

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE
DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SAN LUIS
DE LA PARROQUIA LLOA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

MARÍA BELÉN PILLAJO HIDALGO
mabelvivi1@hotmail.com

DIRECTOR

Ing. Luis Ángel Jaramillo Sánchez

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito, Noviembre 2018

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por María Belén Pillajo Hidalgo, bajo nuestra supervisión.

Ing. Luis Jaramillo
DIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, MARÍA BELÉN PILLAJO HIDALGO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

María Belén Pillajo Hidalgo

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que son mi motivación para seguir esforzándome día a día.

Belén

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he llegado hasta aquí y por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanos César por cuidarme siempre y a mi Sebitas que se ha convertido en mi fuerza y fortaleza, por estar siempre presente y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mis primas Stefany y Mayra y mis amigos Alex, Diego, Santy que me ayudaron a realizar parte de este trabajo.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a la Ing. Melania, Ing. Alejandro y el Ing. Jaramillo que me abrieron las puertas compartiéndome sus conocimientos.

Belén

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1 IMPORTANCIA HIDROGRÁFICA.....	3
1.2 OBJETIVO GENERAL	5
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5 ANTECEDENTES.....	7
1.5. ALCANCE.....	7
1.6 MARCO TEÓRICO	8
1.6.1 SANEAMIENTO.....	8
1.6.2 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE CUERPOS HÍDRICOS POR DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAMIENTO	8
1.6.3 SANEAMIENTO BÁSICO	9
1.6.4 SANEAMIENTO SOSTENIBLE.....	9
1.6.5 AGUAS GRISES.....	9
1.6.6 AGUAS NEGRAS	10
1.6.7 REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES	10
1.6.8 TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL.....	11
1.6.9 TECNOLOGÍA CENTRALIZADA.....	12
1.6.10 TECNOLOGÍA DESCENTRALIZADA	13
1.6.11 COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	14
2. METODOLOGÍA.....	18
2.1 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO.....	18
2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN FÍSICA	19
2.3 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	20
2.4 ELECCIÓN DE LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO SOSTENIBLE.....	20
2.5 FACTORES PARA EVALUAR LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO SOSTENIBLE	21
2.6 ENTREGA DEL PROYECTO A LA COMUNIDAD	22

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y SOCIOECONÓMICA	24
3.2.1 SANEAMIENTO EN EL BARRIO SAN LUIS	28
3.2.2 AGUAS RESIDUALES.....	30
3.3 OPCIONES DE SISTEMA DE SANEAMIENTO	37
3.3.1 SISTEMA DE BIOFILTRO	37
3.3.2 REACTOR ANAEROBIO CON DEFLECTORES	40
3.3.3 FILTRO ANAERÓBICO	43
3.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	47
3.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	48
3.6 ANÁLISIS DE LA MUESTRA	50
3.6.1 METODOLOGÍA DEL MUESTREO	50
3.6.2 ANÁLISIS DE pH Y CONDUCTIVIDAD	51
3.6.3 ANÁLISIS DE TURBIEDAD	52
3.6.4 ANÁLISIS DE OXÍGENO DISUELTO.....	52
3.6.5 ANÁLISIS DE DQO.....	53
3.6.6 ANÁLISIS DE DBO5.....	53
3.7 ELECCIÓN, VALIDACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE UNA DE LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO SOSTENIBLE PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES	54
3.8 DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	55
3.8.1 DESCRIPCIÓN DEL BIOFILTRO DE FLUJO HORIZONTAL.....	56
3.8.2 ETAPAS DE UN SISTEMA DE BIOFILTRO.....	57
3.8.3 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN BIOFILTRO.....	57
3.8.4 EFICIENCIA E IMPACTO EN EL AMBIENTE	60
3.8.5 CÁLCULOS DE DISEÑO	61
3.8.6 COSTO DEL SISTEMA DE BIOFILTRO	67
3.8.7 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.....	68
3.8.8 EL USO DEL EFLUENTE COMO FUENTE DE SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA.....	69
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
4.1. CONCLUSIONES	70
4.2. RECOMENDACIONES.....	71
4.3 BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS.....	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: UBICACIÓN DE LLOA.....	2
FIGURA 2: UBICACIÓN DE SAN LUIS.....	2
FIGURA 3: FUENTES DE AGUA CON LAS QUE TRABAJA EL FONAG	4
FIGURA 4: SEXTO OBJETIVO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	9
FIGURA 5: REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	10
FIGURA 6: EFICIENCIAS DE REMOCIÓN POR NIVEL DE TRATAMIENTO.....	11
FIGURA 7: SISTEMA DE RECOLECCIÓN CENTRALIZADA Y SU TRATAMIENTO FUERA DE LA CIUDAD.....	13
FIGURA 8: SISTEMA DESCENTRALIZADO DE MANEJO DE AGUA RESIDUAL	14
FIGURA 9: ACTORES DIRECTOS E INDIRECTOS.....	23
FIGURA 10: ESCUELA FISCAL “BOWEYS ING”	25
FIGURA 11: PORCENTAJE DEL NIVEL DE ESTUDIO DE LAS PERSONAS EN EL BARRIO.....	25
FIGURA 12: PORCENTAJE DE PERSONAS QUE TRABAJAN	26
FIGURA 13: PORCENTAJE DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRESENTES .	26
FIGURA 14: SIEMBRAS DENTRO DE LOTES DE TERRENO	27
FIGURA 15: PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE CUENTAN CON SANITARIOS COMPLETOS	28
FIGURA 16: TANQUE PARA LA RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA.....	29
FIGURA 17: RETRETE CON ARRASTRE HIDRÁULICO CON VENTILACIÓN.....	32
FIGURA 18: RETRETE SECO CON VENTILACIÓN	34
FIGURA 19: RETRETE SECO SIN VENTILACIÓN	36
FIGURA 20: BIOFILTRO	38
FIGURA 21: ABR.....	41
FIGURA 22: FILTRO ANAERÓBICO	43
FIGURA 23: PRIMERA CASA DEL BARRIO SAN LUIS	47
FIGURA 24: CALLE DEL BARRIO SAN LUIS.....	47
FIGURA 25: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	48
FIGURA 26: TOMA DE LA MUESTRAS	50
FIGURA 27: MEDICIÓN DE pH	51
FIGURA 28: MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD	51
FIGURA 29: MEDICIÓN DE LA TURBIEDAD	52
FIGURA 30: MEDICIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO.....	52
FIGURA 31: MEDICIÓN DE DBO5 EN EL ESPECTROFOTÓMETRO	53
FIGURA 32: REUNIÓN CON LOS HABITANTES DEL BARRIO.....	54
FIGURA 33: EXPLICACIÓN DE CADA OPCIÓN DE SANEAMIENTO	55
FIGURA 34: BIOFILTRO DE FLUJO HORIZONTAL.....	56
FIGURA 35: PROCESOS QUE SE LLEVAN A CABO DENTRO DEL LECHO FILTRANTE	58
FIGURA 36: SISTEMA DE AGUA SAN LUIS.....	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA.....	3
Tabla 2: NIVELES DE TRATAMIENTO	12
Tabla 3: COMPOSICIÓN TÍPICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	17
Tabla 4: FACTORES PARA EVALUAR LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO	21
Tabla 6: POZO SIMPLE CON ARRASTRE HIDRÁULICO Y VENTILADO	31
Tabla 7: SISTEMA POZO SIMPLE SECO Y VENTILADO.....	33
Tabla 8: SISTEMA POZO SIMPLE SECO Y SIN VENTILACIÓN.....	35
Tabla 9: SISTEMA BIOFILTRO.....	39
Tabla 10: SISTEMA ABR	42
Tabla 11: SISTEMA FILTRO ANAERÓBICO.....	44
Tabla 12: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO PROPUESTOS	45
Tabla 13: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS.....	54
Tabla 14: CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL MEDIO EN SISTEMAS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL	58
Tabla 15: EFICIENCIA DE REMOCIÓN ESPECIE TOTORA.....	59
Tabla 16: VALORES TÍPICOS DE SUSTRATOS PARA BIOFILTROS	61
Tabla 17. INFORMACIÓN TÍPICA PARA PROYECTOS DE REJAS DE BARRAS DE LIMPIEZA MANUAL Y MECÁNICA.....	62
Tabla 18: LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.....	62
Tabla 19: CAUDAL DE DISEÑO	64
Tabla 20: CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES	64
Tabla 21: CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN DE AGUA.....	65
Tabla 22: CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CARGA ORGÁNICA	65
Tabla 23: CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL BIOFILTRO	65
Tabla 24: CÁLCULO DEL ÁREA DEL BIOFILTRO	66
Tabla 25: DIMENSIONES LARGO:ANCHO.....	66
Tabla 26: MEDIDAS DEL BIOFILTRO	67
Tabla 27: COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE BIOFILTRO	67

RESUMEN

Este proyecto de titulación pretende identificar la mejor alternativa para el manejo adecuado de las aguas residuales que se empezarán a producir en el Barrio de San Luis de Lloa, una vez que este cuente con agua en cada domicilio. Esto con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas de esta área y prevenir posibles problemas de salud que podrían surgir a partir del mal manejo de las aguas residuales. Además de evitar la contaminación de las fuentes que se encuentran cerca del Barrio San Luis, ya que estas fuentes son utilizadas para agua de consumo humano en el Distrito Metropolitano de Quito.

Para el desarrollo del proyecto, se aplicó un Diagnóstico Participativo en el cual se identificaron las necesidades de la población respecto al manejo adecuado de las aguas residuales. También se realizó un levantamiento topográfico en la calle del barrio San Luis, para analizar la posibilidad de un diseño de alcantarillado y conducir las aguas residuales a un solo punto.

A partir del análisis de la información se pudo determinar que la mejor opción para el manejo de aguas residuales son los biofiltros, los cuales comprenderán los cálculos de diseño y mantenimiento que se deberá realizar al sistema.

Tomando en cuenta que la mejor opción para el manejo de las aguas residuales son los biofiltros se tomó una muestra de un pozo de revisión de la población más cercana a San Luis para analizar y obtener algunos datos necesarios para realizar los cálculos de diseño.

Palabras clave: saneamiento, sostenible, levantamiento topográfico, aguas residuales, contaminación, alcantarillado.

ABSTRACT

This thesis project aims to identify the best technology available for the management of wastewater, which will be soon generated by the neighborhood of San Luis de Lloa, once every household is connected to the drinking water supply network. This with the objective of improving the livelihood of the people who live in this area and to prevent future health issues that might arise due to the improper wastewater management. Furthermore it is imperative that San Luis de Lloa has an adequate treatment of wastewater since it is surrounded by sources that are used or water for human consumption in the Metropolitan District of Quito.

For the development of the project, a Participatory Rural Appraisal was used to identify the needs of the population regarding wastewater management. Also, a topographic survey was carried out in order to analyze the viability of a sewerage and a centralized wastewater treatment plant.

From the analysis of the information it was possible to determine that the best option for the managing waste water they are the biofilters, which will understand the calculations of design and maintenance that it will have realize to the system.

Bearing in mind that the best option for the managing of the waste water they are the biofilters there took a sample of a well of review of the nearest population to San Luis to analyze and to obtain some necessary information to realize the calculations of design.

Key words: sanitation, sustainable, topographic survey, wastewater, pollution, sewerage

1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta. Su disponibilidad es cada vez menor debido a la contaminación de cuerpos hídricos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social (Esponda, 2001).

En América Latina solo el 13.7% de las aguas residuales recolectadas son tratadas en sistemas de tratamientos antes de ser descargadas en algún cuerpo hídrico (Water and Sanitation Program, 2006), lo que indica que se requiere de mayor atención a este problema para mejorar la calidad de este bien, además de propuestas innovadoras que permitan implementar el tratamiento en diferentes condiciones ambientales y socioeconómicas.

Según la UNICEF en Ecuador, el acceso de la población rural a los servicios de saneamiento básico (tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un medio limpio y sano, tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios) es muy bajo.

Uno de los propósitos establecidos en los objetivos de desarrollo del milenio es reducir a la mitad el porcentaje de personas que carecen de acceso a servicios de saneamiento mejorados (UNICEF, 2015).

Si las aguas residuales van a ser vertidas a un cuerpo hídrico, es necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por microorganismos patógenos en personas que entren en contacto con esas aguas, así como el equilibrio ecológico y la conservación de la flora o fauna presentes en el cuerpo receptor (Noyola, 2013).

El gran desafío del país es reducir las brechas existentes entre las áreas urbanas y las áreas rurales en la dotación de este servicio, esto especialmente debido a los elevados costos del alcantarillado convencional, que han provocado que su cobertura en el medio rural sea insuficiente (SENPLADES, 2014).

En la provincia de Pichincha en el año 2001, de cada 100 casas, 78 contaban con acceso a este servicio; pero en 2010, de acuerdo con el más reciente censo de población y vivienda, el número creció a 88 (IRC, 2011). Sin embargo, aún existen barrios de la provincia que no cuentan con este servicio, como lo es el barrio San Luis ubicado en la parroquia de Lloa.

La parroquia de Lloa, es una de las 33 parroquias rurales del Cantón Quito, Provincia de Pichincha ubicada a 9 km de distancia del Distrito Metropolitano de Quito, en dirección sur oeste, en el Valle homónimo ubicado en las faldas del Volcán Guagua Pichincha. Este valle se extiende hasta colindar con las quebradas de los ríos Blanco, Cinto, Cristal y Saloya. La cabecera parroquial lleva el mismo nombre (Morales, 2015).

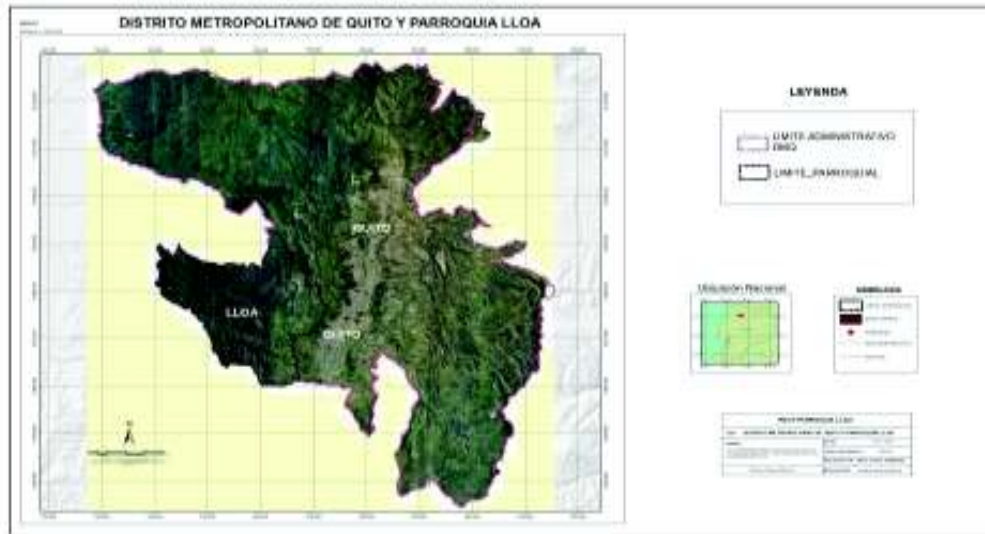


FIGURA 1: UBICACIÓN DE LLOA

FUENTE: (Consultora Morales, 2015)

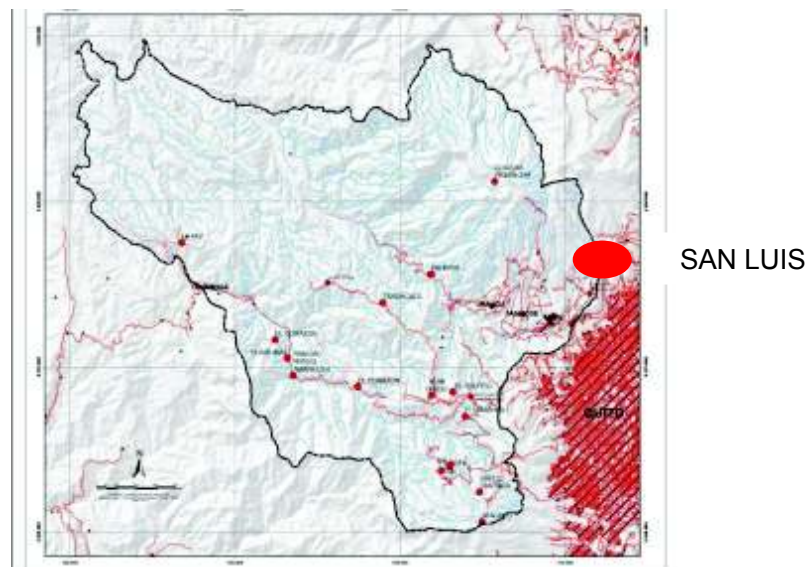


FIGURA 2: UBICACIÓN DE SAN LUIS

FUENTE: (Consultora Morales, 2015)

El barrio San Luis es uno de los 12 barrios que conforman la parroquia de Lloa y está ubicado al sur este de la parroquia.

Tabla 1: DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA

Nombre	Extensión (km ²)	% del total
LLOA (Cabecera Parroquial)	1	0,2%
San José del Cinto	15	2,8%
San Luís de Lloa	36	6,6%
San Juan de Chillogallo	56	10,3%
La Victoria	133	24,4%
Chiriboga	137	25,2%
Organización Ara	166	30,5%

FUENTE: (CONDESAN,2013)

1.1.1 IMPORTANCIA HIDROGRÁFICA

El barrio San Luis se encuentra en la Zona Hídrica Lloa, la cual es de importancia, tanto para la parroquia de Lloa así como para los habitantes de Quito. La Zona Hídrica Lloa produce un caudal promedio de 60 l/s., operando a máxima capacidad de las fuentes en la época seca y a máxima capacidad del sistema de conducción en la época de lluvias. (EPMAPS, 2018).

En el barrio San Luis están ubicadas vertientes (Las Palmas, Quebrada Verde Cocha, Quebrada Ladrillos, Quebrada Loma Gorda y algunas otras vertientes que no tienen nombre) que forman parte de la unidad hidrógrfica del Río Cinto, y como ya se mencionó son fuentes de agua para consumo humano (EPMAPS, 2018).

El Fondo para la Protección del Agua-FONAG es un Fideicomiso Mercantil Ambiental que se creó el 25 de enero del 2000 con el fin de garantizar agua en calidad y cantidad a más de 2,5 millones de habitantes en el Distrito Metropolitano de Quito, y a sus futuras generaciones, sin descuidar su derecho al desarrollo (FONAG, 2018).

Con este propósito, el FONAG ejecuta, financia y cofinancia procesos que contribuyan a la protección, conservación, mantenimiento y recuperación de las fuentes hídricas desde donde se abastece de agua al Distrito Metropolitano de Quito (FONAG, 2018).

El FONAG trabaja en zonas en donde nacen las fuentes de agua que forman los ríos Pisque, Pita y San Pedro que conforma la cuenca alta del río Guayllabamba y en las cuencas altas de los ríos Oyacachi, Papallacta, Chalpi Grande, Tamboyacu, Quijos Alto

y Antisana en el lado oriental y en el eje Pichincha-Atacazo: en las cuencas de los ríos Mindo, Cinto y Saloya, en el lado occidental.



FIGURA 3: FUENTES DE AGUA CON LAS QUE TRABAJA EL FONAG
FUENTE: (FONAG, 2018)

Debido a su ubicación en un área de importancia hídrica, el FONAG ha venido trabajando con los habitantes del barrio de San Luis para promover la conservación del agua y páramos, ya que son importantes reguladores de los caudales de los cuales se abastece Quito y Lloa. Sin embargo, se identificó que una necesidad fundamental es la de contar con agua segura para consumo humano, ya que actualmente el barrio cuenta con una sola llave para abastecer a las personas, así como al ganado. Esta agua no recibe tratamiento alguno y se encuentra en la carretera, lo que ocasiona que los habitantes tengan que llevar canecas para llenarlas y poder utilizarlas posteriormente.

Este problema se ve acentuado debido a que sus terrenos no están legalizados, motivo por el cual la EPMAPS no puede dotar de este servicio a San Luis.

El FONAG ha ayudado con la gestión para que en este sector pueda aumentar el caudal y poder distribuir el agua mediante tuberías a cada vivienda. Esto se lo realizó a través de la SENAGUA solicitando el permiso para realizar el abastecimiento desde una fuente hídrica ubicada en el barrio Playa (Capito, 2018). Se espera que para el 2019 los habitantes de San Luis puedan contar con agua en sus hogares y que por ende

empiecen a producir aguas residuales las cuales deben ser tratadas debido a su ubicación en una zona de importancia hídrica, motivo por el cual surge este proyecto.

Las tecnologías convencionales (se caracterizan por necesidades constructivas elevadas, bajo valor estético, y especialización para su operación), aplicables en varias situaciones, exigen frecuentemente una inversión considerable, y un personal técnico capacitado para su operación y mantenimiento. Desafortunadamente, la disponibilidad financiera de San Luis es muy limitada.

Sin embargo, para el manejo adecuado de las aguas residuales existen tecnologías alternativas de bajo costo para su tratamiento que pueden ser adoptadas y manejadas por pequeñas comunidades, especialmente en áreas rurales.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta técnica factible para el manejo sostenible de las aguas residuales adaptado a la realidad y necesidades de la población en el barrio San Luis de la parroquia de Lloa.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la situación actual del manejo de las aguas residuales (aguas grises y aguas negras), así como las características y necesidades de la población beneficiaria a través de un diagnóstico participativo.
- Recopilar información hidrológica, geográfica de la zona que permita la comprensión del entorno físico.
- Realizar 3 propuestas técnicas de sistemas de saneamiento sostenible.
- Diseñar la opción técnica que se ajuste a las características físicas locales y condiciones socioeconómicas y que haya sido validada conjuntamente con la comunidad.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Debido al crecimiento poblacional que se va presentando en la parroquia de Lloa es necesario realizar obras que satisfagan las necesidades básicas, una de estas es acceso a un sistema de saneamiento básico para el manejo sostenible de aguas residuales. En la parroquia de Lloa solo el 46,15 % de las familias eliminan las aguas servidas por la red pública de alcantarillado, el restante 53,85 % de familias utiliza pozo

séptico, pozo ciego, descarga directa al río o quebrada, letrina y otros no tienen (Consultora Morales, 2015).

San Luis no cuenta con agua potable sin embargo el FONAG ha realizado gestiones en la SENAGUA para el uso de una fuente de agua ubicada en el sector Playa. El agua será distribuida a cada vivienda mediante tubería (Capito, 2018).

Los cuerpos hídricos de su alrededor son utilizados para potabilizar el agua y distribuirla en la ciudad de Quito, esta situación es uno de los motivos por el cual se necesita de un tratamiento para las aguas residuales producidas en este sector ya que por lo mencionado anteriormente no es posible descargar las aguas residuales a los cuerpos hídricos cercanos.

En cuanto a la parte sanitaria es importante la prevención de enfermedades hídricas para lo cual es necesario que el sistema de abastecimiento de agua y el sistema de manejo sostenible de aguas residuales sean complementarios. Adicionalmente, experiencias previas demuestran que la falta de planificación, uso de tecnologías y enfoques no apropiados para el contexto, falta de apropiación de los y las beneficiarias en la toma de decisión y/o la instalación de los sistemas de saneamiento conllevan al fracaso (Lüthi, C. et al, 2011).

Los asentamientos rurales requieren una solución a los problemas sanitarios, este proyecto se presenta como parte de la solución al problema que se presenta en el barrio San Luis en la parroquia de Lloa, debido a que uno de los factores que impide el desarrollo de la población es la falta de saneamiento básico, como es el manejo adecuado de las aguas residuales. Los beneficiarios de este proyecto serán los moradores del barrio San Luis quienes tendrán un mejoramiento en su calidad de vida, así como la disminución de enfermedades de transmisión hídrica.

Además, el presente trabajo contribuye de alguna manera a reducir la contaminación por aguas residuales mal tratadas en el barrio San Luis a través de la búsqueda de una tecnología que sea relativamente económica pero no menos eficiente que los sistemas convencionales, colaborando con la preservación del ambiente. Para este fin se seleccionará y diseñará la tecnología más adecuada, con el fin de optimizar la remoción de contaminantes.

Por todo lo mencionado anteriormente se ha visto necesario la propuesta de opciones de saneamiento sostenible para mejorar la calidad de vida de los habitantes del barrio San Luis.

1.5 ANTECEDENTES

En el 2017, se mantuvo una conversación con el presidente de la junta parroquial de Lloa (Arturo Sotomayor) en dicha conversación mencionó que en algunos barrios de la parroquia no se contaba con sistemas de saneamiento básico, uno de estos barrios es San Luis de Lloa.

Por este motivo la ESFOT (Escuela de Formación de Tecnólogos) realizó proyectos de vinculación con la sociedad con el GAD de Lloa, en la que los estudiantes participan para complementar parte de su formación profesional.

El FONAG ha estado relacionado con el Barrio San Luis varios años, justamente por el tema del agua, y ha venido realizando gestiones para que aumente su caudal de consumo y pueda llegar el agua a cada hogar, debido a que actualmente existe una toma única de agua a la que se tienen que acercar con canecas para poder obtener este recurso y satisfacer algunas necesidades.

Debido a que en el barrio San Luis el caudal que actualmente tienen para consumo se vería incrementado gracias a la gestión del FONAG, existirá generación de aguas residuales, siendo esto una razón que motiva también a la elaboración del proyecto.

En el primer acercamiento al barrio San Luis, los habitantes mencionaron que el FONAG, va a colaborar con la tubería para que el agua pueda llegar a cada vivienda. Además, que este proyecto ya está aprobado por la SENAGUA y únicamente falta la financiación para que se pueda implementar.

Otro factor que motivó a la realización de este proyecto es que debido a que las fuentes hídricas más cercanas a San Luis son utilizadas por la EPMAPS para distribuir agua potable en Quito, no pueden descargarse aguas residuales a dichas fuentes. Es por eso que además de la conducción debe incorporarse un tratamiento a las aguas residuales.

1.5. ALCANCE

Este proyecto de titulación comprende una propuesta técnica de saneamiento sostenible, para tratar las aguas residuales (aguas negras y aguas grises) del Barrio San Luis.

Debido a que la población no cuenta con agua en cada vivienda, se tomará una muestra del agua de uno de los pozos de revisión del sistema de alcantarillado más cercano a San Luis para analizar varios parámetros, necesarios para el diseño del sistema de saneamiento sostenible.

1.6 MARCO TEÓRICO

1.6.1 SANEAMIENTO

El acceso al agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, y sin embargo, miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales. Aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada por restos fecales. Unos 2.400 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes y letrinas. La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este porcentaje podría aumentar. Más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierte en los ríos o en el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación (Organización Mundial de la Salud, s.f.).

1.6.2 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE CUERPOS HÍDRICOS POR DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAMIENTO

Las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento siguen estando entre las principales causas de fallecimiento de niños menores de 5 años; más de 800 niños mueren cada día por enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene. Es por eso que la prestación de servicios adecuados de agua y saneamiento es esencial para lograr uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (agua limpia y saneamiento), incluidos los relativos a la salud y a la igualdad de género.

Mediante la gestión sostenible de nuestros recursos hídricos, podemos también gestionar mejor nuestra producción de alimentos, energía, contribuir al trabajo y al crecimiento económico. Además, podemos preservar nuestros ecosistemas hídricos y su diversidad biológica, y adoptar medidas para combatir el cambio climático (Organización Mundial de la Salud, s.f.).



FIGURA 4: SEXTO OBJETIVO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

FUENTE: (Naciones Unidas,2015)

1.6.3 SANEAMIENTO BÁSICO

Es la tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios (Organización Mundial de la Salud, s.f.).

1.6.4 SANEAMIENTO SOSTENIBLE

El saneamiento sostenible es un enfoque integral al manejo de los recursos, en el que no solo se busca implementar tecnologías para evitar el contacto humano con la excreta, sino también se considera la aceptación de estos sistemas por parte de los usuarios, así como su viabilidad económica y su impacto en el ambiente. El saneamiento sostenible se diferencia de los conceptos convencionales del manejo de aguas residuales, pues considera la excreta y las aguas residuales como recursos valiosos, que contienen cantidades significativas de energía y nutrientes que pueden ser aprovechados. De esta manera, el saneamiento sostenible promueve el cierre de los ciclos (ciclo del agua y ciclo de los nutrientes) o los llamados sistemas “cero descargas”, protegiendo así los escasos recursos naturales e integrando los pilares de la sostenibilidad: aspectos sociales, ambientales y económicos (Sustainable Sanitation and Water Management , 2015).

1.6.5 AGUAS GRISES

Son las aguas generadas al lavar alimentos, ropa y utensilios de cocina, así como de la regadera y la bañera. Pueden contener pequeñas cantidades de excremento y, por lo tanto, también contener patógenos. Las aguas grises abarcan aproximadamente el 60% de las aguas de disposición final producidas en las residencias con inodoros de agua.

Contiene pocos patógenos y su contenido de nitrógeno es solo 10–20% del de las aguas negras (Tilley, 2005).

1.6.6 AGUAS NEGRAS

Son la mezcla de orina, heces y agua de arrastre junto con agua de limpieza anal y/o material seco de limpieza (p.ej. papel higiénico). Las Aguas Negras contienen todos los patógenos de las heces y todos los nutrientes de la orina, diluidos en agua de arrastre (Tilley, 2005).

1.6.7 REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES



FIGURA 5: REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

FUENTE: (IAGUA, 2017)

La depuración de las aguas grises es de gran importancia ya que pueden ser regeneradas para reutilizarse como agua de riego de jardines o en la carga de cisternas

de inodoros. Esta práctica tiene grandes ventajas desde un punto de vista ambiental, al mismo tiempo que supone un ahorro en el consumo.

Existen multitud de aplicaciones diarias que no requieren de un agua de calidad potable y para las cuales, las aguas grises procedentes de duchas y lavamanos, convenientemente tratadas, son una alternativa eficaz y adecuada: cisternas de inodoro, riego, limpieza, etc (IAGUA, 2017).

1.6.8 TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reuso (Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, s.f.).

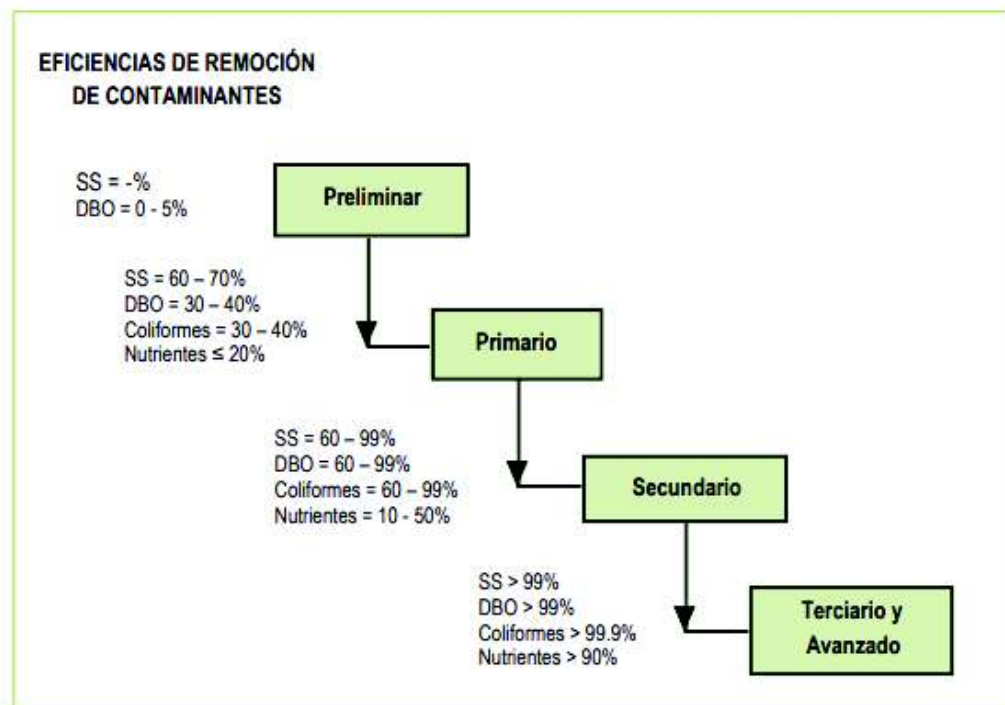


FIGURA 6: EFICIENCIAS DE REMOCIÓN POR NIVEL DE TRATAMIENTO

FUENTE: (CAICEDO, 1996)

Tabla 2: NIVELES DE TRATAMIENTO

Nivel de tratamiento	Descripción
<i>Preliminar</i>	Remoción de sólidos gruesos en suspensión (material grueso y arenas), que pueden causar problemas en la operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento posteriores. También se remueve hasta el 5% de la DBO en este proceso.
<i>Primario</i>	Remoción del 60 al 70 % de los sólidos en suspensión y del 30 al 40 % de la DBO. Es posible alcanzar una mayor remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica a través de un tratamiento avanzado, generalmente logrado a partir de la adición de químicos o la filtración. Se remueve hasta 40% de coliformes y menos del 20% de los nutrientes.
<i>Secundario</i>	Remoción del 60 a 99% de la DBO, sólidos suspendidos y coliformes. Se remueve entre 10 y 50 % de los nutrientes.
<i>Terciario y avanzado</i>	Remoción de más del 99% de sólidos suspendidos y DBO. Remoción de patógenos, nutrientes (nitrógeno y fósforo), metales pesados, compuestos no biodegradables y sólidos inorgánicos disueltos. Se emplea cuando se requiere el agua tratada para reuso en varias aplicaciones que demanden buena calidad de esta.

Fuente: (Metcalf & Eddy , 2014)

1.6.9 TECNOLOGÍA CENTRALIZADA

Los sistemas convencionales o centralizados de tratamiento de aguas residuales implican procesos avanzados de recolección, tratamiento y descarga de grandes volúmenes de efluentes, en donde por lo general, se suma la necesidad de separar igualmente grandes cantidades de lodos biológicos, los cuales requieren de tratamiento antes de su disposición (Metcalf & Eddy , 2014).

Durante la conducción se lleva a cabo una dilución de corrientes de aguas residuales que contienen diversas concentraciones de patógenos y compuestos tóxicos tales como metales pesados, tóxicos orgánicos, y compuestos emergentes que dificultan la recuperación del agua, de tal forma que se convierte en un sistema no sustentable (Wilderer & Schreff, 2000; Crites & Tchobanoglous, 1998).

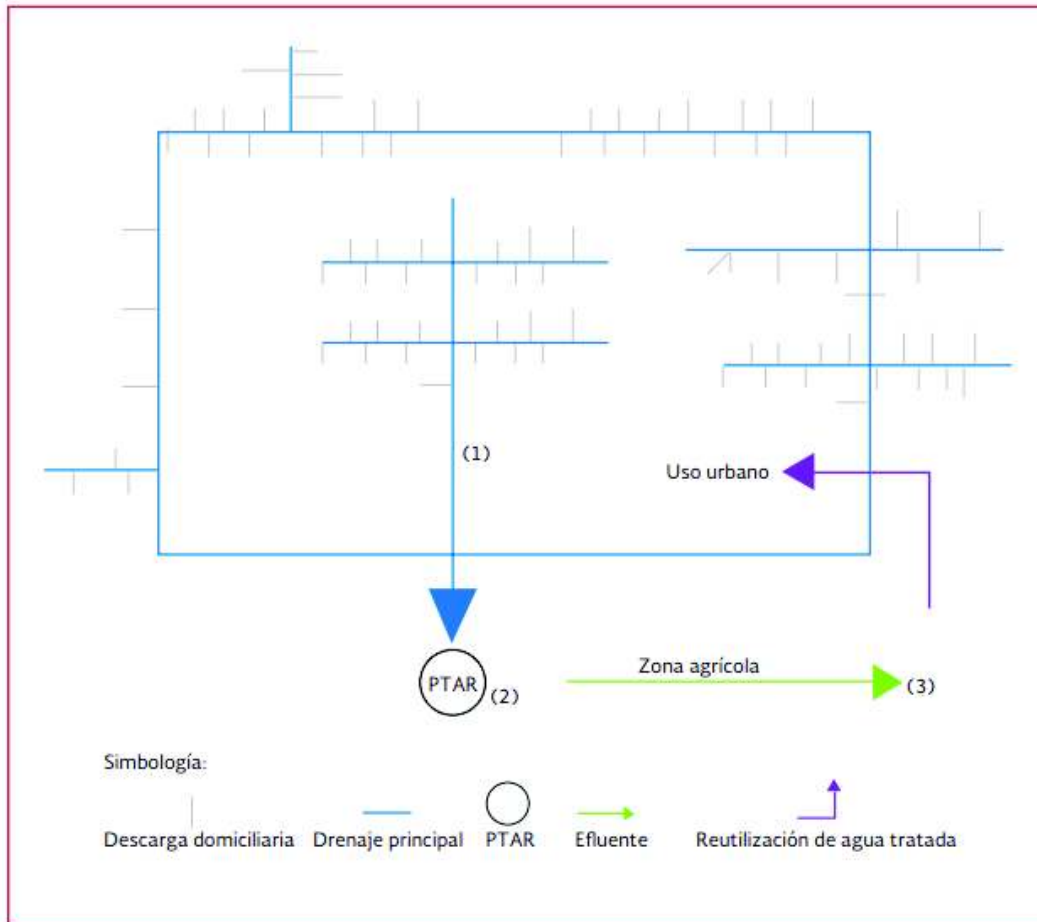


FIGURA 7: SISTEMA DE RECOLECCIÓN CENTRALIZADA Y SU TRATAMIENTO FUERA DE LA CIUDAD

FUENTE: (Hophmayer-Tokich,2006)

1.6.10 TECNOLOGÍA DESCENTRALIZADA

Los sistemas descentralizados incluyen tecnologías con las cuales el agua residual es manejada, recolectada, tratada y dispuesta o reusada en o cerca del punto de generación (Crites & Tchobanoglous, 1998), es decir, son sistemas de manejo in situ (sin red de recolección).

Desde hace unas décadas ha habido un nuevo interés en estos sistemas porque han surgido nuevos desarrollos tecnológicos que los han optimizado y además porque tienen la habilidad de integrarse efectivamente con el transporte de residuos por medio del agua (Burian, 2000). Debido a los altos costos y complejidad en su construcción, operación y mantenimiento, o al hecho de que requieren alta disponibilidad de agua de

primer uso, los sistemas centralizados no son apropiados para las áreas de bajos ingresos y rurales, con baja densidad de población, o áreas con escasez de agua (Bakir, 2001; UNEP/GPA, 2000; Jackson, 1996).

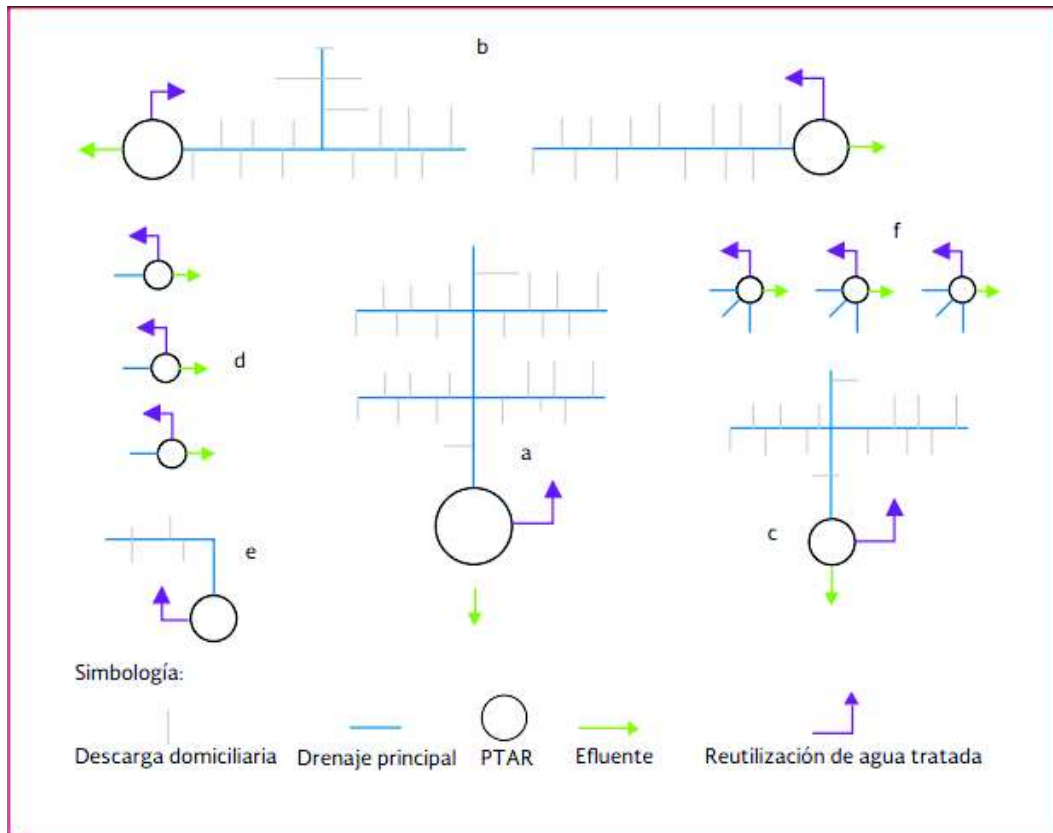


FIGURA 8: SISTEMA DESCENTRALIZADO DE MANEJO DE AGUA RESIDUAL

FUENTE: (Hophmayer-Tokich,2006)

- a) Subsistema para residencias y centros comerciales
- b) Subsistema para áreas residenciales
- c) Subsistema para desarrollos industriales
- d) Subsistema para residencias
- e) Subsistema para nuevos desarrollos
- f) Subsistema para establecimientos y condominios o casas

1.6.11 COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Los componentes de las aguas residuales domésticas presentan diversas variaciones con el pasar de las horas, en donde sus características físicas, químicas y biológicas van a modificarse gradualmente.

Características físicas

Temperatura

Varía de un lugar a otro y durante las horas del día y épocas del año. En Lloa, los valores medios en la parte baja (3100-3500 msnm) varían entre 13°C. y 8°C (EMAPS, 2012).

Cabe recalcar que esta temperatura varía en las diversas horas del día. La temperatura alta llega a ser perjudicial debido a que su acción contribuye el agotamiento del oxígeno (Espigares Garcia, 1985).

Turbidez

Reducción de la transparencia de un líquido causada por la presencia de materia sin disolver. La turbidez, también es nombrada turbiedad (Metas & Metrólogos Asociados, 2010).

La turbidez de las aguas residuales domésticas se debe a la materia orgánica y microorganismos que vienen en sus aguas en forma de materias en suspensión, afectando el ingreso de la luz. (Espigares Garcia, 1985)

Sólidos suspendidos totales

Pequeñas partículas de contaminantes sólidos insolubles que flotan en la superficie o están suspendidos en aguas residuales u otros líquidos. Son aquellos que son visibles y flotan en las aguas residuales entre superficie y fondo. Pueden ser removidos por medios físicos o mecánicos a través de procesos de filtración o de sedimentación (AGUA MARKET , 2011).

El olor

En aguas residuales grises es tolerable al ser descargada inmediatamente, sin embargo, al pasar el tiempo y el agotamiento del oxígeno su olor va a cambiar, actuando los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos y sulfitos a sulfuros, produciendo gas al fermentarse (Espigares Garcia, 1985).

Características Químicas

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica es el parámetro más importante en el control de la contaminación del agua. Este dato se utiliza como una medida de la contaminación

orgánica, como una base para estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos (Heinke & Henry, 1999).

La DBO es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria para descomponer la materia orgánica mediante acción de los microorganismos aerobios presentes en el agua (Hanna Instruments , s.f.).

Demanda química en oxígeno (DQO)

Según, (Sánchez, 2007), es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se utiliza para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales.

Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un contaminante presente en las aguas residuales que debe ser eliminado por múltiples razones: reduce el oxígeno disuelto de las aguas superficiales, es tóxico para el ecosistema acuático, entraña un riesgo para la salud pública y junto al fósforo (P), son responsables del crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos (eutrofización) (AEMA , s.f.).

Ácido sulfhídrico

Es un gas que se forma en un medio anaerobio por la descomposición de ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre. Su presencia se manifiesta fundamentalmente por el olor repulsivo característico que produce (García, 2006).

pH

Para que exista una buena actividad biológica y no existan efectos significativos el pH debe estar entre los valores de 5 a 9. En el caso de las aguas urbanas sus pH suelen estar próximo al neutro. Un pH agresivo puede atacar a los materiales (Espigares Garcia, 1985).

Fósforo

La fuente primaria para la formación de fosfatos en las aguas grises son los detergentes fosforados encontrándose altas concentraciones de Fósforo total en el orden de 6 – 23 mg/l, mientras que las concentraciones encontradas en áreas donde se ha reducido el uso de éstos detergentes están en el orden de 4 – 14 mg/l. derivando que la mayoría de los fosfatos proviene de lavanderías (0,1 – 57 mg/l) que son generalmente más altas que las provenientes de duchas y lavamanos (0,1 – 2,0 mg/l) (Homsí Auchen, 2010).

Oxígeno disuelto

Es fundamental para la respiración de los organismos aerobios presentes en el agua residual. El control de este gas a lo largo del tiempo, suministra una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado del agua residual. La cantidad presente en el agua depende de muchos factores, principalmente relacionados con la temperatura y actividades químicas y biológicas, entre otros (Martín García, y otros, 2006).

Características biológicas

Los componentes del agua residual son un medio que permite la vida de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo o el azufre. Los organismos que principalmente se encuentran en las aguas residuales urbanas son algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, nemátodos, anélidos, larvas, etc (Martín García, y otros, 2006).

Tabla 3: COMPOSICIÓN TÍPICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

CONSTITUYENTE	CONCENTRACION		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL
SÓLIDOS TOTALES	1200	720	350
Disueltos SD	850	500	250
SD fijos SDF	525	300	145
SD volátiles SDV	325	200	105
En suspensión SS	350	220	100
SS fijos SSF	75	55	20
SS volátiles SSV	275	165	80
SÓLIDOS SEDIMENTABLES ml/L	20	10	5
DBO5	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
NITROGENO (Total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
FOSFORO (Total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
CLORUROS	100	50	30
ALCALINIDAD (como Co3Ca)	200	100	50
GRASA	150	100	50

FUENTE: (Metcalf & Eddy , 2014)

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el proyecto se involucrará a las personas del barrio San Luis en las decisiones tomadas con el objetivo de hacer parte del proyecto a las personas y sientan interés en el mismo. Para ello se dará comienzo con un diagnóstico participativo aplicando herramientas como entrevistas, posteriormente se llevará a cabo el levantamiento de información física junto con un análisis bibliográfico y poder determinar los factores para evaluar las opciones de saneamiento sostenible.

Se espera que con todas estas actividades se cree una base para la participación comunitaria que le de sostenibilidad a las alternativas propuestas en este proyecto para el manejo de aguas residuales.

2.1 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO

El diagnóstico participativo implica actividades en las que suponen la participación de personas locales los cuales tienen distintos grados de conocimiento, experiencia, roles sociales e intereses (SERMANAT, s.f.).

El diagnóstico participativo se aplicará en este proyecto ya que es un método que determinará desde el punto de vista de los miembros de la comunidad, que actividades son necesarias y pueden apoyarse, haciéndolos sentir parte de las actividades a realizar como del proyecto en sí.

En la fase del diagnóstico participativo se realizará la identificación de las necesidades y de los problemas de saneamiento que afectan al barrio San Luis, así como un mapeo de actores en el cual se identificará los actores sociales. Los actores sociales pueden ser personas grupos u organizaciones que tienen interés en un proyecto programa (UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOVA , 2010).

Así mismo a través de esta herramienta se logrará obtener información útil aplicando entrevistas semi estructuradas, procurando la participación de todas las personas de la comunidad. Además de ser incluyente facilitando el proceso de discusión reflexión y consenso entre todos los actores involucrados.

Otra herramienta del diagnóstico participativo es la realización de asambleas y entrevistas a actores relevantes; en este primer encuentro se logrará identificar a los actores claves los cuales son puntos de entrada vitales hacia la comunidad.

Algunas de las herramientas a aplicarse en el proyecto son:

Mapeo de actores clave (MAC): Entendido de esta forma, el MAC es una herramienta metodológica de tipo 'estructural' que básicamente permite acceder de manera rápida a la trama de relaciones sociales dadas en una zona determinada. (Tapella, 2011) El Mapeo de Actores es una técnica que busca identificar a los actores claves de un sistema y que además permite analizar sus intereses, su importancia e influencia sobre los resultados de una intervención. Es fundamental en el diseño y puesta en marcha de todo proyecto, así como también a la hora de negociar/construir en conjunto el programa de acción a seguir (Ollari, 2013).

Esta técnica permite tener en claro de antemano con quiénes se cuenta para apoyar la iniciativa que se está promoviendo y con quiénes no, de manera que se puedan definir estrategias específicas que les ayuden a garantizar el mayor y mejor apoyo para su propuesta.

Así mismo es una herramienta que colabora para comprender el contexto social, económico y político en el cual se inserta el programa en cuestión y por ende permite establecer prioridades y analizar tendencias.

Entrevistas semiestructuradas: consisten en que el entrevistador lleva una pauta o guía con los temas a cubrir, los términos a usar y el orden de las preguntas. Frecuentemente, los términos usados y el orden de los temas cambian en el curso de la entrevista, y surgen nuevas preguntas en función de lo que dice el entrevistado. A diferencia de los cuestionarios, se basan en preguntas abiertas, aportando flexibilidad (Robson, 2011).

Entrevistas no estructuradas: donde el entrevistador tiene una idea general acerca del tema de conversación, pero la conversación se desarrolla más espontáneamente dentro de ese tema. Puede ser completamente informal (Robson, 2011).

Transecto: esta herramienta busca recolectar en el terreno, informaciones que serán analizadas posteriormente usando las técnicas de visualización (Greilfus, 2005).

Reuniones: Se harán las reuniones necesarias teniendo en cuenta los calendarios comunales (producción, ferias, fiestas, entre otras), de manera que se pueda contar con participación de la mayor cantidad de los actores principales

2.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN FÍSICA

La información física comprenderá las características físicas del lugar es decir la cantidad de casas, ubicación de la toma de agua y principalmente la geografía del

terreno para lo cual, se llevará a cabo un levantamiento topográfico para lograr de mejor manera la comprensión del entorno físico.

El levantamiento topográfico es un acopio de datos para poder realizar con posterioridad un plano que refleje detalladamente la forma del terreno (CERTICALIA, s.f.).

Para realizar el levantamiento topográfico se necesitan varios instrumentos como:

- El nivel
- La estación total
- Estacas
- Metro
- Prismas
- GPS

Esto para identificar las condiciones topográficas los cuales incluyen instalaciones de saneamiento existentes, tipos de letrinas, consumo de agua, prácticas de manejo de lodos, recolección de desechos sólidos, sitios de eliminación, etc.

Para la conducción de las aguas residuales es importante el conocimiento de la topografía ya que con esta información se podrá tener una idea de la ubicación que se dará al sistema de saneamiento.

2.3 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

Se hará una revisión bibliográfica que permitirá identificar los vacíos de información y así poder recopilar o hacer una investigación de la información faltante a través de herramientas del Diagnóstico Participativo.

2.4 ELECCIÓN DE LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO SOSTENIBLE

Con esto se seleccionarán 3 opciones sostenibles para el manejo de aguas residuales, las cuales se ajusten a las características físicas y socioeconómicas del barrio San Luis de Lloa. Para la selección de una de estas opciones se determinarán los factores para evaluar técnicamente cada opción. Paralelamente se procederá a realizar un taller de consulta a la comunidad en la cual el propósito es discutir las 3 opciones técnicas identificadas y llegar a un consenso en el que se elegirá la mejor opción para el manejo de aguas residuales. La importancia de este paso es asegurar que el grupo de interés tenga la oportunidad de participar en la selección de las opciones expresando sus opiniones para posteriormente diseñar el sistema escogido en el cual se incluirá la

operación y mantenimiento del sistema sostenible para el manejo de aguas residuales a largo plazo.

2.5 FACTORES PARA EVALUAR LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO SOSTENIBLE

Con la información obtenida se procederá a la identificación de opciones de manejo de aguas residuales que sea factible, efectivo y que consideren la realidad y necesidades de la población. Esto se realizará a través de la revisión de literatura y la información obtenida de la bibliografía y del diagnóstico participativo.

Para la evaluación de las opciones de saneamiento sostenible es necesario que cumplan con los factores previamente establecidos.

El costo de un sistema de saneamiento sostenible depende en gran medida de las condiciones locales (por ejemplo, costos del terreno y mano de obra, disponibilidad y precio del equipo)

Los factores para evaluar las opciones de saneamiento serán los siguientes:

Tabla 4: FACTORES PARA EVALUAR LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO

FACTORES	DESCRIPCIÓN
Operación simple y fácil mantenimiento.	Sumamente aconsejable debido a que se evitaría la contratación de una persona para operar el sistema, esto implica un ahorro en cuanto a costos.
Nivel de habilidad del personal.	Se requerirá una persona de la misma comunidad que no necesariamente tenga conocimiento técnico y le resulte fácil la colaboración para la operación y el mantenimiento.
Uso de energía.	que los mismos requieran poco o ningún uso de energía, esto además de disminuir el costo del sistema.

Costos	Es una medida económica importante ya que constituye una base para la comparación entre diferentes opciones.
Disponibilidad de equipos y materiales	Consideración básica debido a que si el equipo o material o equipo no está disponible local o regionalmente implicaría un costo de transporte.
Disponibilidad del terreno	Debe tomarse en cuenta este aspecto debido a que las personas ocupan y aprovechan al máximo sus terrenos.
Variaciones de caudal	En algunos sistemas este parámetro es importante debido a que se necesita de un caudal constante y otros sistemas no influye si es que el caudal llega a variar.

FUENTE: (Giesecke, Ruiton, Zapata , 2011)

Al seleccionar una tecnología sea centralizada o descentralizada se debe buscar que sea ambientalmente apropiada a las condiciones locales. Esta selección también depende factores físicos y sociales.

2.6 ENTREGA DEL PROYECTO A LA COMUNIDAD

Finalmente se entregará la propuesta técnica del sistema sostenible para el manejo de aguas residuales al barrio San Luis cumpliendo con los objetivos y con esto se concluirá el proyecto. Se espera que este sea utilizado por el FONAG, para posteriormente implementarlo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 MAPEO DE ACTORES

Como ya se mencionó previamente el mapeo de actores busca identificar a los actores claves de un sistema y que además permite analizar sus intereses, su importancia e influencia sobre los resultados de una intervención.

Para este proyecto se han identificado los siguientes actores directos e indirectos

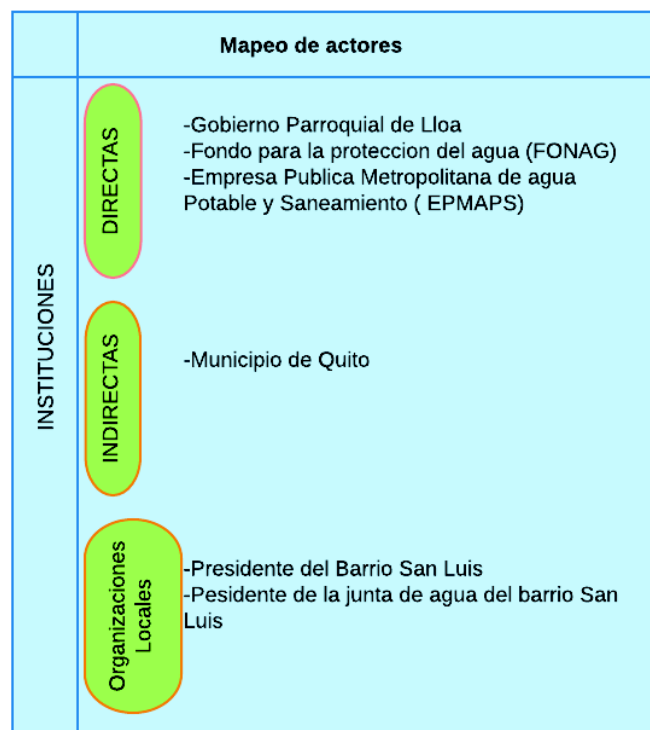


FIGURA 9: ACTORES DIRECTOS E INDIRECTOS

FUENTE: (Pillajo, 2018)

En Lloa, todos los actores sean directos e indirectos tienen relación con el Gobierno Parroquial de Lloa, quien es el actor preponderante en el sitio por su rol como articulador entre las necesidades locales y los actores externos. Como tal, el GAD de Lloa gestiona acciones y articula proyectos. Esto se debe principalmente a que el rol fundamental del gobierno parroquial es ser una entidad a cargo de la gestión de la provisión de servicios económicos, sociales, de educación, salud, turismo, vialidad, entre otros.

En el Barrio San Luis se pudo identificar que el señor Segundo Capito (Presidente de la Junta de Agua), como la persona que tiene liderazgo y vos en el barrio, es por eso que para convocatorias a reuniones primero se da aviso a dicha persona.

3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y SOCIOECONÓMICA

Con la aplicación del diagnóstico participativo utilizando como herramienta entrevistas semiestructuradas aplicada a cada vivienda, se obtuvo como resultado en este levantamiento de información que el barrio San Luis cuenta con 16 viviendas y 72 habitantes.

El nivel de estudios en el Barrio San Luis es deficiente, debido a que gran parte de la población solo ha alcanzado su nivel de estudio hasta primaria.

Para facilitar el acceso a los estudios en este barrio se creó una escuela con el fin de que los niños del antiguo barrio “la libertad de Lloa”, de las haciendas San Ignacio, El Rosario de Garzón y San Luis cuenten con un establecimiento educativo.

Para contar con este establecimiento educativo el señor Luis Hernández Mejía bondadosamente permite la utilización de su propiedad para poner en práctica esta iniciativa.

La escuelita en sus primeros tiempos funcionó en instalaciones improvisadas junto a los establos de la hacienda, posteriormente el señor Lizardo Sánchez (mayordomo de la hacienda) consigue un espacio de terreno en la misma hacienda y se logró conseguir una importante donación de un país amigo del exterior, respaldo económico que sirvió en buena parte de estímulo para la construcción de la Escuelita Fiscal “BOWEYS ING”.



FIGURA 10: ESCUELA FISCAL "BOWEYS ING"

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Sin embargo, la Escuela Fiscal "BOWEYS ING" no está en funcionamiento y las generaciones actuales (niños, adolescentes) asisten a instituciones públicas ubicadas en el centro de la parroquia de Lloa y fuera de la parroquia, en Quito.



FIGURA 11: PORCENTAJE DEL NIVEL DE ESTUDIO DE LAS PERSONAS EN EL BARRIO

FUENTE: (Pillajo, 2018)

En la mayoría de los hogares, quien aporta a la economía familiar son generalmente los padres, es decir no existe trabajo infantil.



FIGURA 12: PORCENTAJE DE PERSONAS QUE TRABAJAN

FUENTE: (Pillajo, 2018)

La producción principal como rama primaria de la actividad económica de Lloa, está dirigida hacia la ganadería, la agricultura, la silvicultura y pesca, con el 52 % de la PEA(Población Económicamente Activa), estas son las fuentes sobre las que se mueve la economía de la población (Morales, 2015).



FIGURA 13: PORCENTAJE DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRESENTES

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Lloa es una parroquia dedicada a actividades agrícolas y ganaderas. Complementariamente en los últimos diez años se ha incrementado el número de piscícolas de trucha, que ofrecen actividades de pesca deportiva y gastronomía (CONDESAN, 2013).

La principal actividad económica de las familias de San Luis es la agricultura y ganadería.

El 78.57% de la población tiene ganado y sus ingresos también depende de esta actividad, y el 21,43% no tiene ganado.

La actividad agrícola además se desarrolla dentro del hogar, para el consumo interno es decir siembran y cosechan en pequeños espacios de terreno dentro de sus lotes.



FIGURA 14: SIEMBRAS DENTRO DE LOTES DE TERRENO

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Constituye una ventaja el hecho de que el 15% de la población tiene conocimientos de albañilería, ya que el sistema de saneamiento sostenible aprobado puede ser construido por estas personas lo que reduciría los costos de construcción.

3.2.1 SANEAMIENTO EN EL BARRIO SAN LUIS

Toda la población quema sus desechos inorgánicos principalmente el papel higiénico, debido a que no pasa el carro recolector de basura, hace unos meses el carro recolector de basura si llegaba al barrio porque funcionaba la escuela que actualmente está abandonada.

Los moradores optan por quemar los residuos para reducir su volumen, evitar el mal olor e impedir la proliferación de plagas. Quemar basura genera un humo con una gran cantidad de sustancias químicas dañinas para el hombre y contaminantes para el ambiente (Ruiz, 2011).

Por esta razón los habitantes del barrio piden ayuda con el tema de los desechos a las autoridades sin embargo hasta agosto 2018 todavía no cuentan con el servicio (Capito, 2018).

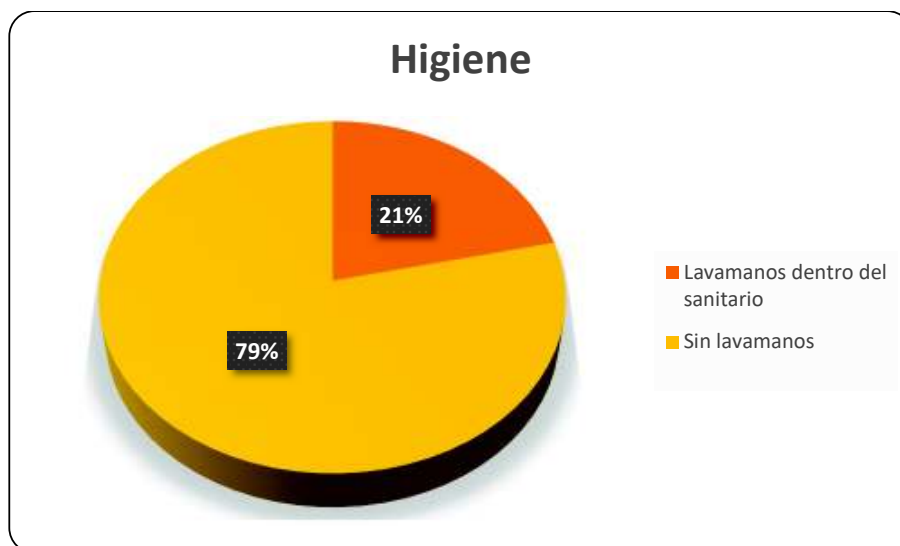


FIGURA 15: PORCENTAJE DE VIVIENDAS QUE CUENTAN CON SANITARIOS COMPLETOS

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Actualmente el barrio San Luis no cuenta con agua potable sin embargo la población cuenta con un sistema de abastecimiento de agua cruda, para consumo humano y abrevadero para animales mayores, el cual consiste de una sola llave para todos los habitantes (FONAG, 2016).

Con respecto al consumo de agua las principales actividades en las que se utiliza son:

- Aseo personal (lavarse los dientes, actividades menores, la mayoría se bañan en el río)
- Lavado de ropa
- Consumo del ganado
- Para cocinar

Cuando es época de lluvia generalmente en los meses de febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre la mayoría de los habitantes aprovecha y utiliza esta agua para lavar la ropa, mientras que en el verano tienen que ir a una única toma de agua para lavar su ropa.



FIGURA 16: TANQUE PARA LA RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Durante el trabajo en campo, (Capito, 2018) manifestó que se encuentran trabajando junto con el FONAG para construir un sistema de conducción que permita llevar el agua cruda a cada hogar. Por lo que se conformó una Junta Administradora de Agua y se solicitó a la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) el derecho de uso y aprovechamiento de dos fuentes de agua (Playa y Yumbada) para alcanzar un caudal de 0.14l/s que satisfaga las necesidades de la población.

El FONAG financiará una parte del proyecto con tuberías para la conducción de agua a cada hogar. (Pérez, 2018)

3.2.2 AGUAS RESIDUALES

Identificar y predecir los caudales de aguas residuales es necesario para determinar la capacidad con la que se debe realizar el diseño del sistema de saneamiento sostenible.

Actualmente el caudal de agua cruda que llega a la única toma de agua no abastece a toda la población (Capito, 2018) sin embargo, con la instalación de esta nueva tubería se estima que el caudal de aguas residuales aumente a 0,14l/s

Según (Metcalf & Eddy , 2014), el 80% del agua que llega a la población se transforma en aguas residuales.

A partir del diagnóstico la mayoría de las viviendas tienen pozos sépticos y otras no cuentan con ningún sistema de saneamiento. Se pudo identificar tres tipos de pozos sépticos, los cuales se detallan a continuación:

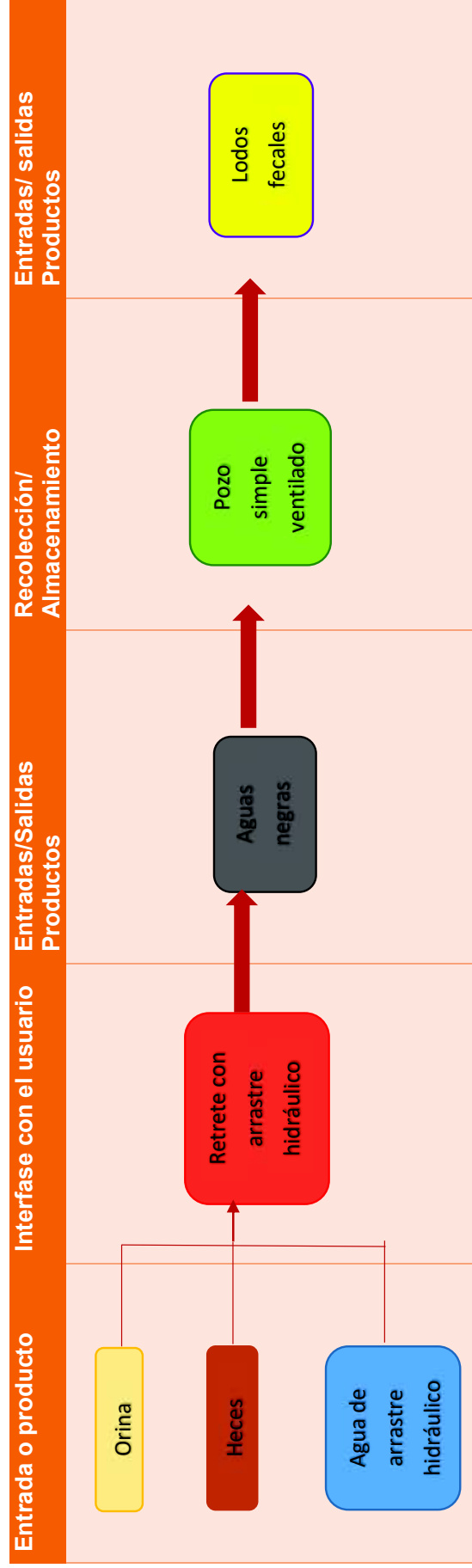
Tabla 5: SISTEMAS DE SANEAMIENTO

Sistema	Porcentaje de viviendas que cuentan con el sistema
Retrete con arrastre hidráulico y pozo simple con ventilación	25%
Retrete seco y pozo simple ventilado	25%
Retrete seco y pozo simple sin ventilación	37.5%
Ninguno	12.5%

FUENTE: (Pillajo, 2018)

El 25% de la población cuenta con este sistema de saneamiento.

Tabla 6: POZO SIMPLE CON ARRASTRE HIDRÁULICO Y VENTILADO



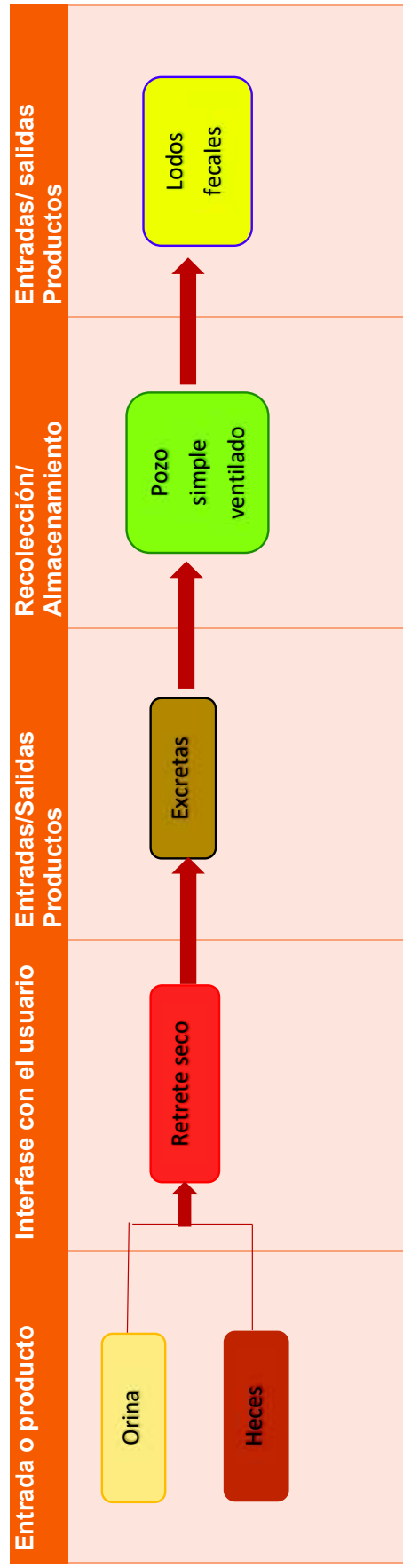
Fuente: (Pillajo, 2018)



FIGURA 17: RETRETE CON ARRASTRE HIDRÁULICO CON VENTILACIÓN
FUENTE: (Pillajo, 2018)

El 25% de la población cuenta con este sistema de saneamiento más simple

Tabla 7: SISTEMA POZO SIMPLE SECO Y VENTILADO



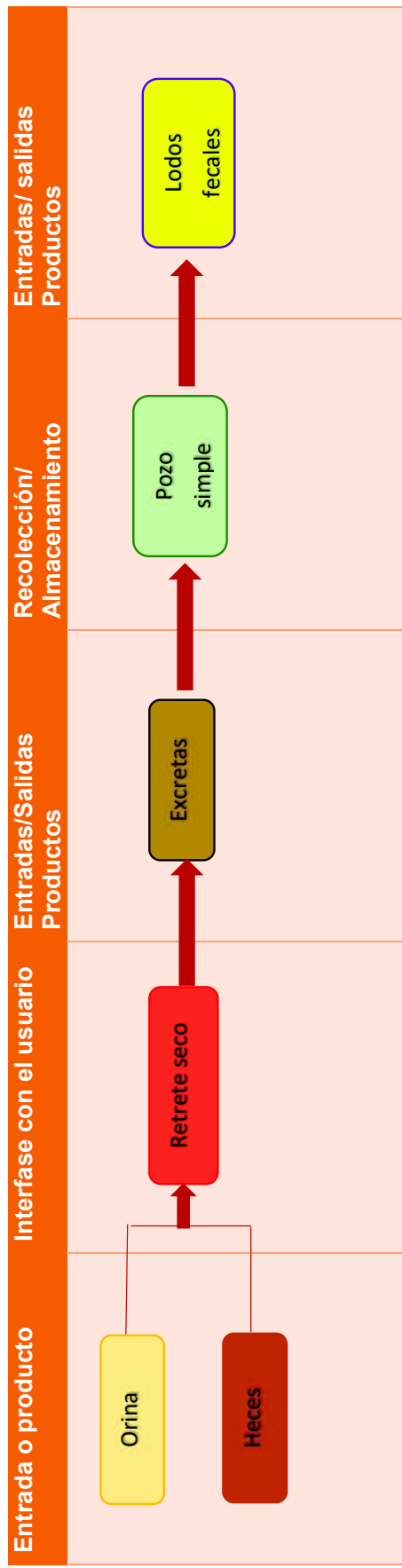
FUENTE: (Pillajo, 2018)



FIGURA 18: RETRETE SECO CON VENTILACIÓN
FUENTE: (Pillajo, 2018)

El 37,5 % de la población cuenta con este sistema de saneamiento

Tabla 8: SISTEMA POZO SIMPLE SECO Y SIN VENTILACIÓN



FUENTE: (Pillajo, 2018)



FIGURA 19: RETRETE SECO SIN VENTILACIÓN

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.3 OPCIONES DE SISTEMA DE SANEAMIENTO

Un sistema de saneamiento se compone de productos (disposiciones finales) que viajan a través de grupos funcionales conformados por tecnologías. Un sistema de saneamiento también incluye el manejo, operación y mantenimiento requeridos para asegurar que el sistema funcione de manera segura y sostenible (Elizabeth Tilley, 2005).

Al seleccionar cada opción de tecnología, se pudo diseñar un sistema de saneamiento secuencialmente lógico.

Las opciones de saneamiento descritas a continuación fueron elegidas según los factores previamente establecidos.

3.3.1 SISTEMA DE BIOFILTRO

El biofiltro es una de las opciones sostenibles para el manejo de aguas residuales, estos biofiltros son muy similares a los humedales naturales debido a que las aguas residuales se depuran por procesos naturales.

Los biofiltros constan de capas de poca profundidad rellenas con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano (totoras, juncos), y en las que las aguas residuales pretratadas fluyen en sentido horizontal o vertical. (Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe (WSP-LAC, 2006).

El funcionamiento del sistema de biofiltro consiste en que las aguas residuales pretratadas fluyen a través de una zona de distribución en la entrada con un flujo horizontal a través del lecho filtrante hasta llegar a la zona de recolección del efluente. Durante todo el recorrido las aguas residuales entran en contacto con zonas aeróbicas y anaeróbicas. Siendo así depuradas por la acción de microorganismos y plantas degradando la materia orgánica contenida en las aguas residuales.

Un sistema de biofiltro consta de las siguientes etapas: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y pila de secado de lodos.

Los costos de operación y mantenimiento pueden ser asumidos por la propia comunidad ya que, se verían beneficiados por el aprovechamiento del agua residual, esto lo convierte en un sistema sostenible.

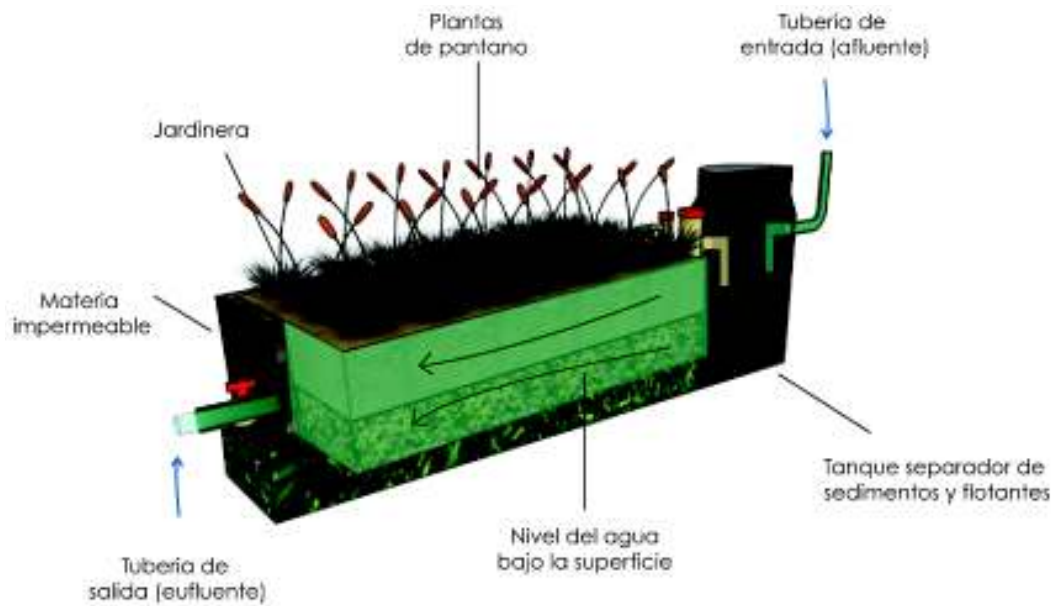
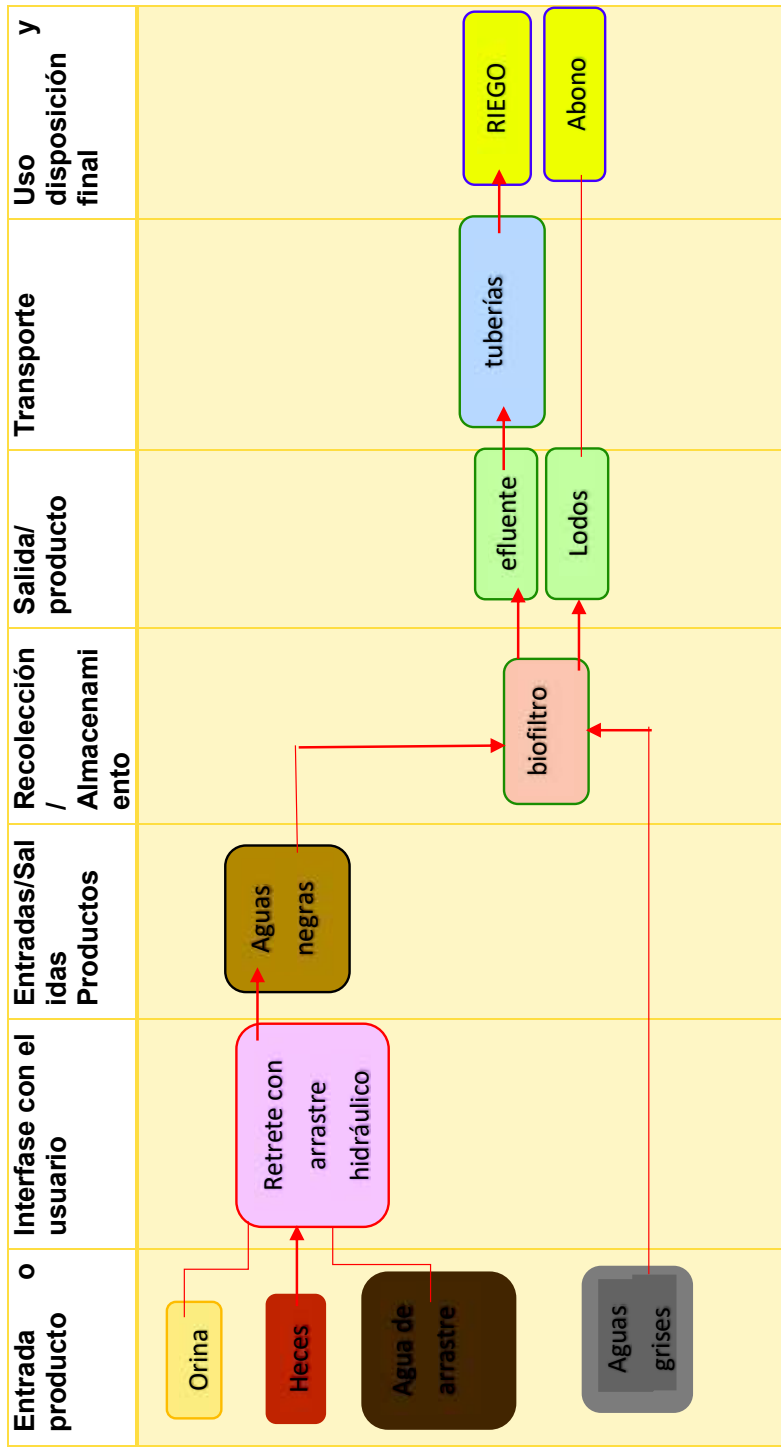


FIGURA 20: BIOFILTRO

FUENTE: Unidad de Eco tecnologías, UNAM

Tabla 9: SISTEMA BIOFILTRO



FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.3.2 REACTOR ANAEROBIO CON DEFLECTORES

Un reactor anaerobio con deflectores es similar a una fosa séptica pero mejorada debido a los deflectores por debajo de los cuales se fuerza el flujo de las aguas residuales.

El reactor anaerobio consta de una zona de sedimentación al inicio del ABR en donde la mayoría de los sedimentos son eliminados. Entre las cámaras de flujo ascendente se produce la digestión de la materia orgánica

Esta tecnología puede ser aplicada a nivel de vivienda o en un vecindario pequeño. Y es apropiado para áreas en donde el terreno puede estar limitado ya que el tanque es instalado bajo tierra.

Para que se mejore la efectividad del ABR es recomendable hacer un post-tratamiento como filtración de membrana para desinfección, filtros de roca o humedales artificiales y el afluyente tratado puede reutilizarse para fines agrícolas (School of Chemical Engineering, 2006).

El contacto íntimo entre el lodo y las aguas residuales asegura un uso eficiente del volumen de tratamiento. Esto significa que una mayor cantidad de pases a través de la capa de lodo, lograda al aumentar el número de compartimentos, aumentará la eliminación total de DBO (School of Chemical Engineering, 2006).

A pesar de la falta de diferenciación de la comunidad microbiana del compartimiento, el ABR tiene ventajas considerables sobre una configuración de reactor más simple, como un tanque séptico. El ABR funciona en condiciones similares a un tanque séptico, pero aumenta el contacto entre la biomasa y las aguas residuales al obligar al líquido a fluir a través de lechos de biomasa con cada paso debajo de los deflectores colgantes. De esta manera, existe un efecto de filtrado biológico en el que los componentes sólidos se retienen físicamente mediante la sedimentación, y los componentes líquidos se eliminan por adsorción y consumo. Como resultado, un ABR producirá un efluente muy superior al de un tanque séptico que funciona con un tiempo de retención hidráulico similar (Buckley, 2006).

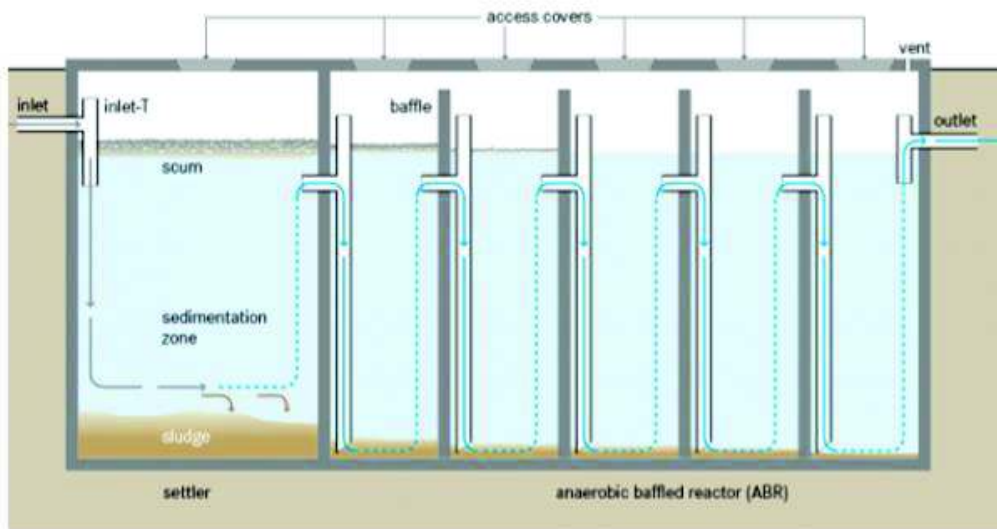
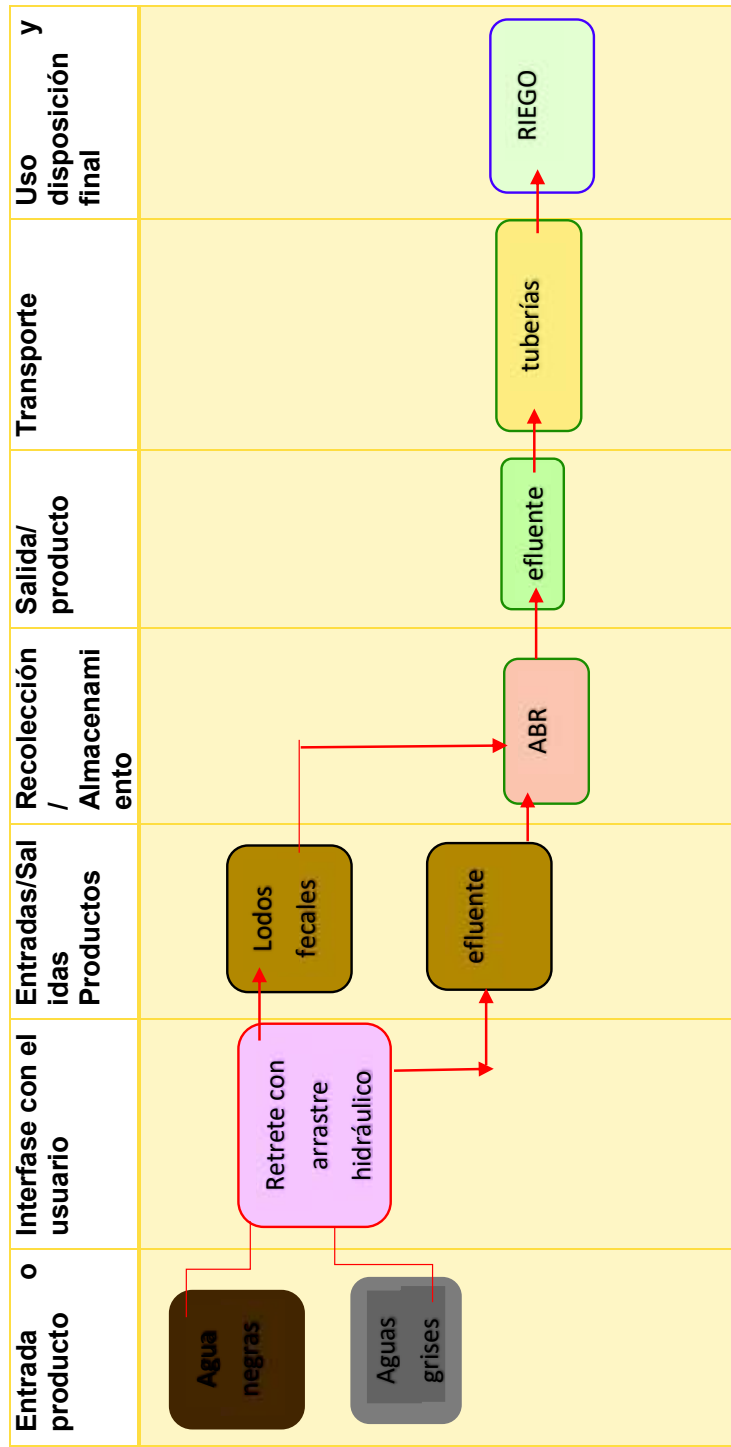


FIGURA 21: ABR

FUENTE: Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox

Tabla 10: SISTEMA ABR



FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.3.3 FILTRO ANAERÓBICO

Un filtro anaeróbico es un reactor biológico de cama fija. Al fluir las aguas residuales por el filtro se atrapan las partículas y se degrada la materia orgánica por la biomasa que está adherida al material del filtro (ElizabethTilley, 2005).

Esta tecnología está compuesta por una cámara de sedimentación y una o dos cámaras de filtración. Los materiales que pueden ser usados como filtro son la grava, piedras quebradas, carboncillo.

Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel de vivienda o para un vecindario pequeño además el filtro anaeróbico debe ser hermético, aun así, no debe ser construido en áreas de nivel freático alto o donde hay inundaciones frecuentes.

Se requiere un tanque de sedimentación antes del filtro para evitar que la mayoría de los sólidos entren en la unidad.

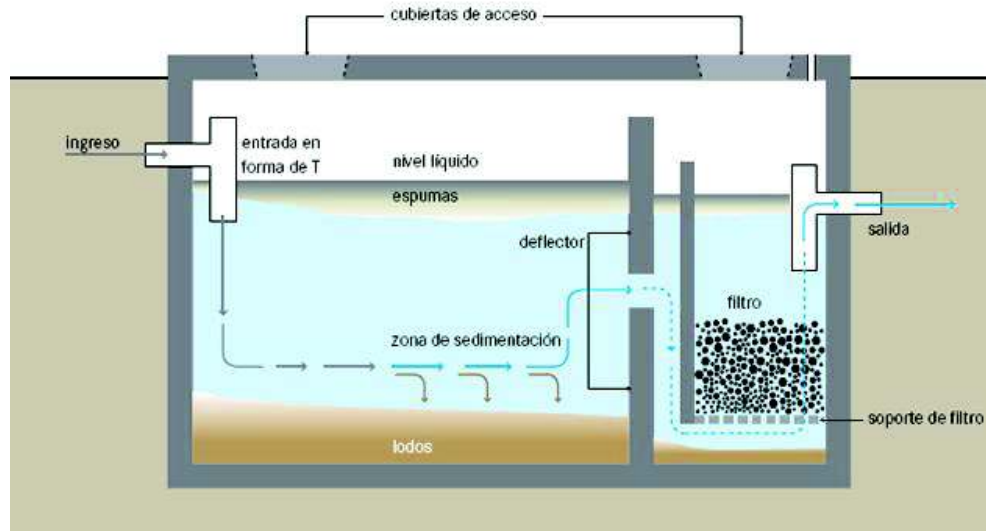
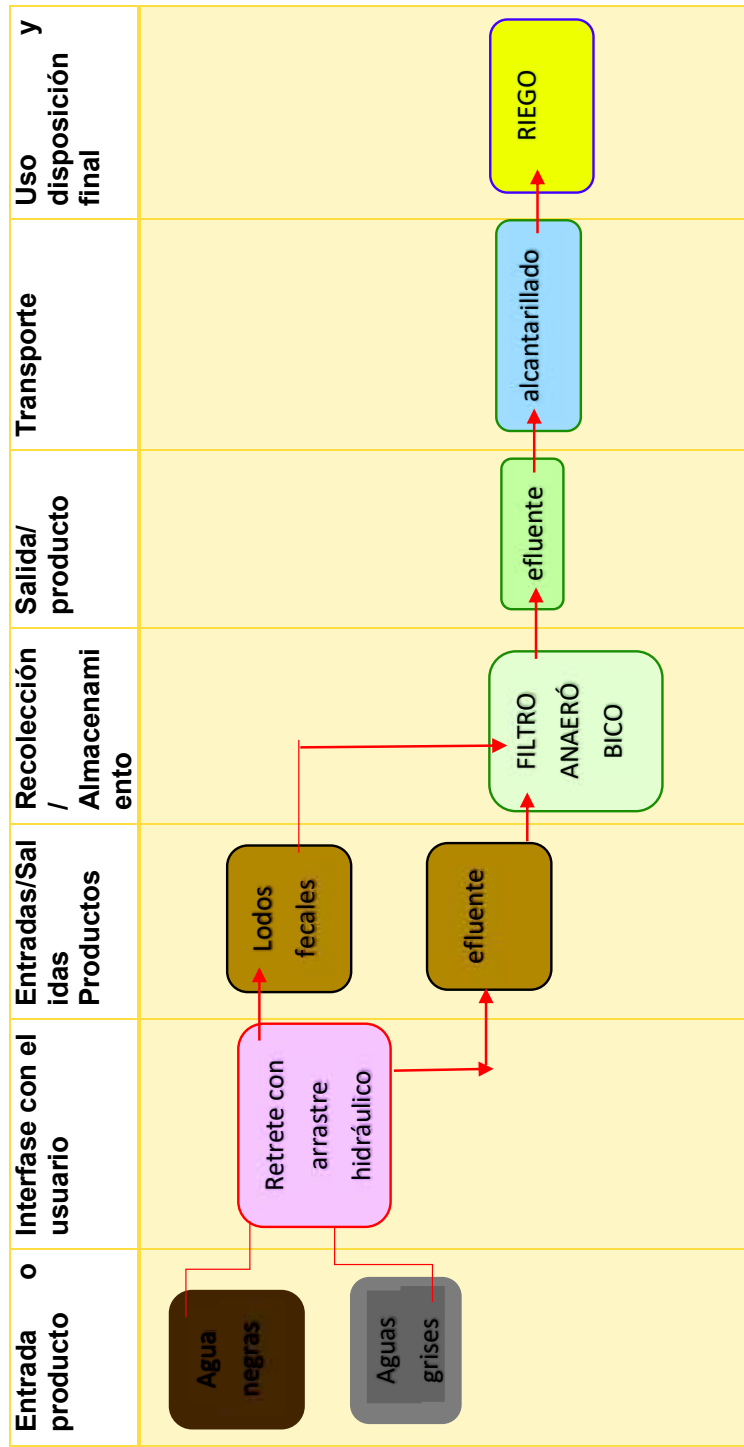


FIGURA 22: FILTRO ANAERÓBICO

FUENTE: (ElizabethTilley, 2005)

Tabla 11: SISTEMA FILTRO ANAERÓBICO



FUENTE: (Pillajo, 2018)

Tabla 12: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO PROPUESTOS

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO						
CRITERIO	BIOFILTRO		ABR		FILTRO ANAEROBIO	
	VENTAJA	DESVENTAJA	VENTAJA	DESVENTAJA	VENTAJA	DESVENTAJA
Espacio	No necesita de mucho espacio para su construcción			Se requiere de un espacio grande		Se requiere de un espacio grande
Tiempo de vida útil		El material filtrante debe ser remplazado cada cinco años.	Larga vida útil (20- 25 años)		Larga vida útil (20- 25 años)	
Condiciones para el inicio de funcionamiento del sistema	El afluente no necesariamente tiene que alcanzar un nivel máximo			El afluente debe alcanzar su máximo nivel		El afluente debe alcanzar su máximo nivel
Eliminación de patógenos	Tasa alta			Tasa baja		Tasa baja

Saneamiento	No se producen olores ni vectores	No se producen olores ni vectores	No se producen olores ni vectores	No se producen olores ni vectores	
	Alta reducción de materia orgánica	Alta reducción de materia orgánica	Alta reducción de materiales orgánicos	Alta reducción de materia orgánica y sólidos	
Aprovechamiento del efluente	Se puede reutilizar el efluente como riego y los lodos como abono			Se puede reutilizar el efluente como riego y los lodos deben ser tratados	Se puede reutilizar el efluente como riego y los lodos deben ser tratados

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico se realizó desde el inicio de la calle en donde se ubica la primera casa del barrio San Luis hasta la última casa.



FIGURA 23: PRIMERA CASA DEL BARRIO SAN LUIS

FUENTE: (Pillajo, 2018)



FIGURA 24: CALLE DEL BARRIO SAN LUIS

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Para conocer los puntos del área de proyecto se determinó la ubicación mediante tres coordenadas: latitud, longitud y elevación o cota.

El levantamiento topográfico se inició con la ubicación de la estación total en un punto estratégico y se utilizó además el GPS para definir el punto de partida, además se definieron las coordenadas X y Y y la altura.

La estación fue ubicada en el filo de la calle y se tomaron puntos en cada extremo de la misma. A lo largo de la calle se pudieron tomar 64 puntos.



FIGURA 25: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

En primera instancia se pensó en el diseño del sistema de alcantarillado, ya que fue un pedido del presidente de la junta parroquial de Lloa; Arturo Sotomayor.

De igual manera los habitantes del Barrio San Luis en la primera visita que se realizó, su idea de saneamiento únicamente estaba enfocada en el alcantarillado ya que veían esta opción como una solución para la conducción y desalojo de las aguas residuales, sin embargo, desde la primera reunión se les indicó que el alcantarillado no es la única opción de saneamiento para las aguas residuales.

El compromiso en esta primera reunión fue analizar como una posibilidad la realización del alcantarillado sanitario con un sistema de tratamiento sostenible para las aguas residuales.

Una vez analizadas algunas características de la zona como por ejemplo el hecho de que las fuentes hídricas que rodean a San Luis son utilizadas por la EPMAPS para agua de consumo transportada a la ciudad de Quito, motivo principal por el cual se descartó el diseño de alcantarillado, debido a que no se puede descargar las aguas residuales en las fuentes cercanas.

Otra característica que se analizó es el tema de la legalización de terrenos, un problema que aún no ha podido ser resuelto y esta es la principal causa por la que la EPMAPS no puede dotar de servicios como agua potable y alcantarillado ya que uno de los requisitos para acceder a estos servicios es tener los terrenos del barrio legalizados.

A pesar de estos antecedentes se pretendió diseñar el sistema de alcantarillado para recolectar y transportar las aguas residuales hacia el sistema de saneamiento sostenible propuesto con el objetivo de tratar las aguas residuales.

Con el levantamiento topográfico realizado en la única calle del barrio San Luis por el que se tenía pensado hacer el diseño de alcantarillado, se pudo hacer un análisis del terreno y se pudo verificar que, por las condiciones topográficas del terreno, el diseño y construcción del sistema de alcantarillado sería muy complejo, ya que las profundidades de excavación resultarían altas.

Como se puede ver en el perfil que a continuación se presenta:

3.6 ANÁLISIS DE LA MUESTRA

Debido a que en la población aún no se producen aguas residuales, y para los cálculos del biofiltro es necesario el valor de DBO_5 , se tomó una muestra de un pozo de revisión de la población más cercana ubicada a 2 km de San Luis y se analizó los siguientes parámetros:

- pH
- Conductividad
- Turbiedad
- Oxígeno Disuelto
- DQO
- DBO_5

3.6.1 METODOLOGÍA DEL MUESTREO

Se tomaron dos muestras en un mismo punto (pozo de revisión) para una mayor precisión en los análisis, estas muestras fueron tomadas en un frasco ámbar de un litro y en un envase de plástico de 500 ml colocando sus respectivas etiquetas.

Para tomar la muestra del pozo de revisión se utilizó una cuerda y un recipiente de plástico.



FIGURA 26: TOMA DE LA MUESTRAS

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Una vez tomadas las muestras estas fueron colocadas en un cooler con hielo para su refrigeración.

3.6.2 ANÁLISIS DE pH Y CONDUCTIVIDAD

Para el análisis de pH y conductividad se utilizó un multiparámetro, para lo cual se limpió el electrodo con agua destilada y luego se lo introdujo en la muestra.



FIGURA 27: MEDICIÓN DE pH

FUENTE: (Pillajo, 2018)



FIGURA 28: MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.6.3 ANÁLISIS DE TURBIEDAD

La medición se realizó en un turbidímetro, homogenizando previamente con muestra la celda, para luego ser colocada la muestra e introducir la celda en el equipo para su medición y registrar los datos.



FIGURA 29: MEDICIÓN DE LA TURBIEDAD

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.6.4 ANÁLISIS DE OXÍGENO DISUELTO

Para el análisis de oxígeno disuelto se utilizó el ODmetro, se limpió el electrodo con agua destilada para introducir en la muestra y realizar la medición.



FIGURA 30: MEDICIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.6.5 ANÁLISIS DE DQO

Para la determinación de la DQO se analiza el vial que se debe usar (LR rango bajo, HR, rango medio y HR+ rango alto).

Se utilizó un vial HR y se colocó 2ml de muestra, se agitó levemente, para introducir el vial en el digestor a 150° durante dos horas para realizar la medición en el espectrofotómetro.

De acuerdo al valor del DQO se procede a realizar el análisis de DBO₅.



FIGURA 31: MEDICIÓN DE DBO₅ EN EL ESPECTROFOTÓMETRO

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.6.6 ANÁLISIS DE DBO₅.

Para este análisis se utilizó el método del OxiTop, en el que depende del rango de medida de la DQO para colocar el volumen de muestra en una botella ámbar.

Se colocó un volumen de 164ml de muestra en la botella ámbar, continuamente la muestra es agitada por una barra magnética y en el receptáculo se colocaron unos pellets de hidróxido de sodio. Luego se procedió a introducir en la incubadora a 20°c para registrar los cálculos en 5 días.

Tabla 13: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	
PARÁMETRO	MEDICIÓN
pH	7.66
Turbidez	200 NTU
Oxígeno Disuelto	4.5 mg/l
Conductividad	523 us/cm
DQO	Muestra 1: 496 mg/l Muestra 2: 302 mg/l
DBO ₅	Muestra 1: 330 mg/l Muestra 2: 200 mg/l

FUENTE: (Pillajo, 2018)

3.7 ELECCIÓN, VALIDACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE UNA DE LAS OPCIONES DE SANEAMIENTO SOSTENIBLE PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

Para la elección de una de las opciones de saneamiento propuestas, se organizó una reunión en el barrio San Luis, a esta reunión asistieron 12 personas, las cuales eran los y las representantes de cada vivienda.



FIGURA 32: REUNIÓN CON LOS HABITANTES DEL BARRIO

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Se les explicó cada una de las opciones de saneamiento sostenible propuestas, su funcionamiento, sus ventajas, desventajas y adicionalmente las cotizaciones de cada sistema.



FIGURA 33: EXPLICACIÓN DE CADA OPCIÓN DE SANEAMIENTO

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Posteriormente se tomó la decisión entre todos los presentes, que la mejor opción es la de un sistema de biofiltro, por las siguientes razones:

- El costo accesible a los habitantes del sector.
- Los beneficios que se pueden obtener de este biofiltro como la reutilización del efluente como riego para sus cultivos y el lodo generado como acondicionador del suelo.
- El biofiltro no ocuparía un espacio considerablemente grande.

3.8 DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El biofiltro es un sistema que imita a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales. Los biofiltros son humedales artificiales de flujo subterráneo, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales. (Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe (WSP-LAC, 2006).

Los biofiltros son pilas de poca profundidad rellenas con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano, y en las que las aguas residuales pretratadas fluyen en sentido horizontal o vertical.

3.8.1 DESCRIPCIÓN DEL BIOFILTRO DE FLUJO HORIZONTAL

Un biofiltro de flujo horizontal consta de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, con un relleno de material grueso (5 a 10 cm de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). La fracción principal del lecho filtrante, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 0.5 a 15 mm de diámetro.

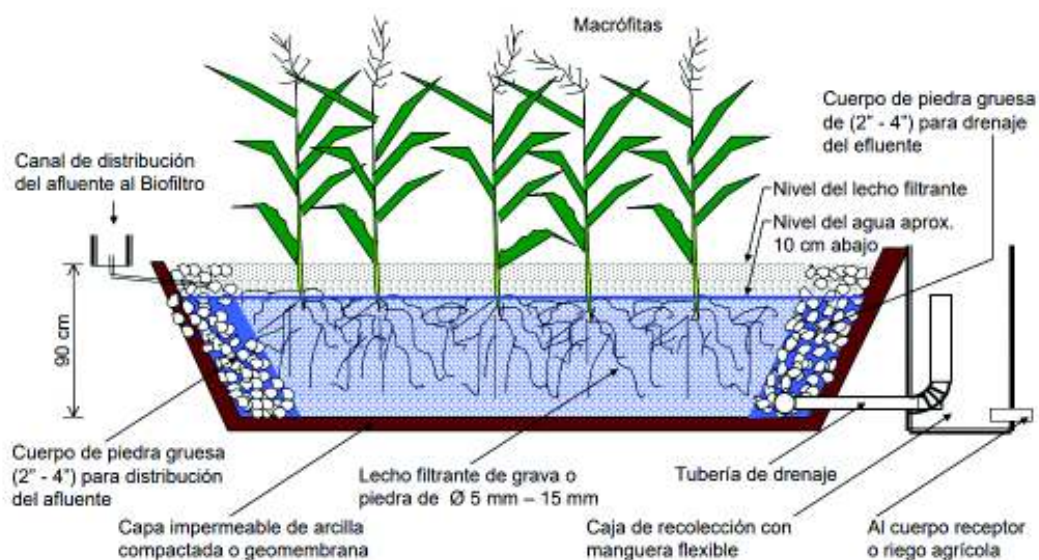


FIGURA 34: BIOFILTRO DE FLUJO HORIZONTAL

FUENTE: (Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe, 2006)

En este tipo de biofiltro, las aguas residuales pretratadas fluyen lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila, con una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta llegar a la zona de recolección del efluente. Durante este recorrido, que dura de tres a cinco días, el agua residual entra en contacto con zonas aeróbicas (con presencia de oxígeno) y anaeróbicas (sin presencia de oxígeno), ubicadas las primeras alrededor de las raíces de las plantas, y las segundas en las áreas lejanas a las raíces.

Durante su paso a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, el agua residual es depurada por la acción de microorganismos que se adhieren a la superficie del lecho y por otros procesos físicos tales como la filtración y la sedimentación.

3.8.2 ETAPAS DE UN SISTEMA DE BIOFILTRO

- a) Pretratamiento; conformado por una rejilla de retención de sólidos gruesos y un desarenador de limpieza manual, el cual podría también cumplir la función de trampa de grasa mediante la instalación de un baffle al final de la unidad. Normalmente se construyen dos desarenadores en paralelo para permitir el mantenimiento.
- b) Tratamiento primario; tiene el propósito de retener la mayor fracción de los sólidos suspendidos, mediante un primer compartimiento para la sedimentación.
- c) Tratamiento secundario; está conformado por un biofiltro de flujo horizontal, cuyo propósito es remover los contaminantes aún presentes en las aguas residuales.
- d) Pila de secado de lodos; los lodos generados en las diferentes etapas del sistema (tratamiento primario) son recolectados y trasladados a esta pila, donde permanecen al menos cuatro meses para permitir su estabilización.
- e) Disposición final de las aguas; el destino de las aguas tratadas, las cuales representa ausencia de la mayoría de material orgánico y por ser clara y sin turbidez, permite ser reutilizada como agua de riego, previo a una caracterización de las mismas. (Centro de Estudios y Promoción para el Habitar, 2010)

3.8.3 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN BIOFILTRO

a) Lecho filtrante

Sus funciones principales son eliminar los sólidos que contienen las aguas pretratadas y proporcionar la superficie donde se desarrollarán los microorganismos que se encargarán de degradar aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante, además de constituir el medio utilizado por las raíces de las plantas macrófitas para su fijación y desarrollo.

Los criterios para seleccionar el lecho filtrante son la granulometría, la porosidad, la permeabilidad y la resistencia física contra el desgaste provocado por las aguas residuales. Los materiales utilizados son grava, piedra triturada o piedra volcánica.

La acumulación de sólidos mineralizados provocará la disminución del volumen de los poros en el lecho filtrante y eventualmente será necesario remover la parte inicial del material después de dos a tres años de operación.

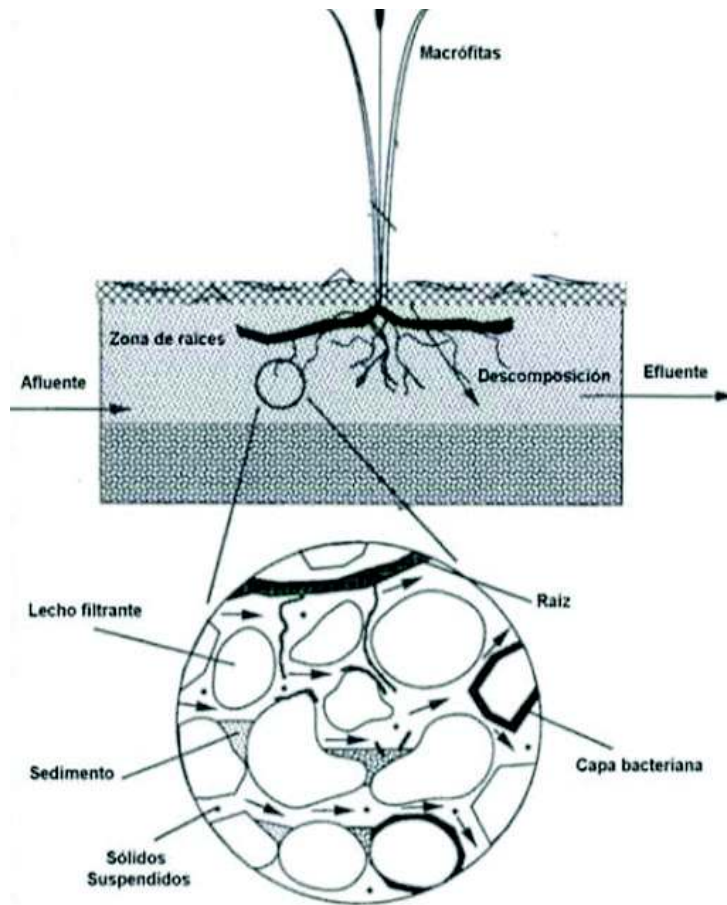


FIGURA 35: PROCESOS QUE SE LLEVAN A CABO DENTRO DEL LECHO FILTRANTE

FUENTE: (Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe, 2006)

Tabla 14: CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL MEDIO EN SISTEMAS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Tipo de medio	Tamaño de grano máximo (10%)	Porosidad	K20
Arena media	1	0.42	1.84
Arena gruesa	2	0.39	1.35
Arena gravosa	8	0.35	0.86

FUENTE: (Metcalf & Eddy , 2014)

b) Plantas de pantano

Las funciones que cumplen las plantas en los procesos de tratamiento de aguas residuales las convierten en componente esencial del biofiltro. Así, las raíces de las

plantas ayudan a incrementar los efectos físicos tales como la filtración y el desarrollo de los microorganismos en su área superficial. La introducción de oxígeno en el lecho filtrante permite la formación de una población microbiana aeróbica en zonas cercanas a las raíces de las plantas. Las macrófitas cumplen otras funciones dentro del sitio específico, tales como proveer un habitat conveniente para la vida silvestre y proporcionar al sistema una apariencia estética.

Las plantas a sembrar se pueden seleccionar en base al tipo de contaminante que se desea reducir en las aguas residuales. (Gauss, Cáceres, & Fong, 2004). Dependiendo el problema que se quiera solucionar se puede utilizar tres tipos de vegetación, ya sea pastos, arbustos y árboles (Tapia & Villavicencio, 2007).

(Lara B., 1999), manifiesta que la vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual.

En el marco del proyecto “Determinación de eficiencia de especies vegetales: totora - achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Punin 2013”, ejecutado por (Duchicela & Toledo V, 2014), se evaluó en laboratorio y campo la eficiencia de remoción de elementos en aguas grises determinando la eficiencia de la totora

Tabla 15: EFICIENCIA DE REMOSIÓN ESPECIE TOTORA

EFICIENCIA DE REMOSION: ESPECIE TOTORA			
Parámetro	Unidad	Comunidad	Laboratorio
DBO	mg/L	10.99	42.28
NO ³	mg/L	38.89	22.22
PO ⁴	mg/L	30.67	19.31

Fuente: (Duchicela G & Toledo V, 2014)

La totora es una planta purificadora que puede crecer en el laboratorio o al aire libre, sin embargo, su capacidad de absorción de nitratos, fosfatos y minimización de DBO₅ variará según las condiciones del lugar (Nagua, 2016).

Otra opción de planta que puede ser utilizada es los juncos para la remoción de los contaminantes. Según (Lara B., 1999), los juncos (*Schoenoplectus tabernaemontani*)

son capaces de crecer bien en agua desde 5 cm a 3 m de profundidad. Las temperaturas deseables son de 16° a 27° C, creciendo en un pH de 4 a 9.

De acuerdo con (Reed Business Information Spain, 2004) los juncos son plantas de tipo macrófita emergentes que poseen una gran capacidad de depuración, actuando como verdaderos filtros para eliminar la contaminación. Sistema natural que en sus raíces viven abundante flora microbiana que degrada la materia orgánica.

La mayoría de las especies tienen un crecimiento moderado y pueden lograr un buen cubrimiento en alrededor de un año con separaciones de ≈ 0.3 m. Penetra gravas aproximadamente de ≈ 0.6 m. siendo usadas bastante en humedales subsuperficiales. (Lara B., 1999)

c) Microorganismos

El papel principal de los microorganismos es degradar aeróbicamente (en presencia de oxígeno) y anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno) la materia orgánica contaminante contenida en las aguas residuales, con lo cual la putrescibilidad en el biofiltro se reduce significativamente. Los sólidos orgánicos suspendidos asociados con las aguas residuales entrantes se acumulan, pero son retenidos dentro del lecho filtrante por un largo tiempo y los constituyentes orgánicos son mineralizados por las bacterias. Los microorganismos también permiten la remoción de nitrógeno mediante el mecanismo de nitrificación–desnitrificación.

3.8.4 EFICIENCIA E IMPACTO EN EL AMBIENTE

El sistema de biofiltro proporciona un efluente que puede ser vertido al ambiente sin causar un impacto negativo apreciable, dada su baja concentración de contaminantes.

La eficiencia en la remoción de contaminantes depende de las condiciones climáticas (sobre todo la temperatura del aire y del agua residual), del tipo de material utilizado para el lecho filtrante y de la clase de plantas de pantano sembradas en el biofiltro.

3.8.5 CÁLCULOS DE DISEÑO

Caudal total de aguas residuales

Como ya se mencionó anteriormente se estima que el caudal futuro para el barrio San Luis sea de 0,14l/s. Según (Metcalf & Eddy , 2014) el 90% del agua que consumimos en los hogares se convierte en aguas residuales. Teniendo en cuenta esto, el caudal total del agua residual sería de 0.125 l/s.

En relación a la temperatura, los valores medios en la parte baja (3100-3500 msnm) varían entre 20°C. y 15°C (EMAPS, 2012).

Para el cálculo del diseño del biofiltro se tomó en cuenta que el promedio de habitantes por vivienda es de 3 a 5 personas.

El cálculo de tiempo de retención, para los valores de concentración deseada de DBO₅, se tomó como referencia los valores de límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce (véase TABLA 15) y para la concentración de DBO₅ actual, se realizó un muestreo de un pozo de revisión de la población más cercana ubicada a 2 km (Lloa) y se realizó el respectivo análisis de DBO₅.

El resultado del tiempo de retención de agua fue de 2 días, sin embargo, la literatura recomienda que los tiempos de retención deben ser de 4 a 15 días, por lo que el resto de cálculos se los realizaron con un valor de 4 días.

En el cálculo de la velocidad de carga orgánica, para el valor de la porosidad del lecho se consideró que esta porosidad debe ser de 0.4, ya que los valores típicos de sustratos para biofiltros son los siguientes.

Tabla 16: VALORES TÍPICOS DE SUSTRATOS PARA BIOFILTROS

Sustrato	Porosidad efectiva	Diámetro(mm)
Arena media	0.3	1
Arena (grueso)	0.32	2
Arena con grava	0.35	8
Grava media	0.4	32
Grava grueso	0.45	128

Fuente: (Crites & tchobanoglous,1998)

Rejilla

En el diseño de la rejilla se considerará la siguiente información.

Tabla 17. INFORMACIÓN TÍPICA PARA PROYECTOS DE REJAS DE BARRAS DE LIMPIEZA MANUAL Y MECÁNICA

Características	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:		
Anchura,mm	5 - 15	5 - 15
Profundidad,mm	25 - 37.5	25 – 37.5
Separación entre barras,mm	25 – 50	15 – 75
Pendiente en relación a la vertical, grados	25 – 50	50 – 85.5
Velocidad de aproximación, m/s	150	150
Perdida de carga admisible, mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy , 2014)

Tabla 18: LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehidos		mg/l	2.0
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml	mg/l	Remoción >al 99.9%

Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	<i>D. B. O₅</i>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fosforo Total	P	mg/l	10
Hierro Total	Fe	mg/l	10.0
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1.0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos Totales		mg/l	1600
Sulfatos	<i>SO₄</i>	mg/l	1000
Sulfitos	<i>SO₃</i>	mg/l	2.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		<35
Tensoactivos		mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Sustancias activas al azul de metileno Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Vanadio		mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	5.0

Fuente: (TULSMA, Libro VI, Anexo 1)

Tabla 19: CAUDAL DE DISEÑO

CAUDAL DE DISEÑO	
<p>Fórmula de crecimiento de la población</p> <p>r= tasa de crecimiento</p> <p>Puc= población último censo</p> <p>Pi= población inicial</p> <p>Tuc= tiempo último censo</p> <p>Tci= tiempo censo inicial</p> <p>Tf= tiempo final</p>	$r = \left[\left(\frac{P_{uc}}{P_i} \right)^{\left(\frac{1}{T_{uc}-T_{ci}} \right)} - 1 \right]$ $r = \left[\left(\frac{72}{30} \right)^{\left(\frac{1}{2018-2010} \right)} - 1 \right]$ <p>r= 0.116</p> <p>Pf= Puc (1 + r)^{Tf-Tuc}</p> <p>Pf= 72 (1 + 0.116)²⁰⁰³⁻²⁰¹⁸</p> <p>Pf= 125 población en 5 años</p>
Caudal	<p>72 hab ----- 0.125 l/s actualmente</p> <p>125 hb ----- x = 0.22 l/s</p>

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Tabla 20: CÁLCULO DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

CÁLCULO EN FUNCIÓN DE LA REMOCIÓN DE LOS CONTAMINANTES (Ecuación de Arrhenius)	
Fórmula	$k_r = k_{20} [1.06^{(t-20)}]$
<p>T° = 14°C</p> <p>Kr = constante de reacción</p>	Kr= 0.70

FUENTE: (Pillajo, 2018)

Tabla 21: CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN DE AGUA

CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN	
Fórmula	$t = \frac{-\ln\left(\frac{C^\circ}{C}\right)}{kr}$
Kr= constante de reacción C°= concentración deseada C= concentración de DBO ₅ ln= Logaritmo natural t= tiempo	$t = \frac{-\ln\left(\frac{100\text{mg/l}}{330\text{mg/l}}\right)}{0.70}$ $t = 1.7 \text{ días}$

Tabla 22: CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CARGA ORGÁNICA

CÁLCULO DE VELOCIDAD DE CARGA ORGÁNICA	
Fórmula	$v = \frac{C * dw * n}{t}$
T= tiempo de retención C=concentración de DBO ₅ dw= profundidad del sustrato n= porosidad del lecho	$v = \frac{\frac{330\text{gr}}{\text{m}^3} * 0.40\text{m} * 0.4}{4}$ $v = 13.2 \frac{\text{mg}}{\text{m}^2} * \text{día}$

Tabla 23: CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL BIOFILTRO

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL BIOFILTRO		
Fórmula	$Q = \frac{V}{t}$	
V= Volumen	5 personas por vivienda	3 personas por vivienda

Q=Caudal	$V = 8.8 \times 10^{-3} \text{ l/s} * 4 \text{ días}$	$V = 5.28 \times 10^{-3} \text{ l/s} * 4 \text{ días}$
t= Tiempo de retención (4 días)	$V = 3 \text{ m}^3$	$V = 2 \text{ m}^3$

Tabla 24: CÁLCULO DEL ÁREA DEL BIOFILTRO

CÁLCULO DEL ÁREA DEL BIOFILTRO		
Fórmula	$A = \frac{V}{h}$	
V= Volumen	5 personas por vivienda	3 personas por vivienda
Q=Caudal		
t= Tiempo de retención (4 días)	$A = \frac{3 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$	$A = \frac{2 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$
	$A = 7.5 \text{ m}^2$	$A = 5 \text{ m}^2$

Tabla 25: DIMENSIONES LARGO:ANCHO

DIMENSIONES LARGO: ANCHO		
Fórmula	Largo: ancho 2:1	
	Área = $2x * x$	
A= área	5 personas por vivienda	3 personas por vivienda
5 personas		
L= largo 3.8 m~4	$A = 2x^2$	$A = 2x^2$
x= ancho 1.93 m~2	$x^2 = \frac{A}{2}$	$x^2 = \frac{A}{2}$
3 personas	$x^2 = \frac{7.5 \text{ m}^2}{2}$	$x^2 = \frac{5 \text{ m}^2}{2}$
L= largo 3.8 m~4	$X = \sqrt{3.75}$	$X = \sqrt{2.5}$
x= ancho 1.93 m~2	$X = 1.93$	$X = 1.58$

Tabla 26: MEDIDAS DEL BIOFILTRO

MEDIDAS DEL BIOFILTRO		
DATOS ESPECÍFICOS	5 PERSONAS	3 PERSONAS
Temperatura media del barrio San LUIS = 14°C	Área= 7.5 m ²	Área= 7.5 m ²
Tiempo de retención= 4 días.	Dimensión L: A L: 4m A: 2m	Dimensión L: A L: 4m A: 2m
Concentración de DBO ₅ que quiero minimizar= 100 mg/l	Tubería de 2" pulgadas al final del biofiltro.	Tubería de 2" pulgadas al final del biofiltro.
Volumen del biofiltro	V= 3m ³	V= 2m ³
Bordes: 0.10 m (cada lado)		

3.8.6 COSTO DEL SISTEMA DE BIOFILTRO

En un sistema de biofiltro, los costos de construcción están directamente relacionados con la distancia existente entre los bancos de materiales (para el lecho filtrante y para la impermeabilización).

Tabla 27: COTIZACIÓN DEL SISTEMA DE BIOFILTRO

Materiales	Costo
Rejilla	\$25
Tubo pvc	\$13 - 110mmx3m
3CODOS	\$1.42*3=4.26
Material filtrante o lecho (grava)	\$30
Cemento concreto	\$8.50 -saco 50 kg
Arena	\$2 -Saco de arena 12 palas 1 carretilla

Bloque	0.31ctv cada bloque
1 válvula de 2 in	\$3,50
Geomembrana de 1000 micras de espesor (21m ²)	\$21.00
Total	\$200 solo materiales

FUENTE: (ferretería más cercana,2018)

3.8.7 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Los tiempos establecidos para la realización de las diferentes actividades se basan en la experiencia de la planta piloto de Masaya, Nicaragua, donde se realiza el tratamiento de las aguas residuales generadas por aproximadamente 1000 personas. Sin embargo, se estima que estos tiempos no varían mucho cuando se trata de sistemas de biofiltro construidos para pequeñas comunidades y comunidades rurales concentradas. El manejo de la planta puede estar a cargo de una sola persona, aunque eventualmente se puede requerir una persona adicional.

PRETRATAMIENTO

Canal de entrada con rejilla

Remoción manual y diaria de los sólidos gruesos retenidos entre las barras de la rejilla, con la ayuda de un rastrillo metálico. El material inorgánico se recolecta y se envía al basurero, y el material orgánico se deposita en la pila de secado de lodos donde permanecen cuatro meses para permitir su estabilidad.

Limpieza de los sólidos sedimentados en el fondo del canal de entrada, una vez por mes, con la ayuda de pala y carretilla. (Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, 2006)

Biofiltro

Corte de plantas en función de su ciclo y limpieza de la superficie del lecho filtrante después del corte, con la ayuda de machete y rastrillo.

Cuando se note un flujo superficial de aguas residuales en la entrada del biofiltro, se recomienda remover de uno a dos metros del material del lecho filtrante principal (después del material grueso de la zona de entrada) en todo el ancho de cada unidad del biofiltro, el cual se debe sustituir con material nuevo de las mismas características. Para esta actividad, se extrae el agua del biofiltro mediante la manguera flexible

instalada en la caja de recolección. Una vez vacío el biofiltro, se realiza el cambio del material con la ayuda de pico, pala y carretilla.

3.8.8 EL USO DEL EFLUENTE COMO FUENTE DE SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA

Una de las opciones más viables para contribuir a la sostenibilidad del sistema de biofiltro es el aprovechamiento de las aguas tratadas en el riego de cultivos agrícolas, según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el reuso de aguas residuales.

Así, para el uso irrestricto de aguas residuales tratadas, la OMS recomienda que éstas tengan una concentración de coliformes fecales menor a 1000 NMP/100 mL y ausencia de parásitos, y que los efluentes con concentraciones mayores sean utilizados con mayor cuidado.

El efluente del biofiltro debe ser claro, sin sólidos suspendidos apreciables (<10 mg/L), lo que facilita su manejo con fines de reuso. El bajo contenido de materia orgánica contaminante del efluente ($DBO_5 < 10$ mg/L y $DQO < 70$ mg/L), evita que se generen fenómenos de putrefacción en el área donde se aplica el riego. La remoción de los enteroparásitos helmintos disminuye en gran medida el riesgo de contaminación microbiológica para el personal que labora en las áreas agrícolas y de los cultivos irrigados.

Las cantidades disponibles de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) en el efluente del biofiltro posibilitan el desarrollo de los cultivos sin necesidad de usar fertilizantes sintéticos.

A continuación, se presenta gráficamente el sistema de biofiltro propuesto:

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Un factor clave para el desarrollo y apropiación de un sistema de saneamiento, es la conciencia de la comunidad sobre la importancia de mejorar sus condiciones sanitarias.
- La construcción de un sistema de alcantarillado sanitario no es una opción viable en el barrio San Luis, debido a que las condiciones topográficas del terreno no son óptimas y su alto costo para la implementación del mismo, además que la cantidad de habitantes no lo amerita.
- Al implementar un sistema sostenible de tratamiento de aguas residuales, se reduce el riesgo de enfermedades para los pobladores de la zona y se reduce la contaminación ambiental por lo que se mejora la calidad de vida de los pobladores del Barrio.
- La aplicación de métodos naturales de tratamiento de aguas residuales domésticas garantiza la sostenibilidad y eficiencia en la depuración de las mismas, por sus bajos costos de construcción, operación y mantenimiento, comparados con los sistemas convencionales de tratamiento.
- Al implementar esta tecnología no convencional, se reduciría el gran impacto ambiental que causaría la descarga de aguas residuales a los cuerpos hídricos que rodean a San Luis.
- Los resultados de los análisis del laboratorio determinaron que la concentración de DQO es de 496 mg/l y de DBO es 330 mg/l, que en comparación con la normativa TULSMA del DQO máximo permisible (250 mg/l) y DBO (100mg/l) sobrepasa los niveles para realizar una descarga a un cuerpo de agua dulce, sin embargo aunque los valores de las concentraciones no sobrepasen los límites máximos permisibles no es posible la descarga de aguas residuales por ningún motivo debido a que son fuentes hídricas utilizadas por la EPMAPS para su potabilización y distribución en Quito.
- Otra necesidad que se identificó en el Barrio San Luis de Lloa es el tema de la disposición de sus residuos sólidos, debido a que los queman, generando un impacto negativo en el ambiente, ya que se liberan contaminantes peligrosos como metales pesados tóxicos, químicos tóxicos producto de la combustión incompleta y nuevos químicos formados durante el proceso de quema (dioxinas y furanos).

- Es necesaria la capacitación a los habitantes del Barrio San Luis para que la operación y mantenimiento del sistema de biofiltro sea adecuado y se pueda lograr el objetivo de que este sistema sea sostenible, ya que un deficiente proceso de mantenimiento reducirá la eficiencia del mismo.
- Es recomendable mencionar a las personas que eviten el uso de productos de limpieza que contengan cloro, debido a que pueden matar a los microorganismos y estos dejen de cumplir con su función.

4.2. RECOMENDACIONES

- Las buenas prácticas de los pobladores en sus hogares pueden facilitar las actividades de operación y mantenimiento y evitar que se presenten problemas en el sistema de tratamiento que requieran la intervención de un experto.
- Se recomienda hacer un análisis del afluente y efluente del biofiltro, antes de disponerlo o reutilizarlo con el fin de verificar que cumpla con los parámetros como DBO₅, DQO, coliformes totales y fecales, sólidos totales, nitrógeno, fosforo permisibles para la reutilización del recurso. Además, para verificar la eficiencia del sistema.
- Las plantas del biofiltro deberán ser regadas todos los días con agua normal hasta que crezcan y se adapten a las condiciones del lugar.
- Impermeabilizar con geo membranas el terreno donde se desea construir el biofiltro con el fin de evitar futuras contaminaciones subterráneas.

4.3 BIBLIOGRAFÍA

Giesecke, Ruiton, Zapata . (Junio de 2011). *SANEAMIENTO BASICO*. Obtenido de SANEAMIENTO BASICO:
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/Diseno_SANEAMIENTO_BASICO.pdf

ABC RURAL . (8 de mayo de 2013). *Saneamiento básico*. Obtenido de Saneamiento básico: <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/saneamiento-basico-569864.html>

AEMA . (s.f.). *Eliminación del nitrógeno en las aguas residuales*. Obtenido de Eliminación del nitrógeno en las aguas residuales:
<https://www.iagua.es/noticias/aema/eliminacion-nitrogeno-aguas-residuales>

AGUA MARKET . (2011). Obtenido de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=1527>

- Buckley, B. (2006). *The evaluation of the anaerobic baffled reactor for sanitation in dense peri-urban settlements* . Durban.
- Capito, S. (12 de 06 de 2018). Como les ha ayudado el FONAG . (B. Pillajo, Entrevistador)
- CERTICALIA. (s.f.). *LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO*. Obtenido de <https://www.certicalia.com/levantamiento-topografico/que-es-el-levantamiento-topografico>
- CONDESAN. (2013). Proyecto CIMA “Generación de información y fortalecimiento de capacidades como respuesta adaptativa a los cambios ambientales globales en los Andes” . *Caracterización y Monitoreo de Actores relacionados con la gestión de los recursos naturales en el sitio integral Pichincha, Lloa en Ecuador* . Quito , pichincha , Ecuador .
- Cosnsultora Morales . (2015). *Diagnostico Gobierno Autonomo Descentralizado de Lloa*. Quito.
- ElizabethTilley, C. L. (2005). *Compendio de Sistemas yTecnologías de Saneamiento*. España.
- EMAPS. (2012). Plan de Manejo de las Microcuencas Hidrográficas que Abastecen al Sistema Centro Occidente. Quito, Pichincha, Ecuador.
- EPMAPS. (2018). *Sistema de conducciones Occidentales*. Obtenido de <https://www.aguaquito.gob.ec/sistema-de-conducciones-occidentales/>
- Escuela Tecnica Superior de Ingenieria y Diseño Industrial. (s.f.). *DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, AUTOMÁTICA Y FÍSICA APLICADA*. Obtenido de DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, AUTOMÁTICA Y FÍSICA APLICADA: <http://www.elai.upm.es/>
- Espigares Garcia, P. L. (1985). Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. En P. L. Espigares Garcia, *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Esponda. (2001). *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica*. Obtenido de Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992009000300004&script=sci_arttext&tIng=en
- FONAG. (2018). *FONAG*. Obtenido de http://www.fonag.org.ec/web/?page_id=77
- Greilfus, F. (2005). *Prtipacion de las comunidades*. Bélgica.
- Hanna Instruments . (s.f.). *Demanda química de oxígeno y materia orgánica*. Obtenido de Demanda química de oxígeno y materia orgánica: http://www.hannaarg.com/pdf/002DQO_nota_tecnica.pdf

- Heinke & Henry. (1999). *Ingeniería Ambiental: Aguas residuales (Segunda ed.)*. Mexico.
- IAGUA. (11 de 12 de 2017). *Reutilización de aguas grises: Una práctica al alcance de todos*. Obtenido de Reutilización de aguas grises: Una práctica al alcance de todos: <https://www.iagua.es/blogs/humilde-martin-lucas/reutilizacion-aguas-grises-practica-viable-todos>
- La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de. (2018). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA*. Obtenido de NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA: https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- Metas & Metrólogos Asociados. (2010). *Medición de Turbidez*. Obtenido de Medición de Turbidez: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-Metas-10-01-Turbidez.pdf>
- Metcalf & Eddy . (2014). *Wastewater Engineering: treatment and Reuse* . New York : McGraw-Hill .
- Morales. (2015). *Diagnostico Gobierno Autonomo Descentralizado de Lloa*. Quito.
- Noyola, A. (2013). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales* . Mexico: Pumas .
- Ollari, M. (2013). *El mapeo de actores como herramienta visual para el diagnóstico de un programa*Inicio *Medición de Impacto E*. Obtenido de El mapeo de actores como herramienta visual para el diagnóstico de un programaInicio *Medición de Impacto E*: <http://www.ziglablog.com.ar/el-mapeo-de-actores-como-herramienta-visual-para-el-diagnostico-de-un-programa/>
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Agua, saneamiento y salud (ASS)*. Obtenido de Agua, saneamiento y salud (ASS):http://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/
- Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe (WSP-LAC. (2006). *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades* . Nicaragua .
- Robson, C. (2011). *Indicadores y Medición - Anotaciones sobre Métodos Cualitativos*. Obtenido de Indicadores y Medición - Anotaciones sobre Métodos Cualitativos.pdf: <https://www.povertyactionlab.org/sites/default/files/D%C3%ADa%20%20-%20Indicadores%20y%20Medici%C3%B3n%20-%20Anotaciones%20sobre%20M%C3%A9todos%20Cualitativos.pdf>
- Ruiz, M. (2011). *Contaminación Ambiental producida por la Quema de Basura y Desmonte*. Obtenido de Contaminación Ambiental producida por la Quema de Basura y Desmonte: <https://www.monografias.com/trabajos89/contaminacion-ambiental-quema-basura/contaminacion-ambiental-quema-basura.shtml>

- School of Chemical Engineering. (2006). *GUIDELINES FOR THE IMPLEMENTATION OF ANAEROBIC BAFFLED REACTORS FOR ON-SITE OR DECENTRALISED SANITATION*. Obtenido de GUIDELINES FOR THE IMPLEMENTATION OF ANAEROBIC BAFFLED REACTORS FOR ON-SITE OR DECENTRALISED SANITATION .
- SERMANAT. (s.f.). *Métodos e instrumentos para realizar el diagnóstico participativo comunitario*. Obtenido de Métodos e instrumentos para realizar el diagnóstico participativo comunitario:
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/37/4017Diagnóstico%20participativo.pdf>
- Sustainable Sanitation and Water Management . (2015). *Saneamiento Sostenible*. Obtenido de Saneamiento Sostenible: <http://archive.sswm.info/es/category/step-gass-en-al/gass-en-castellano/gesti%C3%B3n-de-agua-y-saneamiento-sostenible-en-am%C3%A9rica-la-2>
- Tapella, E. (2011). *El Mapeo de Actores Clave*. Obtenido de El Mapeo de Actores Clave: <https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>
- Tilley, L. M. (2005). Compendio de Sistemas yTecnologías de Saneamiento. En *Compendio de Sistemas yTecnologías de Saneamiento* (págs. 11-12). Obtenido de Compendio de Sistemas yTecnologías de Saneamiento.
- UNICEF. (2015). *Seguimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*. Obtenido de Seguimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM): https://www.unicef.org/spanish/statistics/index_24304.html
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOVA . (2010). *Mapeo de Actores*. Obtenido de Mapeo de Actores:
<https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>
- Water and Sanitation Program. (2006). *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades* . Nicaragua .

ANEXOS

ANEXO 1

DATOS DE LAS ENTREVISTAS INFORMALES

Lugar:

Fecha (día/mes/año):

Buenos días/tardes, mi nombre es Belén pertenezco a la EPN y estoy realizando entrevistas a los habitantes de este sector con el objetivo de conocer la realidad y necesidades respecto a saneamiento (manejo de excretas y aguas residuales). Su participación es vital para este estudio, ya que su opinión se tomará en cuenta en el diseño de medidas y planes de trabajo sobre el tema del agua en su comunidad. Los resultados de este estudio se socializarán con toda la comunidad además del FONAG, entidad con la que estoy trabajando. Esta entrevista durará aproximadamente media hora, muchas gracias por su colaboración.

Para empezar, me gustaría hacerle algunas preguntas acerca de usted:

Preguntas

1. Nombre del entrevistado y sexo
2. Nivel de estudios
3. ¿Quién es la cabeza de su hogar?
4. ¿A qué se dedica cada miembro de la familia?
5. ¿Cuántas personas habitan en el hogar?
6. ¿Cuál es el tamaño de su lote? Vivienda y lotes productivos (**Ubicación en el croquis**)
7. ¿Cuáles son sus planes a futuro? ¿Cambiar de casa?
8. ¿Propio (legalizado?) o arrendado?
9. ¿Realiza actividades agropecuarias dentro de sus lotes?
10. ¿Qué cultiva?
11. ¿Qué animales tiene?
12. ¿En qué actividades utiliza agua? Indicar la fuente para cada uso y cantidades – **Tabla consumo agua**
13. **No preguntar – observar las actitudes de la persona cuando se hacen estas preguntas**
14. ¿Cuándo está en su casa, en dónde realiza sus necesidades básicas?
15. ¿Cuándo está en el campo (si trabaja cerca), en dónde realiza sus necesidades básicas?
16. ¿Cuál es el método de limpieza anal más común?
17. ¿En su hogar disponen de un baño?
18. ¿El baño está conectado a...? pozo séptico letrina ninguna (podría conocerlo? - fotos) ¿Cuánto tiempo lleva funcionando? ¿Si es que lo ha cambiado, cuántas veces, por qué lo cambió, de donde a dónde lo cambió?)
19. ¿Por qué se ubica ahí el baño? (¿Las personas tienen preferencias específicas con respecto a la ubicación del baño (en la casa, en el patio trasero)?)
20. ¿Quién construyó este baño?
21. ¿Realiza mantenimiento? (Infraestructura, lodos)

22. Si es que sí le da mantenimiento, ¿quién lo hace, cada cuánto tiempo?
23. ¿Qué hace con la basura que usted genera? (Orgánicos e inorgánicos)
24. ¿Estaría usted dispuesto/a a mejorar su sistema de saneamiento?
25. ¿Cuáles son los factores (costo, conveniencia, salud, limpieza, olores) que son más importantes para los hogares – poner en escala del 1 al 5?

Costo:

Conveniencia:

Salud:

Limpieza:


Olores:

Lote 1

1 veces visitan la casa llegan 10 personas cuando hay alguna compra. 30

- 1/ Jera casa. tel: 0987699198 - 3021630
- Pichauseta Manuel arriendo a la hija Si Capita - todos los días
 - Facultad de Economía
 - 5 ha. + solo pastoreo de vacas jubilado
 - 7 vacas
 - terreno solo abieno vacas en el llano
 - cambia pero no le da mucha importancia
 - vacas en bebedero
 - agua en ranecas
 - tanque de Civita trae agua
 - pozo septico año y medio
 - el Capita construyó
 - construcción de fondo 2m diámetro profun. 6 metros 25cm para sentir las bayllas
 - botan agua al baño con un bato
 - lavan la ropa con agua lluvia
 - agua de la (ducha) que se usan baño
 - pasando un día con esas 20 lb ^{de} agua
 - cuando se llene la idea es hacer otra
 - piensan que va durar 8 a 10 años
 - tienen miedo que se vaya la tubería no tienen lavamanos dentro del baño

Lote 2

- Manuel Guaman → albani en madroci, propietario del terreno / no tiene escritura no tiene estudios vive 15 años 2 ha
- 4 casas en esa propiedad
- tachos para coger agua en bucos o espalda
- en ranecas para comidas diarias cada tarde va a traer agua cuando no hay agua lluvia van al tanque
- 5m de profundidad → pozo septico hace 1 año construyó tanio otra pozo ya se lleno y construyó otra
- construyeron el agua en el terreno lo del agua de lavar platos
- el morez viven en esta casa marido mujer y 2 hijos
- propiedad para banarse con agua en balde
1. chanchó
- 4 vacas, gallinas, 2 cuyes
- cambia habros, papas, cebolla vive también de la agricultura
- costo 2500 cada lo cada baño 200 bloques
- el pozo no está incubiendo solo tierra y también vainilla
- porque no hay agua hizo el baño afuera
- piensa que va a durar 10 años el pozo
- si hay agua si piensa cambiar el baño dentro
 - basura quemó
 - orgánico ~~se~~ bota en el terreno
 - no tienen lavamanos el interior del baño
 - papel higiénico quemón
 - no hay lavado en la cocina
- 

Ser bueno es fácil, lo difícil es ser pobre.

congregación. asisten 50 a 60 personas
 pozo séptico directo → tubo de ventilación anexado al tanque de agua lluvia.

8 m profundidad
 construido hace unos 10 años → construido así porque de más estaba

Solo un abuelito
 para cocinar tienen el agua en buecos
 solo para trapos y cocinar.
 la basura quemar
 No llega al recolector el baño solo llega hasta la mancha.
 o llevan a Quito

Victor Villa cabeza del hogar

viven 7 personas

No tiene cultivos

agricultor.

2 ha vivienda y lote →

otro terreno 4 ha → para cultivar

propietario → legalizado

• 3 están en el campo

• 4 están en la ciudad

• 1 graduado trabaja en Quito

• esposa se dedica al hogar

• crianza y cuidado

• a la lavera la ropa y también para los animales

• se bañan en el río o calentando agua en la pira

• cocinar, bañarse, utilizan agua en el campo

• No tiene baño • al aire libre o en el trabajo

• terneros, borregos, gallinas, 2 chanchos

• basura quemar

• Quiero construir una helena o baño \$1000 que sea bonita con

• un pozo séptico

lote #5

Pedro Escobar 2 ha → 2 personas + niño

Cuando no llueve tienen agua en canica 20lt para 2 días

pozo séptico

- agricultor → papas habas melancas

- alianza terrenos para sembrar

No fue al ex escuela

pozo 4m profundidad 18cm diametro

construye el mismo pozo séptico

baño dentro de la casa porque no había agua

basura llevan a Quito • solo para higienico

terreno propio legalizado

• vaca, 3 terneros

2 chanchos

baño completo

No tiene lavamanos

ropa lavar

No bañan agua en el baño

señora en la casa ayudando a trabajar

12-30

Lote #5 también es fácil lo difícil es mantenerlo

2

- Francisco Yupa escuela
 No tiene baño comparten el baño con el Sr Pedro
 6m² ~~de~~ viven 4 personas 2 niñas + colegio, escuela
 banera llava o quemó
 si piensa construir un baño
 se baneran afuera el agua se va al terreno
 agua de la cocina en el terreno
 ropa + lavar (de la casa)
 • trabaja en la construcción en Quito
 • esposa trabaja en Quito
 • 6 raciones diarias de agua.

Lote #6

Washington Viera

- Aportado
- primaria
- No vive nadie
- agua lluvia → a base de la tierra
- está en proceso de construcción el baño dentro de la casa
- siembra papas habas → no depende la agricultura
- No tiene animales
- 3 días a la semana o 4 llega a la para
- pozo séptico → simplicidad
- mancha el baño construye
- 1 ración de agua
- basura quemada
- 2 mil metros

Lote #7

321/5

- Segundo Capito 2 ha 200 metros propiedad
 5 personas viven + 2 estudian en el colegio, 1 trabajo y estudio/espacio
 agricultura o abanil
 Otro lote 1700m ahí siembra
 que siembra papas habas, trigo, cebada
 vive 18 años
 - No fue a la escuela
 2 raciones diaria solo para la comida
 agua lluvia para ropa

- Fuente corriente a dos yumbada de una papa
 - baño pozo séptico, diámetro 5m profundidad diámetro 1m
 el mismo construye construcción 9 años
 - papel higiénico quemado va a quemar 10 años más

Ser bueno es fácil, lo difícil es ser justo.

3

Lote #9

- Lidia Anabela
- propiedad, 2,5 ha
- 5 personas →
- Aguilera Sr esposa ama de casa
- Simón
- 3 vacas con leche
- gallinas
- 1 caballo
- 1 pozo con pozo séptico
- ~~vacas~~ ellos construyeron
- comida, baño, lava cuando llueve sino a la quebrada
- 3 o más manecao de agua casi 100 metros al lavar el agua
- quemar la basura
- pozo séptico 5m profundidad 4m diámetro
- construyó ahí para el drenador es la cadera
- No tiene lavabos
se lavan en lavaplatos con manco
pozo no sabe cuánto dura

Lote #10

Mercedes Yapo

- propiedad no hay papales
- 4 personas viven aquí. fines de semana 2 personas
- huerta de cebolla se desma ^{los días} 2 personas
la aguacatera
- 4 vacas con leche → gallinas 15
- arco personal, ropa, cocina 2 manecao diario
- toman el agua en la calle
- hacen las necesidades en el baño campo pero toman el
pozo ciego. 5m cubierto con tablón

Lote #11

Tatiana Erazo

- no hay escrituras 300m.
- solda wibe
- cambio alguna cosita con un terreno prestado
- 5 vacas vive de la leche
- acarea agua zilitas depende la necesidad
- baño
construyó su manco el pozo 10m profundidad 30 años de construcción
20 años más durar



Ser bueno es fácil; lo difícil es ser bueno.

3

Yupa Lemache Maria Rebeca

Escuela

- tres personas viven
- agricultura
- 2ha
- no esta legalizada
- No siembra en su lote
- cultivo en el terreno del suegro
- 5 vacas, gallinas, cuyes
- 4 canecas de agua
- pozo simple
- No utilizan agua para el pozo
- el manto construido
- 3m de profundidad 1m de diámetro si tiene ventilación
- que man la baula
- bonito y bien hecho

Lote # 3

- Josefina Chilusa 88
- 2 personas
- No se dedica a la agricultura
- No esta legalizado
- 1300 m
- No regulariza estructuras agropecuarias
- 1 vaca
- pozo simple sin ventilación 6m de profundidad
- los hijos construyen
- 2 canecas de agua
- lava la ropa cuando llueve recogiendo agua
- los hijos llevan a lavar la ropa
- baula quemada
- el baño esta lejos porque así quieren los hijos

→ Maria Isabel Oña Chilusa Luis Alejandro Miquis Oña

- 4 personas
- escuela
- Mina - esposa agricultora
- 2 canecas de agua
- lavan en el tanque
- 2 vacas, palas
- baño compartido con la señora Justina
- si piensan construir un baño propio
- baula quemada
- pozo con ventilación se puede succionar las ladas para que se lleve el camión
- no vive nadie aun
- No esta legalizado
- no cumple
- piensan cambiarse a esta casa

lote # 4

Ser bueno es fácil; lo difícil es ser justo.

- Raul Guaman
- 2 personas
- bachillerato
- prestado solo para vivir
- en proceso de legalización
- ayudante
- si siembra en el terreno
- No tiene animales.
- 2 carecas diarias
- lavan la ropa en el canal
- No tiene baño
- comparte el baño con el señor Jose Guaman
-

- lote 1 → pozo séptico → botan agua en el baño
 usan papel higiénico
 si tiene ventilación
- lote 2 → pozo séptico → No botan agua
 usan papel higiénico
 si tiene ventilación ✓
- congregación → pozo séptico directo → No botan agua
 si tiene ventilación
 usan papel higiénico ✓
- lote 3 → No tiene baño → al aire libre en el campo o trapejo
- lote #5 → pozo séptico → No botan agua en el baño
 usan papel higiénico
 No tiene ventilación
- lote #5 → No tiene baño comparte ↑
 aún no se usó
- lote #6 → Tiene un baño completo conectado a pozo séptico con ventilación
- lote #7 → pozo séptico directo → usan papel higiénico
 No botan agua ✓
 si tiene ventilación
- lote #9 → pozo séptico → usa papel higiénico
 no botan agua
 no tiene ventilación
 usa papel higiénico
- lote #10 → pozo séptico → ~~si botan agua~~
 No tiene ventilación
- lote #11 → pozo séptico → usa papel higiénico
 si botan agua
 si tiene ventilación
- lote → pozo simple → uso papel higiénico
 No botan agua ✓
 si tiene ventilación
- lote 3 → pozo simple → uso papel higiénico
 No botan agua
 sin ventilación
- lote #14 → " " " "
- lote → No tiene baño
- lote → pozo séptico → usa papel higiénico
 No botan agua
 con ventilación

$$16 - 100$$

$$4 - x = 25\%$$

$$25\%$$

$$16 - 100$$

$$6 - x = 37,5\%$$

$$12,5 \text{ No tiene baño}$$


ANEXO 2

DISTRIBUCION FUTURA DEL AGUA CRUDA



FIGURA 36: SISTEMA DE AGUA SAN LUIS

FUENTE: (SENAGUA,2018)

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
MUESTRA DE AGUA PARA ANALISIS	
Número de muestra	
Fecha y hora	
Nombre del muestreador	
Temperatura del lugar	
Volumen	
Parámetro analizarse	
Observaciones	