

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Ambiental
e Ingeniero Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES
EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN
CUENCA - AZUAY”**

AUTORES:

STHEFANIA BELÉN ORTIZ QUIZHPILEMA
EDWIN ANDRÉS MALDONADO CAJAMARCA

TUTORA:

ING. PAOLA JACKELINE DUQUE SARANGO, MGTR

CUENCA - ECUADOR

2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Sthefania Belén Ortiz Quizphilema con documento de identificación N° 0604219279 y Edwin Andrés Maldonado Cajamarca con documento de identificación N° 0104468319, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN CUENCA - AZUAY”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Ambiental e Ingeniero Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero de 2022.



Sthefania Belén Ortiz Quizphilema
C.I. 0604219279



Edwin Andrés Maldonado Cajamarca
C.I. 0104468319

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN CUENCA - AZUAY”**, realizado por Sthefania Belén Ortiz Quizphilema y Edwin Andrés Maldonado Cajamarca, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero de 2022.



Ing. Paola Jackeline Duque Sanango, Mgtr.

C.I. 1104257835

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Sthefania Belén Ortiz Quizphilema con documento de identificación N° 0604219279 y Edwin Andrés Maldonado Cajamarca con documento de identificación N° 0104468319, autores del trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN CUENCA - AZUAY”**, certificamos que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero de 2022.



Sthefania Belén Ortiz Quizphilema
C.I. 0604219279



Edwin Andrés Maldonado Cajamarca
C.I. 0104468319

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por ser mi guía, a mis padres Edwin y Marina que con sus enseñanzas han construido el camino por el que he dado cada paso importante en mi vida, por enseñarme a establecer una meta clara y no rendirme a pesar de los fracasos. A mis hermanas Dana y Camilie, quienes con su cariño me han apoyado en todo momento. A mi abuela Eulalia quien con sus consejos siempre me inspiró a ser un hombre de bien.

A amiga y compañera Sthefania, por todo el tiempo y colaboración que nos ha llevado cruzar cada curso y proyecto como un equipo.

Edwin Andrés Maldonado Cajamarca

Dedicó el presente trabajo a Dios por la fortaleza y sabiduría que me concedido día tras día, a mis padres Camilo y Lucia por ser mi pilar, mis guías y mi apoyo incondicional a mi hermana Daniela por ser mi mejor amiga, mi alegría, mi soporte en todo momento y al resto de mis hermanos Ashley, Erick y Sofía por estar presentes, a mi Tía Anita por ser mi motivación a ser cada vez mejor persona.

A querida madre Ana María por ser la persona más importante en mi vida, por los valores inculcados, su apoyo, su fe, su amor incondicional por estar presente en mi formación cómo ser humano y profesional.

Todo lo que fui, soy y seré, es gracias a su infinita sabiduría

A mi amigo y a la vez, compañero de tesis Andrés por toda la dedicación y esfuerzo para haber culminado esta etapa.

Sthefania Belén Ortiz Quizhpilema

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por la sabiduría y fortaleza concedida por haber culminado esta etapa.

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a nuestra tutora de tesis la Msc. Paola Duque S. por brindarnos su tiempo, paciencia y experiencia científica, al igual que al resto de docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por compartir sus conocimientos con sus estudiantes cumpliendo la misión de docente.

Al gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Tarqui, en especial a la Ing. Adriana Sichi qui por concedernos una comunicación abierta para disipar dudas y su apoyo cuando lo hemos solicitado.

De igual manera reconocemos a la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca que nos ha abierto sus puertas, por ser la institución que nos formó, profesional y humanamente.

Los Autores.

RESUMEN

La población mundial ha incrementado en las últimas décadas, por lo tanto, sus necesidades también se ven en aumento una de estas es el saneamiento sanitario básico que en áreas rurales no ha sido actualmente estudiado, como es el caso de la Parroquia Tarqui perteneciente a la Provincia del Azuay. Aquí la red de alcantarillado no abastece por completo a las 26 comunidades que conforman la parroquia, es por ello que las 21 comunidades que no cuentan con el servicio han optado por otras tecnologías como son los pozos sépticos, pozos ciegos, descargas directas a un efluente o quebrada generando un problema no solo social sino ambiental. Al notar esta necesidad se plantea un proyecto de diseño de una planta piloto de lodos fecales la misma que tiene por objetivo manejar de una forma apropiada dichos desechos una vez extraído de los lodos fecales en las tecnologías in situ mediante el uso de diferentes procesos que tienen por finalidad estabilizar el lodo fecal tratando de recuperar la mayor cantidad de agua posible de los mismos; además, se busca dar una disposición adecuada, contribuyendo a estudios futuros en la conformación y construcción de plantas a mayor escala. Se determinó que este proceso posee muchas ventajas ya que las tecnologías señaladas se adaptan al lugar, sus costos son menores, así como el mantenimiento y su operación es más sencillo. Además, con la metodología establecida, se encontró en base a encuestas que la aceptación en las diferentes comunidades en su mayoría es favorable sin embargo el número de habitantes dispuestos a realizar un pago por los servicios que esto conlleva es menor.

Palabras claves: Lodos fecales, planta piloto, saneamiento

ABSTRACT

The world's population has drastically increased in recent decades and thus, its needs have also been growing. One of these is basic sanitation that in rural areas has not been studied; as is the case of Tarqui Parish, belonging to the Province of Azuay. Here, the sewage network does not completely supply the 26 communities that make up the parish and as a result 21 of the communities, that do not have the service, have opted for other technologies such as septic tanks, blind wells or direct discharges to an effluent or stream and thus generating a problem not only social but also environmental. Seeing this need, a project has been proposed with the use of a pilot plant of fecal sludge, which its aim is to properly manage said waste once extracted from their septic tanks through the use of different technologies that aim to stabilize the fecal sludge and at the same time trying to recover as much water as possible from them so as to give an adequate disposition. By doing this, it also contributes to future plant studies on a larger scale. This process has many advantages since the technologies indicated are adopted to the place, their costs are lower than other methods and their maintenance and operation are simpler.

Keywords: Fecal sludge, pilot plant, sanitation.

Tabla de contenido

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	XV
OBJETIVOS	XVII
OBJETIVO GENERAL	XVII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XVII
• Diagnóstico de la situación actual de manejo adecuado de los lodos fecales en la Parroquia Tarqui.	XVII
• Desarrollar un diseño de planta piloto de tratamiento de lodos fecales.	XVII
• Análisis técnico para la implementación de diseño.	XVII
CAPITULO I	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.2.1 Importancia y Alcances	8
1.2.2 Delimitación	8
1.3 MARCO TEORICO	10
1.3.1 Importancia económica y social de la parroquia Tarqui	10
1.3.2 Posibles riesgos a la salud	11
1.3.3 Producción de lodos fecales	12
1.3.4 Manejo y tratamiento de lodos fecales	14
1.3.5 Selección de las Tecnologías.....	16
CAPITULO II	29
2. METODOLOGÍA.....	29
2.1 Diagnóstico De Saneamiento.....	29
2.1.2. Delimitación de la muestra poblacional	31
2.2. Levantamiento De Información De Campo.	32
2.2.1. Encuesta.....	32
2.2.2. Procedimiento.....	33

2.2.3.	Tabulación de datos obtenidos	33
2.3.	Diagrama De Flujo De Excretas	34
2.4.	Metodología de Diseño	35
2.4.1.	Tecnologías Seleccionadas.....	35
2.4.2.	Caracterización de lodos fecales	35
2.4.3.	Metodología De Diseño	36
2.5.	Dimensionamiento De Las Tecnologías Para El Manejo De Lodos.	37
2.6.	Presentación de diseño	37
CAPITULO III	37
3.1.	RESULTADO.....	37
3.1.1.	Encuesta	37
3.1.2.	Análisis De Información Recolectada.....	41
3.1.3.	Análisis De Datos Globales.....	67
3.1.4.	Resultado de Diagrama De Flujo De Excretas.....	79
3.1.5.	Diseño de planta piloto.....	81
3.1.6.	Cálculo de población futura	82
3.1.7.	Cálculo de caudales	83
3.1.7.1.	Dimensionamiento de cribado	84
3.1.7.2.	Dimensionamiento de tanques sedimentación espesamiento	89
3.1.7.3.	Dimensionamiento de Lechos de secado sin Planta	92
3.1.7.4.	Dimensionamiento de Lechos de secado con Planta	94
3.2.	Análisis Técnico De Implementación	96
3.3.	Discusión y Resultados Finales	97
CAPITULO IV	102
4.1.	CONCLUSIONES	102
4.2.	RECOMENDACIONES.....	104
CAPITULO V	105
5.1.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
5.2.	ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores ODS 2019.....	3
Tabla 2 Descripción de saneamiento de viviendas.....	4
Tabla 3 Tipo de Servicio Higiénico.....	6
Tabla 4 Patógenos posibles presentes.	12
Tabla 5 Tasa de producción de heces	13
Tabla 6 Tasa de producción de orina.....	13
Tabla 7 Datos para muestra poblacional.....	32
Tabla 8 Datos actuales de población y tasa de crecimiento	82
Tabla 9 Caudales aproximados de LF generados.....	84
Tabla 10 Caudales base de tratamiento	84
Tabla 11 Datos de dimensionamiento de cribado	84
Tabla 12 Datos de dimensionamiento de tanques de sedimentación/espesamiento	89
Tabla 13 recomendaciones de diseño para sedimentador/espesador	90
Tabla 14 Datos dimensionamiento lecho de secado.....	92
Tabla 15 Datos dimensionamiento lecho de secado con planta.....	94

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Proyección Poblacional número de habitantes vs año de proyección.....	3
Gráfico 2 Alcantarillado por comunidad Levantamiento de información primaria, 2020... 5	5
Gráfico 3 Letrinas por comunidad, Levantamiento de información primaria, 2020	7
Gráfico 4 Encuestas realizadas por comunidad.....	39
Gráfico 5 Datos globales de encuesta, pregunta 4.....	41
Gráfico 6 Datos globales de encuesta, Pregunta 5.....	42
Gráfico 7 Pregunta 2 Chauyallacu	46
Gráfico 8 Pregunta 6 Chauyallacu	47
Gráfico 10 Pregunta 6 Chilca Chapar.....	48
Gráfico 11 Pregunta 3 Chilca Totorá	50
Gráfico 12 Pregunta 2 Chilca Totorá	50
Gráfico 13 Pregunta 5 Chilca Totorá	51
Gráfico 14 Pregunta 4 Cotapamba	52
Gráfico 15 Pregunta 12 Acchayacu.....	54
Gráfico 16 Pregunta 5 Santa Teresita.....	56

Gráfico 17 Pregunta 5 Parcoloma.....	57
Gráfico 18 Pregunta 3 Guallanzhapa	58
Gráfico 19 Pregunta 5 Guallanzhapa	59
Gráfico 20 Pregunta 6 Gullanzhapa	60
Gráfico 21 Pregunta 14 Gullanzhapa	60
Gráfico 22 Pregunta 3 Tutupali Chico	61
Gráfico 23 Pregunta 2 Tutupali Chico	61
Gráfico 24 Pregunta 5 Tutupali Chico	63
Gráfico 25 Pregunta 12 Tutupali Chico	63
Gráfico 26 Pregunta 14 Tutupali Chico	64
Gráfico 27 Pregunta 2 Tutupali Grande	65
Gráfico 28 Pregunta 5 Tutupali Grande	65
Gráfico 29 Pregunta 5 Tutupali Grande	66
Gráfico 30 Pregunta 14 Tutupali Grande	66
Gráfico 31 Datos globales de encuestas, Pregunta 1	67
Gráfico 32 Datos globales de encuestas, Pregunta 2	68
Gráfico 33 Datos globales de encuesta, Pregunta 3	68
Gráfico 34 Datos globales de encuesta, Pregunta 4	70
Gráfico 35 Datos globales de encuesta, Pregunta 4	70
Gráfico 36 Datos globales de encuesta, Pregunta 6	71
Gráfico 37 Datos globales de encuesta, Pregunta 7	73
Gráfico 38 Datos globales de encuesta, Pregunta 8	73
Gráfico 40 Datos globales de encuesta, Pregunta 11	74
Gráfico 41 Datos globales de encuesta, Pregunta 12	75
Gráfico 42 Datos globales de encuesta, Pregunta 13	76
Gráfico 43 Datos globales de encuesta, Pregunta 14	77
Gráfico 44 Datos globales de encuesta, Pregunta 15	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Mapa de ubicación "Parroquia Tarqui".	9
Ilustración 2 División Político-Administrativa Parroquia Tarqui	10
Ilustración 3 Mapa de ubicación de comunidades encuestadas	38
Ilustración 4 Mapa de ubicación de encuestas	40
Ilustración 5 Imagen capturada de aplicación Geo-Tracker	40
Ilustración 6 Diseño de configuración de planta piloto de lodos fecales	82

Ilustración 7 Dimensionamiento de cribado	89
---	----

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Diagnostico de estado de tecnologías de saneamiento	31
Imagen 2 Pozo séptico comunidad Bellavista	43
Imagen 3 Pozo séptico comunidad y desborde a acequia Santa Lucrecia - Centro Tarqui.	45
Imagen 4 Pozo séptico con recubrimiento comunidad Chauyallacu	47
Imagen 5 Servicio fuera del hogar comunidad Chilca Chapar.....	49
Imagen 6 Descarga directa a vertiente comunidad Cotapamba	52
Imagen 7 Pozo séptico con recubrimiento comunidad El Verde	53
Imagen 8 Pozo cerrado comunidad Acchayacu.....	55
Imagen 9 Descarga directa a acequia Comunidad Parcoloma	57
Imagen 10 Descarga directa a rio Comunidad Tutupali Chico	62
Imagen 11 Pozo séptico sin recubrimiento	1
Imagen 12 Pozo séptico son recubrimiento de hormigón	1

ÍNDICE DE FORMULAS

Formula 1 Muestra poblacional	31
Formula 2 Calculo de población futura	82
Formula 3 Caudal aproximado de LF	84
Formula 4 Eficiencia de rejas	85
Formula 5 Velocidad de aproximación a rejas	85
Formula 6 Número de barras (N)	86
Formula 7 Espacios entre barras	86
Formula 8 Área útil en rejas (Au).....	86
Formula 9 Área total (At).....	87
Formula 10 Calculo de tirante del canal.....	87
Formula 11 Calculo de tirante de construcción	87
Formula 12 Longitud de barras	88
Formula 13 Longitud de canal	88
Formula 14 Calculo de perdida de carga	88
Formula 15 Flujo afluente máximo	90
Formula 16 Superficie del Tanque.....	90
Formula 17 Cantidad diaria de LF se acumula.....	90
Formula 18 Masa diaria de Solidos Suspendidos	91

Formula 19 volumen de la zona de almacenamiento.....	91
Formula 20 Superficie del Tanque.....	92
Formula 21 Cantidad de agua filtrada	93
Formula 22 Cantidad de agua evaporada	93
Formula 23 Carga anual de lodos	93
Formula 24 área total necesaria de lechos de secado	93
Formula 25 área necesaria por lecho de secado.....	94
Formula 26 área de lecho	94
Formula 27 Cantidad filtrada.....	95
Formula 28 Cantidad evaporada	95
Formula 29 Area total de lechos necesaria	95
Formula 30 área por lecho	95
Formula 31 Area total de lecho	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Mapa de ubicación parroquia Tarqui	108
Anexo 2 Mapa de división político - administrativa parroquia Tarqui.....	109
Anexo 3 Mapa de ubicación de encuestas realizadas	110
Anexo 4 Mapa de red de alcantarillado ETAPA EP	111
Anexo 5 Mapa de Comunidades encuestadas	112
Anexo 6 Mapa de ríos y vías	113
Anexo 7 Formato de encuesta.....	115
Anexo 8 Check-List.....	116
Anexo 9 Plano de cribado	117
Anexo 10 Plano de tanque sedimentador - espesador	118
Anexo 11Plano de lecho de secado	119
Anexo 12 Plano de lecho de secado con plantas	120
Anexo 13 Diagrama de flujo de tratamiento de lodos fecales	121
Anexo 14 Registro fotográfico de encuestas.....	123

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de lodos fecales es una de las áreas con menor adelanto en la actualidad desde el punto de vista de implementación técnico y social. Sin embargo, es indispensable para el ambiente, lo que influye en la realidad de muchos países en vías de desarrollo, por ende, la falta de conocimiento sobre los sistemas de saneamiento básico ha generado una problemática en donde varias instituciones han hecho frente para tratar dicho problema.

Uno de los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la organización mundial de la salud (OMS) es el de agua y sanidad. En el Ecuador en específico las zonas rurales tienen una marcada deficiencia en cuanto al saneamiento básico por lo que se hace de vital necesidad proporcionar a dichas áreas, sistemas los cuales se pueda concentrar y tratar todos los desechos mediante tratamientos físicos, químicos y biológicos.

Estos lodos podrían ser causantes de riesgos a la salud pública y contaminación ambiental significativa ya que si bien se deben mantener confinados en pozos sépticos con recubrimientos que eviten que el agua de escorrentía y subterránea entre en los mismos o también evitarán posibles infiltraciones al suelo de los líquidos presentes en la fosa séptica, sin embargo, esto no sucede en todos los sectores existiendo descargas directas a acequias, patios, campos abiertos, quebradas o ríos.

Los sistemas en poblaciones urbanas se basan principalmente en el alcantarillado el mismo que ha sido diseñado para generar una mezcla entre desechos sólidos y líquidos

domésticos que son tratados de forma conjunta en plantas de tratamiento de aguas residuales, en el área rural sobre todo en zonas donde la falta de recursos económicos o inversión social ha generado un desfase en el desarrollo, existe una deficiencia en la sanidad lo que podría ocasionar un problema creciente en estas áreas en el cual los pozos sépticos, letrinas u otros medios son comunes ya que estos métodos generan una acumulación de residuos los cuales al no ser correctamente gestionados pueden infiltrarse en el terreno llegando a aguas subterráneas o descargas al aire libre o en cuerpos hídricos.

La presente tesis se enfoca en un sistema de tratamiento de lodos fecales tomando como área de estudio la provincia del Azuay específicamente en la parroquia Tarqui misma que no cuenta con abastecimiento de alcantarillado al 100% por lo que se busca la alternativa para tratar todos los desechos domésticos generados por el ser humano es por eso que se plantea el diseño de una planta piloto que funcionaria para proporcionar el saneamiento básico en las áreas que no cuenten con el mismo.

El sistema de tratamiento de lodos fecales es necesario para prevenir impactos al medio ambiente y a la salud pública cuya gestión desempeña una gran labor en la remoción de patógenos nocivos que podrían afectar a los habitantes por lo que el diseño se basará en diferentes etapas las cuales evaluarán su factibilidad, eficiencia no solo en el ámbito de tratamiento como tal si no a nivel social, ambiental y de desarrollo para la parroquia Tarqui.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la necesidad socio ambiental del manejo adecuado de los lodos fecales y proponer un sistema de tratamiento de saneamiento básico piloto para los mismos en la Parroquia Tarqui – Azuay.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnóstico de la situación actual de manejo adecuado de los lodos fecales en la Parroquia Tarqui.
- Desarrollar un diseño de planta piloto de tratamiento de lodos fecales.
- Análisis técnico para la implementación de diseño.

CAPITULO I

1.1 PROBLEMA

A nivel mundial; las aguas superficiales están sujetas a la contaminación natural (arrastre de material particulado y disuelto y presencia de materia orgánica natural) y de origen antrópico (como los vertidos de aguas residuales domésticas, industriales y de producción agrícola y ganadera (Montalvo-Ochoa et al., 2020).

En el Ecuador como otros países en vías de desarrollo no cuentan con un sistema de saneamiento adecuado en sectores rurales esto adicionado a la falta de conocimiento e inversión económica en dichos lugares, en la provincia del Azuay cuenta con 27 parroquias urbanas y 60 parroquias rurales entre ellas la parroquia Tarqui, donde se ha visto que el saneamiento básico no abastece a la población existente.

En la actualidad la parroquia Tarqui cuenta con servicio de alcantarillado que conecta con la planta de tratamiento de aguas residuales Ucubamba, sin embargo, este no brinda un servicio a toda la población de la parroquia, existiendo una gran cantidad de la población que usa diferentes tecnologías como lo son los pozos sépticos o ciegos.

El uso de tecnologías de saneamiento in - situ correctamente manejados, es decir, con un adecuado mantenimiento y un vaciado periódico son una alternativa optima cuando no existe un servicio de red centralizada de alcantarillado, sin embargo es muy difícil que esto ocurra en su totalidad en áreas rurales ya que en muchos casos el vaciado de dichos pozos se ve complicado por situaciones de acceso o costes de los mismos lo

que provoca problemas como descargas directas, pozos sin recubrimientos o vaciados manuales de forma inadecuada.

Esto provocando a su vez por la falta de conocimiento referente al manejo de los lodos fecales además de no contar con un método para gestionarlos en su totalidad ha provocado que se plantee como una necesidad un sistema que proporcione un tratamiento físico y biológico dando a modo de resultado un mejoramiento de la realidad social y ambiental del territorio.

De esta manera, el deterioro de las fuentes de agua influye directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción. Por lo tanto, es necesario contar con herramientas para evaluar la calidad del agua y así tomar acciones de control y mitigación del recurso (Montalvo-Ochoa et al., 2020).

1.2 ANTECEDENTES

El manejo de los lodos fecales ha sido un tema poco conocido fuera de las áreas urbanas con alto índice de población, por dicho motivo se ha planteado este tema de estudio enfocado al tratamiento adecuado de desechos en el área rural en específico en la parroquia Tarqui perteneciente al cantón Cuenca provincia del Azuay, donde no se han encontrado estudios realizados acerca del argumento y su posible impacto ambiental.

Según datos proporcionados por el (INAMI, 2019) referente a los indicadores de la Organización mundial de la salud para el Ecuador cuenta con un saneamiento básico de un 90,7% en el año 2019 sin embargo cabe recalcar que la calidad de agua representa un 73,4% esto como se puede ver en la tabla Nro. 1

Indicadores ODS % de personal	2019
Agua segura	67,8
Calidad de agua (ausencia E. coli)	73,4
Saneamiento básico	90,7
Higiene	89,1

Tabla 1 Indicadores ODS 2019 (INAMI, 2019).

La parroquia Tarqui cuenta con una población cercana a los 10039 habitantes esto especificado en el último censo realizado por el Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC) en el año 2010, lo que ha llamado la atención la falta de investigación para tratar los lodos fecales en esta área ya que el número de habitantes tiende a incrementarse y puede llegar a ser un problema social y ambiental para considerarse en los próximos años.

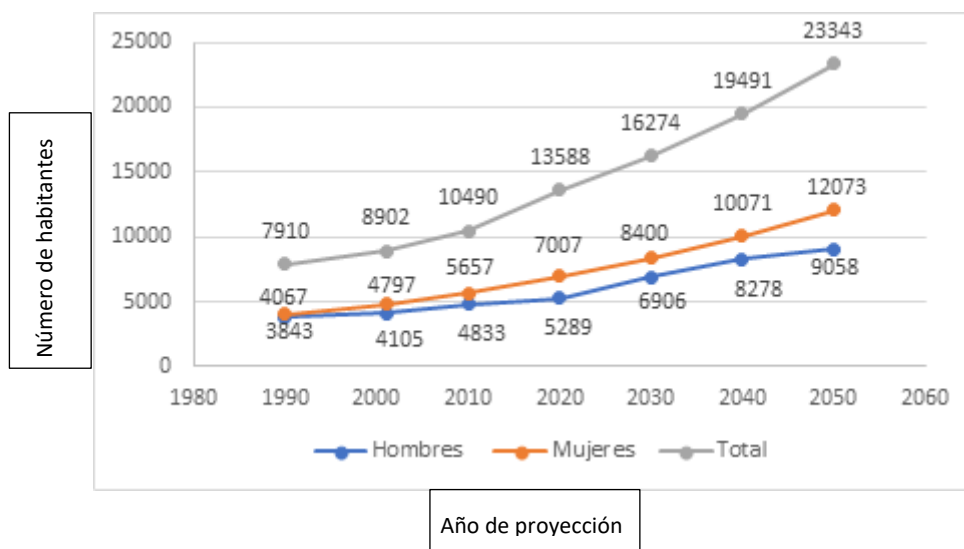


Gráfico 1 Proyección Poblacional número de habitantes vs año de proyección (GAD Tarqui, 2020).

El autodiagnóstico comunitario realizado en 2020 determina un total de 15.681 habitantes, que difiere significativamente con la proyección poblacional realizada con datos oficial del INEC (GAD Tarqui, 2020).

La accesibilidad de la población parroquial al alcantarillado se ve suscrita por convenios con la empresa de telecomunicaciones, agua potable y saneamiento de Cuenca ETAPA EP (GAD Tarqui, 2020).

DESCRIPCIÓN TOTAL DE VIVIENDAS PORCENTAJE		
Servicio	Cantidad	Porcentaje
Red Pública de Alcantarillado	466,00	19,32
Pozo séptico	981,00	40,67
Pozo Ciego	375,00	15,55
Al Río	202,00	8,37
Ubss	24,00	1,00
No tiene	364,00	15,09
Total	2.412,00	100,00

Tabla 2 Descripción de saneamiento de viviendas (PDOT, 2015).

El GAD Parroquial de Tarqui planifica realizar obras de saneamiento comunitario de las siguientes: alcantarillado de la “Y” del Río Tutupali hasta el Centro Comunitario de Tutupali Chico, alcantarillado del Centro Comunitario de Tutupali Grande (GAD Tarqui, 2020).

Sin embargo, el acceso al alcantarillado se encuentra limitado como se puede denotar en la tabla 2 donde la población con un auto censo en el año 2010 y las proyecciones actuales de saneamiento realizado por el propio GAD muestran un bajo acceso al mismo, como se muestra en el gráfico número 2 en donde se encuentran las comunidades con acceso a la red de saneamiento.

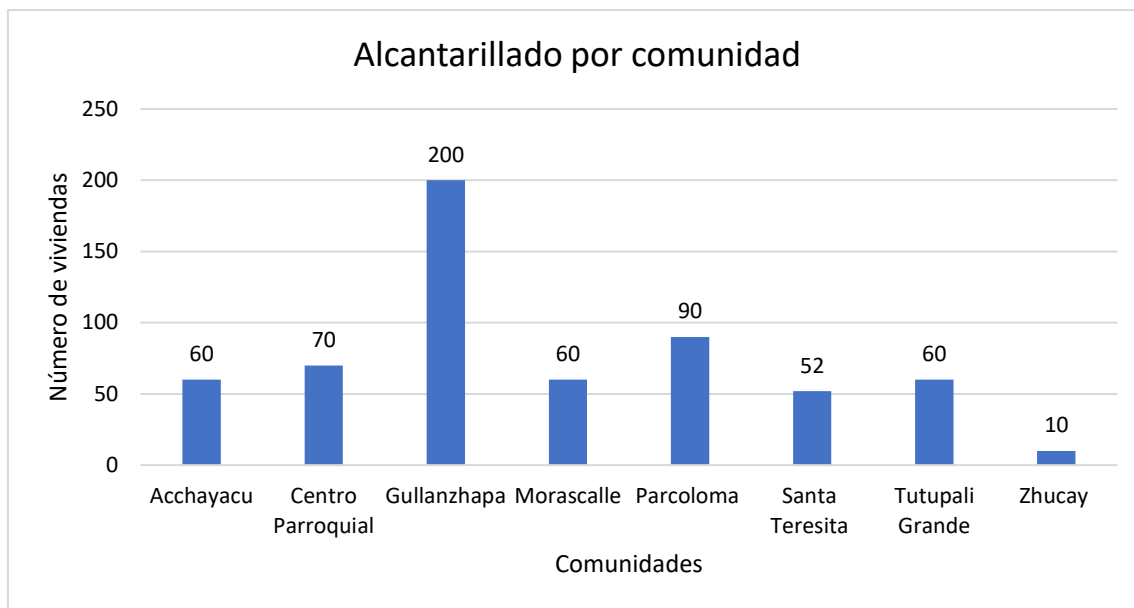


Gráfico 2 Alcantarillado por comunidad, Levantamiento de información primaria, 2020. (GAD Tarqui, 2020).

Los lodos fecales son un contaminante diferenciado de las aguas residuales urbanas, por ende, no pueden ser tratados de la misma manera por lo que en este caso de estudio se propone un diseño de una planta piloto que ayude a tener una visión general de cómo podrían tratarse estos residuos disminuyendo posibles impactos ambientales y problemas sociales.

Las necesidades sanitarias de más de 2,7 mil millones de personas alrededor del mundo son atendidas por estas tecnologías descentralizadas y se prevé que este número aumentará hasta 5 mil millones en el año 2030 (Strande, 2014).

La principal causa de la presencia de lodos fecales y por consiguiente a su falta de tratamiento es la ausencia del alcantarillado por lo que la población se ve obligada a tomar otras medidas para sus desechos, los pozos sépticos y las excretas dirigidas directamente a los ríos son los principales objetivos a los que este documento se enfocará debido a que las consecuencias de un mal manejo de los sistemas sanitarios cuando se encuentran llenos o por su deficiente construcción podrían ocasionar contaminación ambiental.

El contenido de las letrinas y de los tanques sépticos, comúnmente llamado lodo fecal, debe ser dispuesto y tratado de manera adecuada para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente. Un camión que descarga lodos de forma indiscriminada equivale a 5.000 personas defecando al aire libre (WSP, 2011).

Como se observa en la tabla número 3 el censo realizado en el año 2001 y 2010 por instituto nacional de estadística y censo (INEC) enfocado en los servicios higiénicos en la parroquia Tarqui en donde se muestra que un gran porcentaje de población no cuenta con servicios de alcantarillado.

Tipo de servicio higiénico	Censo 2001		Censo 2010	
	Viviendas	Porcentaje	Viviendas	Porcentaje
Conectado a red publica	145	7,6%		
Conectado a pozo séptico	619	32,4%	309	12,69%
Conectado a pozo ciego	269	14,1%	1196	49,12%
Letrina			246	10,10%
No tiene			92	3,78%
Otros	875	45,9%	592	24,31%
Total	1908	100%	2435	100%

Tabla 3 Tipo de Servicio Higiénico (INEC, 2010).

Existen datos de aproximadamente 2 000 familias que usan sistemas de letrización, cuyos pozos se encuentran en regular y mal estado. Los sectores que hacen uso de letrinas son: Acchayacu, Atucloima, Bellavista, Centro Parroquial, Chaullayacu, Chilca Chapar, Chilca Totora, Cotapamba, El Verde, Frances Urco, Guallanzhapa, Manzana Pamba, Parcoloma, Morascalle, Rosa de Oro, Santa Lucrecia, Santa Teresita, Tañiloma, Tutupali Chico, Tutupali Grande y Zhucay (Autodiagnóstico Comunitario, Territorios & Desarrollo, 2020). Es decir, de las 26 comunidades existentes las 21 utilizan dichas tecnologías.

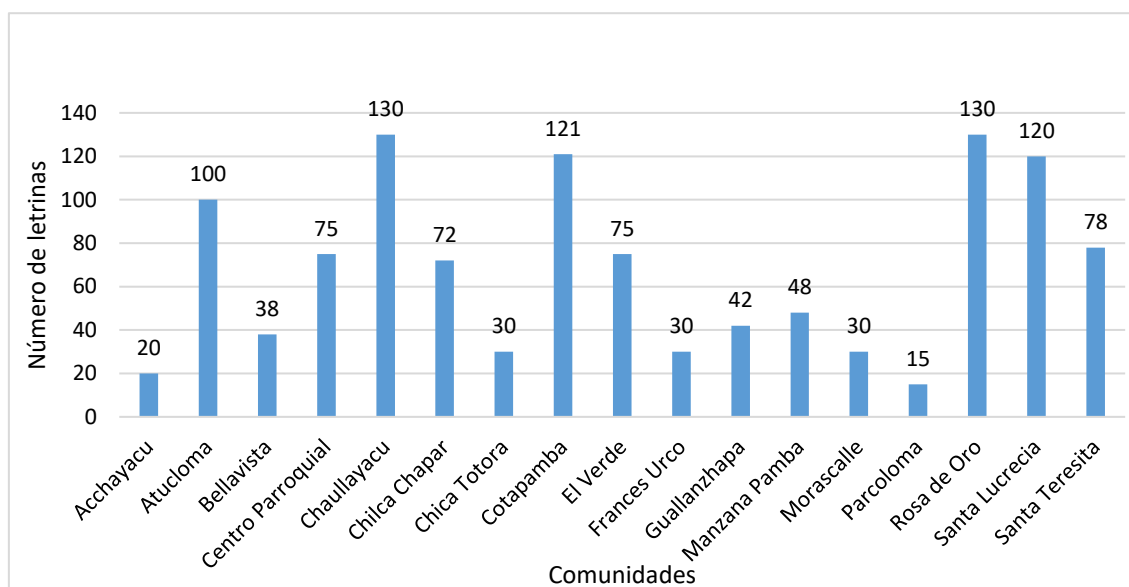


Gráfico 3 Letrinas por comunidad, Levantamiento de información primaria, 2020 (GAD Tarqui, 2020).

Mediante el auto censo realizado por el GAD de la parroquia Tarqui existen 4.387 viviendas de las cuales 602 cuentan con alcantarillado esto según el PDOT- Tarqui 2020, dando como resultado un valor de viviendas (familias) aproximado que usan pozos sépticos es decir 3.875 viviendas que no cuentan con acceso a la red pública de alcantarillado.

1.2.1 Importancia y Alcances

El crecimiento de las poblaciones se ha acelerado en los últimos años por lo tanto los desechos generados se han visto incrementados y la parroquia Tarqui no es la excepción, si bien se ha tenido un desarrollo significativo en cuanto a los sistemas sanitarios, por ende, los lodos fecales que son almacenados en áreas donde no se tiene acceso al sistema de alcantarillado son de gran importancia ambiental ya que al no contar con una gestión adecuada se verán como una fuente de contaminación altamente peligrosa que podría englobar a varios factores y a recursos importantes ejemplo de esto son las fuentes hídricas.

La parroquia Tarqui al encontrarse en un área por la cual atraviesa un cuerpo de agua es considerable tener en cuenta dichos sistemas de tratamiento ya que estos son de gran ayuda para evitar la contaminación dado que la población utiliza este recurso para uso doméstico, sembríos entre otros.

1.2.2 Delimitación

La Parroquia Tarqui se encuentra ubicada en el suroeste del Cantón Cuenca, de la provincia del Azuay, en la cordillera oriental de los Andes. Tiene una superficie de 15.100 hectáreas.

El centro urbano parroquial se encuentra a 17 Km del centro de Cuenca, sus coordenadas son Longitud X = 718720 Latitud Y = 9667003 La parroquia Tarqui, posee 26 comunidades que aglutina a 15.681 habitantes.

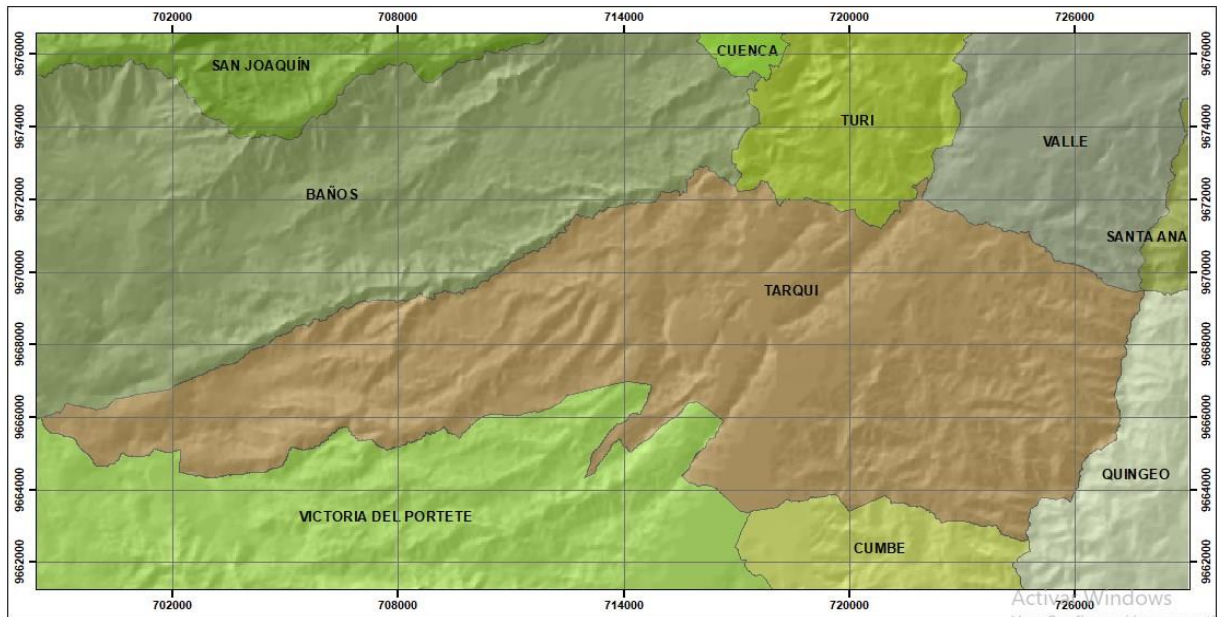


Ilustración 1 Mapa de ubicación "Parroquia Tarqui" (Maldonado & Ortiz, 2021).

Se definió como área de estudio toda la zona fuera del sistema de alcantarillado que tiene la parroquia Tarqui, por lo tanto, se desarrolló una visita previa a la realización de las encuestas misma que sirvió para delimitar dichos sitios.

En los cuales el método de saneamiento conste de infraestructuras sanitarias In-Situ como letrinas y pozos sépticos, además se tomó en cuenta si se tienen servicios los mismos que tengan descargas directas a afluentes o quebradas.

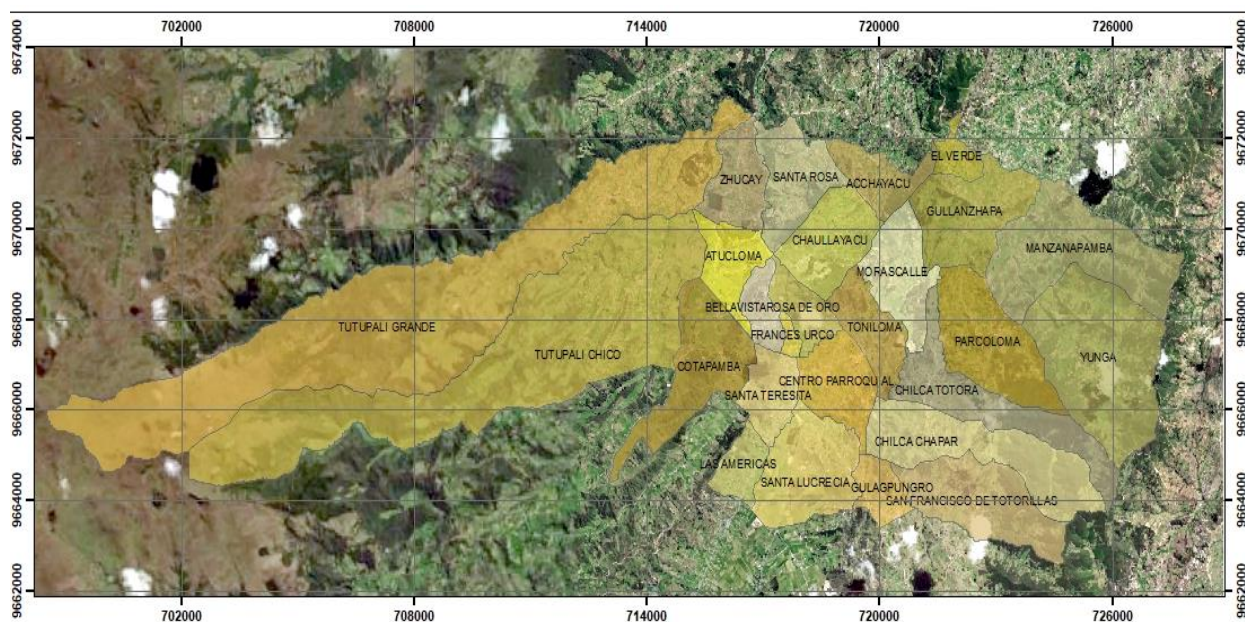


Ilustración 2 División Político-Administrativa Parroquia Tarquí (Maldonado & Ortiz, 2021).

1.3 MARCO TEORICO

1.3.1 Importancia económica y social de la parroquia Tarquí

De los 10039 habitantes que se registran en Tarquí, según el último Censo de población y Vivienda (INEC 2010), el 46% son hombres (4833 hab), y el 54% son mujeres (5657 hab).

La tasa de desempleo de Tarquí se ubica en el 10% (GAD Tarquí, 2020). Esta población que día a día va creciendo tiene un índice desempleo por lo que no permite el desarrollo por lo que la economía del sector es baja misma que limita realizar inversiones grandes para mejorar la calidad de vida de la parroquia.

Dada la dispersión poblacional de la parroquia el acceso al servicio de alcantarillado es reducido y se halla concentrado en el centro urbano de Tarqui, con lo cual la mayoría de las familias se hallan conectadas a pozos sépticos y ciegos (GAD Tarqui, 2020).

1.3.2 Posibles riesgos a la salud

Mediante la revisión bibliográfica se toma en consideración que tanto el lodo entrante como el espesado contienen patógenos; por lo mismo, el personal deberá estar equipados con protección adecuada (botas, guantes y ropa).

El lodo espesado no está desinfectado y requiere tratamiento adicional (por lo menos un proceso de secado) antes de su uso o disposición final. Las lagunas pueden causar molestias para los residentes cercanos debido a malos olores y presencia de insectos. Por lo tanto, deben situarse lo suficientemente lejos de las zonas residenciales (Elizabeth Tilley, 2018).

Los fangos residuales tienen una concentración significativa de metales pesados. Algunos metales están presentes en concentraciones alarmantes en el lodo deshidratado; bario, plomo, arsénico y otros metales pesados pueden causar daños significativos al medio ambiente si este no se elimina adecuadamente (P. Duque-Sarango et al., 2020).

Actualmente se han realizado diversos estudios que demuestran el potencial de los lodos esto debido a su gran contenido de macronutrientes especialmente nitrógeno y

fósforo además cuenta con sustancias orgánicas mismas que mejoran las características físicoquímicas del suelo es por eso por lo que si no se trata el lodo puede generar problemas a la salud humana y al entorno ya que estos tienen una alta concentración de patógenos como se observa en la siguiente tabla Nro. 4.

Grupo	Patógeno	Grupo	Patógeno	Grupo	Patógeno
Bacterias	Aeromonas spp.	Virus	Adenovirus	Parásitos Protozoarios	Cyclospora Histolytica
	Campylobacter jejuni/coli		Adenovirus entéricos, tipo 40 y 41		Cryptosporidium Histolytica
	Escherichia Coli		Enterovirus		Entamoeba Histolytica
	Salmonella Typhi		Hepatitis A		Giardia intestinalis
	Salmonella spp		Hepatitis E	Helmintos (lombrices)	Ascaris lumbricoides
	Shigella spp		Poliovirus		Taenia solium/saginata
	Vibrio Cholera		Rotavirus		Trichuris trichura

Tabla 4 Patógenos posibles presentes (Strande et al., 2016).

Los problemas y molestias antes mencionadas son de suma importancia ya que el desarrollo de un proyecto de manejo de lodos fecales (MLF) no puede afectar a la vida cotidiana de los habitantes de esta zona. Por lo que se tomó en consideración en la encuesta realizada en este documento la cercanía y la aceptación a una planta de tratamiento por parte de las diferentes comunidades.

1.3.3 Producción de lodos fecales

La cantidad de heces producidas a diario puede variar ampliamente según los hábitos alimenticios. Las personas con una dieta basada en comida no procesada producen

mayor cantidad de heces (en masa y volumen), en comparación con las que consumen más carne y comidas procesadas (Guyton, 1992).

Lugar	Peso húmedo (g/persona/día)
Países de ingresos altos	100 a 200
Países de ingresos bajos, rural	350
Países de ingresos bajos, urbano	250

Tabla 5 Tasa de producción de heces (Strande et al., 2016).

El volumen de orina excretada también varía mucho según factores como el consumo de líquidos, la dieta, la actividad física y el clima (Lentner et al., 1981; Feachem et al., 1983).

Lugar	Peso húmedo (g/persona/día)
Valor general para adultos	1000 a 1300
Suecia	1500
Tailandia	600 a 1200
Suiza (hogar entre semana)	637
Suiza (hogar entre semana)	922
Suecia	610 a 1090

Tabla 6 Tasa de producción de orina (Strande et al., 2016).

Además del volumen de excremento generado a diario, la acumulación de los LF depende de los hábitos de las personas en el tiempo y en el espacio que influyen en el uso del inodoro, como el horario de trabajo, los hábitos de alimentación y bebidas, los patrones de cohesión social y la frecuencia del uso del servicio sanitario. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta el volumen de desechos sólidos que se bota dentro del sistema.

La recopilación de datos puede presentar varios desafíos dependiendo de la información disponible, ya que las estructuras descentralizadas son construidas frecuentemente de manera informal, no hay registro de cuántas sean y de qué tipo en toda la parroquia.

Un estimado certero demandaría un levantamiento intensivo de datos, con entrevistas en cada hogar, también se tiene que tomar en cuenta que los camiones aspiradores no vacían siempre todo el contenido de los sistemas de contención (Koanda, 2006).

1.3.4 Manejo y tratamiento de lodos fecales

El lodo fecal no es un producto uniforme y, por lo tanto, su tratamiento debe hacerse según las características específicas del mismo (Elizabeth Tilley, 2018).

Los lodos que proceden del saneamiento in situ (OSS) es decir, de los retretes familiares y públicos sin alcantarillado y de las fosas sépticas (Strauss & Montangero, 2004), deben tener un manejo adecuado en todo momento el hecho de tratar con lodos fecales implica riesgos a la salud de los operarios de la planta de tratamiento, moradores del sector y el ambiente.

Se debe tener en cuenta que son ricos en materia orgánica y que no han sufrido una degradación significativa son difíciles de secar. Mientras que los que han pasado por dicha degradación son más fáciles de secar.

Por ende, es necesario un análisis entre el estado de los sistemas de saneamiento en el área de estudio y el medio por el cual estos son vaciados o de ser el caso y no son vaciados tener en cuenta si estos sistemas ya llenos tienen algún tratamiento posterior.

Al tener en consideración el estado de los lodos fecales generados se buscó un diseño adecuado acorde a la tecnología con la que se cuenta hoy en día para el tratamiento, aprovechamiento o disposición final de los mismos, se ha visto opciones para el uso o procedimiento de estos desechos los cuales al ser gestionados de forma adecuada pueden llegar a ser fuente de empleo para el lugar donde se realiza el estudio.

El diseño de un tratamiento de lodos fecales cuenta con diferentes etapas las mismas que están en función de las características físicas y biológicas por lo que una caracterización de estos es necesaria, sin embargo, las fases de la planta piloto son similares y con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de patógenos posible.

Para que el diseño funcione de una manera eficiente y eficaz los lodos deben pasar por barreras físicas para evitar sólidos indeseados, siguiendo con la estabilización del material que aún se encuentra fresco y que son ricos en materia orgánica de forma anaeróbica, se tomará en cuenta que estos residuos producen gases por la degradación de los mismos que puede afectar al correcto funcionamiento de este proceso, por otro lado el lodo espesado será tratado por separado del sobrenadante que se produce al momento de la estabilización.

1.3.5 Selección de las Tecnologías

La selección de las adecuadas tecnologías de una planta piloto de lodos fecales para la Parroquia Tarqui se analizó mediante diferentes criterios tanto técnicos, económicos y sociales utilizando la herramienta del chek-list donde se detalla por qué la elección y uso de dichas tecnologías de manera superficial esto como se visualiza en el anexo 8.

Sin embargo, para una explicación más profunda de las diferentes tecnologías con sus respectivas ventajas y desventajas esto en función de las características físicas del lugar

- Tanques Imhoff

Es una tecnología muy usada para tratamiento de aguas residuales y de lodos esto por su eficiencia marcada y por el uso adecuado para separar el líquido dejando solo el sedimento, adicional a lo mencionado los tanques realizan una digestión anaerobia.

El tanque consta de un compartimiento inferior en donde la digestión de sólidos sedimentados tiene lugar y de una cámara superior de sedimentación (Sanchez & Salazar, 2012)

La operación de esta tecnología es difícil puesto que para manejarla se debe tener un Operador capacitado además de considerar que la construcción de dicho sistema infiere un costo más elevado a comparación de otros como es el caso de los tanques de sedimentación/espesamiento que cumplen la misma función de separar líquido de sólido.

- **Lechos de secado**

Los lechos de secado son una de las tecnologías para deshidratación de lodos, más comúnmente usada en pequeñas PTAR donde hay disponibilidad de tierra y el clima local es favorable (He, Chen, Dougherty, Hu, & Zuo, 2021).

Son una tecnología aplicable a lodos previamente estabilizados o con alto grado de mineralización, pueden conseguir ahorros significativos en costos energéticos y operativos, además de producir una torta con mayor cantidad de sólidos que los sistemas de deshidratación mecánicos (Tchobanoglous, Burton, & Metcalf, 1995).

Los lechos de secado son estanques con un fondo de arena sobre grava graduada, en los que se introducen los lodos para su secado. Dicho secado se produce por drenaje en el filtro y deshidratación por evaporación (ARÉVALO ZHINDÓN, 2011).

Si están bien diseñados y se operan correctamente, suelen ser menos sensibles a altas concentraciones de sólidos en los lixiviados y pueden producir un producto más seco que la mayoría de los dispositivos mecánicos (Federation, 2018).

El lecho de secado es una tecnología que consta de varias capas de filtrado, en este proyecto se alimenta directamente de los tanques de sedimentación / espesamiento, es decir, el lecho de secado realizará una función de eliminar las partículas sólidas suspendidas en el agua que no se terminaron de precipitar en los tanques ya mencionados mediante una filtración por capas de arena y grava.

El proceso de deshidratación de lodos en lechos de secado se basa en la separación sólido-líquido por dos mecanismos: drenaje y evaporación (Moiambo et al., 2021). Luego son retirados manual o mecánicamente para su disposición o un tratamiento adicional (Strande et al., 2016).

- **Co-compostaje**

El co- compostaje busca el uso del material ya estabilizado procedente de tecnologías de separación líquido-sólido, esto para su aprovechamiento en la agricultura del sector de donde se obtienen los lodos tratados.

Una buena operación de compostaje aeróbico debería ser capaz de matar todos los microbios patógenos, las malas hierbas y las semillas, especialmente si la temperatura se mantiene entre 60 y 70 grados durante 24 horas. (IWMI and SANDEC, 2002)

Aunque este recurso tiene un valor potencial para su uso como fertilizante de buena calidad su utilización se ha visto limitada por la falta de pruebas y los tabúes sociales (SNV, 2016). Además, se debe tener en cuenta que el uso de esta tecnología demanda operadores capacitados ya que existen varias variables que si no son controladas podría ocasionar el fracaso del compost.

- **Entierro en zanjas profundas**

En los lugares en los que existen o se están planificando depuradoras de tratamiento de aguas residuales, los municipios pueden optar por el tratamiento conjunto de los lodos fecales recogidos en los sistemas de saneamiento in situ (Heinss & Strauss, 1999).

Sim embargo se debe tener en cuenta que el tratamiento de estos lodos es diferente a las aguas residuales, por la gran cantidad de sólidos, el exceso de DBO, DQO y las posibles sobrecargas de los sistemas PTAR.

- **Adición de cal o amoniaco**

El proceso de adición de Cal Viva o Cal apagada a los sistemas de tratamiento de loados fecales busca su estabilización para reducir la presencia de patógenos, posibles olores desagradables y sólidos volátiles los mismos que con la acción de la cal se ven reducidos.

Si bien este es un método importante por los beneficios que tiene al agrega tanta cal que el pH se eleva hasta 12, la actividad microbiana se paraliza, lo que reduce los olores provenientes de la putrefacción e inactiva a los patógenos. (Strande et al., 2016).

Hay que tener en cuenta que el método genera costos muy altos tanto por el propio material como por el hecho de que debe ser transportado, además se debe verificar la cantidad de Cal necesaria con el fin de evitar el uso en exceso de esta y costos adicionales.

- Incineración de lodos

La incineración de lodos está enfocada en el beneficio de los recursos ya sea como material o aprovechamiento de energía, es decir, la generación de combustibles que pueden ser usados en diferentes áreas productivas, sin embargo, un aspecto relevante para evitar el uso de este método es la generación de contaminación de aire por partículas que se desprenden como cenizas, además de gases de combustión generados.

Un aspecto importante para tomar en cuenta es la necesidad de contar con personal altamente capacitado para la operación y mantenimiento; los altos costos de inversión y operación (Strande et al., 2016).

- Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es una de las tecnologías usadas después del tratamiento primario en plantas de agua residual o de lodos ya que en esta fase queda el lodo expuesto para su proceso de estabilización.

La digestión anaerobia resulte mucho más favorable económicamente, permitiendo en muchos casos la autonomía o autosuficiencia de las plantas de tratamiento (Acosta Lorenzo & Obaya Abreu, 2005).

Para que los lodos tengan una disposición final adecuada deben ser tratados a través de procesos de tratamiento como la digestión anaerobia que permite la

estabilización de los mismos mediante la reducción de su masa, volumen, organismos patógenos, olores y la atracción de vectores (Carcel Arcos, 2015).

- **Larvas de Hermetia; compostaje con lombrices**

El lodo una vez estabilizado y secado se puede realizar compostaje esto mediante el uso de lombrices (roja californiana) también conocido este método como Lumbricultura siendo el resultado del proceso abono que se puede utilizar en plantas o campos.

Este método es fácil de operación, pero se necesita de varios cuidados entre ellos la oxigenación del lodo y la temperatura ya que la Parroquia Tarqui es de clima frío-templado y para el proceso las lombrices necesitan de temperaturas elevadas para sobrevivir por lo que se tendría bajo invernaderos lo que aumentaría el costo por la construcción de este.

Para este proceso el número de lombrices en un sistema depende de las condiciones ambientales como temperatura, humedad, densidad y tipo de lombriz, además de las características de los residuos (Lugo et al., 2017).

- **LaDePa**

En este proceso, los lodos se extruyen para la formación de pellets, que luego se exponen a la radiación infrarroja. El producto final son pellets secos y pasteurizados que son seguros de manejar, con una exposición mínima al riesgo de patógenos, y que se planea vender como producto agrícola. (Septien et al., 2018)

Si bien este proceso es novedoso y puede proporcionar un uso agrícola a los lodos fecales se debe tomar en cuenta que dicho proceso necesita de maquinaria la cual exige operadores con extenso entrenamiento para su uso además de inversión amplia.

- **Secado Térmico**

El secado térmico es un proceso convencional final en el cual el lodo se seca por completo esto debido a los hornos en donde el calor ayuda a evaporar el líquido quedando solo el sólido esta tecnología es cara por su implementación y difícil de operación.

El secado térmico es aplicado actualmente más para lodos de EDAR que para LF, pero esta tecnología debe ser transferible y se pueden obtener mayores informaciones de los fabricantes y los estudios piloto (Strande et al., 2016).

En el proceso de secado térmico se elimina el agua libre y parte del agua capilar que permanece en el fango tras la deshidratación mecánica sin embargo el producto final seco todavía contiene un cierto porcentaje de agua (típicamente del 1 al 3%) (Berrezueta Delgado & Alvarez Vallejo, 2015).

- **Secado Solar**

El secado solar es una tecnología usada en E.E.U.U y Europa este tratamiento no es complejo, pero si es alto en inversión ya que se debe construir invernaderos donde

estará el lodo estos deben ser volteados de manera manual y ser ventilados para su correcto secado.

El secado de lodos residuales es la utilización de energía solar para disminuir los costos energéticos que implica la evaporación del agua contenida en estos y reducir su volumen esto mediante bandejas de secado (VALENCIA BONILLA, 2008).

- Co-tratamiento con aguas servidas

En los lugares en los que existen o se están planificando depuradoras de tratamiento de aguas residuales, los municipios pueden optar por el tratamiento conjunto de los lodos fecales recogidos en los sistemas de saneamiento in situ.(Heinss & Strauss, 1999)

Sim embargo, se debe tener en cuenta que el tratamiento de estos lodos es diferente a las aguas residuales, por la gran cantidad de sólidos, el exceso de DBO, DQO y las posibles sobrecargas de los sistemas PTAR

1.3.6 Tecnologías de saneamiento de lodos fecales

El Manejo de Lodos Sépticos Procedentes de Tanques Sépticos deberá ser eficaz y sencillo, utilizando una tecnología apropiada, orientado hacia el secado de lodos y posterior utilización (Montero, 2018).

Las tecnologías de tratamiento de lodos fecales son variadas y tienen diferentes aspectos favorables y no favorables dependiendo de varios factores técnicos, económicos y climáticos a continuación se hace referencia a varias de estas tecnologías las cuales se tomaron en cuenta para el diseño.

- Cribado

Es la primera operación a que se someten los efluentes, consiste en retener los sólidos y grasas que arrastra el agua y que podrían, por su tamaño y características, entorpecer el normal funcionamiento de las plantas de tratamiento. El pre-tratamiento radica en la ubicación de rejillas y/o trampas de grasa (P. J. Duque-Sarango & Chinchay-Rojas, 2008).

El cribado constituye una etapa del tratamiento preliminar, por lo general en una instalación ubicada en la cabecera de la planta, en la que se remueven objetos grandes que provienen en el agua residual y que pueden interferir con el funcionamiento de los equipos ubicados aguas abajo (Koei & Hazen&Sawer, 2011).

Esta operación se utiliza con el fin de separar el material grueso o granulado del agua mediante el paso de esta por una rejilla o criba (ACOSTA DIAZ & ROJAS LAVERDE, 2017).

El proceso de cribado conlleva varias etapas como la configuración de las rejillas esto se selecciona mediante las respectivas ecuaciones, transporte de sólidos retenidos, el lavado y compactación de estos.

El cribado es una técnica que se utiliza para capturar una gran cantidad de partículas sólidas del agua. Los materiales más grandes son removidos al hacer pasar el agua entre mallas con separación de 2 a 5 cm (Arellano Díaz & Guzman Pantoja, 2011).

Por lo tanto, la velocidad mínima debe ser suficiente para lograr un auto - lavado del canal ($>0,3$ m/s para aguas servidas). Por otro lado, el flujo no debe exceder 1 m/s para evitar que los desechos sólidos sean acarreados por la corriente (Mara, 1976).

Si bien existen sistemas mecánicos y manuales que realizan esta función el sistema seleccionado para este proyecto es el cribado fino ya que se realiza de manera manual que resulta menos costoso y fácil de operar.

Existen diversas consideraciones en el diseño de instalaciones de cribado grueso y fino estas incluyen parámetros como:

- Número de canales de cribado
- Tipo y tamaño de los espaciamientos (ya sea entre barras u orificios)
- Velocidades de aproximación
- Diferencias de nivel entre diferentes procesos

(Koei & Hazen&Sawer, 2011).

- **Tanques sedimentación/espesamiento**

Esta tecnología es muy común en el uso de tratamientos puesto que es fácil de construir y operar, este sistema como bien dice su nombre es de sedimentar en donde el

líquido queda en la parte superior y en la parte inferior permanece los sedimentos que serán tratados con otras tecnologías posteriormente.

El tanque de sedimentación/espesamiento es óptimo para el lugar ya que no depende de factores externos como la topografía, clima entre otros aspectos, además su costo de operación y mantenimiento es inferior a otras tecnologías por lo que es muy usado en áreas rurales.

La sedimentación se realiza en tanques por los cuales circula el caudal de diseño de la planta (Pérez Farrás, 2005). Estas son tecnologías de asentamiento donde el lodo se espesa y se deseca, el efluente es removido y tratado mientras que el residuo espesado puede tratarse posteriormente con otra tecnología (Elizabeth Tilley, 2018).

Se ha de seleccionar una partícula con una velocidad de sedimentación V_e , y diseñar el tanque de forma que todas las partículas con una velocidad igual o mayor que V_e sean eliminadas (Sarango, 2012).

La intensa degradación anaeróbica de los lodos frescos, que se han almacenado sólo durante 1 o 2 semanas antes de su recogida en el tanque de sedimentación, hace que los sólidos suban a la superficie dificultando la sedimentación efectiva (Strauss & Montangero, 2004).

Los tanques de sedimentación se construyen en dos configuraciones; una configuración circular y una rectangular, siendo la circular la configuración empleada con más frecuencia (Berrío, 2015).

Para este caso de estudio se emplea los tanques de sedimentación rectangulares ya que para tratamiento de lodos fecales es el más óptimo.

En la práctica, los tanques se vacían únicamente cada 4 o 5 meses, esto reduce considerablemente la eficacia del proceso de separación sólido-líquido (Strauss & Montangero, 2004).

- **Lechos de secado sin plantas**

Los lechos de secado sin planta es una de las tecnologías más complementarias para sistema de tratamiento de lodos ya que el uso de esto es fácil y económico siendo así factible para el lugar ya que las condiciones climatológicas llegan a favorecer.

Esta tecnología como su nombre lo indica seca los lodos de manera natural por acción solar esto en un periodo de tiempo establecido dejando el líquido filtrado para ser reutilizado en la misma planta.

Esta tecnología es un métodos sencillo y permeable que, al ser cargado, recolectan el lixiviado percolado y permiten que el lodo se seque por evaporación. En general, de 50 a 80% del volumen se drena como líquido o se evapora (Elizabeth Tilley, 2018). Se debe

tomar en cuenta que los lodos no serán estabilizados completamente ni se eliminarán los patógenos existentes.

Los lechos de secado sin planta es un método sencillo y de fácil operación aplicado en diseños para tratamientos de aguas residuales y lodos es por ello por lo que es factible esta tecnología en la parroquia Tarqui.

El rendimiento de los lechos de secado está relacionado con la duración del ciclo de secado y depende, fundamentalmente, del clima local y de las características de los lodos, a saber, el contenido sólido y el grado de estabilización (Moiambo et al., 2021). El clima en el área de Tarqui es usualmente frío, pero en los meses de junio, julio, agosto y septiembre sube la temperatura.

- **Lechos de secado con plantas**

Los lechos de secado con plantas o también conocido como pantano artificial es de las tecnologías más usadas para el tratamiento de aguas residuales y de lodos por su alta eficiencia, construcción y operación este sistema ayuda a que el agua llegue a filtrarse y los sólidos sobrantes se estabilizan por las plantas esto debido a su mecanismo físico y biológico del mismo.

El lecho de secado con plantas es similar al lecho de secado sin plantas, pero con el valor agregado de la transpiración y un mejor tratamiento de lodos debido a las plantas (Tilley, y otros, 2018).

El método de lechos con plantas recibirá la descarga de los efluentes provenientes de las anteriores tecnologías para eliminar todas las partículas sólidas suspendidas presentes que hayan pasado por las mismas, sin embargo, se tiene que tomar en cuenta que esta técnica también funciona como filtrado.

Los lechos se llenan de arena y grava para sostener la vegetación, en lugar del efluente, el lodo se aplica a la superficie y el líquido filtrado fluye hacia abajo a través del subsuelo donde es recolectado en los desagües (Elizabeth Tilley, 2018).

Uno de los criterios importantes a tomar en cuenta en esta tecnología es el uso de plantas endémicas de la zona.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Diagnóstico De Saneamiento

En el transcurso de la investigación se indagó a través de libros, revistas, artículos científicos que permitieron identificar los sistemas de saneamiento básicos con el fin de conocer sus características y funcionamiento, se conoce en la Parroquia Tarqui el contexto físico y ambiental de las diferentes comunidades mismo que serán evaluados en los aspectos como es el acceso al servicio, cantidad y calidad.

Se realizó una visita técnica al área que no cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario que comprende a las comunidades de Acchayacu, Atueloma, Bellavista, Centro

Parroquial, Chaullayacu, Chilca Chapar, Chilca Totorá, Cotapamba, El Verde, Frances Urco, Guallanzhapa, Manzana Pamba, Parcoloma, Morascalle, Rosa de Oro, Santa Lucrecia, Santa Teresita, Tañiloma, Tutupali Chico, Tutupali Grande y Zhucay en las que se tomó en consideración los siguientes aspectos: determinar los sistemas sanitarios (letrinas, pozos sépticos, otros) en los hogares de la población de la parroquia Tarqui, dimensionamiento, estado actual, ubicación dentro o fuera del hogar y materiales de construcción.

En la mismas evidenció el uso de pozos sépticos en la mayoría de la población durante el recorrido (imagen 1), sin embargo, se debe tomar en cuenta que no todas las tecnologías se encontraban en un estado adecuado algunas presentando fugas que provocan malos olores, contaminación directa y posibles peligros a la salud por la presencia de patógenos, es decir, esta visita preliminar a la parroquia sirvió como base para la estructuración de las encuestas que fueron realizadas posteriormente.



Imagen 1 Diagnostico de estado de tecnologías de saneamiento (Maldonado & Ortiz, 2021).

2.1.2. Delimitación de la muestra poblacional

Para determinar una muestra adecuada de la población a ser encuestada se usó un muestreo no probabilístico, debido a que no se cuenta con un número concreto de habitantes en el área de estudio que no cuentan con el servicio de alcantarillado.

La muestra de la investigación se obtuvo a través de la fórmula estadística para población finita utilizando un margen de error del 0.05%. Partiendo de esto se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Formula 1 Muestra poblacional

Parámetro	Valor
N	9.155
Z	1,645
P	50,00%
Q	50,00%
e	6,00%

Tabla 7 Datos para muestra poblacional (Maldonado & Ortiz, 2021.)

En donde:

n= Tamaño de muestra

Z= Valor Z curva normal

P= Probabilidad de éxito

Q= Probabilidad de fracaso

N= Población

E= Error muestral

Tamaño de muestra

"n" =

184,16

2.2. Levantamiento De Información De Campo.

2.2.1. Encuesta

Los cuestionarios o encuestas constituyen una manera de recopilar información en forma sistemática.

El formato de encuesta utilizado en este proyecto fue desarrollado por los autores basándose en encuestas de saneamiento realizadas por el instituto nacional de estadísticas y censos del Ecuador y la visita técnica realizada a la parroquia, dicha encuesta se puede observar en el anexo 7.

2.2.2. Procedimiento

Para realizar el levantamiento adecuado de datos de la población de Tarqui – Azuay que no cuenta con un sistema de saneamiento básico, se procedió a una selección de las comunidades adecuadas a ser encuestadas mismas que se definieron atreves de diferentes criterios.

Además, se procedió al uso de herramientas de georreferenciación para diseñar mapas que confieran una mejor visualización de los lugares y sectores encuestados.

Las encuestas fueron realizadas de manera personal por los autores a los habitantes de dicha localidad mismos resultados que son necesarios para la tabulación, diagramas y diseño de planta piloto.

2.2.3. Tabulación de datos obtenidos

Una vez finalizado el proceso de encuesta a los habitantes de la localidad se procederá a tabular los datos mediante el uso del software Excel para la obtención de resultados, dicho de esta forma serán analizados y representados de manera gráfica en esquemas que permitan su mejor comprensión.

2.3. Diagrama De Flujo De Excretas

Se propuso realizar un diagrama de flujo de desechos fecales usando los datos antes mencionados el cual mediante el ancho de las flechas y los porcentajes mostrados representa la proporción de la población y la ruta que toman los mismos en cada una de las etapas del manejo de lodos en este proyecto se tomará en cuenta para la realización del gráfico explicativo únicamente las instalaciones in-situ ya que se enfocará en el área que no contempla un saneamiento básico como alcantarillado.

Los Diagramas de Flujo de Excrementos o Fecales (DFS) se utilizan para representar claramente cómo fluyen los excrementos a lo largo de la cadena de servicios de saneamiento. (Furlong et al., 2016)

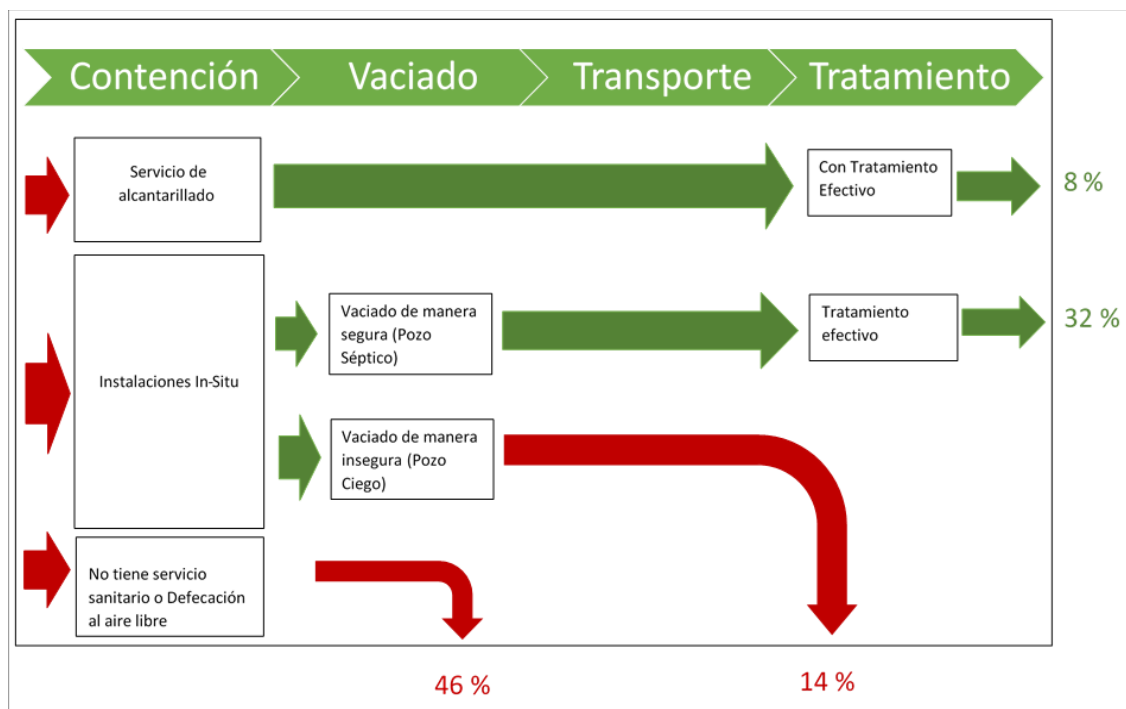


Diagrama 1 Ejemplo de un diagrama de flujo de excretas, elaborado con datos del año 2001 extraídos de PDOT Tarqui 2020 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Como se puede observar en el diagrama nro. 1 en cada etapa de la cadena se puede ver la proporción de excrementos de la población que se gestiona eficazmente o no. Al final de la cadena se indica la proporción de excrementos de la población que se gestiona de forma segura e insegura (Furlong et al., 2016).

2.4. Metodología de Diseño

2.4.1. Tecnologías Seleccionadas

Las tecnologías seleccionadas para el diseño de la planta se analizó mediante diferentes criterios técnicos, económicos y sociales esto como se detalla en el apartado 1.3.5 del marco teórico.

2.4.2. Caracterización de lodos fecales

Los lodos contienen amplia diversidad de materias suspendidas o disueltas, algunas de ellas con valor agronómico y otros micronutrientes esenciales para las plantas y otras con potencial contaminante como los metales pesados (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2013).

Ante la dificultad de una caracterización de forma verídica se seguirá la metodología descrita en libro de manejo de lodos fecales por la escritora Linda Strande y colaboradores donde se toman parámetros de diseño similares a los presentes en la vida real, los mismos que servirán de medida para el posterior desarrollo del dimensionamiento de una planta piloto.

Es decir, por la incidencia del Coronavirus con el fin de asegurar la integridad de los autores y el correcto progreso de la investigación por la situación sanitaria actual en el país se realizará una identificación mediante especificaciones técnicas ya establecidos con anterioridad en distintos documentos dando datos cercanos a los reales en la localidad en el cual se desarrolló el proyecto.

Para poder expresar de mejor manera los resultados obtenidos en la caracterización ya que estos dependerán de factores externos se desarrollaron gráficas mediante el software Excel.

2.4.3. Metodología De Diseño

Se procedió a realizar una matriz de selección que se encuentra en el anexo nro 8 con el fin de determinar las tecnologías adecuadas para el dimensionamiento de los métodos para el manejo de lodos fecales (MLF) en sus diferentes etapas como se muestran en el anexo nro. 13.

En función de esto se llegó a la siguiente opción de diseño basándose en los datos proporcionados por el GAD parroquial de Tarqui para determinar caudales adecuados para dimensionar la misma a la situación actual del sitio de estudio propuesto, el dimensionamiento y el diseño en general se llevarán a cabo en el software AutoCAD y el programa Excel.

2.5. Dimensionamiento De Las Tecnologías Para El Manejo De Lodos.

Se considerará para la eficacia ciertos criterios teóricos basados en otros autores como es el caso del libro “Manejo de Lodos Fecales: Un enfoque sistémico para su implementación y operación” por Linda Strande y colaboradores los que serán de ayuda en el dimensionamiento, adecuando dichos parámetros a los caudales obtenidos para el diseño final de las tecnologías seleccionadas.

2.6. Presentación de diseño

Para este caso de estudio se diseñó una planta piloto para el tratamiento de los lodos fecales mismos que tendrán un diseño detallado y dimensionado en la herramienta de AutoCAD donde contara con una cámara de rejillas, laguna de espesamiento, lechos de secados y lechos de secado con planta con la finalidad de obtener un buen manejo de los desechos y a su vez el tratamiento adecuado de un saneamiento básico como se muestra en el anexo 9,10,11 y 12.

CAPITULO III

3.1.RESULTADO

3.1.1. Encuesta

En el presente año 2021 en el mes de agosto se llevó a cabo una recolección de datos mediante encuestas siendo un total de 188 realizadas, mismas que sirven para el análisis actual del saneamiento en las diferentes comunidades pertenecientes a la parroquia Tarqui con la finalidad de levantar información representativa que permita una mejor visión para el desarrollo y saneamiento de lodos fecales.

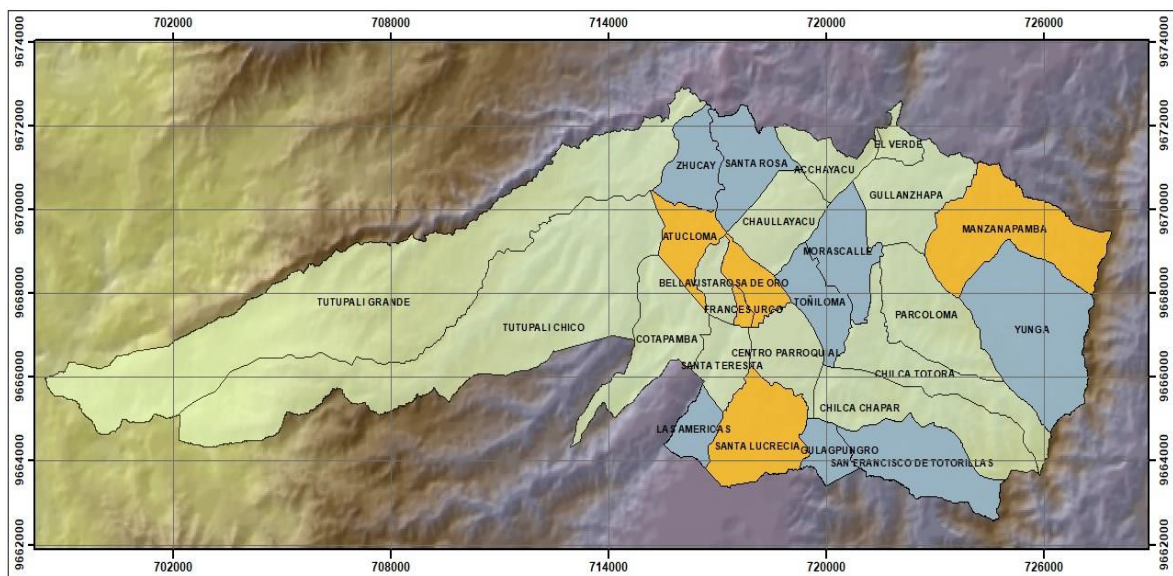


Ilustración 3 Mapa de ubicación de comunidades encuestadas (Maldonado & Ortiz, 2021).

Las comunidades encuestadas se eligieron mediante diferentes criterios los cuales son:

- Cantidad de población existente
- Área de la comunidad
- Acceso a la comunidad
- Ausencia de red pública de saneamiento o alcantarillado

Como se muestra en el grafico 4 y en la ilustración 4 las comunidades encuestadas fueron Bellavista, Centro Parroquial – Sta. Lucrecia, Chauyallacu, Chilca Chapar, Chilca Totorá, Cotapamba, El Verde, Acchayacu, Santa Teresita, Parcoloma, Guallanzhapa, Tutupali Chico y Tutupali Grande.

Dejando de lado las comunidades que no cuentan con una población lo suficientemente representativa o cuentan con alcantarillado esto basado en los datos del

PDOT de la parroquia y en los datos proporcionados por ETAPA EP de las redes de alcantarillado.

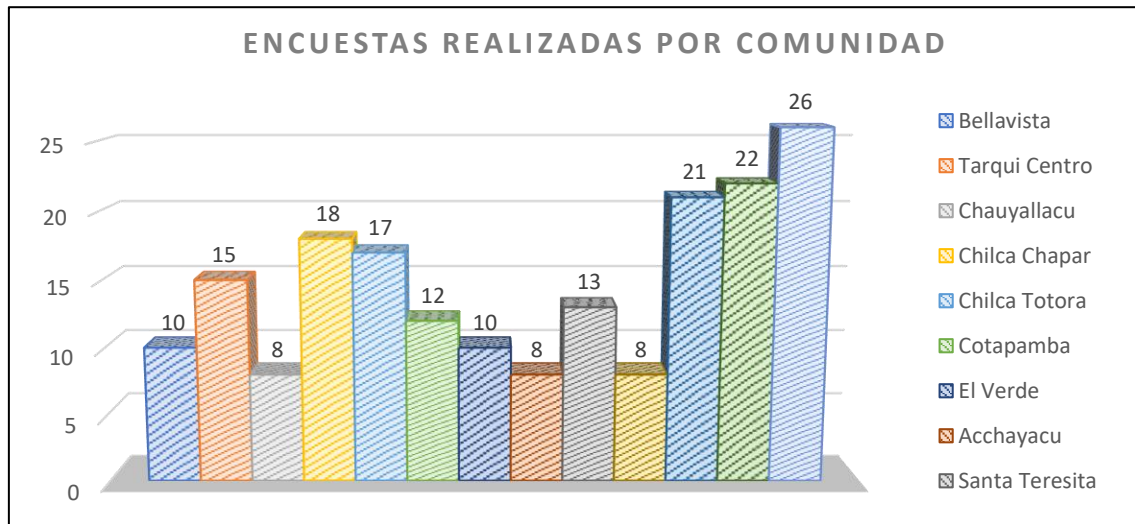


Gráfico 4 Encuestas realizadas por comunidad (Maldonado & Ortiz 2021).

La realización de encuestas es un capítulo importante para la investigación y desarrollo de este proyecto ya que aporta al levantamiento de la información de cada una de las comunidades.

Dichas encuestas se encuentran referenciadas mediante la aplicación Geo-Tracker (ilustración 5) misma que proporciona un archivo formato .gpx el cual es ingresado en el software ArcGIS como se muestra en la ilustración 4 donde se observa con una simbología de círculos amarillos los lugares donde fueron realizadas las encuestas.

Cabe recalcar que las encuestas fueron realizadas de manera que se logra evidenciar la situación sanitaria de los sectores donde existía mayor número de viviendas

ya que existen viviendas aisladas de los sectores más poblados donde no cuentan con la red.

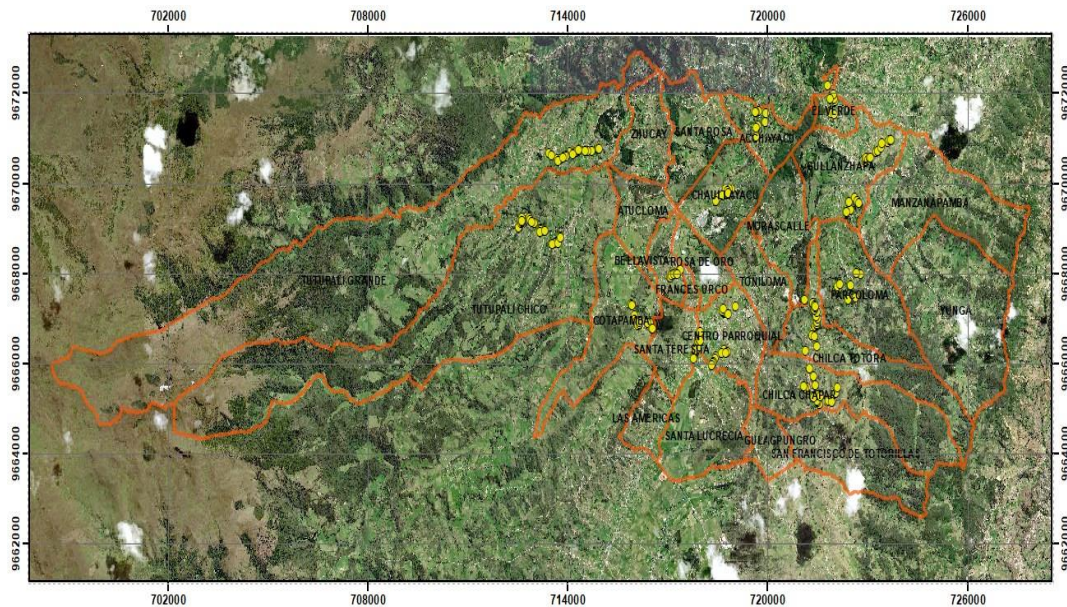


Ilustración 4 Mapa de ubicación de encuestas (Maldonado & Ortiz, 2021).

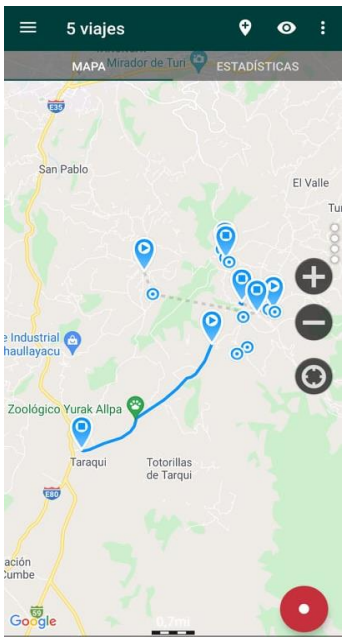


Ilustración 5 Imagen capturada de aplicación Geo-Tracker (Maldonado & Ortiz, 2021).

3.1.2. Análisis De Información Recolectada

El recorrido ejecutado en las diferentes comunidades realizando una encuesta con un total de 15 preguntas las mismas que son tabuladas por pregunta, por comunidad y de manera global con la finalidad de obtener un mejor contexto del estudio sanitario de las comunidades visitadas, la aceptación de la propuesta de una planta piloto de lodos fecales, el estado actual de otras tecnologías sanitarias usadas, la gestión de los desechos y su interés ambiental ante la evidente contaminación que se muestra en las zonas visitadas con mayor incidencia en las áreas más alejadas

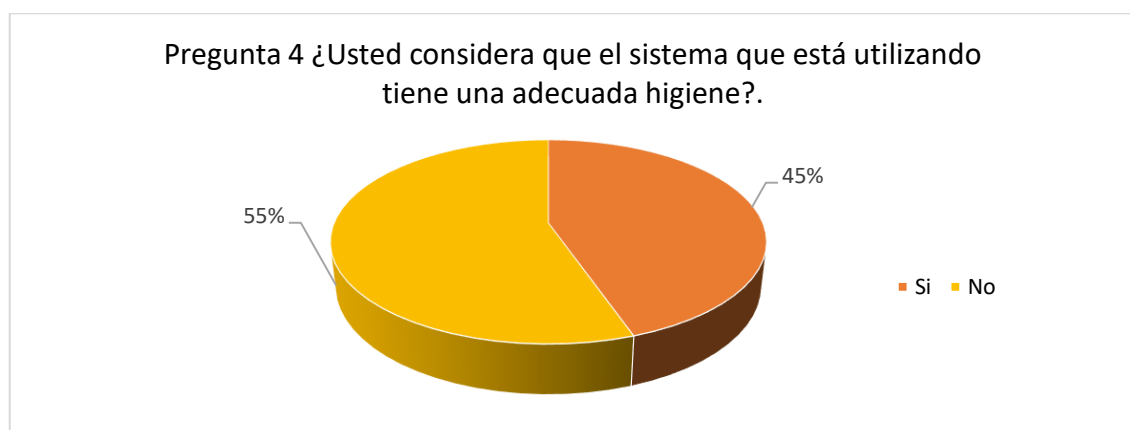


Gráfico 5 Datos globales de encuesta, pregunta 4 (Maldonado & Ortiz, 2021)

Como se muestra en el gráfico 5 se tiene una alta incidencia con un 55% de las viviendas encuestadas realizadas a nivel global consideran que no cuentan con una adecuada higiene.

Es decir, sus pozos sépticos o ciegos presentan como consecuencia malos olores, desbordes o fugas esto causado por la construcción inadecuada de tecnologías sanitarias por ejemplo sin recubrimientos de algún material o por acción de los mismos moradores

que drenan dichos sistemas de manera continua a ríos, quebradas, acequias, campos abiertos, calles, entre otros, esto se puede evidenciar en el gráfico 6.

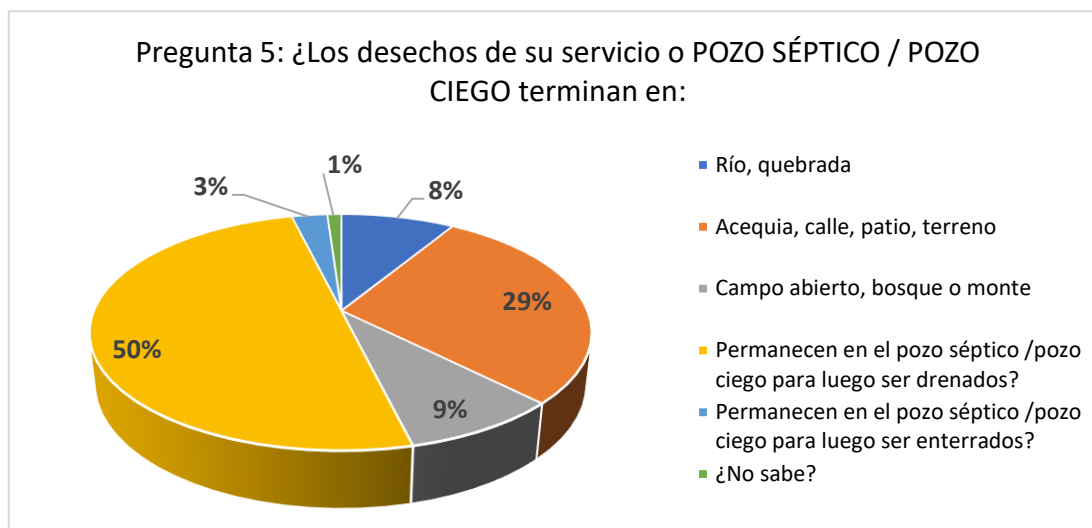


Gráfico 6 Datos globales de encuesta, Pregunta 5 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Con el fin de obtener una visión global de los datos recolectados de las 13 comunidades encuestadas se procedió a realizar un análisis por pregunta utilizando el software Excel para su tabulación.

- Comunidad de Bellavista

En la comunidad de Bellavista se obtuvo un total de 10 encuestas mismas que resaltando las preguntas más relevantes indicando los siguientes resultados como es el caso de la pregunta 12 de la encuesta donde 90% usuarios estarían de acuerdo con que se realice una planta de tratamiento de lodos y 10% no estaría de acuerdo con lo planteado, por ende los moradores se muestran interesados ante la propuesta mencionada ya que la falta de red pública hace que opten por otras opciones que mejoren la calidad de vida en este lugar.

Otro aspecto para resaltar en varias comunidades incluyendo la comunidad de Bellavista es la presencia de malos olores en diferentes viviendas por la falta de recolección y vaciado de los pozos sépticos ya que usuarios desbordan directamente en acequias, calles o terrenos el excedente de los sistemas lo que ocasiona problemas con otros moradores y a nivel ambiental.

Se revisó el estado de los pozos sépticos actual de las viviendas encuestadas donde se observa el tipo de material que está construido cómo se muestra en la siguiente imagen nro. 2.



Imagen 2 Pozo séptico comunidad Bellavista (*Maldonado & Ortiz, 2021*).

- **Centro parroquial**

Algunas comunidades como es el caso del Centro parroquial cuentan con red de alcantarillado esto mencionado en el PDOT de Tarqui 2020 pero en el recorrido realizado se observó que no toda la comunidad tiene acceso al servicio, en ciertos barrios entre ellos Santa Lucrecia no cuenta con la red pública es ahí donde se realizó 15 encuestas a diferentes viviendas dando un resultado que 80% usuarios están de acuerdo con la propuesta planteada de realizar la planta de lodos y 20% no lo estarían.

En el recorrido se observó que existen viviendas que desbordan el líquido del pozo séptico a la calle, acequia o terrenos esto dando un mal aspecto a los barrios además de posibles problemas sanitarios, los usuarios de estos sectores expresan descontento por los inconvenientes que existen por la falta de alcantarillado como malos olores, presencia de insectos entre otras incomodidades causadas por mantener los lodos en una fosa con un rebose inadecuado como se muestra en la imagen nro. 3.



Imagen 3 Pozo séptico con desborda a la calle barrio Santa Lucrecia - Centro Tarqui (Maldonado & Ortiz, 2021)

Este barrio que pertenece al Centro de Tarqui si realiza el vaciado de sus pozos sépticos en un 75% mismos que tienen convenio con el GAD de la parroquia.

- **Comunidad Chaullayacu**

La comunidad de Chaullayacu cuenta con una población de 400 habitantes según el censo realizado el año 2010, por lo que se realizó 8 encuestas a diferentes viviendas, donde 88% usuarios están de acuerdo con la propuesta de la planta de lodos y 13% no lo estaría, evidenciando qué la situación actual se puede mejorar.

En las diferentes viviendas se observó que en su mayoría el servicio sanitario se encuentra en los exteriores del hogar en un 62,5% mientras que el 37,5% está dentro de

las residencias como se evidencia en el gráfico 7 teniendo incidencia en compartir el servicio sanitario con personas fuera de los círculos familiares.

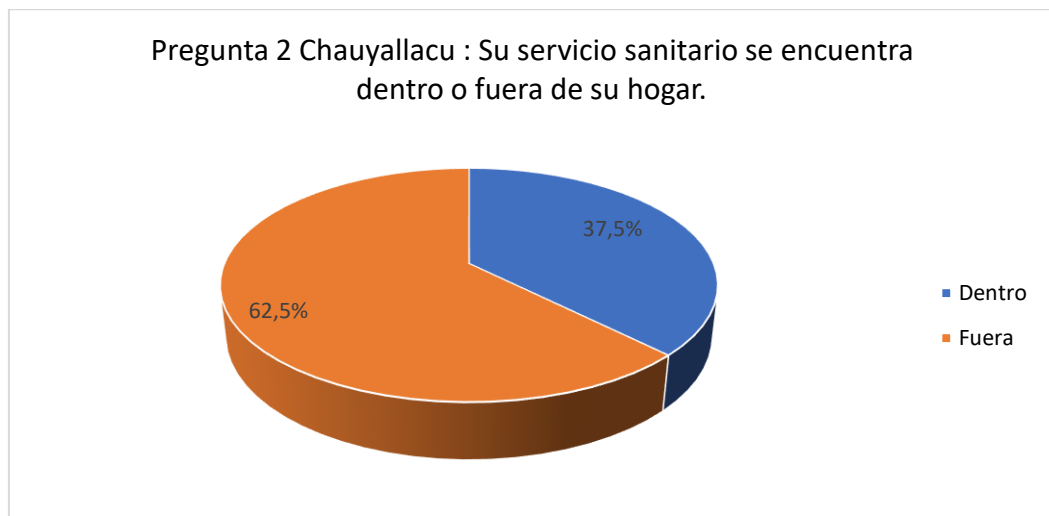


Gráfico 7 Pregunta 2 Chauyallacu (Maldonado & Ortiz, 2021).

Algunas viviendas del sector desbordan los líquidos del pozo séptico a una vertiente, a las acequias, calle o terrenos llegando a ser un problema ya que la mayoría de la población se dedica a la agricultura y ganadería usan esa agua con el mismo fin, es por esto que los pobladores presentan quejas por las personas que realizan las descargas.

Entre otros aspectos se observa qué hay pozos sépticos que son hechos directamente en el suelo sin recubrimiento de algún material como se puede denotar en el gráfico 8 y la imagen nro. 4 a continuación.

Pregunta 6 Chauyallacu : ¿Con qué tipo de LETRINA o Pozo séptico cuenta el HOGAR:

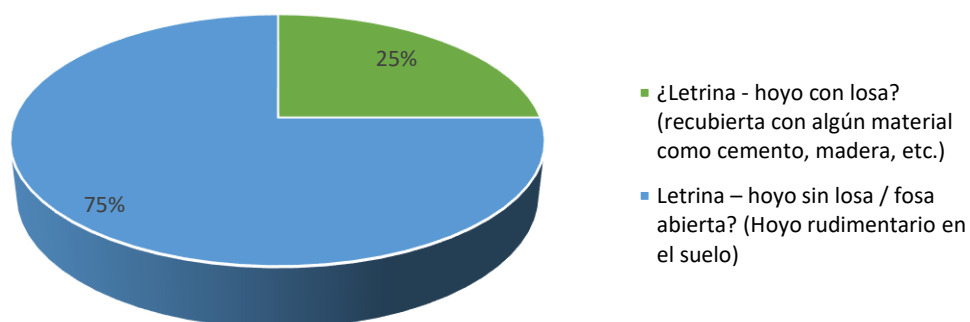


Gráfico 8 Pregunta 6 Chauyallacu (Maldonado & Ortiz, 2021).



Imagen 4 Pozo séptico con recubrimiento comunidad Chauyallacu (Maldonado & Ortiz, 2021).

- **Comunidad Chilca Chapar**

La comunidad de Chilca Chapar cuenta con un área más extensa que otras comunidades además de una vía de acceso que facilitó la realización de 18 encuestas

programadas para el sector donde 89% usuarios están de acuerdo con la propuesta de la planta y 11% no lo estarían, puesto que en esta zona la recolección y vaciado de los pozos no es adecuada, se observó que diferentes viviendas descargan estos desechos a la acequia, calle, terrenos, campos abiertos, o entierran las fosas para abrir uno nuevo como se muestra en el gráfico 9.

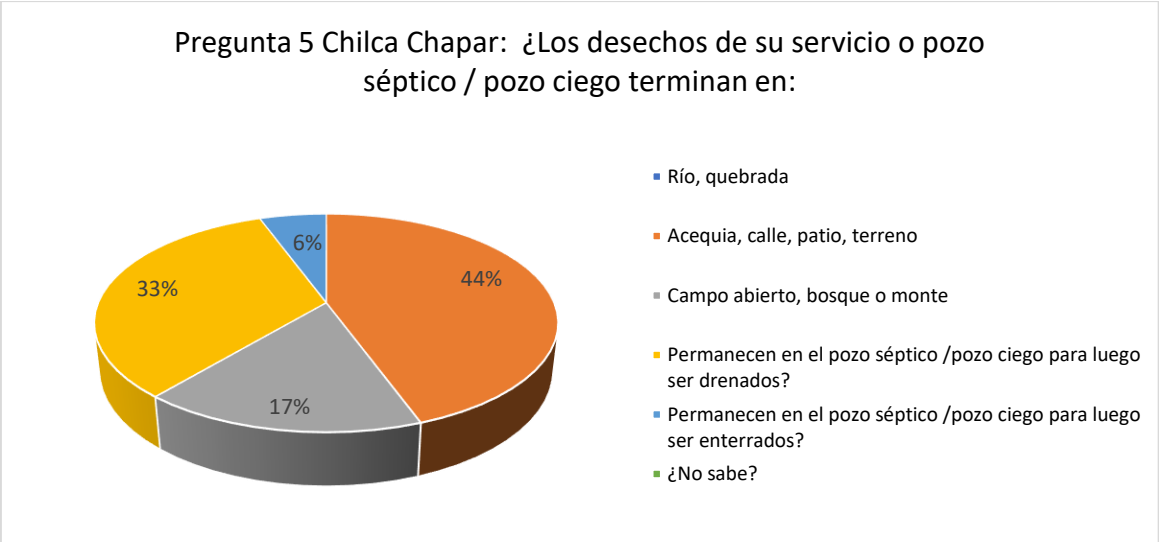


Gráfico 9 Pregunta 5 Chilca Chapar (Maldonado & Ortiz, 2021)

Se observa que en algunas viviendas los pozos sépticos son en su mayoría sin recubrimiento de ningún material es decir son sistemas realizados en tierra donde fácilmente se infiltran los líquidos presentes en los lodos, esto se expresa en el gráfico 10.

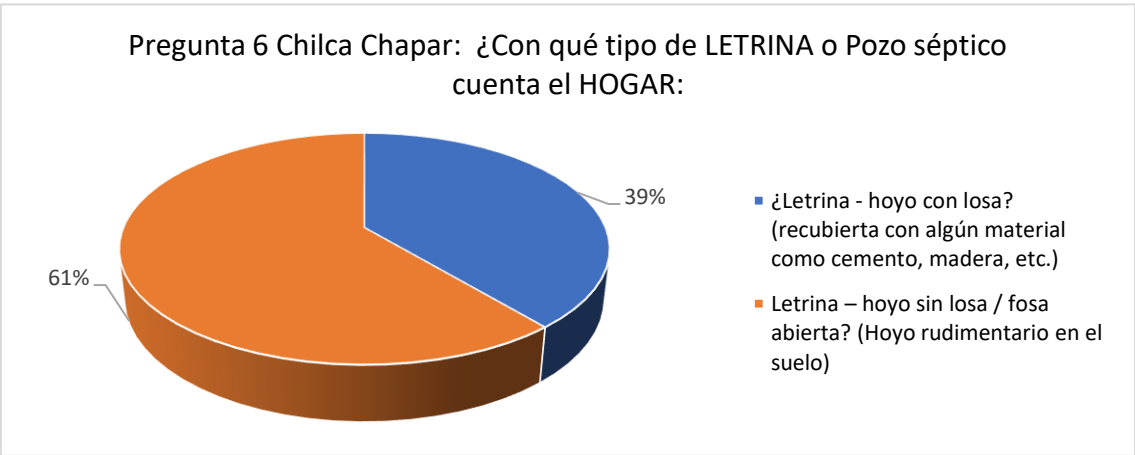


Gráfico 10 Pregunta 6 Chilca Chapar (Maldonado & Ortiz, 2021).

Otro punto de la encuesta que se consideró es si los usuarios estarían dispuestos a solventar una tasa por la recolección y vaciado del pozo en los cuales un 88% están de acuerdo con una cantidad entre 20 y 30 dólares por m^3 y 22% no estaría dispuesto a pagar.

Cabe mencionar que según los moradores de diferentes sectores los cobros de la extracción de los lodos de los pozos varían dependiendo de si son realizados con apoyo de un convenio con el GAD de Tarqui donde el costo es un valor estándar de 10 dólares o si se realizan directamente con la empresa de agua potable y saneamiento ETAPA donde el costo de limpieza de fosas sépticas residenciales es de 110,71 USD/hora de servicio, sin embargo, esto responde a un análisis de precios unitarios que se actualiza al menos una vez al año, en función de las condiciones técnicas del servicio.

Como es el caso en varias comunidades los servicios sanitarios pueden estar dentro o fuera del hogar como esta el caso de la vivienda que se muestra en la imagen nro 5.



Imagen 5 Servicio fuera del hogar comunidad Chilca Chapar (Maldonado & Ortiz, 2021).

- Comunidad Chilca Totorá

La comunidad de Chilca Totorá al estar cerca de la comunidad de Chilca Chapar presentan casi las mismas dificultades, en este lugar se realizó 17 encuestas donde los usuarios que cuentan con excusado y pozo séptico son 88%, mientras que 12% no poseen ningún tipo de servicio sanitario es decir defecan al aire libre (gráfico 11), de los hogares que disponen de fosas sépticas apenas el 35% cuenta con el servicio dentro del hogar y el 53% tienen el servicio fuera de las casas de la misma manera las viviendas que no cuentan con el sistema sanitario representar el 12% como se muestra el gráfico 12.

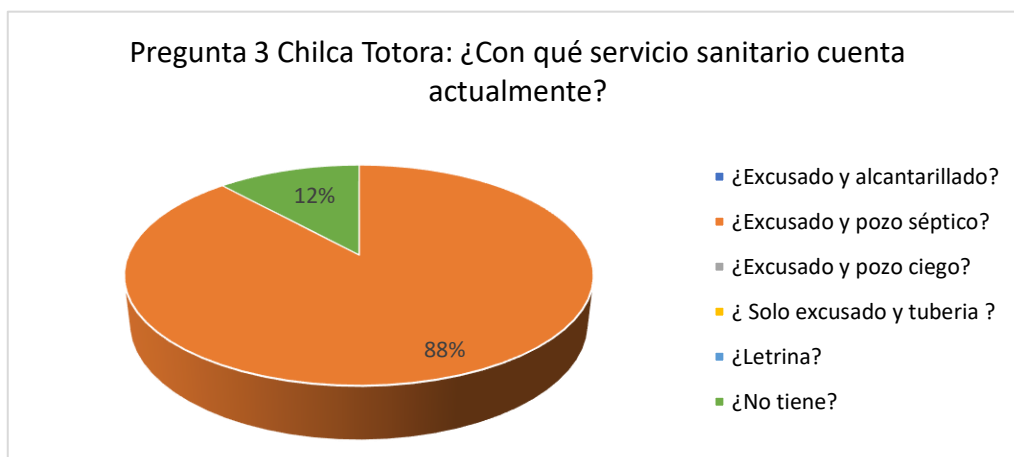


Gráfico 11 Pregunta 3 Chilca Totorá (Maldonado & Ortiz, 2021).

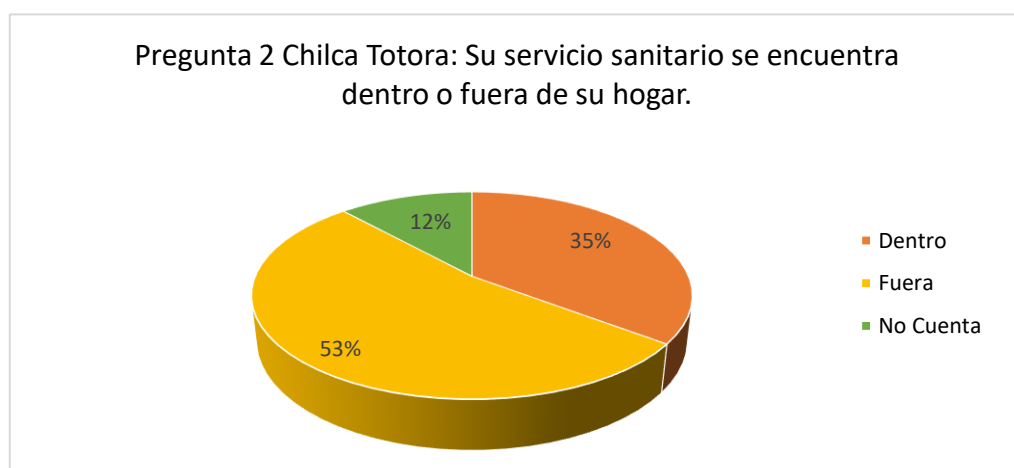


Gráfico 12 Pregunta 2 Chilca Totorá (Maldonado & Ortiz, 2021)

En esta comunidad han surgido diferentes problemas en consecuencia del mal mantenimiento de las fosas entre ella los malos olores por fugas o rebose de los pozos sépticos esto se puede evidenciar en el gráfico 13 donde solamente el 27% mantiene los lodos en los pozos para posteriormente vaciarlos de manera adecuada, el 13% llegan a ser enterrados después de cumplir su vida útil para a continuación abrir un nuevo pozo.

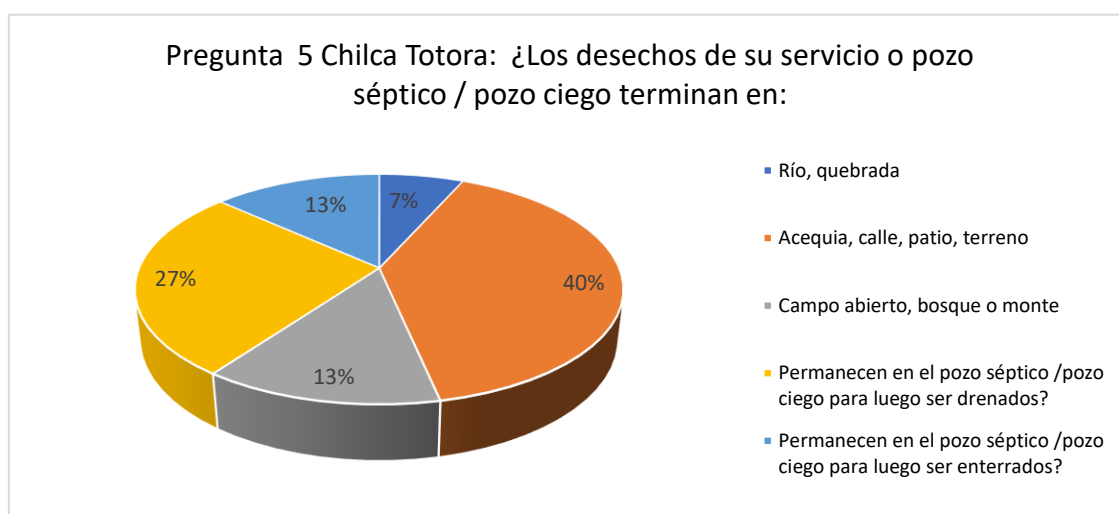


Gráfico 13 Pregunta 5 Chilca Totorá (Maldonado & Ortiz, 2021).

- Comunidad Cotapamba

La comunidad de Cotapamba se ubica cerca de la vía principal de acceso lo que facilita el transporte para el vaciado del pozo séptico en este sector se llevó a cabo 12 encuestas en las cuales 50% de los habitantes realizan la correcta descarga de los pozos llamando a tanques cisterna a diferencia de otros hogares que no tiene un adecuado manejo ya que los moradores al momento de llenado por completo la fosa séptica desbordaban el excedente directamente a la vertiente que atraviesa por esta comunidad como se muestra en la imagen número 6 contribuyendo a una contaminación por lo que

la propuesta de la planta de lodos les ha interesado siendo 92% a favor y 8% no estaría de acuerdo.

El estado de los pozos sépticos no cuenta con una apropiada higiene, lo que 42% si tiene una adecuada higiene y 58% considero que no posee un correcto aseo como se muestra en el gráfico 14.

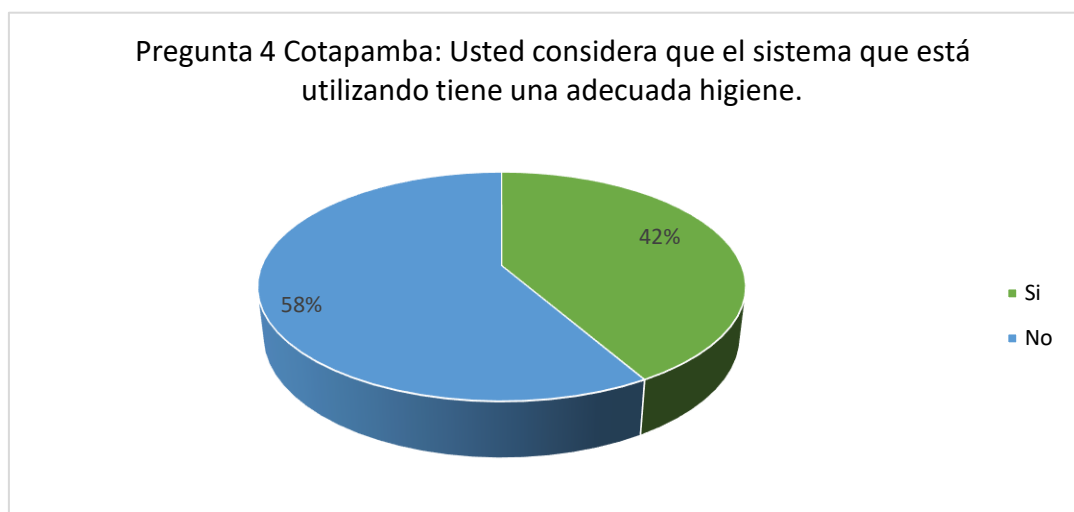


Gráfico 14 Pregunta 4 Cotapamba (Maldonado & Ortiz, 2021).



Imagen 6 Descarga directa a vertiente comunidad Cotapamba (Maldonado & Ortiz, 2021).

En cuanto a la disposición de las aguas residuales la comunidad no cuenta con sistema de alcantarillado, debido a que no existe un punto de desagüe, y su lejanía no permite que las aguas residuales sean tratadas (Duque & Hernández, 2020).

- **Comunidad El Verde**

La comunidad del Verde es una de las comunidades que se encuentra con acceso vial y por ende en un futuro se podría realizar estudios de alcantarillado en este sector, se llevó a cabo 10 encuestas dando como resultado que actualmente los moradores tienen pozos sépticos y pozo ciegos mismos que se encuentran contruidos con cemento o algún material que los recubra como se observa en la imagen nro 7 y otros son directamente realizados en el suelo, los usuarios del lugar están en su totalidad de acuerdo con la realización de la planta ya que han surgido problemas de contaminación por lo que quieren mejorar la calidad de vida y de modo que pagarían una tasa por la recolección y vaciado del mismo.



Imagen 7 Pozo séptico con recubrimiento comunidad El Verde (Maldonado & Ortiz, 2021).

- Comunidad Acchayacu

En la comunidad de Acchayacu se llevó a cabo 8 encuestas en donde los moradores encuestados cuentan en su totalidad con excusado y pozos sépticos mismos que realizan el vaciado forma correcta en un 62% llamando al respectivo tanque cisterna y 38% desbordan a la acequia.

Los habitantes están de acuerdo con un 87% a la propuesta de una planta piloto de lodos fecales y 13% no lo estaría se muestra en el gráfico 15, de la misma manera en la parte económica con el hecho de pagar una tasa por la recolección y descarga.

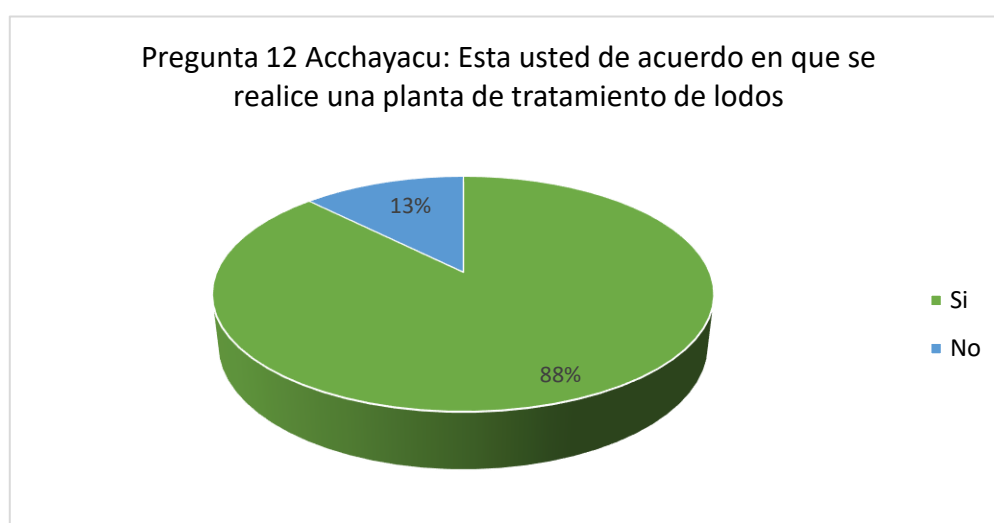


Gráfico 15 Pregunta 12 Acchayacu (Maldonado & Ortiz, 2021).

Cabe recalcar que en este sector una parte de la población cuenta con alcantarillado, pero a su vez cierto sectores no por lo que tienen pozos ciegos o septicos como se muestra en la imagen nro 8.



Imagen 8 Pozo cerrado comunidad Acchayacu (Maldonado & Ortiz, 2021).

- **Comunidad Santa Teresita**

La comunidad Santa Teresita al estar ubicada en la vía principal de Cuenca - Loja la mayoría de los moradores cuentan con alcantarillado, exceptuando ciertas zonas donde se procedió a realizar 13 encuestas dando los siguientes resultados 46% si realizan el debido vaciado de los pozos sépticos, 38% desbordan directamente al río lo que genera una contaminación significativa, 8% votan el líquido de las fosas a terrenos esto como se muestra en el gráfico 16.

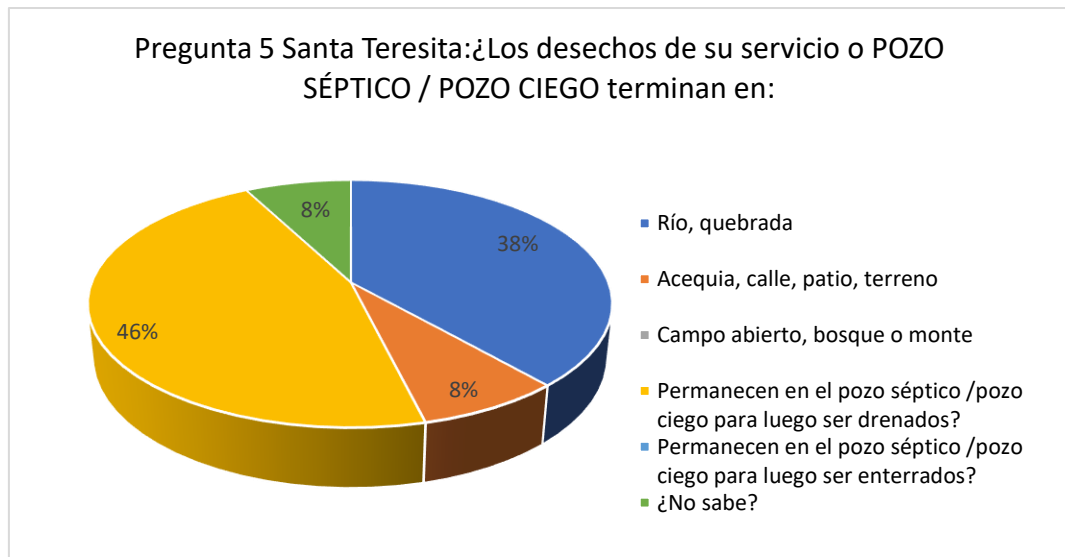


Gráfico 16 Pregunta 5 Santa Teresita (Maldonado & Ortiz, 2021).

Los encuestados están en su totalidad de acuerdo con la propuesta de planta ya que mejoraría la calidad de vida y se evitaría la contaminación al río ya que esta agua es utilizada para cultivos, ganadería, entre otros, por dicho motivo los moradores estarían dispuesto a pagar una tasa por la recolección y limpieza de este.

- **Comunidad Parcoloma**

La comunidad de Parcoloma en su mayoría cuentan con alcantarillado pero en ciertos sectores de la zona no poseen el servicio mismos que se encuentran alejados y con muy pocas viviendas es por esta razón que se realizaron 8 encuestas donde los resultados más relevantes son que el 90% cuenta con pozos sépticos y 10% con pozo ciego, la situación actual de este lugar es que no realizan la debida descarga y vaciado de dichas fosas como se muestra en la imagen nro 9 por lo que estos desbordan de manera directa en un 50% a las acequias seguido por un 25% que almacenan los lodos para luego ser enterrados, estos no tienen una disposición final adecuada como se muestra en el gráfico

17 debido a que los pozos sépticos están contruidos directamente en el suelo sin recubrimiento de algún material lo que provoca infiltración de los líquidos.

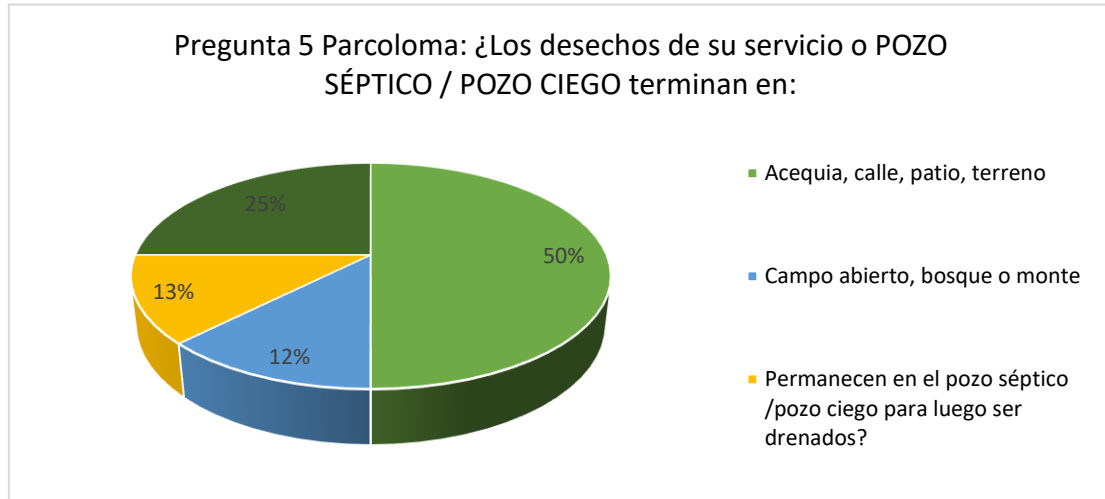


Gráfico 17 Pregunta 5 Parcoloma (Maldonado & Ortiz, 2021).

Los usuarios de este lugar han mencionado que por la falta de apoyo no están muy interesados en la propuesta ya que la economía del lugar se ha visto afecta.



Imagen 9 Descarga directa a acequia Comunidad Parcoloma (Maldonado & Ortiz, 2021).

- Comunidad Guallanzhapa

La comunidad de Guallanzhapa es una de las más pobladas con 1044 habitantes según el INEC en su censo realizado en el año 2010 perteneciente a la parroquia Tarqui y a su vez es una de las comunidades más organizadas sin embargo en la parte norte y centro tienen alcantarillado pero el sureste no es ahí donde se procede a realizar las encuestas que en su totalidad llegaron a ser 21 dando de tal manera los siguientes resultados relevantes.

El 66% de habitantes cuentan con excusado y pozos séptico, 24% excusado y pozo ciego, 5% solo cuentan con excusado y 5% no tiene excusado es decir defecan al aire libre como se muestra en el gráfico 18.

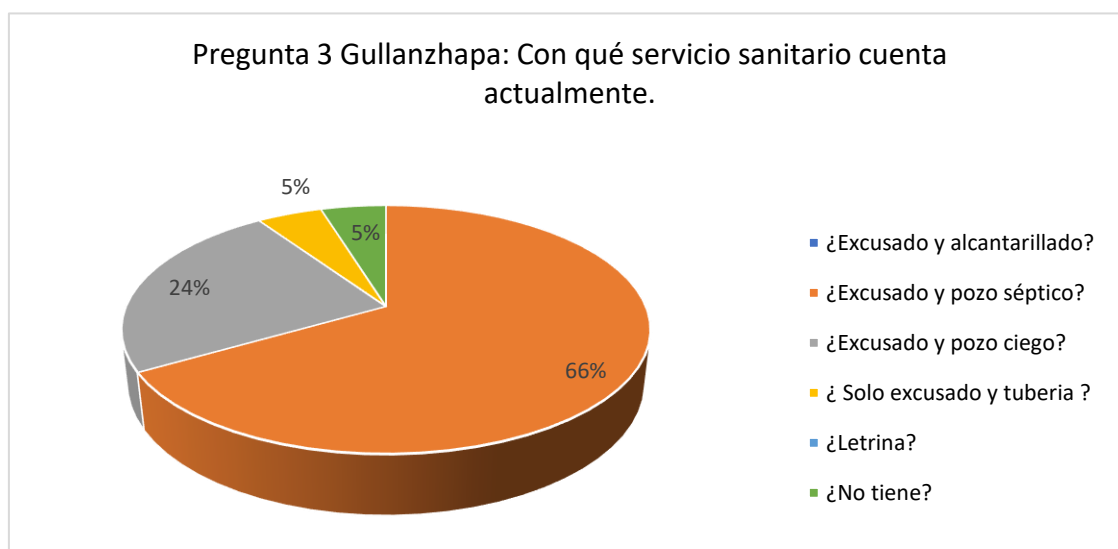


Gráfico 18 Pregunta 3 Guallanzhapa (Maldonado & Ortiz, 2021).

Entre otros aspectos relevantes de la comunidad es que desbordan el líquido excedente de las fosas sépticas dando como porcentaje mayoritario que el 44% descargan a la acequia mientras que solo un 33% llegan a permanecer en los pozos para luego ser

vaciados por el recolector seguidamente se tiene el 17% al campo abierto, bosque o monte y finalmente el 6% al río o quebrada siendo esto un factor de contaminación como se muestra en el gráfico 19.

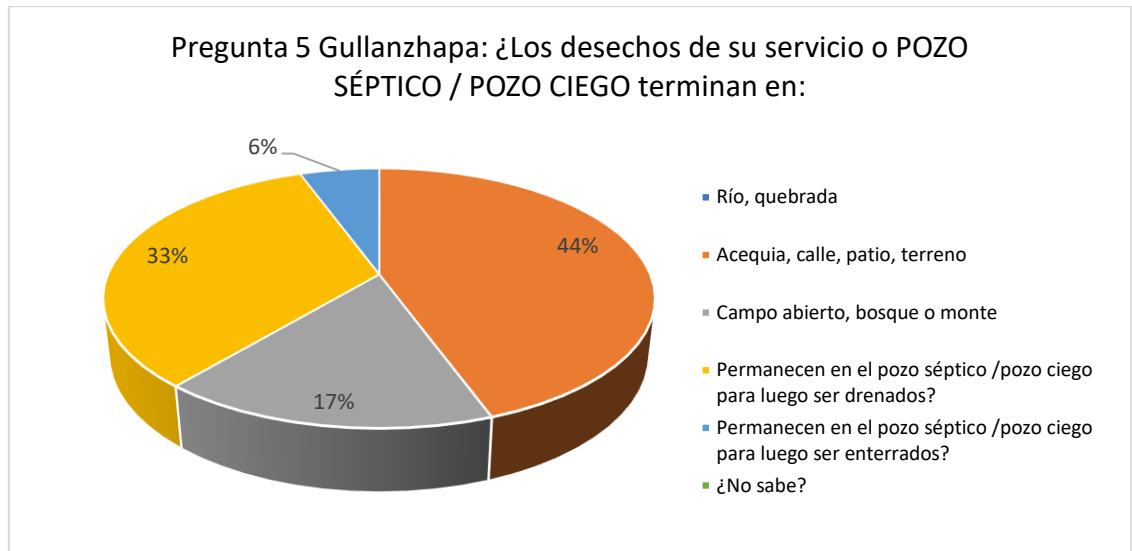


Gráfico 19 Pregunta 5 Guallanhapa (Maldonado & Ortiz, 2021).

Guallanhapa al igual que el resto de las comunidades visitadas presenta fugas o malos olores esto es debido a que el 61% de las viviendas que cuentan con los pozos sépticos no son construidos de algún material si no de manera directa en el suelo lo que provoca infiltración de líquidos entre otros aspectos y solo el 39% tiene el pozo hecho de losa o de algún material como se muestra en el gráfico 20.

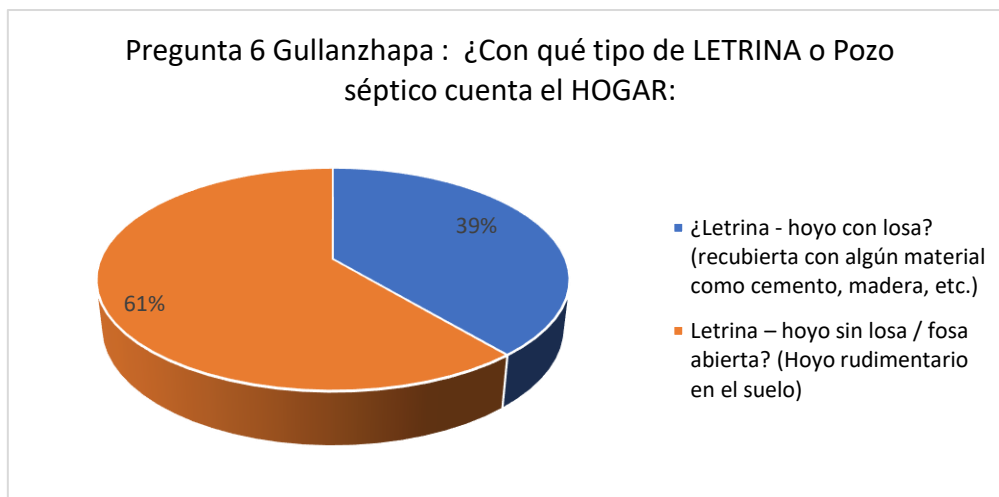


Gráfico 20 Pregunta 6 Gullanzhapa (Maldonado & Ortiz, 2021).

Es por esta razón que la propuesta de la planta de lodos es de interés para los habitantes debido al acceso vial y a su vez están dispuestos a pagar una tasa de recolección y vaciado de dichos pozos como se muestra en el gráfico 21.

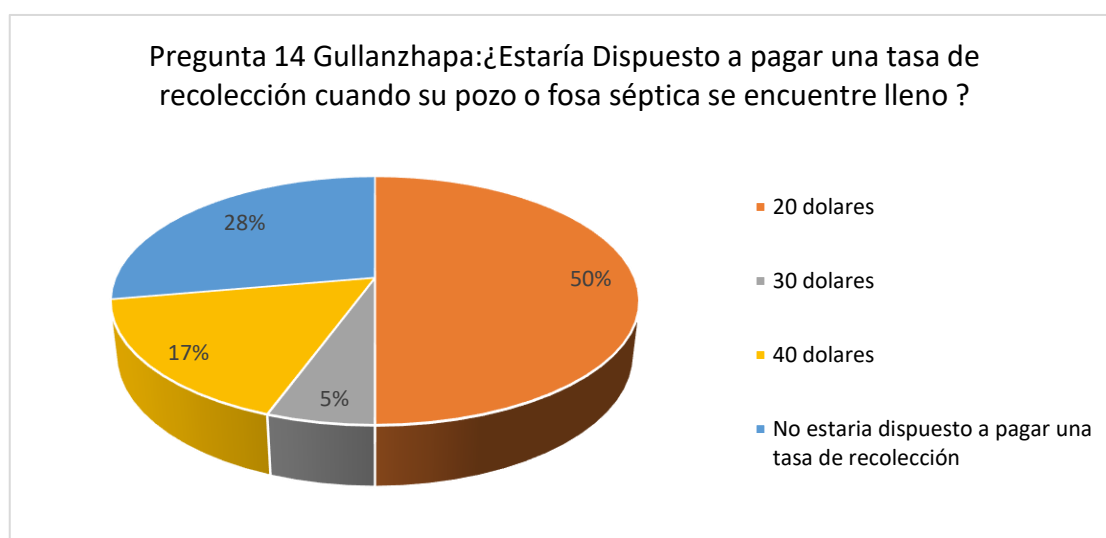


Gráfico 21 Pregunta 14 Gullanzhapa (Maldonado & Ortiz, 2021)

- Comunidad Tutupali Chico

La comunidad de Tutupali Chico es una de las comunidades más extensas en territorio y pobladas de la parroquia Tarqui mismas que en el centro de la zona si disponen

de servicio de alcantarillado, pero en la parte suroeste no cuenta es ahí donde se realizan las 26 encuestas dando los siguientes resultados 77% de habitantes tienen excusado y pozo séptico, 15% solo baño con tubería y 8% con excusado y pozo ciego como se muestra en el gráfico 22.

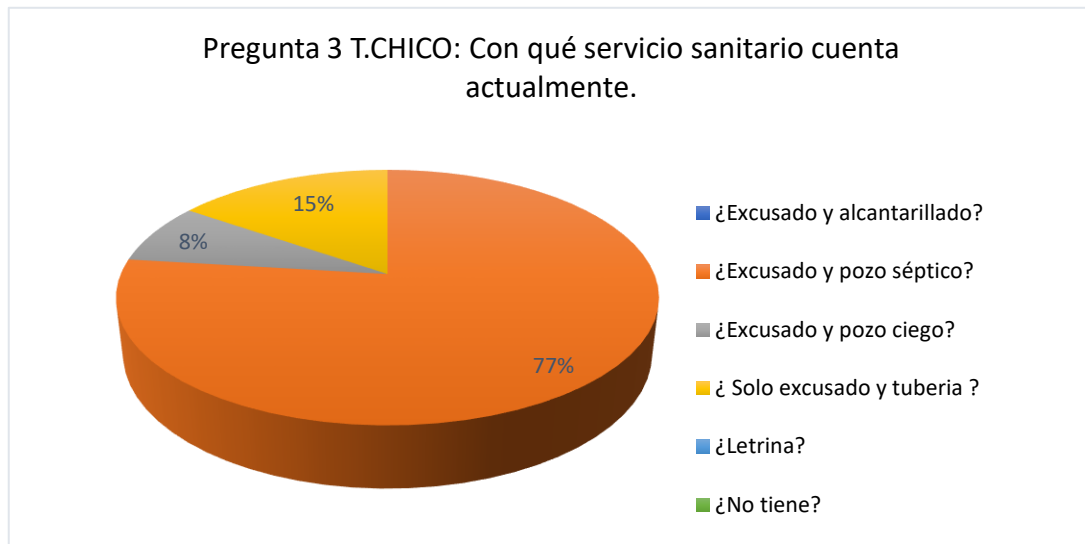


Gráfico 22 Pregunta 3 Tutupali Chico (Maldonado & Ortiz, 2021).

Además, que los moradores de Tutupali Chico tienen en su mayoría el servicio sanitario fuera del hogar siendo 58% de los encuestados y 42% mantienen el excusado dentro de las viviendas como se observa en el gráfico 23.



Gráfico 23 Pregunta 2 Tutupali Chico (Maldonado & Ortiz, 2021).

Los usuarios de esta comunidad realizan las descargas de manera directa de los líquidos de la fosa al río Tutupali como se observa en la imagen nro 10 además que 27% desbordan a la acequia, calle o terreno el 8% al campo abierto y 50% cumplen con el debido vaciado llamando al recolector así evitando malos olores o desbordes por el exceso de estos.



Imagen 10 Descarga directa a río Comunidad Tutupali Chico (Maldonado & Ortiz, 2021).

Los moradores se comunican directamente a ETAPA para realizar la solicitud respectiva de limpieza y descarga de fosas como se muestra en el gráfico 24.

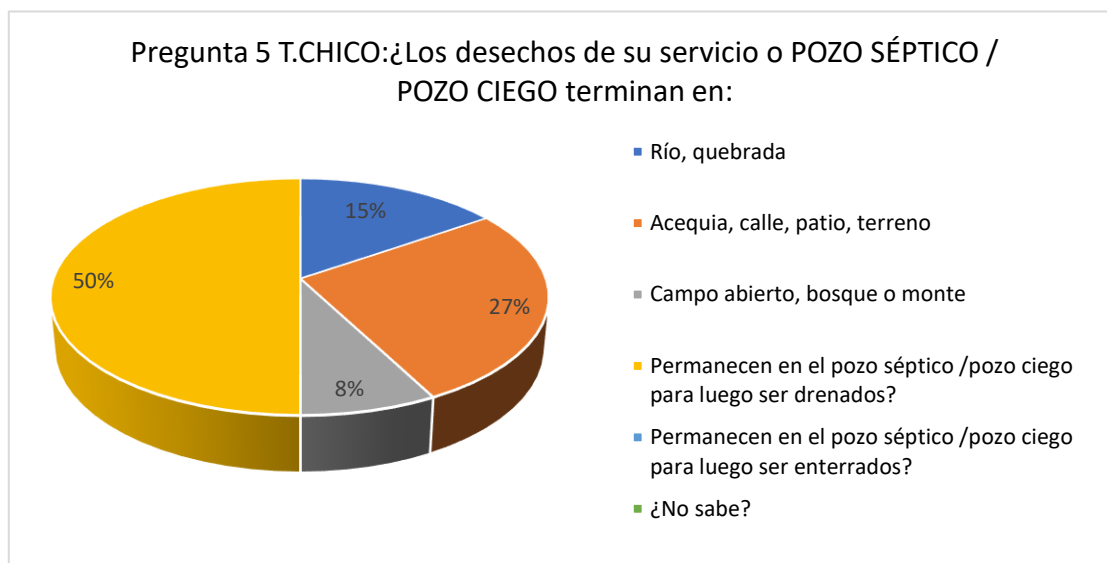


Gráfico 24 Pregunta 5 Tutupali Chico (Maldonado & Ortiz, 2021).

Es por esta razón que se propone a la comunidad la planta de lodos en donde 58% de encuestados estarían de acuerdo y 42% no lo estaría teniendo en cuenta que se están realizando estudios para ampliar el sistema de alcantarillado en el lugar como se muestra en el gráfico 25.

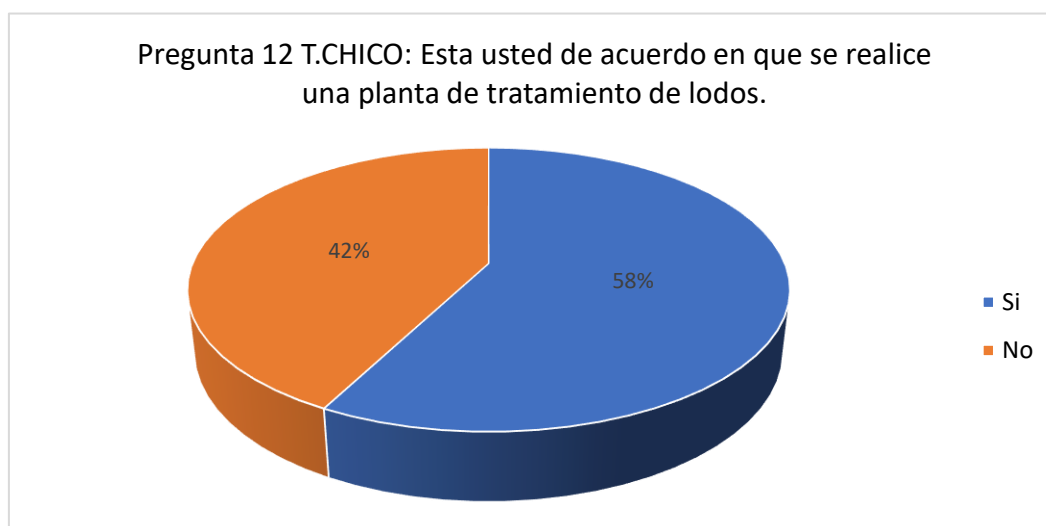


Gráfico 25 Pregunta 12 Tutupali Chico (Maldonado & Ortiz, 2021).

Los habitantes de Tutupali Chico al estar en su mayoría de acuerdo con la propuesta de la planta de lodos a su vez están dispuestos a pagar una tasa de recolección esto como se muestra en el gráfico 26.

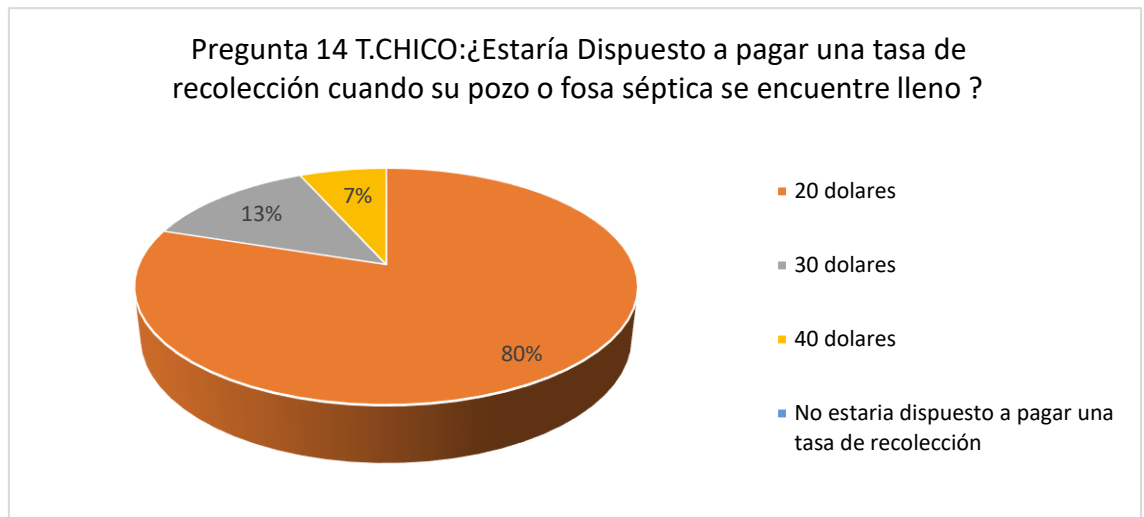


Gráfico 26 Pregunta 14 Tutupali Chico (Maldonado & Ortiz, 2021).

- Comunidad Tutupali Grande

La comunidad de Tutupali Grande al igual que Tutupali Chico es una de las comunidades más extensas y pobladas de la parroquia Tarqui mismas que en el centro de la zona si disponen de servicio de red pública de alcantarillado pero a su vez en la parte noroeste no cuentan con lo mencionado por lo que se realizó 22 encuestas en donde dieron los siguientes resultados 64% cuentan con el servicio sanitario dentro del hogar y el 36% mantiene el servicio sanitario fuera de las viviendas como se muestra en el gráfico 27.

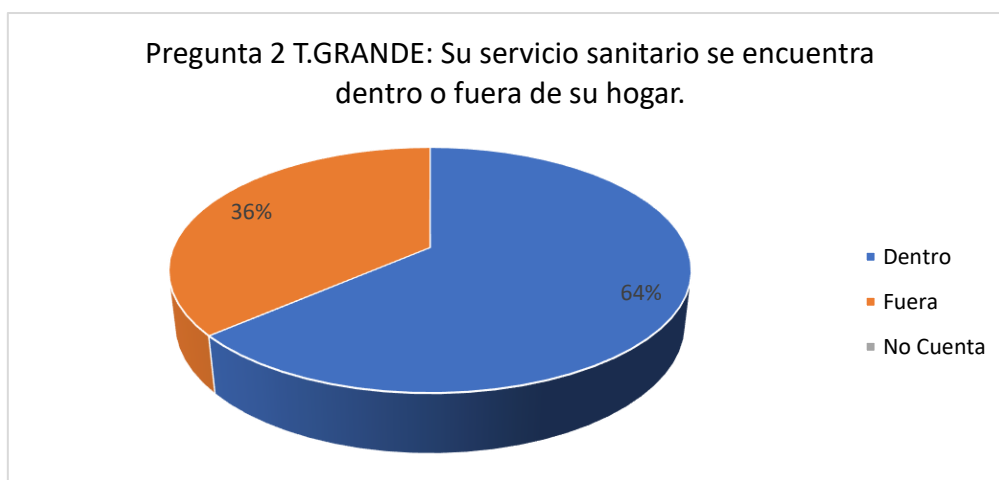


Gráfico 27 Pregunta 2 Tutupali Grande (Maldonado & Ortiz, 2021).

Realizado el recorrido se constató que el 55% de las viviendas encuestadas disponen de pozos con enlucido de algún material y 45% no cuentan con ningún tipo de recubrimiento esto mostrado en el gráfico 28.

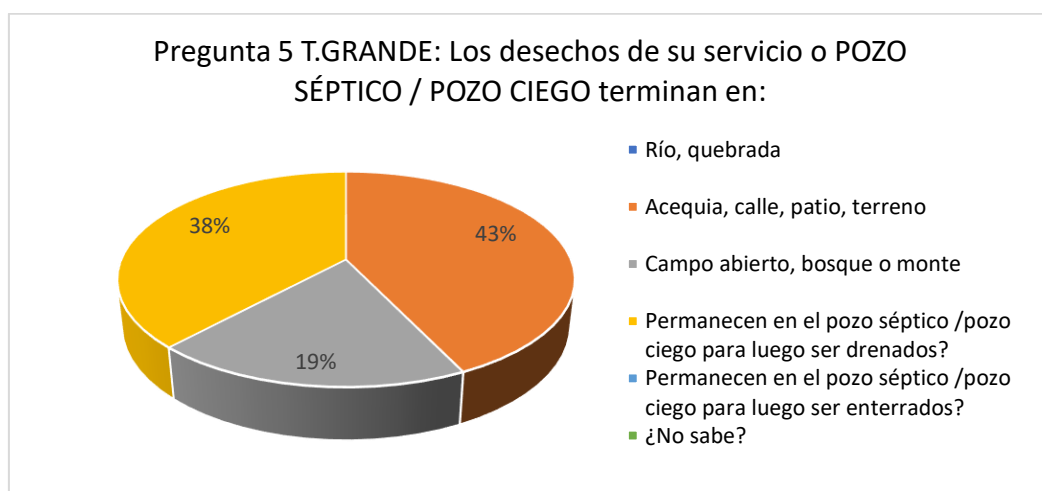


Gráfico 28 Pregunta 5 Tutupali Grande (Maldonado & Ortiz, 2021).

Es por esta razón que los usuarios realizan las descargas de manera directa de los líquidos del pozo en un 43% desbordando a terrenos el 19% a campo abierto y 38% cumplen con el debido vaciado llamando al recolector y así evitando malos olores o desbordes por el exceso como se observa en el gráfico 29.

Pregunta 6 T.GRANDE: Con qué tipo de LETRINA o Pozo séptico cuenta el HOGAR:

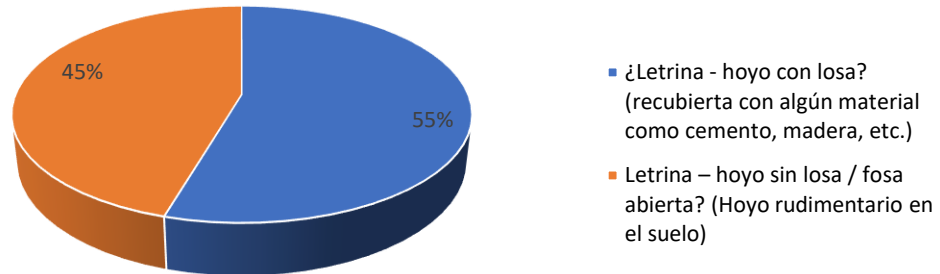


Gráfico 29 Pregunta 5 Tutupali Grande (Maldonado & Ortiz, 2021).

Es por este motivo la propuesta de un diseño de una planta piloto de lodos resulta favorable a los habitantes debido que el acceso vial es bueno y los moradores están acuerdo a pagar una tasa de recolección de las fosas sépticas teniendo que el 59% pagarían 20.00 dólares por m^3 seguido con un 23% de 30.00 dólares por m^3 y un 18% no estarían dispuesto a pagar como se muestra en el gráfico 30.

Pregunta 14 T.GRANDE: ¿Estaría Dispuesto a pagar una tasa de recolección cuando su pozo o fosa séptica se encuentre lleno ?

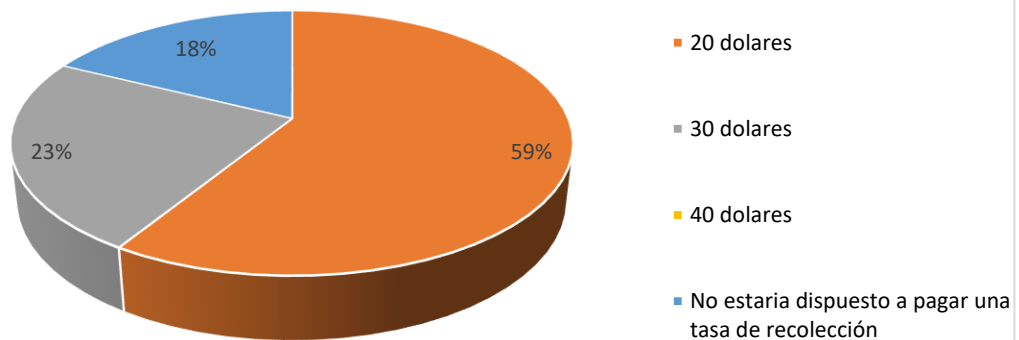


Gráfico 30 Pregunta 14 Tutupali Grande (Maldonado & Ortiz, 2021)

3.1.3. Análisis De Datos Globales

Se realizó un análisis de forma global a las encuestas en las trece diferentes comunidades pertenecientes a la parroquia Tarqui uno de los factores a tomar en cuenta para la consideración de generación de lodos es la cantidad de personas por vivienda, como resultado se obtuvo el gráfico 31 el cual indica que la mayoría de las viviendas tienden a tener cinco o más habitantes.

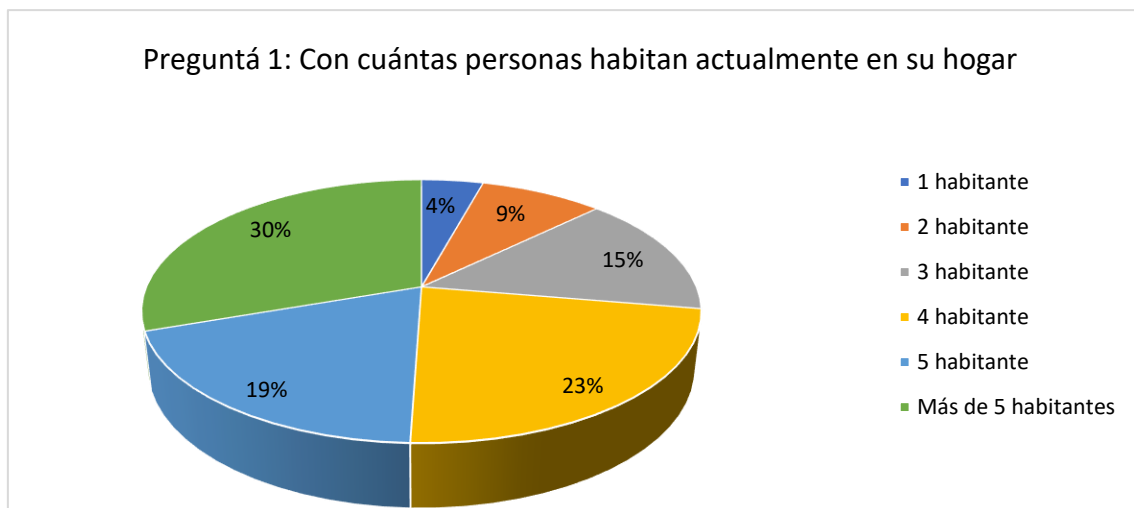


Gráfico 31 Datos globales de encuestas, Pregunta 1 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Un aspecto para conocer el estado actual del sistema sanitario de las diferentes comunidades y la parroquia es la ubicación del servicio higiénico es decir el cual puede encontrarse dentro o fuera de las viviendas, además como se muestra en el gráfico 32 existe un 2% de la población que no cuenta con un inodoro.

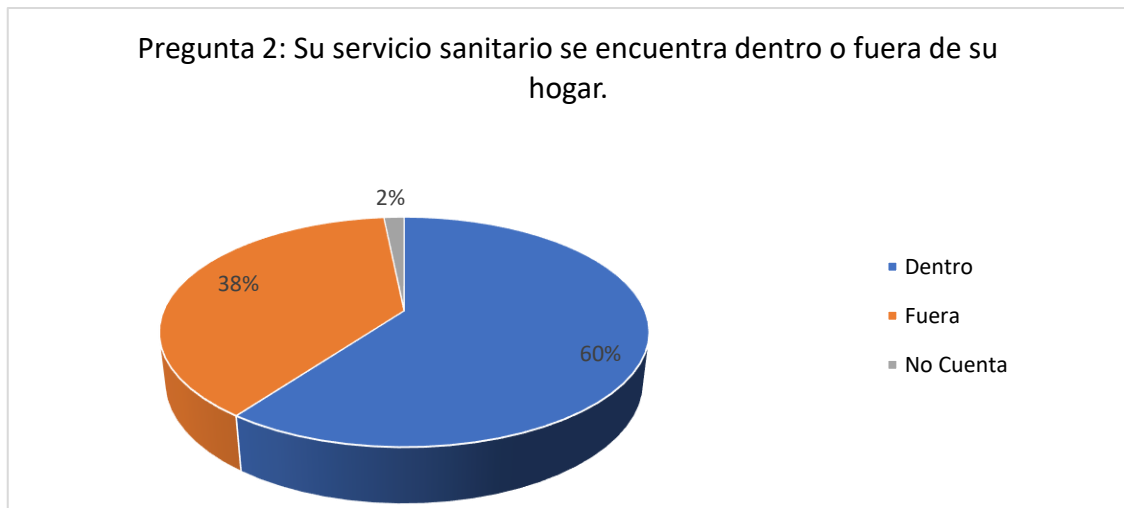


Gráfico 32 Datos globales de encuestas, Pregunta 2 (Maldonado & Ortiz, 2021).

En su mayoría los hogares en las diferentes zonas cuentan con excusado y pozo séptico con un 84% mientras que un 2% no poseen ningún tipo de tecnología es decir defecan al aire libre, de los encuestados como se muestra en el gráfico 33.

Esta pregunta demuestra la importancia que conlleva el manejo de los lodos en el sector ya que la población cuenta con tecnologías que necesitan de un vaciado adecuado el mismo que no sucede en todos los casos ya que el resto de las viviendas descargan los desechos de manera directa.

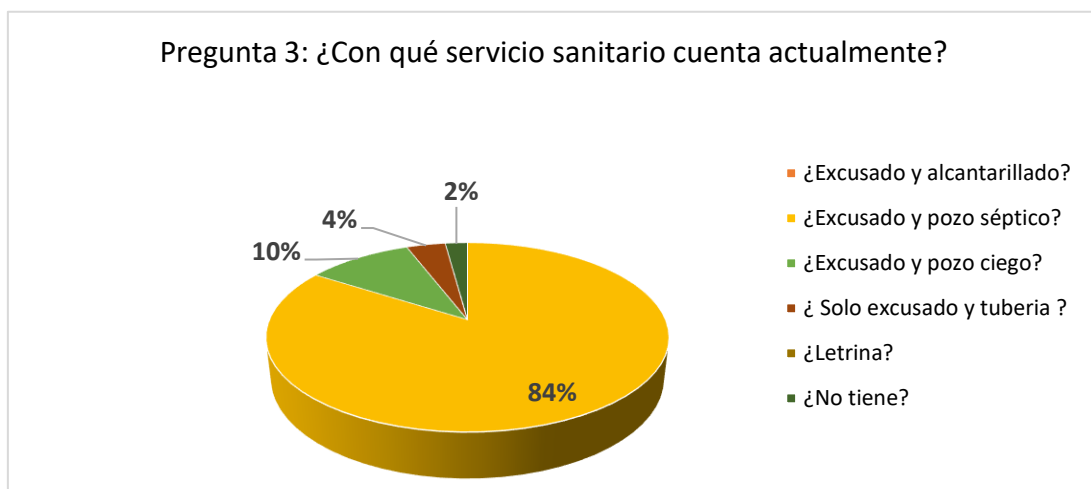


Gráfico 33 Datos globales de encuesta, Pregunta 3 (Maldonado & Ortiz, 2021).

El 2% de la población encuestada no cuenta con ningún tipo de servicio esto como se muestra en el gráfico 33, esta proporción de habitantes, aunque mínimo aún representa una posible fuente de contaminación ya que la mayoría de estas personas defeca al aire libre.

Existen diferentes áreas en la parroquia que tienen el servicio de alcantarillado en ciertos sectores de su territorio, sin embargo no en su totalidad estas comunidades son Santa Teresita, Centro de Tarqui, Gullanzhapa, Tutupali Grande y Tutupali Chico dejando barrios que no poseen el sistema, si no a su vez cuentan con pozos sépticos, ciegos o solo tienen baño con tubería que muchas veces descarga de forma directa a cuerpos de agua (Rio Tutupali) por lo que la contaminación al río es agravante, pero a su vez están dispuestos a mejorar sus sistemas de saneamiento realizando el correcto vaciado de sus fosas sépticas esto siendo coordinado por cada presidente de sus correspondientes comunidades.

Los moradores de la parroquia que poseen pozos sépticos consideran que no todos cuentan con una adecuada higiene y mantenimiento ya que el vaciado en las comunidades encuestadas si bien se cumple a través de convenios con el GAD de Tarqui o por el servicio brindado con la empresa de agua potable y saneamiento ETAPA EP no siempre se realiza este procedimiento, principalmente por razones económicas por el costo del drenado de los lodos, o la falta de conocimiento de las consecuencias que puede causar el mal manejo de los mismos, como se muestra en el gráfico 34.

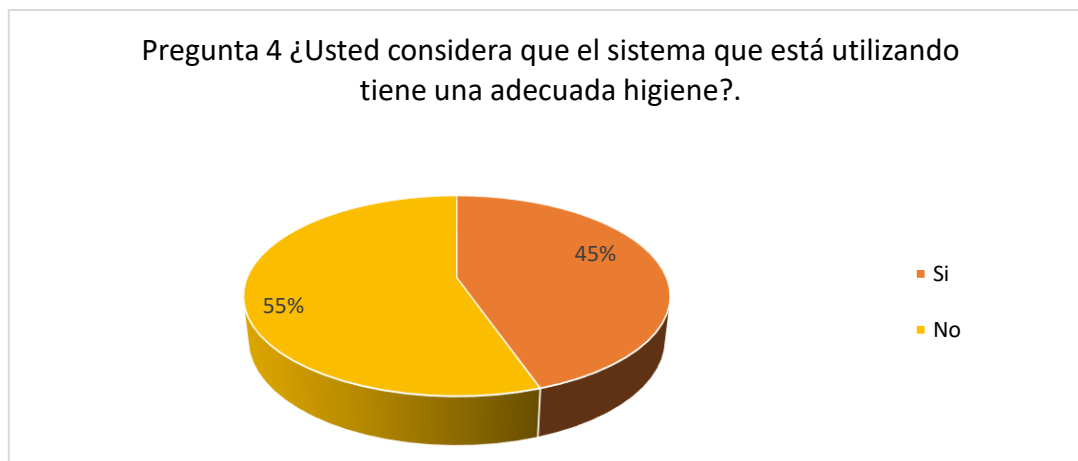


Gráfico 34 Datos globales de encuesta, Pregunta 4 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Además, existen viviendas donde realizan descargas de forma directa al río, acequia, calle, patio, terreno o campo abierto de la misma manera en algunos sectores una vez llenado los pozos típicamente sin recubrimiento de ningún material se procede a cerrar el pozo abriendo uno nuevo posteriormente, por lo que estos desechos permanecen enterrados como se muestra en la gráfico 35 esto siendo un factor de contaminación y presencia de malos olores por lo que los moradores llegan a expresar su inconformidad.

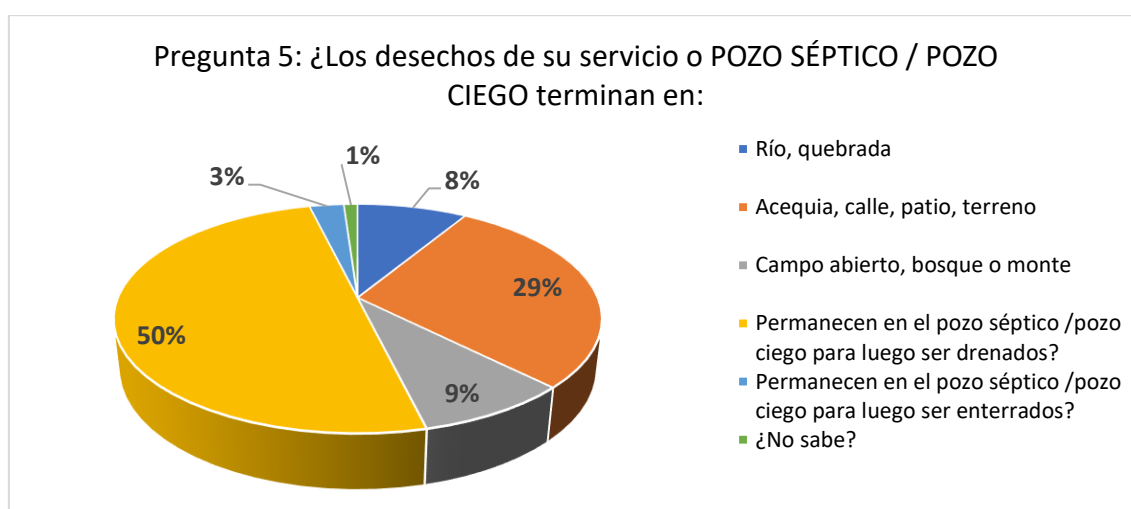


Gráfico 35 Datos globales de encuesta, Pregunta 4 (Maldonado & Ortiz, 2021).

El estado de las tecnologías de saneamiento para contener los lodos fecales es una parte indispensable en el manejo adecuado de los mismos el permitir que pozos sépticos

se encuentren en condiciones inadecuadas favorece la contaminación ambiental además de riesgos a la salud por posibles patógenos, esto es evidente en las 13 comunidades encuestadas en algunos casos se encuentra que las fosas sépticas presentan fugas o infiltración de líquido ya que no se hallan adecuadamente construidas o incluso se encuentran sin tapa como se muestra en la imagen nro 11.

Esto no sucede en todos los casos ya que existen sistemas con una adecuada contención y vaciado regular de los lodos como se muestra en la imagen nro 12 por lo que se recolectó información en las viviendas encuestadas sobre el tipo de pozo con el que cuentan los hogares estos datos se encuentra detallados y se pueden percibir en el gráfico 36 a continuación.

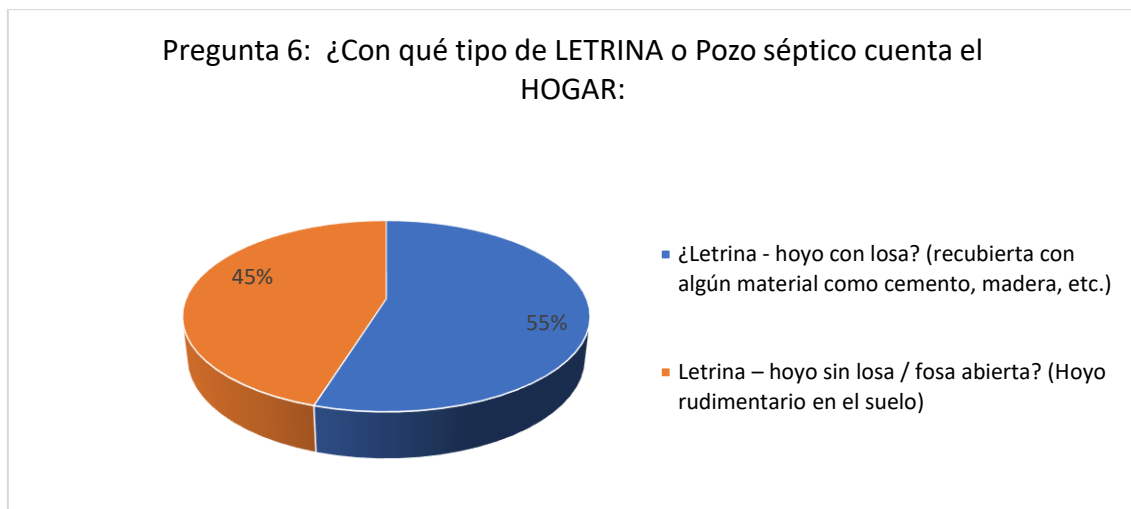


Gráfico 36 Datos globales de encuesta, Pregunta 6 (Maldonado & Ortiz, 2021)



Imagen 11 Pozo séptico sin recubrimiento
(Maldonado & Ortiz, 2021)



Imagen 12 Pozo séptico con recubrimiento
de hormigón (Maldonado & Ortiz, 2021)

Un aspecto considerable al momento de evaluar el estado de los pozos y la cantidad de los lodos generados es la última vez que dichos sistemas fueron vaciados, esto da una perspectiva de la aceptación de los habitantes de la parroquia a solicitar el drenado de los pozos de sus viviendas lo cual se puede apreciar en el gráfico 37.

Es notable recalcar que en un 53% nunca han realizado un vaciado, dado que por diferentes razones entre estas la mayoría de estos pozos tienen tuberías de desfogue, se cierran fosas llenas para abrir nuevas, usualmente son de tierra sin ningún tipo de recubrimiento o son relativamente nuevos ya que muchos pozos poseen un tiempo corto de haber sido contruidos, solamente un 31% de los encuestados realizo la descarga de sus lodos en un periodo menor a 6 meses.

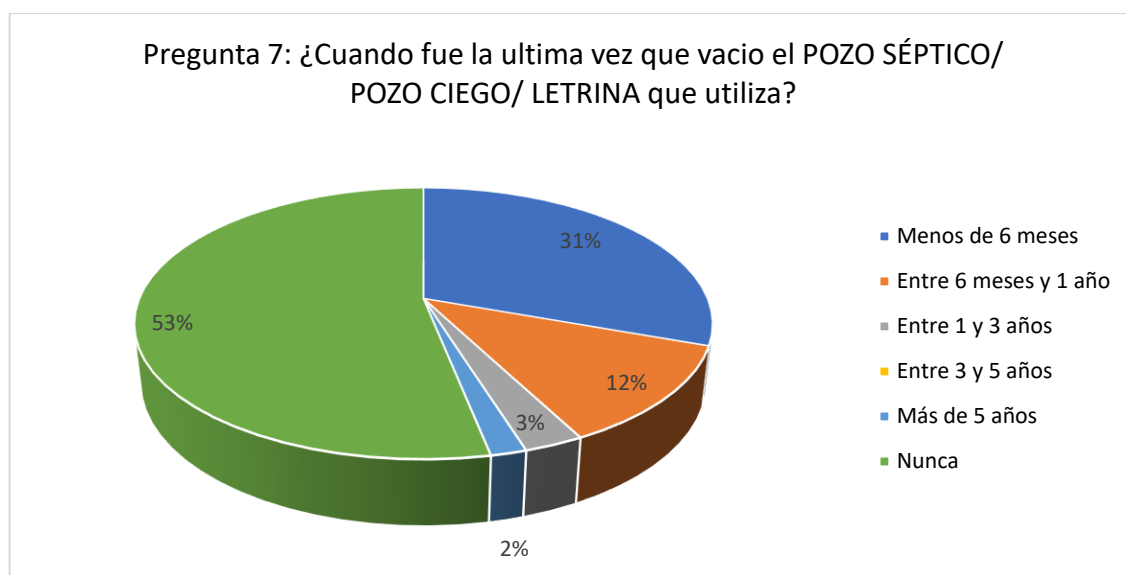


Gráfico 37 Datos globales de encuesta, Pregunta 7 (Maldonado & Ortiz, 2021).

De la misma manera el conocer el periodo en el que usualmente las viviendas solicitan el vaciado de sus pozos es un dato sumamente importante al momento de evaluar la cantidad de lodos generados a lo largo de un tiempo específico, como se muestra en el gráfico 38.

La mayor cantidad de viviendas nunca ha realizado un drenado de sus lodos mientras que el 12% realiza el vaciado de sus fosas sépticas cada 6 meses, el 19% entre 6 meses a 1 año un 12% entre 1 a 3 años y un 4% lo efectúa en más de 5 años.

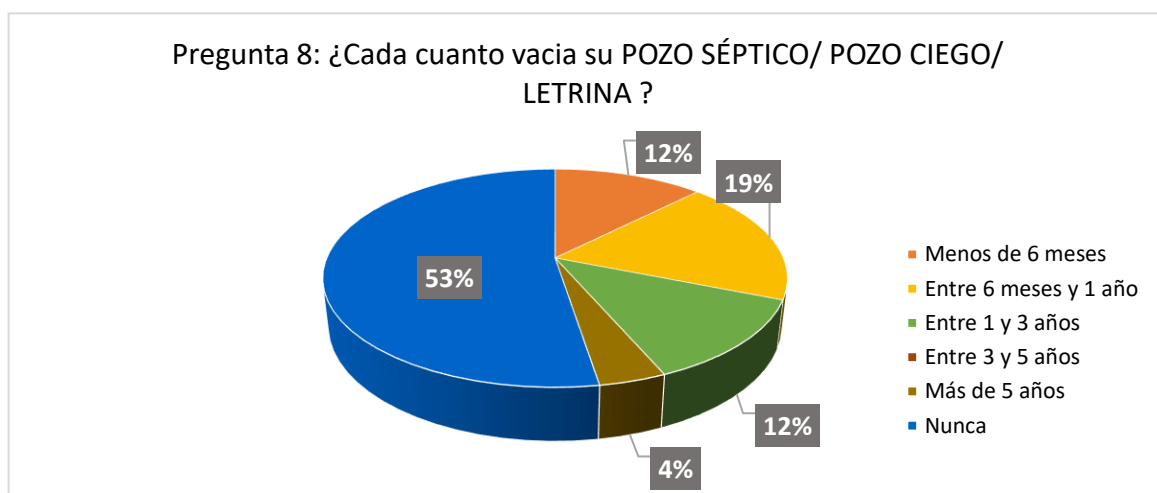


Gráfico 38 Datos globales de encuesta, Pregunta 8 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Sin embargo, de todas las viviendas encuestadas un 16% comparte el servicio higiénico con individuos fuera del círculo familiar o de los habitantes del hogar esto se puede percibir en el gráfico 40.

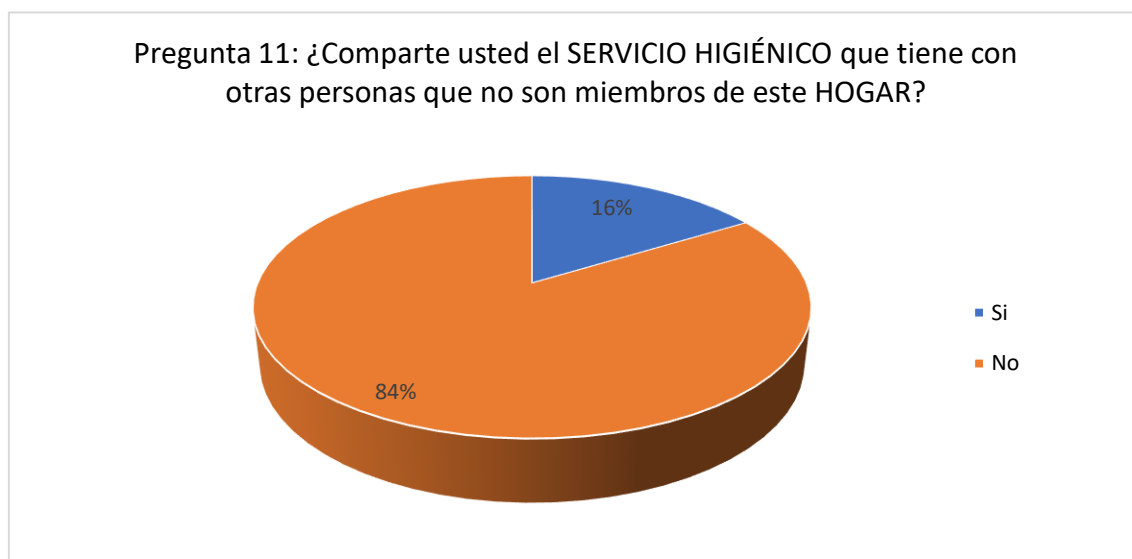


Gráfico 39 Datos globales de encuesta, Pregunta 11 (Maldonado & Ortiz, 2021)

La acogida a un posible proyecto de una planta piloto de manejo de lodos fecales ya que por motivos de la geografía del lugar la mayoría de las comunidades se le dificulta el acceso al alcantarillado y optan por otras opciones de tecnología de saneamiento como lo es los tanques biodigestores, pozos sépticos o pozos ciegos lo que ha permitido el progreso y mejoramiento de calidad de vida en algunos territorios esto se muestra en el gráfico 41.

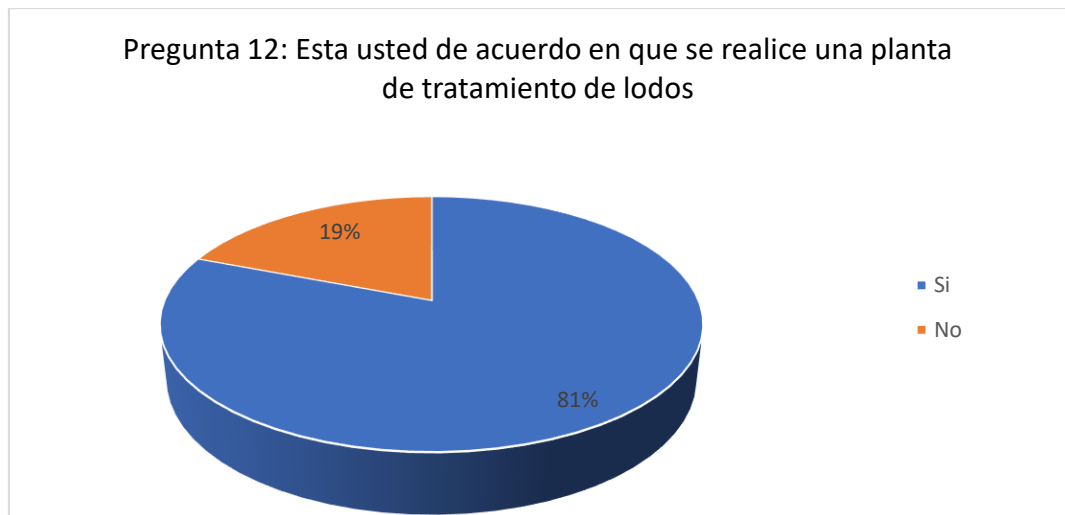


Gráfico 40 Datos globales de encuesta, Pregunta 12 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Debido a que la ubicación de una planta piloto de lodos fecales puede conllevar inconformidades con la población del sector es necesario tener en cuenta la localización misma que debe estar de acuerdo con diferentes criterios como lo es la accesibilidad, el área necesaria para la implementación de dicho sistema, la presencia de agua subterránea y la distancia a la que están dispuestos a residir.

Como se podría suponer en su mayoría los habitantes estarían conformes con una distancia mayor a 2 kilómetros del área habitable siendo esto en un 57% de los encuestados mientras tan solo el 1% de los residentes está de acuerdo con encontrarse a 500 metros o menos de la planta de manejo de lodos se puede observar en el gráfico 42.

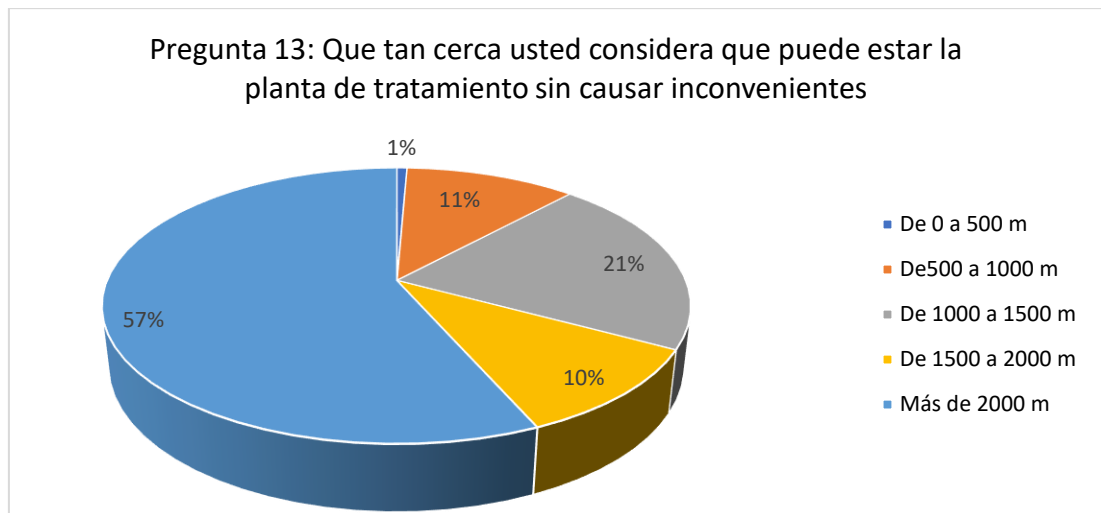


Gráfico 41 Datos globales de encuesta, Pregunta 13 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Las fosas sépticas deben pasar por un proceso de vaciado y a su vez deben recibir un mantenimiento para evitar posibles inconvenientes como malos olores, fugas o desbordamientos este proceso tiene un costo que puede variar por diferentes factores o tecnologías que se usen para su extracción, el GAD de la parroquia promueve convenios para incentivar a realizar los respectivos vaciados de las diferentes comunidades.

En un total de 63% de los encuestados estarían de acuerdo en solventar un coste de 20 dólares mientras que un 3% no estaría de acuerdo en pagar ningún tipo de tarifa por la descarga de los lodos esto demostrado en la gráfica 43.

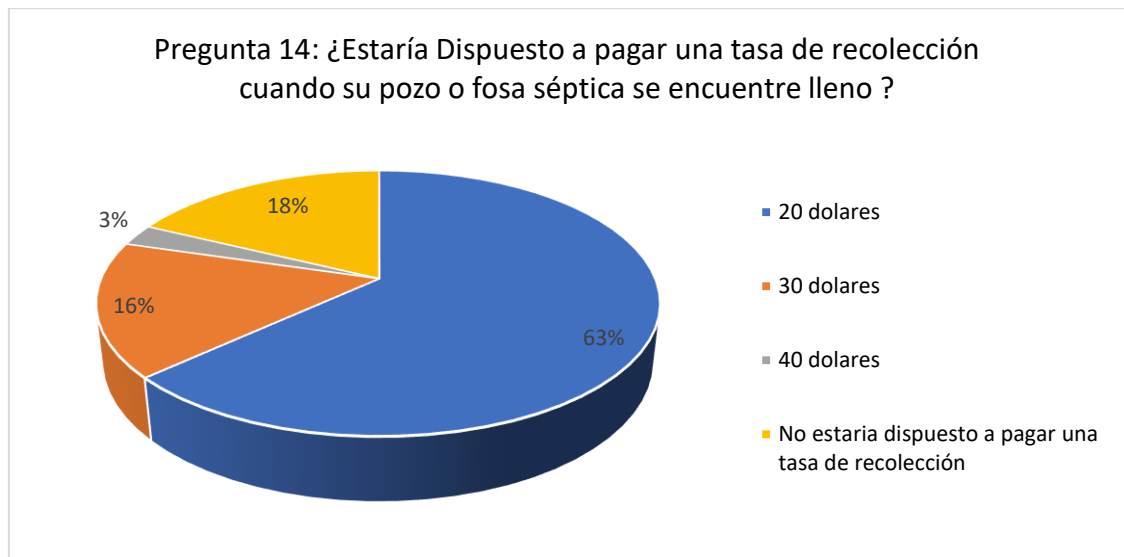


Gráfico 42 Datos globales de encuesta, Pregunta 14 (Maldonado & Ortiz, 2021).

El tamaño de los pozos sépticos es un aspecto que influirá en la cantidad de lodos que se drenarán por hora, día o año la mayoría de las viviendas cuentan con fosas de 3 m^3 siendo un 40% de los mismos, esto influye en el periodo en el que se extraerán los fangos de los sistemas al ser más pequeños se llenarán en un menor tiempo.

Un factor que influye de manera directa es el clima ya que en épocas de lluvia por infiltración a las fosas o esorrentía el líquido ingresa por lo que se llenarán de forma más rápida.

Como se muestra en el gráfico 44 los datos recolectados de tamaños de pozos sépticos demuestran las dimensiones más comunes de fosas sépticas, cabe recalcar que muchos de los sistemas de tamaño pequeño es decir un 19% de 1 a 3 m^3 no tienen recubrimientos y fueron hechos con el fin de una vez ser llenados sean enterrados para construir un nuevo pozo.

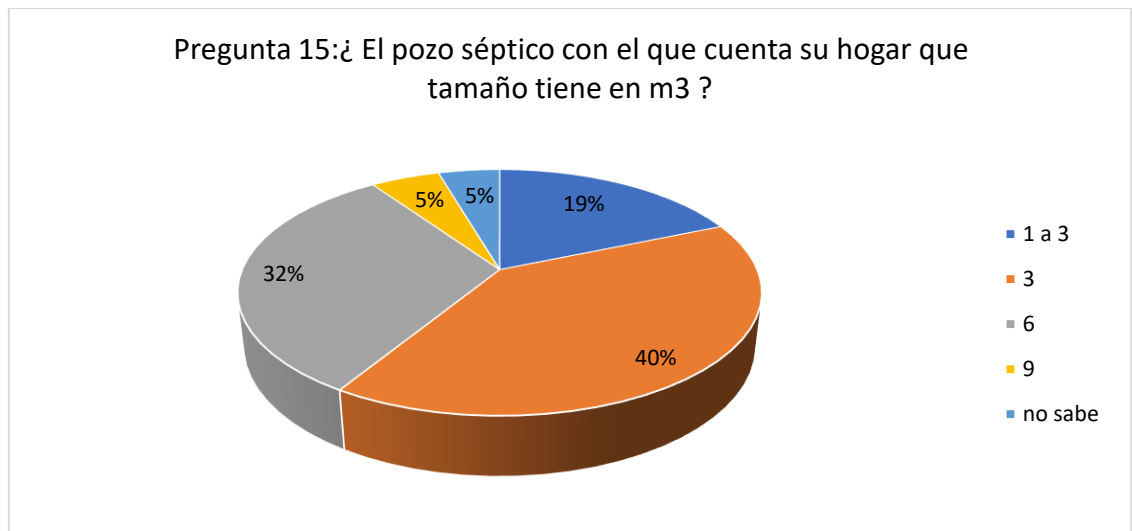


Gráfico 43 Datos globales de encuesta, Pregunta 15 (*Maldonado & Ortiz, 2021*).

El manejo de los lodos fecales en el año 2001 con el servicio sanitario In-Situ posee un gran porcentaje de uso por los habitantes en la parroquia Tarqui mientras que el sistema de alcantarillado, aunque existente es de porcentaje bajo en comparación con la utilización de otras tecnologías.

Un 46% de los habitantes no contaban con un servicio sanitario adecuado o realizaban sus necesidades al aire libre visto esto se puede decir que el manejo en ese año resulta inadecuado.

3.1.4. Resultado de Diagrama De Flujo De Excretas

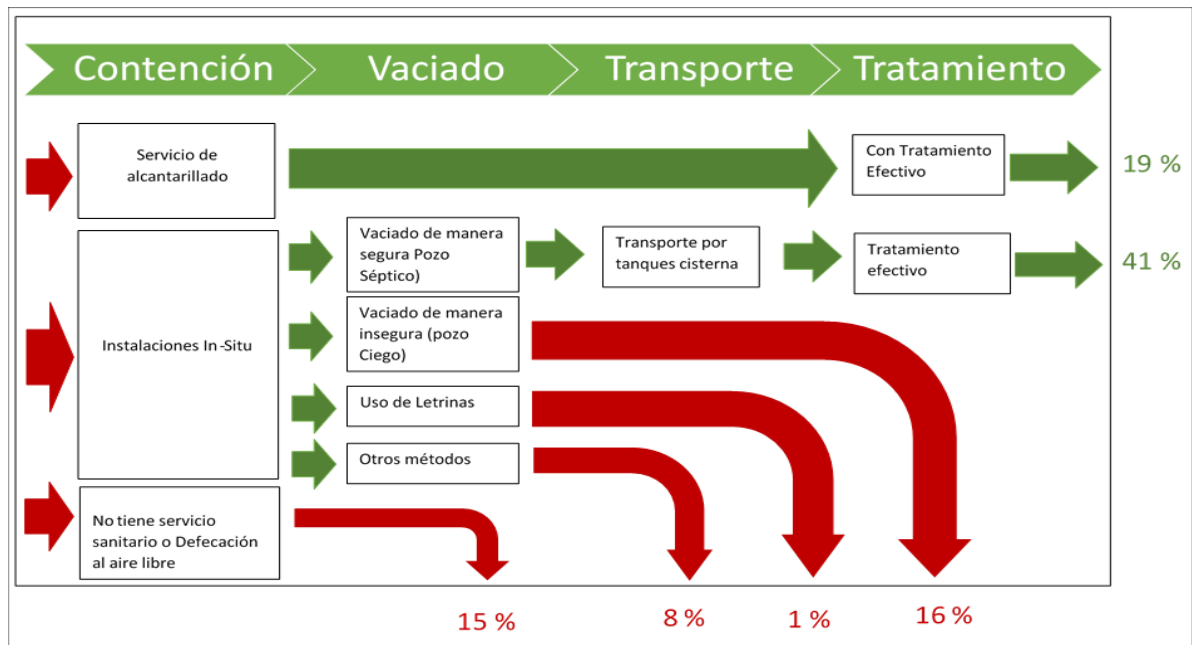


Diagrama 2 Flujo de excretas 2010 (Maldonado & Ortiz, 2021).

Como se puede observar en el manejo de los lodos procedentes de la parroquia Tarqui en el año 2010 el uso del servicio alcantarillado aumentó gracias a convenios y proyectos llegando a un 19% de la población de ese año con servicio y conexión a la red pública centralizada, sin embargo, el 15% de la población en ese entonces seguía sin contar con ningún tipo de servicio, es decir realizaban sus necesidades sanitarias al aire libre o usaban servicios sanitarios de vecinos o públicos.

Un 66% de la población no contaba con una adecuado tratamiento, transporte o manejo de los lodos generados, este porcentaje contemplando el 1% del uso de letrinas y el 8% en métodos no adecuados como tuberías con descarga directas a cuerpos de agua u otras áreas.

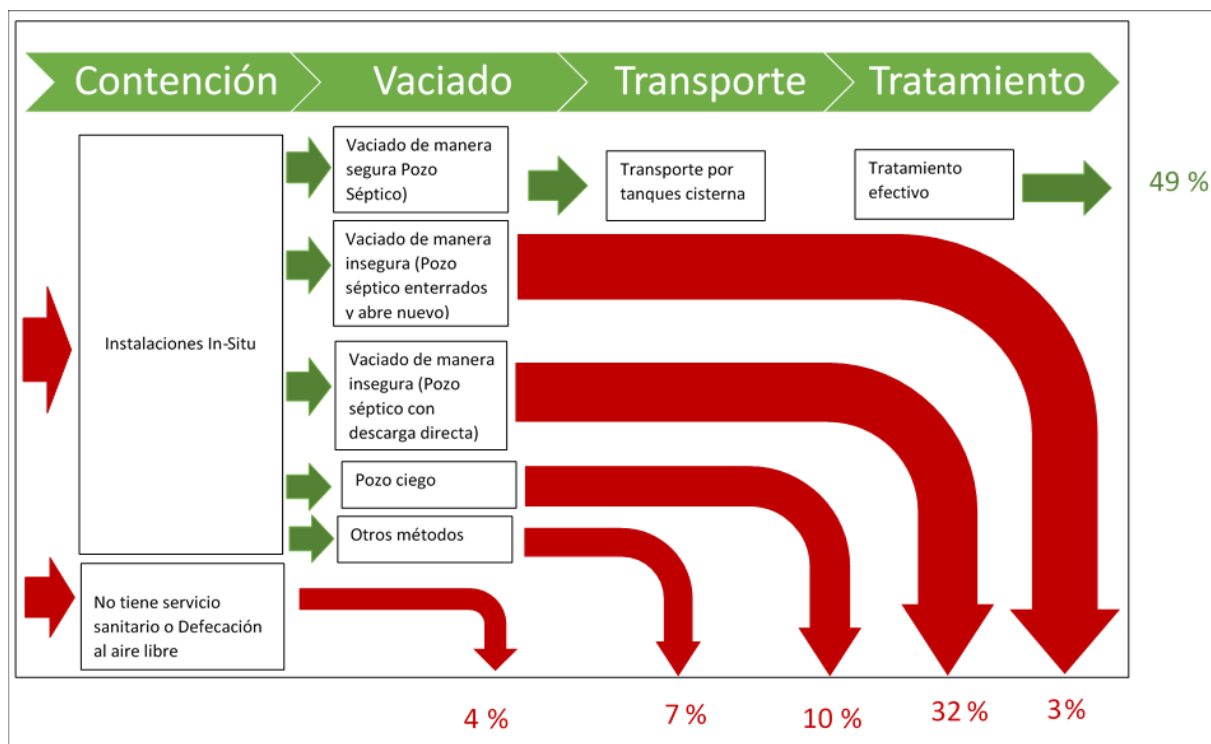


Diagrama 3 Flujo de lodos fecales según análisis de encuestas (Maldonado & Ortiz, 2021).

Como se muestra en el diagrama nro. 3 después de 11 años a aumentado el servicio de alcantarillado, pero no abarcando en su totalidad las diferentes comunidades pertenecientes a la parroquia Tarqui, es por esta razón que los habitantes optan por otras tecnologías como pozos sépticos, pozos ciegos teniendo un 49% de los mismos que realizan un adecuado vaciado.

Sin embargo, a pesar de que las tecnologías han mejorado los últimos años aún existen problemas sociales esto debido al incorrecto mantenimiento de las fosas sépticas con un 32% como descargas directas a calles, ríos, campos, entre otros.

Se ha visto que aún existe en las diferentes comunidades fosas cavadas directamente en el suelo esto con la finalidad de una vez llena poder cerrar y construir una nueva esto

representando un 3%, mientras que un 4% representa la cantidad de habitantes encuestados que no cuentan con servicios sanitarios es decir defecan al aire libre.

3.1.5. Diseño de planta piloto

En base a las metodologías que se muestran en el marco teórico en el apartado 1.3.5 el diseño consta inicialmente de una caja de revisión misma que sirve para mantener un control visual y como lugar de toma de muestras para la planta, continuando con un cribado de rejillas que está enfocado en la eliminación de cualquier tipo de desecho sólido que pueda afectar al tratamiento.

Seguido por un tanque de sedimentación espesamiento el cual cumple con una de las funciones principales de división líquido-sólido, los sólidos obtenidos de la separación son enviados a lechos de secado para su desecación mientras la parte líquida es enviada a los lechos de filtrado para la eliminación de partículas suspendidas en el agua y patógenos.

Una vez culminado el proceso las aguas depuradas estarían listas para la descarga en cuerpos de agua y los sólidos para su aprovechamiento o disposición final.

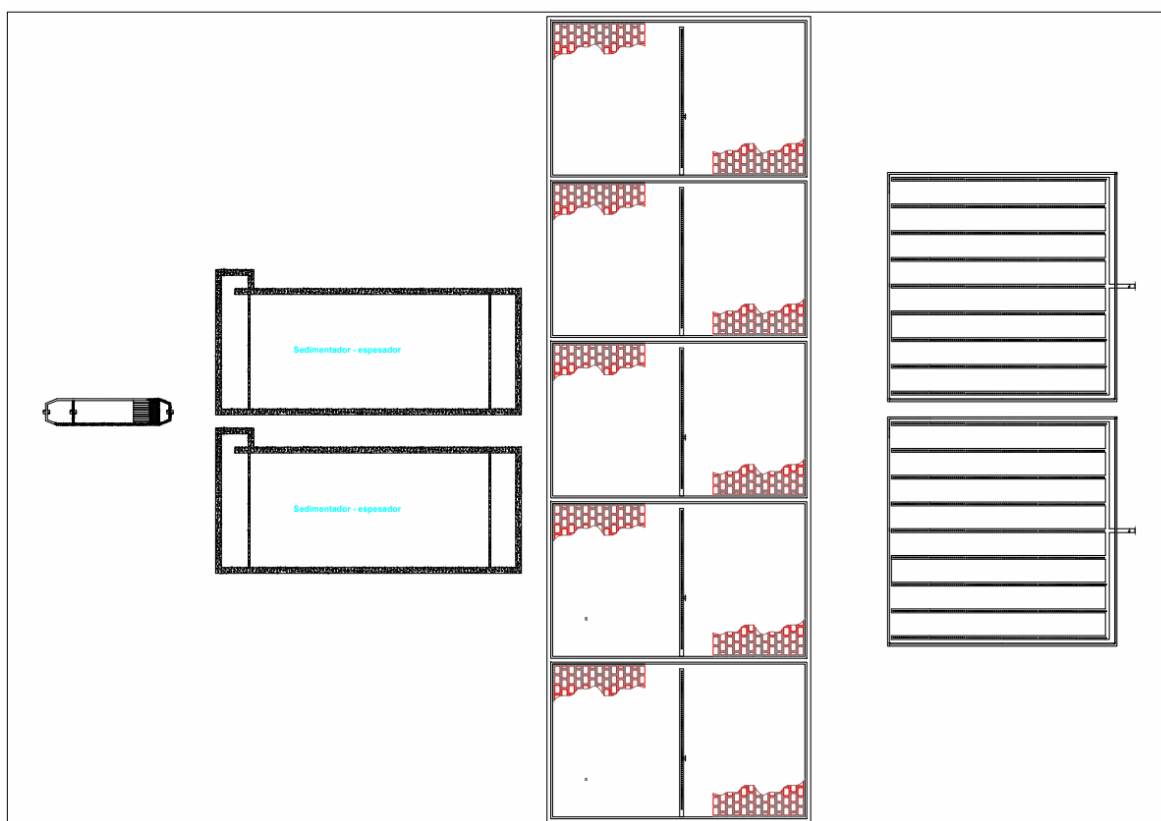


Ilustración 3 Diseño de configuración de planta piloto de lodos fecales (Maldonado & Ortiz, 2021).

3.1.6. Cálculo de población futura

$$Pd = Pa * (1 + r)^t$$

Formula 2 Calculo de población futura

Pd	Nro. de usuarios futuro	
Pa	Nro. de usuarios actual =	15681
r	Tasa de crecimiento =	1,82%
t	Periodo de Diseño =	25

Tabla 8 Datos actuales de población y tasa de crecimiento (GAD Tarqui, 2020)

Pd= 24615

% sin alcantarillado = 77,09%

Pd sin alcantarillado = 18977

De los encuestados que cuenta con pozos sépticos solo el 12% realiza un vaciado de los mismos cada 6 meses, un 19% entre 6 meses a 1 año, 12% entre 3 a 5 años, 4% cada 10 años o más y un 53% nunca han realizado un drenaje de sus fosas ya sea porque tienen descarga de manera directa a ríos, quebradas, acequias, patios, terrenos, campo abierto esto se puede visualizar en las tablas y gráficos donde se observa una falta de recolección de dichos lodos en las comunidades encuestadas (Bellavista, Centro Parroquial – Sta. Lucrecia, Chauyallacu, Chilca Chapar, Chilca Totorá, Cotapamba, El Verde, Acchayacu, Santa Teresita, Parcoloma, Gullanzhapa, Tutupali Chico, Tutupali Grande).

Para el Cálculo de un caudal adecuado para el diseño de la planta piloto de lodos fecales se procedió a con proyección a 25 años a futuro lo que sería el período de vida útil de la infraestructura sanitaria, además de los viajes de los tanques cisterna que tendrían por día tomando en cuenta los datos actuales de que el recolector realiza 7 viajes máximo y 5 mínimo con un volumen de $6m^3$ en las diferentes comunidades.

3.1.7. Cálculo de caudales

Se toma en consideración la capacidad de moderamiento del GAD parroquial Tarqui ya que en la actualidad solamente se puede realizar un mínimo de 5 viajes a un máximo de 7 vaciados de pozos sépticos en el sector con tanques cisterna de $6m^3$.

$$Q = N_v * V_v$$

Formula 3 Caudal aproximado de LF

Donde:

N_v = Número de vaciados por día

V_v = Volumen de tanque cisterna

Número de vaciados /día	Datos	Valor	Unidad
5	Caudal mínimo	30	m3/día
6	Caudal medio	36	m3/día
7	Caudal máximo	42	m3/día

Tabla 9 Caudales aproximados de LF generados (Maldonado & Ortiz, 2021).

3.1.7.1. Dimensionamiento de cribado

Caudales base de tratamiento					
Datos	Valor	Unidad	7 horas de operativas		
			Valor	Unidad	Simb
Caudal mínimo	30	m3/día	0,00119	m3/seg	Qmin
Caudal medio	36	m3/día	0,001429	m3/seg	Qmed
Caudal máximo	42	m3/día	0,001667	m3/seg	Qmax

Tabla 5 Caudales base de tratamiento (Maldonado & Ortiz, 2021).

Datos dimensionamiento Cribado			
Datos	Valor	Simb	Unidad
Espesor de barra	1	t	cm
Espaciamento entre barras	5	a	cm
Velocidad en rejillas (0.6 - 0.75)	0,7	V	m/s
Ancho canal (asumir)	0,6	b	m
Inclinación de las barras	45	θ	

Tabla 6 Datos de dimensionamiento de cribado (Maldonado & Ortiz, 2021).

- **Eficiencia de las rejillas**

$$E = \frac{a}{t + a}$$

Formula 4 Eficiencia de rejillas

$$E = \frac{5 \text{ cm}}{1 \text{ cm} + 5 \text{ cm}}$$

$$E = 0,83$$

- **Velocidad de paso entre rejillas (V) en m/s**

<0.6-0.75m/s>si la velocidad es menor los sólidos tienen a sedimentarse, si la velocidad es mayor, los residuos que se desean retener se pasan por las rejillas, por ello se elige trabajar con una velocidad de 0.7 m/s (Pérez Palomares, 2014).

$$V = 0,7 \text{ m/s}$$

- **Velocidad de aproximación (Va) en m/s**

$$Va = V * E$$

Formula 5 Velocidad de aproximación a rejillas

$$Va = 0,7 \text{ m/s} * 0,83$$

$$Va = 0,58 \text{ m/s}$$

- **Número de barras (N)**

Se impone un ancho del canal de ingreso en 0,6 m.

$$Nb = \frac{b - a}{(a + t)}$$

Formula 6 Número de barras (N)

$$Nb = \frac{60cm - 5cm}{(5cm + 1cm)}$$

$$Nb = 9 \text{ barras}$$

- **Espacios entre barras**

$$Ne = Nb + 1$$

Formula 7 Espacios entre barras

$$Ne = 9 + 1$$

$$Ne = 10 \text{ espacios}$$

- **Área útil en rejas (Au).**

$$Au = \frac{Q_{max}}{V}$$

Formula 8 Área útil en rejas (Au).

$$Au = \frac{0,00167 \text{ m}^3/s}{0,7 \text{ m/s}}$$

$$Au = 0,0024 \text{ m}^2$$

- **Área total (At).**

$$At = \frac{Au}{E}$$

Formula 9 Área total (At).

$$At = \frac{0,0024 \text{ m}^2}{0,83}$$

$$At = 0,0029 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de tirante del Canal “htc”.**

$$htc = \frac{At}{B}$$

Formula 10 Calculo de tirante del canal

$$htc = \frac{0,0029 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}}$$

$$htc = 0,0048 \text{ m}$$

- **Cálculo del tirante de construcción.**

Se coloca 50cm (0,5) como menciona la teoría siendo un régimen de seguridad.

$$hc = htc + 0,5$$

Formula 11 Calculo de tirante de construcción

$$h_c = 0,0048 \text{ m} + 0,5$$

$$h_c = 0,505 \text{ m}$$

- **Longitud de barras.**

$$L_{barr} = \frac{h_c}{\text{Sen } \theta}$$

Formula 12 Longitud de barras

$$L_{barr} = \frac{50,5 \text{ cm}}{\text{Sen } (45)}$$

$$L_{barr} = 71,41 \text{ cm}$$

- **Longitud del canal.**

$$L = \frac{Q \max}{At}$$

Formula 13 Longitud de canal

$$L = \frac{0,0029 \text{ m}^2}{0,0017 \text{ m}^3} * 3$$

$$L = 1,75 \text{ m}$$

- **Cálculo de pérdida de carga.**

$$h_L = \frac{1}{C} * \left(\frac{V^2 - V_0^2}{2g} \right)$$

Formula 14 Calculo de perdida de carga

$$h_L = \frac{1}{0,7} * \left(\frac{(0,7)^2 \text{ m/s} - (0,58)^2 \text{ m/s}}{2(9,81) \text{ m/s}^2} \right)$$

$$h_L = 0,0109 \text{ m}$$

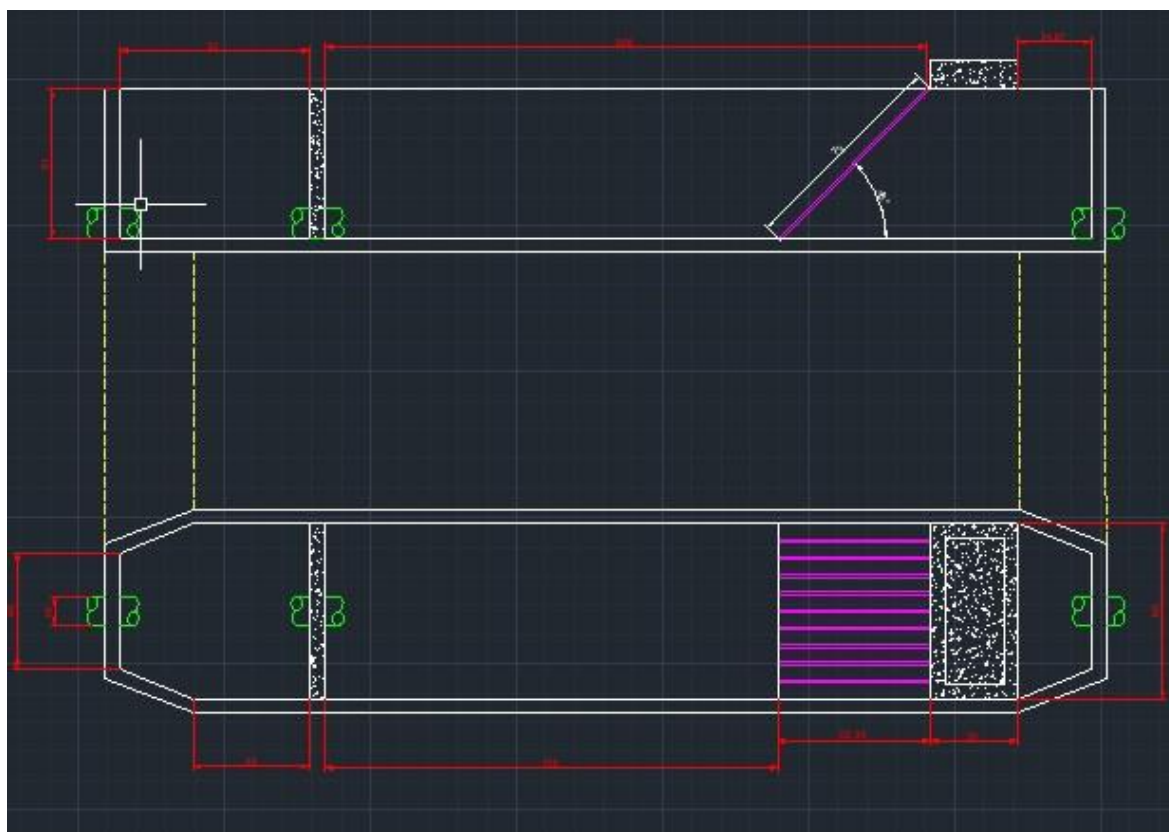


Ilustración 4 Dimensionamiento de cribado (Maldonado & Ortiz, 2021)

3.1.7.2. Dimensionamiento de tanques sedimentación espesamiento

Datos dimensionamiento sedimentación/espesamiento			
Datos	Valor	Simb	Unidad
Velocidad final de sedimentación de partícula	0,5	Vc	m/h
Coeficiente de flujo máximo de "horas pico"	1,6	Cp	m ³ /h
Horas Operativas	7	Horas	h
	5	Dias	D
Concentración de sólidos suspendidos (SS) en los LF	5	Ci(ss)	g/L
Concentración de SS en los lodos espesados	60	Ct(ss)	g/L
Eficiencia prevista de sedimentación	80%	e	
Caudal (Q)	42	Q	m ³ /d

Tabla 7 Datos de dimensionamiento de tanques de sedimentación/espesamiento (Maldonado & Ortiz, 2021).

Datos dimensionamiento sedimentación/espesamiento			
Zona de nata	40	cm	Altura
Zona de fracción líquida	50	cm	Altura
Zona de separación	50	cm	Altura
Zona de espesamiento de lodos	75	cm	Altura

Tabla 8 recomendaciones de diseño para sedimentador/espesador (Strande et al., 2016).

- **Flujo afluente máximo**

$$Q_p = \frac{Q \cdot C_p}{h}$$

Formula 15 Flujo afluente máximo

$$Q_p = \frac{42 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 1,6}{7h/\text{d}}$$

$$Q_p = 9,60 \text{ m}^3/h$$

- **Superficie del Tanque**

$$S = \frac{Q_p}{v_u}$$

Formula 16 Superficie del Tanque

$$S = \frac{9,60 \text{ m}^3/h}{0,5 \text{ m/h}}$$

$$S = 19,2 \approx 20 \text{ m}^2$$

- **Volumen de la zona de espesamiento**

Cantidad diaria de LF se acumula

$$M = Q \cdot C_i \text{ (ss)}$$

Formula 17 Cantidad diaria de LF se acumula

$$M = 42 \text{ m}^3/d * 5 \text{ kg/m}^3$$

$$M = 210 \text{ kg SS/d}$$

Masa diaria de Solidos Suspendidos

$$M_t = M * e$$

Formula 18 Masa diaria de Solidos Suspendidos

$$M_t = 210 \text{ kgSS/d} * 0,8$$

$$M_t = 168 \text{ kgSS/d}$$

Una vez obtenido la cantidad diaria de lodos y la masa diaria se procede a calcular el volumen de la zona de almacenamiento.

$$V_t = \frac{M_t * N}{C_t}$$

Formula 19 volumen de la zona de almacenamiento.

$$V_t = \frac{168 \text{ kgSS/d} * 5d}{60 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_t = 14 \text{ m}^3$$

- **Superficie del Tanque**

La superficie del tanque debe ser larga y angosta, a fin de facilitar la distribución del flujo. Se recomienda que la relación entre el ancho y el largo sea entre 0,1 y 0,2 (Strande et al., 2016).

$$S = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

Formula 20 Superficie del Tanque.

$$S = 3 \text{ m} * 7 \text{ m}$$

$$S = 21 \text{ m}^2$$

Para evitar cortocircuitos en el proceso de sedimentado es recomendable el uso de deflactores en la entrada al tanque de sedimentación espesamiento, el mismo según recomendable que se encuentre a una distancia de 0,6 a 1 m de la llegada de los lodos y de la misma manera en la sección de drenado de la fracción líquida (Sanchez & Salazar, 2012).

3.1.7.3. Dimensionamiento de Lechos de secado sin Planta

Los datos utilizados para el dimensionamiento de Lechos de secado sin planta se basan en parámetros estándares ya establecidos por otros autores y a su vez por los datos ya calculados en el proceso anterior.

Datos dimensionamiento lecho de secado			
Datos	Valor	Simb	Unidad
Carga de SS	2,2	Kg SS/d	C
Caudal de entrada	39,2	m ³ /d	Qi
Porcentaje de agua evaporada	20	%	Ev
Porcentaje de agua filtrada	80	%	Fil
Altura de pared después de lodo	0,2	m	
Lodos	0,3	m	
Adoquín	0,5	m	
Arena	0,15	m	
Grava 1 y 2 (9,5 a 19 mm y 19 a 25 mm)	0,15	m	
Grava 3 (25 a 50 mm)	0,3	m	
Grava 4 (50 a 76 mm)	0,2	m	

Tabla 9 Datos dimensionamiento lecho de secado.

- Cantidad de aguas filtradas y evaporadas

$$Q_f = Q * P_f$$

Formula 21 Cantidad de agua filtrada

$$Q_f = 42 \text{ m}^3/\text{d} * 0,80$$

$$Q_f = 31,36 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow \text{Cantidad de agua filtrada}$$

$$Q_e = Q * P_e$$

Formula 22 Cantidad de agua evaporada

$$Q_e = 42 \text{ m}^3/\text{d} * 0,20$$

$$Q_e = 7,84 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow \text{Cantidad de agua evaporada}$$

- **Carga anual de lodos**

$$M = Ci * Q * t$$

Formula 23 Carga anual de lodos

$$M = 2,2 \text{ kg SS /d} * 39,2 \text{ m}^3/\text{d} * 260 \text{ d/año}$$

$$M = 22422,4 \text{ kg SS} * \text{m}^3/\text{d}$$

- **Área total de lechos de secado necesaria**

$$Atls = \frac{Q}{hl}$$

Formula 24 área total necesaria de lechos de secado

$$Atls = \frac{39,2 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}}$$

$$Atls = 130,7 \text{ m}^2$$

- **Área por lecho**

$$Arls = \frac{Atls}{Nls}$$

Formula 25 área necesaria por lecho de secado

$$Arls = \frac{130,7m^2}{5}$$

$$Arls = 26,13 m^2$$

- **Área total del lecho**

$$Are = Ancho * Largo$$

Formula 26 área de lecho

$$Are = 5,2 m * 5,2 m$$

$$Are = 27,04 m^2$$

3.1.7.4. Dimensionamiento de Lechos de secado con Planta

Datos dimensionamiento lecho de secado			
Datos	Valor	Simb	Unidad
Carga de SS	0,4	Kg SS/d	C
Caudal de entrada	31,36	m3/d	Qi
Lodos	0,3	m	30 cm
Arena fina	0,1	m	10 cm
Grava fina	0,15	m	15 cm
Grava Gruesa	0,05	m	5 cm

Tabla 10 Datos dimensionamiento lecho de secado con planta.

- **Cantidad de aguas Filtradas y Evaporados**

$$Q_f = Q * P_f$$

Formula 27 Cantidad filtrada

$$Q_f = 31,36 \text{ m}^3/\text{d} * 0,80$$

$$Q_f = 25,08 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow \text{Cantidad de agua filtrada}$$

$$Q_e = Q * P_e$$

Formula 28 Cantidad evaporada

$$Q_e = 31,36 \text{ m}^3/\text{d} * 0,20$$

$$Q_e = 6,27 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow \text{Cantidad de agua evaporada}$$

- **Área total de lechos de secado necesaria**

$$Atls = \frac{Q}{hl}$$

Formula 29 Area total de lechos necesaria

$$Atls = \frac{31,36 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}}$$

$$Atls = 104,5 \text{ m}^2$$

- **Área por lecho**

$$Arls = \frac{Atls}{Nls}$$

Formula 30 área por lecho

$$Arls = \frac{104,5 \text{ m}^2}{3}$$

$$Arls = 34,84 \text{ m}^2$$

- **Área total del lecho**

$$Are = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

Formula 31 Area total de lecho

$$Are = 5,9 \text{ m} * 5,9 \text{ m}$$

$$Are = 34,84 \text{ m}^2$$

- **Plantas para colocar**

Según la revisión bibliográfica se recomienda el uso de la planta Carrizo (Arundo donax) dado el área total del lecho de secado con planta es de $34,84 \text{ m}^2$ entraría alrededor de 60 plantas.

3.2. Análisis Técnico De Implementación

Cumpliendo con los objetivos se realiza el siguiente análisis esto en función a los datos obtenidos actualmente, la implementación de un diseño piloto de lodos es factible esto en vista a que diferentes comunidades no cuentan con red de alcantarillado publica optando por otras tecnologías a lo que la propuesta llega a ser factible en un futuro.

La Parroquia Tarqui cuenta con accesibilidad vial y topográficamente adecuada para la implementación de una planta piloto de tratamiento de lodos fecales se debe considerar

como un factor su localización para lo cual se ha propuesto adicionar a la encuesta un apartado con preguntas básicas sobre la posición de los habitantes a la cercanía, beneficios además de otros parámetros que funcionarán a modo de recolección de datos para la implementación tomando en cuenta la distancia necesaria que no afecte a los moradores.

Hay que tomar en cuenta que la inversión de esta es grande ya que se provee una vida útil de 25 años para eso se deberá realizar convenios para hacer factible la implantación.

3.3.Discusión y Resultados Finales

Para el sistema piloto de tratamiento de lodos fecales en la Parroquia Tarqui de la Provincia del Azuay con una vida útil de 30 años se partió por la población actual que tiene 15.681 habitantes donde en gran porcentaje no cuenta con un servicio sanitario básico, es por esta razón que se plantea el caso de estudio mencionado viendo las necesidades actuales sociales y ambientales para mejorar la calidad de vida de dicha zona.

Se hizo un estudio exhaustivo para delimitar la población que no cuente con servicio básico en donde 21 comunidades entran en esta lista esto señalado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2020) siendo la actualización más reciente, partiendo de estos datos se realizó 188 encuestas que sirven como información para realización de la planta piloto.

Las comunidades encuestadas y a su vez visitadas son Bellavista, Centro Parroquial – Sta. Lucrecia, Chauyallacu, Chilca Chapar, Chilca Totorá, Cotapamba, El Verde, Acchayacu, Santa Teresita, Parcoloma, Gullanzhapa, Tutupali Chico y Tutupali Grande en

donde se observó el estado actual del servicio sanitario in-situ el cual principalmente usa tecnologías de pozos sépticos y pozos ciegos que no se encuentran en las mejores condiciones y que a su vez los residentes no realizan la debida descarga siendo esto un problema social y ambiental, por lo que la propuesta ha sido de gran interés a los moradores que considera que no tienen una adecuada higiene con estos sistemas.

Los moradores de todas las comunidades encuestadas proporcionaron información que ha servido para el diseño de la planta piloto ya que contara de 4 etapas teniendo en cuenta las características físicas del lugar, la cercanía de esta y a su vez que las tecnologías seleccionadas sean las óptimas para el tratamiento.

Para la selección de las diferentes tecnologías se consideró una lista de comprobación (check list) en donde se detalló ventajas y desventajas de cada una.

Finalizando la selección de las diferentes tecnologías se procede con los respectivos cálculos obteniendo la primera etapa, el Cribado es una tecnología que sirve como filtro en donde los desechos más grandes se quedan en la parte superior de las rejillas.

Para el respectivo diseño del cribado se tomó en consideración los caudales que se obtiene mediante el vaciado de los pozos sépticos el afluente que ingresara a la planta de tratamiento es de 42m³/d esto como resultado de un máximo de 7 descargas en tanques cisterna de 6m³/d estos datos mencionados son proporcionados por el GAD parroquial de Tarqui.

Para el cribado diseñado se seleccionó un espesor de barra de 1 cm, la velocidad de las rejillas según la teoría debería estar entre un rango de (0,6-0,75) donde se considera 0,7 m/s entrando a una condición solicitada, el ancho del canal se asume esto debido a una referencia estándar por otros autores por lo que se selecciona 0,6 m, la inclinación de las barras se tiene que para una profundidad de 1m lo recomendable es que sea de 45 grados si la profundidad es mayor la inclinación debe ser de 60 grados.

Una vez pasada por el filtro los lodos entran al tanque de sedimentación como su nombre lo dice aquí se llegan a sentar los lodos separando el líquido del sólido esto por acción de la gravedad que precipita las partículas sólidas hacia un área dentro del tanque donde son recolectadas para su posterior disposición.

Para este diseño se toma en cuenta el caudal de ingreso de 42 m³/día lo que genera un afluente máximo de 9,6 m³/h y se calcula una superficie de longitud del tanque de 20 m² un valor mínimo para provocar que las partículas se sedimenten por lo tanto se selecciona un ancho de 3 m y un largo de 8 m esto haciendo referencia a autores donde recomienda que la relación del largo sea como mínimo el doble del ancho.

Se debe tomar en cuenta que los lodos tienen también un contenido de aceites y grasas lo que llega a formar una nata en la parte superior por lo mismo se considera una altura de nata de 40 cm, seguida por una fracción líquida de 50 cm la misma que se busca drenar como efluente a continuación por una fracción de separación de 50 cm y finalmente una zona de espesamiento de 75 cm.

Con el fin de evitar cortocircuitos en el espejo de agua se colocan deflactores el primero ubicado a 90 cm de la entrada del efluente al tanque y con una altura de 50 cm mientras que en la salida del tanque se ubican 2 deflactores uno superior y uno inferior con una altura de 70 centímetros y 1 m respectivamente esto con el fin de drenar la mayor cantidad de fracción líquida posible evitando llevarse sólidos en el en el proceso.

La tecnología de lecho de secado consiste en la separación líquido-sólido esto es mediante 2 forma actuando como filtro con diferentes capas de arena, grava y por la propia labor de la evaporación del líquido ya que según la teoría en este tipo de tecnologías un 80% es el líquido filtrado mientras que el 20% se va por acción del Sol.

Los lechos de secado tienen un periodo de residencia de 5 a 7 días teniendo en cuenta las condiciones climatológicas del lugar, en este proceso se considera la carga de los sólidos suspendidos de 0,4 kg SS/d en un caudal de 38,8 m³ día.

El porcentaje de agua evaporada mediante la revisión bibliográfica se tiene que el 20% dando como resultado 31,04m³/d y finalmente el 80% de agua filtrada que representa el 7,76m³/d, se debe considerar que en este tipo de tecnologías según la teoría el 80% del agua pasará a ser filtrada obteniendo una respuesta de 31,04 m³ mientras que el 20% será evaporador por acción solar que representando el 7,76 m³.

Cómo se mencionó anteriormente una de las acciones principales de esta tecnología es el filtrado mediante diferentes capas de arena y grava estos que dejan en la superficie del tanque una capa de sólidos los mismos que por acción solar se secarán y podrán ser retirados posteriormente, mientras que el líquido filtrado será captado por una tubería en la parte

inferior del tanque para ser enviados como afluente hacia la siguiente innovación con una carga de sólidos menor pero aún con contenido de patógenos.

Considerando estos datos que se tiene previamente para 5 lechos de secado rectangulares, con un largo de 12 metros y un ancho de 11 m esto para dar una superficie de 132 m^2 y a su vez un volumen 39.6 m^3 , con una altura para el efluente que llega al tanque de 30 cm teniendo una capa de adoquines de 5 cm que permitirán proteger las capas de arena y grava las mismas que están configuradas de la siguiente manera: una capa de arena media de 15 cm, una capa de grava fina de 15 cm, una capa de grava media de 30 cm y finalmente una capa de grava gruesa de 20 cm, cabe recalcar que esta tecnología tiene una pendiente () en el fondo para contribuir a la recolección del líquido filtrado.

Finalmente, el efluente sobrante pasa a su tratamiento final en el lecho de secado con plantas en donde la función de dicha fase es oxigenar y estabilizar, para esta tecnología se consideró plantas que se adapten al lugar y a su vez a la función de tratar el lodo fecal por lo que se ha optado por usar el Carrizo (Arundo donax) mismos que serán plantados según el área total, cabe mencionar que estas plantas tienen un periodo de duración de 4 a 6 meses dependiendo de la carga orgánica del lodo.

Para el diseño de esta tecnología se tiene un caudal de ingreso de $31,04 \text{ m}^3/\text{día}$ se considera un porcentaje de filtración de un 80% dando como resultado $24.83 \text{ m}^3/\text{día}$ y $6.2 \text{ m}^3/\text{día}$ de líquido evaporado tomando esto en cuenta una superficie del tanque de $106,7 \text{ m}^2$ por lo que se diseñan 2 tanques de lecho de secado con plantas con un ancho de 5 m, un largo de 11 m obteniendo una respuesta de 55 m^2 en cada uno de los tanques y también proveerá un volumen para el fluente de 16.5 m^3 .

Además, se tendrá en cuenta una altura de 30 cm general y a su vez la altura de seguridad de 20 cm, adicional a esto se debe considerar una elevación de 20 cm de arena fina y 30 cm de grava media que servirán como medio filtrante en esta tecnología.

El lodo sobrante ya pasada por las 4 etapas es estable física y biológicamente mismo que se le puede dar otra disposición final como es el co-compostaje o a su vez la Lumbricultura llegando a ser abono para plantas y campos que pueden usar los mismos moradores de Tarqui.

CAPITULO IV

4.1.CONCLUSIONES

En conclusión, para el desarrollo de este proyecto se realizaron un total de 188 encuestas en las diferentes comunidades que no cuentan con un servicio de red de alcantarillado donde se destaca como lo mas relevante en datos globales de levantamiento de información la cantidad de viviendas que descargan los lodos de manera insegura siendo un 92% de todas las viviendas encuestadas.

Sin embargo, un total del 81% consideran que la implementación de una planta de tratamiento para el correcto manejo de lodos fecales es una alternativa favorable para el mejoramiento de la calidad de vida en el sector, aún que existe una pequeña cantidad de este numero de personas que no estarían de acuerdo con pagar una tasa de recolección sigue siendo una opción accesible para la mayoría de los moradores.

Para el diseño se analizó diferentes tecnologías de saneamiento de las cuales con una herramienta de chak list se seleccionaron las tecnologías que se mencionan a continuación las mismas que fueron dimensionadas para un periodo de 25 años usando datos proporcionados por el GAD de Tarqui.

Las tecnologías de Cribado, sedimentación/ espesamiento, Lecho de secado, Lecho de secado con plantas fueron seleccionadas mediante criterios que incluyen aspectos económicos, sociales, operatividad y mantenimiento ya que el funcionamiento de cada una es de manera sencilla considerando una operación de siete horas al día en el periodo laboral y a su vez tomando en cuenta los viajes de recolección que llegan a ser siete máximos y cinco mínimos al día mediante tanques cisterna de seis metros cúbicos.

El Lecho de secado con planta se ha visto la óptima para este proceso ya que se debe tratar lodo fecal, estas plantas ayudan a oxigenar y eliminar los patógenos presentes mismos que han pasado por procesos anteriores así quedando finalmente el afluente estable y solidos que serán sujetos a disposición final o para su posterior aprovechamiento.

Finalmente, una vez dimensionados se realizó el diseño de planos con el software AutoCad de cada una de las tecnologías empleadas para el diseño, dichos planos pueden ser encontrados en el apartado de Anexos como anexo 9, 10, 11 y 12.

4.2.RECOMENDACIONES

Se recomienda la implantación de las tecnologías seleccionadas ya que se adaptan al lugar, son económicas y de fácil operación ayudando así a mejorar el saneamiento básico de las comunidades que no cuentan con alcantarillado en la Parroquia Tarqui.

Para el uso adecuado de los lechos de secado con planta se recomienda usar el Carrizo (Arundo donax) ya que esta planta se adapta a pantanos y es probado en otros estudios teniendo resultados favorables en el tratado de lodo fecal.

Finalmente, el lodo pasado por las etapas de tratamiento llega a estar estable, con menos patógenos lo que es favorable para darle una disposición final o darle un aprovechamiento, como sugerencia se puede hacer co-compostaje o lombricultura convirtiendo este lodo en abono para plantas o campos, así como combustible para la industria.

Se debe considerar que las tecnologías al tener un periodo de residencia promueven el desarrollo de bacterias aerobias y anaerobias lo que produce olores fuertes por lo mismo se recomienda considerar la aportación de oxígeno en el tratamiento de sedimentación espesamiento o la adición de Cal.

CAPITULO V

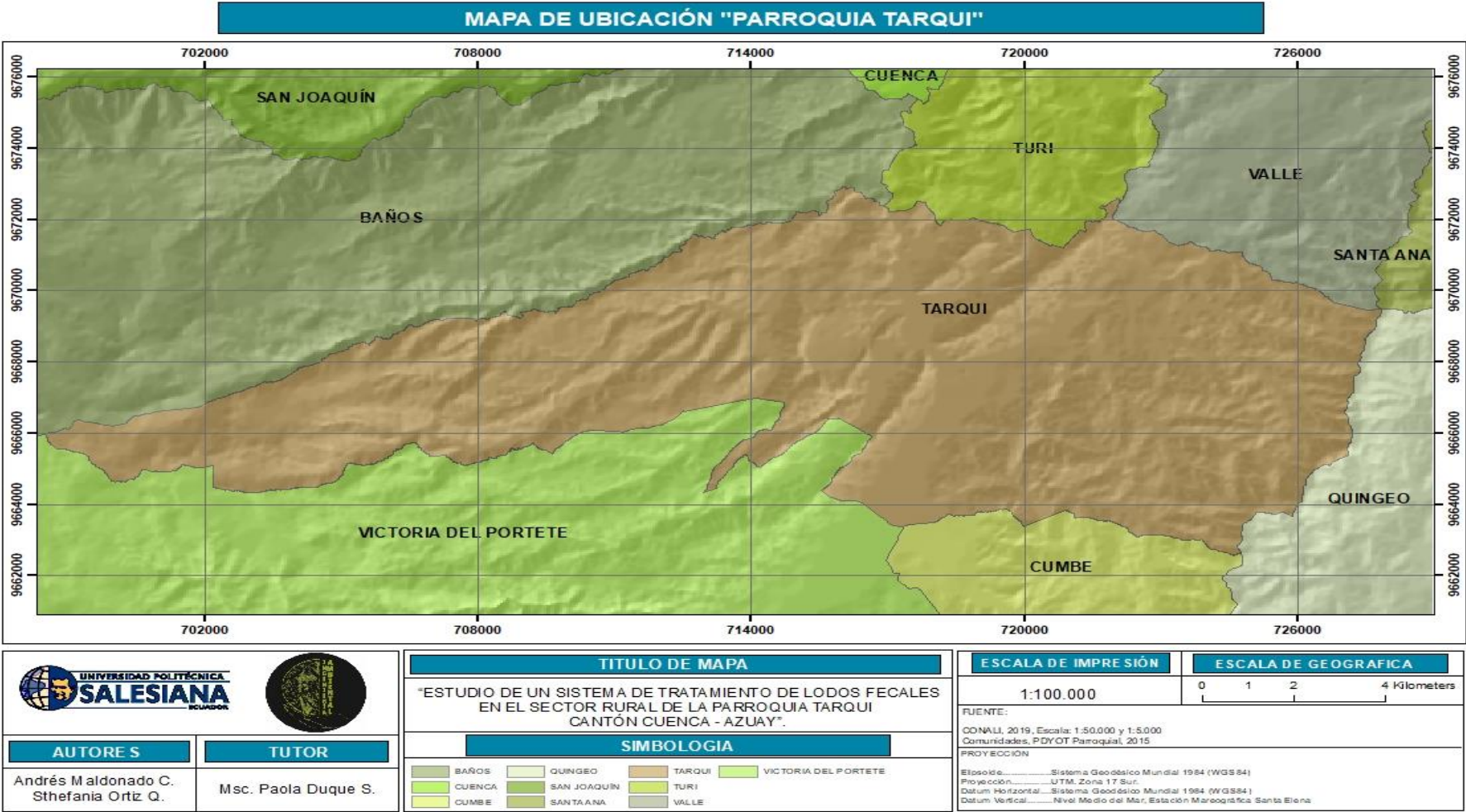
5.1.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA DIAZ, D. I., & ROJAS LAVERDE, D. F. (2017). DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA TRANSPORTADORA ESCOLAR CAMARGO HERMANOS S.A. – TECH S.A. En *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍAS PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA BOGOTÁ, D.C* (Vol. 87, Número 1,2).
- Acosta Lorenzo, Y., & Obaya Abreu, M. C. (2005). La Digestión Anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)*, 15.
- Arellano Díaz, J., & Guzman Pantoja, J. E. (2011). *Ingeniería ambiental* (1a ed.). Alfaomega.
- ARÉVALO ZHINDÓN, C. (2011). *TRATAMIENTO DE LOS LODOS GENERADOS EN LA PLANTA POTABILIZADORA DE MAHUARCAY MEDIANTE EL USO DE UN LECHO DE SECADO*.
- Berrezueta Delgado, P., & Alvarez Vallejo, A. (2015). SECADO TÉRMICO CONVENCIONAL. En *Tecnologías para Plantas de Tratamiento* (pp. 58–141).
- Berrío, J. C. (2015). Simulación en CFD de un tanque de sedimentación secundaria con la implementación de un modelo de balance poblacional (PBM). *Universidad de los Andes*, 1–21.
- Carcel Arcos, R. D. (2015). “*Tratamiento de lodos por digestión anaerobia de la Planta piloto de aguas residuales del colector ‘El Batán’ del Distrito Metropolitano de Quito y su posible aplicación en la agricultura.*”
- Duque-Sarango, P., Cáceres, M., Cando, A., Escandón, C., Segarra, F., & Zhingri, A. (2020). Reducción de Aluminio y huevos de Helminth contenidos en fangos deshidratados de una planta de tratamiento de aguas residuales, con procesos electroquímicos. *Ciencia y Tecnología*, 13(1), 55–62.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.348>
- Duque-Sarango, P. J., & Chinchay-Rojas, L. V. (2008). *Diagnóstico ambiental en tres mataderos de ganado en la provincia de Loja y diseño del plan de manejo ambiental*. 1, 254.
- Duque, S., & Hernández, B. (2020). Estudio integral del recurso hídrico de la microcuenca del Rio Guarango , Cuenca – Ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação Iberian Journal of Information Systems and Technologie*, 240–252.
- Furlong, C., Mensah, A., Donkor, J., & Reino, R. S. (2016). *Conclusiones de la aplicación del proceso del diagrama de flujo de excrementos (SFD) en Kumasi. Figura 1*.
- GAD Tarqui. (2020). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Gobierno Autónomo Descentralizado De La Parroquia Rural De Pungalá. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 13–19. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660826440001_PDOT_GADPR_PUNGALA_27-10-2015_08-33-18.pdf
- Heinss, U., & Strauss, M. (1999). Management of Sludges from On-site Sanitation: Co-treatment of Faecal Sludge and Wastewater in Tropical Climates. *EAWAG/SANDEC-Water and Sanitation in Developing Countries*, January, 1–7.
- Koei, N., & Hazen&Sawer. (2011). *Cribado Y Estudios Hidráulicos De Cámara De Llegada*. 0.

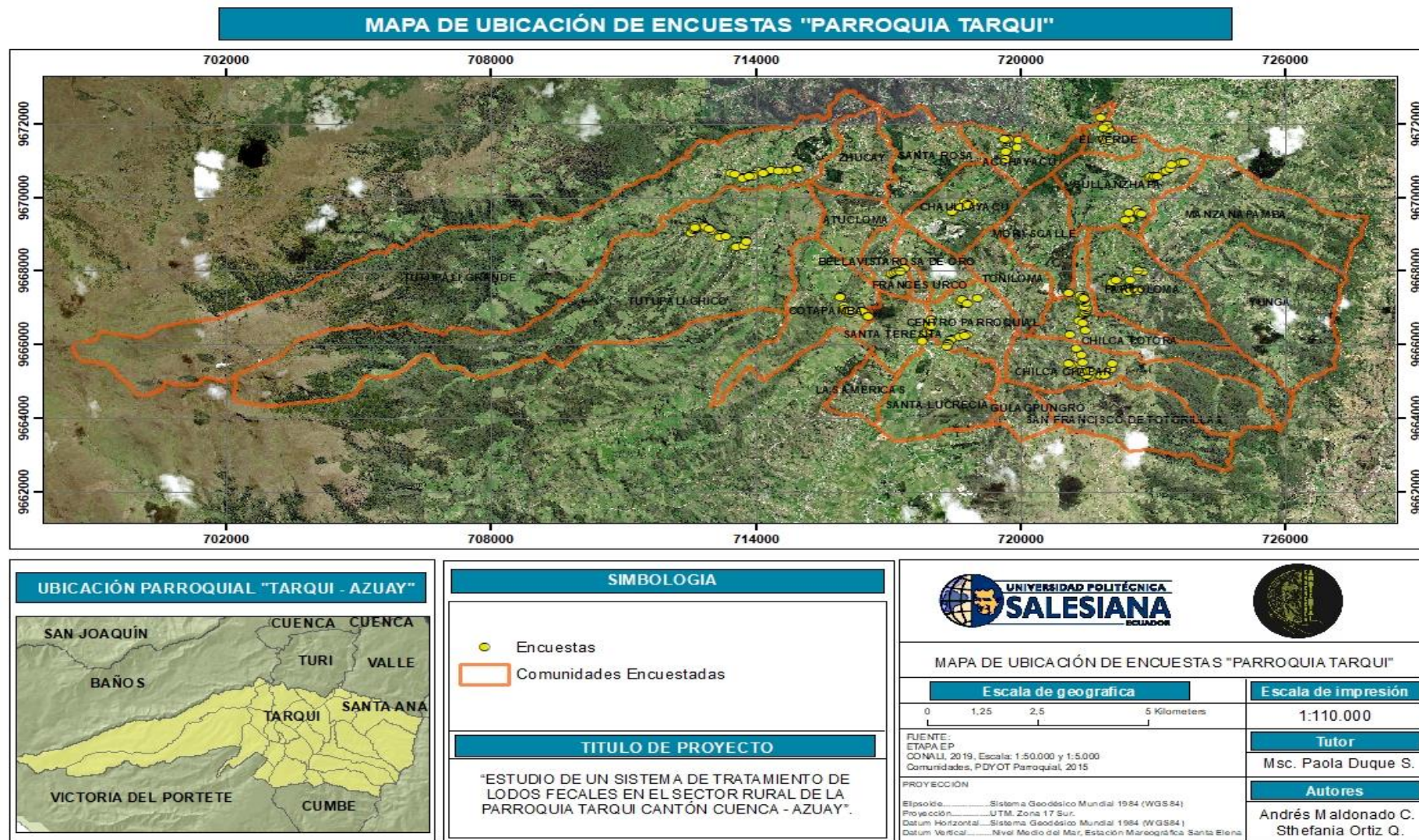
- Lugo, J., Águila, P. D. E. L., Vaca, R., Casas-hinojosa, I., Yáñez-ocampo, G., Autónoma, U., Instituto, D. M., Centro, C., & Mé-, E. De. (2017). ABONO ORGÁNICO ELABORADO CON LODO RESIDUAL Y ESTIERCOL EQUINO A TRAVÉS DE VERMICOMPOSTEO: UNA PROPUESTA COMO MEJORADOR DE SUELOS. *Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, Colonia Centro, Toluca, Estado de Mé- xico, México, C. P. 50000*, 33(3), 475–484. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.10>
- Moiambo, O., Mutevuie, R., Ferreira, F., & Matos, J. (2021). Modelling faecal sludge dewatering processes in drying beds based on the results from tete, mozambique. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13168981>
- Montalvo-Ochoa, F., Robles-Bykbaev, V., Duque-Sarango, P., & Gonzalez-Arias, K. (2020). An educational rule-based expert system to determine water quality for environmental engineering and biotechnology students. *EDUNINE 2020 - 4th IEEE World Engineering Education Conference: The Challenges of Education in Engineering, Computing and Technology without Exclusions: Innovation in the Era of the Industrial Revolution 4.0, Proceedings*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE48860.2020.9149502>
- Montero, F. (2018). *Saneamiento y disposición de biosólidos provenientes de lodos sépticos residuales*. 1–75. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10299/Saneamiento y disposici%C3%B3n_bios%C3%B3lidos_provenientes_lodos_s%C3%A9pticos_residuales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10299/Saneamiento_y_disposici%C3%B3n_bios%C3%B3lidos_provenientes_lodos_s%C3%A9pticos_residuales.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez Farrás, L. E. (2005). Teoría de la Sedimentación. *Cátedra De Hidráulica Aplicada a La Ingeniería Sanitaria*, 23.
- Pérez Palomares, H. (2014). Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales. En *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Sanchez, E., & Salazar, D. (2012). “Evaluacion Y Propuesta De Rediseño De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Comunidad De Churuguzo, Parroquia Tarqui, Cantón Cuenca, Provincia Del Azuay”. *El Escorial*, 34,56.
- Sarango, D. (2012). *Estudio de la influencia de la adición de cloruro férrico en la sedimentabilidad de los fangos activados*. Iii, 195. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17975/TFM PAOLA DUQUE.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17975/TFM_PAOLA_DUQUE.pdf?sequence=1)
- Septien, S., Singh, A., Mirara, S. W., Teba, L., Velkushanova, K., & Buckley, C. A. (2018). ‘LaDePa’ process for the drying and pasteurization of faecal sludge from VIP latrines using infrared radiation. *South African Journal of Chemical Engineering*, 25, 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2018.04.005>
- Strande, L., Ronteltap, M., & Brdjanovic, D. (2016). Manejo de Lodos Fecales: Un enfoque sistémico para su implementación y operación. En *Water Intelligence Online* (Vol. 15). <https://doi.org/10.2166/9781780408026>
- Strauss & Montangero, A. M. and M. (2004). *Faecal Sludge Treatment*. <http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>
- VALENCIA BONILLA, N. T. (2008). *SECADO SOLAR DE LODOS*.
- Federation, W. E. (2018). *Diseño de Instalaciones de Recuperación de Recursos Hídricos*. American Society of Civil Engineers.
- He, J., Chen, Z., Dougherty, M., Hu, S., & Zuo, X. (2021). Explore the sludge stabilization process in sludge drying bed by modeling study from mesocosm experiments. *ScienceDirect*, 195.

- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2018). Lecho de secado con plantas. *Science*, 5-9.

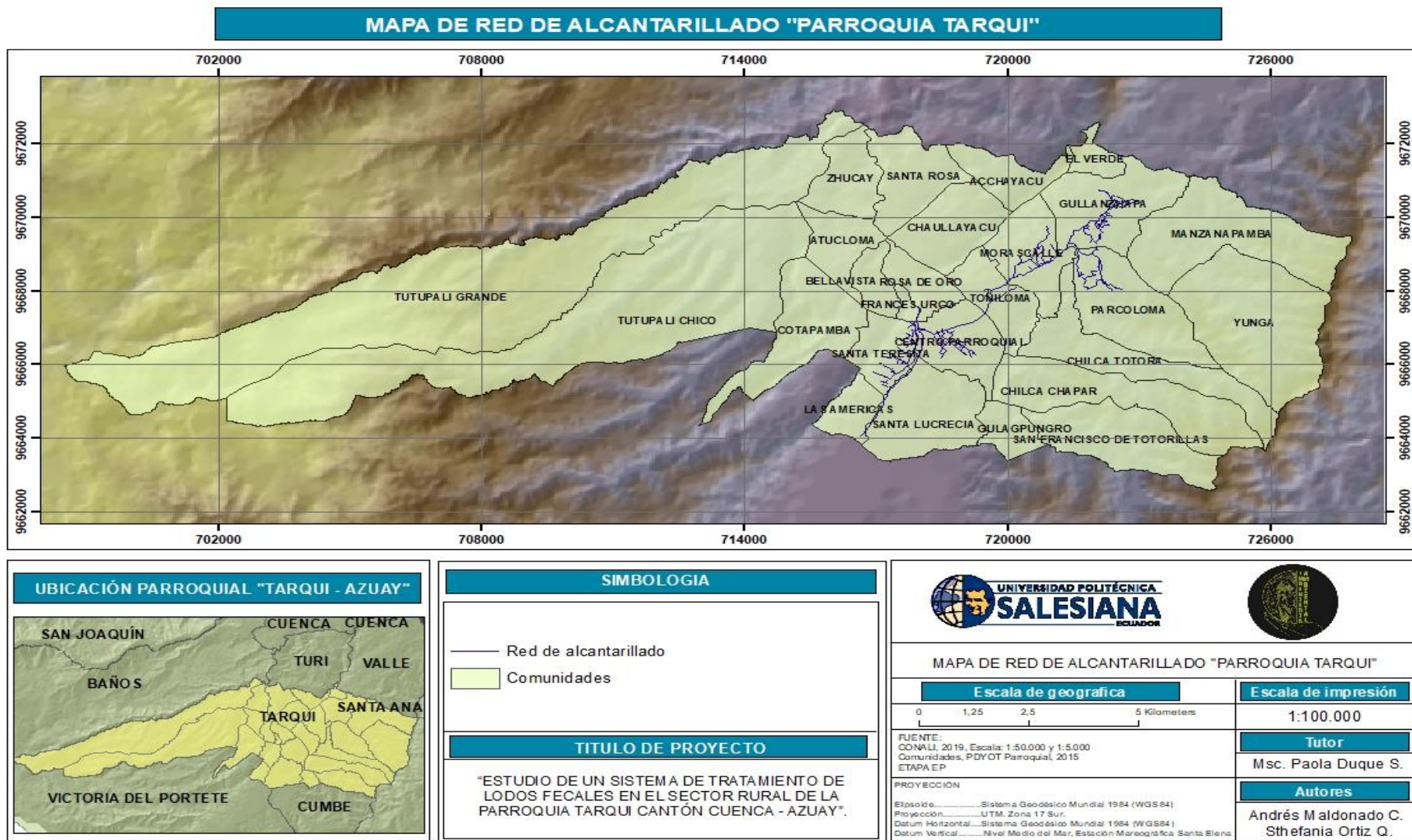
5.2.ANEXOS



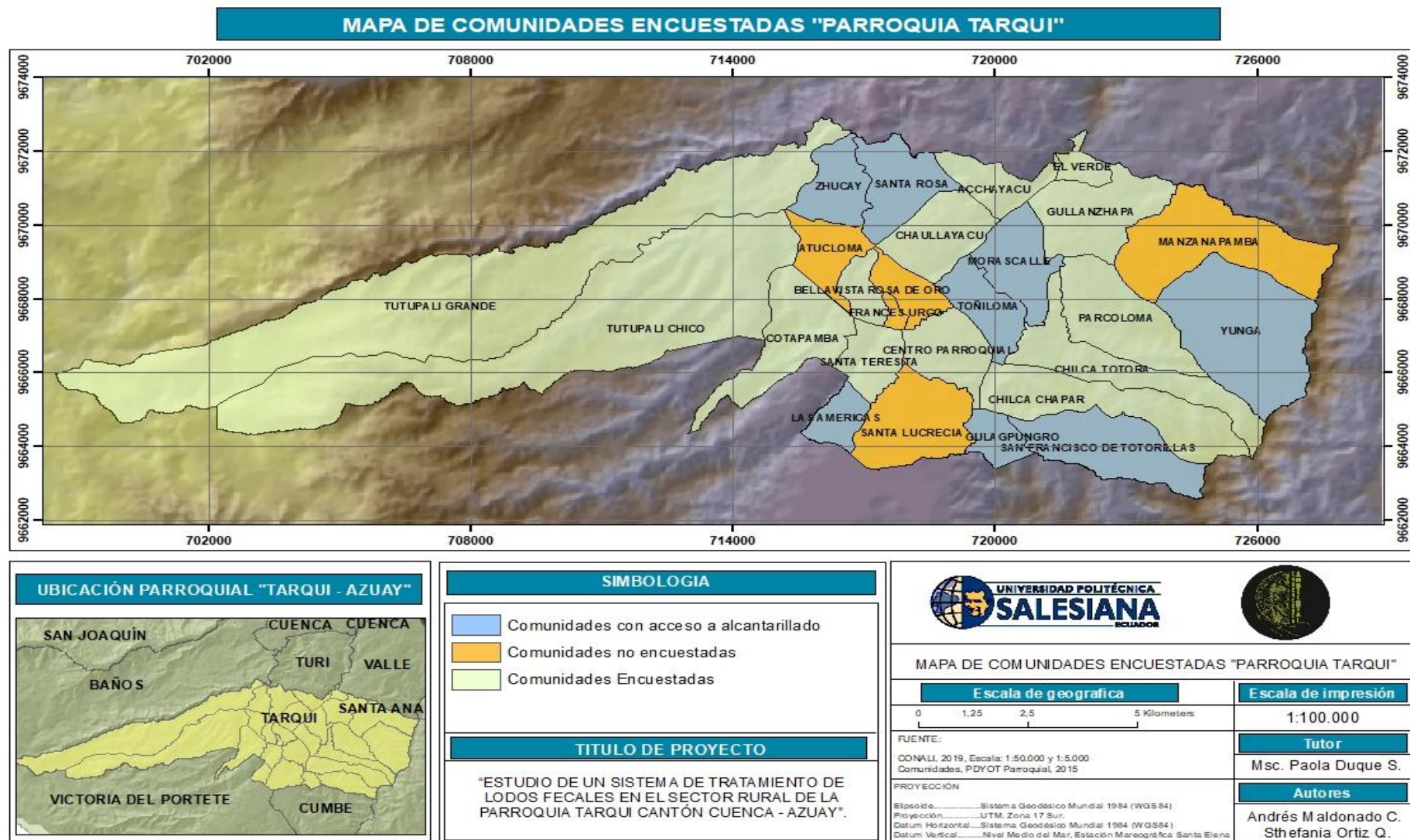
Anexo 1 Mapa de ubicación parroquia Tarqui (Maldonado & Ortiz, 2021).



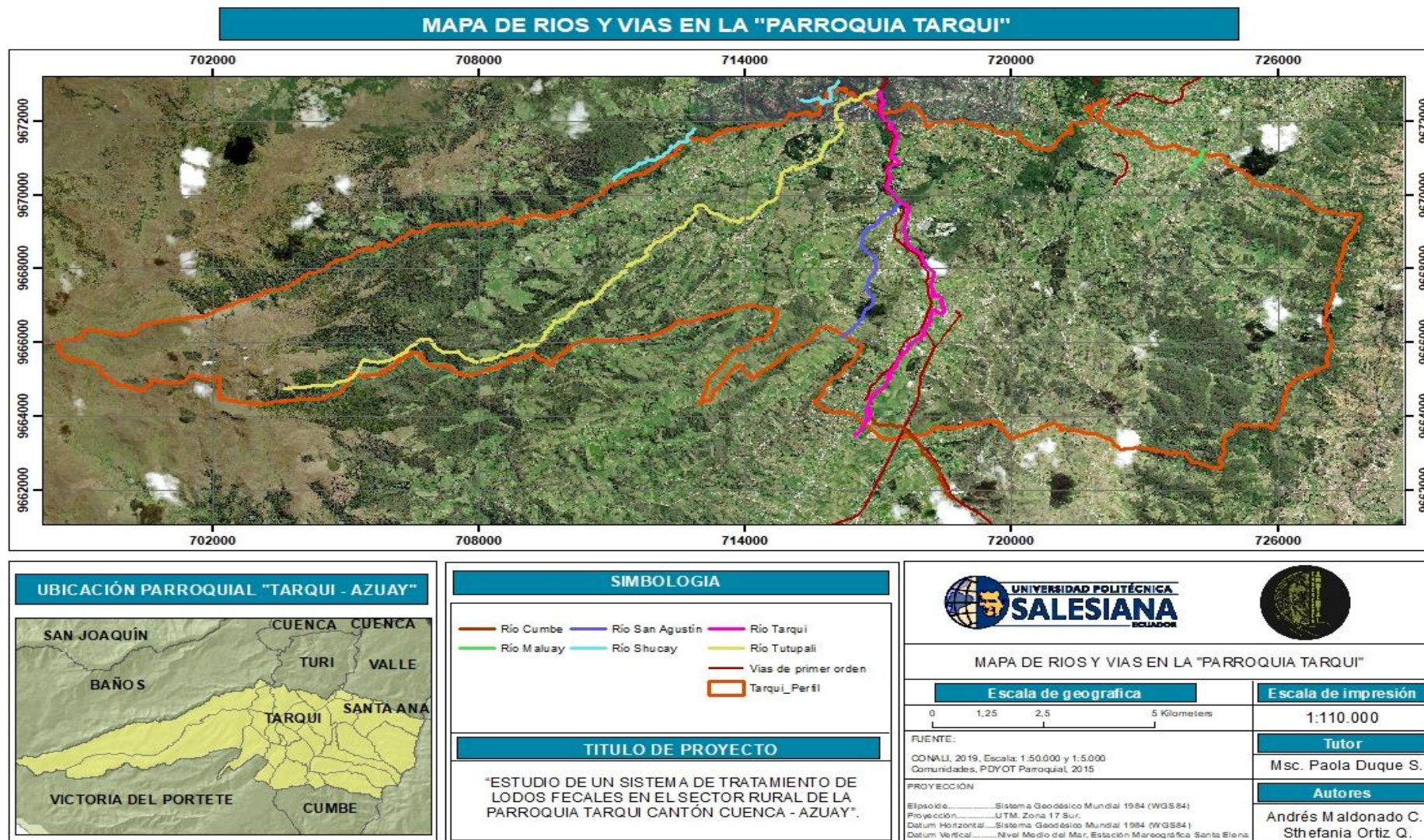
Anexo 3 Mapa de ubicación de encuestas realizadas (Maldonado & Ortiz, 2021).



Anexo 4 Mapa de red de alcantarillado ETAPA EP (Maldonado & Ortiz, 2021).



Anexo 5 Mapa de Comunidades encuestadas (Maldonado & Ortiz, 2021).



Anexo 6 Mapa de ríos y vías (Maldonado & Ortiz, 2021).

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
Carrera: Ingeniería Ambiental

Encuesta Saneamiento Básico Tarqui – Azuay

En la presente encuesta, se pretende recabar información sobre el Tema: “Diagnóstico actual del manejo adecuado de los lodos fecales en la Parroquia Tarqui”. Esta encuesta es estrictamente con fines de investigación educativa. No serán recolectados datos personales como nombres o números de identificación de las personas encuestadas únicamente se hará referencia a la edad y sexo del encuestado. Si necesita ayuda o requiere de alguna aclaración con respecto a las preguntas en este cuestionario siéntase libre de preguntar al encuestador.
De antemano agradezco su colaboración.

Instrucciones: Marca con una X la opción que crea conveniente para dar respuesta a cada uno de los siguientes enunciados.

Pregunta 1

Con cuántas personas habitan actualmente en su hogar					
1 habitante		2 habitantes		3 habitantes	
5 habitantes		Más de 5 habitantes			

Pregunta 2

Su servicio sanitario se encuentra dentro o fuera de su hogar.			
Dentro		Fuera	
No Cuenta			

Pregunta 3

Con qué servicio sanitario cuenta actualmente.	
¿Excusado y alcantarillado?	
¿Excusado y pozo séptico?	
¿Excusado y pozo ciego?	
¿Solo excusado?	
¿Letrina?	
¿No tiene?	

Pregunta 4

Usted considera que el sistema que está utilizando tiene una adecuada higiene.			
Si		No	

Pregunta 5

¿Los desechos del POZO SÉPTICO / POZO CIEGO terminan en:	
Río, quebrada	
Acequia, calle, patio, terreno	
Campo abierto, bosque o monte	
Permanecen en el pozo séptico /pozo ciego para luego ser drenados?	
Permanecen en el pozo séptico /pozo ciego para luego ser enterrados?	
¿No sabe?	

Pregunta 6

¿Con qué tipo de LETRINA o Pozo séptico cuenta el HOGAR:	
¿Letrina - hoyo con losa? (recubierta con algún material como cemento, madera, etc.)	
Letrina – hoyo sin losa / fosa abierta? (Hoyo rudimentario en el suelo)	

Pregunta 7

¿Cuándo fue la última vez que vació el POZO SÉPTICO/ POZO CIEGO/ LETRINA que utiliza?	
Menos de 6 meses	
Entre 6 meses y 1 año	
Entre 3 y 5 años	
Más de 5 y 10 años	
Más de 10 años	

Nunca	
-------	--

Pregunta 8

¿Puesto que mencionó que NO TIENE Servicio higiénico; que hacen principalmente los miembros de este HOGAR:	
¿Van al monte, campo, rio, quebrada?	
¿Usan una instalación sanitaria cercana y/o prestada?	

Pregunta 9

¿Qué tipo de instalación sanitaria cercana y/o prestada utiliza principalmente el HOGAR:	
¿Excusado y alcantarillado?	
¿Excusado y pozo séptico?	
¿Excusado y pozo ciego?	
¿Letrina?	

Pregunta 10

¿Comparte usted el SERVICIO HIGIÉNICO que tiene con otras personas que no son miembros de este HOGAR?	
Si	No

Pregunta 11

Esta usted de acuerdo en que se realice una planta de tratamiento de lodos	
Si	No

Pregunta 12

Que tan cerca usted considera que puede estar la planta de tratamiento sin causar inconvenientes	
De 0 a 500 m	
De 500 a 1000 m	
De 1000 a 1500 m	
De 1500 a 2000 m	
Más de 2000 m	

Pregunta 13

¿Estaría Dispuesto a pagar una tasa de recolección cuando su pozo o fosa séptica se encuentre lleno? Este costo será por m3	
20 dólares	
30 dólares	
40 dólares	
No estaría dispuesto a pagar una tasa de recolección	

Pregunta 14

¿Cada cuanto vacía su POZO SÉPTICO/ POZO CIEGO/ LETRINA?	
Cada 6 meses	
Entre 6 meses y 1 año	
Entre 3 y 5 años	
Entre de 5 y 10 años	
Más de 10 años	
Nunca	

Pregunta 15

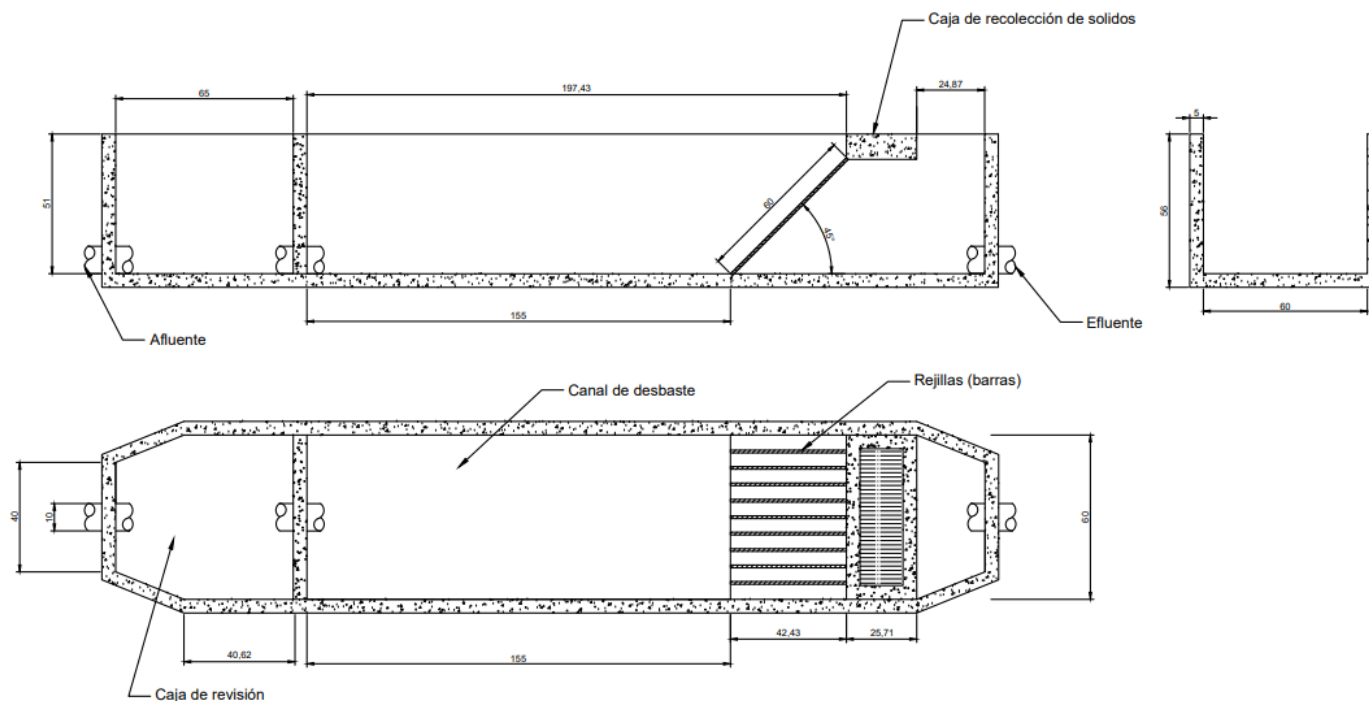
¿El pozo séptico con el que cuenta su hogar que tamaño tiene en m3?	
1 a 3	
3	
6	
9	
no sabe	

C H I E S T K		Características físicas del sitio en donde se implementara las tecnologías.	Accesibilidad a la tecnología	Dificultad de operación de las tecnologías	Rendimiento del tratamiento	Características de los lodos (dilución, grado de digestión, capacidad de esparcirse y desaguarse).	Cantidad y frecuencia de descarga de lodos en la ETLF.	Clima.	Disponibilidad y costo de la tecnología.	Que haya interés en el uso de los productos finales (fertilizante, forraje, biogás, compost, combustible).	Que los repuestos estén disponibles en el lugar.	Que los costos de inversión estén cubiertos (terreno, infraestructura, personal, capacitación).	Personal capacitado para OyM	Que los habitantes puedan pagar por el servicio.
Decatación	Tanques Imhoff													
	Tanques sedimentación espesamiento													
Secado	Separación mecánica del agua													
	Lechos de secado sin plantas													
Estabilización tratamiento adicional	Co-compostaje													
	Entierro en zanjas profundas													
	Adición de cal o amoníaco													
	Incineración de lodos													
	Digestión anaeróbica													
	Larvas de Hermetia; compostaje con lombrices													
	LaDePa													
	Secado Térmico													
	Secado Solar													
	Lechos de secado con plantas													
	Co-tratamiento con aguas servidas													

Rango de Factibilidad	Color
Factible	
Medianamente Factible	
No es Factible	

Anexo 8 Check-List (Maldonado & Ortiz, 2021)

CRIBADO DE PLANTA PILOTO "PARROQUIA TARQUI"



Escala: 1:20



LAMINA Nro.	FECHA
1 / 4	28/09/2021
TUTORA	
Msc. PAOLA DUQUE SARANGO	

PROYECTO

"ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN CUENCA - AZUAY".

AUTORES

EDWIN ANDRÉS MALDONADO CAJAMARCA
STHEFANIA BELÉN ORTIZ QUIZHPILEMA

PLANO

"DISEÑO DE CRIBADO PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARROQUIA TARQUI".

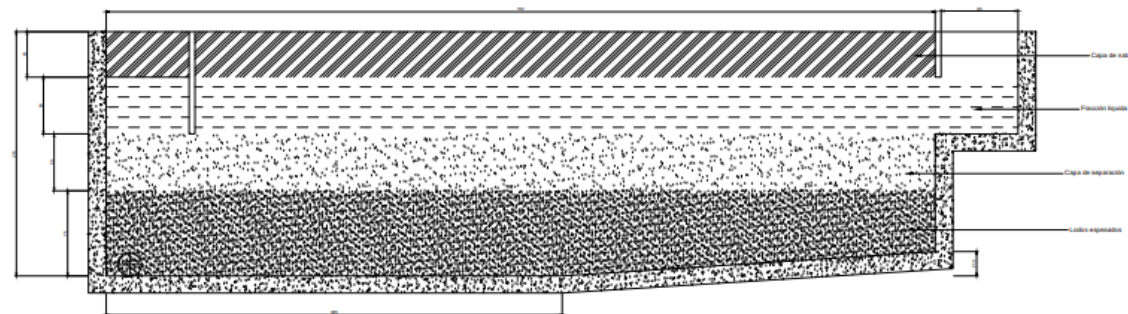
Anexo 9 Plano de cribado (Maldonado & Ortiz, 2021).




DISEÑO DE TANQUE SEDIMENTADOR - ESPESAMIENTO "PARROQUIA TARQUI"

Datos de diseño estandar

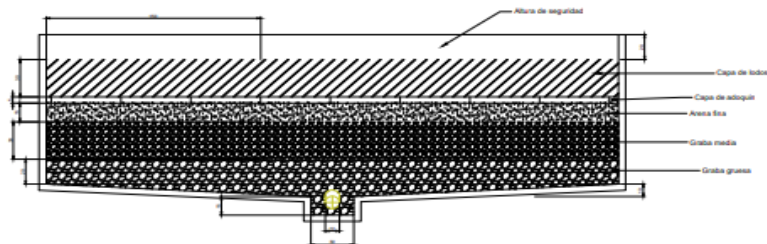
- Zona de nata: 40 cm
- Zona de la fracción líquida: 50 cm (Heinss et al., 1998);
- Zona de separación: 50 cm (Heinss et al., 1998);
- Zona de Espesamiento de los lodos: 75 cm



Escala 1:50

		PROYECTO	
		"ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN CUENCA - AZUAY"	
LAMINA Nro.	FECHA	AUTORES	PLANO
2 / 4	28/09/2021	EDWIN ANDRÉS MALDONADO CAJAMARCA	DISEÑO DE TANQUE SEDIMENTADOR - ESPESAMIENTO "PARROQUIA TARQUI"
TUTORA		STEFANIA BELEN ORTIZ QUIZHPILEMA	
Msc. PAOLA DUQUE SARANGO			

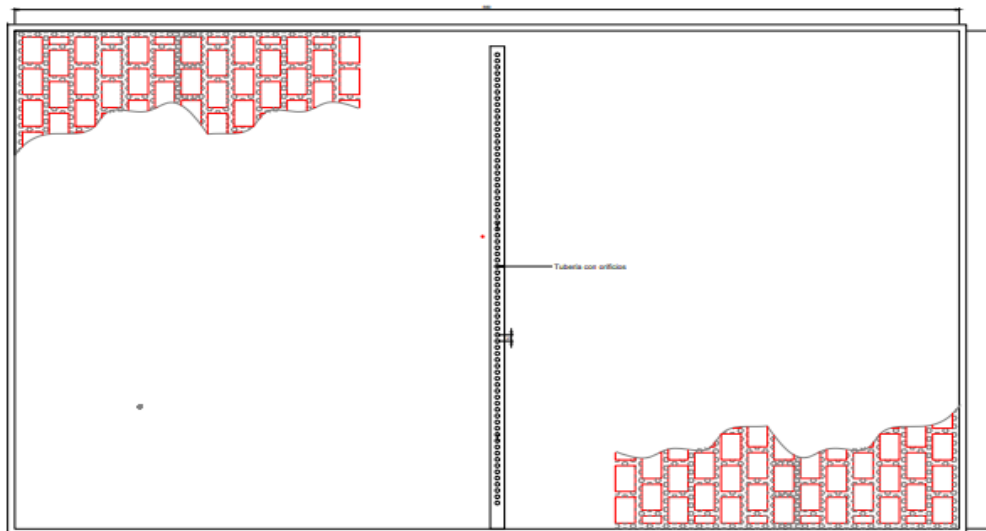
Anexo 10 Plano de tanque sedimentador - espesador (Maldonado & Ortiz, 2021).



DISEÑO DE LECHO DE SECADO "PARROQUIA TARQUI"

Datos de diseño estandar

- Altura zona libre 20 cm
- Capa de lodos 20 a 30 cm
- Capa de adoquin 5 cm
- Capa de arena fina 15 cm
- Capa de grava media 30 cm
- Capa de grava media 20 cm



LAMINA Nro.	FECHA
3 / 4	28/09/2021
TUTORA	
Msc. PAOLA DUQUE SARANGO	

PROYECTO

"ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN CUENCA - AZUAY".

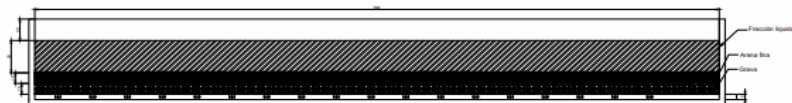
AUTORES

EDWIN ANDRÉS MALDONADO CAJAMARCA
STEFANIA BELEN ORTIZ QUIZHPILEMA

PLANO

"DISEÑO DE LECHO DE SECADO PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARROQUIA TARQUI".

Anexo 11 Plano de lecho de secado (Maldonado & Ortiz, 2021).



DISEÑO DE LECHO DE SECADO CON PLANTAS "PARROQUIA TARQUI"

Datos de diseño estandar

- Altura zona libre 20 cm
- Capa de lodos 30 cm
- Capa de arena fina 10 cm
- Capa de grava gruesa 10 cm



LAMINA Nro.	FECHA
4 / 4	28/09/2021
TUTORA	
Msc. PAOLA DUQUE SARANGO	

PROYECTO

"ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS FECALES EN EL SECTOR RURAL DE LA PARROQUIA TARQUI CANTÓN CUENCA - AZUAY".

AUTORES

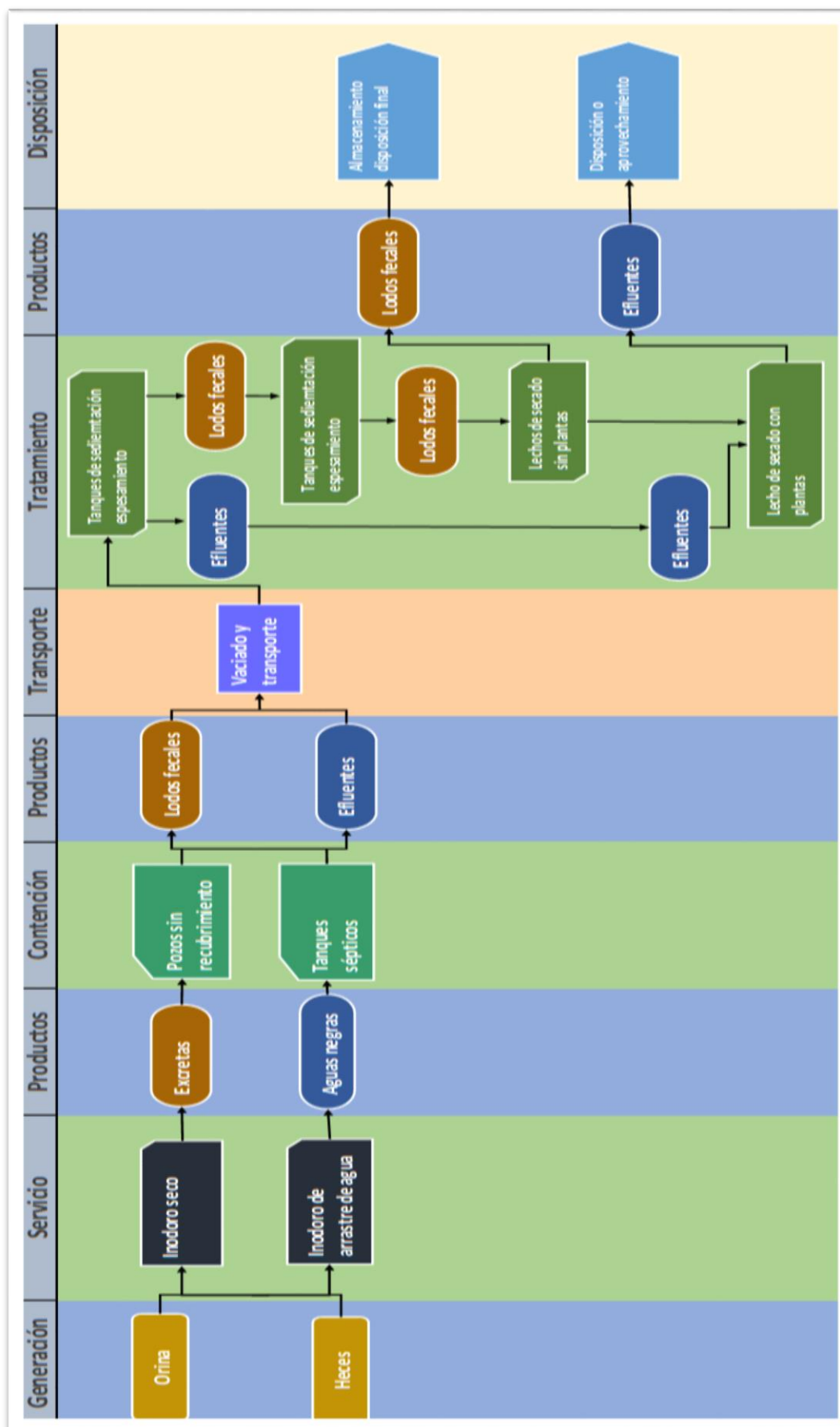
EDWIN ANDRÉS MALDONADO CAJAMARCA

STEFANIA BELEN ORTIZ QUIZHPILEMA

PLANO

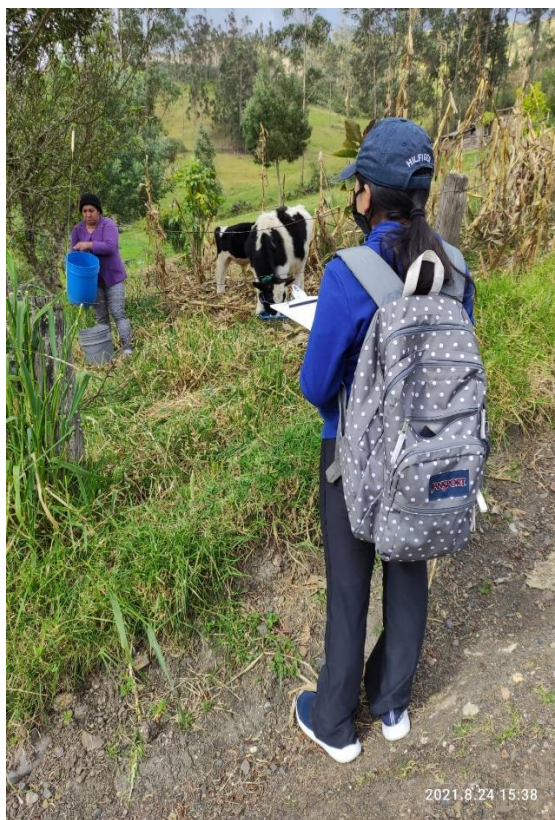
"DISEÑO DE SECADO CON PLANTAS PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS PARROQUIA TARQUI".

Anexo 12 Plano de lecho de secado con plantas (Maldonado & Ortiz, 2021).



Anexo 13 Diagrama de flujo de tratamiento de lodos fecales (Maldonado & Ortiz, 2021).





Anexo 14 Registro fotográfico de encuestas (Maldonado & Ortiz, 2021).