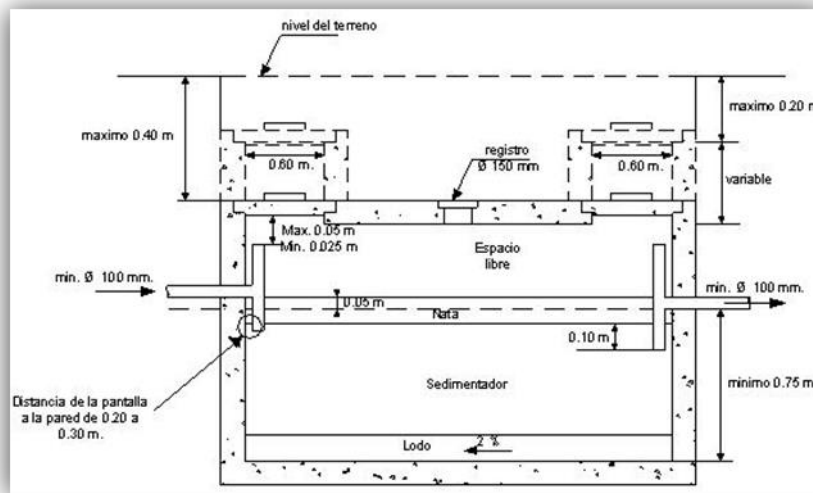
Las letrinas con arrastre hidráulico con doble pozo son más útiles en áreas donde no es posible cavar un pozo profundo o donde las excretas son rehusadas.

2.- Letrina con arrastre hidráulico – tanque séptico:

Los desechos provenientes de la taza con sello hidráulico, pueden ser enviados a un tanque séptico, el cual se diseñará de similar a las empleadas en las

letrinas de pozo anegado, con excepción de la entrada al tanque que difiere un poco. En el ingreso se emplea una TEE de PVC de 100 mm de diámetro como mínimo, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 11- Detalle de tanque séptico.

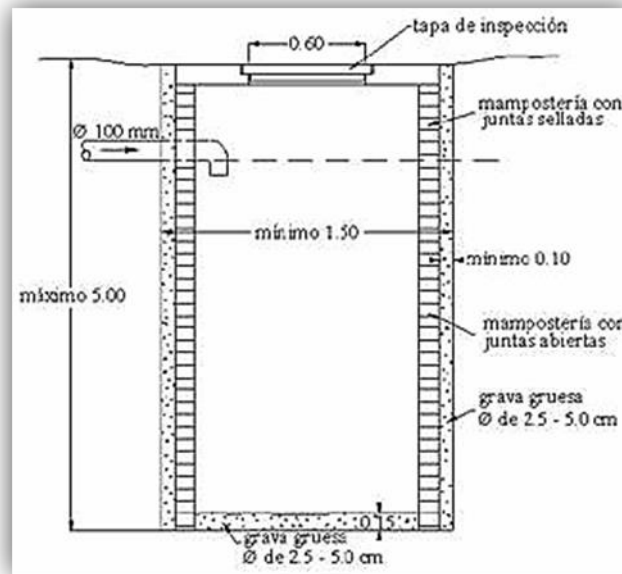


Fuente: Elaboración propia.

a) Pozo de Percolación:

- La distancia mínima de cualquiera de pozo de infiltración a viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de agua superficiales (ríos, arroyos, etc.), serán de 6, 15, 30 y 15 metros respectivamente.
- La distancia mínima entre el pozo de percolación y cualquier árbol debe ser mayor a 5.0 m.
- Cuando se dispongan de dos o más pozos de infiltración en paralelo, se requerirá instalar una o más cajas de distribución de flujo. Estas cajas permitirán la distribución uniforme del flujo a cada pozo de infiltración.

Figura 12- Detalle de pozo de infiltración.



Fuente: Elaboración propia.

- El área efectiva de absorción del pozo lo constituye el área lateral del cilindro o fondo del pozo, para el cálculo se considerará el diámetro exterior del pozo.
- El área útil del campo de infiltración, se determinará mediante la división del caudal diario entre la tasa de infiltración.
- La altura de infiltración quedará fijada por la distancia entre el nivel a donde llega el tubo de descarga y el fondo del pozo.
- Todo pozo de percolación deberá introducirse por lo menos 2.0m en la capa filtrante del terreno, y el fondo del pozo deberá quedar por lo menos 2.0m por encima del nivel freático de las aguas subterráneas.
- El diámetro mínimo del pozo de percolación será de 1.50 m y la profundidad útil recomendada de cada pozo no será mayor a 5.00 m.

- La losa del techo del pozo de infiltración tendrá una tapa de inspección de 0.60 m de diámetro o de 0.60 x 0.60 m por cada lado.
- El área requerida para la infiltración deberá ser calculada de la siguiente forma:
 - ✓ Volumen diario de retención del líquido calculado para el tanque séptico: M
 - ✓ Empleando la Cuadro N° 2, se obtiene la relación de infiltración para el agua residual: I
 - ✓ El área de la pared requerida: Ar

$$\boxed{Ar = M} \dots\dots\dots\text{en m}^2$$

- ✓ Se asume un diámetro para el pozo (1.0 – 2.5 m): D
- ✓ La profundidad del fondo de la tubería proveniente del tanque séptico al fondo del pozo será:

$$\boxed{P = Ar / (\pi \times D)} \dots\dots\dots\text{en m}$$

Incrementar el diámetro del pozo resulta en un incremento desproporcionado del volumen de excavación y en el costo de la losa de cubierta comparado con el incremento del área de la pared. Por lo tanto, si el área requerida para la infiltración es grande, podría ser más económico emplear una zanja de infiltración.

b) Zanja de Infiltración:

- La distancia mínima de cualquier punto de la zanja de infiltración a las viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de aguas superficiales (ríos, arroyos, etc.) serán de 5, 15, 30 y 15 metros respectivamente.
- La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser mayor a 3 m.

- Cuando se disponga de dos o más zanjas de infiltración en paralelo, se requerirá instalar una o más cajas de distribución de flujos. Estas cajas permitirán la distribución uniforme del flujo a cada pozo de infiltración.
- La caja de distribución será de 0.60 x 0.30 m para profundidades de hasta 0.60 m y 0.60 x 0.60 m para profundidades mayores a 0.60 m.
- La longitud deseable de cada zanja de infiltración será de 20 m, permitiéndose en casos justificados longitudes de hasta 30 m.
- Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de distribución. Las líneas de distribución deben ser de igual longitud y la separación de eje a eje no deberá ser menor de 2.10 m.
- La tubería de distribución está conformada por tubos de PVC, asbesto cemento, mortero cemento-arena u otro material apropiado de 100 mm, 0.30 m de longitud y espaciados entre ellos 10 mm. Alternativamente podrán practicarse en la parte baja de los tubos, perforaciones de 13 mm de diámetro espaciados 10 mm.
- El fondo de la zanja deberá quedar por lo menos a 2.0 m por encima del nivel freático.
- La profundidad de las zanjas deberá estar en función de la topografía del terreno y no deberán ser menor a 0.50 m.
- La pendiente mínima de la tubería de distribución será de 1.5‰ y un valor máximo de 3.0‰, pero en ningún caso a de exceder 4.5‰.
- La longitud de la zanja se calculará de la siguiente forma:

- ✓ El volumen diario de retención del líquido calculado para el tanque séptico: M
- ✓ Empleando la Cuadro N° 2, se obtiene la relación de infiltración para el agua residual: I
- ✓ El área de la pared requerida: Ar

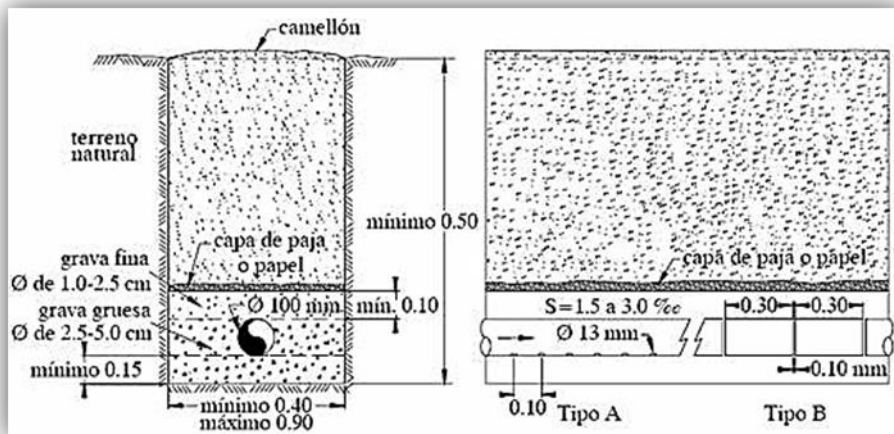
$$Ar = M \dots\dots\dots\text{en m}^2$$

- ✓ Se asume la profundidad de la zanja (0.60 – 1.00 m): P
- ✓ La longitud de la zanja, tener en cuenta el área de ambos lados, será:

$$L = Ar / (P \times 2) \dots\dots\dots\text{en m}$$

Esto permite la infiltración en ambos lados de la zanja. Si es demasiado grande, el campo del drenaje debe consistir en dos zanjas, cada 30 m largos, conectado en serie.

Figura 13- Detalle de zanja de Infiltración.



Fuente: Elaboración propia.

2.3. Definición de términos

1. **Infiltración:** Efecto de penetración o introducción del agua la suelo.
2. **Aguas servidas tratadas o aguas residuales tratadas:** Aguas servidas o residuales procesadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad señalados por la autoridad sanitaria

en relación con la clase de cuerpo receptor al que serán descargados o a sus posibilidades de uso.

3. **Biodigestor:** Sistema que funciona en condiciones anaeróbicas que transforman las excretas en materia orgánica.
4. **Excretas:** Son el conjunto de orina y/o heces que eliminan las personas como producto final de su proceso digestivo.
5. **Lodos residuales:** Un subproducto del biodigestor además del biogás son los 'lodos residuales. Hasta hace poco se difundía el uso de éstos como abonos orgánicos y/o biofertilizantes, puesto que, al ser productos de la digestión se consideraban como mejoradores de suelo debido a su composición mineral y orgánica.
6. **Afluente:** Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento.
7. **Efluente:** Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.
8. **Lodos:** Los sólidos depositados por las aguas residuales domésticas o desechos industriales crudos o tratados, acumulados por sedimentación en tanques y que contienen más o menos agua para formar una masa semilíquida.
9. **Tratamiento Primario:** Proceso anaeróbico de la eliminación de sólidos.
10. **Tratamiento Secundario:** Tratamiento donde la descomposición de los sólidos restantes es realizada por organismos aeróbicos, este tratamiento se realiza mediante campos de, percolación o pozos.
11. **Inodoro:** Aparato sanitario utilizado para recoger y evacuar los excrementos humanos hacia la instalación de saneamiento.

- 12. Suelo permeable:** Es aquel que tiene la capacidad de absorción permitiendo que los líquidos ingresen con facilidad.
- 13. Unidad básica de saneamiento (UBS):** Es un módulo conformado por un conjunto de estructuras que permitirán la disposición sanitaria de excretas, sanitarias y ambientalmente adecuada.
- 14. Zanja de percolación:** Son excavaciones en el terreno que contienen grava y un tubo de distribución por el cual el afluyente procedente de un tanque séptico o biodigestor se filtra en el terreno.
- 15. Riesgo:** Medida de la probabilidad de impacto de una amenaza. También se define como la posibilidad de que bajo ciertas circunstancias ocurra una lesión, enfermedad o la muerte. Se entiende por Riesgo Ambiental, cuando tal posibilidad surge como consecuencia de la exposición humana a un factor ambiental peligroso.
- 16. Población en riesgo:** Grupos poblacionales que reúnen uno o más factores de riesgo y que los hacen más susceptibles de desarrollar efectos adversos en la salud.
- 17. Aguas grises:** Son un tipo de agua residual producto de las actividades humanas como el lavado de ropa, la regadera o el lavado de utensilios que no transportan heces fecales.
- 18. Alcantarillado sanitario:** Es el conjunto de dispositivos (accesorios y tuberías) y obras de arte que tienen como objetivo transportar las aguas residuales desde su punto de emisión hasta un sistema de tratamiento efectivo para cumplir con las normas vigentes.
- 19. Aguas residuales:** Se denomina aguas residuales a aquellas que están constituidas por excretas, sólidos y otras sustancias y son el resultado de las actividades humanas en los diversos usos del agua.

20. Área rural: En el ámbito de estas normas se considera área rural aquella región habitada que está afuera de las cabeceras municipales definidas legalmente por el Instituto Geográfico Nacional.

21. Disposición de excretas: Son las soluciones para confinar y tratar las heces fecales de manera que no ocasionen contaminación ambiental ni riesgos a la salud humana.

22. Letrina sanitaria: Es una estructura con el objetivo de salvaguardar la salud de la comunidad, compuesta por un depósito para excretas, un dispositivo provisto con un asiento para efectuar la evacuación y una caseta que provee de las condiciones de privacidad y comodidad.

23. Saneamiento: Es el proceso mediante el cual se construyen barreras específicas para manejar adecuadamente los desechos sólidos, las aguas residuales, excretas y otras sustancias, generando un medio ambiente higiénico y sano. Además de los aspectos técnicos, el saneamiento debe atender las condiciones sociales, económicas y culturales de la comunidad específica con el objetivo de seleccionar la tecnología más adecuada a las necesidades de la misma.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El uso de biodigestor mejorara el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

2.4.2. Hipótesis específicos

a) El diseño de las unidades básicas de saneamiento incluye los biodigestores en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

b) El uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros físicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre

hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

c) El uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros químicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

X = Uso del biodigestor.

Indicadores:

- a) Alcance
- b) Tiempo
- c) Costo

Y = Sistema de saneamiento de arrastre hidráulico.

Indicadores:

- a) Plazo
- b) Presupuesto

2.5.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

Tabla 3 – Variables de investigación.

Variable Independiente	Variable Dependiente
Uso del biodigestor	Sistema de saneamiento de arrastre hidráulico

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 4 – Operacionalización de las variables.

Variables	Indicador	Medición	Valoración
		Litros.	1600 litros
	Biodigestor.	Metros cúbicos (m3)	4.5 m3
Uso del biodigestor	Pozo de percolación.	Metros cúbicos (m3)	1.13m3
	Caja de lodos.		
	Mantenimiento.		
		Metro cuadrado (m2)	2.55m x 1.60m = 4.08m2.
Sistema de saneamiento básico con arrastre hidráulico.	Caseta. Pozo percolador. Accesorios sanitarios.	Metros cúbicos (m3)	1.80 m3.
		Unidad (und)	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En el presente trabajo de investigación se utilizó el método científico, como método general. Según Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., 2014, p. 92). “El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra “método” ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos”.

3.2. Tipo de Investigación

De acuerdo a las características del estudio planteado la investigación resultó ser una investigación de tipo descriptiva. “Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas”. (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., 2014, p. 92).

3.3. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue descriptivo, debido a que Sánchez, H. y Reyes, C. (2007, p.45), señala que el nivel descriptivo consiste fundamentalmente en describir un fenómeno o una situación mediante el estudio del mismo en una circunstancia témpora-espacial determinada. Son las investigaciones que tratan de recoger información sobre el estado actual del fenómeno.

3.4. Diseño de investigación

El diseño que se utilizó en el trabajo de investigación es no experimental, por lo que Carrasco, S. (2007, p.71), indica que los diseños no experimentales son aquellos cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional, y no poseen grupo de control, ni mucho menos experimental. Analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según Carrasco, S. (2007), Población - el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) pertenecientes al área espacial donde se realizó el estudio, para nuestro caso la población está dado por 476 habitantes de la Localidad de Rundo.

3.5.2. Muestra

Según Carrasco, S. (2007), Una muestra es una parte o fracción representativa de una población, las principales características de la muestra deben ser objetivas y reflejarse con precisión de tal forma que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos sus elementos constitutivos de la población especificada, para nuestro caso la muestra está dado por el número de viviendas beneficiadas con el proyecto de la Localidad de Rundo (115 viviendas).

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Análisis de documentos: Para el análisis de documentos se consideraron archivos digitales, así como en medio físicos de libros escritos referentes en el presente tema de investigación.

Instrumentos: Los instrumentos cuantitativos empleados en la ejecución de nuestro estudio son los reportes de test de percolación y de diseños hidráulicos de las unidades básicas de saneamiento de arrastre hidráulico.

3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, se tuvo en cuenta lo siguiente programas:

Microsoft Excel: Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados y datos obtenidos de los test de percolación y de los diseños hidráulicos de las unidades básicas de saneamiento de arrastre hidráulico.

Microsoft Word: Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos de los test de percolación y de los diseños hidráulicos de las unidades básicas de saneamiento de arrastre hidráulico.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas que se utilizaron para el tratamiento y análisis de datos obtenido fueron principalmente estadísticas, analizando las variaciones de los test de percolación y de los diseños hidráulicos de las unidades básicas de saneamiento de arrastre hidráulico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

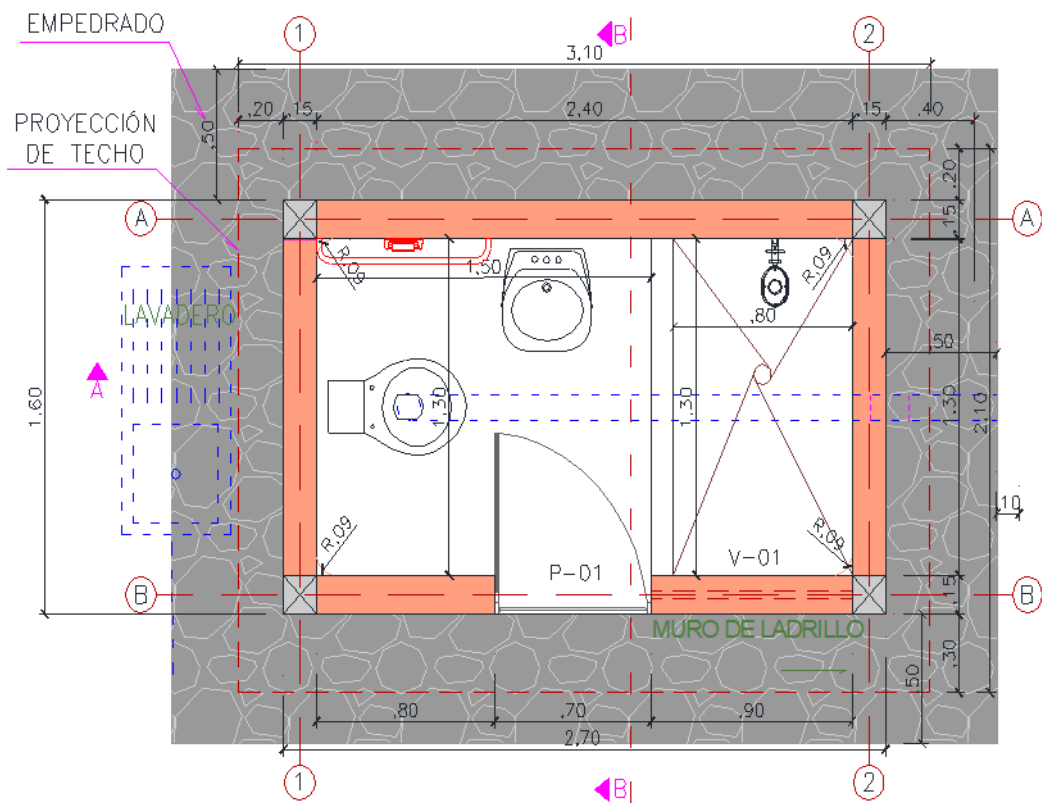
4.1. Presentación de resultados específicos

4.1.1. Descripción del diseño de las unidades básicas de saneamiento con biodigestores

1.- Caseta: Deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ El área que ocupe la caseta, será de un 1.20 m² como mínimo, debiendo ser la relación largo:ancho igual a 1:1.5.

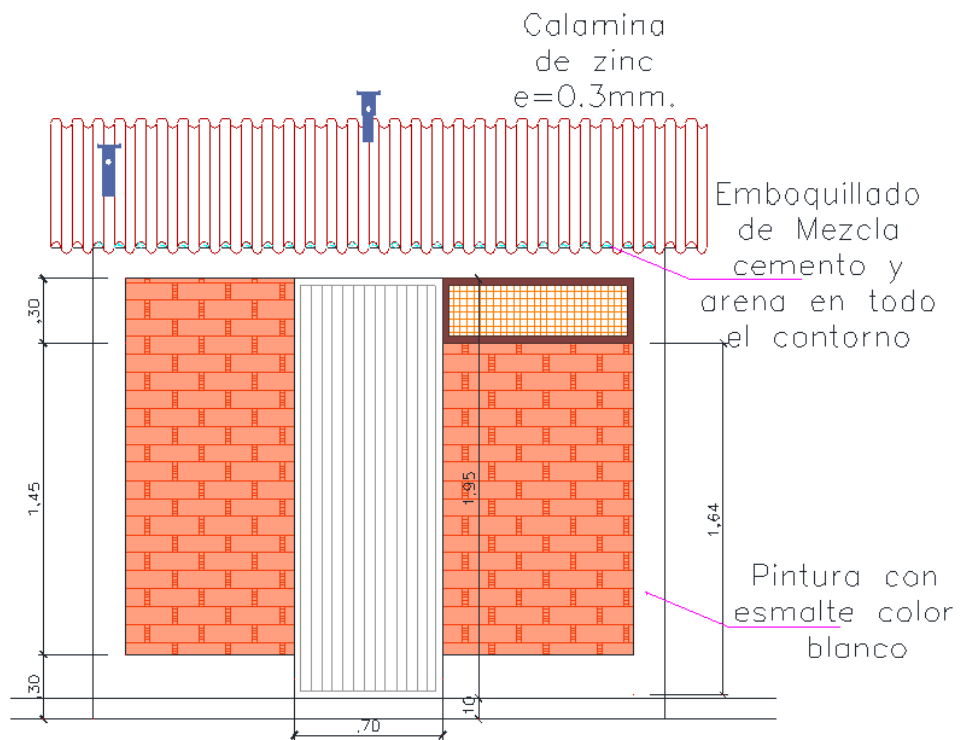
Figura 14- Planteamiento de área a ocupar por la letrina.



Fuente: Elaboración propia.

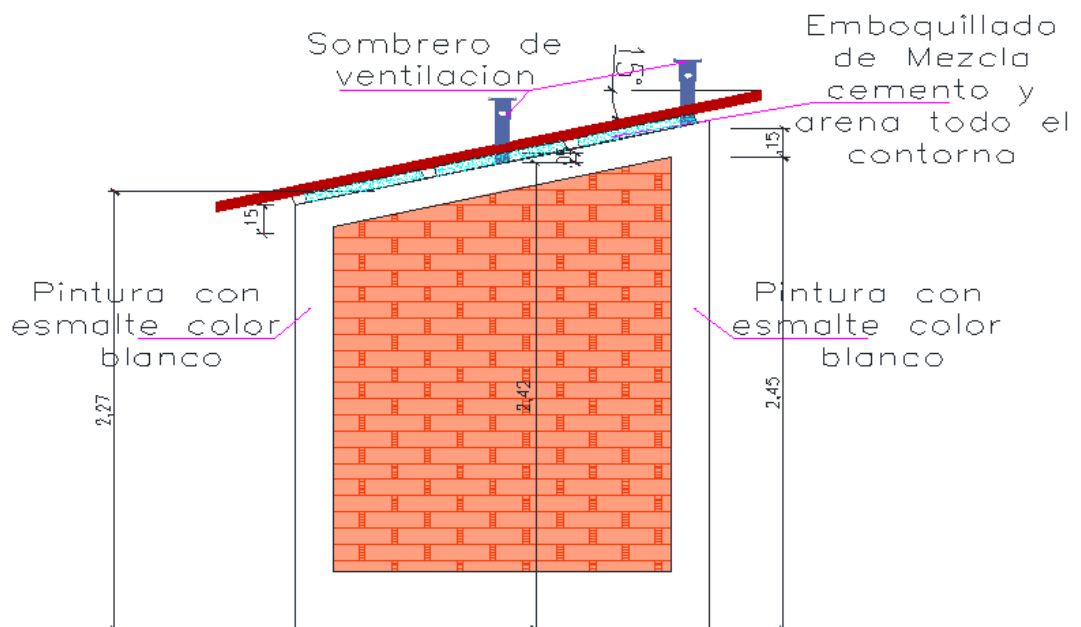
- ✓ El alto de la caseta no debe ser menor a 1.90 m. y el ancho de la puerta no menor a 0.60 m.

Figura 15- Altura de la letrina planteada.



Fuente: Elaboración propia.

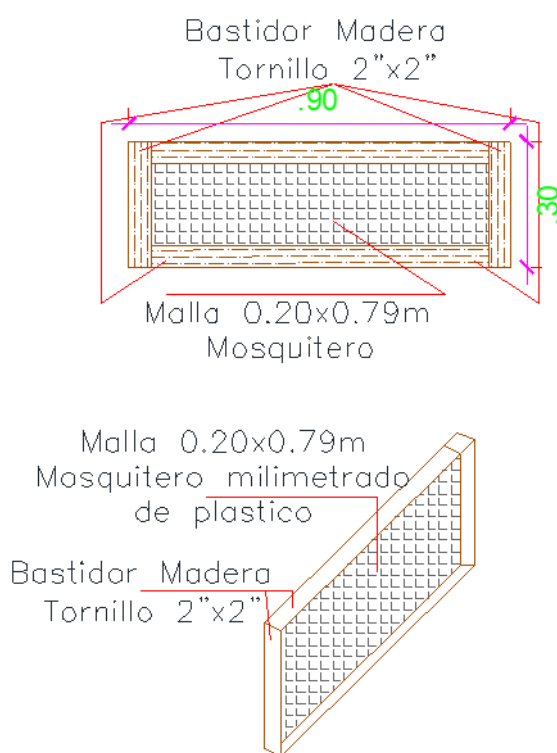
Figura 16- Inclinación del techo de la letrina planteada.



Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Para la construcción de la caseta se va emplear materiales adecuados a las condiciones climáticas de la zona, así pues, deben ser resistentes y adecuados para la lluvia, tales como ladrillo o adobe, calamina sobre estructura de madera, etc.
- ✓ Por ser una zona de con alta precipitación pluvial el techo de la caseta tiene una inclinación mayor del 10% y debe contar con un volado alrededor de la caseta de por lo menos 0.20 m.
- ✓ Para una adecuada iluminación y ventilación, la caseta cuenta con ventana alta cuyas dimensiones no deben afectar la privacidad del usuario.

Figura 17- Detalle de ventana de la letrina planteada.

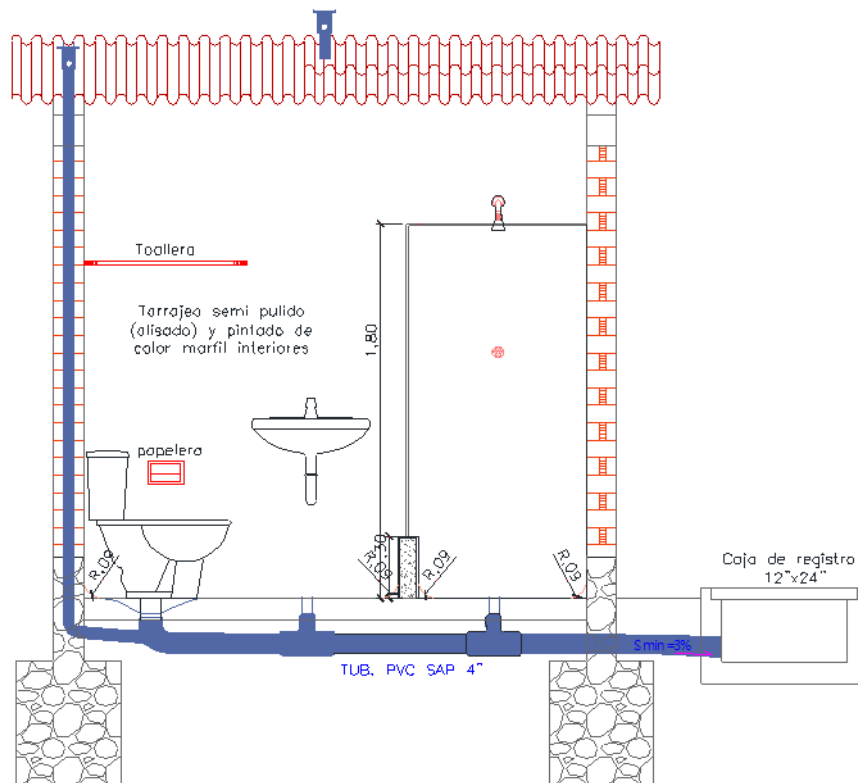


Fuente: Elaboración propia.

- ✓ El sistema de desagüe de la caseta de baño posee una tubería de ventilación de PVC de diámetro mínimo 2" empotrada o adosada a la pared, la cual se prolonga a 0.35 m. por encima del techo de la caseta, los gases pueden salir

del tanque séptico por este dispositivo. Si el dispositivo no está dotado de ventilación, se debe prever de una tubería desde el tanque séptico mismo, protegida con una malla.

Figura 18- Sistema de desagüe – tubería de ventilación.



Fuente: Elaboración propia.

2.- Aparato sanitario: Se empleará 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.

3.- Tuberías de entrada y salida del tanque: El diámetro de la tubería que conecta el inodoro con la entrada al tanque biodigestor o séptico será de 4 pulgadas (100 mm), este diámetro será también el de la tubería de salida del tanque. Debiendo tomarse en cuenta

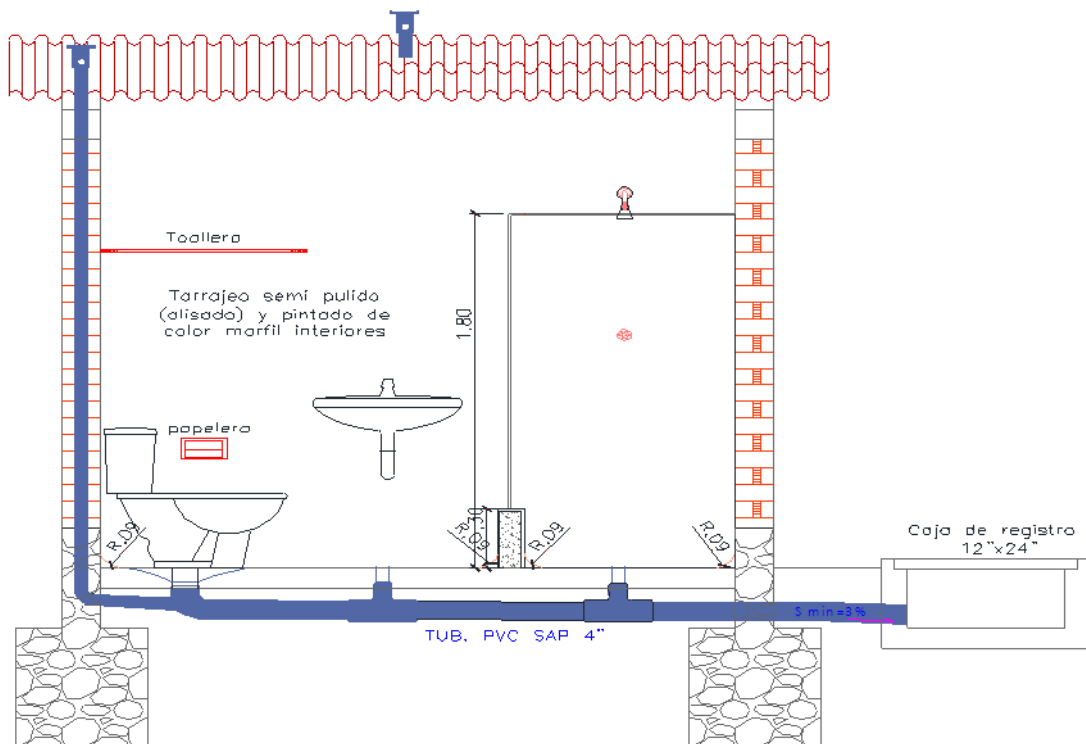
que la cota de salida del tanque séptico estará a 0.05 m. por debajo de la cota de entrada para evitar represamientos.

La parte superior de los dispositivos de entrada y salida estarán a por lo menos 0.20 m. Con relación al nivel de las natas y espumas.

La pendiente del conducto entre el aparato sanitario y el ingreso al tanque biodigestor o séptico no será menor al 3%.

El sistema séptico domiciliario puede ir a un tanque biodigestor o un tanque séptico.

Figura 19- Sistema de desagüe – tubería de evacuación.



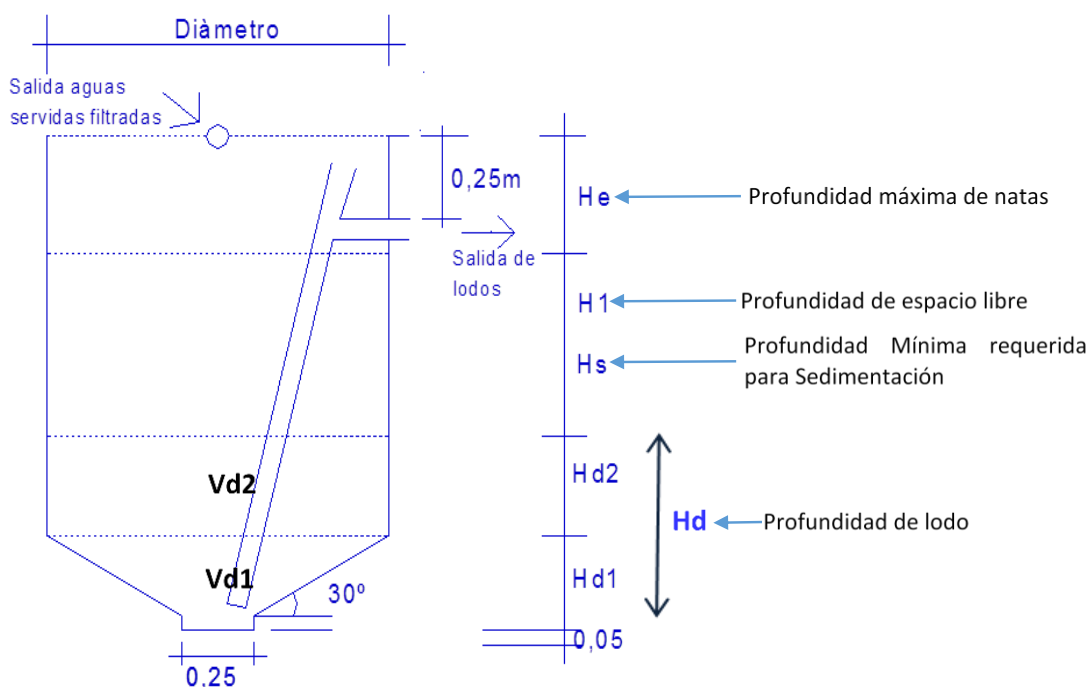
Fuente: Elaboración propia.

4.- Biodigestor: Para efecto de dimensionamiento del biodigestor, se ha tomado el biodigestor de PVC de 1,600 litros, el cual cumple con el diámetro interno mínimo de 1.10 m, exigido por la norma IS - 020 6.1.2.

El uso del biodigestor es exclusivo para tratar las aguas negras evacuadas por la letrina de 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.

Datos del biodigestor de 1600 litros:



- Diámetro exterior = 1.21 mcatálogo
- Alto exterior = 1.96 mcatálogo
- Diámetro interno = 1.178 mcatálogo
(según IS – 020 - 6.1.2 debe ser mayor a 1.10 m)
- $H_{\text{cono}} = 0.268$ mcatálogo
- $R = 1.178 / 2 = 0.589$ m
- $r = 0.25 / 2 = 0.125$ m
- Área cilindro (m^2) $A_c = \pi * (D^2) / 4$
 $A_c = \pi * (1.178)^2 / 4 = 1.09$ m^2
- Volumen cono (m^3) $V_c = (1/3) * \pi * H_{\text{cono}} * (R^2+r^2+R*r)$

$$V_c = (1/3) * \pi * 0.268 * (0.589^2 + 0.125^2 + 0.589 * 0.125)$$

$$V_c = 0.1224 \text{ m}^3$$

- Profundidad total efectiva: $H_{te} = H_e + H_I + H_d$

$$H_{te} = 1.96 - (0.05 - 0.268)$$

$$H_{te} = 1.642 \text{ m}$$

- Profundidad máxima de natas: $H_e = 0.7 / A_c$

$$H_e = 0.7 / 1.09 = 0.642 \text{ m}$$

Determinación de contribución de la demanda del biodigestor para aguas negras:

Aporte, (P)	hab/día	5 hab/viv	10 hab/viv
L/hab/día	24	120	240

Para dicho efecto se ha tomado la diferencia de demanda diaria entre la opción de letrina de hoyo seco y de la 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 L/diario.

Determinación del tiempo de retención: Haciendo uso de la siguiente formula;

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

	5 hab/viv	10 hab/viv
PR (días)	$PR = 1.5 - 0.3 \times \log(120)$ $PR = 0.8763$	$PR = 1.5 - 0.3 \times \log(240)$ $PR = 0.7859$
PR (horas)	$PR = 0.8763 \times 24 = 21.03$	$PR = 0.7859 \times 24 = 18.86$

El tiempo mínimo de retención hidráulica debe ser 6 horas, por lo que cumple.

Volumen de digestión y almacenamiento de lodos: Para la opción de limpieza anual del biodigestor, del cuadro siguiente, para

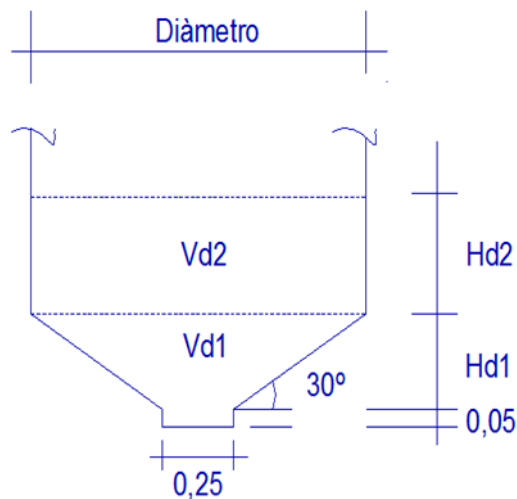
una temperatura $T > 20^{\circ}\text{C}$, corresponde una tasa de acumulación de $ta=57 \text{ L/h. año}$.

- $P = \text{Población servida (hab.)}$
- $N = \text{limpieza anual} = 1 \text{ año}$

$$Vd = ta \times P \times N / 1000$$

5 hab/viv	10 hab/viv
$Vd = 57 \times 5 \times 1/1000$ $Vd = 0.285$	$Vd = 57 \times 10 \times 1/1000$ $Vd = 0.570$

Estimación de profundidad de lodos Hd (m): Porcentaje de lodo en Sección Tronco Cónica, 25%.



- Diámetro de fondo = 0.25 *asumida*
- Talud = 30° OS.090–5.4.2.3d
- Volumen cono (m^3) $Vd1 = 0.1224$ *dato*
- Altura Cono (m) $Hd1 = 0.268$ *dato*
- Diámetro Cilindro (m) $Dc = 1.178$ *dato*
- Área Cilindro (m^2) $Ac = 1.09$ *dato*

$$Vd2 = Vd - Vd1$$

$$Hd2 = Vd2 / Ac$$

$$Hd = Hd1 + Hd2$$

5 hab/viv	10 hab/viv
$Vd2 = 0.285 - 0.1224 = 0.1626$	$Vd2 = 0.570 - 0.1224 = 0.4476$
$Hd2 = 0.1626/1.09 = 0.1492$	$Hd2 = 0.4476/1.09 = 0.4106$
$Hd = 0.268 + 0.1492 = 0.417$	$Hd = 0.268 + 0.4106 = 0.6786$

Volumen requerido para sedimentación (Vs, en m³) IS.020 -

6.3.1.: Se utiliza la siguiente formula:

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

$$Hs (m) = Vs / Ac$$

- Aporte diario: Q = 24 L/diario.
- Área Cilindro: Ac = 1.09 m² dato

5 hab/viv	10 hab/viv
$Vs = 5 \times 24 \times 0.8763 / 1000 = 0.105$	$Vs = 10 \times 24 \times 0.7859 / 1000 = 0.1886$
$Hs = 0.105 / 1.09 = 0.0963$	$Hs = 0.1886 / 1.09 = 0.173$

Profundidad libre de lodo (Ho, m) IS-020-6.4.4.: Se utiliza la siguiente formula:

$$Ho (m) = 0.82 - 0.26 \times A$$

5 hab/viv	10 hab/viv
$0.82 - 0.26 \times 1.09 = 0.5366$	$0.82 - 0.26 \times 1.09 = 0.5366$

- Ho, debe ser mayor de 0.3 m; por lo cumple.

Profundidad de espacio libre (HI, m) IS.020 – 6.4.5.: Se utiliza la siguiente formula:

$$HI (m) = Ho + 0.10$$

5 hab/viv	10 hab/viv
Hs = 0.0963	Hs = 0.173
$HI = 0.5366 + 0.10 = 0.6366$	$HI = 0.5366 + 0.10 = 0.6366$
0.64	0.64

- Comparando HI y Hs, se elige el Valor Mayor; HI.

Profundidad máxima de la espuma sumergida, (He, m) IS-020-

6.4.1.: Se utiliza la siguiente formula:

$$He (m) = 0,70 / A$$

- Área Cilindro (m²) $A_c = 1.09$ *dato*

5 hab/viv	10 hab/viv
$He = 0.70/1.09 = 0.6422$	$He = 0.70/1.09 = 0.6422$

- $He (m) = 0.60$ *asumido*

Verificación de profundidad total efectiva; Hte IS-020-6.4.6.: Se utiliza la siguiente formula:

$$Hte (m) = He + Hl + Hd$$

- Hte, biodigestor de 1,600 L = 1.642 *catálogo*

5 hab/viv	10 hab/viv
$Hte = 0.60 + 0.64 + 0.417$	$Hte = 0.60 + 0.64 + 0.6786$
$Hte = 1.657$	$Hte = 1.9186$

5.- Caja de lodos: Determinar la posición de la válvula para extracción de lodos y cavar un espacio de 60 cm x 60 cm x 60 cm. Que servirá como registro de lodos.

Funcionamiento:

- El agua entra por el tubo #1 hasta el fondo, donde las bacterias empiezan la descomposición, luego sube y una parte pasa por el filtro #2.
- La materia orgánica que se escapa es atrapada por las bacterias fijadas a los arcos de plástico del filtro y luego ya tratada sale del tubo #3.
- Las grasas suben a la superficie, donde las bacterias la descomponen volviéndose gas, líquido o lodo pesado que cae al fondo.

Limpieza y mantenimiento:

- Abriendo la válvula #4 el lodo alojado en el fondo sale por gravedad: lo puede extraer de preferencia cada seis meses.

- Si se observa que sale con dificultad puede remover con un palo de escoba en el tubo #5.
- Es recomendable rellenar después de una desobstrucción y de haberse extraído lodos.

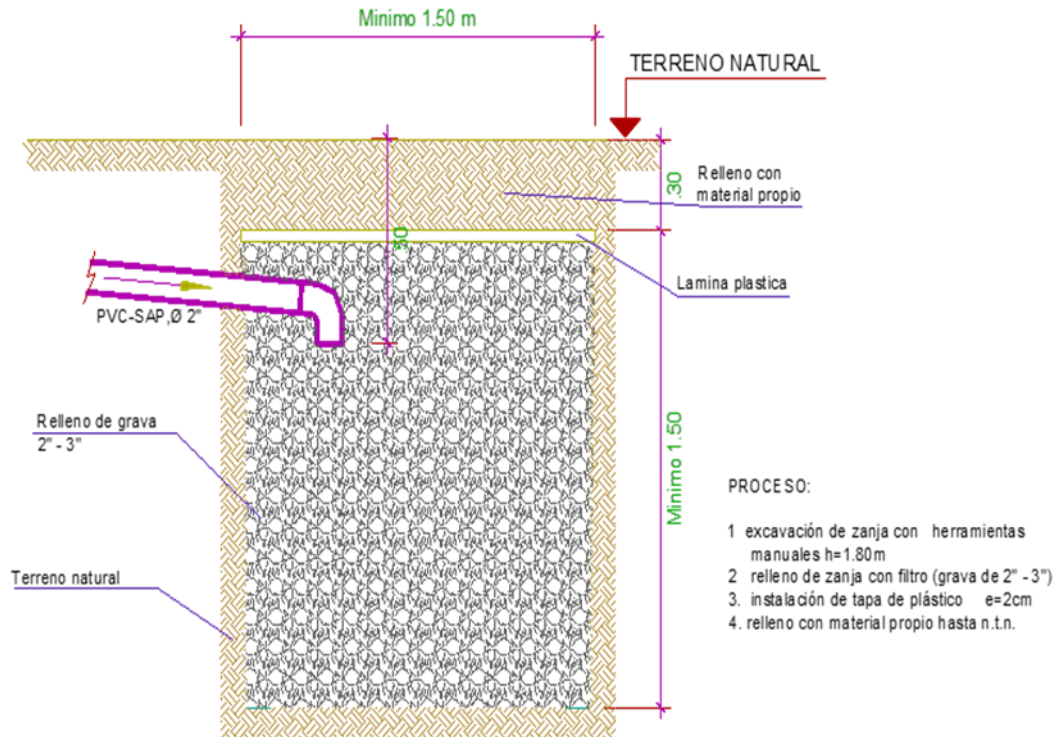
6.- Pozo de infiltración:

- Cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo después de ella estratos favorables a la infiltración, se podrá usar pozos de infiltración.
- Los pozos de absorción tendrán sus paredes formadas por: muros de mampostería con juntas laterales separadas. El espacio entre el muro y el terreno natural se rellenará con grava de 2.5 a 5 cm. La losa de techo tendrá una tapa de inspección de 0.6 m. de diámetro.
- El fondo del pozo deberá ser cubierto por una capa de 0.15 m. de espesor de grava gruesa de las mismas características que la empleada para rellenar el espacio entre el muro y el terreno natural.
- El área efectiva de absorción del pozo lo constituye el área lateral del cilindro (excluyendo el fondo). Para el cálculo se considerará el diámetro exterior del muro y la altura quedará fijada por la distancia entre el punto de ingreso de los líquidos y el fondo del pozo.
- La capacidad del pozo de absorción se calculará en base a las pruebas de infiltración que se hagan en cada estrato, usándose el promedio ponderado de los resultados para definir la superficie de diseño.
- Todo pozo de absorción deberá introducirse por lo menos 2 m. en la capa filtrante, siempre y cuando el fondo del pozo quede por lo menos a 2 m., sobre el nivel máximo de la capa freática.

- El diámetro mínimo del pozo de absorción será de 1.50 m.

Datos generales del pozo proyectado: Se muestran en la siguiente figura:

Figura 20- Sistema de desagüe – tubería de evacuación.



Fuente: Elaboración propia.

Dimensionamiento del pozo de absorción: Son los siguientes:

- Diámetro Mínimo = 1.50 m
- Profundidad Mínima = 1.50 m
- Profundidad de la descarga = 0.50 m
- Profundidad Efectiva = $1.50 - 0.50$ = 1.00 m
- Circunferencia Pozo = 3.1416×1.50 = 4.71 m
- Área Efectiva = 4.71×1.00 = 4.71 m²

Para profundidad de 1.80 m. y del resultado del test de percolación se tiene:

Tipo de Suelo	Tiempo de infiltración	Coefficiente de Infiltración	Área Efectiva	Volumen
	min/cm	L/m ² /día	m ²	lps/día
Arcilla y limo promedio	7.94	113.9088578 – 32.361432 * Ln (7.94) = 46.859	4.71	220.89

Por lo que 220.89 > 120 lpd 1 viv. – Ok

Se puede apreciar que la capacidad del biodigestor y su respectiva zanja de percolación proyectadas garantizan el tratamiento adecuado de las aguas residuales de cada módulo de letrina con arrastre hidráulico a instalar en cada vivienda. Pudiendo utilizarse un biodigestor y pozo percolador para dos viviendas, y/o ampliarse el servicio para aguas grises.

4.1.2. Resultados de la calidad de remoción de los parámetros físicos con el biodigestor

Se presenta los resultados para el segundo objetivo específico en términos de eficiencia de remoción de los parámetros físicos:

1.- Sólidos totales en suspensión STS: Los resultados del análisis de los sólidos totales en suspensión de las muestras de las aguas residuales (afluente y efluente), se muestran a continuación:

Tabla 5 – Remoción de sólidos totales en suspensión (STS) – M01.

STS – MUESTRA 01			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
325.5	125.5	38.56	61.44
320.0	125.0	39.06	60.94
325.5	125.0	38.40	61.60
320.0	125.0	39.06	60.94
325.5	125.0	38.46	61.54
322.5	125.50	38.91	61.09

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6 – Remoción de sólidos totales en suspensión (STS) – M02.

STS – MUESTRA 02			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
225.3	149.0	65.13	33.87
224.0	147.0	65.63	34.38
225.3	122.5	54.37	45.63
224.0	125.3	55.94	44.06
225.0	122.5	54.44	45.56
225.3	122.75	54.48	45.52

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7 – Remoción de sólidos totales en suspensión (STS) – M03.

STS – MUESTRA 03			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
222.5	100	44.94	55.06
206.7	105	50.80	49.20
200.5	120	59.85	40.15
203.0	125.5	61.82	38.18
203.3	120.0	59.03	40.97
312.0	120.0	38.46	61.54

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en las tablas 5, 6 y 7, que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción del parámetro físico sólidos totales en suspensión, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de los sólidos totales en suspensión, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

4.1.3. Resultados de la calidad de remoción de los parámetros químicos con el biodigestor

1.- Demanda química de oxígeno (DQO): Los resultados del análisis de la demanda química de oxígeno de las muestras de las aguas residuales (afluente y efluente), se muestran a continuación:

Tabla 8 – Demanda química de oxígeno (DQO) – M01.

DQO – MUESTRA 01			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
360.0	95.0	26.39	73.61
355.0	94.0	26.48	73.52
350.0	95.0	27.14	72.86
360.0	90.5	25.14	74.86
355.0	93.0	26.20	73.80
356.0	95.0	26.69	73.31

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9 – Demanda química de oxígeno (DQO) – M02.

DQO – MUESTRA 02			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
357.0	93.5	26.19	73.81
358.0	92.6	25.87	74.13
325.0	93.0	28.62	71.38
336.0	90.3	26.88	73.13
343.0	92.3	26.91	73.09
350.0	93.0	26.57	73.43

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10 – Demanda química de oxígeno (DQO) – M03.

DQO – MUESTRA 03			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
355.0	92.0	25.92	74.08
361.0	91.2	25.26	74.74
301.0	90.8	30.17	69.83
311.0	90.0	28.94	71.06
330.0	91.5	27.73	72.27
345.0	90.9	26.35	73.65

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en las tablas 8, 9 y 10, que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción del parámetro químico demanda química de oxígeno, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de la demanda química de oxígeno, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

2.- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): Los resultados del análisis de la demanda bioquímica de oxígeno de las muestras de

las aguas residuales (afluente y efluente), se muestran a continuación:

Tabla 11 – Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) – M01.

DBO₅ – MUESTRA 01			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
285.5	80.0	28.02	71.98
295.5	80.0	27.07	72.93
290.5	80.0	27.54	72.46
285.5	80.0	28.02	71.98
290.0	80.0	27.59	72.41
285.5	80.0	28.02	71.98

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12 – Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) – M02.

DBO₅ – MUESTRA 02			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
280.0	80.0	28.57	71.43
290.0	80.5	27.76	72.24
280.0	80.0	28.57	71.43
274.0	80.5	29.38	70.62
281.0	80.0	28.47	71.53
283.0	80.5	28.45	71.55

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13 – Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) – M03.

DBO₅ – MUESTRA 03			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
275.0	80.0	29.09	70.91
285.0	81.0	28.42	71.58
270.0	80.0	29.63	70.37
264.0	81.0	30.68	69.32
272.0	80.0	29.41	70.59
280.0	81.0	28.93	71.07

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en las tablas 11, 12 y 13, que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción del parámetro químico demanda bioquímica de oxígeno, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

3.- Aceites y grasas: Los resultados del análisis de aceites y grasas de las muestras de las aguas residuales (afluente y efluente), se muestran a continuación:

Tabla 14 – Aceites y grasas – M01.

A-G – MUESTRA 01			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
165.0	10.0	6.06	93.94
165.0	10.0	6.06	93.94
165.0	10.5	6.36	93.64
165.0	10.0	6.06	93.94
165.0	10.0	6.06	93.94
165.0	10.5	6.36	93.64

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15 – Aceites y grasas – M02.

A-G – MUESTRA 02			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
154.0	10.3	6.69	93.31
154.0	10.0	6.49	93.51
152.0	11.0	7.24	92.76
152.0	9.3	6.12	93.88
155.0	9.8	6.32	93.68
154.0	10.3	6.69	93.31

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16 – Aceites y grasas – M03.

A-G – MUESTRA 03			
AFLUENTE	EFLUENTE	FACTOR	EFICIENCIA
143.0	10.5	7.34	92.66
143.0	10.0	6.99	93.01
139.0	10.5	7.55	92.45
140.0	8.5	6.07	93.93
145.0	9.5	6.55	93.45
144.0	10.0	6.94	93.06

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en las tablas 14, 15 y 16, que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción del parámetro químico aceites y grasas, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de aceites y grasas, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el

tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados específicos

1.- Descripción del diseño de las unidades básicas de saneamiento con biodigestores: El proyecto de saneamiento básico lo constituyen las Unidades Básicas de Saneamiento – UBS, tipo arrastre hidráulico con biodigestor y pozo de percolación, el cual se rige al marco legal dentro la cual se desarrolla el diseño y construcción del sistema de eliminación de excretas, dado que se enmarca en Localidades Rurales y la característica de su ordenamiento de viviendas es dispersa o semi dispersa. En nuestro caso, la población se enmarca dentro de un sistema de alcantarillado convencional, pero considerando el marco legal dentro del cual se desarrolla este proyecto de investigación se ha planteado las letrinas con arrastre hidráulico

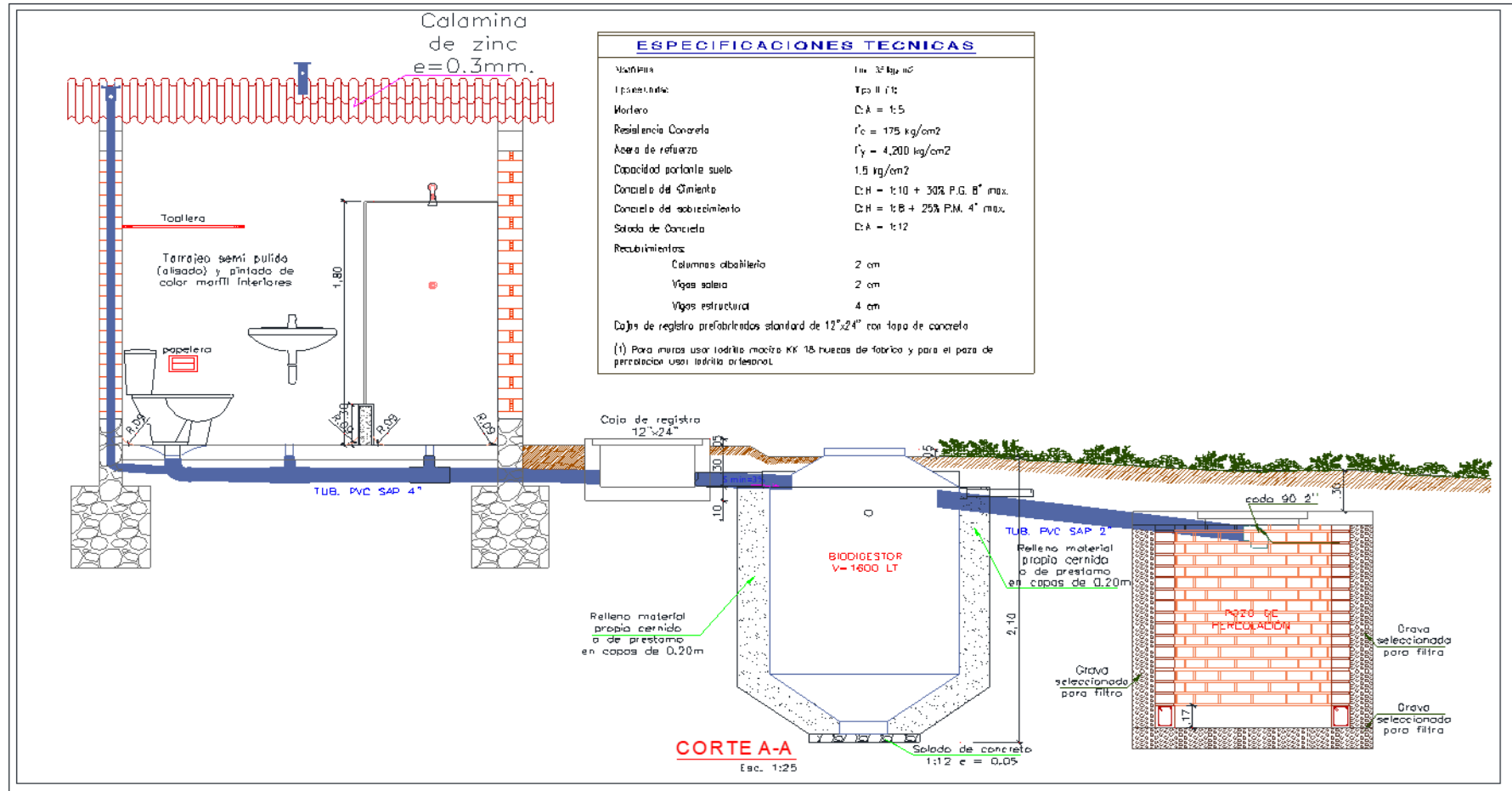
Las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) con arrastre hidráulico están proyectadas como una estructura de albañilería confinada de 2.70 x 1.60 m. con una altura promedio de 2.45 m. Su cimentación es corrida con concreto ciclópeo, un sobre cimientado de 0.50m de altura, 04 columnas de 0.15 x 0.15 m. de sección y una viga solera que confina toda la estructura. El techo es de un agua con calamina de 0.3mm., de espesor apoyado sobre un entramado de madera. Cuenta con una puerta de ingreso de 0.70 x 1.95 m. de madera y calamina y una ventana de 0.90 x 0.30 m. de madera con malla mosquitero. La parte externa de la estructura es con acabado cara vista.

Cuenta con instalaciones de agua y desagüe con tuberías de PVC, así como con una ventilación para cada aparato sanitario. Para la limpieza tiene un sumidero de 2" y un registro de 4". Se cumple con las exigencias señaladas en la norma antedicha, es decir tiene un inodoro, lavatorio y ducha, y para que estas instalaciones no dañen la estructura, los muros serán tarrajados a un nivel de pulido.

Por otro lado, el tratamiento de los residuos y excretas son llevados hacia un biodigestor auto limpiable y hermético de PVC de capacidad 1600 L, que hace las veces de un tanque séptico, donde se depositan las excretas. La parte líquida se deriva hacia el pozo de percolación de diámetro interno de 1.00 x 1.50 m. de profundidad, enterrado a 0.30 m. bajo el terreno natural, diseñado para el filtrado de estas aguas. Para el retiro de los lodos del biodigestor, se tiene una caja de lodos sin piso donde cada 6 meses se aperturará la válvula para retirarlos.

El biodigestor es una unidad para el tratamiento séptico de las aguas residuales, que incluye un proceso de retención de materia suspendida y degradación séptica, así como un proceso biológico anaeróbico en medio fijo. El efluente es infiltrado en el terreno donde termina su tratamiento.

Figura 21- Componentes de la unidad básica de saneamiento.



Fuente: Elaboración propia.

2.- Calidad de remoción de los parámetros físicos con el biodigestor:

En la presente investigación se obtuvo una disminución de los valores de los sólidos totales en suspensión a la salida (efluente), del biodigestor, esta disminución se debe a que en condiciones de reposo los sólidos suspendidos de mayor tamaño sedimentan al fondo del biodigestor eliminándose al momento de la extracción de lodos; y los sólidos de menor tamaño se mantienen suspendidos siendo consumidos al momento de adherirse en los aros Pet, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de los sólidos totales en suspensión, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

Cubillos y Huertas (2018) obtuvieron valores de 81.52% en un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas, donde la diferencia respecto a la presente tesis es bastante notorio el cual se debe principalmente a la influencia de la temperatura, donde trabajaron con temperaturas mayores a 27 °C por lo que esta condición modifica la velocidad de sedimentación de partículas en suspensión, a pesar de las altas eficiencias de remoción que presentó el sistema a escala piloto el efluente fue 580.60 mg/L, demostrándose la teoría de la presente investigación, que un tratamiento puede ser eficiente mas no eficaz.

Calderón (2014) reporta que obtuvo 88.29 % de remoción para STS, mayor a la presente tesis debido a que presentaron temperaturas mayores de 22 (°C) a diferencia de la presente investigación que trabajo con 13.73 °C, apoyando la teoría de que a mayores temperaturas la eficiencia de remoción de los biodigestores incrementa.

Guerrero, Inga y Samaniego (2011) nos hacen referencia en su tesis la implementación de un biodigestor tipo tubular con flujo discontinuo, para tratar un efluente proveniente del establo de ganado de bovino luego de un tiempo de retención de 25 días obteniendo una remoción del 79,57%, mayor al de la presente tesis que trabajo con un tiempo de retención de 2

días (48 horas), donde se infiere que a mayor tiempo de retención hidráulica (TRH), se obtendrán mayores eficiencias de remoción.

En la investigación de Ramos (2016) "Uso del biodigestor autolimpiable en el sistema de saneamiento básico por arrastre hidráulico del C.P. de Pampacancha, distrito de Lircay", desarrollado en condiciones similares a la presente tesis, obtuvo una eficiencia de 49.30 % menor al de la presente tesis y 72.05 (mg/L) en el efluente los cuales son menores a los obtenido en la presente tesis del efluente que fue 123.92 (mg/L), esto debido a la temperatura ambiental de Lircay a 15 °C, mayor al de la presente investigación que tuvo una temperatura ambiental de 8.3 °C.

3.- Calidad de remoción de los parámetros químicos con el biodigestor: En la presente investigación se obtuvo una disminución de los valores de la demanda química de oxígeno a la salida (efluente), del biodigestor, el cual representa el contenido de materia orgánica presente en un agua residual tanto la biodegradable como la no biodegradable, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de la demanda química de oxígeno, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

Cubillos y Huertas (2018) obtuvieron un 81.52 % en la remoción de DQO y 2664.82 (mg/L) en un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto respecto a la eficiencia es mayor a la obtenida en la presente tesis debido principalmente a la variación de temperatura, a pesar de la alta eficiencia de remoción ellos obtuvieron una concentración mayor en el efluente que el de la presente investigación, volviéndose a demostrar la factibilidad de la teoría sostenida por la presente investigación, que un tratamiento puede ser eficiente mas no eficaz por lo que la iniciativa tiene que lograr cumplir todos sus objetivos para que sean eficaces.

En la investigación de Calderón (2014), obtuvo como resultado de 184 (mg/L) en el efluente, donde los resultados de la presente tesis fueron mejores contradiciendo así la teoría de que a mayor temperatura mejor será

la remoción, demostrando así que la digestión anaerobia funciona adecuadamente a temperaturas menores a 15 °C o 35 °C. Torres (1994) realizó la investigación Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para reúso del agua en la agricultura obteniendo 372.09 (mg/L), donde los resultados de la presente tesis fueron mejores 92.42 (mg/L) a pesar de la reducción considerable de estos parámetros no pueden ser destinados para ningún rehusó.

También se manifiesta a Rodríguez (2018), que plantea un sistema de tratamiento anaerobio mediante un biodigestor de 600 litros, obteniendo una eficiencia de 88 % de DQO y 190 (mg/L) mejores resultados al de la eficiencia obtenida en la presente tesis, no obstante, se presentó mejores resultados en el efluente de la presente investigación a una menor eficiencia de remoción, demostrando nuevamente, la teoría sostenida por la presente tesis, que un tratamiento puede ser eficiente mas no eficaz.

Mejía (2016) obtuvo 310.90 (mg/L) para DQO sobrepasando los LMP del D.S 003 – 2010 –MINAM, provocados por las bajas temperaturas, demostrándose la veracidad de las teorías del marco teórico de que temperaturas menores a 15 °C, las eficiencias de remoción disminuyen desfavorablemente. Castro (2017), desarrolló la investigación Evaluación de la remoción de materia orgánica en un reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente (UASB) para el tratamiento de aguas residuales del camal municipal de Huancavelica obteniendo 48.86 % de eficiencia para DQO y 517 (mg/L), los cuales sobrepasan los LMP debido a que se usó aguas residuales del camal municipal con contenidos de sangre a diferencia de la presente tesis que trato aguas residuales doméstica con menores contenidos de materia orgánica en el agua residual.

Ramos (2016) obtuvo 46.92 % de eficiencia y 250 (mg/l), en el distrito de Lircay para aguas residuales domesticas donde estos valores superan los límites máximos permisibles donde los resultados obtenido en la presente tesis fueron mucho mejores analizando el mismo sistema de tratamiento, demostrándose la teoría sostenida por la presente tesis, de que un

tratamiento no puede ser eficiente ni eficaz para lo cual se recomendaría revisar las causas por las que resultaron no ser eficientes ni eficaces.

En la presente investigación se obtuvo una disminución de los valores de la demanda bioquímica de oxígeno a la salida (efluente), del biodigestor, esta disminución se debe a que la materia orgánica biodegradable fue utilizada por los microorganismos, para sus procesos vitales y para la formación de nueva materia celular, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

Calderón (2014) reporta que se obtuvo 54.07 % de remoción para (DBO5) y 101.17 (mg/L) donde los resultados de la presente tesis son mejores contradiciendo la teoría de que a mayor tiempo de funcionamiento y a mayores temperaturas es mejor la remoción de contaminantes.

León (2018), ejecutó la investigación Eficiencia de biodigestores prefabricado, usando Pet y esponjas para la remoción de aguas residuales domésticas indicando que el de mayor eficiencia es usando los filtros Pet. También se manifiesta a Rodríguez (2018), que plantea un sistema de tratamiento anaerobio mediante un biodigestor de 600 litros, donde obtuvo un 94 % de remoción de la (DBO5); 80 (mg/L) estos resultados cumplen con los del D.S 003 – 2010 MINAM, demostrándose la teoría de la presente tesis que un tratamiento es eficaz si logra cumplir todos los objetivos específicos planteados como son la eficiencia de remoción y cumplimiento con las normativas.

Mejía (2016) También reportó valores de 113 (mg/L) en un biodigestor pre fabricado a una altitud de 4103 m.s.n.m, sobrepasando los límites máximos permisibles debido a las bajas temperaturas el cual ocasiona que las velocidades de degradación disminuyan. En la investigación de Ramos (2016), el resultado fue de 66.44% de eficiencia y 149 (mg/L) demostrando que la eficiencia es determinada por la diferencia del afluente y efluente

entre el afluente el cual no necesariamente determina el cumplimiento con los LMP en relación a los valores del efluente donde se ve que superan los LMP, reiterando la factibilidad de la teoría planteada por la presente tesis, que un tratamiento puede ser eficiente mas no eficaz, esto debido al incumplimiento de uno de sus objetivos planteados en la tesis para Lircay.

Santos (2015) en su tesis denominada Evaluación de biodigestor de polietileno Rotoplas en el tratamiento de aguas residuales domésticas y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba - Espinar, obtuvo 71 % de eficiencia de remoción para DBO5, a pesar de la alta eficiencia obtenida no redujo los niveles de concentración en el efluente, quien concluyó que el nivel de contaminación de la zona en estudio es alto ya que los contaminantes potenciales superan los límites máximos permisibles, es decir afecta al agua de riego de vegetales y bebidas de animales, y la contaminación el agua subterránea, demostrándose la teoría de la presente investigación, de que un sistema puede ser eficiente mas no eficaz.

Yapú (2018) en su tesis Tratamiento de aguas residuales domesticas a través de un biodigestor anaerobio en la comunidad de Altamarani del Municipio de San Buenaventura, obteniendo una concentración promedio de 198.82 mg/l que en comparación de los límites permisibles establecidos en la ley 1333, normativa boliviana donde solo permite 80 mg/l por día, el cual no cumple con lo establecido. Se observa que la normativa boliviana es más exigente en cuanto a los límites máximos permisibles a diferencia de la normativa peruana que es más flexible estableciendo como límite máximo permisible de 100 mg/L.

En la presente investigación se obtuvo una disminución de los valores de aceites y grasas a la salida (efluente), del biodigestor, esta disminución se debe a que debido a que una parte de los aceites y grasas sedimentaron arrastradas por los sólidos en suspensión de esta manera parte de las grasas es retirada con los lodos, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de aceites y grasas, en las

unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

Mejía (2016), obtuvo 7.8 (mg/L) para aceites y grasas en el efluente del biodigestor prefabricado en Apurímac, cumpliendo con los LMP del D.S 003 - 2010 – MINAM estos resultados son mejores que los de la presente tesis debido a la variación de la temperatura. También se reportó 27.64 (mg/L) para aceites y grasas llegando a la conclusión de que al no realizar la limpieza de las natas de aceites y grasas derivadas de los detergentes se tendría una inadecuada eficiencia del reactor Castro (2017).

Ríos y Cisneros (2019) realizaron la investigación Eficiencia de un biodigestor en el tratamiento de agua residual domestica a nivel familiar en la asociación los Víquez Carapongo – Lurigancho Chosica- Lima, obteniendo como resultado 82.5 % de remoción de AyG, logrando un 21 mg/L en el efluente sobrepasando los límites máximos permisibles del D.S 003 – 2010 MINAM, confirmando la teoría sostenida por la presente investigación, de que un tratamiento puede ser eficiente mas no eficaz, porque no logro cumplir todos sus objetivos planteados.

León (2018) en su tesis Evaluación de la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la Localidad de Chibaya Baja – Torata –Moquegua. Con el objetivo: de determinar la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domesticas con biodigestor, obtuvo como resultados en términos de eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domesticas 35.92 % en remoción de aceites y grasas, cumpliendo con los límites máximos permisibles para este parámetro mas no para DBO5 y DQO, donde estas aguas no deben ser vertidos a cuerpos de aguas (ríos, lagos, aguas subterráneas, etc.).

CONCLUSIONES

- A. La Unidad Básica de Saneamiento – UBS con arrastre hidráulico, consta de; una caseta de área mínimo de 1.20 m², de alto no menor a 1.90 m., ancho de la puerta mínimo de 0.60 m., incluye una ventana alta (0.30 x 0.90). Se va a emplear materiales resistentes y adecuados para la lluvia (ladrillo, adobe, calamina y madera), inclinación del techo mayor del 10% y un volado de por lo menos de 0.20 m. Una tubería de ventilación de PVC de Ø2", empotrada a la pared, prolongándose 0.35 m. por encima del techo, protegido con una malla. Aparatos sanitarios; taza dotada de sifón unida herméticamente a la losa del piso de la caseta. Tuberías de entrada y salida del tanque; la tubería que conecta el inodoro con el tanque biodigestor será de Ø4" con una pendiente no menor de 3%, de igual manera la tubería de salida del tanque (0.05 por debajo de la cota de entrada). Biodigestor; de PVC de 1600 litros. Caja de lodos; se determina la posición de la válvula para extracción de lodos y se cava un espacio de 0.60x0.60x0.60 para el registro de lodos. Pozos de Percolación; formadas por muros de mampostería, rellena con grava de 2.5 a 5 cm, con una tapa de inspección de Ø 0.60 m. El fondo será de grava gruesa con un espesor de 0.15 m., el diámetro mínimo del pozo será de 1.50 m.
- B. El uso del biodigestor mejora la calidad de remoción del parámetro físico sólidos totales en suspensión, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de los sólidos totales en suspensión, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.
- C. El uso del biodigestor mejora la calidad de remoción del parámetro químico demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y aceites y grasas, con lo que se demuestra que los biodigestores son eficientes en la remoción de los parámetros químicos, en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH), en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la localidad de Rundo.

RECOMENDACIONES

1. En muchos casos, debido a la falta de comprensión de los beneficios de las tecnologías alternativas, se ha negado a las personas el acceso al saneamiento básico, considerando que los costos de inversión son demasiado altos. Sin embargo, hoy en día existen otras opciones que se pueden encontrar en las fuentes si existe suficiente información y motivación al respecto.
2. Se deben realizar al menos 3 monitoreos y todos los trabajos sin excepción para determinar la eficiencia del biorreactor.
3. Todos los parámetros deben ser analizados para determinar la efectividad de ciertos tratamientos de aguas residuales de acuerdo con el D.S 003 - 2010 MINAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrenechea, A. (1978). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. En Aguas residuales (p. 54). Canadá.
- Bisquerra, R. (2009). Metodología de la investigación educativa (segunda edición; S. S. La Muralla, Ed.). Recuperado de
- Blasco, E. (1998). Análisis de aguas y desagües (Segunda). Lima, Perú.
- Calderón, P. (2014). Evaluación de la eficiencia de biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Castro, J. (2017). Evaluación de la remoción de materia orgánica en un reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente (UASB) para el tratamiento de aguas residuales del camal municipal de Huancavelica. Universidad nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- COHRE, WaterAid, COSUDE, y UN-HABITAT. (2008). Saneamiento: Un imperativo de derechos humanos. Ginebra, Suiza.
- Conza, A., Arobes, S., Salinas, J., Quispe, A., y Jave, I. (2017). Saneamiento rural para la región Libertad - PRAYSAR.
- Corona, I. (2007). Biodigestores (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo). <https://doi.org/10.1111/1467-9914.00232>
- Corrales, L., Antolinez, D., Bohórquez, J., y Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. Nova, 27. <https://doi.org/10.22490/24629448.1717>
- Cubillos, D., y Huertas, D. (2018). Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas en la Institución Educativa Agrícola Guacavía, Cumaral-Meta (Universidad Santo Tomás). Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15536>
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). Construcción de Unidades Sanitarias para Vivienda Rural Dispersa. En World bank group. Recuperado de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/unidadesanitarias/PTunidadesanitarias.pdf>

- Espigares, M., y Pérez, J. (1985). Aguas Residuales: Composición. Recuperado de http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Ag_uas_Residuales_composicion.pdf
- Garzón, M. (2011). Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono orgánico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la universidad técnica de Ambato. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Guerrero, C., Inga, E., y Samaniego, F. (2011). Optimización de un biodigestor en la depuración de agua residual con estiércol de ganado bovino (Universidad politécnica salesiana). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1215/14/UPS-CT002194.pdf>
- Guerrero, L. (2018, mayo 24). ¿Qué es un biodigestor? Recuperado de <https://www.aboutespanol.com/que-es-un-biodigestor-3417683>
- Hernández, R., y Fernández, C. (2010). Metodología de la Investigación (Quinta). México.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (1997). Metodología de la investigación (Primera). México.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. En Metodología de la investigación (Cuarta). México.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (Sexta). México.
- Herrero, J. (2008). Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. En GTZ-Energía. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Lara, J. (2006). Tratamientos naturales de aguas residuales. Bogotá, Colombia.
- León, E. (2018). Evaluación de la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Localidad de Chibaya Baja – Torata – Moquegua. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- León, K. (2018). Eficiencia de biodigestores usando pet y esponjas para la remoción de DQO, DBO del agua residual doméstica - Tuyu, Marcará - Ancash. (Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo). Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2830>

- Mancha, R. (2015). Evaluación de la eficiencia del funcionamiento del biodigestor autolimpiable en el Centro Poblado de Sanquira - Yunguyo. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Mejía, F. (2016). Eficiencia Del Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas Mediante Un Biodigestor Prefabricado En La Subestación Eléctrica Cotaruse - Apurímac. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Metcalf, y Eddy. (1998). Ingeniería de aguas residuales (A. García, Ed.). España.
- MINAM. Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. , Pub. L. No. 469446–6, El Peruano 2 (2010).
- MVCS. Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural. , Programa Nacional de Saneamiento Rural (2012).
- Ortiz, P. (2014). Fundamentos de tratamiento por lagunas. La Ceiba, Atlántida.
- Pizarro, S. (2005). Biodigestor (Primera). Buenos Aires, Argentina.
- Ramalho, R. (1983). Tratamiento de aguas residuales. En Editorial Reverté. Canada.
- Ramirez, E. (2004). Fundamentos teóricos de lodos activados y aereación extendida. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opacsearch.pl?idx=ti&q=Fundamentos+teóricos+de+lodos+activados+y+aereación+extendida>
- Ramos, C. (2016). Uso del biodigestor en el sistema de saneamiento básico por arrastre hidráulico del c.p. de Pampacancha, distrito de Lircay. Universidad nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Ríos, J., y Cisnéros, L. (2019). Eficiencia de un biodigestor en el tratamiento de agua residual domestica a nivel familiar en la asociación “los Víquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima (Universidad Peruana Unión). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rodríguez, I. (2018). Propuesta de diseño del sistema de saneamiento básico en el caserío de Huayabas – Parcoy – Pataz – La Libertad, 2017. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

- Romero, J. (2013). Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño (3a ed.). Bogotá, Colombia.
- Rotoplas. (2017). Biodigestor Rotoplas. Recuperado de http://www.sanitariosgabriel.com.ar/img/productos/biodigestor_rotoplas.pdf
- Rotoplas. (2018). Ficha técnica biodigestor autolimpiable. Procon, p. 10. Lima, Perú.
- Rotoplas. (2019). Biodigestor autolimpiable Rotoplas. Rotoplas, p. 42. Colombia.
- Rugama, F., y Castillo, J. (2014). Métodos de detección de contaminación microbiana. Recuperado de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/presentacion-clase-4.pdf>
- Santos, R. (2015). Evaluación de biodigestor de polietileno rotoplas en el tratamiento de aguas residuales doméstica y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba-Espinar (Universidad Nacional del Altiplano - Puno). Recuperado de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2032/RUBEN SANTOS NINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2032/RUBEN_SANTOS_NINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Torres, E. (1994). Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para reúso del agua en la agricultura. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Valdez, E., y Vásquez, A. (2003). Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. México.
- Yapu, C. (2018). Tratamiento de aguas residuales domesticas a través de un biodigestor anaerobio en la comunidad de Altamarani del Municipio de San Buenaventura. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

ANEXOS

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia

ANEXO 02 – Test de Percolación

ANEXO 03 – Resultados de Parámetros Físicos

ANEXO 04 – Resultados de Parámetros Químicos

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿De qué manera el uso del biodigestor mejora al sistema de saneamiento básico con arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica?</p> <p>Problemas específicos a) ¿Cómo es el diseño de las unidades básicas de saneamiento con biodigestores en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica? b) ¿De qué manera el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros físicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica? c) ¿De qué manera el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros químicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de</p>	<p>Objetivo general Demostrar que el uso de biodigestor mejora el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>Objetivos específicos a) Describir el diseño de las unidades básicas de saneamiento con biodigestores en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica. b) Demostrar que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros físicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica. c) Demostrar que el uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros químicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de</p>	<p>Justificación metodológica El nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el uso de un biodigestor se dice que es aplicable a viviendas de zonas de bajos recursos, La caseta del baño puede estar ubicada dentro de la vivienda a nivel definitivo, uso del efluente del biodigestor para jardines de plantas de tallo alto, obtención de abono, producto de la digestión de los lodos, costo de operación y mantenimiento casi nulo. (Dado que la eliminación de lodos se da hidráulicamente, se apertura la llave de eliminación de lodos y por presión del agua ésta se elimina), no requiere mucho espacio (1.50 m²), las deposiciones o heces no se ven, no contamina y evita malos olores, son cómodos y seguros, son permanentes.</p>	<p>Hipótesis General El uso de biodigestor mejorara el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.</p> <p>Hipótesis específicos a) El diseño de las unidades básicas de saneamiento incluye los biodigestores en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica. b) El uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros físicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica. c) El uso del biodigestor mejora la calidad de remoción de los parámetros químicos en el sistema de saneamiento básico de arrastre hidráulico en la Localidad de Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.</p>	<p>Variable Independiente Uso del biodigestor.</p> <p>Variable dependiente: Sistema de saneamiento de arrastre hidráulico.</p>	<p>Método de investigación Método científico.</p> <p>Tipo de estudio El tipo de investigación por la naturaleza del estudio es descriptivo.</p> <p>Nivel de investigación El estudio por el nivel de descriptivo.</p> <p>Diseño metodológico No experimental</p>

<p>Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica?</p>	<p>Rundo, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.</p>	<p>Justificación practica La población beneficiaria de Rundo, podrá obtener un mejor nivel de vida en lo que respecta al servicio de saneamiento básico, ya que el estudio presenta una solución viable a la problemática de contaminación del ambiente que afectan negativamente las condiciones de salubridad.</p> <p>Justificación teórica Los efectos sanitarios que implican la eliminación de excretas a campo abierto, letrinas de hoyo seco y pozos ciegos, obligan a buscar alternativas que reduzcan estos efectos, así como considerar diferentes opciones que optimicen el manejo y control de los efectos negativos que conllevan la eliminación de excretas a campo abierto, letrinas de hoyo seco y pozos ciegos, sin tener en cuenta los criterios mínimos técnicos – sanitarios.</p>			
---	---	---	--	--	--